

UNIVERSIDADE FEDERAL DO ESPÍRITO SANTO
CENTRO DE CIÊNCIAS HUMANAS E NATURAIS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM OCEANOGRAFIA AMBIENTAL

MARINA DE ARAÚJO MESQUITA DOS SANTOS

**NUTRIENTES INORGÂNICOS DISSOLVIDOS NAS ZONAS COSTEIRAS E
OCEÂNICAS DO BRASIL: UMA REVISÃO SISTEMÁTICA**

Vitória

2022

MARINA DE ARAÚJO MESQUITA DOS SANTOS

**NUTRIENTES INORGÂNICOS DISSOLVIDOS NAS ZONAS COSTEIRAS E
OCEÂNICAS DO BRASIL: UMA REVISÃO SISTEMÁTICA**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Oceanografia Ambiental da Universidade Federal do Espírito Santo, como requisito parcial para obtenção do título de Mestre em Oceanografia Ambiental.
Orientador: Prof. Dr. Renato Rodrigues Neto.

Vitória

2022

MARINA DE ARAÚJO MESQUITA DOS SANTOS

**NUTRIENTES INORGÂNICOS DISSOLVIDOS NAS ZONAS COSTEIRAS E
OCEÂNICAS DO BRASIL: UMA REVISÃO SISTEMÁTICA**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Oceanografia Ambiental da Universidade Federal do Espírito Santo, como requisito parcial para obtenção do título de Mestre em Oceanografia Ambiental.

COMISSÃO EXAMINADORA

Prof. Dr. Renato Rodrigues Neto - Orientador
Universidade Federal do Espírito Santo/ UFES

Prof. Dr. Gilberto Fonseca Barroso – Examinador
Interno
Universidade Federal do Espírito Santo/ UFES

Dr. Eduardo Schettini Costa - Examinador Externo
Universidade Federal do Espírito Santo/ UFES

“[...] Três lagoas mexendo, esvaziando e enchendo, com uns rios no meio, às vezes uma porção de espumas, tudo isso muito salgado, azul, com ventos. [...] Depois o mar entrou na minha infância e tomou conta de uma adolescência toda, com seu cheiro bom, os seus ventos, suas chuvas, seus peixes, seu barulho, sua grande e espantosa beleza.”

Do cronista cachoeirense e conterrâneo: Rubem Braga.

RESUMO

Os nutrientes inorgânicos dissolvidos são importantes na manutenção da produtividade primária e no controle da qualidade ambiental dos ecossistemas. A determinação de suas concentrações e distribuições ajudam a entender a dinâmica dos locais e os principais fatores que a interferem. Esta dissertação faz, de maneira inédita, uma revisão sistemática da literatura científica sobre a distribuição dos nutrientes inorgânicos na zona costeira e oceânica do Brasil nas regiões norte, nordeste, sudeste e sul. Uma revisão sistemática se caracteriza por ter padrões pré-estabelecidos e explícitos de busca bibliográfica, bem como de inclusão e exclusão de bibliografia a ser considerada na revisão. Esse tipo de investigação além de mais confiável torna possível a produção de novos trabalhos com mesma metodologia para critérios comparativos. Através dessa revisão sistemática foi possível enfatizar a importância do aporte fluvial do rio Amazonas e Pará para a região Norte brasileira e para áreas oceânicas que alcançam localidades do Atlântico Norte. A região Nordeste, com rios menos caudalosos principalmente a leste, possui influência de processos como ressurgência equatorial, meandros e ressurgência topográfica. A região Sudeste possui aporte fluvial mencionados nos estudos, como o Paraíba do Sul e o rio Doce, mas está sob grande influência da ascensão de águas frias e ricas da ACAS, as quais afloram através de vórtices, ressurgência costeira e ressurgência de quebra de plataforma. Já a região Sul além de ser influenciada pela Água Subtropical e ACAS, é enriquecida por nutrientes oriundos da Pluma do rio da Prata e da Lagoa dos Patos. Provavelmente justificada pela menor concentração de estudos na região Norte, todas as outras regiões possuem alertas a respeito da eutrofização e da queda na qualidade ambiental de muitos sistemas costeiros.

Palavras-chave: Nutriente inorgânico dissolvido, revisão sistemática, Zona Costeira brasileira, região oceânica brasileira.

..

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Quantidade de estudos sobre nutrientes dissolvidos nas regiões estuarinas e marinhas em cada estado brasileiro.....	35
Figura 2: A: Mapa do Brasil com destaque para a região Norte do país, cujos estados litorâneos são Amapá e Pará. B: Região marinha do Amapá e Pará, pluma dos rios Amazonas e Pará e ponto amostral do estudo de Webb <i>et al.</i> (2007), localizado além da quebra da plataforma continental. Essa figura contempla áreas estudadas por Smith Júnior e Russel (1995), Cutter e Measures (1999), Webb <i>et al.</i> (2007), Gomes <i>et al.</i> (2018) e Araújo <i>et al.</i> (2019).	42
Figura 3: A: Mapa do Brasil com destaque para o estado do Amapá. B: Região marinha com pontos amostrais dos estudos de Webb <i>et al.</i> (2007) e Cutter e Measures (1999), localizados além da quebra da plataforma continental.	45
Figura 4: Concentrações médias de nutrientes em diferentes profundidades na pluma dos rios Amazonas e Pará em período chuvoso, de alta vazão fluvial, baseado nos dados de Smith Júnior e Russel (1995), Araújo <i>et al.</i> (2019), Webb <i>et al.</i> (2007) e Santos <i>et al.</i> (2008).	47
Figura 5: Concentrações médias de nutrientes em diferentes profundidades na pluma dos rios Amazonas e Pará em período seco, de baixa vazão fluvial, baseado nos dados de Smith Júnior e Russel (1995), Araújo <i>et al.</i> (2019), Webb <i>et al.</i> (2007) e Santos <i>et al.</i> (2008).	48
Figura 6: A: Mapa do Brasil com destaque para o estado do Pará. B: Sistemas costeiros estudados no estado do Pará. Essa figura contempla áreas estudadas por Dittmar e Lara (2001), Pereira <i>et al.</i> (2012), Da costa <i>et al.</i> (2013), Souza Júnior <i>et al.</i> (2013), Pamplona <i>et al.</i> (2013), Matos <i>et al.</i> (2016), Pereira <i>et al.</i> (2018), Dos Santos <i>et al.</i> (2020), Mourão <i>et al.</i> (2020).	49
Figura 7: A: Mapa do Brasil com ênfase na região nordeste e destaque em área costeira e oceânica do Maranhão, Piauí e Ceará. B: Parte continental e marinha do estado do Maranhão, Piauí, Ceará, ponto amostral 3 e 4 de Webb <i>et al.</i> (2007) e Golfão Maranhense. Essa figura contempla áreas estudadas por Webb <i>et al.</i> (2007), Carvalho <i>et al.</i> (2016), Carvalho <i>et al.</i> (2017), Lefèvre <i>et al.</i> (2017) e Araújo <i>et al.</i> (2019).	62
Figura 8: A: Mapa do Brasil, com ênfase na região Nordeste e destaque em vermelho para o litoral do Ceará (CE), Rio Grande do Norte (RN), Paraíba (PB), Pernambuco (PE), Alagoas (AL), Sergipe (SE) e Bahia (BA). B: Pontos amostrais de estudos referentes a zonas oceânicas. Essa figura contempla áreas estudadas por Forde <i>et al.</i> (1994), Cutter e Measures (1999), Webb <i>et al.</i> (2007), Mather <i>et al.</i> (2008), De Souza <i>et al.</i> (2013), Jales <i>et al.</i> (2015), Snow <i>et al.</i> (2015), Xie <i>et al.</i> (2015), Assunção <i>et al.</i> (2016), Armengol <i>et al.</i> (2019), Basílio-Dantas <i>et al.</i> (2019).	64

Figura 9: Mapa do Brasil com ênfase para estados da região nordeste e localidades do Maranhão, Rio Grande do Norte, Alagoas e Pernambuco. Essa figura contempla áreas estudadas por Koenig e Macêdo (1999), Branco *et al.* (2002), Montes *et al.* (2002), Nascimento *et al.* (2003), Melo-Magalhães *et al.* (2004), Noriega *et al.* (2005a), Noriega *et al.* (2005b), Pereira *et al.* (2005), Figueiredo *et al.* (2006), Feitosa e Bastos (2007), Azevedo *et al.* (2008), Da Silva *et al.* (2009), Grego *et al.* (2009), Ferreira *et al.* (2010), Rodrigues e Cutrim (2010), Bastos *et al.* (2011), Jales *et al.* (2012), De Melo *et al.* (2013), Otsuka *et al.* (2013), Cordeiro *et al.* (2014), Guenther *et al.* (2015), Machado *et al.* (2017), Cordeiro *et al.* (2018), Cutrim *et al.* (2019), Da Silva *et al.* (2019), Cavalcanti *et al.* (2020) e Melo *et al.* (2020)..... 72

Figura 10: Mapa do Brasil com destaque para o estado da Bahia e locais de estudos localizadas no referido estado. Essa figura contempla áreas estudadas por Gaeta *et al.* (1999),..... 73

Figura 11: A: Mapa do Brasil com ênfase para os estados litorâneos da região Sudeste. B: Região oceânica do Sudeste abrangendo a área de estudo de Forde *et al.* (1994), Van Der Loeff *et al.* (1997), Gaeta *et al.* (1999), Ovalle *et al.* (1999), Andrade *et al.* (2004), Rezende *et al.* (2006), Pedrosa *et al.* (2006), Webb *et al.* (2007), Costa *et al.* (2014), Alves Júnior *et al.* (2015), Xie *et al.* (2015), Figueiredo *et al.* (2016), Suzuki *et al.* (2017), Perassoli *et al.* (2020)..... 122

Figura 12: A: Mapa do Brasil com ênfase para os estados litorâneos da região Sudeste. B: Região oceânica do estado do Rio de Janeiro e São Paulo abrangendo a área de estudo de Brandini e Moraes (1986), Da Silva *et al.* (1988), Brandini (1990), Aidar *et al.* (1993), Metzler *et al.* (1997), Oser e Ganesella-Galvão (1997), Braga e Muller *et al.* (1998), Brandini (1998), Rodrigues *et al.* (2009), Alves *et al.* (2015), Detoni *et al.* (2016a), Moser *et al.* (2016), Ribeiro *et al.* (2016), Bif e Yunes (2017), Bonecker *et al.* (2018), Lima *et al.* (2019), Perassoli *et al.* (2020). 127

Figura 13: A: Mapa do Brasil com destaque para os estados litorâneos do Sudeste. B: Mapa de parte do litoral do Espírito Santo abrangendo estudo de Ovalle *et al.* (1999). C: Mapa de parte do litoral do Rio de Janeiro abrangendo estudos de Suzuki *et al.* (1998), Suzuki *et al.* (2002), Kozłowsky-Suzuki e Bozelli (2004), Chagas e Suzuki (2005), Kruger *et al.* (2006), Branco *et al.* (2007), Melo *et al.* (2007), Araújo *et al.* (2017)..... 135

Figura 14: A: Mapa do Brasil com destaque para os estados litorâneos da região Sudeste. B: Parte do litoral do estado do Rio de Janeiro abrangendo área de estudo de Da Silva *et al.* (1988), Kjerve *et al.* (1997), Souza *et al.* (2003), Gregoracci *et al.* (2012), Cerda *et al.* (2013), Cotovicz Júnior *et al.* (2015), Leles *et al.* (2018), Viana *et al.* (2019) e Vicente *et al.* (2021). C: Mapa aproximado de Arraial do Cabo, RJ, abrangendo área de estudo de De Guimaraens e Coutinho

(2000), Godoy *et al.* (2013) e Gregoracci *et al.* (2015). D: Mapa aproximado de parte de Arraial do Cabo, RJ, com foco para Ilha do Cabo Frio, abrangendo área de estudo de Gonzalez-Rodriguez e Maestrini (1984), Valentin *et al.* (1984), Valentin *et al.* (1987), Guenther *et al.* (2008), De oliveira *et al.* (2012), Fernandes *et al.* (2017) e Kutter *et al.* (2014). 138

Figura 15: A: Mapa do Brasil com ênfase para os estados do Rio de Janeiro e São Paulo. B: Parte do litoral do Rio de Janeiro abrangendo áreas de estudo de De Luca *et al.* (1991), Rodrigues *et al.* (2009), Castelar *et al.* (2014), Araújo *et al.* (2017) e Barrera-Alba *et al.* (2019). C: Mapa aproximado do litoral de sul do Rio de Janeiro e norte de São Paulo abrangendo áreas de estudo de Teixeira (1973), Teixeira (1979), Braga (1999), Povinec *et al.* (2008), Castelar *et al.* (2014), Araújo *et al.* (2017) e Penninck *et al.* (2021). D: Mapa aproximado do litoral de São Paulo abrangendo áreas de estudo de Ganesella-Galvão *et al.* (1997), Ganesella e Saldanha-Corrêa (2003), Povinec *et al.* (2008) e Penninck *et al.* (2021). 142

Figura 16: A: Mapa do Brasil com ênfase para o estado de São Paulo. A: Mapa aproximado de parte do litoral do estado de São Paulo englobando área de estudo de Braga *et al.* (2017). 1: Mapa aproximado de parte do litoral norte de São Paulo abrangendo áreas de estudo de Brandini (1990), Braga *et al.* (2000), Moser *et al.* (2004), Ganesella *et al.* (2005), Braga *et al.* (2017). 2: Mapa aproximado de parte do litoral sul de São Paulo abrangendo áreas de estudos de Braga e Chiozzini (2008). 145

Figura 17: A: Mapa do Brasil com ênfase para os estados da região sul. B: Áreas de estudos no Paraná e em Santa Catarina. C: Áreas de estudos no sul de Santa Catarina e Rio Grande do Sul. O mapa engloba áreas de Magliocca *et al.* (1982), Brandini (1988), Brandini (1990), Forde *et al.* (1994), Ciotti *et al.* (1995), Van Der Loeff *et al.* (1996), Metzler *et al.* (1997), Cutter e Measures (1999), Brandini *et al.* (2000), Brandini *et al.* (2007), Braga *et al.* (2008), Eichler *et al.* (2008), Mather *et al.* (2008), Snow *et al.* (2015), Detoni *et al.* (2016b), Bif e Yunes (2017), Araujo *et al.* (2017), Fontes *et al.* (2018), Gonçalves-Araújo *et al.* (2018), Lima *et al.* (2019), Berden *et al.* (2020). 193

Figura 18: A: Mapa do Brasil com foco para a região Sul. B: Área de estudos no Paraná e Parte de Santa Catarina. C: Área de estudos em Santa Catarina. D: Áreas de estudos no Rio Grande do Sul. O mapa engloba regiões estudadas por Abreu *et al.* (1995), Pereira-Filho *et al.* (2001), Fonseca *et al.* (2002), Niencheski e Jahnke (2002), Pereira Filho *et al.* (2003), Fernandes e Brandini (2004), Fonseca e Braga (2006), Fontes *et al.* (2006), Barbosa (2007), Niencheski e Baumgarten (2007), Garcia e Odebrech (2008), Fontes e Abreu (2009), Abreu *et al.* (2010), Baumgarten e Niencheski (2010), Odebrecht *et al.* (2010), Signorin *et al.* (2010), Simonassi *et*

al. (2010), Martins *et al.* (2012), Mizerkowski *et al.* (2012a), Mizerkowski *et al.* (2012b), Haraguchi *et al.* (2015), Barros *et al.* (2017), Bordin *et al.* (2019), Tranker *et al.* (2019), Cabral *et al.* (2020) e Moreira-González *et al.* (2020)..... 200

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1: Quantidade de publicações por ano sobre nutrientes dissolvidos nas regiões estuarinas e marinhas brasileiras entre 1973 e 2021.	34
Gráfico 2: Quantidade de publicações ao ano na região Norte, Nordeste, Sudeste Sul e em Oceano Aberto (longe do domínio costeiro de algum estado).	37

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Valores máximos e mínimos e valores médios de concentrações de nutrientes em μM encontrados na pluma do rio Amazonas e região oceânica em período de maior vazão fluvial por Smith Júnior e Russel (1995), Webb <i>et al.</i> (2007), Gomes <i>et al.</i> (2018), Araújo <i>et al.</i> (2019). N – amoniacal: Nitrogênio amoniacal.	43
Tabela 2: Valores médios de concentração de nutrientes em μM na pluma do rio Amazonas para o período de diminuição da vazão fluvial de acordo com Smith Júnior e Russel (1995), Santos <i>et al.</i> (2008) e Araújo <i>et al.</i> (2019).	46
Tabela 3: Medianas, mínimos e máximos de concentração de nutrientes em μM na pluma do rio Pará e região oceânica do estado do Pará em período de alta vazão, de acordo com Eschrique <i>et al.</i> (2006).	47
Tabela 4: Concentração de nutrientes em μM em diferentes estuários do estado do Pará de acordo com Da Costa <i>et al.</i> (2013), Souza Júnior <i>et al.</i> (2013), Pamplona <i>et al.</i> (2013), Pereira <i>et al.</i> (2018), Dos Santos <i>et al.</i> (2020) e Mourão <i>et al.</i> (2020).....	50
Tabela 5: Concentrações de nutrientes em μM em praias e canal de maré de locais do Pará, de acordo com Dittmar e Lara (2001), Pereira <i>et al.</i> (2012) e Matos <i>et al.</i> (2016).....	52
Tabela 6: Resultados obtidos por Araújo <i>et al.</i> (2019) em μM . Valores médios, com seus desvios padrões, valores mínimos e máximos.....	60
Tabela 7: Valores médios e desvios padrões em μM obtidos por Webb <i>et al.</i> (2007) para Nitrogênio Inorgânico Dissolvido (NID) e Fósforo Inorgânico Dissolvido (PID).	61
Tabela 8: Concentração de nutrientes encontradas por Xie <i>et al.</i> (2015) em $\mu\text{mol/Kg}^*$ em estações localizadas na região Nordeste.	62
Tabela 9: Concentração de nutrientes em μM encontradas por Alves Júnior <i>et al.</i> (2015) na região Nordeste.....	66
Tabela 10: Concentração média, mínima e máxima encontradas por De Souza <i>et al.</i> (2013) em μM nos períodos entre janeiro e abril de 1997 e entre abril e julho de 1998.	67
Tabela 11: Concentração média de nutrientes em período seco e chuvoso na superfície e fundo em μM de acordo com Assunção <i>et al.</i> (2016).....	68
Tabela 12: Concentração média em μM e desvio padrão de nutrientes encontrada por Carvalho <i>et al.</i> (2016) nos 7 diferentes pontos amostrais no período chuvoso e seco, e a média geral de cada nutriente para cada período.	69
Tabela 13: Concentrações médias, mínimas e máximas em μM de silicato e fosfato encontradas por Carvalho <i>et al.</i> (2017) em outubro de 2012 e setembro de 2014.	70

Tabela 14: Locais amostrados, suas profundidades e concentrações médias, com desvio padrão, em μM dos nutrientes encontrados por Koenig e Macêdo (1999).	70
Tabela 15: Concentração média, com desvio padrão, mínima e máxima de nutrientes, em μM , para a região marinha dos estados da Bahia, Espírito Santo e Rio de Janeiro de acordo com Andrade <i>et al.</i> (2014).	74
Tabela 16: Concentração mínima, máxima, média e desvio padrão, em μM , de nutrientes segundo Eça <i>et al.</i> (2014) para a plataforma interna da Bahia, entre os municípios Itacaré e Canavieira.	75
Tabela 17: Concentrações médias, com desvio padrão, mínimas e máximas de nutrientes em μM , de acordo com Ovalle <i>et al.</i> (1999), para a região costeira das cidades Canavieiras, Cabrália e Caravelas, BA.	76
Tabela 18: Concentração média e desvio padrão de nutrientes, em μM , em recifes no estado da Bahia de acordo com Bruce <i>et al.</i> (2012).	77
Tabela 19: Concentrações mínimas e máximas em μM no período seco e chuvoso de nitrito + nitrato e DSi (sílica reativa = ácido silícico dissolvido), em recifes internos (Ponta Grande e Coroa Vermelha) e externo (Recife de Fora) do estado da Bahia, segundo Costa Júnior <i>et al.</i> (2006).	78
Tabela 20: Concentrações máximas e mínimas de nutrientes em μM , independentes do ponto e período de coleta, encontradas por Feitosa e Bastos (2007). P1: Ponto 1; P2: Ponto 2; P3: Ponto 3.	78
Tabela 21: Concentrações mínimas, máximas e médias, com desvio padrão, em μM encontradas por Machado <i>et al.</i> (2017) na Praia de Porto de Galinhas.	79
Tabela 22: Concentração mínima e máxima em μM encontradas por Jales <i>et al.</i> (2012) na Praia de Serrambi. ND: Não Detectável.	80
Tabela 23: Valores médios e seus desvios padrões dos nutrientes de acordo com Cutrim <i>et al.</i> (2019) em μM	81
Tabela 24: Concentração média dos nutrientes em μM , com desvio padrão (DP), e a mediana de acordo com Melo-Magalhães <i>et al.</i> (2004) para o complexo estuarino-lagunar Mundaú/Manguaba.	81
Tabela 25: Concentração, máxima (máx), mínima (mín) e média, com Desvios Padrões (DP) dos nutrientes em μM de acordo com Melo <i>et al.</i> (2020) para o estuário do rio São Francisco, em Alagoas.	82
Tabela 26: Concentração média de nutrientes encontradas por Rodrigues e Cutrim (2010) em	

μM nos diferentes pontos amostrais, na estação chuvosa e seca e a média geral.	83
Tabela 27: Concentração mínima e máxima de nutrientes, em μM , independentes do ponto amostral e período de coleta de acordo com Azevedo <i>et al.</i> (2008) para o Golfão Maranhense.	83
Tabela 28: Concentração média e desvio padrão de nutrientes encontradas por Cavalcanti <i>et al.</i> (2020) em μM nas diferentes zonas, em período chuvoso, de transição e de estiagem.	84
Tabela 29: Concentrações mínimas e máximas encontradas por Figueiredo <i>et al.</i> (2006) em μM , independentes do ponto amostral e ciclo de maré. ND: Não detectável.	85
Tabela 30: Concentração máxima em μM para cada nutriente em seu respectivo período de amostragem encontrada por Montes <i>et al.</i> (2002) na Barra de Catuama e Barra Orange, PE.	86
Tabela 31: Concentração média e Desvio Padrão (DP) de nutrientes em μM , de acordo com Otsuka <i>et al.</i> (2013), em período seco e chuvoso.	86
Tabela 32: Concentrações mínimas e máximas de nutrientes, em μM , encontradas por Branco <i>et al.</i> (2002) no estuário Barra das Jangadas, PE, e seus meses correspondentes. ND: Não Detectável.	87
Tabela 33: Concentração média, desvio padrão e mediana da concentração de nutrientes, em μM , nas estações externas, intermediárias e internas do sistema estuarino de Barra das Jangadas, PE, calculados a partir de dados do trabalho de Noriega <i>et al.</i> (2005a). DP: Desvio Padrão.	88
Tabela 34: Concentração média de nutrientes, desvio padrão (DP), máxima e mínima em μM na confluência dos rios Pirapama e Jaboatão, no sistema estuarino da Barra das Jangadas, PE, segundo Noriega <i>et al.</i> (2005b).	88
Tabela 35: Valores mínimos, máximos e médios, com desvio padrão, em μM encontrados por Bastos <i>et al.</i> (2011), na área costeira e estuarina do rio Maracaípe, PE.	89
Tabela 36: Concentração média e desvio padrão de nutrientes em μM nos pontos amostrais em distintos períodos de coletas e marés. E média geral de cada nutriente para período chuvoso e seco. Informações adaptadas de Da Silva <i>et al.</i> (2009) para o estuário do Rio Formoso.	90
Tabela 37: Concentrações mínimas e máximas de nutriente em μM no estuário do rio Ariquindá, segundo Grego <i>et al.</i> (2009), e seus períodos e pontos amostrais referentes. ND: Não Detectável.	91
Tabela 38: Concentração mínima, máxima, média e seu desvio padrão de cada nutriente, em μM , encontrada por Cordeiro <i>et al.</i> (2014) em período seco e chuvoso.	91
Tabela 39: Concentrações mínimas e máximas, em μM , encontradas por De Melo <i>et al.</i> (2013) em cada ponto amostral, independente do período (chuvoso ou seco) e profundidade (superfície	

ou fundo) de coleta, e a concentração média mínima, máxima, e entre as duas últimas.	92
Tabela 40: Valores adaptados da concentração de nutrientes (média e desvio padrão) encontrados por Guenther <i>et al.</i> (2015) em μM em cada mês de amostragem.	92
Tabela 41: Concentrações médias, com desvio padrão (DP), e medianas em μM dos nutrientes em locais da Bacia do Pina, PE, calculadas com informações contidas no artigo de Nascimento <i>et al.</i> (2003).	93
Tabela 42: Concentração mínima, máxima e mediana de nutrientes em μM encontradas por Cordeiro <i>et al.</i> (2018) e Silva <i>et al.</i> (2019) em período seco e chuvoso.	94
Tabela 43: Concentração média, desvio padrão (DP), mínima e máxima de Fósforo Inorgânico Dissolvido (PID), Nitrogênio Inorgânico Dissolvido (NID) e silicato (não mensurado em fevereiro/00), em μM , de acordo com De Souza <i>et al.</i> (2009) para o estuário do rio Cachoeira, localizado no estado da Bahia. Costeiro: Área Costeira. E. Externo: Estuário Externo. E. Interno: Estuário Interno. ND: Não Detectado.	95
Tabela 44: Concentrações mínimas e máximas de nutrientes em μM encontradas por Silva <i>et al.</i> (2015) no estuário do rio Cachoeira, BA.	97
Tabela 45: Concentração média, mínima e máxima em μM de nutrientes nas localidades de Barra dos carvalhos, Barra de Boipeba e Cairu, Bahia, segundo Barboza <i>et al.</i> (2013).	97
Tabela 46: Concentração de nutrientes em μM e $\mu\text{mol/Kg}^*$ encontradas por Alves Júnior <i>et al.</i> (2015) e Xie <i>et al.</i> (2015), respectivamente. Concentrações médias e Desvios padrões de acordo com Webb <i>et al.</i> (2007). Todos os valores se referem a região Sudeste.	120
Tabela 47: Concentração mínima, máxima e média com desvio padrão (DV) de nutrientes em μM encontradas por Figueiredo <i>et al.</i> (2016) em águas de plataforma (AP) e águas oceânicas (AO) da Bacia do Espírito Santo e Porção Norte da Bacia de Campos.	123
Tabela 48: Concentração média \pm Desvio Padrão de nitrato, silicato e fosfato em μM nas diferenças massas d'água dos transectos 1 (T1) e 2 (T2), na plataforma continental e região oceânica, de acordo com Perassoli <i>et al.</i> (2020). Água Costeira (AC), Água Tropical (AT), Água Central do Atlântico Sul (ACAS), Água Intermediária Antártica (AIA), Água Circumpolar Superior Profunda (ACSP).	124
Tabela 49: Concentrações médias \pm Desvio Padrão de nutrientes em μM nas massas d'água presentes na Bacia de Campos durante o período amostrado, segundo Suzuki <i>et al.</i> (2017). ATSS: Água Tropical de Superfície. AT BCM: Água Tropical na Base da Camada de Mistura. ACAS: Água Central do Atlântico Sul. AIA: Água Intermediária Antártica. ACS: Água Circumpolar Superior. APAN: Água Profunda do Atlântico Norte.	125

Tabela 50: Concentrações mínimas e máximas de nutrientes em μM de acordo com Pedrosa <i>et al.</i> (2006) para região oceânica do Rio de Janeiro.	126
Tabela 51: Concentrações médias \pm Desvio Padrão de nutrientes em μM de acordo com Bonecker <i>et al.</i> (2019) para região oceânica do Rio de Janeiro. Água Tropical (TW); Água Central do Atlântico Sul (SACW); Água intermediária Antártica (AAIW); Água profunda circumpolar superior (UCDW).	126
Tabela 52: Concentrações de nitrato, fosfato e silicato em μM na região oceânica de São Paulo, de acordo com Metzler <i>et al.</i> (1997).	128
Tabela 53: Concentrações de nutrientes \pm Desvio Padrão em μM nas massas d'água encontradas por Moser <i>et al.</i> (2016) em transectos perpendiculares a baía de Guanabara (RJ), Sepetiba (RJ) e Ubatuba (SP). AT: Água Tropical. AC: Água Continental. ACAS: Água Central do Atlântico Sul. AP: Água de Plataforma.	129
Tabela 54: Concentração (média \pm Desvio Padrão) de nutrientes dissolvidos em μM de massas d'água da Zona Costeira e Oceânica de Ubatuba SP, de acordo com Aidar <i>et al.</i> (1993).	131
Tabela 55: Concentrações de nutrientes \pm Desvio Padrão em μM em condições de floração e não floração de cianobactérias, nas regiões oceânicas do Rio de Janeiro e Rio Grande do Sul, de acordo com Detoni <i>et al.</i> (2016a).	132
Tabela 56: Concentração média \pm Desvio Padrão de nutrientes na profundidade de 15 metros em condição de não floração de cianobactéria, de acordo com Lima <i>et al.</i> (2019).	132
Tabela 57: Concentração superficial em μM da Zona Costeira da região sul de São Paulo de acordo com Brandini e Moraes (1986).	133
Tabela 58: Concentração mínima, máxima e média com desvio padrão (DV) dos nutrientes em μM para ZC do Espírito Santo de acordo com Ovalle <i>et al.</i> (1999).	134
Tabela 59: Concentrações mínimas, máximas e médias com desvio padrão (DV) em μM encontradas por Costa <i>et al.</i> (2014) na Zona Costeira de Guarapari, ES.	136
Tabela 60: Concentrações médias \pm Desvio Padrão (DP), mínimas e máximas de nutrientes em μM em Cabo Frio (RJ) de acordo com Fernandes <i>et al.</i> (2017) entre janeiro/95 e dezembro/09.	139
Tabela 61: Concentração média \pm Desvio Padrão de nutrientes em μM durante eventos de <i>downwelling e upwelling</i> em Cabo Frio (RJ) de acordo com Guenther <i>et al.</i> (2008) em fevereiro de 2012.	140
Tabela 62: Concentração média \pm Desvio Padrão (DP) de nutrientes durante a ressurgência de Arraial do cabo (RJ), de acordo com Gregoracci <i>et al.</i> (2015)	141

Tabela 63: Concentração média \pm Desvio Padrão (DP), mínima e máxima (Mín-Máx), em μM , de nutrientes na Zona Costeira ao norte e sul da ilha e São de São Sebastião, SP, de acordo com Giancesella e Saldanha-Corrêa (2003).	143
Tabela 64: Concentração mediana, mínima e máxima em μM na região marinha compreendida entre a Baía de Santos e o Parque estadual Marinho de Lage dos Santos, de acordo com Braga <i>et al</i> (2017).	144
Tabela 65: Concentração média, Desvio Padrão (DP) e mediana de nutrientes, em μM , na região de Ubatuba, SP, de acordo com Povinec <i>et al.</i> (2008). A: enseada de Mar Virado. B entre o limite norte de Mar Virado e Ilha Vitória. C: limite sul da enseada e sul da ilha. T: entre sul de Mar virado e a enseada de Massaguaçu. PB: restrito a Baía de Picinguaba. FB: enseada Flamengo e localidades <i>offshore</i> . V: entorno da ilha Vitória	146
Tabela 66: Concentrações médias \pm Desvio Padrão, mínimas e máximas de nutrientes em μM na Baía de Cabo Frio, RJ, de acordo com De Oliveira <i>et al.</i> (2012).	147
Tabela 67: Concentrações médias \pm Desvio Padrão (DP) de nutrientes em μM na Baía de Cabo Frio, RJ de acordo com Kutter <i>et al.</i> (2014).	148
Tabela 68: Concentrações de nutrientes em μM na ilha de Cabo Frio (RJ) de acordo com Gonzalez-Rodriguez e Maestrini (1984) entre maio/80 e janeiro/81.	148
Tabela 69: Concentrações médias \pm Desvio Padrão (DP), de nutrientes em μM em 3 pontos da Baía de Guanabara (RJ) de acordo com Gregoracci <i>et al.</i> (2012).	149
Tabela 70: Concentrações médias \pm Desvio Padrão (DP) e mediana, de nutrientes em μM na Baía de Guanabara (RJ) de acordo com Kjerve <i>et al.</i> (1997). Os parâmetros estatísticos foram calculados para todos os pontos, independente da profundidade, e em relação a profundidade (superfície e fundo).	150
Tabela 71: Concentrações médias \pm Desvio Padrão (DP), mínimas e máximas de nutrientes em μM em 5 setores da Baía de Guanabara (RJ) de acordo com Cotovicz Júnior <i>et al.</i> (2015). L.D: Limite de Detecção.	150
Tabela 72: Concentrações médias \pm desvio padrão (DV), mínimas e máximas de nutrientes em μM de acordo com Barrera-Alba <i>et al.</i> (2019) e Castelar <i>et al.</i> (2019) em enseadas da Baía de Ilha Grande, Rio de Janeiro.	152
Tabela 73: Concentração média \pm Desvio Padrão (DP) de fosfato nas proximidades da praia da Enseada e ilha Anchieta, Ubatuba (SP), em μM , de acordo com Teixeira (1973).	152
Tabela 74: Concentração média \pm Desvio Padrão (DP) de nitrato, em μM , e fosfato na região de Ubatuba, SP, segundo Teixeira (1979).	153

Tabela 75: Concentração média \pm Desvio Padrão de nutrientes em μM da enseada de Palmas, na Ilha Anchieta, região de Ubatuba, SP, de acordo com Braga (1999).	154
Tabela 76: Concentração média \pm Desvio Padrão (DP) e mediana, em μM , de nutrientes em sistemas costeiros do estado de São Paulo, de acordo com Moser <i>et al.</i> (2004).	155
Tabela 77: Concentrações mínimas e máximas de nutrientes em μM de acordo com De Luca <i>et al.</i> (1991) na praia de Ipanema, Rio de Janeiro (RJ).	156
Tabela 78: Concentrações médias \pm Desvio Padrão (DP), medianas, mínimas e máximas de nutrientes em μM em na Prainha em Arraial do Cabo, RJ de acordo com Godoy <i>et al.</i> (2013) em março de 2009, agosto de 2009 e ambos períodos (Geral).	157
Tabela 79: Concentração de nutrientes em μM na lagoa de Grussaí, Rio de Janeiro, durante a existência da barra de areia separando-a do mar, de acordo com Suzuki <i>et al.</i> (1998).	158
Tabela 80: Concentração média em μM na lagoa do Açú durante o período em que havia barra de areia separando-a do mar. Mínimo e máximo durante todo o período de estudo, de acordo com Chagas e Suzuki (2005).	159
Tabela 81: Concentrações médias \pm Desvio Padrão (DP), mínimas e máximas de nutrientes em μM na lagoa de Imboassica (RJ) de acordo com Branco <i>et al.</i> (2007).	159
Tabela 82: Concentrações mínimas – máximas de nutrientes em μM (exceção para ponto 2 durante a abertura da barra, quando houve somente uma coleta) na lagoa de Imboassica, RJ, de acordo com Kozlowsky-Suzuki e Bozelli (2004).	160
Tabela 83: Concentrações médias \pm Desvios Padrões de nutrientes em μM , em 3 pontos da Lagoa de Imboassica de acordo com Melo <i>et al.</i> (2007).	160
Tabela 84: Concentrações médias \pm Desvios Padrões de nutrientes em μM , entre abril de 1991 e março de 1992 Lagoa de Araruama de acordo com Souza <i>et al.</i> (2003).	161
Tabela 85: Concentrações médias \pm Desvio Padrão (DP), mínimas e máximas de nutrientes em μM sistema estuarino-lagunar Piratininga-Itaipu de acordo com Cerda <i>et al.</i> (2013).	162
Tabela 86: Concentração média, mínima e máxima de nutrientes em μM , no complexo estuarino-lagunar de Cananéia-Iguape (SP), de acordo com Braga e Chiozzini (2008).	163
Tabela 87: Concentrações médias \pm desvio padrão (DP), mínimas e máximas (mín-máx) de nutrientes em μM de acordo com Kruger <i>et al.</i> (2006) no estuário do rio Paraíba do Sul, no estado do Rio de Janeiro.	164
Tabela 88: Concentrações médias \pm desvio padrão de nutrientes em μM de acordo com Araújo <i>et al.</i> (2017) nos estuários Macaé, São João, Bracuí e Perequê-Açú no estado do Rio de Janeiro. N-Amoniacal: Nitrogênio Amoniacal.	165

Tabela 89: Concentrações de nutrientes em μM em ambiente sob domínio fluvial e marinho na Baía de Sepetiba (RJ), de acordo com Rodrigues <i>et al.</i> (2009).....	165
Tabela 90: Concentrações mínimas, máximas, médias \pm Desvio Padrão de nutrientes, em μM , no Canal de Bertiooga (SP), sob maré de quadratura e sizígia, de acordo com Giancesella <i>et al.</i> (2005).	166
Tabela 91: Concentrações de fosfato, Nitrogênio Inorgânico Dissolvido (NID) e silicato em μM na região oceânica do Sul do Brasil, em cada estação amostrada a 15 metros de profundidade de acordo com Bif e Yunes (2017).....	194
Tabela 92: Concentração média \pm Desvio Padrão de fosfato, Nitrogênio Inorgânico Dissolvido (NID) e silicato em μM na região costeira e oceânica do Sul do Brasil, de acordo com Gonçalves-Araújo <i>et al.</i> (2018).	197
Tabela 93: Concentração média de silicato, fosfato e nitrato em μM em diferentes profundidades da região costeira e oceânica do Sul do Brasil e Argentina, de acordo com Braga <i>et al.</i> (2008).	197
Tabela 94: Concentrações médias \pm Desvio Padrão (DP), mediana, mínimo e máximo da concentração de nutrientes em μM nos transecto T (Torres), S (Cabo de Santa Marta) e I (Itajaí-Açu), de acordo com Euchler <i>et al.</i> (2008).....	198
Tabela 95: Concentração média \pm Desvio Padrão (DP), mínima e máxima de nutrientes, em μM , de massas d'água da região da plataforma continental de Santa Catarina, de acordo com Fontes <i>et al.</i> (2018). ASP: Água Subtropical da Plataforma. ACAS: Água Central do Atlântico Sul. APP: Água da Pluma do rio La Plata.	199
Tabela 96: Concentrações médias \pm Desvio Padrão (DP) de nutrientes, em μM , na região da ilha de Santa Catarina, SC, encontradas na Água Central do Atlântico Sul (ACAS) e Água de Plataforma Subtropical (APS), e na superfície, camada intermediária e fundo da coluna d'água, de acordo com Bordin <i>et al.</i> (2019).....	201
Tabela 97: Concentração média \pm Desvio Padrão (DP), mínima e máxima de nutrientes, em μM , em Balneário Camboriú (SC), de acordo com Pereira-Filho <i>et al.</i> (2001).....	203
Tabela 98: Concentração média \pm Desvio Padrão (DP) de nutrientes, em μM , no estuário do rio Itajaí-Açu (SC), a montante (ponto 1) e a jusante da região portuária (ponto 2), de acordo com Pereira Filho <i>et al.</i> (2003).....	203
Tabela 99: Concentração média \pm Desvio Padrão (DP), mínima e máxima de nutrientes, em μM , no estuário do rio Perequê, Baía de Porto Belo, SC, de acordo com Signorin <i>et al.</i> (2010).	204

Tabela 100: Concentração média, mínima e máxima de nutrientes, em μM , na Ilha de Santa Catarina, SC, em zona estuarina, marinha e plataforma continental, de acordo com compilado de dados novos e antigos realizado por Cabral <i>et al.</i> (2020).....	204
Tabela 101: Concentração média \pm Desvio Padrão (DP), mínima e máxima de nutrientes, em μM , na Baía de Santa Catarina, SC, na enseada do Pântano do Sul e na Baía Norte, ao norte e ao sul, de acordo com compilado de dados novos e antigos realizado por Simonassi <i>et al.</i> (2010).	205
Tabela 102: Concentração média \pm Desvio Padrão (DP), mínima e máxima de nutrientes, em μM , na Lagoa da Conceição, SC, nas partes sul, central e norte, de acordo com Fonseca <i>et al.</i> (2002).	205
Tabela 103: Concentração média \pm Desvio Padrão (DP), mínima e máxima de nutrientes, em μM , na Lagoa da Conceição, SC, antes e depois do feriado de carnaval na região sul, centro sul e centro norte, de acordo com Fontes <i>et al.</i> (2006).	206
Tabela 104: Concentração de amônio, nitrato+nitrito e fosfato, em μM , mensurada em pontos amostrais do transecto norte- sul (2 a 20) na Lagoa dos Patos, RS, de junho a dezembro, de acordo com Abreu <i>et al.</i> (1995).....	207
Tabela 105: Concentração média \pm Desvio Padrão (DP) de nutrientes, em μM , em 3 diferentes grupos de regiões semelhantes, na Lagoa dos Patos, RS, de acordo com Niencheski e Jahnke (2002).	209
Tabela 106: Concentração média \pm Desvio Padrão (DP) de nutrientes, em μM , na Baía da Mangueira, sul da Lagoa dos Patos, RS, em diferentes estações do ano, de acordo com Niencheski e Baumgarten (2007).	209
Tabela 107: Concentração média, mínima e máxima de fosfato e amônio, em μM , em superfície e fundo no Saco do Justino e Saco da Mangueira, Lagoa dos Patos, RS, de acordo com Baumgarten e Niencheski (2010).	210
Tabela 108: Concentração de nutrientes para cada mês amostrado, média \pm Desvio Padrão (DP), em μM , na Praia do Cassino, RS, de acordo com Garcia e Odebrech (2008).	210
Tabela 109: Concentração média \pm Desvio Padrão (DP), mínima, máxima e mediana de nutrientes, em μM , na Praia do Cassino, RS, de acordo com Odebrecht <i>et al.</i> (2010).	211
Tabela 110: Concentração de nutrientes, em μM , em praias urbanas (UBE) e intocadas (PLE) de municípios do estado de Santa Catarina, de acordo com Martins <i>et al.</i> (2012).....	211

SUMÁRIO

LISTA DE FIGURAS	6
LISTA DE GRÁFICOS	10
LISTA DE TABELAS	11
1. INTRODUÇÃO	22
2. OBJETIVOS	29
2.1 Objetivo geral	29
2.2 Objetivos específicos	29
3. MATERIAIS E MÉTODOS	30
3.1 Área de estudo	30
3.2 Metodologia	30
4. CAPÍTULO I: PANORAMA GERAL BRASILEIRO DA QUANTIDADE DE ESTUDOS LEVANTADOS	33
5. CAPÍTULO II: DISTRIBUIÇÃO DE NUTRIENTES POR REGIÃO GEOGRÁFICA BRASILEIRA	40
5.1 Resultados para a região Norte	40
5.1.1 Plumas dos rios Amazonas e Pará e região oceânica amazônica	41
5.1.2 Estuários	48
5.1.3 Praias e canal de maré	51
5.1.4 Discussão para a região norte	53
5.1.5 Plumas dos rios Amazonas e Pará e regiões oceânica amazônica	53
5.1.6 Estuários	56
5.1.7 Praias e canal de maré da região norte	58
5.2 Resultados para a região Nordeste	59
5.2.1 Região oceânica, plataforma continental e ambientes recifais do Nordeste	60
5.2.2 Sistemas costeiros nordestinos: praias, lagunas e estuários	78
5.2.3 Discussão para a região nordeste	98
5.2.4 Região oceânica, plataforma continental e ambientes recifais	98
5.2.5 Sistemas costeiros nordestinos: praias, lagunas e estuários	105
5.3 Resultados para a região Sudeste	119
5.3.1 Região Oceânica e Plataforma Continental	120
5.3.2 Zona Costeira do Sudeste: ambiente marinho sem restrição de sistemas costeiros	133
5.3.3 Sistemas costeiros do Sudeste: baías, praias, lagunas, estuários	147
5.3.3 Discussão para a região oceânica e plataforma continental do Sudeste	166
5.3.4 Zona Costeira do Sudeste: ambiente marinho sem restrição de sistemas costeiros	173

5.3.5 Sistemas costeiros do Sudeste: baías, praias, lagunas, estuários.....	180
5.4 Resultados para a região Sul	192
5.4.1 Região Oceânica e Plataforma Continental	192
5.4.2 Zona Costeira da região Sul	200
5.4.3 Discussão para a região Oceânica e Plataforma Continental.....	212
5.4.4 Discussão para Zona Costeira da região Sul.....	215
6. CONSIDERAÇÕES FINAIS	222
7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	224

1. INTRODUÇÃO

Um ecossistema se estabelece com a interação e troca de energia entre organismos vivos e seu ambiente abiótico, construindo assim uma estrutura trófica. Dentre os componentes de um ecossistema estão as substâncias inorgânicas, que participam dos ciclos de materiais, sendo o ciclo nutritivo (biogeoquímico) um importante elo funcional de um ecossistema (ODUM, 2004; VIANA *et al.*, 2021).

A concentração, distribuição e dinâmica de nutrientes dissolvidos são estudadas em todos os ecossistemas do mundo, dos estuários (MONTES *et al.*, 2002; DOS SANTOS *et al.*, 2020) ao mar profundo (CUTTER E MEASURES, 1999; GOMES *et al.*, 2018; ARMENGOL *et al.*, 2019), pois os nutrientes apesar de importantes elementos químicos utilizados pelos organismos em suas atividades metabólicas (NIENCHESKI, 2015), podem, em excesso, levar também a efeitos deletérios como a produção de algas tóxicas e a falta de oxigênio na água (CASTELLO e KRUG, 2015; CUTRIM *et al.*, 2019). Com significativa importância biológica em meio aquático, os nutrientes são primordiais para produção primária realizada pelo fitoplâncton, representando o início do desenvolvimento das cadeias tróficas responsáveis pelas transferências de energia alimentar aos níveis superiores (CURRILIN, 1975; ODUM, 2004; MANZOLLI, 2011); tais nutrientes estão disponíveis para utilização na água em sua forma inorgânica dissolvida; dentre os existentes se destacam os que têm como principais elementos constituintes o nitrogênio, fósforo e silício por serem normalmente encontrados em maiores concentrações (MANZOLLI, 2011; NIENCHESKI, 2015) e serem mais demandados para a produção de matéria orgânica em comparação aos micronutrientes, como os metais (MONTES *et al.*, 2021).

O nitrogênio (N), fósforo (P) e silício (Si) são elementos integradores de biomoléculas essenciais à produção primária marinha, como as proteínas, adenosina trifosfato e exoesqueleto de diatomáceas (GARRISSON, 2010; BRAGA, 2021). Confirmado pelo princípio da conservação da massa, os elementos nutrientes (N, P e Si) apresentam alternância entre formas orgânicas e inorgânicas por meio de ciclos de produção e decomposição da matéria orgânica no sistema marinho, garantindo a interação entre o meio ambiente e os seres vivos; são os chamados ciclos biogeoquímicos (BRAGA, 2021; OLIVEIRA *et al.*, 2021).

O silício está disponível como silício reativo dissolvido principalmente sob a forma $Si(OH)_4$, mas também é encontrado na forma de SiO_2 . De modo geral, o nutriente está em concentrações consideravelmente maiores quando comparado aos nitrogenados e fosfatados,

especialmente em zonas costeiras, devido à sua origem nos aportes continentais superficiais e subterrâneos, e no intemperismo glacial (MONTES *et al.*, 2021). O silício disponível é assimilado para compor carapaças de diatomáceas, silicoflagelados e exoesqueleto de outros organismos; após a morte desses os processos físico-químicos de dissolução disponibilizam o nutriente para a água (GARRISSON, 2010; BRAGA, 2021; MONTES *et al.*, 2021).

Já o fósforo, tendo sua origem, de modo geral, na erosão de rochas fosfáticas, na composição de fertilizantes agrícolas e nos efluentes domésticos, está presente na água do mar majoritariamente sob a forma de ácido fosfórico HPO_4^{2-} , seguido do íon fosfato PO_4^{3-} , espécie preferencial de assimilação pela biota, e do ânion di-hidrogenofosfato $H_2PO_4^-$ (GARRISSON, 2010; NIENCHESKI, 2015; MONTES *et al.*, 2021). Por sua alta concentração estar correlacionada às fontes poluidoras, comumente o fosfato é utilizado como indicativo químico de saúde dos estuários (MONTES *et al.*, 2021). Uma vez disponível para assimilação, o fósforo é retirado e incorporado à matéria orgânica. Após a morte desse organismo ocorre sua deterioração por meio da ação de bactérias fosfolizantes, promovendo o retorno do fósforo à água em sua forma solúvel (NIENCHESKI, 2015; BRAGA, 2021).

Assim como o fosfato, os nutrientes nitrogenados são comumente limitantes para a produtividade primária, além de ser o elemento com o ciclo biogeoquímico mais impactado pela atividade antrópica nos estuários (GARRISSON, 2010; NIENCHESKI, 2015). É assimilado pelos organismos sob a forma de íons amônio NH_4^+ , nitrito NO_2^- e nitrato NO_3^- que, em conjunto são denominados NID, Nitrogênio Inorgânico Dissolvido (MONTES *et al.*, 2021; OLIVEIRA *et al.*, 2021). Diferentemente do fósforo e silício, o nitrogênio possui fase de fixação além das fases de assimilação e regeneração, presentes nos ciclos dos outros elementos (NIENCHESKI, 2015).

A fixação consiste em capturar o nitrogênio gasoso e convertê-lo para formas utilizáveis pelos organismos marinhos, contudo muita energia é demandada para esse processo, fazendo com que a quantidade de nitrogênio fixada não seja tão grande (NIENCHESKI, 2015; MONTES *et al.*, 2021). A forma preferencial de assimilação do nitrogênio pela biota é o amônio, apesar de bem absorvido também na forma de nitrato a depender das concentrações dos elementos no meio (OLIVEIRA *et al.*, 2021). O nitrato, quando assimilado, é convertido a NH_4^+ para produção da matéria orgânica; essa, por sua vez, passa pelos processos de decomposição (ou mineralização), nitrificação e desnitrificação (NIENCHESKI, 2015).

A decomposição ocorre quando bactérias e fungos, por meio da amonificação, transformam a matéria orgânica em amônio. O nitrogênio amoniacal é então convertido em

nitrito pelas bactérias nitrificantes e posteriormente a nitrato, por outro tipo de bactérias também nitrificantes (OLIVEIRA *et al.*, 2021; NIENCHESKI, 2015). Cabe ressaltar que o NO_2^- é frequentemente encontrado em concentrações ainda mais baixas do que o NO_3^- , já que o primeiro nutriente é o estado de oxidação intermediário entre amônio e nitrato. Contudo, por ser a forma menos oxidada, em situações anóxicas pode haver redução do nitrato para nitrito, aumentando sua concentração. Esse processo, menos comum, é denominado denitrificação (NIENCHESKI, 2015; MONTES *et al.*, 2021; OLIVEIRA *et al.*, 2021). Já a desnitrificação ocorre por meio de algumas bactérias que utilizam nitratos ou nitritos na respiração quando em ambientes anóxicos, liberando o nitrogênio em estado gasoso para o ambiente (NIENCHESKI, 2015).

O desenvolvimento do fitoplâncton pode ser dificultado quando as condições do meio ambiente não são suficientes para seu correto funcionamento metabólico, como por exemplo em situações em que há excesso ou deficiência de um ou mais nutrientes, havendo então um fator limitante (GARRISSON, 2010). O nitrogênio e fósforo são encontrados em proporções constantes tanto em sua forma dissolvida, na água do mar, quanto na biomassa do fitoplâncton marinho (BRANDINI, 2015). Redfield identificou a razão atômica de carbono, nitrogênio e fósforo existente na matéria orgânica de fitoplâncton e zooplâncton marinhos, denominada razão de Redfield, sendo tal: 106 átomos de carbono para 16 de nitrogênio, para 1 de fósforo (BRAGA, 2021). Como o carbono é abundante em meio marinho, os nutrientes nitrogenados e fosfatados são os principais interferentes na produção primária. Podendo haver, principalmente em Zonas Costeiras, oscilação entre a limitação por um nutriente e outro devido aos diferentes tipos de aportes naturais e influência antrópica, os quais são variáveis por região (MONTES, 2021). Há, portanto, uma razão atômica de 16:1 (N:P), em que se pode inferir o nutriente limitante de um ecossistema, que quando em razão inferior a 16 está possivelmente limitado por nitrogênio e quando superior a 16, limitado por fósforo (BRANDINI, 2015). A respeito do silício, o elemento é utilizado pelos organismos que o necessitam em variadas proporções, a depender de sua complexidade estrutural e, por isso, não há uma relação generalizada (BRAGA, 2021).

O conhecimento acerca dos elementos químicos presentes na água pode não somente ser associado ao controle da taxa de produtividade primária, mas também auxilia no monitoramento de ambientes, atuando como indicadores de qualidade ambiental de um ecossistema (COSTA *et al.*, 2014). Altas concentrações de nutrientes dissolvidos na coluna d'água e nos sedimentos comumente indicam processos de eutrofização, representando riscos

aos bens e serviços provindos do meio (RABALAIS *et al.*, 2009; GRILO *et al.*, 2016), podendo também favorecer o crescimento de organismos fitoplanctônicos tóxicos, prejudicando habitats importantes como recifes de corais; esses *blooms* algais representam ainda milhões de dólares em danos à pesca, à maricultura e ao turismo (CASTRO e HUBER, 2012).

A carga de nutriente dissolvido na água é alvo frequente de investigação para avaliação de qualidade ambiental e estado trófico -seja no tempo presente ou futuro por meio de aplicação de modelos- de um certo ecossistema; vide Mar Báltico, na Europa, e o estuário do Caeté, no estado do Pará, Brasil (PEREIRA *et al.*, 2010; WÅHLSTRÖM *et al.*, 2020). Com aumento da concentração de nutrientes dissolvidos, há comprometimento da qualidade ambiental em decorrência, por exemplo, do favorecimento do desenvolvimento de espécies oportunistas tanto da fauna quanto da flora, provocando mudanças na teia trófica e perdas na biodiversidade, causando desequilíbrio no sistema. Atividades domésticas, industriais e agropecuárias podem acarretar em constante adição de nutrientes inorgânicos em um ecossistema, causando eutrofização, a qual possui perspectiva de aumento se levado em consideração o implacável crescimento populacional, as mudanças climáticas e a atividade doméstica, industrial e agropecuária proporcional às demandas das populações (VIANA 2021; HARARI, 2021).

No geral, a eutrofização ocorre em águas costeiras rasas e parcialmente confinadas, sendo um fenômeno desencadeado pelo *input* excessivo de nutrientes no meio aquático. Caracterizado pelo favorecimento exagerado da produtividade primária e consequente aumento da biomassa vegetal, acarretando em maior turbidez da coluna d'água em resposta às densas populações formadas, o que inibe o crescimento de algas maiores e interfere nos organismos invertebrados associados, resultando em baixa diversidade e atrativo estético ruim (FRANCESCHINI *et al.*, 2009; PINTO-COELHO, 2009; BEGON *et al.*, 2009; CASTRO e HUBER, 2012). A posterior decomposição da biomassa, seja do fitoplâncton, do zooplâncton, de invertebrados ou de macrófitas, utiliza o oxigênio disponível para remineralização da matéria orgânica podendo ocasionar, além da mortandade de peixes e invertebrados, em condições anóxicas no meio (BEGON *et al.*, 2009; CAIN *et al.*, 2017), gerando riscos econômicos e ambientais.

Atividades humanas podem acarretar no aumento da concentração e distribuição de nutrientes no meio e na desestabilização de ambientes marinhos e fluviais, seja indiretamente através da utilização de fertilizantes na agricultura ou diretamente através de construções imobiliárias e estruturas costeiras em ambientes litorâneos que alteram a paisagem e sua dinâmica, por exemplo (NICOLODI *et al.*, 2009; NORDHAUS *et al.*, 2018). Podemos apontar

como as principais consequências da interferência antrópica a destruição de habitats, sobre-exploração de recursos, poluição ambiental, e as mudanças na hidrologia e estado trófico (NORDHAUS *et al.*, 2018), sendo a Zona Costeira, segundo Gruber *et al.* (2003), uma das áreas de maior estresse ambiental a nível mundial.

Entende-se como Zona Costeira o espaço geográfico de interação entre ar, mar e terra. É um patrimônio nacional que além de abranger municípios não litorâneos com atividades impactantes para a costa, engloba também o mar territorial, faixa de água marinha até o limite de 12 milhas náuticas (BRASIL, 1988; JABLONSKI e FILET, 2008). Tal zona contém, portanto, águas da plataforma continental que estão nas 12 milhas náuticas do mar territorial, os ecossistemas costeiro-marinhos e certas águas interiores anteriores à linha de base do mar territorial, abrangendo assim sistemas como praias, dunas, manguezais, estuários, recifes de corais, costões rochosos e lagoas (VALENTIN e MUELBERT, 2015; FERNANDES, 2017; RIBEIRO *et al.*, 2019; NUNES *et al.*, 2021).

É importante amenizar os prejuízos ambientais acarretados pela interferência antrópica, procurando manter o equilíbrio das zonas costeiras com esforços para reduzir o *input* exacerbado de nutrientes no ambiente (PAERL, 2009), pois tais áreas nos fornecerem diversos bens e serviços ecossistêmicos -regulação de tempo e clima, aprisionamento de sedimentos, ciclagem de nutrientes, habitats de espécies, proteção costeira, turismo, potencialidades minerais e por prover desenvolvimento cultural e diversos recursos econômicos- (IBGE, 2011; NEL *et al.*, 2014; SEVILLA e LE BAIL, 2017). Somado a isso há o agravante de que grande parte da população brasileira se encontra em regiões litorâneas e depende de um ecossistema saudável para a sobrevivência, já que exercem atividades direta ou indiretamente ligadas ao ambiente (como turismo, produção de petróleo, pesca/aquicultura) (IBGE, 2011; SEVILLA e LE BAIL, 2017).

Por isso a necessidade de proteger os ecossistemas, garantindo sua manutenção e prestação de bens e serviços através de conhecimento científico atrelado à gestão eficiente baseada em políticas públicas sólidas (NEL *et al.*, 2014), com gestões complexas executadas por meio de planos nacionais corroborados por planos estaduais e municipais (JABLONSKI e FILET, 2008). Essa não é uma realidade no país, já que de acordo com Sevilla e Le Bail (2017), os ecossistemas estão mais ameaçados pelas práticas de governança inadequadas do que por outros fatores como, por exemplo, crescimento populacional ou superexploração. É notório que a população de uma maneira geral ainda detém a ideia de que os recursos marinhos brasileiros são inesgotáveis, mantendo assim práticas insustentáveis incentivadas pelas políticas

(MILOSLAVICH *et al.*, 2011). Diversos autores concordam que boas estratégias de gestão ambiental são necessárias (GRUBER *et al.*, 2003; PAERL, 2009; TEUBNER JUNIOR *et al.*, 2018; NORDHAUS *et al.*, 2018), o que vem sendo discutido em fóruns e programas de conservação e desenvolvimento sustentável, dando a devida importância à gestão integrada do ambiente fluvio-marinho (NICOLODI *et al.*, 2009; NORDHAUS *et al.*, 2018).

Com a evidente importância em se manter um ecossistema costeiro saudável e suas implicações não só no meio ambiente como também na sociedade, nos últimos tempos o crescente aumento da urbanização levou a comunidade científica a buscar soluções para a eutrofização frequentemente observadas nesses ecossistemas (COSTA *et al.*, 2018). Soluções que podem ser alcançadas também a partir de estudos que abordem nutrientes dissolvidos, com a possibilidade de sustentarem a elaboração de políticas públicas eficientes para gerenciamento ambiental, como discutido por Teubner Júnior *et al.* (2018).

Não somente, mas também pela preocupação com os bens e serviços ecossistêmicos, a Agenda 2030 da Organização das Nações Unidas foi criada como um importante plano de ação para que busquemos o equilíbrio entre as dimensões econômica, social e ambiental do desenvolvimento sustentável; para tanto, 17 Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS) foram criados. Podendo destacar o ODS 14, que diz respeito à vida na água e ressalta a importância do conhecimento científico de qualidade para alcance das metas, traçando como uma delas a prevenção e redução significativa da poluição de todos os tipos, incluindo a causada por nutrientes em meio aquático (ONU, 2015). Porém, apesar de haver estudos na costa brasileira sobre a demanda e presença de nutrientes em meio marinho, Noriega *et al.* (2005), ainda na época, indagam sobre o pouco que sabemos a respeito do assunto, especialmente em ecossistemas dinamicamente complexos. Ainda hoje não existe um panorama geral sobre o nível de nutrientes na costa brasileira de uma forma integrada. Além disso, considerando que os parâmetros químicos devem ser caracterizados nos diversos segmentos da costa brasileira, possibilitando a elucidação do potencial trófico de cada região (BRAGA e NIENCHESKI, 2006), e posto ainda a importância do entendimento dos ciclos dos nutrientes e seus fatores influenciadores em ambientes de alta dinâmica e valor ecológico, esta dissertação terá como objetivo produzir uma revisão sistemática baseada em publicações científicas que investigaram a concentração de nutrientes inorgânicos na Zona Costeira e oceânica de todo Brasil, como realizado, por exemplo, por Sierra-Corre e Kintiz (2015) e Martin *et al.* (2016) para gerenciamento de manguezais e serviços ecossistêmicos costeiros, respectivamente.

Revisões sistemáticas podem ser definidas como revisões formais e padronizadas

(BERRANG-FORD e PEARCE, 2015). Diferencia-se das demais por buscar sanar uma questão específica, aplicando métodos explícitos e pré-definidos de levantamento bibliográfico, bem como critérios de exclusão e inclusão dos estudos considerados, permitindo assim a replicabilidade de futuros trabalhos com o mesmo viés (DENYER e TRANFIELD, 2009; COOPER *et al.*, 2019). Segundo Berrand-Ford *et al.* (2015), abordagem desse tipo são tradicionalmente utilizadas em ciências da saúde, porém ainda restrita em ciências sociais e ambientais, sendo, portanto, a presente dissertação uma contribuição para o estreitamento dessa lacuna.

Tal investigação sistemática gera a percepção de onde há necessidade de novos estudos, sendo possível ainda, no caso desse trabalho, obter como produto um panorama geral da costa do Brasil em relação a distribuição de nutrientes dissolvidos.

2. OBJETIVOS

2.1 Objetivo geral

Caracterizar a Zona Costeira - incluindo os sistemas costeiros- e o ambiente oceânico do Brasil em relação a concentração e distribuição de nutrientes inorgânicos dissolvidos, bem como os principais fatores ambientais que os influenciam.

2.2 Objetivos específicos

- I. Levantar publicações que abordem nutrientes inorgânicos dissolvidos no Brasil, catalogá-las e agrupá-las por região geográfica;
- II. Avaliar possível disparidade da quantidade de publicações sobre cada região geográfica brasileira;
- III. Investigar regiões de deficiência e/ou necessidade de estudos que abordem a temática em questão;
- IV. Analisar os sistemas marinhos e oceânicos, de cada região geográfica brasileira, a respeito das concentrações e das distribuições espaciais/temporais de nutrientes inorgânicos dissolvidos descritas nas publicações;
- V. Correlacionar a concentração de nutrientes inorgânicos dissolvidos com os fatores ambientais influenciadores na dinâmica desses elementos em cada região geográfica;
- VI. Apontar panorama geral brasileiro a respeito da concentração e distribuição de nutrientes inorgânicos dissolvidos na Zona Costeira e Oceânica.

3. MATERIAIS E MÉTODOS

3.1 Área de estudo

O litoral brasileiro está contido entre as latitudes 4° N (localidade de Cabo Orange, estado do Amapá) e 34°S (Chuí, estado de Rio Grande do Sul). Possuindo a maior linha costeira da América Latina, aproximadamente 9000 quilômetros, incluindo golfos e baías, abrangem 274 municípios de 17 estados divididos em 4 regiões geográficas no Brasil: Norte, Nordeste, Sudeste e Sul (JABLONSKI e FILET, 2008; MILOSLAVICH *et al.*, 2011; BERNARDES *et al.*, 2012; MMA, 2018); os quais perpassam pelo clima equatorial, tropical e subtropical, conferindo uma Zona Costeira heterogênea, a exemplo da complexa e irregular linha costeira do Norte em contraste com o retilíneo litoral de Pernambuco, no Nordeste (IBGE, 2011); ou ainda a ampla diversidade ambiental e diferentes características morfológicas, meteorológicas e marinhas, cuja energia de onda, de maneira genérica, aumenta em sentido norte-sul, ao passo que a amplitude de maré diminui (RODRÍGUEZ *et al.*, 2016).

A linha costeira abrange também os sistemas costeiros, tais como praias, lagunas e estuários, esses com diferentes características ambientais e sociais entre tais sistemas e entre as regiões geográficas brasileiras (RIBEIRO *et al.*, 2019; NUNES *et al.*, 2021). As particularidades regionais, a exemplo de ocorrência de ressurgência topográfica e influência fluvial, serão apontadas individualmente no início do item referente a cada região.

3.2 Metodologia

A revisão sistemática foi realizada de acordo com Kitchenham (2004) e Albaladejo *et al.* (2010), seguindo os passos descritos:

1º passo) Definição das especificações das questões a serem respondidas:

- Qual é o estado da arte sobre nutrientes dissolvidos em ambientes sob influência marinha no Brasil?
- Como são caracterizadas as regiões marinhas brasileiras quanto aos nutrientes dissolvidos?
- Onde se faz necessário maior esforço de pesquisa?

2º passo) Definição das fontes e estratégias de pesquisas:

A pesquisa foi realizada manualmente até a data de 29 de julho de 2021, nas plataformas *online*s de busca *Google Scholar* e Portal de Periódicos CAPES, através do acesso remoto via permissão institucional da Universidade Federal do Espírito Santo. Para tanto, o conjunto de

palavras a seguir foi utilizado separadamente, em língua portuguesa e inglesa: Nutriente costeira Brasil, nutriente oceano Brasil, nutriente mar Brasil, nutriente Atlântico Sul; Coastal nutrient Brazil, Brazil ocean nutriente, nutrient sea Brazil, South Atlantic nutrient.

3º passo) Definição da extração e síntese dos dados:

Os trabalhos reunidos foram planilhados com as seguintes informações extraídas de cada um deles: Estado, Autores, ano de publicação, tipo de publicação, ambiente estudado, período de coleta, identificação da campanha de coleta (caso houvesse), nutrientes analisados e observações cabíveis. O tipo de ambiente “Zona Costeira” seguiu a obrigatoriedade de estar contido no limite de 12 milhas náuticas, em caso de “sistema costeiro” foi interpretado de acordo com a tipologia apresentada trabalho original.

4º) Inclusão e exclusão de estudos:

Necessariamente os trabalhos teriam que ser feitos em áreas sob influência marinha abordando nutrientes inorgânicos dissolvidos na água. Estudos que não se encaixavam nessas exigências e estiveram inicialmente junto aos trabalhos reunidos foram excluídos, a exemplo dos que trataram exclusivamente de águas intersticiais ou de análise sedimentar. O processo de exclusão posterior ao levantamento bibliográfico é comum e feito ao decorrer da elaboração da revisão sistemática (KITCHENHAM, 2004). Constava dentre as publicações consideradas para essa revisão sistemática: livros, boletins do Instituto Oceanográfico da Universidade de São Paulo e artigos científicos publicados em revistas reconhecidamente classificadas, com *qualis* consultados através do sistema Qualis CAPES, os casos contrários foram, portanto, desconsiderados para a finalidade atual.

5º passo) Resultados, discussão e conclusão.

Este passo consta nos capítulos seguintes.

Para publicações que optaram por utilizar mg/L como unidade de concentração, a exemplo de Teixeira (1973), Teixeira (1979), Branco *et al.* (2007), Dos Santos *et al.* (2020), Melo *et al.* (2020), Mourão *et al.* (2020), foi realizada conversão dos valores para μM a partir da massa molecular do nutriente em questão:

$$\frac{\text{Concentração do nutriente em } mg/L}{\text{Massa Molecular do referido nutriente}}$$

Dito isso, esta dissertação apresentará, a quantidade de produção científica encontrada para cada região geográfica costeira brasileira e os resultados gerados a partir da análise de estudos de cada região, todos divididos entre Zona Costeira, com subdivisões quanto aos sistemas costeiros, e zona oceânica. Bem como a caracterização ambiental para essas regiões em relação à concentração de nutrientes, poluição, eutrofização e/ou principais processos meteoceanográficos influenciadores na distribuição espacial e temporal desses elementos.

4. CAPÍTULO I: PANORAMA GERAL BRASILEIRO DA QUANTIDADE DE ESTUDOS LEVANTADOS

Em relação às publicações referentes à região norte brasileira, não houve estudos rejeitados seguindo os critérios expostos em materiais e métodos. Contudo, para o nordeste 2 estudos de Pernambuco foram excluídos por não serem de revistas científicas reconhecidas; 1 por se tratar de ambiente fluvial de Alagoas e Sergipe; 2 trabalhos da Bahia por constarem programas de amostragem expostos e discutidos em estudos já utilizados no presente trabalho; 1 da Bahia por ser de caráter sedimentar e outro também da Bahia por se tratar de um artigo de revisão.

Para a parte sudeste 17 estudos foram excluídos no total, 1 que englobava Bahia, Espírito Santo e Rio de Janeiro sem dados de teor de nutrientes, assim como outro para o Espírito Santo, Rio de Janeiro e São Paulo; 4 sobre o Rio de Janeiro por não ter dados numéricos de concentração de nutriente, 1 por se tratar de fluxo e outro por ser a respeito de um experimento de mesocosmos. Três com área de estudo englobando os estados do Rio de Janeiro, São Paulo, Paraná, Santa Catarina e Rio Grande do Sul que não apresentavam dados de nutrientes; 3 em São Paulo pelo mesmo motivo, 2 ainda em São Paulo por conter somente a estatística aplicada aos valores de concentração de nutrientes e, por fim, 1 que englobava São Paulo, Paraná, Santa Catarina e Rio Grande do Sul que não definiu as coordenadas em seus padrões de distribuição de nutrientes.

Em relação à região Sul, além das publicações excluídas citadas no parágrafo anterior, 5 artigos a respeito de Santa Catarina não participaram dessa revisão, 2 deles por tratarem de ambiente fluvial, 1 por ser uma experiência em mesocosmos e 2 por não apresentarem dados de concentração de nutrientes apesar de abordar o tema. Em um trabalho com área de estudo abrangendo Santa Catarina e Rio Grande do Sul não foi possível extrair os dados numéricos referentes às concentrações de nutrientes; mesmo caso de 5 outros estudos exclusivamente para Rio Grande do Sul. Outras exclusões para Rio Grande do Sul ocorreram por 1 estudo se tratar de lagoa sem contato com o mar, 1 de amostras de efluente doméstico, 2 de fluxo de nutriente e 1 de amostras de água do lençol freático.

No total 173 publicações científicas entre os anos de 1973 e 2021 (Gráfico 1) foram escolhidas dentre os resultados das pesquisas, englobando os estados Amapá (5), Pará (17), Maranhão (9), Piauí (3), Ceará (4), Rio Grande do Norte (6), Paraíba (2), Pernambuco (26), Alagoas (5), Sergipe (2), Bahia (15), Espírito Santo (9), Rio de Janeiro (49), São Paulo (23), Paraná (14), Santa Catarina (26) e Rio Grande do Sul (23) (Figura 1). Oito outras publicações

foram categorizadas como sendo para Oceano Aberto, não estando restritas a um estado ou região. Todos os estados litorâneos fizeram parte da área de estudo de algum trabalho, entretanto é notória a diferença na quantidade de publicações entre as regiões geográficas: 17 na região norte, 51 na nordeste, 66 na sudeste e 46 na sul, Gráfico 1, Figura 1. A lista completa com os trabalhos considerados nessa revisão sistemática pode ser consultada no Anexo I.

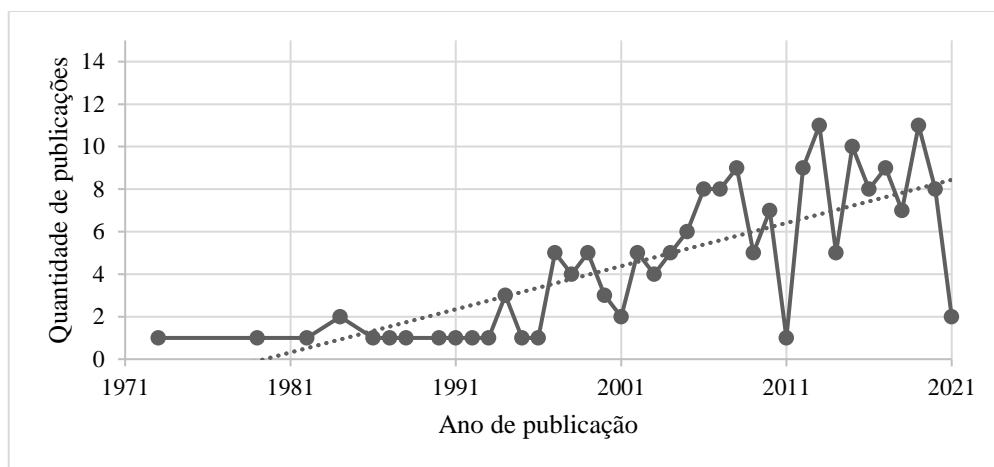


Gráfico 1: Quantidade de publicações por ano sobre nutrientes dissolvidos nas regiões estuarinas e marinhas brasileiras entre 1973 e 2021.

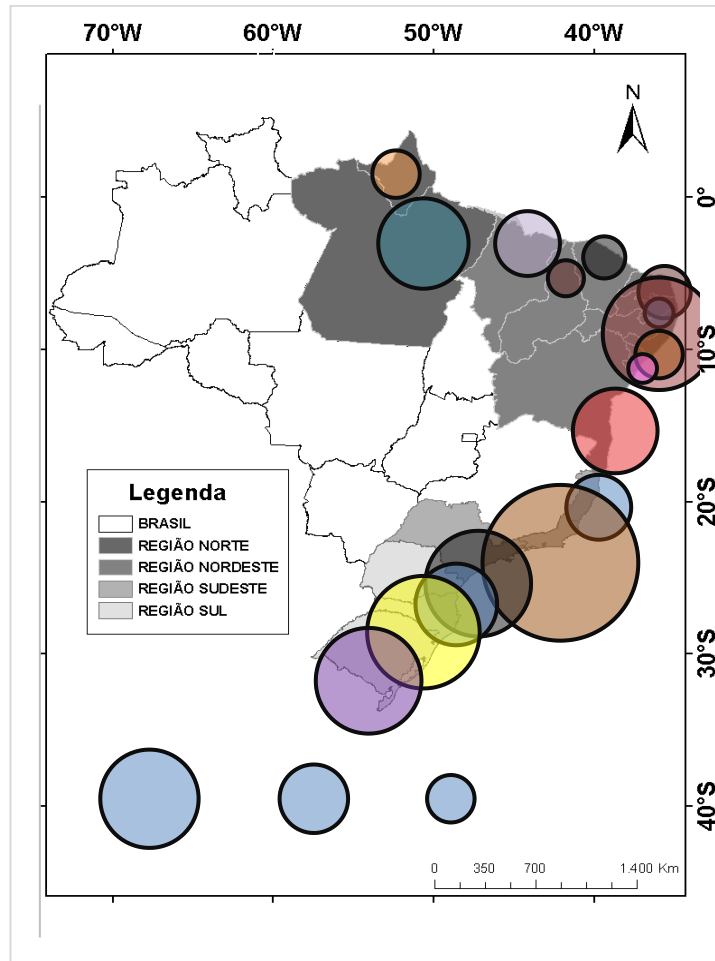


Figura 1: Quantidade de estudos sobre nutrientes dissolvidos nas regiões estuarinas e marinhas em cada estado brasileiro.

Apesar de ser esperado um aumento na quantidade de publicações no decorrer dos anos devido ao aumento da tecnologia, do capital humano, do interesse ecológico e exploratório; é possível observar que especialmente em 2011 houve interrupção do aparente crescimento do número de trabalhos publicados (Gráfico 1). Fato também observado por Sidone *et al.* (2016) durante o intervalo 2013-2016 para a área de Ciências Exatas e da Terra. Ainda que tenha ocorrido um corte de mais de US\$ 1 bilhão, anunciado pelo governo brasileiro na época, para investimento em pesquisa acadêmica, que indiscutivelmente compromete a qualidade e a quantidade de produção científica brasileira (HELENE e RIBEIRO, 2011); a causa do padrão observado no gráfico 1 é difícil de ser determinada mesmo que o esforço de pesquisa esteja estreitamente relacionado ao seu incentivo financeiro, já que esse comumente é fomentado por interesses econômicos e/ou políticos que variam regionalmente e temporalmente. Sendo um bom exemplo a Baía de Guanabara, na cidade do Rio de Janeiro (RJ), frequente alvo de estudo de qualidade ambiental por apresentar, além de alto índice de poluição industrial, atividades

portuárias e petrolíferas, somadas ao adensamento populacional e a consequente geração e descarte de efluente doméstico (NIENCHESKI *et al.*, 1999; IBGE, 2011); constituindo assim uma área de forte interesse social, ambiental e econômico.

Já o abrupto decaimento da quantidade de publicações a partir do ano de 2019 pode estar correlacionado com a pandemia da COVID-19, que teve seu início no final do referido ano (OMS, 2022); o que acarretou no aumento de pesquisas e divulgações científicas relacionadas à COVID-19 em decorrência, principalmente, a seu caráter emergencial (LUCAS-DOMINGUEZ, 2021), porém no decréscimo de pesquisas oriundas de programas de amostragem, coletas de campo, expedições oceanográficas, dentre outras ferramentas; já que muitas atividades acadêmicas/profissionais precisaram ser interrompidas dado o devido protocolo para conter o avanço da pandemia.

A disparidade entre a quantidade de publicações encontradas por estado do Brasil é acentuada, sendo a região Sudeste a que apresentou maior número (66) em relação às demais, assim como observado por outros autores como Albuquerque *et al.* (2005), Chiarini *et al.*, (2013), Sidone *et al.* (2016); onde Chiarini *et al.* (2013) aponta como uma justificativa a esse padrão a existência de grandes centros econômicos na região Sudeste, uma vez que, segundo os autores, a produção científica está atrelada ao setor produtivo.

No Brasil a maior parte de estudos -dos tipos que foram considerados nessa dissertação- são realizados por universidades (LACERDA e MARINS, 2010; HELENE e RIBEIRO, 2011; CHIARINI *et al.*, 2013), e são muitas vezes incentivados por grandes programas de pesquisas tal como o Programa de Avaliação do Potencial Sustentável de Recursos Vivos na Zona Econômica Exclusiva – ReviZEE. Nesse sentido, levando em consideração somente o número de universidades e instituições públicas de ensino, temos um retrato semelhante para distribuição diferenciada da quantidade de publicações por estado, uma vez que nos estados costeiros do Norte temos 4 centros de estudo desse tipo, na Nordeste 23, nos estados costeiros do sudeste 26 e no Sul 27 (MEC, 2018); atenta-se somente para a existência de instituições particulares e outros tipos de instituições de pesquisa científica não relacionadas à formação acadêmica, que não foram consideradas nesse contexto de justificativa para a distribuição desigual de trabalhos, em especial na região Norte, a qual de acordo El-Robrini *et al.* (2006) e o presente trabalho, passou a ser alvo de estudos somente no começo da década de 1990.

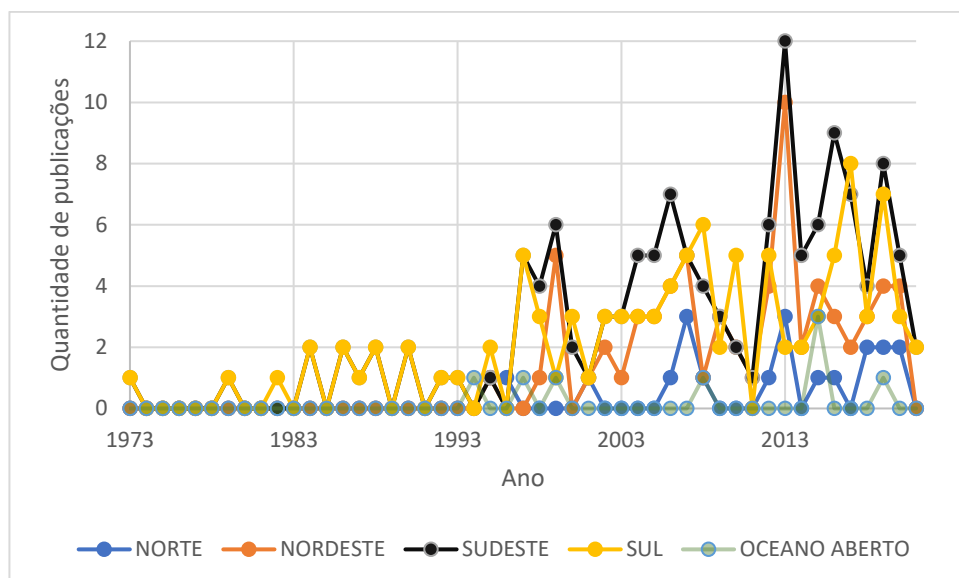


Gráfico 2: Quantidade de publicações ao ano na região Norte, Nordeste, Sudeste Sul e em Oceano Aberto (longe do domínio costeiro de algum estado).

Aponta-se ainda que muitas universidades na região Sudeste, principalmente no estado de São Paulo, são tradicionais e antigas, promovendo pesquisa e recebendo incentivos financeiros há mais tempo, conquistando assim maior estrutura física, incentivo à capacitação de seu pessoal e reconhecimento nacional e internacional quando comparada às demais (CHIARINI *et al.*, 2013; SIDONE *et al.*, 2016).

Niencheski *et al.* (1999) ressaltou a escassez de dados nas regiões identificadas aqui como Norte e Nordeste, principalmente em ecossistemas de alto valor ecológico (a exemplo de golfões e deltas). O que leva a concluir que essa problemática, existente na época, ainda permanece na região Norte, mesmo com as medidas de descentralização de produção científica, por meio de construção de novas universidades e institutos, adotadas pelo governo (CHIARINI *et al.*, 2014). Contudo, é interessante ser pontuado que, de acordo com Sidone *et al.* (2016), há um crescente aumento na colaboração intra e inter-regional entre os cientistas brasileiros, o que traz resultados positivos para a ciência do país, já que há contribuição, seja intelectual, financeira ou estrutural, de diferentes partes, aumentando a qualidade, e por vezes a quantidade, de produção científica no Brasil.

O crescimento da atividade científica brasileira também foi abordado por Lacerda e Marins (2010), ao analisarem um total de 528 artigos no intuito de avaliar a contribuição científica dos químicos e da Sociedade Brasileira de Química para o desenvolvimento da Oceanografia no Brasil. Dentre os trabalhos, 72% não estavam associados a programas de pós-graduação em oceanografia e 40 tinham como assunto principal "nutrientes, lixo e esgoto",

desses, 21 realizados em programas de pós-graduação em Oceanografia e 19 em outros tipos de programas. Apontando um cenário promissor para a ciência no âmbito da Oceanografia Química, os autores não deixam de citar fatores que desaceleram possíveis avanços, colocando em destaque aspectos institucionais e a falta de política estratégica para a área.

No caso do presente trabalho, cabe ser dito que a ausência de padronização dos programas de amostragem e no tratamento estatístico dos dados dificulta a comparação entre os estudos existentes. A utilização do parâmetro estatístico utilizado para explicitar os valores de concentração de nutrientes variou entre médias (com ou sem apresentação de desvio padrão), medianas, mínimas e máximas, ou valores em casos de uma única amostra para o nutriente, em um ponto amostral e em uma profundidade específica.

Por vezes, as profundidades de amostragem variaram sem algum critério explícito, caso contrário de estudos que adotaram, por exemplo, amostragem superficial, Profundidade Máxima de Clorofila, Zona Eufótica e Zona Afótica. Ressalta-se ainda a adoção de diferentes unidades para concentração de nutrientes, o que leva à conversão dos valores e pode gerar incertezas no processo de interpretação.

Ainda que haja limitações laboratoriais e diferenças entre as metodologias de análises, sugere-se que seja construído uma padronização para as campanhas de amostragem ou algum embasamento em estudos pretéritos no intuito de manter a metodologia aplicada quando possível; respeitando o objetivo, a intenção e as particularidades de cada caso. Sabe-se que frequentemente a apresentação de todos os parâmetros estatísticos é desnecessária e maçante, portanto é preciso haver uma avaliação criteriosa do parâmetro estatístico adotado, diminuindo as divergências e as dificuldades de comparação entre trabalhos, como foi a situação do presente estudo. A mediana é comumente utilizada, visto que em muitos casos essa é a medida mais adequada por conduzir a menos erros de interpretação (BUSSAB E MORETTIN, 2013), não descartando a importância dos outros parâmetros, em especial os valores mínimos e máximos, onde a amplitude de variação pode ser melhor interpretada, bem como as médias com os desvios padrões, que expressam a variabilidade e dispersão do valor médio em relação aos demais valores (BUSSAB E MORETTIN, 2013).

Niencheski *et al.* (1999) em seu levantamento bibliográfico, além das dificuldades semelhantes às aqui encontradas, apontou como principais problemas questões como: o acesso restrito a certas publicações, a falta de padronização da metodologia utilizada para as análises dos parâmetros -gerando abordagens com distinta sensibilidade, precisão e exatidão- e a falta de motivação orientada aos pesquisadores para que disponibilizem os dados brutos de seus

trabalhos ao Banco Nacional de Dados Oceanográficos (BNDO), permitindo que o órgão tenha de forma unificada os dados referentes as pesquisas realizadas na costa brasileira.

Uma vez entendida a dinâmica da concentração de nutrientes em um ecossistema, torna-se mais provável identificar situações anormais em que haja, por exemplo, um ambiente eutrofizado que, apesar de difícil mensuração, provoca grandes custos ambientais e econômicos (DAVIDSON *et al.*, 2014). Os efeitos do *input* exacerbado de nutrientes no ambiente ainda precisam ser completamente esclarecidos ou não recebem a devida atenção para sua compreensão, vide possíveis danos de florações algais na saúde humana (DAVIDSON *et al.*, 2014; WURTSBAUGH *et al.*, 2019), portanto a necessidade de estudos envolvendo nutrientes inorgânicos dissolvidos e seus efeitos deletérios se mostram importantes e precisam ser contínuos.

Em síntese:

- Enquanto há concentração de publicações sobre nutrientes inorgânicos dissolvidos na região Sudeste, há escassez na região Norte;
- Esforços de pesquisas são dependentes de diferentes fatores, tais como: infraestrutura adequada, incentivo econômico e disponibilidade de pessoal capacitado.
- Para minimizar a disparidade em relação a quantidade de publicações entre os estados, além dos incentivos financeiros, há de se motivar a inter-regionalização de cientistas.
- Divergências como a unidade de concentração, o parâmetro estatístico, profundidade de amostragem utilizados dificultam comparações entre estudos.
- Há necessidade de padronização na apresentação dos dados e metodologias de amostragem no intuito de gerar comparações mais confiáveis entre estudos e, portanto, entre diferentes ecossistemas e regiões.

5. CAPÍTULO II: DISTRIBUIÇÃO DE NUTRIENTES POR REGIÃO GEOGRÁFICA BRASILEIRA

As publicações levantadas foram separadas por regiões geográficas da qual se tratavam. Este capítulo apresentará os resultados e logo em seguida as discussões para cada região geográfica brasileira respeitando a seguinte ordem: região Norte, região Nordeste, região Sudeste e região Sul.

5.1 Resultados para a região Norte

Os estados litorâneos da região norte são o Amapá e o Pará, os quais apresentam uma linha de costa irregular e com grande número de estuários (PEREIRA *et al.*, 2012; SOUZA JÚNIOR *et al.*, 2013). A ZC mais preservada e menos densamente povoada do país é a do Amapá; cerca de 750 km de extensão, dominados pelas marés, são divididos em dois setores: a zona costeira estuarina ou amazônica, influenciada pelo Canal do Norte do rio Amazonas, e a Zona Costeira oceânica ou Atlântica, de frente para o oceano Atlântico (TORRES e EL-ROBRINI, 2006).

No estado do Pará se encontra praias oceânicas, frequentemente sob influência de macromarés, e estuarinas, frequentemente sob influência de mesomarés. Essas praias comumente sofrem intenso transporte sedimentar, conferindo-as uma morfologia dinâmica (EL-ROBRINI *et al.*, 2006). A Zona Costeira do Amapá, situada na posição equatorial, possui um clima quente e úmido com estação seca (setembro a novembro) e chuvosa (fevereiro a maio) bem definida. Já a Zona Costeira do Pará, com um clima muito úmido e sob maior influência dos ventos alísios, apresenta época chuvosa de dezembro a junho e seca de julho a dezembro (EL-ROBRINI *et al.*, 2006; TORRES e EL-ROBRINI, 2006).

Para a região Norte, alguns trabalhos descreveram suas áreas de estudos como plumas dos rios Amazonas e Pará. Apesar de suas características estuarinas, aqui esses artigos foram tratados separadamente aos que avaliaram estuários menores ou em porções mais internas, principalmente devido à magnitude da vazão fluvial, especialmente do rio Amazonas, estando, dessa forma, em conjunto com aqueles que trataram de regiões oceânicas; uma vez que a pluma alcança grandes distâncias em direção ao oceano (CUTTER e MEASURES, 1999) e são vizinhas aos pontos amostrados além do limite de 12 milhas náuticas e, assim, situados após a Zona Costeira.

Portanto, os trabalhos selecionados foram divididos basicamente de acordo com o local de estudo e a escala espacial utilizada, sendo possível a comparação das concentrações de nutrientes encontradas em cada caso. Os estudos com foco nas plumas dos rios Amazonas e Pará, e amostragem além da Zona Costeira (na plataforma continental ou planície abissal) serão apresentados em primeiro lugar. Os demais, envolvendo sistemas costeiros e, portanto, inclusos na zona costeira, serão apresentados em seguida.

Tal divisão para apresentação de resultados estará na seguinte ordem e nomenclatura: estudos referentes à pluma dos rios Amazonas e Pará e região oceânica amazônica; estudos referentes à estuários; estudos referentes às praias e canal de maré. Como os trabalhos são de diferentes autores, as concentrações de nutrientes encontradas foram expressas de formas distintas (máximos e mínimos, medianas ou médias), portanto em cada caso os valores serão expostos nas tabelas da mesma forma que estão em seus estudos originais.

5.1.1 Plum as dos rios Amazonas e Pará e região oceânica amazônica

Uma comparação entre trabalhos com pontos amostrais na plataforma continental amazônica, especificamente nas plumas dos rios Amazonas e Pará, que estão incluídas na Zona Costeira, e além da quebra de plataforma, identificada aqui como região oceânica, é feita a seguir para períodos de maior vazão dos rios, Tabela 1, Figura 2.

Neste tópico, todos os máximos valores médios de nitrito ($0,13 \mu\text{M}$), nitrato ($4,31 \mu\text{M}$), nitrogênio amoniacal ($0,43 \mu\text{M}$), silicato ($48,9 \mu\text{M}$) e fosfato ($0,3 \mu\text{M}$) foram encontrados por Smith e Russel (1995) na pluma do rio Amazonas. Concentrações consideravelmente superiores às citadas foram observadas por Cutter e Measures (1999), porém tais valores não são médios e se referem a um perfil vertical em água profunda de até 4610 metros (silicato = $80 \mu\text{M}$, fosfato = $1,5 \mu\text{M}$ e nitrato = $25 \mu\text{M}$).

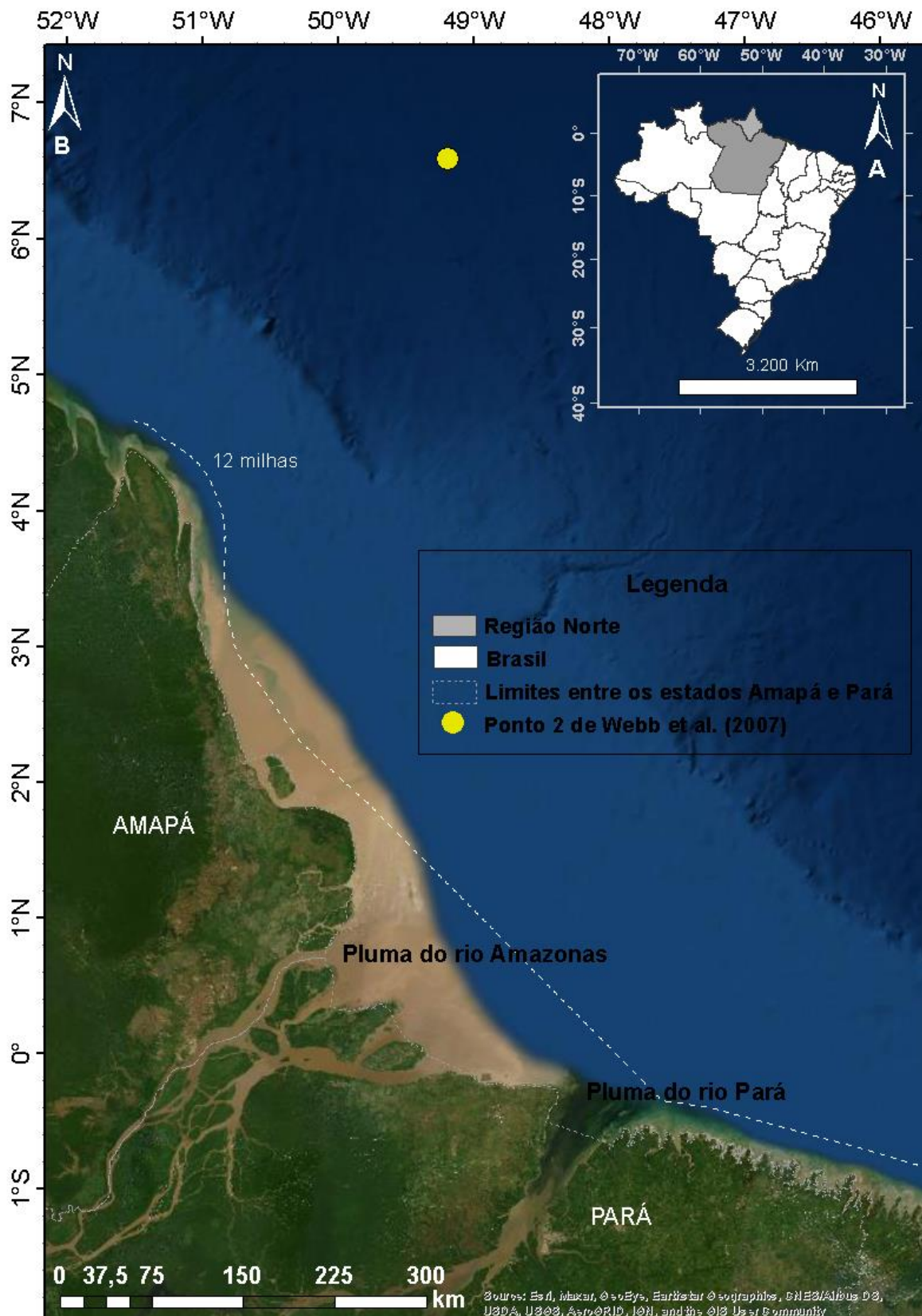


Figura 2: A: Mapa do Brasil com destaque para a região Norte do país, cujos estados litorâneos são Amapá e Pará. B: Região marinha do Amapá e Pará, pluma dos rios Amazonas e Pará e ponto amostral do estudo de Webb *et al.* (2007), localizado além da quebra da

plataforma continental. Essa figura contempla áreas estudadas por Smith Júnior e Russel (1995), Cutter e Measures (1999), Webb *et al.* (2007), Gomes *et al.* (2018) e Araújo *et al.* (2019).

Tabela 1: Valores máximos e mínimos e valores médios de concentrações de nutrientes em μM encontrados na pluma do rio Amazonas e região oceânica em período de maior vazão fluvial por Smith Júnior e Russel (1995), Webb *et al.* (2007), Gomes *et al.* (2018), Araújo *et al.* (2019). N – amoniacal: Nitrogênio amoniacal.

Região/ ano de amostragem	NID	N amoniacal	Nitrato	Nitrito	Fosfato	Silicato	Autor
Pluma e região oceânica - camada eufótica / 2010	0,1 - 1,5	-	-	-	0,5 - 0,9	28 - 33	Gomes <i>et al.</i> (2018) - Menor e maior valor
Pluma diferentes profundidades / 1990	4,87	0,43	4,31	0,13	0,3	48,9	Smith Júnior e Russel (1995) - Valores médios
Adjacente à pluma diferentes profundidades / 1999	2,2	0,2	2	0,04	0,18	17,2	Araújo <i>et al.</i> (2019)* - Valores médios
Oceânica -							Webb <i>et al.</i>

diferentes	0,07	-	-	-	0,12	-	<i>al.</i>
profundidade							(2007) -
s / 2002							Valores médios

*Dados obtidos por meio Programa de Avaliação do Potencial Sustentável de Recursos Vivos na Zona Econômica Exclusiva (REVIZEE).

Além dos resultados apresentados na Figura 2 e Tabela 1, Cutter e Measures (1999) também estudaram a área em questão durante junho de 1996, temporada típica de alta vazão fluvial do rio Amazonas. Tal trabalho não consta na Tabela 1 por apresentar a maioria de seus resultados em gráficos; porém, aponta-se que em sua Estação 6 (com profundidade de 4610 metros), na camada de água a 100 metros do fundo, ainda que altos valores de silicato (aproximadamente 80 μM), fosfato (aproximadamente 1,5 μM) e nitrato (aproximadamente 25 μM) tenham sido encontrados, não foram superiores aos de estações mais a leste. Acima dessa camada há sutil diminuição dos teores, que se mantiveram constantes de 4200 a 1600 metros, onde o silicato esteve em aproximadamente 16 μM em torno dos 1600 metros. Os máximos valores de nitrato e fosfato são encontrados entre 800 e 600 metros, onde há também aumento do teor de silicato, apesar de não superarem os encontrados no fundo. Na camada mista, a cerca de 40 metros, onde a salinidade é alta (superior a 35), o nitrato esteve inferior a 0,1 μM e o fosfato por volta de 0,05 μM . As estações Amazon 1 e 2 eram menos profundas e posicionadas de modo a estudar a pluma do rio. Nesse caso, foi possível encontrar valores superficiais de 27 a 30 μM e de 4 a 5 μM de silicato na Amazon 1 e 2 respectivamente. Ainda superficialmente, o nitrato esteve em baixas concentrações (menores do que 0,1 μM) e o fosfato foi levemente alto para os padrões (por volta de 0,05 μM). Em transecto horizontal na estação 6 realizado em curso oeste de 6° a 8°N, o fosfato apresentou média de 0,07 μM e o nitrato não foi detectado. Nessa situação a pluma do rio Amazonas foi identificada primeiramente em 6,1° N e 46,35° W (a 9350 Km da costa). Com a salinidade apresentando comportamento decrescente na pluma, chegando a 20,07 em 5,47°N e 48,02°W, os autores observaram valores de nitrato e fosfato baixos, próximos aos limites de detecção, porém silicato se destacou alcançando concentrações de 46,1 μM no mínimo de salinidade (Figura 3).

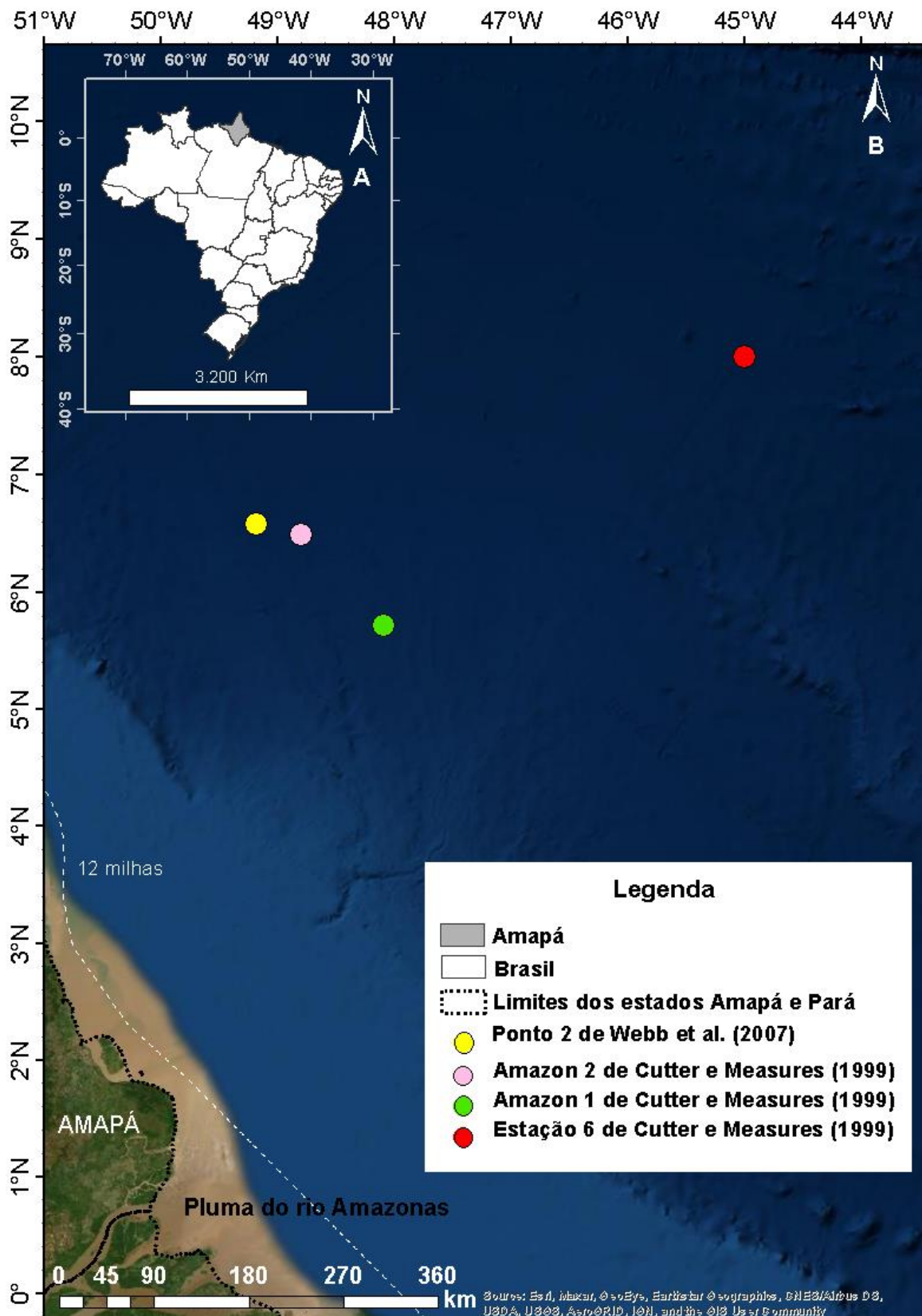


Figura 3: A: Mapa do Brasil com destaque para o estado do Amapá. B: Região marinha com pontos amostrais dos estudos de Webb *et al.* (2007) e Cutter e Measures (1999), localizados além da quebra da plataforma continental.

Para Araújo *et al.* (2019), em regiões adjacentes às plumas, houve uma expressiva diminuição de nutrientes, em especial do silicato, no período intermediário entre maior e menor vazão. Smith Júnior e Russel (1995) encontraram seus maiores valores para o mesmo período na localidade da pluma, já Santos *et al.* (2008) constataram valores intermediários entre os outros dois autores (Tabela 2).

Tabela 2: Valores médios de concentração de nutrientes em μM na pluma do rio Amazonas para o período de diminuição da vazão fluvial de acordo com Smith Júnior e Russel (1995), Santos *et al.* (2008) e Araújo *et al.* (2019).

Autores	Região / ano de amostragem	NID	Nitrato	Nitrito	Amônia	Fosfato	Silicato
Smith Júnior e Russel (1995)	Pluma diferentes profundidades / 1990	- 5,56	5,2	0,12	0,24	0,36	48,2
Santos <i>et al.</i> (2008)	Pluma diferentes profundidades / 2001	- 2,94	2,72	0,115	0,11	0,24	-
Araújo <i>et al.</i> (2019)	Adjacente à pluma diferentes profundidades / 2001	- 1	0,85	0	0,06	0,1	1

O estudo de Eschrique *et al.* (2006) em período de alta descarga fluvial do ano de 1999, com pontos amostrais de boa parte da plataforma, até a isóbata de 100 metros, da região marinha do estado do Pará apresentou os resultados descritos na Tabela 3.

Tabela 3: Medianas, mínimos e máximos de concentração de nutrientes em μM na pluma do rio Pará e região oceânica do estado do Pará em período de alta vazão, de acordo com Eschrique *et al.* (2006).

Camada	Parâmetro	Nitrato	Nitrito	Amônia	Silicato	Fosfato
Eufótica	Mediana	1,18	0,03	0,17	2,05	0,12
	Mín-máx	0,62-5,23	0,01-0,12	0,06-0,58	0,42-31,77	0,06-0,43
Afótica	Mediana	5,67	0,04	0,23	6,45	0,45
	Mín-máx	1,28-20,13	0,01-0,67	0,12-0,8	2,14-22,11	0,12-2,2

Como a maior parte dos autores optaram por expor em seus trabalhos os valores médios encontrados -Smith Júnior e Russel (1995), Webb *et al.* (2007), Santos *et al.* (2008) e Araújo *et al.* (2019) -, foi possível plotá-los em um mapa para período seco e chuvoso, figuras 4 e 5, no intuito de compará-los. Para os demais ambientes não foi possível construir o mesmo tipo de mapa em razão da divergência entre os meios de apresentação de valores.

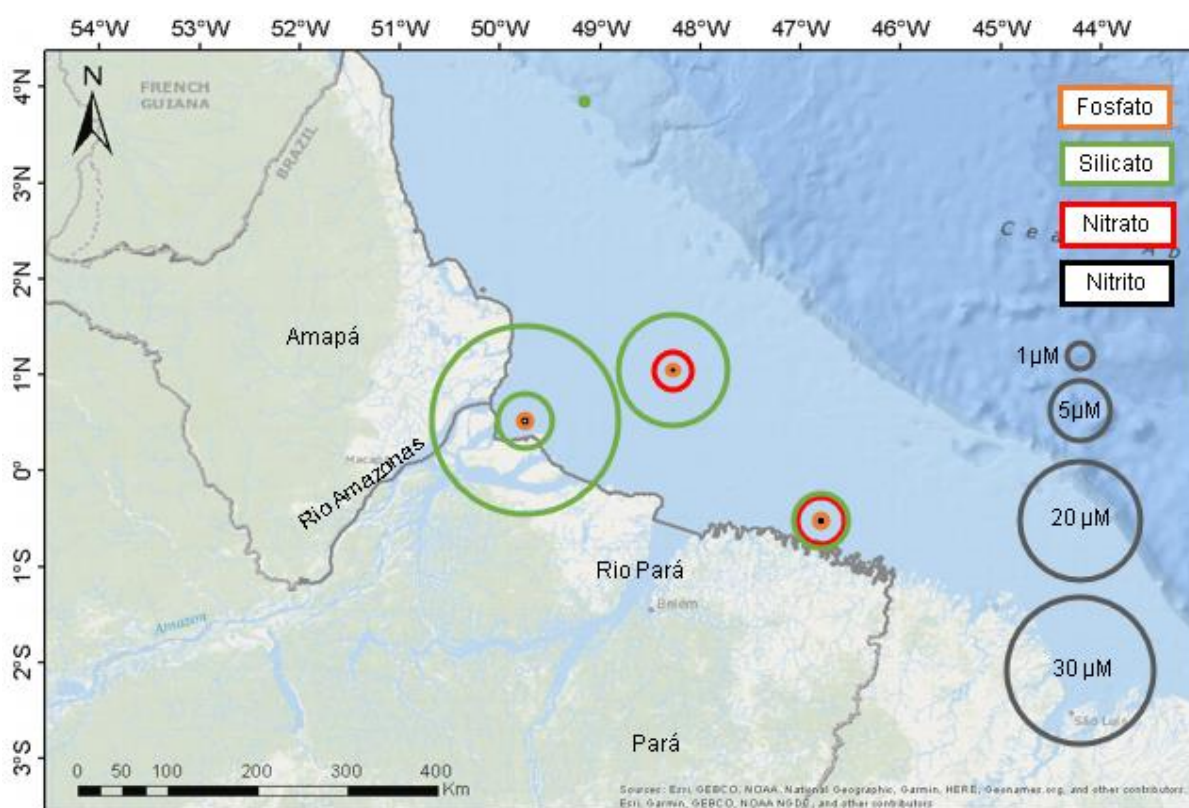


Figura 4: Concentrações médias de nutrientes em diferentes profundidades na pluma dos rios

Amazonas e Pará em período chuvoso, de alta vazão fluvial, baseado nos dados de Smith Júnior e Russel (1995), Araújo *et al.* (2019), Webb *et al.* (2007) e Santos *et al.* (2008).

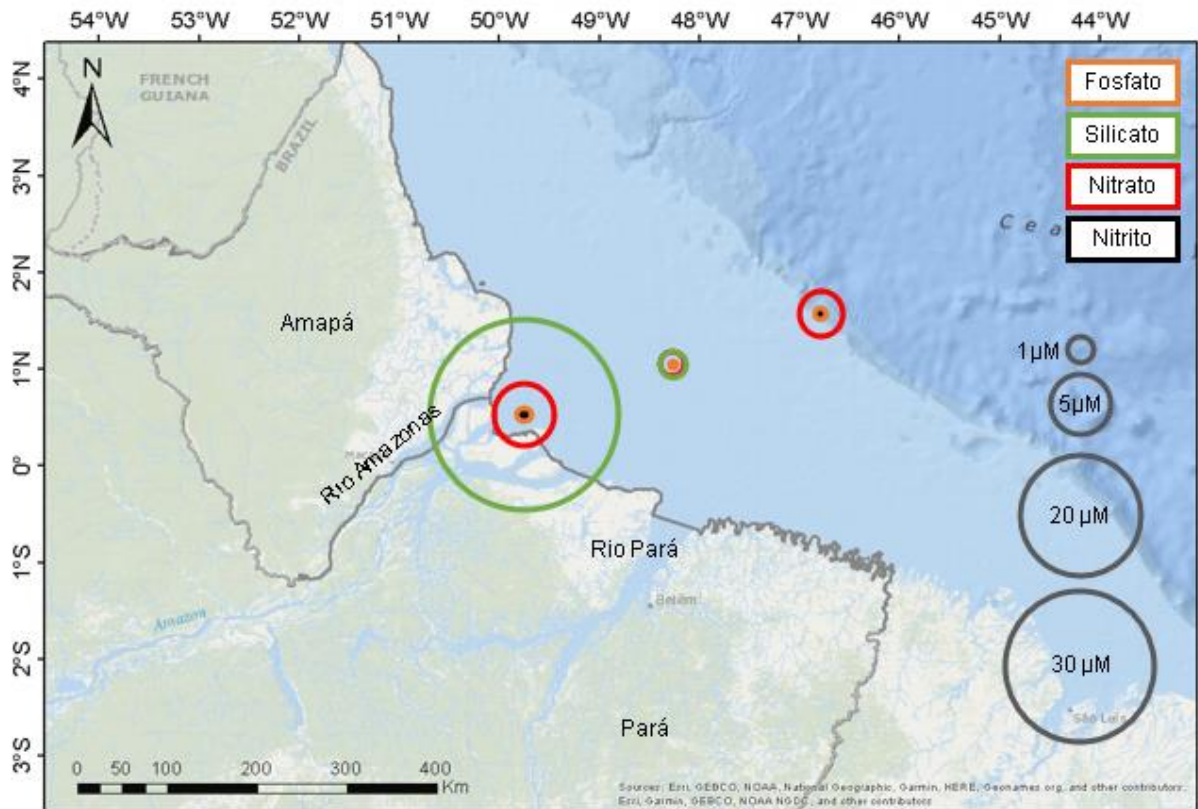


Figura 5: Concentrações médias de nutrientes em diferentes profundidades na pluma dos rios Amazonas e Pará em período seco, de baixa vazão fluvial, baseado nos dados de Smith Júnior e Russel (1995), Araújo *et al.* (2019), Webb *et al.* (2007) e Santos *et al.* (2008).

5.1.2 Estuários

Todos os estuários que serão citados neste item estão localizados no estado do Pará (Figura 6).

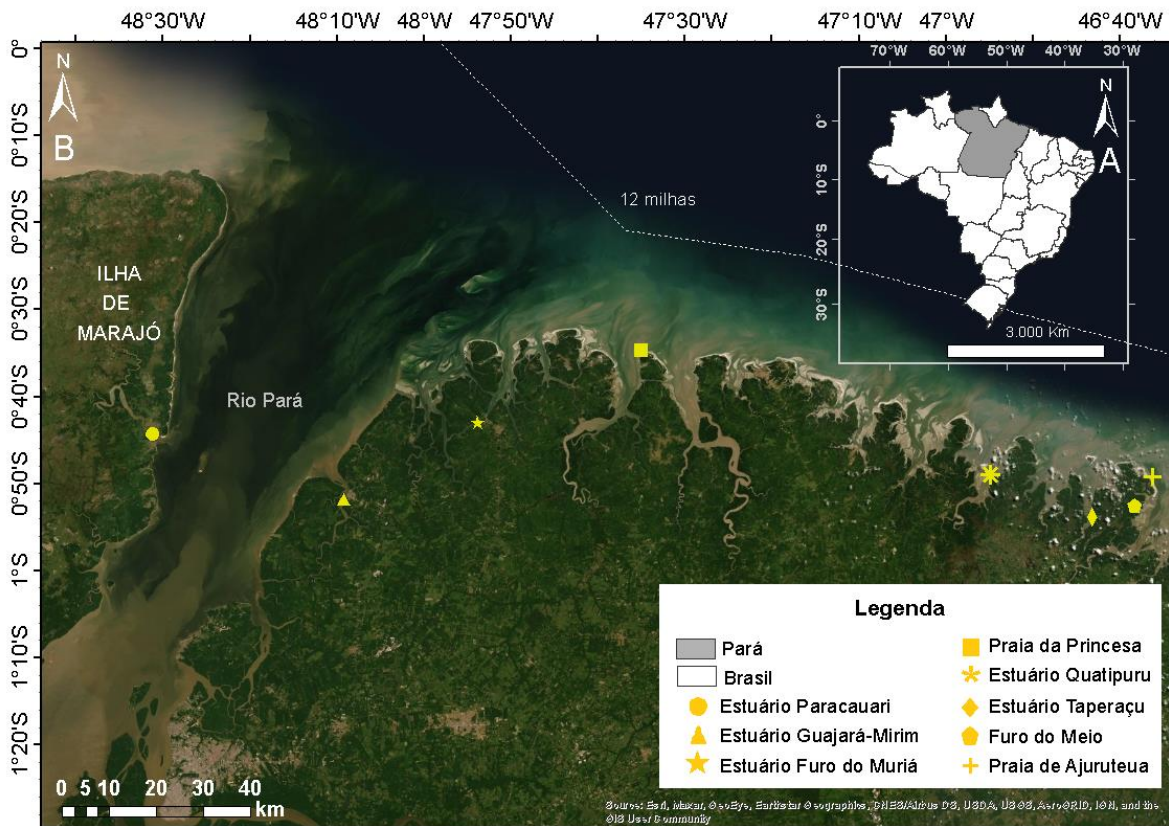


Figura 6: A: Mapa do Brasil com destaque para o estado do Pará. B: Sistemas costeiros estudados no estado do Pará. Essa figura contempla áreas estudadas por Dittmar e Lara (2001), Pereira *et al.* (2012), Da costa *et al.* (2013), Souza Júnior *et al.* (2013), Pamplona *et al.* (2013), Matos *et al.* (2016), Pereira *et al.* (2018), Dos Santos *et al.* (2020), Mourão *et al.* (2020).

Da costa *et al.* (2013) investigaram, dentre outros parâmetros, a distribuição de nutrientes dissolvidos no estuário do rio Paracauari, o qual segundo os autores é raso, estratificado, está sob influência do rio Pará e se encontra na margem leste da ilha de Marajó. Da Costa *et al.* (2013) encontraram nitrito e nitrato em maiores concentrações durante a maré de quadratura, sendo o pico do nitrito na maré enchente. O estuário Taperaçu, investigado por Souza Júnior *et al.* (2013) e Pereira *et al.* (2018) está, segundo os autores, localizado a cerca de 200 km a leste da foz do rio Amazonas e não recebe descarga fluvial direta. Pamplona *et al.* (2013) estudaram durante período seco e chuvoso o estuário do rio Quatipuru, o qual está sob influência de macromarés e áreas de manguezais. Para a estação chuvosa não foi possível extrair do artigo os valores das concentrações de nutrientes. O estuário Guajará-Mirim, sob influência da descarga do rio Amazonas, foi estudado por Dos Santos *et al.* (2020) durante período de maior e menor pluviosidade, a partir de amostras de água em diferentes pontos do estuário na

preamar e baixa-mar. O estuário do Rio Curuçá, localizado em Curuçá, e limitado ao norte com o Oceano Atlântico, possui um acidente hidrográfico denominado Furo do Muriá que interliga os rios Mocajuba e Curuçá; esse Furo foi estudado por Mourão *et al.* (2020) a partir de amostras coletadas em fevereiro, março, outubro e novembro de 2015. Os resultados foram expostos pelos autores mês a mês, mas na Tabela 4 é apresentado o valor médio encontrado nos meses chuvosos e secos. Apesar de não constar na Tabela 4, para nitrogênio amoniacal Dos Santos *et al.* (2020) encontram valores médios aproximados de 27,22 μM e 28,9 μM em período seco e chuvoso respectivamente; e Mourão *et al.* (2020) 60,83 μM e 53,05 μM , para iguais períodos. As concentrações encontradas por todos autores mencionados nesse tópico se encontram na Tabela 4.

Tabela 4: Concentração de nutrientes em μM em diferentes estuários do estado do Pará de acordo com Da Costa *et al.* (2013), Souza Júnior *et al.* (2013), Pamplona *et al.* (2013), Pereira *et al.* (2018), Dos Santos *et al.* (2020) e Mourão *et al.* (2020).

Autor	Estuário	Período / ano de amostragem	Tipo de valor	Fosfato	Silicato	Nitrito	Nitrato
Da Costa <i>et al.</i> (2013)	Rio Paracauari	Seco / ***	Médio	0,22	37,18	0,61	6,91
Pereira <i>et al.</i> (2018)	Rio Taperaçu	Seco / 2012	Médio máximo*	1,3	124,1	N.S.	N.S.
Souza Júnior <i>et al.</i> (2013)	Rio Taperaçu	Seco / 2009, 2010	Médio máximo**	1,14	136,06	0,01	0,71
		Chuvoso / 2009	Médio máximo**	0,32	274,37	1,20	9,49
Pamplona <i>et al.</i> (2013)	Rio Quatipuru	Seco / 2009	Máximo	-	-	8	8

Dos Santos <i>et al.</i> (2020)	Guajará-Mirim	Seco / 2012	Médio	0,42	32,5	0,15	4,52
		Chuvoso / 2011	Médio	0,42	65,67	0,22	16,45
Mourão <i>et al.</i> (2020)	Furo do Muriá	Seco / 2015	Médio	0,63	-	0,15	1,69
		Chuvoso / 2015	Médio	0,53	-	0,24	5,24

N.S.: Não significativo segundo os autores.

-: Nutriente não mensurado pelos autores.

*Média máxima encontrada em um dos três setores do estuário amostrados.

**Máximo valor médio encontrado em um período seco e chuvoso. Houve amostragem em três meses secos e três meses chuvosos, porém somente a maior concentração média dentre os três meses de cada período foi considerada.

***: Especificação somente do projeto (PIATAM MAR II), sem ano de coleta.

5.1.3 Praias e canal de maré

Pereira *et al.* (2012) estudaram a Praia da Princesa, na ilha de Maiandeuá, área sem influência direta da pluma do rio Amazonas, mas localizado em complexo estuarino-marinho associado ao rio e sobre regime de macromarés. Matos *et al.* (2016) estudaram a Praia de Ajuruteua, localizada no nordeste do Pará e sob influência de macromarés. As campanhas de amostragens foram realizadas na zona de surf também em períodos chuvosos e secos. Baixas concentrações de nutrientes foram observadas no primeiro período seco, porém com a distinção de haver no segundo período seco amostrado o maior valor de nitrito das campanhas 0,5 μM . No período chuvoso maiores concentrações de nitrato, fosfato e silicato foram observadas, com a particularidade de apresentar no segundo período chuvoso amostrado a menor concentração de fosfato (0,2 μM). No trabalho dos dois autores anteriormente citados houve amostragem em

diferentes meses chuvosos e secos, porém somente os valores mínimos e máximos (independente do período de coleta) foram explícitos no trabalho e serão aqui expostos. Dittmar e Lara (2001) estudaram águas de Furo do Meio, o canal de maré que conecta uma área de manguezal com o estuário Caeté. Todos os estudos citados nesse item foram feitos em áreas do estado do Pará (Figura 6), as concentrações de nutrientes encontradas pelos autores se encontram na Tabela 5.

Tabela 5: Concentrações de nutrientes em μM em praias e canal de maré de locais do Pará, de acordo com Dittmar e Lara (2001), Pereira *et al.* (2012) e Matos *et al.* (2016).

Autor	Local de estudo	Período / ano de amostragem	Tipo de valor em μM	Fosfato	Silicato	Nitrito	Nitrato
Pereira <i>et al.</i> (2012)	Praia da Princesa	Seco / 2008, 2009	Mínimo ou máximo*	0,92	19,9	0,49	0,81
		Chuvoso / 2009	Mínimo ou máximo*	0,11	348,9	0,11	28,67
Matos <i>et al.</i> (2016)	Praia de Ajuruteua	Seco / 2009, 2008	Mínimo e/ou máximo*	-	23,7	0,2 – 0,5	1,1
		Chuvoso / 2009	Mínimo e/ou máximo*	0,2 - 1,2	331,9	-	5,5
Dittmar e Lara (2001)	Canal de maré Furo do Meio	Mensal / 1996, 1997	Média anual	2,4	170	0,187	0,03

* Valores mínimos e máximos durante todo o estudo (independente do período de coleta).

Em negrito: valores máximos.

5.1.4 Discussão para a região norte

5.1.5 Plumas dos rios Amazonas e Pará e regiões oceânica amazônica

Os trabalhos citados nas Tabelas 1, 2 e 3 expõem que no período de maior vazão dos rios Amazonas e Pará são encontrados altos teores de nutrientes na região marinha adjacente às suas desembocaduras, com destaque para o silicato, o qual apresenta concentração mais expressiva em relação aos demais. De acordo com Gomes *et al.* (2018) o NID esteve de 0,1 a 1,5 μM na camada superficial de regiões da pluma do rio Amazonas, sendo seu maior valor ocasionado pelo fluxo ascendente de nutrientes de águas mais profundas. Os valores de Smith Júnior e Russel (1995) possivelmente estiveram mais altos em comparação a Gomes *et al.* (2018) em decorrência das diferentes profundidades amostradas, já que em superfície esses elementos são altamente capturados pela biota (GOMES *et al.*, 2018), e quanto ao nitrito, por exemplo, maiores concentrações normalmente estão em subsuperfície de águas com maiores salinidades, associados a processos de regeneração ou ressurgência (DEMASTER E POPE, 1996). Segundo DeMaster e Pope (1996) as maiores concentrações de nitrato e silicato durante o aumento da descarga são em resposta ao aumento da seção/alcance lateral do rio, que provoca lixiviação pelo escoamento de água sobre as várzeas, margens secas com sedimentos depositados no período de maior descarga anterior.

No estudo realizado por Webb *et al.* (2007), com 8 estações amostrais distribuídas entre as regiões oceânicas de Barbados e Rio de Janeiro, a estação de interesse do presente trabalho apresentou maior valor de PID do que as demais (0,12 μM). De acordo com Gomes *et al.* (2018) o incremento de PID na pluma do rio Amazonas e ao norte de 9°N pode ser associado à dessorção de fósforo das partículas em suspensão e matéria orgânica dissolvida. Na região há relações negativas de N:P, indicando forte limitação do nitrogênio pela comunidade fitoplanctônica, o que pode ser um resultado entre a alta utilização dos nutrientes nitrogenados e maior disponibilidade de PID oriundo da lixiviação e carregado pelo rio, indicando que o rio Amazonas é uma importante fonte de fosfato para o Oceano Atlântico (GOMES *et al.*, 2018; ARAÚJO *et al.*, 2019; DEMASTER e POPE, 1996). Ratificando a relevância do aporte fluvial no enriquecimento de águas oceânicas da região norte, que caso contrário teriam características oligotróficas mais marcadas, Cutter e Measures (1999) encontraram expressivos teores de silicato, destacando ainda que as concentrações de fosfato foram relativamente mais altas do que o esperado para o local. No transecto horizontal da estação no extremo noroeste para extremo norte, a pluma do rio Amazonas foi identificada a grande distância da costa com baixas

concentrações de fosfato e nitrato, mas altas concentrações de silicato, evidenciando o alcance da assinatura fluvial nessa região oceânica.

Na estação mais distante da costa, por meio das concentrações de nutrientes observadas e corroboradas por dados de temperatura e salinidade, os autores apontaram indicativos de Água Profunda Antártica em camada mais próxima ao substrato, Água Profunda do Atlântico Norte entre 4200 e 1600 metros de profundidade e Água Profunda Circumpolar Superior a 1000 metros de profundidade. Cabe pontuar que os autores ressaltam a assinatura de 76% de águas do Norte na água profunda da estação.

Gomes *et al.* (2018) e Araújo *et al.* (2019) encontraram valores moderadamente altos para silicato, com seus menores valores na pluma e em sua borda noroeste em provável função da captação pelas diatomáceas. Segundo DeMaster e Pope (1996) esses resultados são esperados, sendo o silicato normalmente encontrado em altas concentrações na plataforma por não sofrer com processos de adsorção e precipitação, como o fosfato, e com processos de redução/oxidação, como os nutrientes nitrogenados; durante todo o ano há utilização do nutriente pela biota, mas também ocorre processos de dissolução da sílica biogênica em profundidade e há indicativo de regeneração e ressurgência nos primeiros 15 metros da plataforma externa.

No período de diminuição do fluxo fluvial os valores encontrados por Smith Júnior e Russel (1995) e Santos *et al.* (2008) são comparáveis, sendo que Santos *et al.* (2008) observaram maiores concentrações de nutrientes na camada afótica (exemplo: mediana para nitrato, camada eufótica = 2,12 μM ; camada afótica = 3,32 μM), onde a remineralização do material orgânico libera fosfato e nitrato para a coluna d'água. Smith Júnior e Russel (1995), encontraram, ainda que com pouca variação, maiores valores de fosfato em menores descargas fluviais, associando tal fato como uma resposta aos processos de desorção ocorridos na zona de mistura, em salinidades intermediárias. Segundo Smith Júnior e Russel (1995), pode-se dizer que quando há máxima vazão fluvial o processo de remineralização de nutrientes *in situ* pode ser menor, possivelmente em decorrência da ressuspensão sedimentar, ocasionando interferência no substrato, na comunidade bentônica e nos processos microbianos na coluna d'água. Porém, de acordo com DeMaster e Pope (1996) e Santos *et al.* (2008), enquanto que na plataforma externa o silicato é captado pela biota, na plataforma interna nas proximidades ao norte da boca do rio, o silicato e nitrato são adicionados ao sistema justamente por uma provável resposta à ressuspensão sedimentar ocorrida pelas correntes de maré.

Os valores de Eschrique *et al.* (2006) são consideravelmente mais altos na camada

afótica, indicando também processos de degradação da matéria orgânica e disponibilização de nutrientes. Segundo os autores, o silicato apresentou uma relação inversa com a salinidade, ponto também discutido por DeMaster e Pope (1996) e Araújo *et al.* (2019). O maior valor de silicato encontrado por Eschrique *et al.* (2006), de 31,77 μM na camada superficial, esteve associado a influência fluvial, outros pontos amostrais não apresentaram concentração tão alta e por isso diminuíram consideravelmente a mediana do referido nutriente. No panorama geral, os autores concluíram que os teores de silicato na camada eufótica são de águas tipicamente oceânicas (mínimo de 0,42 μM), apresentando um expressivo aumento na camada afótica (mínimo de 2,14 μM). Observação também feita a partir de dois perfis de distribuição de nutrientes, Eschrique *et al.* (2006) afirmam que há menor concentração em superfície, seguida de uma estratificação evidente e posterior aumento gradual dos teores, apresentando, dessa forma, características de águas oceânicas no ambiente pelágico. Contudo, a distribuição superficial de nutrientes, com concentrações consideráveis de nitrato, fosfato e silicato, constatou a importância da influência fluvial na região costeira, já que os maiores valores estiveram próximos à costa.

Os menores teores de fosfato em relação aos outros autores aqui discutidos foram associados a captação do nutriente pela biota e aos processos do ciclo do fósforo no ambiente marinho (ESCHRIQUE *et al.*, 2006). Em geral, a desembocadura do rio Pará, localizado mais ao sul da desembocadura do rio Amazonas, apresenta concentração de nitrato, silicato e fosfato inferior quando se compara aos outros estudos citados, provavelmente em decorrência de sua menor carga sedimentar, ocasionando menor turbidez na coluna d'água e promovendo a captação dos nutrientes em salinidades mais baixas do estuário Pará, transportando através de sua pluma águas um pouco menos enriquecidas (DEMASTER E POPE, 1996; ESCHRIQUE *et al.*, 2006).

Em síntese:

- Rio Amazonas e Pará representam importantes aportes de nitrito, nitrato, fosfato e principalmente silicato para a região norte marinha;
- Em geral há limitação por luz e nutrientes nitrogenados na zona de mistura do rio Amazonas, raramente silicato e fosfato são limitantes;
- Maior vazão do rio pode ocasionar maior lixiviação e maior *input* de nitrato e silicato para as águas costeiras.
- Há altos teores de silicato por conta do aporte fluvial, por redistribuição da sílica

biogênica e por sua maior estabilidade quanto aos processos de adsorção, precipitação, oxidação e redução;

- A pluma do rio Amazonas possui capacidade de enriquecer áreas do Atlântico Norte.
- A Água Profunda Antártica influencia as águas oceânicas de fundo mesmo ao norte do Brasil.

5.1.6 Estuários

No estuário do rio Paracauari altos valores de silicato e fosfato foram associados tanto por Da Costa *et al.* (2013) quanto por Monteiro *et al.* (2015) à influência das macromarés locais, capazes de transportar nutrientes antes retidos nas regiões mais internas do estuário (e nos canais de marés) durante as marés de sizígia para a zona estuarina. Contudo, nitrito e nitrato estiveram mais presentes durante a quadratura, sendo que os picos do nitrito durante esse período ocorreram na enchente e durante a sizígia na vazante. Não sendo possível associá-los diretamente à influência da variação das macromarés.

Monteiro *et al.* (2015) correlacionou a maior concentração de nutrientes no período chuvoso ao aporte natural proveniente das áreas adjacentes. Os autores concluíram que não só o silicato, mas também os compostos nitrogenados e fosfatados são fornecidos pelo aporte fluvial e tem relação com o sedimento. Os estudos mostraram que a região é altamente influenciada pelas marés e várzeas que margeiam o estuário, o qual obtém um alto *input* de nutriente do rio Paracauari e da baía de Marajó, que recebe águas ricas em nutrientes do rio Pará (DA COSTA *et al.*, 2013; MONTEIRO *et al.*, 2015).

Quanto ao estuário Taperaçu nos estudos de Souza Júnior *et al.* (2013) e Pereira *et al.* (2018) foi dito que apesar do NID ser menos significativo, esteve relacionado positivamente com as chuvas e negativamente com a salinidade. E apesar do silicato ser sempre abundante, há variação sazonal e temporal na concentração de nutrientes dissolvidos, até mesmo entre períodos secos, em resposta aos fatores físicos, e aos processos hidrodinâmicos e biológicos, em contrapartida não há variação significativa entre as marés ou período diurno-noturno. Em períodos de secas mais amenas, houve picos nos compostos nitrogenados, indicando um incremento desses nutrientes por meio da lixiviação dos manguezais pela chuva. De maneira geral, há aumento em 50% na concentração de nutrientes quando se compara períodos de seca intensa e amena. Ainda segundo os autores, o estuário Taperaçu é principalmente enriquecido com nutrientes advindos do estuário Caeté e de sedimentos do manguezal circundante, sendo, portanto, a chuva a principal variável física que controla as oscilações hidrológicas.

Assim como Souza Júnior *et al.* (2013) e Pereira *et al.* (2018), Pamplona *et al.* (2013) também associou a variação espacial da concentração de nutrientes no estuário do rio Quatipuru ao regime anual de chuvas. Porém, no caso dessa área de estudo também houve aumento de NID e fosfato durante a estação seca, associados a ressuspensão de sedimentos. Teores mais altos de NID estiveram em regiões mais internas e foram associados a áreas alteradas pela atividade antrópica, pela degradação de matéria orgânica e pela liberação de águas intersticiais, nesse último caso influenciando diretamente a quantidade de amônia, o principal componente do NID mensurado na estação seca.

Dos Santos *et al.* (2020) também relacionaram a presença de nitrogênio amoniacal com atividade antrópica, mais especificamente com despejo de efluente doméstico sem tratamento. No estuário Guarajá-Mirim o padrão de aumento da concentração de nutrientes com aumento da pluviosidade foi observado para silicato, nitrito, nitrato e nitrogênio amoniacal, mas não interferiu nos valores de fosfato. Contudo, segundo esses autores, houve um aumento para tal nutriente quando relacionado com a maré e no ponto com maior influência marinha, fato que permite cogitar a possibilidade de haver processos de dessorção provocados pela maior intrusão de água salina. Os autores destacam ainda que a houve relação inversa do nitrato e silicato com a salinidade, indicando diluição, e relação direta da salinidade com o nitrito, indicando incremento; o qual pode ter sido ocasionado por processos de ressuspensão sedimentar, conforme citado anteriormente.

Assim como em Dos Santos *et al.* (2020), em Mourão *et al.* (2020) os nutrientes apresentaram alta correlação com a sazonalidade, porém no Furo do Muriá, diferentemente do estuário Guajará-Mirim, os autores destacam a evidente influência da maré nos teores dos elementos. De acordo com Mourão *et al.* (2020), a exceção para correlação com períodos secos e chuvosos é o nitrogênio amoniacal, o qual não variou significativamente, mas se mostrou como forma predominante do NID tanto em período seco (97%) quanto no chuvoso (90%). A contribuição de nitrogênio amoniacal no NID para Dos Santos *et al.* (2020) também foi maior no período seco (85%) quando comparado ao chuvoso (63%). Mourão *et al.* (2020) associou as concentrações de nitrogênio amoniacal aos processos de nitrificação e a presença de manguezais margeantes que exportam nutrientes a partir da ação da vazante e enchente das marés de sizígia.

Em síntese:

- A pluviosidade e as macromarés são importantes mecanismos de transferência de nutrientes

para os estuários por meio da lixiviação, incrementando principalmente compostos nitrogenados no primeiro caso e silicato e fosfato no segundo.

- Ressuspensão sedimentar pode aumentar a concentração de nutrientes, especialmente NID e fosfato, para o estuário especialmente em períodos secos;

- É válido ressaltar a influência de atividades antrópicas nas características das águas e sedimentos, podendo modificar a forma dominante de NID em certos regimes de chuva.

5.1.7 Praias e canal de maré da região norte

No estudo de Pereira *et al.* (2012) significativas variações mensais e sazonais foram observadas para as concentrações de nitrito, nitrato e silicato em respectiva ordem de importância. As altas concentrações de nutrientes estiveram presentes em momentos de maior aporte fluvial e nos meses de correntes mais intensas causadas pela maré alta, em situações que as marés de sizígias foram capazes de alcançar partes ricas e mais internas do manguezal, somado a isso as correntes de maré mais intensas e a maior altura de onda causaram a ressuspensão de nutrientes dissolvidos no fundo. Os autores concluem que o aporte fluvial a sudeste e noroeste da Praia Princesa associado a outros processos oceanográficos e climatológicos são os principais fatores responsáveis pela variação de concentração de nutrientes, turbidez e salinidade observada.

Na Praia de Ajuruteua estudada por Matos *et al.* (2016) baixas concentrações de nutrientes foram observadas no primeiro período seco e associadas ao consumo pelo fitoplâncton. Relacionou-se tal fato aos efeitos diluidores das correntes de maré e à redução do escoamento fluvial que consequentemente provoca menos turbidez e favorece a atividade fitoplanctônica. Por outro lado, altas concentrações observadas no período chuvoso parecem ser influenciadas pelo aumento do escoamento fluvial e pela remineralização da matéria orgânica retirada dos manguezais adjacentes.

No estudo do canal de maré Furo do Meio os nutrientes nitrogenados estiveram mais baixos durante o dia sendo sua oscilação associada à atividade fitoplanctônica, diferentemente do silicato e fosfato que só apresentaram concentrações ligeiramente mais baixas durante o dia e, portanto, sem uma correlação forte com a atividade fotossintética. Segundo Dittmar e Lara (2001) a dinâmica dos nutrientes e matéria orgânica oriundos dos manguezais foi significativamente influenciada pelas águas intersticiais dos sedimentos e amplitudes de marés, apresentando máximos valores durante a maré baixa. Contudo, isso ocorre somente em

manguezais com alta fixação de nutrientes, balanço positivo de sedimentação e presença de macromarés, onde as águas intersticiais com excesso de nutrientes podem escoar em quantidades consideráveis para canais de marés.

Em síntese:

- Ressuspensão sedimentar e macromarés também são importantes na dinâmica de nutrientes;
- O aporte fluvial parece estar mais associado ao enriquecimento por silicato enquanto que a ressuspensão parece estar mais associada ao NID;
- Turbidez e processos hidrodinâmicos conferem particularidades às concentrações de nutrientes, não possibilitando uma associação direta entre os fatores.

Em conclusão, pode-se dizer que mais estudos são necessários para a região norte do Brasil tendo em vista, principalmente, a importância do rio Amazonas não só para áreas da sua desembocadura como também para regiões oceânicas do Atlântico Norte. É importante ressaltar que as irregularidades da linha de costa do norte do Brasil conferem maior complexidade dos fenômenos e fatores atuantes nas características hidroquímicas, sendo assim maior entendimento a nível local e em menor escala espacial é necessário. Resumidamente, o silicato se mostrou bem evidente em áreas costeiras devido à sua natureza terrígena, e o fosfato pareceu ser altamente influenciado por processos de dessorção em águas mais salinas. Contudo, com tamanha singularidade da costa norte, a limitação da produtividade primária acontece por fatores variáveis em cada local, seja por turbidez, NID ou fosfato. Cabe ser dito que quase todos os autores mencionaram a importância da lixiviação para o incremento de nutrientes, realizado pelas chuvas, escoamento fluvial ou pelas marés; o que ressalta a importância dos ambientes terrestres na composição e qualidade de águas costeiras e oceânicas.

5.2 Resultados para a região Nordeste

Os estados que compõem a região nordeste do Brasil são Maranhão, Piauí, Ceará, Rio Grande do Norte, Paraíba, Pernambuco, Alagoas, Sergipe e Bahia. Todos são litorâneos e climaticamente heterogêneos.

Maranhão e parte do Piauí se diferenciam por apresentarem alta pluviosidade quando comparados aos demais estados nordestinos, enquanto que parte do Piauí, praticamente todo o Ceará e parte do Rio Grande do Norte possuem baixa pluviosidade, com considerável território

semiárido, inclusive no litoral. Já a faixa paralela à costa de parte do Rio Grande do Norte até o sul da Bahia é quente e úmida, com estações secas e chuvosas bem definidas e chuvas regulares, porém de variável intensidade entre locais (IBGE, 1985; GARCIA, 2017).

Os maiores volumes de chuva em grande parte do Maranhão, Piauí, Ceará, Rio Grande do Norte, oeste da Paraíba e Pernambuco e norte da Bahia ocorrem entre fevereiro e maio, com destaque para março, ocasionada essencialmente pela Zona de Convergência Intertropical (ZCIT). No litoral baiano, os maiores índices pluviométricos são registrados de março a julho, especialmente entre abril e junho, com a chegada de ventos úmidos oriundos do oceano se concentrando na porção centro leste do estado (ANA, 2015).

Os resultados serão divididos em duas partes. A primeira tratará da região oceânica, plataforma continental e ambientes recifais; a segunda dos sistemas costeiros (praias, lagunas e estuários). Dentro desses itens a exposição dos resultados respeitará, quando possível, a ordem geográfica dos estados e o ambiente de que se trata.

5.2.1 Região oceânica, plataforma continental e ambientes recifais do Nordeste

O estudo de Araújo *et al.* (2019) abrangeu o norte e nordeste brasileiro e por isso foi também mencionado no capítulo anterior. Diversos pontos amostrais estiveram na região costeira e oceânica de boa parte dos estados nordestinos, cobrindo desde a foz do rio Parnaíba (divisa política entre os estados Maranhão e Piauí) à região marinha da cidade de Salvador, na Bahia. Os resultados obtidos por esses autores constam na Tabela 6. Webb *et al.* (2007) realizou campanhas com pontos amostrais em águas oceânicas em março de 2002 da região norte, nordeste e sudeste, os resultados para os 4 pontos da região nordeste se encontram na Tabela 7, seus pontos amostrais podem ser visualizados na Figura 7 e 8.

Tabela 6: Resultados obtidos por Araújo *et al.* (2019) em μM . Valores médios, com seus desvios padrões, valores mínimos e máximos.

Período de amostragem	Nitrogênio					
	NID	amoniacal	Nitrato	Nitrito	Fosfato	Silicato
jul a set /95	0.60 ± 0.4		0.50 ± 0.4	$0.02 \pm$	$0.13 \pm$	$9.50 \pm$
	(0.10– 3.20)	-	(0.001– 3.10)	0.04 (0.001– 0.24)	0.10 (0.001– 0.52)	11.0 (1.90– 70.00)

jan a mar/97	0.40 ± 0.1 (0.12– 0.63)	0.02 ± 0.01 (0.001–0.10)	0.40 ± 0.1 (0.12– 0.60)	0.002 ± 0.001 (0.001– 0.02)	0.04 ± 0.03 (0.001– 0.13)	7.75 ± 3.6 (1.12– 21.20)
abr a jun/98	0.45 ± 0.2 (0.05– 1.27)	0.06 ± 0.06 (0.001–0.30)	0.02 ± 0.03 (0.001– 0.12)	0.02 ± 0.03 (0.001– 0.12)	0.10 ± 0.06 (0.001– 0.23)	4.60 ± 2.9 (0.23– 12.04)
dez/00	0.50 ± 0.2 (0.10– 1.44)	0.10 ± 0.1 (0.001–1.24)	0.40 ± 0.1 (0.001– 1.20)	0.04 ± 0.06 (0.001– 0.30)	0.07 ± 0.10 (0.001– 0.51)	5.40 ± 4.0 (0.36– 28.22)

Tabela 7: Valores médios e desvios padrões em μM obtidos por Webb *et al.* (2007) para Nitrogênio Inorgânico Dissolvido (NID) e Fósforo Inorgânico Dissolvido (PID).

Estações	Profundidade de coleta	NID	PID
3	15	0,04±	0,05 ±
		0,00	0,01
4	15	0,06±	0,04±
		0,00	0,01
5	15	0,19±	0,11±
		0,00	0,00
6	40	0,12±	0,10±
		0,01	0,00

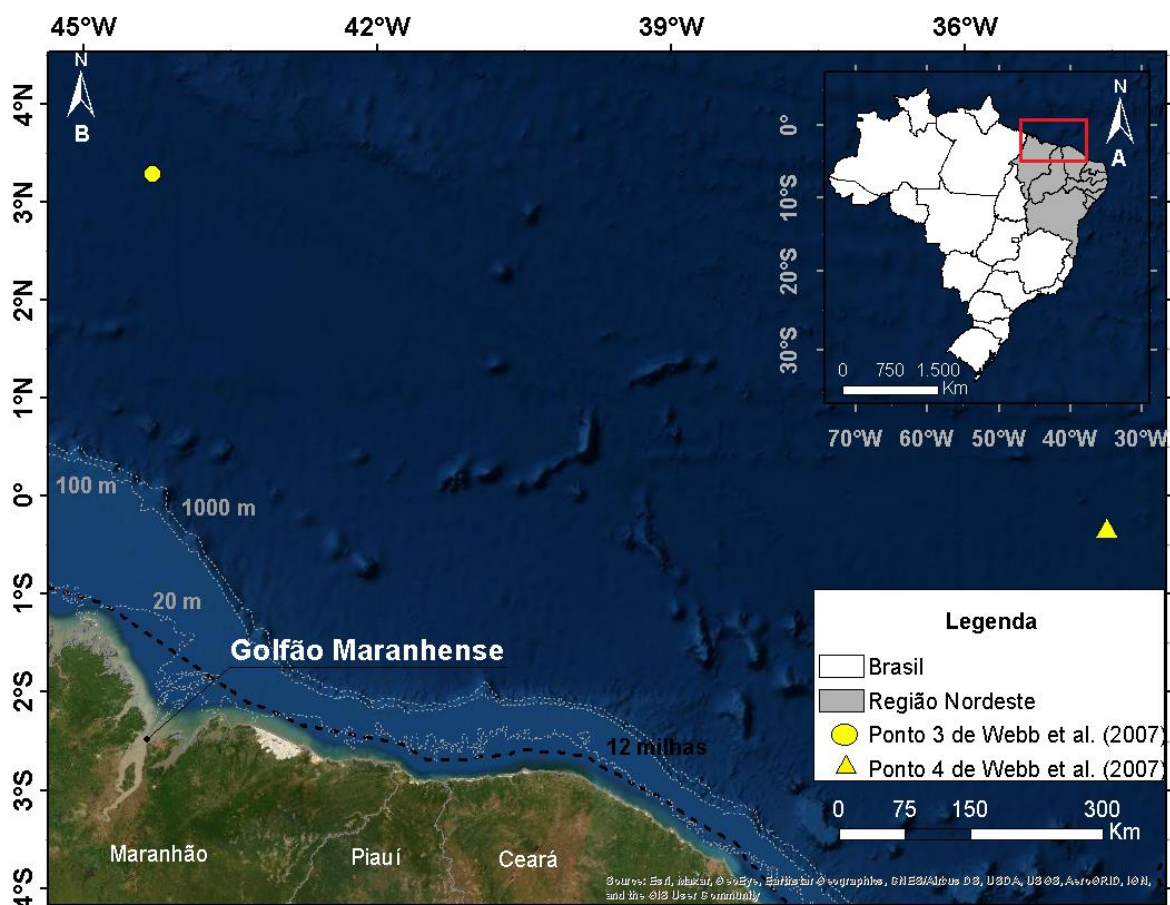


Figura 7: A: Mapa do Brasil com ênfase na região nordeste e destaque em área costeira e oceânica do Maranhão, Piauí e Ceará. B: Parte continental e marinha do estado do Maranhão, Piauí, Ceará, ponto amostral 3 e 4 de Webb *et al.* (2007) e Golfão Maranhense. Essa figura contempla áreas estudadas por Webb *et al.* (2007), Carvalho *et al.* (2016), Carvalho *et al.* (2017), Lefèvre *et al.* (2017) e Araújo *et al.* (2019).

O trabalho de Xie *et al.* (2015) se trata da costa leste do Brasil, com dois pontos amostrais na região oceânica do Nordeste (Figura 8). Em cruzeiro realizado a partir de março de 2011 coletas foram feitas em 14 profundidades diferentes nos referidos pontos. Os teores de nutrientes para a estação localizada a oeste, denominada ocidental e próxima ao ponto amostral 4 de Webb *et al.* (2007), e para a estação a leste, denominada oriental e próxima a um ponto amostral de Armengol *et al.* (2019), se encontram na Tabela 8.

Tabela 8: Concentração de nutrientes encontradas por Xie *et al.* (2015) em $\mu\text{mol/Kg}^*$ em

estações localizadas na região Nordeste.

Estação	Profundidade	Silicato	Nitrito	Nitrato	Fosfato
	60	0,63	0,051	-	0,09
	101	3,56	0,083	10,08	0,71
	101	3,56	0,083	10,08	0,71
	200	6,7	0,014	17,95	1,2
	300	12,9	0,007	27,2	1,72
	499	19,57	0,005	32,39	2,06
	750	27,09	0,008	33,97	2,23
Ocidental	1500	15,92	0,013	20,2	1,33
	2000	21,45	0,006	19,93	1,3
	2498	27,38	0,006	20,03	1,3
	2994	32,17	0,007	20,42	1,33
	3501	31,8	0,012	19,58	1,31
	3999	45,19	0,016	21,42	1,44
	4338	88,12	0,014	27,92	1,89
	10	0,16	0,008	-	0,03
	65	1,76	0,128	2,74	0,4
	97	5,38	0,064	18,09	1,19
	97	5,38	0,064	18,09	1,19
	199	8,56	0,009	24,52	1,55
	374	12,91	0,009	31,19	1,95
	501	18,03	0,012	34,15	2,18
Oriental	750	29,52	0,012	34,51	2,32
	1000	30,46	0,011	32,19	2,18
	2000	17,89	0,002	19,36	1,27
	3000	35,34	0,002	21,24	1,41
	4000	48,63	0,01	22,09	1,49
	4839	109,45	0,012	31,09	2,15
	4890	110,52	0,003	31,28	2,14

*Considerando-se que a densidade da água do mar (1,03g/cm³) é próximo a unidade, os valores foram mantidos conforme unidades publicadas pois as diferenças com a unidade padrão adotada nesta dissertação (μmol/Kg) não impedem uma comparação.

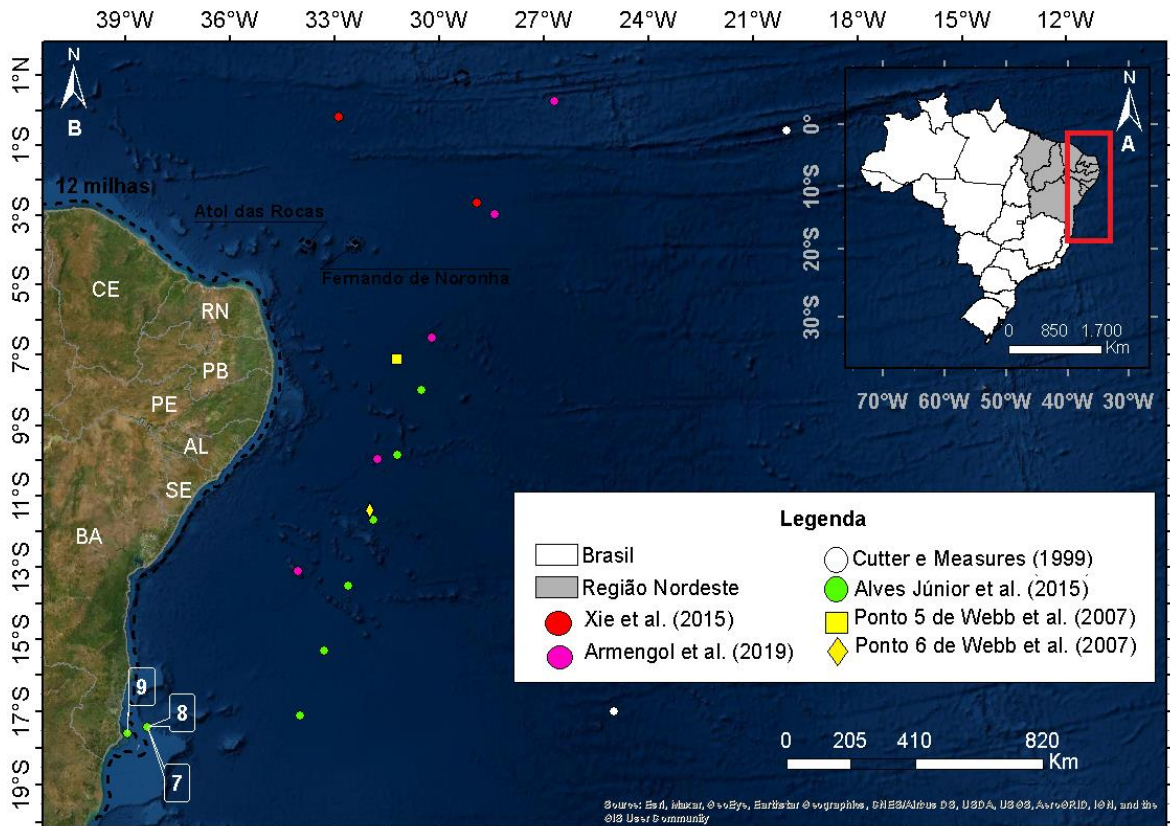


Figura 8: A: Mapa do Brasil, com ênfase na região Nordeste e destaque em vermelho para o litoral do Ceará (CE), Rio Grande do Norte (RN), Paraíba (PB), Pernambuco (PE), Alagoas (AL), Sergipe (SE) e Bahia (BA). B: Pontos amostrais de estudos referentes a zonas oceânicas. Essa figura contempla áreas estudadas por Forde *et al.* (1994), Cutter e Measures (1999), Webb *et al.* (2007), Mather *et al.* (2008), De Souza *et al.* (2013), Jales *et al.* (2015), Snow *et al.* (2015), Xie *et al.* (2015), Assunção *et al.* (2016), Armengol *et al.* (2019), Basílio-Dantas *et al.* (2019).

O estudo de Armengol *et al.* (2019) continha 13 estações amostrais, porém somente as 5 primeiras foram consideradas aqui por estarem localizadas até o limite da dorsal Meso-Atlântica, próximas a linha do equador, Figura 8. Dois cruzeiros foram realizados durante abril de 2015 para obtenção de amostras de água até 200 metros de profundidade. Os teores de nutrientes não foram expressos numericamente, porém por meio das figuras é possível visualizar baixa e homogênea distribuição vertical até o alcance da profundidade de 100 metros dos teores de fosfato, silicato, nitrito, nitrato e amônio, de 13° S a 0° de latitude. As concentrações aumentaram nas profundidades de 200 metros a 13° S e, com exceção do nitrito, há presença de massa de água enriquecida por esses elementos por volta da profundidade de 50 metros a 3° S e 28,5° O.

Cutter e Measures (1999), já citados para a região Norte, realizaram coleta de água também na proximidade da dorsal (estação Romanche) e na região oceânica perpendicular ao sul do estado da Bahia (Estação 8), Figura 8. Das amostras mais profundas da estação Romanche, a cerca de 5258 a 4800 metros há uma camada uniforme de alta concentração de silicato (aproximadamente $100 \mu\text{M}$) e fosfato. Acima da camada mencionada, aproximadamente a 4000 metros de profundidade, os teores diminuem consideravelmente, voltando a aumentar a cerca de 900 metros. Por volta de 380 metros o perfil de nutrientes muda e há evidente decréscimo principalmente dos teores de nitrato e fosfato a medida que a profundidade diminui. Por fim, para a estação Romanche, em águas superficiais a concentração de fosfato está por volta de 0,1 e nitrato inferior a 0,1. Os autores mencionam ainda que por meio da distribuição horizontal de fosfato (aproximadamente $0,06 \mu\text{M}$), salinidade e temperatura, há indicações de sutil ressurgência nas proximidades da estação Romanche. Na camada mais profunda da estação 8 (entre 5154 e 4715 metros), altas concentrações de silicato (de 111 a $116 \mu\text{M}$), nitrato ($32 \mu\text{M}$) e fosfato ($2,2 \mu\text{M}$) foram encontradas. Os teores se tornam menores a medida que a profundidade decai até os 3300 metros, com nitrato e fosfato apresentando padrão uniforme. Entre essa camada e os 2400 metros a concentração de silicato diminui gradativamente, depois passa a ter um padrão de decréscimo mais abrupto, atingindo seu mínimo em 1500 metros, mas voltando a aumentar e alcançando o máximo de $40 \mu\text{M}$ por volta de 900 metros. Nitrato e fosfato não apresentaram mesmo comportamento do silicato, pois seus teores aumentam desde 2400 a 900 metros. Por fim, com a diminuição da profundidade e a presença da camada mista, a 70 metros, as concentrações diminuem (nitrato indetectável e fosfato aproximadamente $0,2 \mu\text{M}$)

Alves Júnior *et al.* (2015) caracterizaram a região do Atlântico Sudoeste a partir de 12 diferentes pontos amostrais entre agosto de 2010 e fevereiro de 2011. Dentre esses pontos, 9 estão localizados na região Nordeste desde a planície abissal adjacente ao estado de Pernambuco até o estado da Bahia (pontos de 1 a 6 no sentido norte-sul), onde há também pontos na plataforma continental (pontos 7 a 9, cujos pontos 7 e 8 se encontram bem próximos e no talude, e o ponto 9 se encontra na Zona Costeira), Figura 8. A profundidade de amostragem não seguiu um padrão, posto que os autores estavam interessados em identificar diferentes massas d'água, Tabela 9. Ainda em águas da planície abissal da Bahia, segundo Cutter e Measures (1999) em altas profundidades (5154 e 4715 metros), há altos teores de silicato (cerca de 111 - $116 \mu\text{M}$), nitrato (aproximadamente $32 \mu\text{M}$) e fosfato (aproximadamente $2,2 \mu\text{M}$) típicos da Água Antártica de Fundo. Conforme a profundidade diminui há também diminuição

da concentração de nutrientes, com padrão quase homogêneo de fosfato (1,54 μM) e nitrato (24 μM) entre cerca de 3300 e 1900 metros, característicos da Água Profunda do Atlântico Norte. Em relação ao silicato, o nutriente atinge um mínimo a 1500 metros, mas aumenta conforme a profundidade diminui alcançando o máximo de 40 μM a aproximadamente 900 metros. Os nutrientes diminuem principalmente acima de 70 metros, com nitrato abaixo do limite de detecção e o fosfato a aproximadamente 0,2 μM .

Tabela 9: Concentração de nutrientes em μM encontradas por Alves Júnior *et al.* (2015) na região Nordeste.

Pontos	Profundidade (m)	Nitrito	Nitrato	Amônia	NID	Silicato	Fosfato
1	1	NA	NA	NA	NA	NA	NA
2	1	0,05	0,66	0,02	0,73	0,88	0,05
3	1	0,02	0,8	0,01	0,83	0,84	0,03
4	1	0,02	0,68	0,04	0,74	0,96	0,07
	420	0,06	19,1	0,01	19,17	7,4	1,23
5	1	0,07	0,63	0,01	0,71	0,47	0,05
6	1	0,03	0,42	0,01	0,46	0,54	0,05
7	79	0,06	1,05	0,06	1,17	2,09	0,16
	489	0,05	14,85	0,14	15,04	6,02	0,97
	489	0,05	14,85	0,14	15,04	6,02	0,97
8	82	0,11	1,3	0,06	1,47	0,96	0,17
	302	0,04	15,75	0,11	15,9	6,2	1,04
9	48	0,05	0,99	0,03	1,07	0,18	0,14
	609	0,04	26,46	0,02	26,52	15,42	1,76
	609	0,04	26,46	0,04	26,54	15,42	1,76

Outros estudos também não terão suas concentrações de nutrientes expostas exatamente como nos trabalhos originais, seja pela apresentação ter sido feita por meio de figuras e gráficos - caso de Mather *et al.* (2008) e Snow *et al.* (2015) - ou pela grande quantidade de dados gerados por muitos pontos amostrais em várias profundidades, caso de Forde *et al.* (1994).

Forde *et al.* (1994) realizaram campanha de amostragem em região oceânica durante

julho de 1997. Em resumo, no transecto ao longo da longitude de 25° O, que alcançou latitudes entre 5° N e 45°S, o nutriente que mais se destacou foi o nitrato, cujas concentrações estiveram por volta de 34 µM em 5°N, 7°S e 17° S nos 650 metros, e apresentou teor de 14 µM nas proximidades do equador em profundidade de 100 metros. Mather *et al.* (2008) estudaram, dentre outros itens, a presença de fosfato no Giro subtropical do Atlântico Sul durante o outono, em junho de 2005, e primavera, em novembro 2005. O nutriente esteve em maiores concentrações na primavera, associado a eventos de misturas de águas. Nos 25 metros de profundidade, nas proximidades do equador (cerca de 2°S e 25°O) o fosfato variou de aproximadamente 0,1 µM para 0,2 µM. O trabalho de Snow *et al.* (2015) também abrangeu o Giro Subtropical do Atlântico Sul e, em concordância com Mather *et al.* (2008) apresentaram decréscimo de fosfato a medida em que a latitude diminui a partir de 40°S e alcança o equador. Os autores apontaram ainda baixa concentração de nutrientes nitrogenados em toda a área, com média de 0,012 µM em superfície.

De Souza *et al.* (2013) coletaram dados em torno de montes submarinos e ilhas em regiões oceânicas adjacentes aos estados Ceará e Rio Grande do Norte entre janeiro e abril de 1997 (Período 1) e entre abril e julho de 1998 (Período 2), nos níveis de penetração de luz de 100%, 50% e 1 %, para determinação de nutrientes (Tabela 10, Figura 8). Cabe ressaltar que certas regiões amostradas, como o Arquipélago de Fernando de Noronha (localizado a 345 km do Rio Grande do Norte), pertencem ao estado de Pernambuco. Os autores destacam que, de maneira geral, menor concentração de nutrientes foi encontrada em superfície e maior foi encontrada abaixo da termoclina.

Tabela 10: Concentração média, mínima e máxima encontradas por De Souza *et al.* (2013) em µM nos períodos entre janeiro e abril de 1997 e entre abril e julho de 1998.

	Jan-abr/1997				Abr-jul/1998			
	Nitrito	Nitrato	Fosfato	Silicato	Nitrito	Nitrato	Fosfato	Silicato
Média	0,03	0,57	0,094	4,7	0,08	0,66	0,2	4,62
Mínimo	0,02	0,123	0,01	0,24	0,02	0,123	0,01	0,24
Máximo	0,43	10,002	0,75	17,52	0,46	5,32	1,17	10,67

Assunção *et al.* (2016) investigaram os teores de nutrientes da região mais habitada da ilha de Fernando de Noronha (PE), Figura 8. As quatro campanhas foram realizadas em julho e

dezembro de 2013, e junho e novembro de 2014, abrangendo a estação seca e chuvosa de cada ano, com coletas de superfície e fundo em 5 diferentes estações. A média total para cada nutriente se encontra na Tabela 11.

Tabela 11: Concentração média de nutrientes em período seco e chuvoso na superfície e fundo em μM de acordo com Assunção *et al.* (2016).

	PERÍODO CHUVOSO				PERÍODO SECO			
	Nitrito	Nitrato	Fosfato	Silicato	Nitrito	Nitrato	Fosfato	Silicato
Superfície	0,065	0,102	0,163	1,875	0,033	0,062	0,173	1,998
Fundo	0,0525	0,034	0,0937	1,87	0,0225	0,125	0,167	2,02
Média Geral	0,059	0,068	0,128	1,872	0,0277	0,124	0,17	2,01

Águas oceânicas em torno do Atol das Rocas, RN, foram estudadas por Jales *et al.* (2015) em julho de 2010 a partir de dois transectos com 3 pontos amostrais cada, sendo um transecto em direção Sudeste (SE) e outro Noroeste (NO) ao Atol, Figura 8. Esses transectos foram traçados de acordo com a corrente superficial local. As coletas para determinação de NID, PID e silicato foram feitas em superfície e na Profundidade Máxima de Clorofila (PMC) durante o dia e a noite. A maior concentração média de NID esteve no transecto NO na PMC ($4,26 \mu\text{M}$), este mesmo transecto obteve o maior valor médio ($0,84 \mu\text{M}$), enquanto no SE a média foi de $0,56 \mu\text{M}$. Os valores médios de PID variaram de $0,16$ a $0,18 \mu\text{M}$ no SE e de $0,06$ a $0,36 \mu\text{M}$ no transecto, sendo os menores valores encontrados em superfície e os maiores no PMC. Para o silicato a variação de concentração foi mais evidente entre dia e noite do que entre os transectos, com valores médios de $1,62 \mu\text{M}$ durante o dia e $1,02 \mu\text{M}$ durante a noite. Os autores ressaltam o fato de NID e PID apresentarem maiores concentrações nas proximidades do Atol das Rocas ($5,72$ e $0,61 \mu\text{M}$ respectivamente).

Para o trabalho de Basílio-Dantas *et al.* (2019) três campanhas oceanográficas foram realizadas no Atol das Rocas (julho e agosto de 2010, setembro e outubro de 2012, julho e setembro de 2014). Os valores médios superficiais encontrados para nitrato em 2010, 2012 e 2014 foram, respectivamente, $1,14 \mu\text{M}$, $1,57 \mu\text{M}$ e $2,06 \mu\text{M}$. Para fosfato foram $0,11 \mu\text{M}$, $0,09 \mu\text{M}$ e $0,12 \mu\text{M}$, e para silicato $1,04 \mu\text{M}$, $1,34 \mu\text{M}$ e $3,76 \mu\text{M}$.

Lefèvre *et al.* (2017) estudaram o Golfão Maranhense, Figura 7, a partir de um transecto transversal ao largo da costa do Maranhão, contendo 7 pontos amostrais da costa (P1) para o

oceano (P7), com coletas superficiais realizadas entre março e setembro de 2014; segundo os autores os teores de NID e fosfato são maiores em pontos próximos à costa, esse trabalho destaca que a concentração de nitrogênio amoniacal foi zero em quase todas as coletas, sendo as exceções a estação 1 em setembro de 2014, com 0,14 μM , e a estação 2 em maio de 2014, com 1,5 μM . Carvalho *et al.* (2016) realizaram seis campanhas bimestrais entre novembro de 2013 e setembro de 2014 em sete pontos amostrais localizados às distâncias de 0,5, 10, 20, 30, 40 e 50 milhas náuticas em direção ao talude a partir do Golfão Maranhense, Tabela 12 e Figura 7.

Tabela 12: Concentração média em μM e desvio padrão de nutrientes encontrada por Carvalho *et al.* (2016) nos 7 diferentes pontos amostrais no período chuvoso e seco, e a média geral de cada nutriente para cada período.

Ponto amostral	PERÍODO CHUVOSO			PERÍODO SECO		
	Nitrito	Fosfato	Silicato	Nitrito	Fosfato	Silicato
1	0.18 ±	0.13 ±	12.87 ±	0.31 ±	0.63	9.84 ±
	0.12	0.03	0.11	0.29	±0.26	2.07
2	0.08 ±	0.10 ±	6.07 ±	0.28 ±	0.55 ±	7.67 ±
	0.25	0.04	3.92	0.25	0.37	2.49
3	0.04 ±	0.29 ±	3.50 ±	0.11 ±	0.24 ±	1.85 ±
	0.04	0.36	2.18	0.20	0.21	0.54
4	0.01 ±	0.29 ±	3.14 ±	0.09 ±	0.19 ±	1.45 ±
	0.02	0.41	2.56	0.12	0.18	0.35
5	0.03 ±	0.27 ±	2.47 ±	0.02 ±	0.23 ±	1.89 ±
	0.02	0.34	1.42	0.03	0.13	2.20
6	0.05 ±	0.24 ±	1.54 ±	0.15 ±	0.33 ±	2.01 ±
	0.09	0.31	0.61	0.25	0.24	2.27
7	0.02 ±	0.28 ±	3.64 ±	0.10 ±	0.29 ±	1.42 ±
	0.03	0.39	1.95	0.18	0.12	1.71
Média Geral	0.06 ±	0.23 ±	4.75 ±	0.15 ±	0.35 ±	3.73 ±
	0.05	0.27	1.82	0.19	0.21	1.66

Carvalho *et al.* (2017) estudaram a plataforma continental dos estados Maranhão, Piauí

e Ceará com coletas superficiais entre as isóbatas de 10 a 1000 metros para determinação de concentração de silicato e fosfato, Figura 7. Foi realizado um cruzeiro em outubro de 2012 e outro em setembro de 2014, esse último com uma grade amostral maior e mais situada a oeste (Tabela 13).

Tabela 13: Concentrações médias, mínimas e máximas em μM de silicato e fosfato encontradas por Carvalho *et al.* (2017) em outubro de 2012 e setembro de 2014.

	out/12		set/14	
	Silicato	Fosfato	Silicato	Fosfato
Média e desvio padrão	2.53 \pm 0.17	0.20 \pm 0.02	3.73 \pm 0.21	0.34 \pm 0.03
Mínimo	0.07	0.03	0.52	0.02
Máximo	11.28	0.92	9.68	1.15

Koenig e Macêdo (1999) estudaram águas da plataforma continental e águas oceânicas da localidade de Itamaracá, PE (Figura 9). Esses autores coletaram em dois perfis perpendiculares à costa e à ilha de Itamaracá, durante o mês de março de 1995. Os perfis, identificados como Orange e Catuama, continham 5 estações amostrais cada (2 na zona nerítica e 3 na oceânica), com 3 profundidades de amostragem para a plataforma continental (camada superficial, intermediária e profunda) e 5 para a região oceânica (0m, 50m, 100m, 150m e 200m). Foi feita a média para as profundidades de amostragem e para as concentrações da zona nerítica e oceânica a partir dos resultados apresentados no artigo de Koenig e Macêdo (1999), Tabela 14; segundo os autores as concentrações de nutrientes foram baixas em superfície e tiveram seu máximo a 200 metros de profundidade.

Tabela 14: Locais amostrados, suas profundidades e concentrações médias, com desvio padrão, em μM dos nutrientes encontrados por Koenig e Macêdo (1999).

Perfil	Região	Profundidade	Nitrito	Nitrato	Fosfato	Silicato
CATUAMA	Nerítica	0 \pm 0	0,001 \pm 0	0,159 \pm 0,062	0,2955 \pm 0,0495	6,431 \pm 3,105
		13,5 \pm 5,5	0,0045 \pm 0,009	0,309 \pm 0,151	0,2215 \pm 0,0245	5,8165 \pm 0,9775

		24,5 ± 12,5	0,001 ± 0	0,2055 ± 0,1125	0,234 ± 0,012	6,795 ± 2,05
	Oceânica	0 ± 0	0,02 ± 0,014	0,0573 ± 0,055	0,213 ± 0,031	4,68 ± 1,665
		50 ± 0	0,0073 ± 0,009	0,3997 ± 0,46	0,238 ± 0,023	5,477 ± 1,92
		100 ± 0	0,064 ± 0,044	0,232 ± 0,217	0,271 ± 0,034	4,962 ± 0,72
		150 ± 0	0,02 ± 0,019	2,577 ± 0,9205	0,6155 ± 0,1475	2,926 ± 1,01
		200 ± 0	0,0255 ± 0,0245	3,16 ± 0,45	0,714 ± 0,025	6,126 ± 1,767
ORANGE	Nerítica	0 ± 0	0,025 ± 0,005	0,206 ± 0,128	0,2215 ± 0,0495	8,78 ± 1,924
	Oceânica	0 ± 0	0,01 ± 0,0078	0,0357 ± 0,006	0,1887 ± 0,042	5,195 ± 1,29
		50 ± 0	0,011 ± 0,014	0,121 ± 0,075	0,254 ± 0,03	3,013 ± 0,666
		100 ± 0	0,004 ± 0,004	0,156 ± 0,0227	0,394 ± 0,04	5,062 ± 2,454
		150 ± 0*	0,05 ± 0,029 *	1,272 ± 0,447 *	0,55 ± 0,06 *	4,072 ± 2,41 *
		200 ± 0*	0,007 ± 0,004 *	1,985 ± 0,639 *	0,87 ± 0,222 *	4,372 ± 2,704 *

*Médias entre a primeira e a última estação oceânica do perfil Orange, pois em sua segunda estação houve amostragem somente nas profundidades 0, 50 e 100 metros.

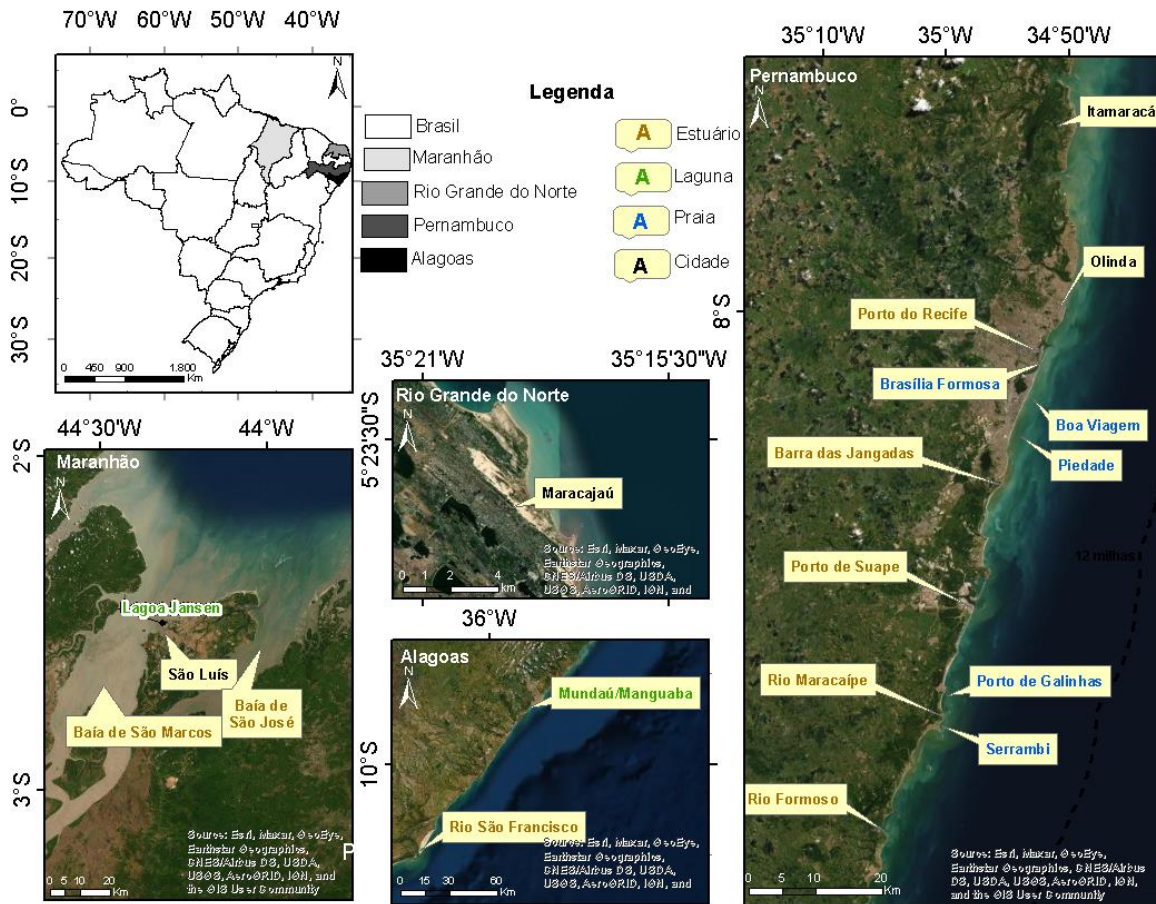


Figura 9: Mapa do Brasil com ênfase para estados da região nordeste e localidades do Maranhão, Rio Grande do Norte, Alagoas e Pernambuco. Essa figura contempla áreas estudadas por Koenig e Macêdo (1999), Branco *et al.* (2002), Montes *et al.* (2002), Nascimento *et al.* (2003), Melo-Magalhães *et al.* (2004), Noriega *et al.* (2005a), Noriega *et al.* (2005b), Pereira *et al.* (2005), Figueiredo *et al.* (2006), Feitosa e Bastos (2007), Azevedo *et al.* (2008), Da Silva *et al.* (2009), Grego *et al.* (2009), Ferreira *et al.* (2010), Rodrigues e Cutrim (2010), Bastos *et al.* (2011), Jales *et al.* (2012), De Melo *et al.* (2013), Otsuka *et al.* (2013), Cordeiro *et al.* (2014), Guenther *et al.* (2015), Machado *et al.* (2017), Cordeiro *et al.* (2018), Cutrim *et al.* (2019), Da Silva *et al.* (2019), Cavalcanti *et al.* (2020) e Melo *et al.* (2020).

A área de estudo de Gaeta *et al.* (1999) abrange os estados da Bahia, Espírito Santo e Rio de Janeiro, entre as latitudes 16° S e 21,5° S. As amostras foram coletadas durante o outono de 1995, em 26 pontos amostrais distribuídos em 6 transectos perpendiculares a costa; na plataforma continental as profundidades de coleta variaram de 3 a 4, a depender da topografia do fundo, enquanto que para a região oceânica 8 profundidades diferentes foram amostradas (0, 25, 50, 75, 100, 125, 150, 250 m). Os autores utilizaram o Banco de Abrolhos (BA) para se referir às localidades, dessa forma, para águas da Bahia, constataram baixas concentrações de

nutrientes em regiões superficiais *offshore* ao BA, com teores de nitrato abaixo de $0,20 \mu\text{M}$ e fosfato abaixo de $0,08 \mu\text{M}$, contudo foi observado também águas enriquecidas de nitrato ($2 \mu\text{M}$) e fosfato ($0,18 \mu\text{M}$) ainda na região em coordenadas $17,5^\circ\text{S}$, $36,5^\circ\text{O}$ (Figura 10).

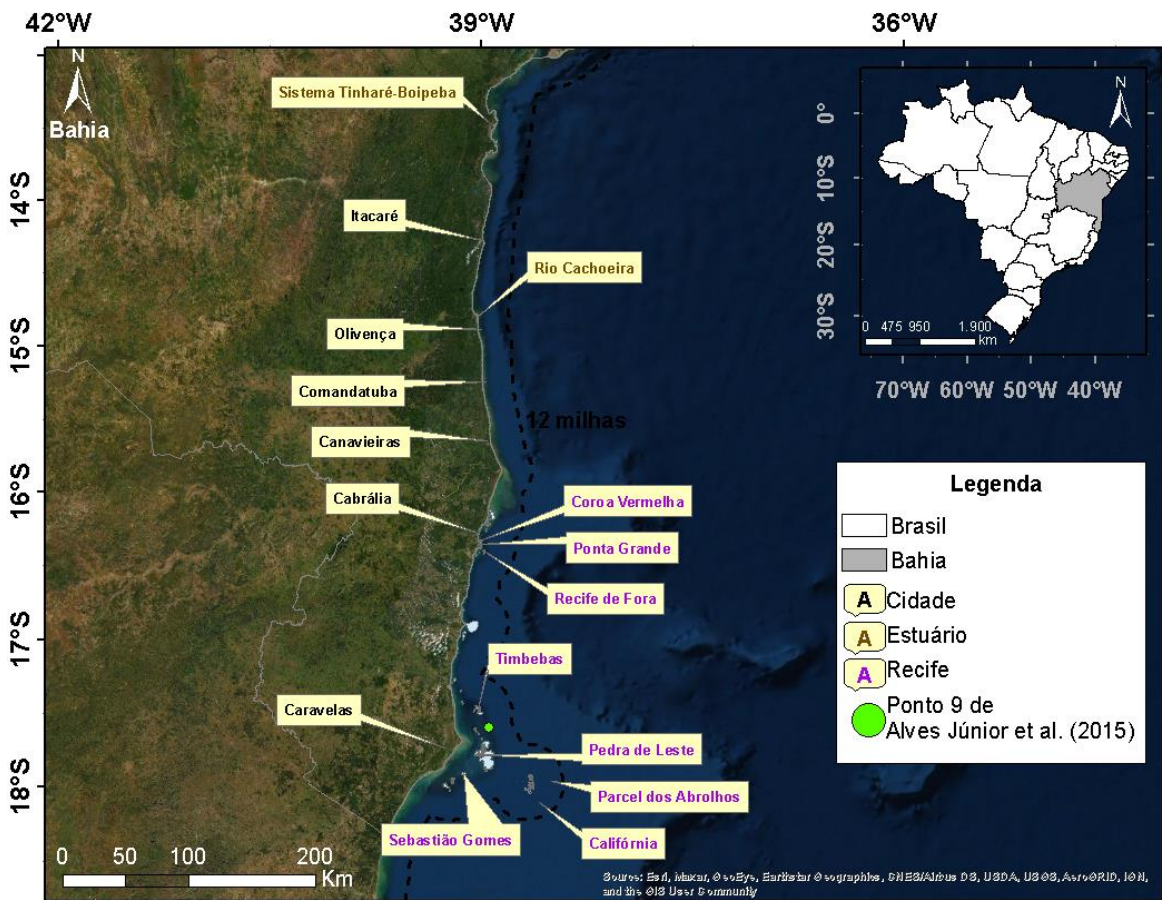


Figura 10: Mapa do Brasil com destaque para o estado da Bahia e locais de estudos localizadas no referido estado. Essa figura contempla áreas estudadas por Gaeta *et al.* (1999), Ovalle *et al.* (1999), Andrade *et al.* (2004), Costa Júnior *et al.* (2006), Rezende *et al.* (2006), De Souza *et al.* (2009), Bruce *et al.* (2012), Barboza *et al.* (2013), Silva *et al.* (2013), Eça *et al.* (2014), Alves Júnior *et al.* (2015) e Silva *et al.* (2015).

No livro “Características hidrobiológicas da região central da Zona Econômica Exclusiva brasileira (Salvador, BA, ao Cabo de São Tomé, RJ)”, Rezende *et al.* (2006) escreveram o capítulo a respeito da hidroquímica da referida região com dados obtidos por meio do Programa de Avaliação do Potencial Sustentável de Recursos Vivos na Zona Econômica Exclusiva (REVIZEE). Duas operações foram realizadas, a primeira durante a primavera de 1998 e a segunda no outono de 2000, nas profundidades padrões de 1, 20, 50, 100, 200, Profundidade do Máximo de Clorofila *a* (PMC) e termoclina. A área estudada cobriu as

coordenadas 13 a 25°S e 28 a 41°O, região marinha dos estados da Bahia, Espírito Santo e parte do Rio de Janeiro, Figura 10.

Segundo Rezende *et al.* (2006) o ortofosfato, nitrito e nitrato se apresentaram típicos de regiões oceânicas oligotróficas nas duas operações. Tanto para a primavera de 1998 e outono de 2000, as concentrações de ortofosfato se apresentaram, em geral, mais elevadas em maiores profundidades, com destaque para a região do estuário Mucuri e Bahia de Todos os Santos.

Durante a primavera de 1998 os valores de nitrito estiveram uniformes conforme a profundidade, os autores observaram concentrações mais altas (maiores do que 0,15 μM) na região litorânea da Bahia, porém durante o outono de 2000 foi observado aumento do nitrito com o aumento da profundidade. Mesmo padrão na coluna d'água foi constatado para o nitrato durante a operação da primavera de 1998, contudo no outono de 2000 houve uniformidade para a concentração do nutriente em relação a profundidade. Durante as duas operações o silicato se apresentou maior em superfície e em 200 metros, os autores destacam a localidade de Salvador com presença mais evidente do nutriente durante a primavera de 1998. Apesar das concentrações não terem variado muito entre as operações, no outono de 2000 os valores foram ligeiramente menores, sendo por vezes indetectáveis.

Rezende *et al.* (2006) apresentaram seus dados em figuras e tabelas com concentrações de cada nutriente, em cada operação (primavera de 1998 e outono de 2000) nas diferentes profundidades amostradas, sem especificação para cada local, por esse motivo tabelas adaptadas de seus trabalhos não foram inseridas no presente.

O artigo de Andrade *et al.* (2004) também continha dados obtidos por meio do REVIZEE. Nesse caso, não foi possível extrair do estudo dados exclusivamente do estado da Bahia, já que foi apresentado uma média geral da concentração de nutrientes feita a partir dos pontos amostrados na região costeira e oceânica da Bahia, Espírito Santo e Rio de Janeiro, como apresentado na Tabela 15 e Figura 10. De acordo com Andrade *et al.* (2004) por meio dos conhecimentos adquiridos, a área de estudo pode ser dividida na latitude de 19°S ao norte e ao sul, sendo a região norte composta pelo norte do Espírito Santo e estado da Bahia até a cidade de Salvador, aproximadamente em 13° S, onde a entrada de nutrientes está, segundo os autores, relacionada ao aporte fluvial, enquanto que ao sul a fertilização acontece por meio da ressurgência de águas de profundas. Cabe ressaltar que as concentrações médias encontradas são características de águas oligotróficas.

Tabela 15: Concentração média, com desvio padrão, mínima e máxima de nutrientes, em

μM , para a região marinha dos estados da Bahia, Espírito Santo e Rio de Janeiro de acordo com Andrade *et al.* (2014).

	Média \pm Desvio Padrão	Mínimo - Máximo
Fosfato	0,46 \pm 01,45	0,05 - 2,61
Nitrogênio amoniacal	0,05 \pm 0,12	<0,05 - 0,47
Nitrito	0,16 \pm 0,06	0,04 - 0,31
Nitrato	1,15 \pm 1,16	<0,05 - 3,79
Silicato	3,64 \pm 2,51	1 - 10,20

O trabalho de Eça *et al.* (2014) continha 14 pontos amostrais entre as cidades baianas Itacaré e Canavieiras (Figura 10), todos localizados na plataforma continental interna, a menos de 35 metros de profundidade. As coletas ocorreram em março de 2006, agosto de 2006 e março de 2007 em superfície e próximo ao fundo. Os resultados encontrados pelos autores se encontram na Tabela 16. Certos pontos foram ressaltados: o nitrato esteve abaixo do limite de detecção em quase todas as coletas, sendo as exceções o ponto próximo a cidade de Comandatuba, a 4 km da costa, com 1 μM em agosto de 2006 e o ponto localizado próximo à Olivença, a 5,5 km da costa, com valor máximo encontrado (1,83 μM) em março de 2006. O nitrito esteve abaixo do limite de detecção em todas as coletas, as concentrações para nitrogênio amoniacal estiveram maiores nas coletas de março. De acordo com Eça *et al.* (2014) o aporte continental, por meio da drenagem fluvial, aumentou durante março de 2007, sendo capaz de enriquecer um pouco mais águas costeiras, contudo, mesmo com tais insumos a região continuou com características oligotróficas tipicamente esperadas.

Tabela 16: Concentração mínima, máxima, média e desvio padrão, em μM , de nutrientes segundo Eça *et al.* (2014) para a plataforma interna da Bahia, entre os municípios Itacaré e Canavieira.

	Mínimo - Máximo	Média \pm Desvio padrão
Nitrato	ND - 1,83	0,42 \pm 0,42
Nitrogênio Amoniacal	ND - 2,67	0,39 \pm 0,59

Fosfato	ND - 0,6	0,09 ± 0,1
Silicato	ND - 20,9	5,38 ± 3,82

A área de estudo de Ovalle *et al.* (1999) engloba águas costeiras da Bahia e Espírito Santo, para esse capítulo serão apresentados somente os resultados obtidos para o estado da Bahia. As coletadas ocorreram entre dezembro de 1994 e janeiro de 1995, além da isóbata de 10 metros em regiões com presença de rios e manguezais. Cinco pontos amostrais estavam na área costeira da cidade de Canavieiras, de 3 a 27 Km de distância da costa; três pontos da cidade de Cabrália, de 5 a 8 km da costa; e cinco pontos de 8 a 32 Km de distância da cidade de Caravelas, Figura 10. Os resultados encontrados pelos autores se encontram na Tabela 17, segundo o estudo as maiores concentrações estiveram mais próximas à costa e os altos teores de fosfato em Cabrália foram incomuns e bem diferentes das outras regiões.

Tabela 17: Concentrações médias, com desvio padrão, mínimas e máximas de nutrientes em μM , de acordo com Ovalle *et al.* (1999), para a região costeira das cidades Canavieiras, Cabrália e Caravelas, BA.

		Canavieiras	Cabrália	Caravelas
Silicato	Média ± Desvio			
	Padrão	1,1 ± 0,41	1,38 ± 0,78	1,56 ± 0,66
	Mínima - Máxima	0,55 - 2,04	0,76 - 3,01	0,91 - 3,60
Nitrogênio amoniacal	Média ± Desvio			
	Padrão	1 ± 0,3	1 ± 0,5	1,5 ± 0,8
	Mínima - Máxima	0,6 - 1,7	0,6 - 2,3	0,9 - 3,7
Nitrato	Média ± Desvio			
	Padrão	1,2 ± 0,4	0,5 ± 0,4	0,3 ± 0,3
	Mínima - Máxima	0,4 - 1,8	<0,1 - 0,6	<0,1 - 1,3
Fosfato	Média ± Desvio			
	Padrão	0,32 ± 0,19	0,99 ± 0,45	0,39 ± 0,12
	Mínima - Máxima	0,07 - 0,73	0,93 - 2,04	0,22 - 0,51

Bruce *et al.* (2012) analisaram 5 diferentes ambientes recifais, dos quais 2 são externos e protegidos (Parcel dos Abrolhos e Califórnia), pertencendo ao Parque Nacional Marinho de Abrolhos, 2 são costeiros, internos e desprotegidos (Sebastião Gomes e Pedra Leste) e 1 também

costeiro e interno (Timbebas), com proteção legal, porém mal fiscalizado segundo os próprios autores., Figura 10. As amostras foram coletadas em janeiro de 2009 e janeiro de 2010 a cerca de 1 metro de distância vertical das estruturas recifais, em profundidades entre 6 e 10 metros, com exceção do recife Califórnia cuja coleta de água ocorreu a 20 metros. Em janeiro de 2010 não houve coletas nas proximidades do recife Califórnia em consequência das condições do tempo. Os resultados para nutrientes foram retirados do artigo original e se encontram na Tabela 18.

Tabela 18: Concentração média e desvio padrão de nutrientes, em μM , em recifes no estado da Bahia de acordo com Bruce *et al.* (2012).

	SEBASTIÃO GOMES		PEDRA LESTE		TIMBEBAS		PARCEL DOS ABROLHOS		CALIFÓRNIA
	jan/09	jan/10	jan/09	jan/10	jan/09	jan/10	jan/09	jan/10	jan/09
Ortofosfato	0,2 ± 0,02	0,13 ± 0,02	0,1 ± 0,01	0,16 ± 0,01	0,2 ± 0,01	0,13 ± 0,01	0,2 ± 0,02	0,1 ± 0,01	0,2 ± 0
Amônia	1,49 ± 0,66	0,14 ± 0,04	0,09 ± 0,02	0,09 ± 0,04	0,34 ± 0,03	0,11 ± 0,04	0,28 ± 0,06	0,13 ± 0,01	0,35 ± 0,06
Nitrito	0,13 ± 0	0,06 ± 0	0,15 ± 0,01	0,08 ± 0	0,1 ± 0	0,06 ± 0	0,09 ± 0,02	0,09 ± 0	0,07 ± 0
Nitrato	0,72 ± 0,09	0,13 ± 0	1,22 ± 0,11	0,41 ± 0	0,98 ± 0,03	0,86 ± 0	0,2 ± 0,09	0,97 ± 0,04	0,92 ± 0,02
Silicato	2,1 ± 0,06	1,64 ± 0,04	2,14 ± 0,01	0,39 ± 0,01	1,7 ± 0,01	1,66 ± 0	1,05 ± 0,02	1,08 ± 0,01	1,2 ± 0,02

Costa Júnior *et al.* (2006) realizaram amostragem de água em recifes internos próximos à costa (recife de Ponta Grande e Coroa Vermelha) e externos (Recife de Fora), em área protegida a 8 km da costa, Figura 10. As coletas foram realizadas durante 2 anos em períodos secos e chuvosos, a 1 metro da superfície e 1 metro acima do fundo em locais onde a profundidade era superior a 3 metros, em casos contrários a amostragem foi feita em meia profundidade. Os resultados numéricos que puderam ser extraídos do artigo se encontram na Tabela 19, segundo os autores não houve variação sazonal significativa de nutrientes nitrogenados nos recifes internos. Em relação a todos os recifes, tais nutrientes estiveram maiores em amostras coletadas próximas ao fundo.

Tabela 19: Concentrações mínimas e máximas em μM no período seco e chuvoso de nitrito + nitrato e DSi (sílica reativa = ácido silícico dissolvido), em recifes internos (Ponta Grande e Coroa Vermelha) e externo (Recife de Fora) do estado da Bahia, segundo Costa Júnior *et al.* (2006).

Nutrientes	Estatística	RECIFES INTERNOS		RECIFES EXTERNOS	
		Período seco	Período chuvoso	Período seco	Período chuvoso
Nitrito + Nitrato	Mínima	1,74	*	0,41	0,52
	Máxima	*	3,64	0,89	1,16
Dsi	Mínima	7,96	9,05	2,13	2,15
	Máxima	11,05	11,47	3,14	3,88

*Não foi possível extrair o valor do trabalho original.

5.2.2 Sistemas costeiros nordestinos: praias, lagunas e estuários

A região costeira de Maracajaú, Figura 9, Rio Grande do Norte, foi estudada por Feitosa e Bastos (2007) a partir de amostras superficiais coletadas em 3 pontos, durante a baixa-mar da maré de sizígia em período seco (fevereiro e março de 2000) e chuvoso (maio e junho de 2000). O ponto 1 se localizava a 6 km da praia, o 2 no meio do canal de São Roque, entre os pontos 1 e 3, e o terceiro mais próximo à linha de costa. O ponto 1 se encontra onde há presença de parrachos, o que segundo os autores, são formações algais esparsas que permitem a formação de ecossistema característico, o que acarretou na criação de uma Área de Proteção Ambiental em 2001. Foi possível extrair do artigo os valores mínimos e máximos independente do período de coleta (seco ou chuvoso) para cada nutriente, Tabela 20.

Tabela 20: Concentrações máximas e mínimas de nutrientes em μM , independentes do ponto e período de coleta, encontradas por Feitosa e Bastos (2007). P1: Ponto 1; P2: Ponto 2; P3: Ponto 3.

	PERÍODO SECO				PERÍODO CHUVOSO			
	Nitrito	Nitrato	Fosfato	Silicato	Nitrito	Nitrato	Fosfato	Silicato
Mínimo	0 (P2 e	*	0,05	2,38	*	0,04	*	*

	P3)		(P3)	(P2)		(P2)		
Máximo	0,05 (P1)	1,79 (P1)	*	*	*	*	0,20 (P3)	10,98 (P3)

*Não foi possível extrair o valor do trabalho original.

Apesar de não ter sido possível extrair dados numéricos sobre concentração de nutrientes do estudo de Pereira *et al.* (2005), informações importantes acerca do tema são expostas no referido artigo. Os autores estudaram o complexo de praia Casa Caiada – Rio Doce (Figura 9), situada na cidade de Olinda, PE, a partir de campanhas realizadas na estação chuvosa de 1998 e outra na estação seca de 1999, com amostras em áreas abrigadas (litoral do quebra-mares) e abertas (em direção ao mar dos quebra-mares) durante marés de sizíguas. Segundo os autores houve variação sazonal significativa para a concentração de nutrientes, devido não só às taxas de precipitação e insolação, mas também à existência dos quebra-mares que prejudicam a renovação de águas. Com exceção do nitrito, todos os nutrientes apresentaram concentrações máximas no período chuvoso.

Ferreira *et al.* (2010) estudaram 3 praias arenosas do litoral de Pernambuco: Brasília Formosa, Boa Viagem e Piedade, Figura 9. As coletas foram feitas na zona de arrebenção em período chuvoso (maio, junho e julho de 2005) e seco (novembro, dezembro de 2005 e janeiro de 2006), em um ponto amostral de cada praia na baixa-mar e preamar do mesmo dia. Os autores observaram pouca variação em relação a concentração de nutrientes entre as praias, mas a variação sazonal foi perceptível, com maiores teores ocorrendo em períodos chuvosos. De acordo com o estudo os nutrientes nitrogenados (nitrito e nitrato juntos) tiveram concentração mínima de 0,14 μM (período seco) e máxima de 22,09 μM (período chuvoso).

A Praia de Porto de Galinhas, localizada em Ipojuca, PE, foi estudada por Machado *et al.* (2017), Figura 9. Amostras de água foram coletadas em 4 pontos fixos (2 entre o recife e a praia, 2 entre o recife o mar aberto) durante 4 meses da estação seca e chuvosa do ano de 2010 e 2011, na maré baixa e alta da sizígia. As concentrações dos nutrientes encontradas foram extraídas do artigo e constam na Tabela 21.

Tabela 21: Concentrações mínimas, máximas e médias, com desvio padrão, em μM encontradas por Machado *et al.* (2017) na Praia de Porto de Galinhas.

PERÍODO SECO	PERÍODO CHUVOSO
--------------	-----------------

Nutrientes	Mínimo	Máximo	Média e Desvio	Mínimo	Máximo	Média e
			Padrão			Desvio Padrão
NID	0,42	5,23	2,20 ± 1,33	0,12	3,05	1,26 ± 0,69
Fosfato	0,01	0,35	0,18 ± 0,09	0,04	0,99	0,23 ± 0,16
Silicato	0	39,2	8,44 ± 2,70	2,7	30,6	11,07 ± 7,69

Jales *et al.* (2012) realizaram estudo na Praia de Serrambi, também localizada em Ipojuca-PE, Figura 9. As coletas de água foram feitas em três pontos amostrais em superfície, no período seco e chuvoso do ano de 2008, em maré de sizígia. Segundo os autores, pode-se dizer que não houve variação espacial e entre marés evidentes, mas houve variação sazonal, com todas as concentrações máximas encontradas no período chuvoso, Tabela 22.

Tabela 22: Concentração mínima e máxima em μM encontradas por Jales *et al.* (2012) na Praia de Serrambi. ND: Não Detectável.

Nutriente	Mínimo	Máximo
Nitrato	0,13	2,1
Amônia	ND	0,39
Nitrito	ND	0,13
Fosfato	ND	0,15
Silicato	1,99	13,31

Cutrim *et al.* (2019) estudaram a Lagoa Jansen, localizada no estado do Maranhão, Figura 9, que recebe águas do mar por meio de um canal com 115 metros de comprimento e 3 metros de profundidade. As amostras foram coletadas bimestralmente entre novembro de 2011 a setembro de 2012 em cinco pontos amostrais distribuídos nas margens da lagoa. Os resultados das concentrações de nutrientes foram divididos em estação seca (julho a dezembro) e chuvosa (janeiro a junho) e estão apresentados na Tabela 23.

Tabela 23: Valores médios e seus desvios padrões dos nutrientes de acordo com Cutrim *et al.* (2019) em μM .

Estação	NID	Nitrogênio Amoniacal	Nitrito	Nitrato	PID	Silicato
Seca	32.67 \pm		0.20 \pm	23.22 \pm	0.73 \pm	46 \pm
	31.49	7.80 \pm 3.42	0.06	30.51	0.59	32,92
Chuvosa	27.57 \pm		0.87 \pm	17.90 \pm	1.76 \pm	41,16 \pm
	23.39	7.65 \pm 2.72	0.95	22.39	1.43	26,27

O complexo estuarino-lagunar Mundaú/Manguaba, localizado no estado de Alagoas (Figura 9), foi estudado por Melo-Magalhães *et al.* (2004) com a realização de coletas em 3 estações amostrais (1 e 2 são mais próximas ao mar) nos canais do complexo, durante todo o ciclo de maré (de 3 em 3 horas) em um período seco de 1997 e chuvoso de 1998. No trabalho original dos autores há dados para baixa-mar, enchente, preamar e vazante em cada estação, porém no intuito de simplificar a exposição de informações, na Tabela 24 somente será apresentado a média encontrada em cada estação durante o período seco e chuvoso, independente do regime de maré.

Tabela 24: Concentração média dos nutrientes em μM , com desvio padrão (DP), e a mediana de acordo com Melo-Magalhães *et al.* (2004) para o complexo estuarino-lagunar Mundaú/Manguaba.

Estação	Período amostrado	Parâmetros	Nitrito	Nitrato	Fosfato	Silicato
1	Seco	Média \pm DP	0,202	\pm 15,19	\pm 0,297	\pm 68,27
			0,029	0,649	0,053	40,08
		Mediana	0,19	15,275	0,295	62,43
	Chuvoso	Média \pm DP	0,31	\pm 1,595	\pm 1,225	\pm 46,7
			0,1444	0,232	0,84	18,208
		Mediana	0,315	1,58	1,185	52,315
2	Seco	Média \pm DP	0,205	\pm 15,68	\pm 0,44	\pm 65,74
			0,022	0,38	0,063	16,311
		Mediana	0,2	15,69	0,445	65,915

3	Chuvoso	Média ± DP	0,245	± 1,38	± 0,705	± 70,047	±
			0,033	0,187	0,702	48,235	
		Mediana	0,26	1,32	0,465	61,475	
	Seco	Média ± DP	0,24	± 14,497	± 2,392	± 179,44	±
			0,071	0,26	0,3966	15,998	
		Mediana	0,25	14,55	2,22	185,02	
Chuvoso	Média ± DP	0,215	± 0,982	± 2,732	± 238,515	±	
		0,045	0,098	0,369	80,97		
	Mediana	0,2	0,935	2,79	197,135		

Melo *et al.* (2020) coletaram amostras de águas subsuperficiais ao longo do canal estuarino do rio São Francisco, Alagoas (Figura 9). As campanhas ocorreram no verão, período seco, e no inverno, período chuvoso do ano de 2014 durante maré de sizígia. Os resultados para a concentração de nutrientes ao longo de todo o canal e em um ponto de ancoragem estão na Tabela 25.

Tabela 25: Concentração, máxima (máx), mínima (mín) e média, com Desvios Padrões (DP) dos nutrientes em μM de acordo com Melo *et al.* (2020) para o estuário do rio São Francisco, em Alagoas.

		Estação de ancoragem			Estação canal principal		
Período amostrado	Nutriente	Máx	Mín	Média ± DV	Máx	Mín	Média ± DV
Verão - Estiagem	Silicato	0,08	0,04	0,07 ± 0,01	0,08	0,05	0,06 ± 0,01
	Fosfato	0,08	0,00	0,01 ± 0,02	0,01	0,00	0,01 ± 0,01
	Amônia	1,73	0,01	0,79 ± 0,51	1,98	0,25	0,71 ± 0,56
	Nitrito	0,01	0,00	0 ± 0	0,01	0,00	0 ± 0
	Nitrato	2,48	0,00	0,27 ± 0,50	0,06	0,00	0,03 ± 0,02
Inverno - Chuvoso	Silicato	0,07	0,05	0,06 ± 0,01	0,07	0,06	0,07 ± 0
	Fosfato	0,08	0,01	0,04 ± 0,02	0,06	0,03	0,05 ± 0,01
	Amônia	3,27	0,30	1,02 ± 0,69	1,24	0,25	0,55 ± 0,29
	Nitrito	0,04	0,04	0,04 ± 0	0,04	0,04	0,04 ± 0
	Nitrato	1,41	0,59	1,04 ± 0,23	1,21	0,95	1,09 ± 0,09

Rodrigues e Cutrim (2010) estudaram, a partir de amostras superficiais no estófo da preamar, 3 diferentes ambientes estuarinos maranhenses (Ponto 1, 2 e 3) de maio de 2005 a abril de 2006, abrangendo período seco e chuvoso. O ponto 1 está localizado na Baía de São José, caracterizado como médio estuário com salinidades variando de 5 a 25. O ponto 2 está nas Reentrâncias Maranhenses, em salinidades de 25 a 35. O ponto 3 está situado na Baía de São Marcos, cuja salinidade varia de 11 a 31. Tais baías circundam a ilha onde está situada a capital do Maranhão, São Luís, Figura 9. Os resultados encontrados pelos autores se encontram na tabela 26.

Tabela 26: Concentração média de nutrientes encontradas por Rodrigues e Cutrim (2010) em μM nos diferentes pontos amostrais, na estação chuvosa e seca e a média geral.

Nutrientes	Pontos de coleta			Período		Média geral
	1	2	3	Chuvoso	Seco	
Nitrato	6,33	2,76	20,22	10,47	9,07	9,77
Fosfato	0,66	0,4	1,3	0,86	0,76	0,79
Silicato	17,42	12,58	47,29	29,06	22,46	25,76

Azevedo *et al.* (2008) estudaram águas estuarinas do Golfão Maranhense, Figura 9, com amostras superficiais coletadas em 4 diferentes pontos (P1 a P4) na maré de sizígia durante a vazante entre maio de 2002 e março de 2003. Os pontos de 1 a 3 estavam na baía de São Marcos e o ponto 4 na baía de São José. Foi possível extrair do artigo os valores mínimos e máximos para cada nutriente dentre todos os pontos e diferentes períodos de amostragem (Tabela 27).

Tabela 27: Concentração mínima e máxima de nutrientes, em μM , independentes do ponto amostral e período de coleta de acordo com Azevedo *et al.* (2008) para o Golfão Maranhense.

	Amônia	Nitrito	Nitrato	Fosfato
Mínimo	0,02 (P1 em jan/03)	0,01 (P1 em nov/02)	0,24 (P1 em nov/02)	0,13 (P4 em mar/03)
Máximo	26,45 (P2 em mar/03)	0,25 (P3 em nov/02)	3,53 (P3 em nov/02)	0,58 (P3 em mai/02)

Com pontos somente na Baía de São José (MA), Figura 9, Cavalcanti *et al.* (2020) coletou, no estuário do rio Paciência, amostras durante período chuvoso, de transição e de

estiagem no estuário do rio Paciência. O estuário foi dividido em zonas: de marés do rio, de mistura e costeira, Tabela 28.

Tabela 28: Concentração média e desvio padrão de nutrientes encontradas por Cavalcanti *et al.* (2020) em μM nas diferentes zonas, em período chuvoso, de transição e de estiagem.

		Nitrito	Nitrato	Amônia	NID	PID	Silicato
Zonas estuarinas	De marés dos rios	1,14±0,61	21,24±6,6	24,43±31,08	46,81±33,83	0,45±0,54	2,92±1,27
	De mistura	1,06±0,54	17,51±6,05	13,93±5,72	32,49±8,91	0,43±0,30	3,57±1,36
	Costeira	0,2 ±0,33	7,43±6,69	11,19±4,53	18,89±8,47	0,37±0,25	1,99±1,05
Período sazonal	Chuvoso	0,80±0,31	20,91±3,16	9,54±2,28	31,25±3,65	0,26±0,25	2,47±1,23
	Transição	0,81± 0,79	12,54±8,23	23,99±23,57	37,35±29,97	0,53±0,40	3,61±0,95
	Estiagem	0,35±0,53	5,37±5,64	10,72±4,21	16,44±8,29	0,32±0,37	1,76±1,08

Parte do complexo estuarino de Itamaracá (Figura 9), litoral norte de Pernambuco, foi estudada por Figueiredo *et al.* (2006) com análises de água coletadas na Barra Orange, localizada ao sul da ilha de Itamaracá, e na Barra de Catuama, ao norte, em agosto de 2001 durante marés de sizígia e quadratura, em intervalos de 3 horas, completando um ciclo de 24 horas, em superfície e fundo. Os valores mínimos e máximos foram extraídos do texto do artigo em questão e se encontram na Tabela 29. Apesar do pico de fosfato estar ligeiramente menor na Barra Orange, os autores destacam que esse local apresentou comparativamente maiores concentrações para esse nutriente. Cabe ressaltar ainda que os maiores valores de silicato estiveram em superfície.

Tabela 29: Concentrações mínimas e máximas encontradas por Figueiredo *et al.* (2006) em μM , independentes do ponto amostral e ciclo de maré. ND: Não detectável.

		Barra de Catuama	Barra Orange
Amônia	Mínimo	ND	ND
	Máximo	0,2	0,37
Nitrito	Mínimo	ND	ND
	Máximo	0,24	0,29
Nitrato	Mínimo	0,03	0,03
	Máximo	1,57	5,64
Fosfato	Mínimo	ND	ND
	Máximo	0,3	0,28
Silicato	Mínimo	*	*
	Máximo	55,4	30,3

*Não foi possível extrair o valor do trabalho original.

No artigo de Montes *et al.* (2002) há semelhante metodologia e mesma área de estudo das descritas para Figueiredo *et al.* (2006), porém Montes *et al.* (2002) coletaram, durante um ciclo nictemeral, amostras durante período seco e chuvoso em superfície, camada intermediária e fundo. Foi possível retirar do artigo as concentrações máximas encontradas pelos autores em cada local amostrado, Tabela 30. Segundo Montes *et al.* (2002) os nutrientes nitrogenados se mostraram limitantes, enquanto que o silicato não teve essa característica em nenhum momento.

Tabela 30: Concentração máxima em μM para cada nutriente em seu respectivo período de amostragem encontrada por Montes *et al.* (2002) na Barra de Catuama e Barra Orange, PE.

Concentrações máximas (período amostrado)		
Nutrientes	Barra de Catuama	Barra Orange
Amônia	3,93 (seco)	6,83 (seco)
Nitrito	*	1,27 (seco)
Nitrato	3,98 (chuvoso)	6,73 (chuvoso)
Fosfato	3,94 (seco)	6,87 (seco)
Silicato	47,5 (seco)	99,98 (seco)

*Não foi possível extrair o valor do trabalho original.

Ainda em área da Ilha de Itamaracá, PE (Figura 9), Otsuka *et al.* (2013) estudou parte do estuário do rio Botafogo, que deságua no Canal de Santa Cruz, o qual contorna a ilha mencionada. Três pontos foram amostrados durante abril de 2007 a março de 2008, abrangendo períodos secos e chuvosos, na baixa-mar e preamar da maré de sizígia de um único dia de cada mês. Segundo os autores a concentração de nutrientes se mostrou baixa, havendo significativa variação sazonal e entre marés para nitrito, nitrato e fosfato; enquanto que a variação para o silicato esteve entre as marés e para amônia entre os períodos de estiagem e chuva (Tabela 31).

Tabela 31: Concentração média e Desvio Padrão (DP) de nutrientes em μM , de acordo com Otsuka *et al.* (2013), em período seco e chuvoso.

Nutrientes	PERÍODO SECO			PERÍODO CHUVOSO		
	Média \pm DP	Mínima	Máxima	Média \pm DP	Mínima	Máxima
Nitrito	0,07 \pm 0,08	0	0,28	0,16 \pm 0,17	0	0,67
Nitrato	2,85 \pm 3,53	0,22	14,7	6,01 \pm 8,44	0,12	34,94
Amônia	0,02 \pm 0,03	0	0,17	0,24 \pm 0,58	0	2,89
Fosfato	0,7 \pm 0,26	0,22	1,38	0,32 \pm 0,37	0	1,74
Silicato	45,96 \pm 47,3	4,26	221,12	60,6 \pm 45,78	3,1	178,07

O estuário de Barra das Jangadas, PE (Figura 9), foi estudado por Branco *et al.* (2002) a partir de coletas superficiais mensais realizadas entre março de 1999 e fevereiro de 2000, em

4 pontos fixos durante a preamar e a baixa-mar. Foi possível retirar do trabalho as concentrações mínimas e máximas de nutrientes independentes do mês de coleta e ponto amostral, Tabela 32; cabe ressaltar que todos os valores mínimos foram encontrados em momentos de preamar, e dentre os meses citados na Tabela 32, somente julho de 1999 apresentou maior pluviosidade, os demais correspondem a períodos de estiagem.

Tabela 32: Concentrações mínimas e máximas de nutrientes, em μM , encontradas por Branco *et al.* (2002) no estuário Barra das Jangadas, PE, e seus meses correspondentes. ND: Não Detectável.

Nutrientes	Concentração		Mês de coleta	
	Mínimo	Máximo	Mínimo	Máximo
Fosfato	0,25	5,8	out/99	mar/99
Silicato	6,68	92,94	fev/00	fev/00
Nitrato	0,36	18,66	out/99	jul/99
Nitrito	ND	3,93	out/99	dez/99

O sistema estuarino de Barra das Jangadas também foi estudado por Noriega *et al.* (2005a), onde 15 pontos foram amostrados em outubro de 2002, período tipicamente de baixa pluviosidade, durante a baixa-mar de um dia de maré de sizígia (Figura 9). No presente trabalho, com intuito de sintetizar as informações apresentadas, foi feita uma média entre as concentrações de nutrientes encontradas em estações interpretadas como externas (maior influência marinha), intermediárias e internas (maior influência fluvial) por Noriega *et al.* (2005a), Tabela 33. Noriega *et al.* (2005b) fizeram estudo em área de confluência dos rios Pirapama e Jaboatão, constituintes do sistema estuarino de Barra das Jangadas, durante período chuvoso de 2003, com amostras coletadas também durante um dia na maré de sizígia. Segundo esses autores, altas concentrações de nutrientes foram encontradas durante a baixa-mar e enchente, havendo redução dos valores à medida que se alcançava a preamar (Tabela 34).

Tabela 33: Concentração média, desvio padrão e mediana da concentração de nutrientes, em μM , nas estações externas, intermediárias e internas do sistema estuarino de Barra das Jangadas, PE, calculados a partir de dados do trabalho de Noriega *et al.* (2005a). DP: Desvio Padrão.

Nutrientes	Parâmetros	Estações	Estações	Estações
		externas	intermediárias	internas
Nitrito	Média \pm DP	0,692 \pm 0,2	1,664 \pm 0,674	3,242 \pm 0,193
	Mediana	0,66	1,39	3,31
Nitrato	Média \pm DP	3,12 \pm 1,356	10,264 \pm 2,141	13,474 \pm 1,337
	Mediana	2,94	9,71	12,87
Fosfato	Média \pm DP	0,042 \pm 0,028	0,642 \pm 0,532	1,794 \pm 0,2
	Mediana	0,05	0,67	1,75
Silicato	Média \pm DP	51,77 \pm 6,86	70,442 \pm 13,81	101,804 \pm 29,153
	Mediana	54,49	63,82	91,42
Amônia	Média \pm DP	0,726 \pm 0,033	0,946 \pm 0,307	1,826 \pm 0,195
	Mediana	0,71	0,95	1,77

Tabela 34: Concentração média de nutrientes, desvio padrão (DP), máxima e mínima em μM na confluência dos rios Pirapama e Jaboatão, no sistema estuarino da Barra das Jangadas, PE, segundo Noriega *et al.* (2005b).

Nutrientes	Média \pm DP	Máxima	Mínima
Amônia	12,09 \pm 6,37	21,418	0,306
Nitrito	0,72 \pm 0,23	1,14	0,206
Nitrato	4,46 \pm 0,89	6,32	2,16
Fosfato	0,96 \pm 0,35	1,84	0,44
Silicato	82,64 \pm 29,09	129,24	22,91

O trabalho de Bastos *et al.* (2011) abrange a área costeira e estuarina do Rio Maracaípe ao sul de Pernambuco, Figura 9. As coletas foram realizadas superficialmente em seis pontos

fixos, durante a baixa-mar e preamar em maré de sizígia de um mesmo dia, em período seco e chuvoso do ano de 2006. Os valores mínimos e máximos gerais, independentes do ponto amostral e regime de maré, foram expostos pelos autores e estão na Tabela 35, bem como a média e o desvio padrão para cada nutriente. Fosfato e silicato tiveram uma variação sazonal mais nítida quando comparada à variação espacial. O nitrato não variou consideravelmente entre os períodos de estiagem e chuvoso e sim entre os pontos amostrais. Apesar de o nitrito variar sazonalmente, houve também grande variação espacial.

Tabela 35: Valores mínimos, máximos e médios, com desvio padrão, em μM encontrados por Bastos *et al.* (2011), na área costeira e estuarina do rio Maracaípe, PE.

Nutrientes	PERÍODO SECO			PERÍODO CHUVOSO		
	Mínimo	Máximo	Média \pm Desvio Padrão	Mínimo	Máximo	Média \pm Desvio Padrão
Nitrito	0	0,17	0,03 \pm 0,03	0	0,14	0,06 \pm 0,05
Nitrato	0	3,29	0,82 \pm 0,8	0,15	2,75	1,29 \pm 0,63
Fosfato	0	0,15	0,06 \pm 0,04	0,04	0,22	0,13 \pm 0,04
Silicato	11,71	59,79	28,99 \pm 13,33	12,84	92,26	38,19 \pm 23,96

Da Silva *et al.* (2009) realizaram estudo no estuário do Rio Formoso, PE (Figura 9), com coletas de superfície em período chuvoso (maio a julho de 2002) e seco (outubro a dezembro de 2002), em três pontos fixos, durante um único dia de maré de sizígia, na baixa-mar e preamar. O ponto 1 está localizado à montante do estuário, o 2 no ponto de confluência entre os rios Formoso e Passos e o 3 na foz do estuário (Tabela 36).

Tabela 36: Concentração média e desvio padrão de nutrientes em μM nos pontos amostrais em distintos períodos de coletas e marés. E média geral de cada nutriente para período chuvoso e seco. Informações adaptadas de Da Silva *et al.* (2009) para o estuário do Rio Formoso.

Período de coleta	Ponto amostral	Maré	Nitrito	Nitrato	Silicato	Fosfato	
Período chuvoso	Ponto 1	Baixa-mar	$0,29 \pm 0,05$	$1,25 \pm 1,03$	$36,99 \pm 2,24$	$0,23 \pm 0,01$	
		Preamar	$0,3 \pm 0,13$	$2,41 \pm 0,92$	$36,31 \pm 12,45$	$0,14 \pm 0,07$	
	Ponto 2	Baixa-mar	$0,31 \pm 0,08$	$3,48 \pm 2,02$	$39,42 \pm 5,35$	$0,19 \pm 0,03$	
		Preamar	$0,073 \pm 0,06$	$1,37 \pm 0,48$	$21,9 \pm 2,76$	$0,17 \pm 0,03$	
	Ponto 3	Baixa-mar	$0,24 \pm 0,13$	$2,32 \pm 0,85$	$42,4 \pm 7,54$	$0,16 \pm 0,02$	
		Preamar	$0,09 \pm 0,06$	$1,37 \pm 1,17$	$21,3 \pm 7,88$	$0,19 \pm 0,01$	
	Média Geral			$0,22 \pm 0,01$	$2,03 \pm 0,8$	$33,05 \pm 8,33$	$0,18 \pm 0,03$
	Período seco	Ponto 1	Baixa-mar	$0,07 \pm 0,06$	$0,37 \pm 0,29$	$39,54 \pm 15,4$	$0,47 \pm 0,26$
			Preamar	$0,04 \pm 0,01$	$0,21 \pm 0,19$	$26,43 \pm 6,29$	$0,08 \pm 0,05$
		Ponto 2	Baixa-mar	$0,12 \pm 0,08$	$0,34 \pm 0,24$	$35,11 \pm 14,13$	$0,13 \pm 0,04$
Preamar			$0,02 \pm 0,02$	$0,29 \pm 0,21$	$17,01 \pm 6,98$	$0,05 \pm 0,05$	
Ponto 3		Baixa-mar	$0,07 \pm 0,05$	$0,23 \pm 0,16$	$58,35 \pm 18,39$	$0,15 \pm 0,12$	
		Preamar	$0,08 \pm 0,09$	$0,11 \pm 0,14$	$20,31 \pm 6,13$	$0,19 \pm 0,09$	
Média Geral			$0,07 \pm 0,03$	$0,26 \pm 0,09$	$32,79 \pm 13,84$	$0,18 \pm 0,14$	

Ainda em relação ao complexo estuarino do Rio Formoso, Figura 9, há o estudo de Grego *et al.* (2009) que aborda o estuário do Rio Ariquindá pertencente a tal complexo. Para a realização do trabalho houve coletas superficiais mensais de agosto de 2005 a julho de 2006, em três pontos fixos (P1: jusante, P2: porção intermediária e P3: montante), durante a baixa-mar (BM) e preamar (PM) de marés de sizígia de um único dia. Os valores mínimos e máximos para cada nutriente, independentes do ponto e período amostral, foram extraídos no artigo e se encontram na Tabela 37.

Tabela 37: Concentrações mínimas e máximas de nutriente em μM no estuário do rio Ariquindá, segundo Grego *et al.* (2009), e seus períodos e pontos amostrais referentes. ND: Não Detectável.

Nitrito		Nitrato		Fosfato		Silicato	
Mínimo	Máximo	Mínimo	Máximo	Mínimo	Máximo	Mínimo	Máximo
	0,13		2,32	0,03	1,33	6,05	106,02
ND	(P1, chuvoso)	ND	(P1, chuvoso)	(P1, chuvoso; P3 seco)	(P1, seco)	(P1, seco)	(P2, chuvoso)

Cordeiro *et al.* (2014) realizaram coletas superficiais em águas do Porto do Recife, PE (Figura 9), durante a baixa-mar em 4 pontos fixos durante período seco (novembro de 2010, fevereiro e setembro de 2011) e chuvoso (março, maio e julho de 2011), Tabela 38. De Melo *et al.* (2013) também estudaram águas adjacentes ao porto (Figura 9), com pontos amostrais semelhantes e coletas realizadas em superfície e fundo, bimestralmente entre maio de 2010 e setembro de 2011, abrangendo período chuvoso e de estiagem. Foi possível extrair desse artigo os valores mínimos e máximos em cada ponto amostral, independente do período de amostragem, e realizar uma média geral, Tabela 39. No estudo de De Melo *et al.* (2013) todos os valores mínimos foram encontrados no período seco, já os valores máximos foram encontrados em período chuvoso para quase todos os nutrientes, sendo a exceção a concentração máxima de fosfato que ocorreu em novembro de 2010, período seco.

No trabalho de Guenther *et al.* (2015) a estações de amostragem eram semelhantes aos dois últimos artigos mencionados, com a diferença de estarem mais próximos a costa e na parte interna do Porto do Recife, Figura 9. As coletas foram feitas em janeiro, abril, julho e outubro de 2008 em três pontos, durante marés vazantes e cheias diurnas. Houve variações evidentes da concentração de nutrientes (nitrogênio amoniacal, nitrito, fosfato e silicato) entre marés, estações e meses. Na Tabela 40 é apresentada uma adaptação aos valores de concentração de nutrientes apresentados pelos autores em $\mu\text{g/L}$ e aqui apresentados em μM .

Tabela 38: Concentração mínima, máxima, média e seu desvio padrão de cada nutriente, em

μM , encontrada por Cordeiro *et al.* (2014) em período seco e chuvoso.

Nutrientes	PERÍODO SECO			PERÍODO CHUVOSO		
	Mínimo	Máximo	Média \pm Desvio	Mínimo	Máximo	Média \pm Desvio
			Padrão			Padrão
Amônia	0	8,97	1,95 \pm 2,70	0	8,17	2,39 \pm 2,16
Nitrato	0	0,98	0,32 \pm 0,33	0,13	4,47	1,58 \pm 1,22
Nitrito	0	3,16	1,39 \pm 0,93	1,7	15,82	8,16 \pm 5,33
Fosfato	0,1	6,36	1,73 \pm 1,94	0,23	3,61	1,55 \pm 0,9
Silicato	1	41,49	14,24 \pm 12,08	2,5	113,6	46,45 \pm 33,8

Tabela 39: Concentrações mínimas e máximas, em μM , encontradas por De Melo *et al.* (2013) em cada ponto amostral, independente do período (chuvoso ou seco) e profundidade (superfície ou fundo) de coleta, e a concentração média mínima, máxima, e entre as duas últimas.

Nutrientes	Ponto 1		Ponto 2		Ponto 3		Ponto 4		Média		
	Mín.	Máx.	Mín.	Máx.	Mín.	Máx.	Mín.	Máx.	Mín.	Máx.	Geral
Nitrito	0	2,28	0	2,73	0	2,33	0	0,85	0	2,047	1,024
Nitrato	0,3	6,77	0,31	15,82	0,36	14,61	0	9,02	0,24	11,55	5,9
Fosfato	0,07	1,02	0,1	6,36	0,23	3,17	0,06	1,2	0,115	2,94	1,53
Silicato	1	61,78	1,8	88,6	2	61,82	1,2	51,39	1,5	65,9	33,7

Tabela 40: Valores adaptados da concentração de nutrientes (média e desvio padrão) encontrados por Guenther *et al.* (2015) em μM em cada mês de amostragem.

Nutrientes	Janeiro	Abril	Julho	Outubro
Nitrogênio	2,156 \pm	3,913 \pm	2,079 \pm	1,232 \pm
Amoniacal	1,778	2,254	0,714	0,38
Nitrito	3,64 \pm	4,522 \pm	4,606 \pm	3,297 \pm
	1,757	1,148	1,358	2,275
Fosfato	14,14 \pm	13,93 \pm	6,755 \pm	4,074 \pm
	12,11	9,31	2,436	1,841

	25,27 ±	58,45 ±	52,08 ±	11,9 ±
Silicato	23,88	17,85	18,06	2,772

A área estuarina interna ao Porto do Recife, Figura 9, foi estudada por Nascimento *et al.* (2003) com coletas de água durante período chuvoso do ano 2000. As amostras foram feitas em 14 estações, na baixa-mar, situadas na Bacia do Pina, PE, local com considerável influência marinha. No trabalho original as concentrações dos nutrientes são expostas para cada estação, aqui se fez uma média entre pontos interpretados como externos (maior influência marinha), intermediários e internos (maior influência fluvial) do estuário como forma de sintetizar as informações, Tabela 41.

Tabela 41: Concentrações médias, com desvio padrão (DP), e medianas em μM dos nutrientes em locais da Bacia do Pina, PE, calculadas com informações contidas no artigo de Nascimento *et al.* (2003).

Nutriente	Parâmetro	Estações externas	Estações intermediárias	Estações internas
Nitrito	Média ±			
	DP	3,94 ± 0,328	2,577 ± 0,245	2,38 ± 0,769
	Mediana	4,04	2,485	2,7
Nitrato	Média ±			
	DP	21,764 ± 5,105	10,442 ± 1,895	12,196 ± 10,198
	Mediana	19,64	10,59	10,62
Fosfato	Média ±			
	DP	3,394 ± 0,381	5,11 ± 0,154	4,836 ± 1,181
	Mediana	3,39	5,085	4,13
Silicato	Média ±	182,094 ±		367,63 ±
	DP	21,528	183,777 ± 26,057	132,775
	Mediana	172,86	171,52	476,04
Amônia	Média ±			
	DP	9,194 ± 1,051	10,075 ± 2,739	11,1 ± 4,081
	Mediana	8,7	10,215	10,99

O porto de Suape (Figura 9), localizado na região sul de Pernambuco, foi estudada por Cordeiro *et al.* (2018) e Da Silva *et al.* (2019). O primeiro autor realizou campanhas de amostragem em período seco (novembro de 2015, janeiro e abril de 2016) e em período chuvoso (julho de 2015, julho e agosto de 2016), para coletas em 4 pontos fixos na maré alta e baixa, na parte interna do porto. O segundo também fez coletas em período seco (novembro de 2015, janeiro de 2016 e janeiro de 2017) e chuvoso (abril, julho e agosto de 2016), em 4 pontos internos (os mesmos de Cordeiro *et al.*, 2019) e 3 externos ao porto durante maré de sizígia, Tabela 42.

Tabela 42: Concentração mínima, máxima e mediana de nutrientes em μM encontradas por Cordeiro *et al.* (2018) e Silva *et al.* (2019) em período seco e chuvoso.

Autores	Nutrientes	PERÍODO CHUVOSO			PERÍODO SECO		
		Mínimo	Máximo	Mediana	Mínimo	Máximo	Mediana
Cordeiro <i>et al.</i> (2018)	Nitrito	0,01	0,28	0,05	0,01	1,34	N.D.
	Nitrato	0,01	4,47	1,65	0,01	2,03	0,63
	Amônia	0,01	0,62	0,09	0,01	0,8	0,13
	Fosfato	0,02	0,44	0,12	0,04	0,23	0,11
	Silicato	5,1	51,72	10,79	0,56	14,2	5
Da Silva <i>et al.</i> (2019)	Nitrito	0,01	0,14	0,07	0,01	0,06	0,01
	Nitrato	0,01	2,4	0,8	0,01	4,40	0,38
	Amônia	0,01	0,28	0,06	0,01	0,84	0,14
	Fosfato	0,04	0,35	0,11	0,06	0,34	0,14
	Silicato	3,6	24,2	8,35	1,90	16,3	6,3

N.D.: Não Detectado.

De Souza *et al.* (2009) investigaram o estuário do Rio Cachoeira, Ilhéus – BA (Figura 10), antes e depois do funcionamento de uma Estação de Tratamento de Esgoto (ETE). As amostras ao longo do eixo principal do estuário foram coletadas em fevereiro e setembro de 2000, e em maio e agosto de 2001, nas profundidades de subsuperfície, metade da coluna d'água e a 1 metro de distância do fundo. Os dados de Silicato, Fósforo e Nitrogênio Inorgânico Dissolvido (PID e NID) para os locais identificados como área costeira, estuário externo (menor influência fluvial) e estuário interno (maior influência fluvial) foram retirados do artigo e se encontram na Tabela 43. Segundo os autores, houve significativa diferença de concentração

entre os anos de amostragem.

Tabela 43: Concentração média, desvio padrão (DP), mínima e máxima de Fósforo Inorgânico Dissolvido (PID), Nitrogênio Inorgânico Dissolvido (NID) e silicato (não mensurado em fevereiro/00), em μM , de acordo com De Souza *et al.* (2009) para o estuário do rio Cachoeira, localizado no estado da Bahia. Costeiro: Área Costeira. E. Externo: Estuário Externo. E. Interno: Estuário Interno. ND: Não Detectado.

Mês de amostragem	Ambiente	PID		NID		Silicato	
		Med \pm DP	Mín - Máx	Med \pm DP	Mín - Máx	Med \pm DP	Mín - Máx
fev/00	Costeiro	0,02 \pm 0,02	0,01 - 0,04	4,81 \pm 7,25	ND - 15,8	-	-
	E. Externo	0,06 \pm 0,05	0,01 - 0,15	17,8 \pm 15,5	1,06 - 50,3	-	-
	E. Interno	0,06 \pm 0,04	0,04 - 0,09	31,5 \pm 3,60	29 - 34,1	-	-
set/00	Costeiro	0,88 \pm 0,04	0,82 - 0,91	4,57 \pm 1,15	3,12 - 6,20	0,28 \pm 0,24	0,09 - 0,56
	E. Externo	1 \pm 0,07	0,87 - 1,1	3,54 \pm 0,26	3,18 - 3,82	0,96 \pm 0,73	0,02 - 1,93
	E. Interno	3,50 \pm 1,77	1,64 - 5,16	44,4 \pm 34,4	7,44 - 75,5	33,7 \pm 18,8	12 - 45,3
mai/01	Costeiro	0,40 \pm 0,09	0,33 - 0,46	1,86 \pm 0,06	1,82 - 1,90	2,15	-
	E. Externo	0,69 \pm 0,29	0,37 - 1,15	6,73 \pm 10,2	0,72 - 31,28	1,65 \pm 1,43	0,15 - 4,07
	E. Interno	1,48 \pm 0,16	1,37 - 1,59	7,08 \pm 1,68	5,89 - 8,26	6,67 \pm 0,81	6,1 - 7,24
ago/01	Costeiro	1,26 \pm 0,47	0,67 - 1,93	4,70 \pm 4,74	1,01 - 12,94	1,76 \pm 2,78	ND - 6,65
	E. Externo	1,52 \pm 0,7	0,72 - 2,46	3,13 \pm 2,02	0,40 - 6,14	1,19 \pm 2,11	ND - 6,66

E. Interno	1,20 ±	0,89 -	1,49 ±	0,63 -	0,42 ±	ND -
	0,43	1,50	1,21	2,34	0,59	0,84

No intuito de avaliar a eficácia da ETE no controle da eutrofização do estuário referido anteriormente, Silva *et al.* (2013) fizeram coletas de água em novembro e dezembro de 2003 (período seco), janeiro e fevereiro de 2004 (período de transição) e março de 2004 (pico do período chuvoso) em dez pontos do estuário do rio Cachoeira, na superfície, meia profundidade e fundo, Figura 10.

Segundo os autores, o nitrogênio amoniacal variou de 35 μM a 50 μM durante o período seco e de transição, alcançando o máximo de 21 μM no período chuvoso. Durante todo o período estudado o nitrito teve concentração máxima de 3,5 μM com maiores valores em mês seco e chuvoso, durante o período de transição o nutriente esteve indetectável. O nitrato esteve em altas concentrações em período seco, em pontos de estuário interno (maior influência fluvial), atingindo o máximo de 87 μM , enquanto que no estuário externo (menor influência fluvial) as concentrações estiveram abaixo do limite de detecção para o mesmo período. No período chuvoso os teores de nitrato aumentaram, mas não foram maiores do que 16 μM . No estuário interno o fosfato variou de 0,4 a 18 μM no período seco e de 7,54 a 13 μM no chuvoso, já na porção do estuário externo a variação foi de 0,44 a 2,27 μM em todo o estudo. O silicato esteve em 87,6 no estuário interno durante a estação seca, no período de transição, ainda para o estuário interno, variou de 0,56 a 214 μM e na chuvosa de 57,3 a 229 μM . Já para o estuário externo e região costeira a variação foi de 1,59 a 96,7 μM durante todo o estudo. De acordo com Silva *et al.* (2013) as maiores concentrações de nutrientes foram encontradas em mês chuvoso, com aumento do fluxo fluvial, e a maré foi a principal forçante hidrológica em períodos secos, atuando na diluição ou distribuição dos componentes estuário a dentro.

Ainda em relação ao estuário do rio Cachoeira, Silva *et al.* (2015) realizaram coletas mensais em superfície e fundo entre fevereiro de 2010 e janeiro de 2011 em estações localizadas na parte identificada aqui como estuário externo, intermediário e interno, Figura 10. Cabe ressaltar que na época de estudo o rio Cachoeira ainda estava sujeito ao despejo de efluentes de esgotos não tratados da ETE, segundo os próprios autores. As concentrações máximas e mínimas de nutrientes foram retiradas do artigo original e se encontram na Tabela 44. As maiores concentrações de nutrientes foram encontradas em porções mais internas do estuário, estando também associadas ao regime de chuvas, onde épocas de secas condicionaram menores concentrações de nutrientes, sendo a exceção o fosfato, o qual não apresentou correlação nítida

com a pluviosidade.

Tabela 44: Concentrações mínimas e máximas de nutrientes em μM encontradas por Silva *et al.* (2015) no estuário do rio Cachoeira, BA.

Nutrientes	Mínima	Máxima
Nitrogênio Amoniacal	0,04	56,9
Nitrito	0	41,8
Nitrato	0	97,7
Fosfato	0,35	36,4
Silicato	12	314

Barboza *et al.* (2013) investigaram, em relação aos nutrientes inorgânicos dissolvidos e outros parâmetros, o sistema baiano estuarino do Arquipélago das ilhas Tinharé-Boipeba em 3 pontos: Barra dos Carvalhos, Barra de Boipeba e Cairu, Figura 10. As amostras foram coletadas durante o ciclo da maré de quadratura em outubro de 2007 e de sizígia do mês de abril de 2008. As concentrações médias, mínimas e máximas de nutrientes nitrogenados e silicato foram retiradas do estudo e se encontram na Tabela 45, os autores concluíram que a variação na concentração esteve mais associada aos prismas de marés e regime fluvial.

Tabela 45: Concentração média, mínima e máxima em μM de nutrientes nas localidades de Barra dos carvalhos, Barra de Boipeba e Cairu, Bahia, segundo Barboza *et al.* (2013).

Nutriente	Parâmetro	Barra dos Carvalhos		Barra do Boipeba		Cairu	
		out/07	abr/08	out/07	abr/08	out/07	abr/08
Nitrito	Média	0,37	0,18	0,05	0,09	0,35	0,13
	Mín - Máx	0,06 -	0,01 -	0,01 -	0,01 -	0,22 -	0,02 -
		1,24	0,44	0,11	0,16	0,54	0,47
Nitrato	Média	1,57	0,3	0,8	0,05	0,34	0,1
	Mín - Máx	0,33 -	ND -	0,15 -	ND -	0,06 - 1	ND -
		2,82	1,05	1,83	0,07		0,36

Nitrogênio amoniaco	Média	1,45	1,36	1,27	0,98	2,4	0,89
	Mín - Máx	0,38 - 4,28	0,08 - 3,13	0,08 - 5,49	0,11 - 3,58	0,75 - 5,98	0,19 - 1,66
Silicato	Média	23,3	13,8	18,1	7,9	30,1	19,5
	Mín - Máx	12,4 - 34,2	5,4 - 26,9	7,6 - 42,2	0,4 - 20,2	19,4 - 40	10,6 - 34,3

5.2.3 Discussão para a região nordeste

5.2.4 Região oceânica, plataforma continental e ambientes recifais

De acordo com Araújo *et al.* (2019) há diferenças significativas entre a região marinha norte e nordeste (NE), onde o norte apresenta concentrações 3 vezes maiores de nutrientes do que a NE, provavelmente em resposta ao seu maior aporte fluvial nas áreas costeiras, pois mesmo que a região NE possua rios considerados caudalosos, como o Parnaíba (GARCIA, 2017), o predomínio na plataforma continental da região é de águas oceânicas, sem água doce mensurável (OVALLE *et al.*, 1999); fato que se evidencia quando a característica oligotrófica da área é mantida mesmo com variações sazonais do regime fluvial que puderam ser analisadas indiretamente a partir dos diferentes períodos amostrais (Tabela 35).

Ainda que nessa revisão sistemática não tenham sido encontrados artigos que avaliem a influência do rio São Francisco (AL/SE), cabe ressaltar sua vazão superior a outros rios que frequentemente são alvos de estudos, como é o caso do rio Paraíba do Sul (RJ). Em cálculo feito com os dados de vazão medidos durante o ano de 2021 a 10 de janeiro de 2022 (ANA, 2022), o rio São Francisco apresentou média de 992 m³/s e mediana de 888 m³/s, enquanto o Paraíba do Sul teve média de 523 m³/s e mediana de 378 m³/s. O rio São Francisco teve sua vazão reduzida durante os anos por consequência de construções de barragens e reservatórios (MEDEIROS *et al.*, 2007). Contudo, sabe-se que assim como o rio Doce, a pluma do rio São Francisco tende a fluir obliquamente à costa, o que favorece seu alcance para regiões oceânicas, enquanto que plumas de Caravelas (BA) e Paraíba do Sul (RJ) são mais restritas à costa (DE OLIVEIRA *et al.*, 2012).

Cutter e Measures (1999) e Armengol *et al.* (2019) são estudos com pontos próximos a dorsal meso-oceânica. Nesses casos os teores de nutrientes foram baixos e típicos de zonas oligotróficas oceânicas, porém os dois autores citam ocorrência de processos oceanográficos

capazes de conferir características químicas diferenciadas. No caso de Armengol *et al.* (2019) dois núcleos enriquecidos de amônia a 50 metros de profundidade foram observados ao norte e ao sul do equador, sendo o primeiro associado pelos autores à ressurgência meso-oceânica. No estudo também foi observado pequeno aumento de nitrito entre 50 e 80 metros de profundidade. Para Cutter e Measures (1999) a distribuição horizontal de fosfato, em conjunto com a diminuição da temperatura, foi indicativo de ressurgência de águas mais frias e ricas em nutrientes. Outro viés foi levantado por Van Der Loeff *et al.* (1999) a partir de amostras coletadas em longitude próxima dos estudos anteriormente mencionados, porém a 5-9°N, quando apontam que o rio Amazonas pode ter acarretado no enriquecimento nutricional das águas da região.

Mather *et al.* (2008) e Snow *et al.* (2015) também destacaram o padrão do fosfato nas proximidades do equador, o primeiro apontando pequeno aumento do nutriente a 25 metros de profundidade e o segundo seu decréscimo a medida que a latitude diminuía, associando tal fato a uma soma de fatores, dentre eles a ZCIT, assim como Cutter e Measures (1999). Forde *et al.* (1994) encontrou concentrações de nutrientes nitrogenados mais significativas do que os demais na região do equador, diferentemente de Snow *et al.* (2015).

Ainda em relação a Mather *et al.* (2008) e Snow *et al.* (2015), os autores concordam em afirmar que o Giro Subtropical do Atlântico Sul possui níveis de fosfato mais altos dos que os encontrados no Giro Subtropical do Atlântico Norte. O primeiro destaca a contribuição da poeira atmosférica na depleção de nutrientes fosfatados da região, o que, portanto, está associado ao padrão de ventos e circulação atmosférica. É pontuado também que a distribuição vertical do nutriente varia sazonalmente, já que na primavera há maior concentração devido a mistura vertical ocorrida no inverno. Além disso, Cutter e Measures (1999) constataram a partir de seus dados, que a estação amostrada explicita a heterogeneidade espacial físico-química do Atlântico ocidental.

Com os pontos de Webb *et al.* (2007) localizados ainda mais *offshore*, espera-se uma presença menor de nutrientes como constatado nos dados dos autores e de Xie *et al.* (2015), cujas concentrações foram ligeiramente mais elevadas e associadas a processos de regeneração e a diminuição gradual da atividade fotossintética com o aumento da profundidade, principalmente até os primeiros 100 metros de profundidade em ambas estações.

Um gradiente latitudinal e vertical foi constatado por Alves Júnior *et al.* (2015), que observou maiores concentrações de nutrientes em ponto da Zona Costeira, onde a influência continental é maior, e em camadas intermediárias, apesar de ainda caracterizar a área estudada

como oligotrófica e possivelmente limitada por fosfato. Nos dados dos autores é possível observar alta concentração dos elementos em água oceânica da Bahia, próxima ao ponto de Armengol *et al.* (2019), cujo estudo também apontou enriquecimento a 200 metros de profundidade no local.

Porém, apesar de ditas oligotróficas também por Webb *et al.* (2007), suas estações da região oceânica da Paraíba e Sergipe tiveram os maiores valores de NID do estudo, assim como para Alves Júnior *et al.* (2015), se destacando ainda quanto ao PID no caso de Webb *et al.* (2007). Segundo os autores, valores mais altos de nutrientes estiveram associados a efeitos combinados de diminuição da captação pela biota, da presença da Corrente Sul Equatorial e de ressurgência equatorial, processo também atribuído por Armengol *et al.* (2019) por ser responsável pelo enriquecimento por nutrientes na camada de água a 50 metros de profundidade, nas proximidades de 3°S e 28,5°O, portanto mais próximo ao equador do que os pontos de Webb *et al.* (2007); no caso de Armengol *et al.* (2019) o nitrito foi o componente em concentrações mais significativas, sendo também destaque no estudo de Xie *et al.* (2015), por apresentar aumento de 0,008 μM em 10 metros para 0,128 μM em 65 metros de profundidade. Diferentemente dos pontos de Alves Júnior *et al.* (2015), ao sul, com nitrato mais significativo em toda a profundidade da coluna d'água.

A ressurgência equatorial é provocada pela ação dos ventos alísios, que na área de estudo possui efeitos da força de *Coriolis* negligenciáveis devido a latitude próxima ou igual a 0, e provocam transporte de *Ekman* a 90°, deslocando água horizontalmente e promovendo ascensão de águas subsuperficiais mais ricas em nutrientes (CASTELLO e KRUG, 2015). Apesar da profundidade de coleta dos pontos serem variáveis e não exatamente subsuperficiais, pode-se dizer que o movimento vertical da água ocasionado pelo princípio de conservação da massa interfere nas características de grande parte da coluna d'água, acarretando também no incremento de elementos químicos em maiores profundidades, como nos casos mencionados. Quando se observa que Araújo *et al.* (2019) apesar de encontrar valores de NID superiores aos de Webb *et al.* (2007), tiveram teores de PID igualmente comparáveis, mesmo estando os pontos amostrais do primeiro autor mais próximos a costa e mais suscetível ao aporte continental; pode-se dizer que de fato há um incremento de nutriente nas regiões de Webb *et al.* (2007) e Xie *et al.* (2015) já que em caso contrário seus valores normalmente seriam menores aos encontrados em estações situadas em zonas neríticas.

Cabe então ressaltar a seguinte diferença: enquanto o enriquecimento das águas oceânicas da região NE é influenciado pela ZCIT, e pode ser ocasionado pela ressurgência

equatorial e ação de correntes, na região N foi observado que o aporte fluvial era suficientemente grande para permitir o incremento de nutrientes nesses locais.

Apesar dos valores encontrados por Araújo *et al.* (2019) e De Souza *et al.* (2013) serem semelhantes, é importante dizer que enquanto o primeiro se trata da média geral de muitos pontos entre a plataforma continental e região oceânica do NE, o segundo diz respeito estações próximas e circundantes a arquipélagos e montes submarinos. Ainda que De Souza *et al.* (2013) tenha encontrado maior valor de fosfato (média de 0,094 e 0,2 μM) quando comparado com Webb *et al.* (2007) (maior valor de 0,11 μM) e Araújo *et al.* (2019) (maior valor de 0,13 μM), os autores acreditam que na região marinha do Nordeste esse pode ser o nutriente limitante, fato também apontado por Alves Júnior *et al.* (2015).

De Souza *et al.* (2013) apesar de notarem diferença significativa entre os períodos amostrados, observaram em ambos os casos um perfil de concentração de nutrientes crescente com a profundidade, o que está associado aos processos de remineralização da matéria orgânica. Porém, houve heterogeneidade na distribuição horizontal de nutrientes, estando as maiores concentrações em locais próximos aos montes. Tal fato foi explicado pelos autores pela interação entre topografia e escoamento de correntes, que ocasiona a ascensão de águas mais frias e ricas em nutrientes.

Os períodos de amostragem de Araújo *et al.* (2019) e De Souza *et al.* (2013) são compatíveis e por isso é possível realizar uma comparação mais fiel entre os estudos. Assim sendo, nos primeiros meses de 1997 observou-se em ambos os locais baixas concentrações de nitrito, seguida de fosfato, nitrato e silicato, sendo esse último consideravelmente mais baixo no estudo referente aos arquipélagos, o que é coerente quando se tem em vista que a principal origem do nutriente é continental. Contudo, quando se compara com os meses de 1998, o estudo de De Souza *et al.* (2013) apresenta maiores concentrações para todos os nutrientes, incluindo o silicato; o que pode ser justificado pela intensificação das correntes que afetam a região equatorial, como a Corrente Norte do Brasil em períodos de inverno (DA SILVA *et al.*, 2017; JOHNS *et al.*, 1998), acarretando em maior interação entre os processos hidrodinâmicos e a topografia, aumentando então ascensão de água e contribuindo no incremento de nutrientes para as camadas superficiais.

Em contrapartida, Assunção *et al.* (2016), sem deixar de destacar as características oligotróficas das proximidades de Fernando de Noronha, ressaltam que não houve grande variação na concentração de nutrientes entre períodos secos e chuvosos, apresentando menores valores do que os de De Souza *et al.* (2013), os quais possuíam pontos amostrais em diversos

locais próximos a cadeias e arquipélagos, inclusive mais próximos à plataforma continental. Em comparação com De Souza *et al.* (2013) e Assunção *et al.* (2016), Jales *et al.* (2015), na localidade do Atol das Rocas pertencente ao arquipélago de Fernando de Noronha e a uma distância de 148 km da ilha (ICMBIO, 2007), encontrou alto valor médio de NID (0,84 e 0,56 μM), valor de PÍD semelhante e valor de silicato menor. Basílio-Dantas *et al.* (2019) encontrou maiores valores de nitrato do que Jales *et al.* (2015) que considerou todos os nutrientes nitrogenados juntos, porém os teores superficiais de fosfato do primeiro autor se mostraram um pouco menores do que os do segundo, enquanto que os de silicato se destacaram em relação a Jales *et al.* (2015) em 2014, apresentando concentração de 3,76 μM . O ano de amostragem que apresentou concentrações de nutrientes mais altas foi o de 2014, e o que apresentou concentração mais baixa foi o de 2010, quando ocorria o *El Niño*, fenômeno que, segundo os autores, pode ter interferido na diminuição dos elementos na região.

Tanto Jales *et al.* (2015) quanto De Souza *et al.* (2013) encontraram águas mais enriquecidas no entorno dos montes ou atol, e concordam em associar tal fato às passagens de correntes, em especial a Corrente Sul Equatorial, que, afetadas pelas estruturas, causam turbulência nas águas e promovem uma circulação, podendo alterar as características hidroquímicas dos locais.

Carvalho *et al.* (2016) e Lefèvre *et al.* (2017) observaram que as concentrações de nutrientes decrescem na plataforma continental do Maranhão à medida que a influência continental diminui, sendo a exceção desse padrão o fosfato que, no estudo de Carvalho *et al.* (2016), aumentou em direção ao oceano no período chuvoso (0,13 μM no primeiro ponto a 0,28 μM no último). Já que essa área está sob influência da descarga do rio Amazonas (CARVALHO *et al.*, 2016), o aumento do aporte fluvial somado a intensificação das correntes nesse mesmo período (JOHNS *et al.*, 1998) podem ter ocasionado na plataforma continental maranhense os processos de dessorção normalmente observados nas plumas do rio Amazonas e Pará, como descrito no capítulo anterior, o que justificaria o aumento dos teores de fosfato em direção ao oceano. Mesmo com os valores descritos na Tabela 10, o local é considerado oligotrófico.

Pela comparação dos resultados de Carvalho *et al.* (2017) vemos que o período de setembro de 2014, onde as amostras foram coletadas na porção oeste da área de estudo, exibiu maior valor médio para silicato e fosfato. O que pode ser atribuído à presença de rios de maior vazão e a característica mais úmida da região quando se compara com a área a leste, que contém regiões semiáridas (CARVALHO *et al.*, 2017); Carvalho *et al.* (2016) em período seco na plataforma maranhense encontrou valores médios semelhantes a Carvalho *et al.* (2017), silicato

em 3,73 μM para ambos autores por exemplo, o que pode evidenciar a importância do aporte fluvial provindos do Maranhão para regiões marinhas situadas a leste, afetadas por regime hídrico menor, já que seu estudo abrangeu também esses locais.

Ainda que Koenig e Macêdo *et al.* (1999) tenham encontrado nas proximidades de Itamaracá, PE, valores mais altos para os nutrientes em comparação com os outros estudos aqui citados, consideraram os teores baixos e com mesmo padrão crescente com a profundidade. A influência continental é evidenciada pela diminuição da concentração de nutrientes em direção ao oceano, principalmente silicato que em um transecto variou superficialmente de 8,78 a 5,195 μM entre a Zona Costeira e oceânica. Fato importante destacado pelos autores é a baixa variação de temperatura na área de estudo, o que confere maior estabilidade a termoclina e dificulta a circulação de nutrientes regenerados, dificultando o desenvolvimento do fitoplâncton e acarretando em baixa produtividade.

Segundo Gaeta *et al.* (1999), Ovalle *et al.* (1999), Andrade *et al.* (2004), Rezende *et al.* (2006) e Eça *et al.* (2014) a região marinha da Bahia é oligotrófica, com alguns núcleos de enriquecimento das águas em áreas estuarinas devido ao aporte fluvial e nas proximidades do Banco de Abrolhos, esse último mais pontual e ocasionado pela interação entre topografia local e escoamento da Corrente do Brasil. Rezende *et al.* (2006) destacam ainda que há de maneira geral, um perfil vertical crescente de nutrientes em relação a coluna d'água, associado à captação pela biota em superfície e aos processos de remineralização em maiores profundidades. Eça *et al.* (2014) encontraram valores baixos para a concentração de nutrientes, sendo muitas vezes indetectáveis. Para esses autores, apesar de haver um padrão vertical, como dito por Rezende *et al.* (2006), alguns nutrientes como silicato e nitrato foram maiores em superfície em certos casos. Segundo Eça *et al.* (2014), isso se dá devido a intrusão de água mais fria, salina e rica e/ou à ressuspensão de sedimentos ocasionados por ventos fortes e ondas de maré que disponibilizam nutrientes para a coluna d'água.

Ovalle *et al.* (1999) estudaram águas próximas a rios e manguezais, os quais de acordo com os autores atuam pontualmente, podendo causar o enriquecimento de águas bem próximas a costa, estando a produção primária possivelmente limitada pelos nutrientes nitrogenados que são utilizados tanto na atividade fotossintética quanto bacteriana. Ovalle *et al.* (1999) ressaltam ainda a importância da interação entre correntes costeiras, efeitos das marés e o fundo raso atuando como suprimentos de elementos químicos nas regiões, o que acaba por conferir particularidades a cada local.

Dentre os estudos referentes à Bahia, de maneira geral, no trabalho de Ovalle *et al.*

(1999) somente o silicato obteve menor concentração média (1,1 μM), enquanto que os outros nutrientes se destacaram, mesmo que o efeito dos rios e manguezais na área de estudo não tenha sido considerado pelos autores como fonte muito relevante desses elementos.

Bruce *et al.* (2012) estudaram recifes próximos à cidade de Caravelas, BA, e não observaram diferença hidroquímica considerável entre os locais protegidos e desprotegidos ambientalmente. Porém chamaram atenção quanto à possibilidade de os teores de nutrientes em Parcel dos Abrolhos indicarem um rápido processo de eutrofização. Esse local apresentou NID médio em janeiro de 2010 superior (1,19 μM) a Pedra Leste (0,58 μM) e Sebastião Gomes (0,33 μM), que além de serem desprotegidos estão mais perto da costa recebendo *input* continental, dito isso os autores destacam a importância de haver efetivas medidas de proteção e uma fiscalização ambiental mais adequada.

Costa Júnior *et al.* (2006) comparou sazonalmente recifes protegidos localizados *offshore* e *nearshore*, e constatou maior diferença entre os recifes em períodos de seca, quando a contribuição terrígena fica mais confinada a águas costeiras (máxima de 11,05 μM para DSI no período seco nos recifes internos e 3,14 μM no externo); nesse estudo dentre os recifes internos, Coroa Vermelha apresentou maiores concentrações, de acordo com os autores provavelmente devido ao efluente não tratado e águas residuais de área urbana próxima ao local; assim como Bruce *et al.* (2012) que associou as concentrações mais altas de Sebastião Gomes à influência do rio Caravelas e da cidade litorânea urbanizada.

De modo geral os teores de nutrientes encontrados por Bruce *et al.* (2012) e Costa Júnior *et al.* (2006) foram atipicamente superiores quando comparados a outros ambientes recifais, ambos autores consideraram uma possível fonte permanente e por vezes desconhecida de nutrientes nitrogenados e fosfatos nos recifes (com exceção de Pedra Leste para Bruce *et al.*, 2012), como emissários submarinos ou efluentes agrícolas, o que também pode ser inferido a partir da observação dos dados do Ponto 9 de Alves Júnior *et al.* (2015) que apresentou teores similares de nitrito, nitrato e fosfato aos de Timbebas e Pedra Leste, mesmo que seus dados tenham sido coletados em maior profundidade.

Somado às fontes antes citadas há ainda presença de vórtices na região do Parcel dos Abrolhos que ocasionam a ressurgência de águas mais ricas em nutrientes. É importante dizer que no período chuvoso Costa Júnior *et al.* (2006) encontrou no Recife de Fora, a 8 km de distância da costa, sacos plásticos, garrafas, latas, peças de mobília, dentre outras coisas, o que além de indicar o alcance do aporte continental em áreas *offshore*, ratifica uma grande problemática global: a poluição por resíduos sólidos.

Em síntese:

- De forma geral a influência fluvial no Nordeste parece se restringir a ZC, além de ser menos significativa no litoral oriental, ainda que alguns rios forneçam nutrientes para a região marinha, esse *input* é restrito;
- Processos de dessorção podem estar ocorrendo na região marinha do Maranhão sob influência da pluma do rio Amazonas;
- Águas oceânicas equatoriais com ausência de montes submarinos podem ser enriquecidas pelo efeito da ressurgência equatorial;
- Locais de montes submarinos, ilhas, arquipélagos e atóis podem apresentar enriquecimento de nutrientes por ascensão de águas através da ação combinada de correntes e topografia, a qual pode se intensificar em períodos de inverno;
- Maior concentração de nutrientes próximo à costa, menor em direção ao oceano devido ao aporte fluvial e presença de manguezais, ainda que a influência desses sistemas seja a nível pontual;
- Regiões com baixa variabilidade de temperatura e intensa incidência solar podem acarretar em uma termoclina mais estável, dificultando a circulação de água e nutrientes de camadas mais profundas para superficiais;
- Perfil vertical crescente de nutrientes devido à captação pela biota em superfície e remineralização em profundidade;
- Ventos fortes, ondas e correntes de maré podem causar a redistribuição de nutrientes e enriquecer zonas neríticas;
- Os efeitos da poluição costeira afetam recifes de coral mesmo que sejam externos e protegidos legalmente;
- Há certa preocupação quanto a saúde ambiental dos recifes na zona marinha da Bahia.

5.2.5 Sistemas costeiros nordestinos: praias, lagunas e estuários

Feitosa e Bastos (2007) consideraram o sistema de Maracajaú, RN, como oligotrófico em locais mais distantes da costa e eutrófico nas proximidades, mesmo que os máximos de nitrito e nitrato tenham sido encontrados no ponto 1 (0,05 e 1,79 μM respectivamente), a 6 km de distância da praia. Os nutrientes variaram espacialmente e sazonalmente com destaque para o silicato, cuja concentração foi de 2,38 a 10,98 μM do período seco para o chuvoso. Segundo

os autores, durante a estação chuvosa a pluma do rio Maxaranguape pode alcançar a região dos parrachos (P1) aumentando os teores de nutrientes na localidade, o nitrato por exemplo apresentou distribuição crescente de P1 para P3 (mais próximo a costa) no período de maior pluviosidade. Nesse período pode haver também a intensificação de processos hidrodinâmicos que promovem a ressuspensão de sedimentos e a disponibilização de nutrientes remineralizados.

O complexo de praias em Olinda, PE, estudado por Pereira *et al.* (2005) foi considerado pelos autores eutrófico, de baixa qualidade ambiental. O local há forte influência de atividade urbana e presença de emissários de esgoto doméstico, com a distribuição de nutrientes condicionadas principalmente pela sazonalidade (precipitação e insolação/evaporação), mas também pela influência do rio Paratibe e pelas restrições físicas causadas pelos quebra-mares, que inibem a renovação de água realizada essencialmente pela maré e por fracas correntes. O período chuvoso foi caracterizado por altas concentrações de nutrientes, com exceção do nitrito, cujo pico ocorreu na estação seca em provável resposta a uma assimilação preferencial de nitrato e amônia pelos organismos fitoplanctônicos.

Ferreira *et al.* (2010) também observaram influência da sazonalidade na concentração de nutrientes de praias do PE. Nesse caso as coletas foram feitas na zona de arrebentação, para tal os autores constataram que o aumento nos teores de nutrientes é ocasionado pela água subterrânea provinda das dunas e pela ressuspensão sedimentar provocada por ação de ventos e alta precipitação.

Já o ambiente recifal de Porto de Galinhas, destino muito procurado por turista e sob forte pressão antrópica, foi dito como oligotrófico por Machado *et al.* (2017), com tendência a se tornar mesotrófico em períodos chuvosos, Tabela 25. Essa variação sazonal esteve ligada ao aumento da ressuspensão sedimentar ocasionado pelos ventos e a maior vazão fluvial nesses períodos. A praia de Serrambi também é um ecossistema recifal do PE e, segundo o estudo de Jales *et al.* (2012), também não apresentou indícios de eutrofização, com uma variação sazonal significativa em relação a concentração de nutrientes, porém nesse a pluviosidade foi apontada como principal responsável pela fertilização das águas; com o aumento de chuvas, há aumento do escoamento superficial e vazão do rios, o qual provoca maior alcance da pluma do rio Sinharém, nesse caso, alcançando a praia de Serrambi. Nesse local as concentrações de nutrientes foram ainda menores do que as encontradas por Machado *et al.* (2017), enquanto em Serrambi o silicato esteve no máximo em 13,31 μM , em Porto de Galinhas esteve em 30,6 μM . A Praia de Serrambi provavelmente foi menos afetada pelo estuário do rio Sinharém do que a

região de Porto de Galinhas foi pelo rio Maracaípe.

Cutrim *et al.* (2019) em estudo na lagoa Jansen, MA, encontrou altos valores de nutrientes, superiores aos estudos realizados no Maranhão e aqui mencionados anteriormente. A lagoa é semifechada e influenciada por macromarés semidiurnas, ou seja, com duas baixas e preamares de alturas semelhantes em um dia lunar, (RODIGUES E CUTRIM, 2010); é margeada parcialmente por manguezal degradado e tem uma morfologia que dificulta a renovação de água no ambiente. Esse local foi considerado pelos autores como eutrófico e hipereutrófico e, além de receber maior *input* de nutrientes no período chuvoso, recebe descargas residuais, com fontes pontuais e difusas, além de estar em área de intenso processo de urbanização, segundo os próprios autores; todos esses fatores elencados interferem na distribuição de nutrientes e fertilização da lagoa. Porém somente o nitrito e PID se destacaram na estação chuvosa, esse período combinado com os efeitos da maré promovem maior troca de água entre a lagoa e mar, o que pode ter acontecido na área de estudo, onde na estação seca, quando forçante eólica é menos intensa (GEYER *et al.* 1996), a mistura da água rica em nutrientes com águas marinhas caracteristicamente menos ricas não ocorreu de forma relevante, acarretando em altas concentrações de NID, nitrogênio amoniacal, nitrato e silicato.

Nos canais do complexo estuarino-lagunar de Mundaú/Manguaba a concentração de nutrientes em geral é maior no período chuvoso, com exceção do nitrato que chegou a estar em 15,68 μM na estação seca; provavelmente em resposta aos processos de lixiviação das áreas circundantes e ao elevado *input* de efluentes industriais nesse período, quando as atividades industriais são maiores e a vazão dos rios menores, conferindo baixa diluição na concentração dos elementos químicos. Já o silicato foi alto no ponto 3 quando comparado aos pontos 1 e 2, pois nesses locais há mais troca de água entre ambiente marinho e lagunar (MELO-MAGALHÃES *et al.*, 2004).

Assim como a lagoa Jansen no MA, Mundaú/Manguaba em Alagoas é semifechada, dificultando a renovação de água e aumentando seu tempo de residência. Tal morfologia em conjunto com o aporte de nutrientes pela lixiviação, efluente industrial e rios, conferem ao local a característica de ser eutrófico, estando a lagoa Mundaú em situação moderada e a Manguaba ruim (MELO-MAGALHÃES *et al.*, 2004; COTOVICZ JÚNIOR *et al.*, 2013). Em comparação, a lagoa Jansen apresentou valores mais elevados para nitrato e consideravelmente menores para silicato (CUTRIM *et al.*, 2019); provavelmente em resposta a diferença nos aportes de água doce e processos hidrodinâmicos entre as áreas. Os dois sistemas lagunares são de importância ambiental e socioeconômica, portanto é necessário que medidas sejam tomadas para desacelerar

a eutrofização e melhorar a qualidade ambiental para que não haja prejuízos maiores a população (CUTRIM *et al.*, 2019 e MELO-MAGALHÃES *et al.*, 2014).

No estuário do rio São Francisco o inverno chuvoso conferiu ao local maiores teores de nutrientes, sendo a exceção o silicato maior no verão. Esse padrão foi contrário ao descrito até então no trabalho atual. Melo *et al.* (2020) justificaram o observado com uma possível diminuição da captação do nutriente pelas microalgas e pela atuação mais intensa das forçantes físicas na diluição das águas estuarinas pela água marinha durante o verão. Quanto ao fosfato, além da utilização dos nutrientes pelo fitoplâncton, os autores destacam os processos biogeoquímicos sofridos pelo elemento, como adsorção e dessorção, como fatores que determinam sua distribuição. O nitrato esteve em altas concentrações e, em geral, foi a forma dominante do NID. É esperado que o nitrito esteja menos presente por ser a forma menos estável do ciclo do nitrogênio nesses ambientes. No estudo do estuário do rio São Francisco o nitrato se destacou dentre todos os elementos, independente do local e período amostrado, mas apesar dos altos teores, ainda esteve em conformidade com a resolução Conama nº 357/2005 que dispõe sobre classificação de corpos d'água. Segundo os autores a circulação das águas e a precipitação, nessa ordem de importância, foram os principais responsáveis pelo aumento da concentração de nutrientes no local.

A Baía de São José e de São Marcos foram estudadas por Rodrigues e Cutrim (2010), Azevedo *et al.* (2008) e Cavalcanti *et al.* (2020); a primeira se destacou no estudo de Azevedo *et al.* (2008) somente por apresentar o mínimo de fosfato dentre os pontos amostrados (0,13 μM - teor encontrado no período chuvoso), enquanto que no mesmo local, Rodrigues e Cutrim (2010) encontraram concentração média de 0,66 μM para o nutriente, valor maior do que em Cavalcanti *et al.* (2020), mesmo o autor considerando todo o Fósforo Inorgânico Dissolvido (média entre as zonas de 0,42 μM).

Em comparação com os anteriores, no estudo de Cavalcanti *et al.* (2020) somente o nitrato se destacou por apresentar altos teores. Segundo os autores, com exceção do PID, houve variação sazonal e espacial de distribuição de nutrientes. Seu gradiente foi oposto ao de salinidade, onde a região identificada como Zona Costeira apresentou menor concentração de nutrientes e maior transparência, enquanto que nas outras zonas se observa menor salinidade, alta turbidez e altos compostos nitrogenados. De modo geral, a amônia foi o nutriente predominante no NID, o que, de acordo com Cavalcanti *et al.* (2020) foi indicativo de poluição recente e forte influência urbana. Em relação ao fósforo, os autores concluíram ser o nutriente limitante e, a partir da baixa correlação com a salinidade, sugeriram que há outra fonte que não

o *input* de água doce. Nesse caso a absorção fitoplancônica foi interpretada como a principal responsável pela diminuição na concentração de nutrientes no ambiente estudado.

A respeito da Baía de São Marcos, Rodrigues e Cutrim (2010) obtiveram os maiores valores de nitrato, fosfato e silicato em comparação com os outros pontos amostrais de seu estudo e em comparação com os dados encontrados por Azevedo *et al.* (2008), onde os valores máximos de nitrato e fosfato foram 3,53 μM e 0,58 μM , respectivamente. As maiores concentrações de nutrientes foram encontradas na Baía de São Marcos tanto por Azevedo *et al.* (2008) quanto por Rodrigues e Cutrim (2010), principalmente, em relação ao último autor, que quanto ao silicato apresentou nesse local valor médio de 47,29 μM , comparado com 17,42 μM para Baía de São José e 12,58 μM para reentrâncias maranhenses. Tais valores foram considerados baixos e associados ao fato de que as amostras foram coletadas durante a preamar, onde há maior intrusão de água salina em ambientes estuarinos; mas também é considerado por Santos *et al.* (2020) como sumidouro de nutrientes provenientes da bacia de drenagem.

A Baía de São Marcos é enriquecida a partir dos sedimentos de manguezais, sofre influência de forçantes marinhas, de dragagens nos canais de navegação e de atividades antrópicas em suas bacias de drenagens, que são mais acentuadas em períodos chuvosos (SANTOS *et al.*, 2020). Mesmo com possíveis agravantes citados, Rodrigues e Cutrim (2010) classificaram a área de estudo como não poluída com base no oxigênio dissolvido. Portanto os teores de nitrito e amônia não foram analisados, já que se esperava concentrações menores do que 1 para esse local, tido como não poluído antecipadamente (BAUMGARTEN *et al.*, 1996 *apud* RODRIGUES e CUTRIM, 2010). Contudo, alto valor de amônia (26,42 μM) foi constatado por Azevedo *et al.* (2010) na Baía de São Marcos durante período de maior regime pluviométrico, associado à alta entrada de matéria orgânica no sistema estudado.

Em resumo, a variação sazonal e espacial de concentração de nutrientes está mais evidente na Baía de São José do que na de São Marcos, os autores concordam em associar a influência na distribuição dos elementos principalmente aos efeitos da maré, a qual na região tem característica macro e semidiurna. Para a Baía de São José a captação dos elementos facilitada pela transparência da água, pode contribuir para a redução das concentrações.

Ao norte de Pernambuco está localizado o complexo estuarino de Itamaracá. Nele se encontra o Canal de Santa Cruz, que separa a ilha de Itamaracá da costa adjacente. A ligação do canal com o mar se faz por meio de duas barras, ao sul a Barra Orange, BO, e ao norte a Barra de Catuama, BC (MONTES *et al.*, 2002; FIGUEIREDO *et al.*, 2006).

Montes *et al.* (2002) e Figueiredo *et al.* (2006) estudaram as Barras mencionadas e

apesar do primeiro autor ter encontrado teores de nutrientes consideravelmente mais altos, o segundo acredita que a área pode ser tida como eutrófica. Porém, ambos concordam não haver variação nictemeral de nutrientes nítida. Concordam ainda em associar as diferenças na concentração dos elementos entre os locais à influência antrópica mais intensa na BO, acarretando em maiores concentrações de nutrientes no referido local, refletindo principalmente em altos teores de compostos nitrogenados afetados por frequentes processos de nitrificação. BO é enriquecida por esses elementos também pelo fato de a área ser mais rasa e favorável a troca constante de nutrientes entre substrato e coluna d'água.

Figueiredo *et al.* (2006) justificaram os maiores valores de silicato na BC (55,4 μM) em relação a BO (30,3 μM) com o fato do primeiro local receber maior aporte fluvial. O estudo desses autores foi realizado em momento de baixa pluviosidade. Dito isso, Montes *et al.* (2002) em semelhante período sazonal encontraram padrão oposto, maior teor de silicato para BO (99,98 μM) e menor para BC (47,5 μM), o que pode ser associado a maior retirada do nutriente da coluna d'água por processos químicos e biológicos, como assimilação fitoplanctônica e precipitação, no decorrer do curso fluvial que aporta em BC.

Outras hipóteses para BO ser mais enriquecida que BC são possíveis, por exemplo: BO sofre mais influência antrópica, menor diluição pela água marinha e, por ser mais raso, maior efeito da turbulência causada pela maré, que promove a ressuspensão sedimentar, diminui a transparência e a zona fótica, prejudicando a atividade fotossintética, e mantendo os nutrientes dissolvidos disponíveis. Em resumo e de modo geral, os autores explicam os padrões observados principalmente com associação à maré e ao regime pluvial.

Otsuka *et al.* (2013) realizaram estudo no estuário do rio Botafogo, que desemboca no Canal de Santa Cruz, e constataram que os nutrientes, com exceção do silicato, variaram sazonalmente. Na mesma medida que todos os nutrientes, com exceção da amônia variou com a maré. O único nutriente que apresentou média maior no período seco foi o fosfato, apesar dos autores apontarem que tanto o fosfato quanto o silicato se destacaram em período de estiagem, o que pode ser observado pelos valores máximos para o último nutriente: 221,12 μM no período seco e 178,07 μM para o chuvoso.

Otsuka *et al.* (2013) se distingue um pouco dos estudos de Montes *et al.* (2002) e Figueiredo *et al.* (2006), realizado na BC e BO. Montes *et al.* (2002), em oposição a Otsuka *et al.* (2013), apresentou a maioria dos teores máximos de nutrientes no período seco. Comparando-se Otsuka *et al.* (2013) e Figueiredo *et al.* (2006) para o período de estiagem, observa-se no estuário do rio Botafogo maior concentração máxima de nitrato, fosfato e silicato. Esses padrões são

esperados devido a área de estudo de Otsuka *et al.* (2013) ser um estuário e apresentar, por isso, características fluviais mais marcadas, como alto teor de silicato (média de 60,6 μM no período chuvoso) e nitrato, que segundo os próprios autores, esteve em altas concentrações na porção interna do estuário em resposta à atividade agrícola local.

Dentre os três autores citados, é interessante evidenciar o comportamento do fosfato nos estudos. Figueredo *et al.* (2006) explicou seus baixos valores devido a um provável desequilíbrio entre processos de dessorção e assimilação biológica, que acarreta em menos nutriente disponível nas BO e BC. Os valores de Montes *et al.* (2002) para fosfato são maiores na estação seca, o que indicou segundo os próprios autores, que a disponibilidade desse nutriente não é condicionada somente pelo fluxo continental. Nesse viés, Otsuka *et al.* (2013), ainda que tenham encontrado valor para fosfato intermediário aos dos outros autores, consideraram o teor como alto e o associou às jazidas de fosfato e às formações geológicas da região, as quais possuem fósforo em sua constituição e, através do intemperismo, fornecem o elemento para o local, enriquecendo as áreas que abrangem o canal de Santa Cruz (PASSAVANTE, 1984; REZENDE, 1994).

Branco *et al.* (2002), Noriega *et al.* (2005a) e Noriega *et al.* (2005b) analisaram águas do estuário Barra das Jangadas, em Pernambuco. De acordo com Branco *et al.* (2002) os valores para os nutrientes variaram de acordo com a pluviosidade, apesar dos máximos e mínimos não corresponderem categoricamente a períodos chuvosos e secos. As particularidades foram atribuídas ao nitrito que não apresentou padrão sazonal bem definido e ao nitrato, que foi maior no período chuvoso (18,66 μM). Contudo, esses autores destacam as variações de maré como forte fator influenciador na distribuição dos elementos, assim como dito por Noriega *et al.* (2005b); onde as concentrações são mais altas na baixa-mar, sob maior influência fluvial, e decrescem à medida que a preamar avança com águas mais oxigenadas e capazes de promover com mais eficiência a degradação da matéria orgânica. Há ainda a variação diária causada pela alta assimilação de nutrientes pelos organismos autotróficos durante o dia e remineralização a noite, principalmente em relação ao fosfato (Noriega *et al.*, 2005b).

A variação espacial também é evidente, onde porções internas com maior contribuição fluvial possuem mais nutrientes, em especial o silicato, e porções externas menos nutrientes, porém não o suficiente para que o local deixe de ser eutrófico (Noriega *et al.*, 2005a). Nos três estudos o silicato foi o nutriente preponderante, principalmente onde houve amostra em estação interna do estuário, com média de 101,8 (Noriega *et al.*, 2005a).

Houve alto teor de nutrientes nitrogenados, principalmente nas áreas internas e de

confluência dos rios. O alto valor de nitrato (13,5 μM) teve sua origem associada a possíveis processos de nitrificação, entrada de efluentes domésticos com alta carga orgânica e turbulência sedimentar facilitada pela baixa profundidade do local (NORIEGA *et al.*, 2005a). A área de confluência dos rios se destacou por altas concentrações de amônia (12,09 μM) no período chuvoso, justificada pelo aumento na descarga fluvial, acarretando em maior volume e menor qualidade de efluentes não tratados, ricos em restos de produtos de limpeza com amônia em suas constituições, e ricos em matéria orgânica que acabam por serem mineralizadas, liberando amônia no sistema; baixos valores de oxigênio dissolvido dificultam a oxidação do elemento para nitrato, mantendo o alto valor de amônia no ambiente (NORIEGA *et al.*, 2005b). Já a variação do fosfato é influenciada por sua associação a outros compostos, causando sedimentação, e diferenças na captação biológica limitada pela luz em áreas de maior turbidez, como o ponto de confluência dos rios (NORIEGA *et al.*, 2005a; NORIEGA *et al.*, 2005b)

Os três autores mencionados pontuam que a região é impactada pelas atividades antrópicas indicadas através da alta biomassa fitoplanctônica (BRANCO *et al.*, 2002), da alta relação N:P (NORIEGA *et al.*, 2005a) e por elevada presença de silicato e amônia, agravados em períodos chuvosos; o que desperta preocupação ambiental e ressalta a necessidade de medidas a serem tomadas pelo poder público no intuito de controlar a entrada indiscriminada de poluentes no sistema, afetando social, ambiental e economicamente a região (NORIEGA *et al.*, 2005b).

A região estuarina do rio Maracaípe, PE, se difere da Barra das Jangadas em relação a não apresentar despejo de efluentes domésticos ou industriais, apresentando, portanto, características típicas de águas não poluídas (BASTOS *et al.*, 2011), com concentrações de nutrientes mais baixas do que as encontradas por Branco *et al.* (2002), Noriega *et al.* (2005a) e Noriega *et al.* (2005b). Segundo Bastos *et al.* (2011) estatisticamente os nutrientes se apresentam maiores no período chuvoso e na baixamar, porém não apresentam elevação suficiente para categorizar o ambiente como poluído, fato corroborado através do índice de produtividade primária e pelo baixo teor de fosfato (máximo de 0,22), o qual normalmente é elevado em ambientes prejudicados por poluição orgânica. O rio Maracaípe é litorâneo e não recebe descargas consideráveis de efluentes domésticos, mas contribui através do aporte fluvial para a disponibilidade de nutrientes no ambiente, que também recebe *input* marinho e sedimentar, já que o local é raso e suscetível às forças hidrodinâmicas.

Em relação ao estuário do rio Formoso, PE, Da Silva *et al.* (2009) consideraram que houve maior concentração de nutrientes durante o período chuvoso e na baixa-mar. A variação

em relação a pluviosidade mais significativa se deve ao nitrito e nitrato, enquanto que a variação em relação a maré foi mais significativa para o fosfato e silicato. Segundo os autores há o aporte de água doce por contribuição fluvial e lixiviação do solo, consumo pelo fitoplâncton e diluição através da entrada de água do mar da água estuarina enriquecida, principalmente em momentos de preamar. O incremento de fosfato no período chuvoso é explicado pelo aporte de substâncias orgânicas de efluentes domésticos que ocorre na região. O alto teor de silicato na região da foz do estuário, mesmo onde há influência marinha de águas mais oxigenadas e com menos nutrientes, pode ser justificativa pela presença de outros afluentes, como o rio Ariquindá; o qual, segundo estudo de Grego *et al.* (2009) chegou a apresentar máximo de silicato de 106,02 μM em sua porção intermediária no período chuvoso; ainda de acordo com esses autores, os demais nutrientes estiveram em baixas concentrações, sem padrão sazonal, espacial ou entre os estágios de maré, as características litorâneas e de planícies do rio não favorecem o transporte fluvial para o estuário, o que pode justificar os valores de nitrato e fosfato.

Em comparação com o ambiente estuarino do rio Maracaípe, o do rio Formoso apresentou menores concentrações. Comparando ainda os locais de confluência, os valores estavam consideravelmente maiores na confluência dos rios Pirapama e Jaboatão, em Barra das Jangadas (NORIEGA *et al.*, 2005b) do que na área dos rios Formoso e Passos (DA SILVA *et al.*, 2009). Padrão também observado quando se compara com Noriega *et al.* (2005a), cujo valores são superiores aos de Da Silva *et al.* (2009), com exceção do fosfato na estação externa que esteve mais baixo em Barra das Jangadas. A disponibilidade desse nutriente está associada a redistribuição da matéria mineralizada nos sedimentos, o que pode ocorrer através da ação das marés ou da perturbação causada por embarcações, como destacado por Grego *et al.* (2009).

A região estuarina do rio Formoso possui áreas de proteção ambiental (Da Silva *et al.*, 2009), podendo afetar positivamente o ambiente em questão com composição química melhor, com menos teor de nutrientes, em relação aos outros locais comparados. Segundo Grego *et al.* (2009) o estuário do rio Ariquindá está isento de poluição e grandes impactos antrópicos.

O Porto do Recife (PE) é um sistema estuarino separado do oceano por um longo recife rochoso (GUENTHER *et al.*, 2015), apresentando uma área interna ao porto e outra externa, adjacente ao porto e sob maior influência marinha. De Melo *et al.* (2013) e Cordeiro *et al.* (2014) estudaram áreas externas ao porto, em pontos amostrais paralelos a costa. Enquanto Cordeiro *et al.* (2014) acredita que os valores para nutrientes estiveram altos e típicos de uma área em provável aceleração no processo de eutrofização, De Melo *et al.* (2013) destacaram que

o sistema estava preservado e livre de impactos apesar da interferência antrópica. Porém, quando se compara os valores obtidos pelos autores, é perceptível que os dos primeiros foram em geral maiores, e associados à pluviosidade acentuada pelo fenômeno *La Niña* que ocorreu naquele período. Segundo os dois autores há forte influência das plumas dos rios Capibaribe e Beberibe, os quais recebem efluentes domésticos e industriais muitas vezes sem tratamento, contribuindo para a concentração de nutrientes, principalmente nitrogenados. A área de entrada e saída do porto apresentou alta concentração de amônia, silicato e fosfato (CORDEIRO *et al.*, 2014), justificada pelo aporte fluvial rico em matéria orgânica e pela dificuldade de renovação de águas devido a presença de recife costeiro (DE MELO *et al.*, 2013), cabe ser dito ainda que há possibilidade da influência do fluxo de embarcações no substrato local, que pode gerar consequências como aumento da turbidez, prejudicando a assimilação fitoplanctônica, e redistribuição de nutrientes para a coluna d'água. Segundo os autores a pluviosidade foi o fator que interferiu na distribuição de nutrientes, especialmente nitrito e nitrato, que apresentam maiores valores no período chuvoso; contudo o fosfato não apresentou essa correlação, com uma variação espacial mais nítida do que a sazonal.

Nascimento *et al.* (2003) e Guenther *et al.* (2015) abordaram a porção interna do porto do Recife, abrangendo a bacia do Pina (formada pela confluência dos rios Tejipió, Jiquiá, Jordão, Pina e pelo braço sul do Capibaribe) com pontos amostrais internos e sob grande influência fluvial no caso de Nascimento *et al.* (2003).

De acordo com Guenther *et al.* (2015), o ambiente estuarino se mostrou rico em nutrientes fosfatados, apresentando valores mais elevados do que os encontrados por Nascimento *et al.* (2003) em todo o curso fluvial. Segundo esses últimos autores, o fósforo apresentou variação espacial irregular, com atuação de processos de adsorção e adição ao longo da bacia; assim como a amônia, que é inserida no sistema principalmente através dos efeitos antrópicos. Guenther *et al.* (2015) concluíram que apesar de haver influência das marés na renovação de água e distribuição de nutrientes, a forçante de maior correlação é a pluviosidade, pois no caso das marés, mesmo sendo intensas, a troca de água fica restrita à pluma estuarina. A concentração de amônia no local foi típica de ambiente eutrofizado, apresentando menores concentrações em regiões de confluência dos rios, onde a turbulência promove a oxigenação da água e propicia a oxidação da amônia. Tanto Guenther *et al.* (2015) quanto Nascimento *et al.* (2003) consideram o ambiente estudado como eutrofizado e sob influência de despejos orgânicos.

É interessante perceber que o nitrito (3,94 μM) e o fosfato (3,39 μM) na estação externa

durante o período de chuvas segundo Nascimento *et al.* (2003), foi menor do que o encontrado por Cordeiro *et al.* (2014), nitrito médio 8,16 μM e De Melo *et al.* (2013), fosfato máximo de 6,36 μM , respectivamente, para a área costeira e entrada do porto. Os resultados de Nascimento *et al.* (2003) para a estação externa foi uma média entre diferentes pontos amostrais com influência fluvial maior do que os locais costeiros de De Melo *et al.* (2013) e Cordeiro *et al.* (2014), mesmo que o P2 dos dois últimos estudos citados seja na entrada e saída do porto. Dito isso, há a possibilidade de reafirmar a influência do dinamismo físico local no incremento de nutrientes da região, seja promovido por ressuspensão sedimentar, maré e aporte fluvial, por exemplo.

Comparando-se o porto de Suape com o porto do Recife, ambos em Pernambuco, observa-se que o primeiro possui baixas concentrações de nutrientes, com medianas consideravelmente menores (NASCIMENTO *et al.*, 2003; CORDEIRO *et al.*, 2018; DA SILVA *et al.*, 2019).

Segundo Cordeiro *et al.* (2018) houve variação sazonal significativa de silicato e nitrato, com maiores concentrações no período chuvoso. Já Da Silva *et al.* (2019) concluíram que amônia, nitrito e silicato variaram espacialmente e sazonalmente, enquanto que fosfato apresentou variação significativa entre os pontos amostrados. Os autores encontraram medianas de concentração próximas e tiveram o nitrato em maior parcela entre o NID, porém de forma geral a região apresentou baixo teor de nutrientes nitrogenados que foi dito como limitante para a atividade fitoplanctônica por Da Silva *et al.* (2019). Pode-se dizer que somente a amônia foi maior no período de estiagem, quando, segundo Da Silva *et al.* (2019) a diluição da matéria orgânica é menor. É importante ressaltar que os teores de silicato foram considerados baixos para ambiente estuarino, justificados pelo ambiente estar sob influência de pequenas bacias hidrográficas e pelo caráter costeiro e de várzea dos rios

Os autores explicam as baixas concentrações dos elementos com o aumento da intrusão salina a partir das alterações morfológicas artificiais, que também reduzem a contribuição fluvial e alteram a dinâmica, aumentando a renovação e a diluição das águas estuarinas. Destacam ainda que, apesar da influência do complexo industrial de Suape, a área não se encontra eutrofizada e está livre de poluição, porém ressaltam que as características do ambiente conferem ao local baixa capacidade produtiva.

De Souza *et al.* (2009), Silva *et al.* (2013) e Silva *et al.* (2015) analisaram quimicamente o estuário do rio Cachoeira, localizado em Ilhéus-BA. Em setembro de 2000 foi instalada uma Estação de Tratamento de Esgoto (ETE) no local, lançando, após tratamento primário, efluente

na parte superior do referido sistema (DE SOUZA *et al.*, 2009).

O estudo de De Souza *et al.* (2009) é, dentre os três mencionados, o único com amostras realizadas antes da instalação da ETE. Durante os três primeiros meses amostrados a concentração de nutrientes, de maneira geral, aumentava conforme a influência fluvial crescia. Em agosto de 2001 esse padrão não foi observado principalmente para os nutrientes nitrogenados, o qual esteve mais alto inclusive em Zona Costeira, onde normalmente os teores são menores devido aos processos de diluição promovidos pela água marinha. Os autores não discutem especificamente sobre esse padrão atípico, porém mencionam a existência de dutos de esgoto em certas localidades, sendo assim pode ter ocorrido *input* de nutrientes em decorrência de alguma atividade industrial ou doméstica. Silva *et al.* (2013) também observaram esse comportamento, associando-o a existência de fontes pontuais de esgoto ou ressuspensão sedimentar que aumentam a concentração de amônio e nitrito em locais sob maior influência marinha.

A amostragem de fevereiro de 2000 de De Souza *et al.* (2009) ocorreu 15 dias após um pico de descarga do rio e apontou baixas concentrações de PID (Tabela 39) associado a processos de exportação, remoção biogeoquímica, adsorção e sedimentação. O que não é observado por Silva *et al.* (2013) em seu artigo, onde o fosfato no período de transição apresentou tendência intermediária entre período seco e chuvoso. Enquanto que o PID esteve baixo em De Souza *et al.* (2009) em fevereiro de 2000, o NID foi máximo no mesmo período. Segundo os autores, esse padrão pode ter sido acarretado pela existência de possíveis fontes poluidoras, principalmente quando a concentração mais baixa de amônio em relação ao nitrato sugeriu, além de processo de nitrificação, o consumo preferencial do fitoplâncton pelo nutriente, combinado à assimilação e diminuição de nutrientes fosfatados.

Estuários são sistemas muito dinâmicos e complexos. Os nutrientes nesses locais provêm e estão suscetíveis a diferentes processos como lixiviação, remoção biogeoquímica, adsorção, sedimentação, nitrificação e denitrificação. Esses dois últimos citados por De Souza *et al.* (2009) e Silva *et al.* (2015) como importantes reguladores da poluição, principalmente pela denitrificação ser capaz de reduzir nitrato em nitrito. Contudo, convém mencionar que a denitrificação não é usualmente atribuída a situações de enriquecimento do nitrito, principalmente porque o nutriente, além da forma intermediária no ciclo do nitrogênio, é a mais instável dentre dos nutrientes nitrogenados (NASCIMENTO *et al.*, 2003; JALES *et al.*, (2012).

A atuação dos processos mencionados anteriormente - seja referente aos nutrientes fosfatados, nitrogenados ou ao silicato- é diferenciada nos setores estuarinos. Por exemplo, de

acordo com Silva *et al.* (2013) no período chuvoso e de transição pode haver aumento de fosfato na parte externa do sistema em resposta à diminuição da assimilação pelo fitoplâncton combinada com entrada de esgoto e descarga fluvial, enquanto que na seção interna no mesmo período há remoção do fosfato acarretada por adsorção e captação do nutriente pela biota.

Durante período de menor vazão fluvial os processos internos, como reciclagem do fosfato favorecida pelo maior tempo de residência no estuário na porção superior, são mais relevantes, assim como a influência da maré na distribuição dos nutrientes para locais de menor influência marinha (SILVA *et al.*, 2013), sendo assim a variabilidade da concentração e a distribuição dos elementos estão condicionadas a eventos meteorológicos e hidrológicos (SILVA *et al.*, 2015). Resumidamente, para Silva *et al.* (2015), enquanto que na parte externa do sistema há maior troca de água, os processos de diluição são mais efetivos e as principais descargas de efluentes estão mais afastadas; na porção interna do estuário há um padrão não conservativo dos elementos em resposta ao maior tempo de residência, à presença da ETE, aos efluentes lançados diretamente no corpo hídrico e a ocorrência de processos biogeoquímicos.

Para De Souza *et al.* (2009) e Silva *et al.* (2013) houve contribuição para a eutrofização do estuário Cachoeira com a instalação da ETE, principalmente na parte interna e em períodos secos, apesar do ambiente ser de maneira geral bem misturado. Contudo, de acordo com Silva *et al.* (2015), o local ainda mantém teores de nutrientes menores do que o esperado para um sistema que recebe frequentemente considerável carga dos elementos e que é marcado por baixa renovação da água, a qual é intensificada em episódios de inundações do rio, atenuantes da eutrofização no ambiente.

O sistema estuarino do Arquipélago das ilhas Tinharé-Boipeba estudado por Barboza *et al.* (2013) através da Barra dos Carvalhos, Barra de Boipeba e Cairu se mostrou fortemente influenciado pelos prismas de maré, onde a maior concentração de nutrientes ocorreu durante a quadratura -com exceção para nitrito em Barra de boipeba durante a sizígia (Tabela 41); o período de quadratura quando comparado com a sizígia pode desfavorecer a renovação, diluição e mistura de águas continentais e estuarinas com águas marinhas, tendo como evidência a exportação do silicato durante a quadratura e importação durante a sizígia, o que ressalta a capacidade da forçante de maré em reter volume de água ou promover a distribuição de nutrientes.

Observa-se também maior teor de NID, nitrito e nitrato em Barra dos Carvalhos e maior valor de nitrogênio amoniacal e silicato em Cairu, resultados esperados já que essa é a localidade sob menor influência marinha. O nitrogênio amoniacal foi a parcela mais

representativa de NID (superior a 60%) em quase todos os casos, sendo a exceção o teor encontrado durante a quadratura em Barra dos Carvalhos, onde a concentração de nitrato superou as demais formas.

Os autores destacam que a concentração de nutrientes se mostrou baixa, típica de locais tropicais sem intensa influência antrópica e com presença de manguezais, eficientes em aprisionar nutrientes e promover a ciclagem dos nutrientes, assim como se mostrou na área estudada já que a amônia foi a principal constituinte do NID, indicando altas taxas de degradação da matéria orgânica; porém Barboza *et al.* (2013) mencionam ainda que o sistema estuarino requer atenção por ser um local com potencial eutrófico para a Zona Costeira durante eventos de exportação.

Em síntese:

- NE possui sistema costeiros eutrofizados.
- Estruturas que alteram a morfologia local interferem na renovação de águas e podem acarretar em menor qualidade ambiental.
- Regiões portuárias diferentes possuem qualidades diferentes, ambas acarretadas pelas mudanças morfológicas que alteram a dinâmica e geram redução do fluxo fluvial, aumento da intrusão salina e aumento do tempo de residência das águas.
- No período chuvoso há maior *input* fluvial e pode haver intensificação de processos hidrodinâmicos que disponibilizam nutrientes.
- Há lagunas no NE sujeitas a eutrofização por consequência de: morfologia desfavorável à renovação de águas, presença de fontes poluidoras, manguezais degradados nas margens.
- Mesmo que a região nordeste possua de maneira geral rios menos caudalosos, em momentos de maior vazão, há plumas capazes de enriquecer não só locais imediatamente adjacentes a desembocadura.
- A característica litorânea dos rios de alguns estados nordestinos desfavorece o transporte fluvial e, apesar de não negligenciável, não é apontado como determinante nas concentrações de nutrientes. A atuação de marés, ventos e captação biológica auxiliam mais evidentemente na circulação/renovação das águas e diminuição dos teores nutricionais.
- Outros interferentes na distribuição/concentração de nutrientes também são importantes: *La Niña*, presença de jazidas, atividade agrícola, entrada de efluentes e perturbações sedimentares ocasionadas por embarcações.

Em conclusão, os estados da região nordeste diferem tanto na sua geomorfologia litorânea quanto em seus regimes fluviais e processos meteoceanográficos. O aporte continental não é tão significativo quanto para a região norte, mas ainda se faz importante. Contudo, processos como ressurgência equatorial, ressurgência topográfica, vórtices, influência de marés, ação dos ventos, incidência solar e presença de manguezais são apontados mais frequentemente como interferentes na distribuição e concentração de nutrientes em áreas do Nordeste. Constatase que há ambientes eutrofizados e a preocupação da poluição tanto por efluentes domésticos, agrícolas e industriais quanto por resíduos sólidos é crescente. A interferência antrópica é apontada também quanto às alterações na morfologia natural dos sistemas, especialmente os estuarinos.

5.3 Resultados para a região Sudeste

Os estados litorâneos da região Sudeste são o Espírito Santo (ES), Rio de Janeiro (RJ) e São Paulo (SP). A plataforma continental dessa região possui algumas semelhanças hidrológicas, climáticas e sedimentares com parte da plataforma do setor nordeste, porém é notável que nesse caso as larguras geralmente são menores (GOES e FERREIRA JÚNIOR, 2017).

Além da região possuir uma sazonalidade marcada influenciando o regime pluvial e fluvial, que alcança as áreas costeiras, há sua atuação também na variação dos processos meteorológicos e oceanográficos presentes na zona marinha, tais como: ressurgência costeira, vórtices ciclônicos e ressurgência de quebra de plataforma (GAETA *et al.*, 1999; BRANDINI, 2006; BERNARDES *et al.*, 2012).

A quebra da plataforma continental acontece em diferentes profundidades, a depender da área em questão. Para o sudeste brasileiro a profundidade varia em 60-70 metros ao norte da Cadeia Vitória-Trindade (CVT) e 160-180 metros ao sul, incluindo região Sul do Brasil (MUEHE e GARCEZ, 2005; MILOSLAVICH *et al.*, 2011). A ressurgência de quebra -ou borda- de plataforma é frequente nos setores Sudeste e Sul do país e é marcada pela ascensão de água profunda para menores profundidades. Ocorre nos entornos do talude, mas a porção de água movimentada pela dinâmica pode ser transportada a *offshore* através de formação de vórtices (BERNARDES *et al.*, 2012).

A seguir os resultados gerados para esse capítulo serão divididos em duas partes. A primeira tratará da região oceânica e plataforma continental, já que alguns estudos englobam

também a ZC; a segunda da Zona Costeira, dividida em sistemas costeiros sem restrição baseada em sua geomorfologia, e com restrição (baías, praias, lagunas e estuários). Dentro desses itens a exposição dos resultados respeitará, quando possível, a ordem geográfica dos estados e o ambiente de que se trata.

5.3.1 Região Oceânica e Plataforma Continental

Forde *et al.* (1994), Van Der Loeff *et al.* (1997), Gaeta *et al.* (1999), Ovalle *et al.* (1999), Andrade *et al.* (2004), Rezende *et al.* (2006), Webb *et al.* (2007), Alves Júnior *et al.* (2015) e Xie *et al.* (2015) foram citados para a região Nordeste, mas também apresentam em seus estudos dados para a região Sudeste e por isso foram incluídos novamente nesse capítulo. Cabe ser dito, porém, que Ovalle *et al.* (1999) está restrito para a ZC enquanto os demais estão na oceânica, Figura 11. Os dados referentes aos estudos de Alves Júnior *et al.* (2015), Webb *et al.* (2007) e Xie *et al.* (2017) constam na Tabela 46.

Tabela 46: Concentração de nutrientes em μM e $\mu\text{mol/Kg}^*$ encontradas por Alves Júnior *et al.* (2015) e Xie *et al.* (2015), respectivamente. Concentrações médias e Desvios padrões de acordo com Webb *et al.* (2007). Todos os valores se referem a região Sudeste.

Autores	Pontos	Profundidade (m)	Nitrito	Nitrato	Amônia	NID	Silicato	Fosfato	PID	
Alves Júnior <i>et al.</i> (2015)	10	54	0,04	1,27	0,02	1,33	0,18	0,17	-	
		242	0,05	8,81	0,025	8,885	3,07	0,65	-	
	11	48	0,05	0,99	0,03	1,07	0,18	0,14	-	
		609	0,04	26,46	0,03	26,53	15,42	1,76	-	
			1	0,02	1,87	0,025	1,915	0,96	0,03	-
	12	250	0,02	2,22	0,035	2,275	2,47	0,52	-	
		800	0,02	37,08	0,21	37,31	26,07	1,9	-	
1200		0,02	36,69	0,1	36,81	42,15	1,95	-		
Webb <i>et al.</i> (2007) - Valores	7	20	-	-	-	0,07	±	-	0,04	±
						0,01	-	-	0,01	-
	8	20	-	-	-	0,09 ± 0	-	-	0,01 ± 0	

médios

		10	0,015	-	-	-	0,48	-	-
		50	0,02	-	-	-	0,8	-	-
		80	0,022	-	-	-	0,85	0,05	-
		202	0,036	1,03	-	-	1,05	0,19	-
		300	0,026	7,43	-	-	2,46	0,57	-
Xie <i>et al.</i> (2015)*	Único na região SE	499	0,022	18,73	-	-	7,8	1,25	-
		637	0,02	27,31	-	-	16,03	1,78	-
		750	0,021	29,96	-	-	22,86	1,99	-
		1107	0,023	32,34	-	-	46,05	2,16	-
		2002	0,03	20,08	-	-	22,12	1,31	-
		3001	0,035	20,72	-	-	32,33	1,36	-
		3999	0,028	29,69	-	-	84,28	1,85	-
		4462	0,024	32,1	-	-	116,99	2,16	-
		4512	0,034	32,26	-	-	119,13	2,22	-

*Considerando-se que a densidade da água do mar ($1,03\text{g/cm}^3$) é próximo a unidade, os valores foram mantidos conforme unidades publicadas, pois as diferenças com a unidade padrão adotada nesta dissertação ($\mu\text{mol/Kg}$) não impedem uma comparação.

∴ Não mensurado.

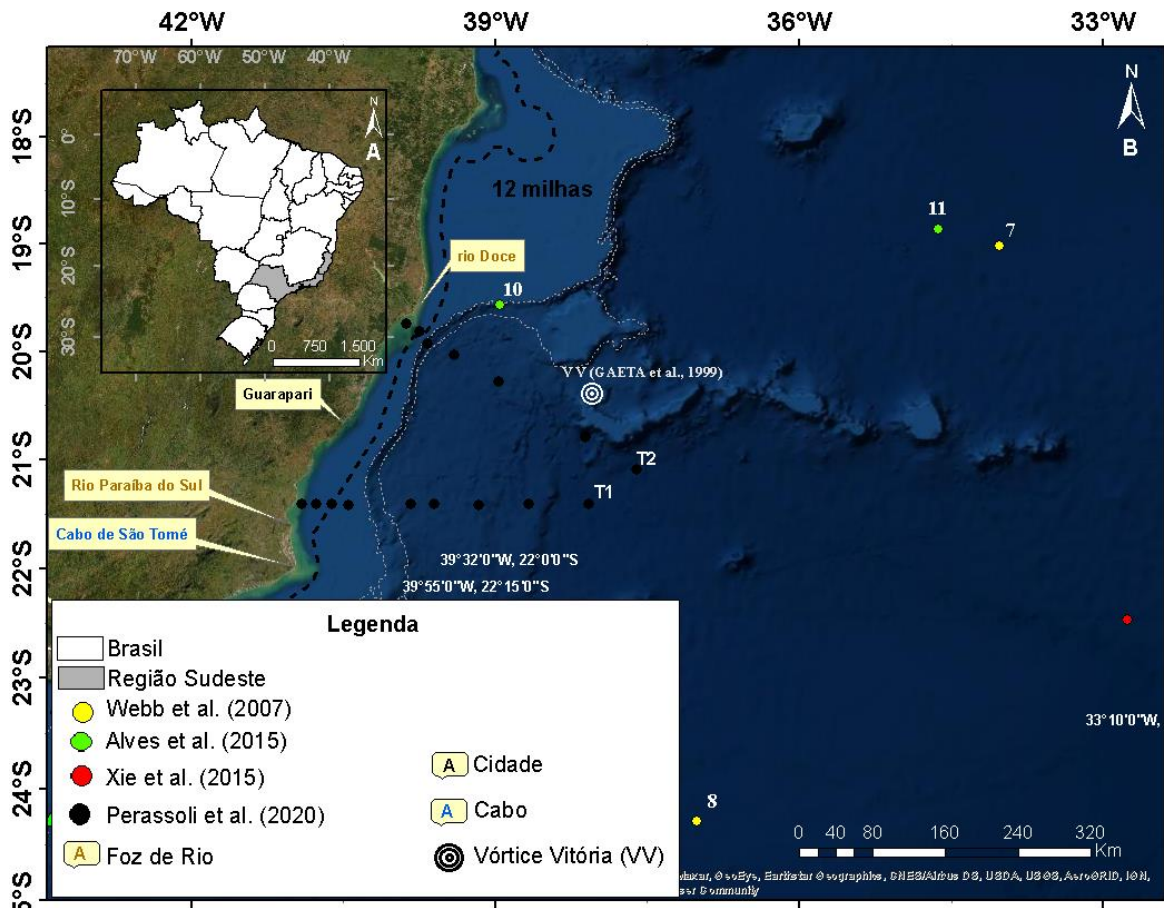


Figura 11: A: Mapa do Brasil com ênfase para os estados litorâneos da região Sudeste. B: Região oceânica do Sudeste abrangendo a área de estudo de Forde *et al.* (1994), Van Der Loeff *et al.* (1997), Gaeta *et al.* (1999), Ovalle *et al.* (1999), Andrade *et al.* (2004), Rezende *et al.* (2006), Pedrosa *et al.* (2006), Webb *et al.* (2007), Costa *et al.* (2014), Alves Júnior *et al.* (2015), Xie *et al.* (2015), Figueiredo *et al.* (2016), Suzuki *et al.* (2017), Perassoli *et al.* (2020).

Pelo estudo de Forde *et al.* (1994), nota-se que não haver núcleos de altas concentrações de nutrientes entre 18° S e 24° S, latitudes que correspondem a zona abissal do Sudeste, enquanto que Van Der Loeff *et al.* (1997) apontaram sutis sinais de ressurgência, por meio de enriquecimento por fosfato, em águas em profundidades de 12 metros aproximadamente a 35°W entre 11-20° S e 15-25° S durante distintos períodos, Figura 11.

Quanto a Gaeta *et al.* (1999), com pontos amostrais antes e depois do limite de 12 milhas, cabe ser dito que nas águas superficiais houve núcleos de maiores concentrações para nitrato e fosfato relacionados ao Vórtice Vitória (VV), 0,1 μM e 0,16 μM respectivamente. No VV, a 50 metros de profundidade alto valor para nitrato foi encontrado (0,6 a 1,5 μM), Figura 11.

Andrade *et al.* (2004) já foi citado para o capítulo anterior com concentração média de nutrientes englobando dados coletados em águas marinhas da Bahia, Espírito Santo e Rio de Janeiro, Tabela 15. Porém, é necessário acrescentar que, segundo os autores, há maior concentração de nitrato na região do Vórtice Vitória (VV) e Cabo de São Tomé (CST), Figura 11.

De acordo com Rezende *et al.* (2006), o ortofosfato esteve em maiores concentrações, além do mencionado para o capítulo anterior, em locais da desembocadura do rio Doce e Cadeia Vitória-Trindade ($>0,1 \mu\text{M}$ na primavera de 1998), no Espírito Santo, e na região do Cabo de São Tomé (CST), no Rio de Janeiro. Os locais do ES citados também apresentaram maiores concentrações de nitrito durante a primavera de 1998 ($>0,15 \mu\text{M}$). Durante o outono de 2000 o maior teor médio do nutriente foi de $0,59 \mu\text{M}$ a 200 metros, contudo na Cadeia Vitória-Trindade (CVT) e CST, esse valor é superado chegando a $0,8 \mu\text{M}$, Figura 11.

Para os mesmos locais durante a primavera de 1998, os autores encontraram também os maiores valores de nitrato, o qual excedeu a concentração média máxima para toda a área na profundidade de 200 metros (média geral = $3,86 \mu\text{M}$, concentração na CVT e CST = $4 \mu\text{M}$). Já durante outono de 2000, ainda em relação ao nitrato, além das áreas citadas houve enriquecimento do elemento no litoral centro-sul do ES. Tanto para a primavera de 1998 e outono de 2000 o silicato esteve em maiores concentrações no litoral do ES, CVT e CST, além do litoral de Salvador (BA) como foi mencionado no capítulo anterior.

Figueiredo *et al.* (2016) avaliaram as razões entre os nutrientes inorgânicos dissolvidos em 5 transectos na Bacia do Espírito Santo (BES) e Porção Norte da Bacia de Campos (PNBC), entre $18-21^\circ\text{S}$ e $41-37^\circ\text{O}$, com 8 estações em cada um. Os pontos estavam localizados na ZC e além do limite de 12 milhas náuticas. A camada de água compreendida nas isóbatas de 25, 50 e 75 foram denominadas águas de plataforma (AP), e as demais de águas oceânicas (AO). Para o transecto localizado ao norte na área amostrada, as águas de plataforma se estenderam até a isóbata de 400 m. As amostras foram coletadas no inverno de 2013 e verão de 2014, em superfície, no Pico Máximo de Clorofila e no núcleo da massa d'água observada na estação, Tabela 47, Figura 11.

Tabela 47: Concentração mínima, máxima e média com desvio padrão (DV) de nutrientes em μM encontradas por Figueiredo *et al.* (2016) em águas de plataforma (AP) e águas oceânicas (AO) da Bacia do Espírito Santo e Porção Norte da Bacia de Campos.

PID

NID

Plataforma continental	AC	2,72 ±	3,22 ±	3,91 ±	6,78 ±	0,11 ±	0,04 ±
		1,78	0,28	1,81	1,17	0,11	0,06
	AT	3,17 ±	3,04 ±	2,63 ±	4,09 ±	0,08 ±	0,09 ±
	ACAS	0,76	0,71	1,07	2,81	0,16	0,03
		3,28 ±	5,07 ±	1,95 ±	1,38 ±	0,13 ±	0,11 ±
		0,93	3,37	1,47	0,49	0,21	0,13
Região oceânica	AT	2,01 ± 4,7	2,67 ±	1,61 ± 1,8	1,53 ±	0,08 ±	0,1 ± 0,27
			1,02		6,15	0,14	
	ACAS	3,13 ±	5,78 ±	1,42 ±	2,18 ±	0,22 ±	0,17 ± 0,2
		1,26	3,5	0,87	1,39	0,23	
	AIA	8,16 ±	10,25 ±	5,72 ±	6,66 ±	0,51 ±	0,4 ± 0,26
		3,85	3,36	2,82	4,33	0,27	
	ACSP	10,82 ±	10,82 ±	14,38 ±	13,92 ±	1,36 ±	0,51 ±
		3,15	3,27	3,73	7,06	0,03	0,17

A Bacia de Campos (22°30'-22°45'S e 40°10'-40°20'O) foi estudada por Suzuki *et al.* (2017) com dados de campanhas de amostragem realizadas em período chuvoso e seco de 2009, abrangendo 72 pontos amostrais cujas coletas ocorreram em até 6 profundidades, respeitando as massas de água presentes. As concentrações médias de nutrientes para cada massa d'água constam na Tabela 49, Figura 11.

Tabela 49: Concentrações médias ± Desvio Padrão de nutrientes em µM nas massas d'água presentes na Bacia de Campos durante o período amostrado, segundo Suzuki *et al.* (2017).

ATSS: Água Tropical de Superfície. AT BCM: Água Tropical na Base da Camada de Mistura. ACAS: Água Central do Atlântico Sul. AIA: Água Intermediária Antártica. ACS: Água Circumpolar Superior. APAN: Água Profunda do Atlântico Norte.

Massa d'água	Fosfato	Nitrito	Nitrato	Silicato
AT SS	0,1 ± 0,11	0,05 ± 0,05	1,28 ± 0,75	1,37 ± 1,15
AT BCM	0,15 ± 0,11	0,1 ± 0,11	1,33 ± 0,53	1,54 ± 1,32
ACAS	0,75 ± 0,56	0,05 ± 0,04	9,45 ± 9,95	9,94 ± 16,02
AIA	1,85 ± 0,43	0,04 ± 0,03	27,48 ± 8,13	23,87 ± 7,19
ACS	1,94 ± 0,12	0,04 ± 0,02	26,49 ± 4,53	40,99 ± 7,73

APAN	1,22 ± 0,05	0,04 ± 0,02	15,04 ± 3,24	26,32 ± 3,91
------	-------------	-------------	--------------	--------------

No estudo de Pedrosa *et al.* (2006) foram consideradas coletadas realizadas na região norte e sul da Bacia de Campos (RJ), durante maio de 2002. A área identificada como norte estava situada entre 22° e 22°15'S e 39°32' e 39°55"O. A área identificada como sul estava entre 22°30' e 22°45'e 40°10' e 40°20' O. Cada região continha 6 estações, na parte norte as estações foram amostradas em 11 profundidades (organizadas de acordo com as isóbatas 1230,1330 e 1730 metros) e na parte sul em 9 profundidades (distribuídas nas isóbatas de 700, 900 e 1100 metros), Tabela 50, Figura 11.

Tabela 50: Concentrações mínimas e máximas de nutrientes em μM de acordo com Pedrosa *et al.* (2006) para região oceânica do Rio de Janeiro.

Região	Valores	Fosfato	Amônia	Nitrito	Nitrato	Silicato
Norte	Mínimo-	<0,02 -	<0,05 -	<0,02 - 0,4	0,21-27,23	0,1 - 34,45
	Máximo	2,1	0,2			
Sul	Mínimo-	<0,02 -	<0,05-	<0,02 -	0,27 -	0,38 -
	Máximo	2,6	0,26	0,21	37,76	33,87

Foi possível extrair do trabalho original os valores médios para fosfato: 0,92 μM ao norte e 0,67 μM ao sul.

Em estação fixa, próxima ao ponto 12 de Alves Júnior *et al.* (2015), na região oceânica do RJ, Bonecker *et al.* (2019) coletaram amostras de água durante o dia e a noite em um dia de período chuvoso (fevereiro de 2010), em 4 profundidades diferentes: Água Tropical (TW) (1 m), Água Central do Atlântico Sul (SACW) (250 m), Água Intermediária Antártica (AAIW) (800 m) e Água profunda circumpolar superior (UCDW) (1200 m). Seus resultados para a concentração de nutrientes constam na Tabela 51, Figura 12.

Tabela 51: Concentrações médias \pm Desvio Padrão de nutrientes em μM de acordo com Bonecker *et al.* (2019) para região oceânica do Rio de Janeiro. Água Tropical (TW); Água Central do Atlântico Sul (SACW); Água intermediária Antártica (AAIW); Água profunda circumpolar superior (UCDW).

Massa d'água	Período	Nitrato	Silicato	Ortofosfato
--------------	---------	---------	----------	-------------

TW	Noite	1,75 ± 0,54	0,78 ± 0,29	0,03 ± 0,01
	Dia	1,2 ± 0,32	0,99 ± 0,03	0,03 ± 0,01
SACW	Noite	4,17 ± 0,81	2,08 ± 0,15	0,45 ± 0,05
	Dia	3,06 ± 1	2,2 ± 0,59	0,48 ± 0,05
AAIW	Noite	30,64 ± 10,34	17,43 ± 4,71	1,67 ± 0,24
	Dia	33,46 ± 9,75	19,17 ± 4,47	1,64 ± 0,22
UCDW	Noite	37,07 ± 2,67	35,71 ± 3,06	1,9 ± 0,03
	Dia	32,47 ± 7,11	38,31 ± 6,56	1,95 ± 0,19

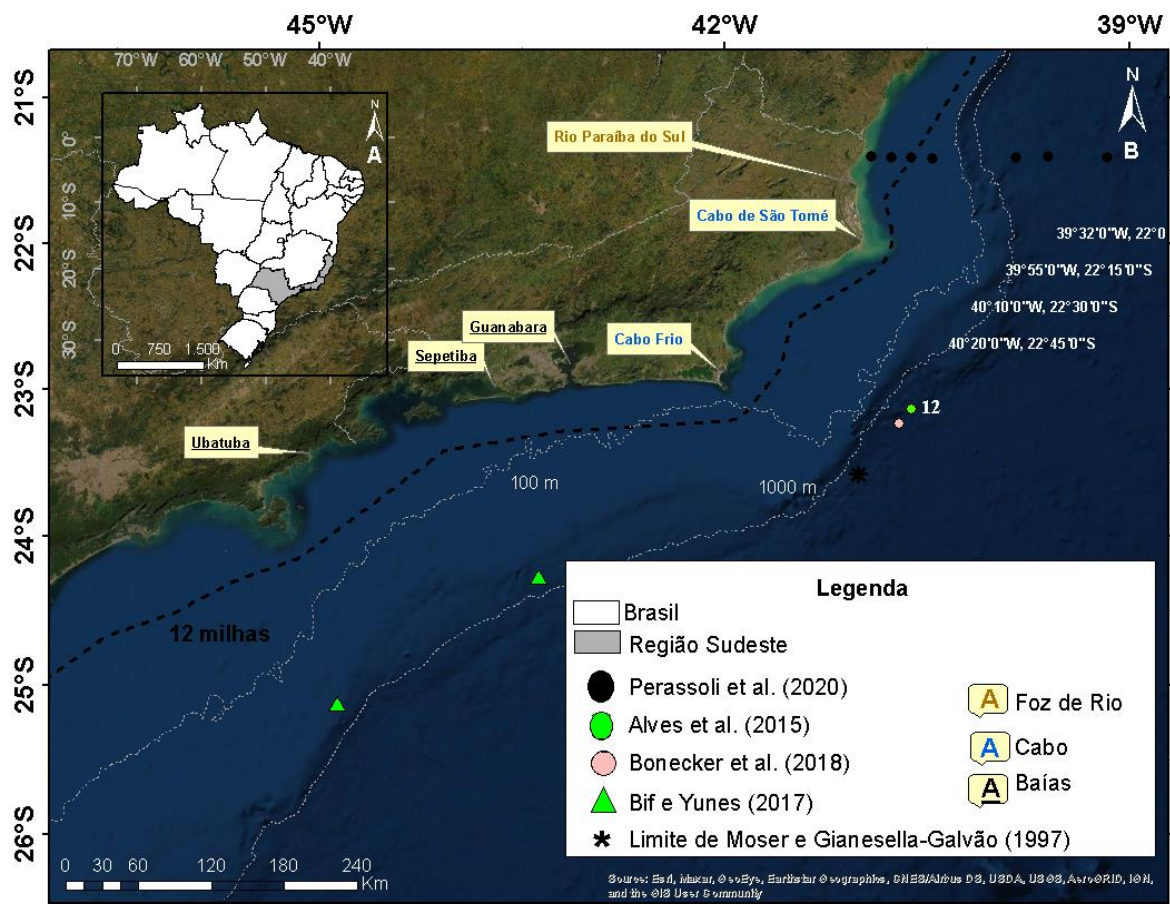


Figura 12: A: Mapa do Brasil com ênfase para os estados litorâneos da região Sudeste. B: Região oceânica do estado do Rio de Janeiro e São Paulo abrangendo a área de estudo de Brandini e Moraes (1986), Da Silva *et al.* (1988), Brandini (1990), Aidar *et al.* (1993), Metzler *et al.* (1997), Moser e Ganesella-Galvão (1997), Braga e Muller *et al.* (1998), Brandini (1998), Rodrigues *et al.* (2009), Alves *et al.* (2015), Detoni *et al.* (2016a), Moser *et al.* (2016), Ribeiro *et al.* (2016), Bif e Yunes (2017), Bonecker *et al.* (2018), Lima *et al.* (2019), Perassoli *et al.* (2020).

Bif e Yunes (2017) estudaram águas do talude, portanto região oceânica, de São Paulo e região Sul do Brasil. As amostras para o local de interesse desse capítulo (estações 1 e 2) foram feitas durante junho de 2013, a 15 metros de profundidade. Segundo os autores as estações 1 e 2 apresentaram concentrações para fosfato e NID de respectivamente, 0,1 e 0,67 μM (estação 1 ao norte); 0,12 e 1,16 μM (estação 2 ao sul), Figura 12.

Durante março de 1994, Metzler *et al.* (1997) estudaram, dentre outros parâmetros, nutrientes inorgânicos da região oceânica do estado de São Paulo e estados do sul do país. As concentrações de nitrato, fosfato e silicato para estações (1 e 61, mais próximos a costa, e 6, mais distante) que corresponderam a região oceânica de São Paulo, em transecto perpendicular a cidade de Santos, constam na Tabela 52, Figura 12.

Tabela 52: Concentrações de nitrato, fosfato e silicato em μM na região oceânica de São Paulo, de acordo com Metzler *et al.* (1997).

Estação	Profundidade	Nitrato	Fosfato	Silicato
1	10	0,16	0,14	2,98
	68	6,74	0,42	2,14
6	12	0,54	0,04	1,03
	98	0,34	0,02	1,38
61	10	0,02	0,11	-
	80	8,18	0,28	-

-: Sem dados mensurados.

Ribeiro *et al.* (2016) estudaram o Atlântico Sudoeste a partir de coletas de água realizadas entre outubro e novembro de 2013, em regiões marinhas do estado de São Paulo e estados do sul do Brasil. Os transectos estavam entre as coordenadas 25°11'S-30°52'S e longitudes 39°22'W-49°09'O. Só foi possível retirar do estudo original os resultados de nutrientes referentes ao sudeste: os autores encontraram maiores concentrações de nitrato (8,7 μM) e fosfato (1 μM) entre 50 e 100 km de distância da costa do Rio de Janeiro, mas em águas oceânicas de São Paulo, próximas ao substrato da plataforma continental, em profundidades maiores do que 150 metros; em relação a superfície, o nitrato apresentou teores próximos a zero enquanto o fosfato esteve de maneira geral superior a 0,2 μM , Figura 12.

Daqui em diante, nesse tópico, os trabalhos tratarão não somente da região oceânica do

Sudeste, podendo englobar agora tal região e/ou a plataforma continental, por vezes inserida na Zona Costeira.

A área de estudo de Moser e Giancesella-Galvão (1997) abrangia a Zona Costeira e Oceânica do RJ, através de um transecto de 101,6 km, a partir da ilha de Cabo Frio em direção ao oceano aberto, Figura 12. O transecto era composto por 9 estações amostrais, onde coletas foram realizadas a 0, 5, 10, 20, 50, 100 e 150 metros, respeitando a profundidade local, durante o verão de 1991 e inverno de 1992. Os resultados em relação a concentração de nutrientes abordados pelos autores foram:

Verão - Com a profundidade houve aumento do nitrato (de 0,5 a 7 μM), nitrito ($<0,05 \mu\text{M}$ para $>0,1 \mu\text{M}$ em estações *offshore* e para 0,4 μM a 80 metros de profundidade nas estações iniciais) e fosfato ($>0,7\mu\text{M}$ associado a ACAS e $<0,2\mu\text{M}$ a Água Tropical e Água Continental). Para silicato os máximos estiveram em meia profundidade ($>6\mu\text{M}$), superficialmente próximo a ilha ($>3\mu\text{M}$) e no fundo das mesmas estações.

Inverno - Maiores concentrações de nitrato (2,8 a 7,7 μM) e fosfato ($>0,4\mu\text{M}$) associadas a ACAS, teores de nitrito em geral baixos ($>0,15\mu\text{M}$ superficialmente e a meia coluna d'água, perto da costa). Para silicato, o nutriente esteve em maior concentração ($>4\mu\text{M}$) nos primeiros pontos amostrais, em profundidades médias, mas também apresentou teores em cerca de 3 μM próximo ao fundo da plataforma.

Moser *et al.* (2016) estudaram a plataforma continental do Rio de Janeiro e São Paulo com transectos perpendiculares a costa da baía de Guanabara (RJ), Sepetiba (RJ) e Ubatuba (SP) a partir de amostras realizadas entre junho e julho de 2010 (inverno), em 23 estações distribuídas no transecto, Figura 12. As concentrações de nutrientes encontradas em cada massa d'água de determinado local foram retiradas do artigo e se encontram na Tabela 53. A Água de Plataforma foi identificada como a massa d'água com temperatura entre 20,5°C e 23°C e salinidade entre 35 e 35,5.

Tabela 53: Concentrações de nutrientes \pm Desvio Padrão em μM nas massas d'água encontradas por Moser *et al.* (2016) em transectos perpendiculares a baía de Guanabara (RJ), Sepetiba (RJ) e Ubatuba (SP). AT: Água Tropical. AC: Água Continental. ACAS: Água Central do Atlântico Sul. AP: Água de Plataforma.

Massa d'água	Transecto	Nitrito	Nitrato	Amônio	NID	Fosfato	Silicato
--------------	-----------	---------	---------	--------	-----	---------	----------

AT	Guanabara	0,13±0,02	1,16±1,26	0,28±0,07	1,57±1,29	0,13±0,06	1,46±0,34
	Sepetiba	0,09±0,07	0,76±0,31	0,25±0,04	1,09±0,36	0,13±0,08	0,89±0,36
	Ubatuba	0,04±0,05	0,54±0,37	0,14±0,05	0,72±0,39	0,21±0,09	1,19±0,24
AC	Guanabara	1,45±0,39	6,23±0,8	4,2±1,49	11,8±2,68	0,83±0,19	10,51±2,39
	Sepetiba	0,17±0,09	0,56±0,41	0,69±0,05	1,42±0,48	0,32±0,13	4,49±1,09
	Ubatuba	0,12±0,07	1,49±0,6	0,36±0,08	1,97±0,72	0,62±0,07	3,05±2,76
ACAS	Guanabara	0,07±0,03	4,59±1,86	0,33±0,03	5±1,85	0,67±0,1	3,68±0,65
	Sepetiba	0,08±0,04	10,33±2,22	0,34±0,1	10,74±2,31	0,79±0,24	5,58±1,93
	Ubatuba	0,05±0,03	10±0,93	0,28±0,06	10,34±0,96	1,01±0,24	7,43±2,38
AP	Guanabara	0,5±0,28	3,36±1,98	1,08±1,69	4,93±2,73	0,42±0,17	5,39±1,73
	Sepetiba	0,06±0,04	0,63±0,39	0,48±0,21	1,17±0,31	0,33±0,11	2,52±1,04
	Ubatuba	0,05±0,05	1,66±1,87	0,31±0,08	2,02±1,95	0,55±0,25	2,5±2,82

Aidar *et al.* (1993) realizaram amostragem na plataforma continental (inclui ZC e oceânica) de Ubatuba, SP, durante o inverno e verão de 1985 a 1988, Figura 12. Os autores apresentaram seus resultados para cada período e massa d'água, assim como é exposto na Tabela. Para esclarecimento os autores apontam as diferentes assinaturas das massas d'água: ACAS I, localizada abaixo de 75 metros, possui características hidroquímicas típicas da ACAS (alto teor de nutrientes, baixa biomassa fitoplanctônica e baixa saturação de oxigênio). ACAS II, amostrada a cerca de 10 metros no domínio interno e 50 m no externo, é similar a ACAS I (mais clorofila-*a*). ACAS III, em profundidades de 5 a 25 m no domínio interno e até 50 m no domínio externo, é biológica e quimicamente similar a AT e AC, Tabela 54.

Tabela 54: Concentração (média \pm Desvio Padrão) de nutrientes dissolvidos em μM de massas d'água da Zona Costeira e Oceânica de Ubatuba SP, de acordo com Aidar *et al.* (1993).

Massa d'água	Época do ano	Nitrato	Nitrito	Amônio	Silicato	Fosfato
AC	Verão	0,278 \pm 0,107	0,058 \pm 0,025	0,498 \pm 0,237	1,988 \pm 0,569	0,14 \pm 0,078
	Inverno	0,533 \pm 0,24	0,137 \pm 0,012	0,38 \pm 0,127	5,04 \pm 1,288	0,347 \pm 0,102
AT	Verão	0,195 \pm 0,124	0,04 \pm 0,016	0,483 \pm 0,258	2,058 \pm 1,233	0,447 \pm 0,609
	Inverno	0,747 \pm 0,339	0,107 \pm 0,032	0,32 \pm 0,141	2,613 \pm 0,414	0,23 \pm 0,131
ACAS I	Verão	6,355 \pm 0,518	0,23 \pm 0,131	0,493 \pm 0,285	3,01 \pm 0,388	0,527 \pm 0,112
	Inverno	5,923 \pm 0,310	0,093 \pm 0,04	0,345 \pm 0,049	4,06 \pm 0,166	0,573 \pm 0,083
ACAS II	Verão	5,91 \pm 0,855	0,51 \pm 0,21	0,59 \pm 0,194	4,713 \pm 1,18	0,537 \pm 0,067
	Inverno	5,99 \pm 1,93	0,09 \pm 0,07	0,41 \pm 0,14	4,83 \pm 1,93	0,45 \pm 0,17
ACAS III	Verão	0,528 \pm 0,217	0,175 \pm 0,084	0,488 \pm 0,251	2,398 \pm 0,378	0,303 \pm 0,07

Um comparativo entre águas costeiras e oceânicas ($33^{\circ}10'W$; $23^{\circ}27,5'S$) da região de Ubatuba (SP) foi feito por Braga e Muller (1998), Figura 12. Utilizando dados de concentração de nutrientes no período entre 1991 e 1992, os autores fizeram destaque para o teor de $7,4 \mu\text{M}$ para nitrato encontrado a 300 metros de profundidade na região oceânica e para as variações de nitrato ($>12 \mu\text{M}$), fosfato (0,61 para até $1,11 \mu\text{M}$) e silicato (3 para até mais de $9,8 \mu\text{M}$) na região costeira.

A área de estudo de Detoni *et al.* (2016a) abrangia a plataforma continental externa e o talude -200 a 2000 metros de profundidade- de latitudes que compreendem a cidade de Cabo Frio (RJ) e Chuí (Rio Grande do Sul). Apesar das campanhas de amostragem terem ocorrido em diferentes estações do ano entre 2012 e 2014, as concentrações de nutrientes foram mensuradas -a 15 metros de profundidade- para condições de floração e não floração de cianobactérias, já que esse era o alvo do trabalho original, Tabela 55, Figura 12.

Tabela 55: Concentrações de nutrientes \pm Desvio Padrão em μM em condições de floração e não floração de cianobactérias, nas regiões oceânicas do Rio de Janeiro e Rio Grande do Sul, de acordo com Detoni *et al.* (2016a).

Condição	Estatística	Fosfato	NID
Sem	Média \pm DP	0,191 \pm 0,192	0,95 \pm 0,62
floração	Mín-máx	0,001 - 0,96	0,02 - 2,43
Com	Média \pm DP	0,08 \pm 0,044	0,98 \pm 0,45
floração	Mín-máx	0,001 - 0,13	0,02-1,92

O trabalho de Lima *et al.* (2019) é originado do mesmo programa de coletas descrito para Detoni *et al.* (2016a), com a diferença de terem incluído mais um cruzeiro de pesquisa realizado de maio a junho de 2012, durante o outono. As variáveis ambientais foram expostas para cada período amostrado (outono e primavera de 2012, outono de 2013, outono e primavera de 2014), porém para os dois primeiros não houve dados para concentração de nutrientes disponíveis, Figura 12. Os teores para condição de não floração da cianobactéria constam na Tabela 56.

Tabela 56: Concentração média \pm Desvio Padrão de nutrientes na profundidade de 15 metros em condição de não floração de cianobactéria, de acordo com Lima *et al.* (2019).

Nutriente	Outono de 2013	Outono de 2014	Primavera de 2014
Fosfato	0,27 \pm 0,19	0,31 \pm 1,17	0,13 \pm 0,08
NID	1,13 \pm 0,45	0,96 \pm 3,43	1,23 \pm 0,41

O artigo de Brandini e Moraes (1986) se tratava da Zona Costeira e Oceânica de São Paulo, Santa Catarina e Paraná (região Sul do Brasil), Figura 12. As amostras de água foram feitas durante o outono de 1983, na superfície de 16 pontos no total, os quais 3 deles estão na região Sudeste, no estado de São Paulo. O primeiro no limite da Zona Costeira de Santos (na isóbata de 50 metros), o segundo na região oceânica de Cananeia entre as isóbatas de 50 e 100 m e o terceiro, também na região oceânica, na isóbata de 100 m. Os dados expostos pelos autores em relação a esse ponto constam na Tabela 57, a qual é uma adaptação aos valores de concentração de fosfato apresentados em $\mu\text{g/L}$ e aqui expostos em μM .

Tabela 57: Concentração superficial em μM da Zona Costeira da região sul de São Paulo de acordo com Brandini e Moraes (1986).

Local	Fosfato	Nitrato	Silicato
Santos (50 metros)	0,001	0,024	0,166
Cananeia (entre 50 e 100 m)	0,002	0,045	0,117
Cananeia (100 metros)	0,001	0,028	0,103

No trabalho de Brandini (1988) a malha amostral cobria a Zona Costeira e oceânica de São Paulo, Paraná e Santa Catarina com 91 estações distribuídas em 12 transectos, as coletas de água foram realizadas de maio a junho de 1983, Figura 12. Como originalmente as concentrações foram expostas em $\mu\text{g/L}$, só foi possível converter os valores para fosfato e silicato, uma vez que nitrito e nitrato foram expressos conjuntamente. Sendo assim, destaca-se que na região de São Paulo o fosfato esteve em baixas concentrações na superfície ($<0,001 \mu\text{M}$) enquanto o silicato variou de 0,08 a $0,167 \mu\text{M}$.

Em Brandini (1990) os pontos amostrais foram similares aos de Brandini (1988), porém com coletas realizadas no inverno de 1982 e verão de 1983, Figura 12 e 16. Para a distribuição superficial de nutrientes, segundo os autores, durante o inverno o fosfato variou de 0,004 a $0,002 \mu\text{M}$ da ZC para a oceânica. A concentração máxima de amônia ($0,055 \mu\text{M}$) estava nas proximidades do sistema lagunar de Cananeia, mas teores inferiores a $0,029 \mu\text{M}$ foram encontrados nas Zonas Costeiras e oceânicas ao sul de Santos. As maiores concentrações superficiais de silicato estiveram nas proximidades de Santos ($>0,25 \mu\text{M}$) e Cananeia ($0,2 \mu\text{M}$) nas zonas costeiras, variando de 0,083 a $0,25 \mu\text{M}$ nas zonas oceânicas de São Paulo. Durante o verão de 1984, o fosfato variou superficialmente de $0,001 \mu\text{M}$ na zona oceânica para $0,002 \mu\text{M}$ na costeira. O silicato variou de $0,05 \mu\text{M}$ a cerca de $0,083 \mu\text{M}$, com maiores concentrações na parte costeira.

5.3.2 Zona Costeira do Sudeste: ambiente marinho sem restrição de sistemas costeiros

Ovalle *et al.* (1999), já citado para a região Nordeste, anterior tem seus resultados para pontos amostrais na ZC do ES, de 2 a 5 Km de distância da costa, apresentados na Tabela 58, Figura 13

Tabela 58: Concentração mínima, máxima e média com desvio padrão (DV) dos nutrientes em μM para ZC do Espírito Santo de acordo com Ovalle *et al.* (1999).

Estatística	Silicato	Nitrogênio amoniacoal	Nitrato	Fosfato
Mín-máx	0,55 - 6,95	* - 1,8	*	0,14 - 0,54
Médio \pm	3,18 \pm	0,9 \pm 0,5	*	0,34 \pm 0,12
DV	1,99			

*: Abaixo do limite de detecção.

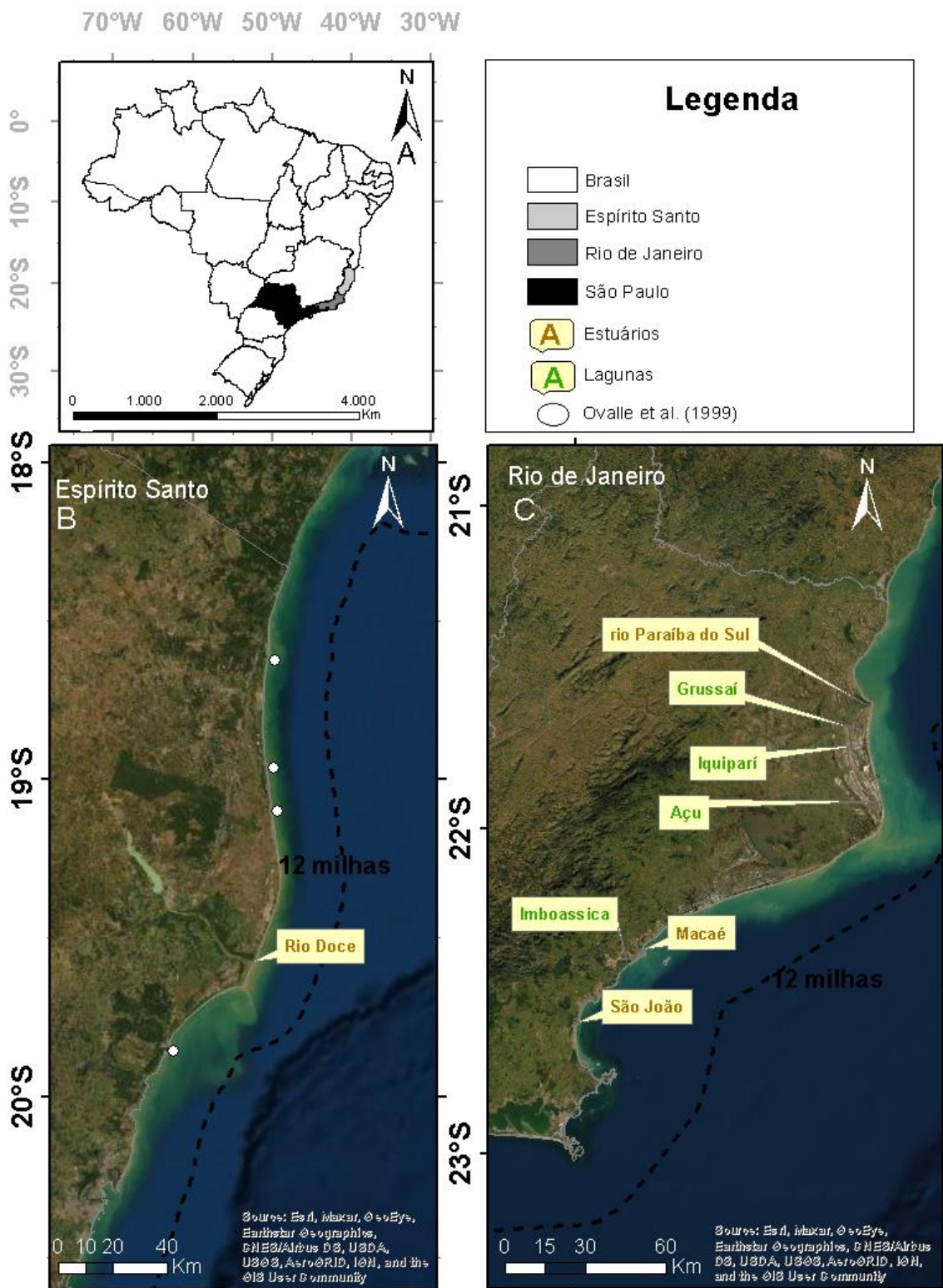


Figura 13: A: Mapa do Brasil com destaque para os estados litorâneos do Sudeste. B: Mapa de parte do litoral do Espírito Santo abrangendo estudo de Ovalle *et al.* (1999). C: Mapa de parte do litoral do Rio de Janeiro abrangendo estudos de Suzuki *et al.* (1998), Suzuki *et al.* (2002), Kozlowsky-Suzuki e Bozelli (2004), Chagas e Suzuki (2005), Kruger *et al.* (2006), Branco *et al.* (2007), Melo *et al.* (2007), Araújo *et al.* (2017).

Costa *et al.* 2014 estudaram nutrientes em águas da Zona Costeira nas proximidades de um recife artificial marinho localizado a 12 km da cidade de Guarapari – ES, Figura 11. As campanhas para coleta aconteceram em 2005, 2006 e 2007. Segundo os autores a variação da concentração de nutrientes foi mais significativa entre as campanhas, e por isso na Tabela 59 constam os dados apresentados similarmente ao estudo original.

Tabela 59: Concentrações mínimas, máximas e médias com desvio padrão (DV) em μM encontradas por Costa *et al.* (2014) na Zona Costeira de Guarapari, ES.

Campanhas	Estatística	Ortofosfato	Nitrito	Nitrato	Sílica reativa
abr/05	Mín-máx	0,03-0,20	0,23-0,56	2,60-5,59	0,74-13,90
	Médio \pm DV	0,11 \pm 0,05	0,35 \pm 0,07	3,72 \pm 0,56	3,09 \pm 2,68
	Mín-máx	0,03-0,2	-	0,48-1	37,56- 172,23
set/05	Médio \pm DV	0,07 \pm 0,04	0,13 \pm 0,05	0,76 \pm 0,16	74,61 \pm 32,08
	Mín-máx	0,15-1,38	0,31-0,54	8,58- 31,41	2,74-8,38
	Médio \pm DV	0,37 \pm 0,25	0,4 \pm 0,06	15,46 \pm 7,05	5,12 \pm 1,58
abr/06	Mín-máx	0,08-1,51	0,06-0,34	4,55-9,29	0,17-4,61
	Médio \pm DV	0,25 \pm 0,29	0,16 \pm 0,07	6,06 \pm 1,28	2,04 \pm 1,31
	Mín-máx	0,33-1,79	0,24-0,89	5,39- 16,58	4,14-40,15
jul/06	Médio \pm DV	1,19 \pm 0,26	0,52 \pm 0,24	9,25 \pm 3,56	12,07 \pm 7,43
	Mín-máx	0,76-1,32	0,14-0,72	2,68-5,27	15,21- 31,74
	Mín-máx				

	Médio	±	1 ± 0,14	0,36 ±	3,97 ±	21,15 ±
	DV			0,13	0,67	4,26
	Mín-máx		0,35-0,76	0,04-0,86	1,26-2,07	9,67-24,78
jan/07	Médio	±	0,49 ± 0,09	0,13 ±	1,48 ±	14,8 ± 3,83
	DV			0,16	0,18	
	Mín-máx		0,02-1,41	0,45-0,86	10,06-21,4	1,18-16,41
abr/07	Médio	±	0,31 ± 0,26	0,58 ±	15,47 ±	5,12 ± 4,45
	DV			0,14	2,5	

-: Valor abaixo do limite de detecção de 0,02 µM.

O trabalho de Da Silva *et al.* (1988) foi baseado em campanhas que ocorreram em outubro de 1984, janeiro de 1985 e março de 1985, com coletas em 0, 5, 15 e 30 metros de profundidade em 10 pontos na região costeira sul da ilha de Cabo Frio (Ponto 1) à área externa da Baía de Guanabara (Ponto 10), estado do Rio de Janeiro, Figuras 12 e 14. Os resultados expostos pelos autores foram:

Para operação de outubro de 1984 - Fosfato em geral entre 0,7 e 1,1 µM e nitrato entre 9 e 12 µM em águas frias. Diminuição das concentrações em águas superficiais próximas a cidade do Rio de Janeiro, nas estações 8, 9 e 10, cujos valores foram respectivamente, em cada estação, de 0,81 µM, 0,56 µM, 0,60 µM para fosfato e 7,65 µM, 7,88 µM e 7,3 µM para nitrato. O silicato apresentou mesmo padrão do descrito anteriormente, de 6 a 7 µM em água fria para 4 a 6 µM nas estações 8, 9 e 10. Já nitrito (<0,3 µM) e amônia (0,6 µM) apresentaram baixas concentrações.

Para operação de janeiro de 1985 - Fosfato e nitrato apresentaram perfil crescente com a profundidade. Para fosfato houve mínimos de 0,31 e 0,51 µM em superfície e máximos de 0,8 e 1 µM no fundo, próximo a Cabo Frio; para nitrato os mínimos em superfície estiveram no último ponto amostral da cidade do Rio de Janeiro (0,08 µM) e na cidade de Cabo Frio (2,15 µM), e máximos em profundidade (4,77 a 9,71 µM) nos mesmos locais. O silicato apresentou variação de 1,83 a 7,34 µM, em superfície (ponto 5) e a 30 metros (ponto 3). Nessa campanha o nitrito (0,01 a 1,01 µM) e amônia (0,35 a 0,73 µM) também não apresentaram concentrações expressivas.

Para a operação de março de 1985 - O fosfato variou de 0,4 a 0,96 µM. O nitrato esteve, em geral, menor do que 1 µM, com máximos na profundidade de 15 metros (entre 1 e 3,07 µM).

Baixos teores de silicato foram observados, variando entre 1,73 e 5,59 μM na estação 7 e 5, respectivamente. Já nitrito e amônia também não foram significativos nessa campanha, pois suas concentrações não superaram 1 μM .

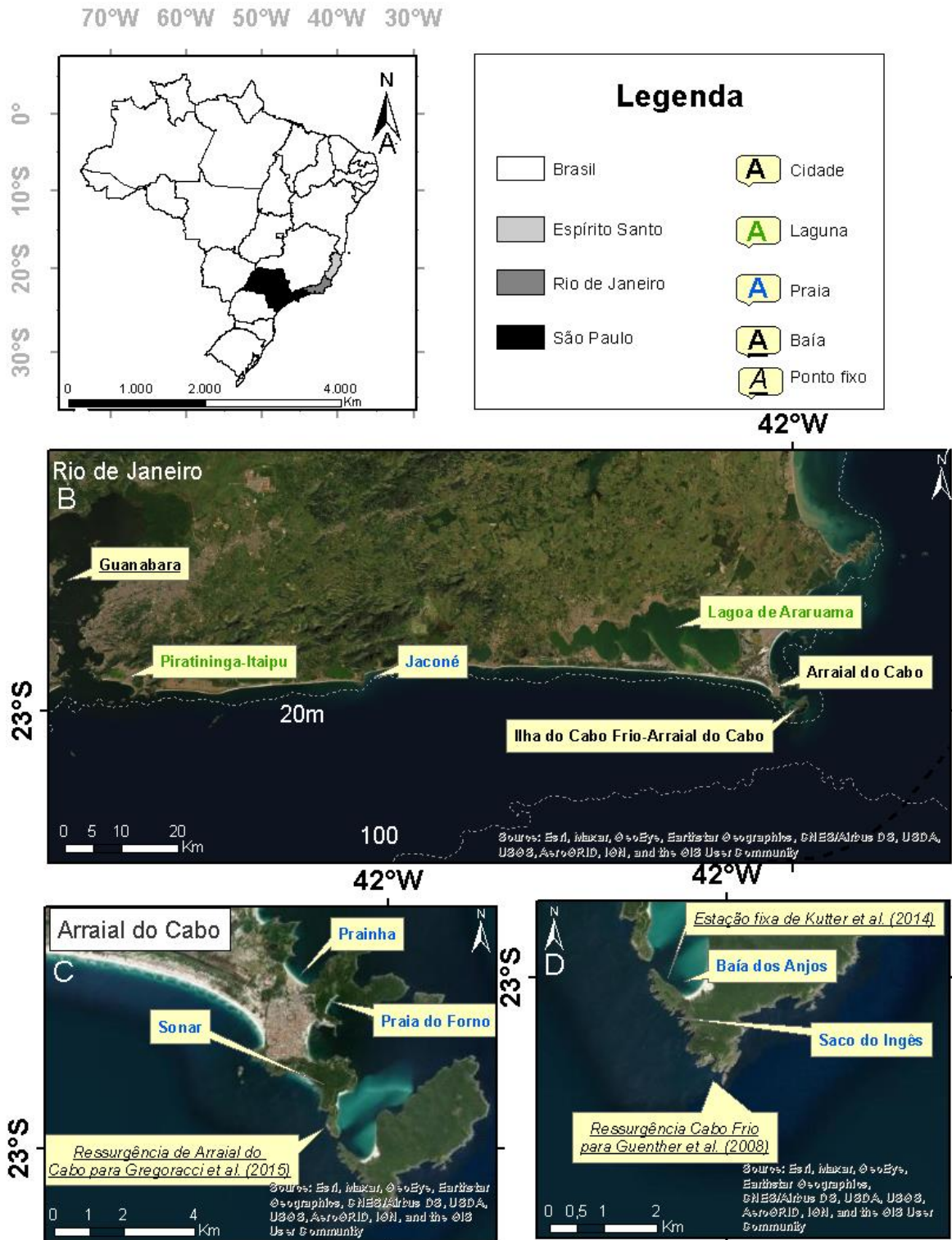


Figura 14: A: Mapa do Brasil com destaque para os estados litorâneos da região Sudeste. B: Parte do litoral do estado do Rio de Janeiro abrangendo área de estudo de Da Silva *et al.* (1988), Kjerve *et al.* (1997), Souza *et al.* (2003), Gregoracci *et al.* (2012), Cerda *et al.* (2013), Cotovicz

Júnior *et al.* (2015), Leles *et al.* (2018), Viana *et al.* (2019) e Vicente *et al.* (2021). C: Mapa aproximado de Arraial do Cabo, RJ, abrangendo área de estudo de De Guimaraens e Coutinho (2000), Godoy *et al.* (2013) e Gregoracci *et al.* (2015). D: Mapa aproximado de parte de Arraial do Cabo, RJ, com foco para Ilha do Cabo Frio, abrangendo área de estudo de Gonzalez-Rodriguez e Maestrini (1984), Valentin *et al.* (1984), Valentin *et al.* (1987), Guenther *et al.* (2008), De oliveira *et al.* (2012), Fernandes *et al.* (2017) e Kutter *et al.* (2014).

De Guimaraens e Coutinho (2000) estudaram a ressurgência da ilha de Cabo Frio (RJ), com amostragem de água durante julho de 1988 e outubro de 1990 em 3 diferentes locais sob distintas influências da ressurgência: Forno (Praia do Forno, local abrigado e com alcance esporádico da ressurgência), Sonar (localizado sob influência principal da ressurgência e a sudoeste da ilha de Cabo Frio) e Jaconé (afetado pelas águas advectadas da ressurgência e a 50 Km a oeste da ilha de Cabo Frio), Figura 14. As concentrações médias e desvios padrões (\pm) em μM , de fosfato nas regiões, seguindo a ordem descrita anteriormente, foram: $0,002 \pm 0,003$; $0,004 \pm 0,002$; $0,005 \pm 0,003$.

Valentin *et al.* (1987) no intuito de estudar a ressurgência de Cabo Frio, RJ, realizaram amostras entre abril e maio de 1975 em 11 pontos equidistantes, formando um transecto de cerca de 11 km orientado para sudeste da ilha de Cabo Frio, Figura 14. Os valores de concentrações de nutrientes que puderam ser extraídos do artigo serão mencionados a seguir.

Maiores valores de nitrato variaram de 0,08 a 0,16 μM e de fosfato 0,005 a 0,01 μM , em camadas abaixo da termoclina. Na porção de água acima, os teores foram menores do que 0,03 para nitrato e menores do que 0,003 para fosfato. Já o amônio variou de 0,01 a 0,08 μM e estavam em maiores concentrações nas estações mais externas à ilha.

Fernandes *et al.* (2017) avaliaram a região de Cabo Frio (RJ) a partir de dados coletados no local, a 1 metro de profundidade, de janeiro de 1995 a dezembro de 2009, Figura 14. Na Tabela 60 está a concentração média geral que consta no referido estudo.

Tabela 60: Concentrações médias \pm Desvio Padrão (DP), mínimas e máximas de nutrientes em μM em Cabo Frio (RJ) de acordo com Fernandes *et al.* (2017) entre janeiro/95 e dezembro/09.

Estatística	Nitrito	Nitrato	Amônia	Fosfato
Média \pm	$0,08 \pm 0,09$	$0,64 \pm 0,94$	$1,3 \pm 0,83$	$0,25 \pm$
DP				$0,19$

Mín-máx 0 - 1 0 - 10,19 0,07 - 7,85 0 - 3,69

Ainda em relação a ressurgência de Cabo Frio, RJ, Valentin *et al.* (1984) realizaram coletas de água em superfície, a 1, 15, 30 e 50 metros da coluna d'água em uma estação fixa de 60 metros de profundidade no total, localizada a sudoeste da ilha. (mesmo ponto de Guenther *et al.*, 2008), Figura 14. As amostragens aconteceram entre fevereiro de 1973 e fevereiro de 1974.

Segundo os autores, máximas concentrações de nitrato ($>0,242 \mu\text{M}$) estiveram frequentes no fundo durante os meses de fevereiro. Porém, por volta de outubro a abril há diminuição dos teores (de $0,08\text{-}0,242 \mu\text{M}$ a 50 metros e de $0,081\text{-}0,16 \mu\text{M}$ na superfície), havendo decaimento ainda maior entre períodos de ressurgência a depender de sua intensidade ($<0,016 \mu\text{M}$). De maio a setembro os valores em superfície são baixos, não excedendo $0,161 \mu\text{M}$ em maiores profundidades. Com concentrações geralmente baixas (máximos variando de $0,0053$ e $0,01 \mu\text{M}$), os autores consideraram que as oscilações temporais do fosfato foram menos evidentes. Destacaram ainda que os teores mínimos estiveram em torno de $0,003$ e $0,004 \mu\text{M}$, com pouca variação. Contrário ao nitrato e fosfato, o silicato esteve alto no verão, onde apresentou valores máximos. Os teores para o nutriente variaram geralmente de $0,083$ a $0,167$, mas esteve acima de $0,25 \mu\text{M}$ na profundidade de 50 metros. Os núcleos de maiores concentrações de nitrito ($>0,021 \mu\text{M}$) foram observados quando ocorria a ressurgência da água, em camada subsuperficial.

Guenther *et al.* (2008) coletaram água (no mesmo ponto de Valentin *et al.*, 1984), em superfície e a 40 metros de profundidade de uma estação fixa (extremo sul da ilha de Cabo Frio) em fevereiro de 2002, Figura 14. Assim como no trabalho original, na Tabela 61 constam os teores de nutrientes para superfície e a 40 metros de profundidade durante o *downwelling* (movimento descendente de água) e *upwelling* (movimento ascendente de água).

Tabela 61: Concentração média \pm Desvio Padrão de nutrientes em μM durante eventos de *downwelling* e *upwelling* em Cabo Frio (RJ) de acordo com Guenther *et al.* (2008) em fevereiro de 2012.

Profundidade	Evento	Nitrito	Nitrato	Amônia	Fosfato	Silicato
Superfície	<i>Downwelling</i>	$0,03 \pm$	$0,34 \pm$	$0,96 \pm$	$0,18 \pm$	$2,22 \pm$
		0,01	0,08	0,17	0,04	0,71

40 metros	<i>Upwelling</i>	0,23 ± 0,08	3,36 ± 1,66	1,41 ± 0,41	0,49 ± 0,09	4,26 ± 1,43
		0,34 ± 0,07	5,98 ± 1,19	1,03 ± 0,2	0,54 ± 0,23	6,19 ± 0,97
	<i>Upwelling</i>	0,23 ± 0,06	8,14 ± 0,9	1,06 ± 0,26	0,71 ± 0,08	6,27 ± 1,14

Em janeiro de 2012, Gregoracci *et al.* (2015) estudaram os primeiros dias de ressurgência em Arraial do Cabo, RJ, a partir de coletas a 0,5 metros de profundidade, Tabela 62, Figura 14.

Tabela 62: Concentração média ± Desvio Padrão (DP) de nutrientes durante a ressurgência de Arraial do cabo (RJ), de acordo com Gregoracci *et al.* (2015)

Dia de amostragem	Estatística	Nitrito	Nitrato	Amônia	Fosfato	Silicato
18/01/2012	Média ±	03 ± 0,01	4,27 ±	5,44 ±	0,6 ±	3,93 ±
	DP		0,2	9,15	0,01	0,09
19/01/2012	Média ±	0,27±0,01	7,17 ±	0,26 ±	0,86 ±	5,14 ±
	DP		0,57	0,03	0,01	0,01
20/01/2012	Média ±	0,23 ± 0	7,73 ±	0,25 ±	0,88 ±	16,87 ±
	DP		0,17	0,06	0,01	0,06

A ZC de São Paulo foi avaliada por Giancesella-Galvão *et al.* (1997) em estudo englobando o litoral de São Sebastião à isóbata de 50 metros, por meio de amostras realizadas em 47 pontos, durante fevereiro de 1994, Figura 15. Os pontos estavam distribuídos de sul a norte em 7 transectos que não extrapolaram o limite da Zona Costeira.

Em relação a amônia, o nutriente esteve em maiores concentrações na parte norte da área, principalmente nas proximidades da costa com máximo de 2,7 µM, e em menores ao sul, com teores abaixo de 0,5 µM. Um núcleo com maiores concentrações (superiores a 1,5 µM) foi observado ao sul da ilha de São Sebastião em meia coluna d'água, profundidade onde também se observou núcleos de nitrato. O nitrato e nitrito apresentaram padrões semelhantes, variando respectivamente de 0 a 8,1 µM e de 0 a 0,9 µM. Superficialmente o fosfato foi pouco significativo (abaixo de 0,1 µM), mas em profundidades maiores, cerca de 50 m, os teores

variaram entre 0,3 e 0,75 μM e estiveram associados a ACAS. Até os 25 metros de profundidade, o silicato não variou verticalmente de forma significativa, com padrão crescente em relação a costa (máximo de 9,19 μM). Na profundidade de 50 m o silicato variou entre 3 e 6 μM .

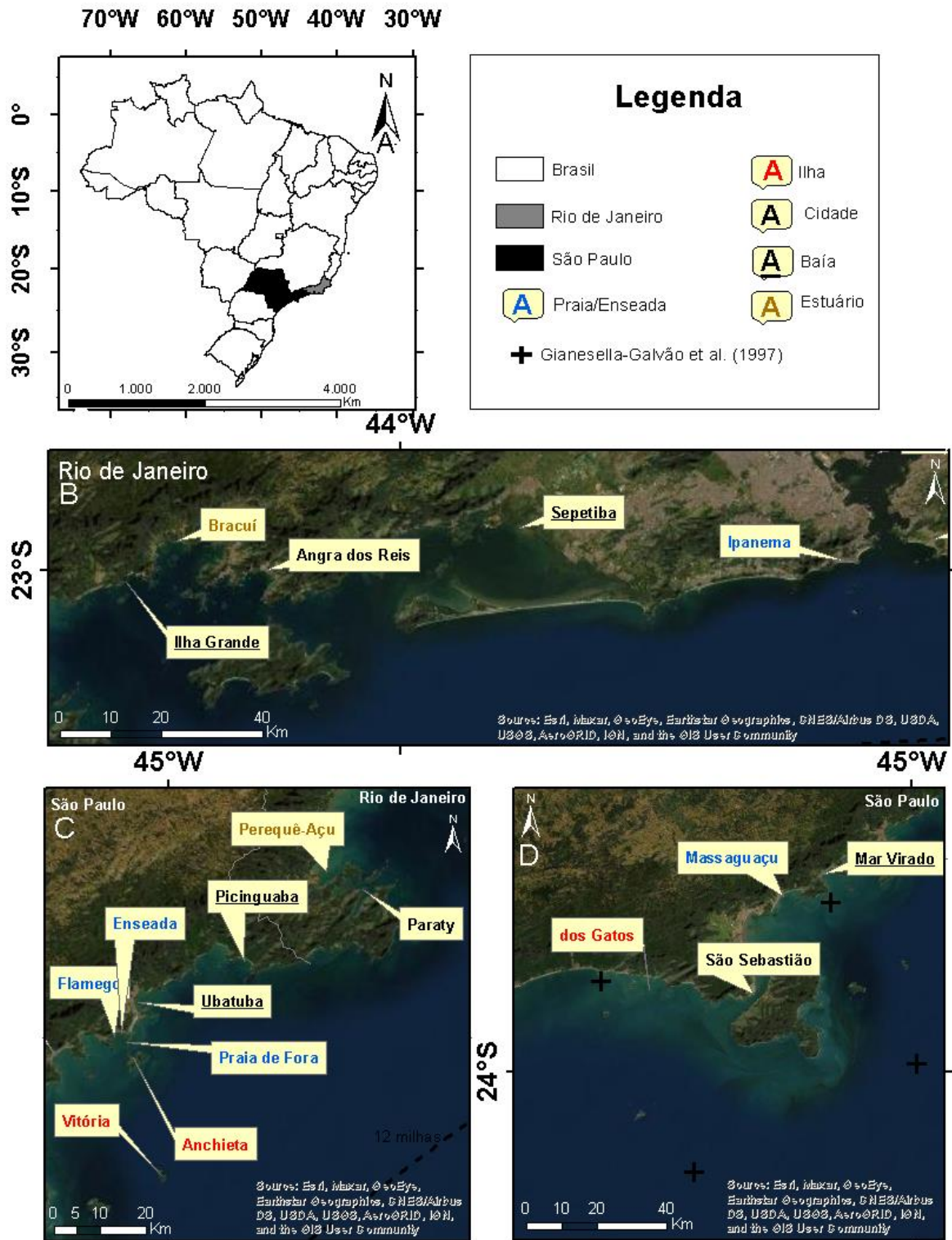


Figura 15: A: Mapa do Brasil com ênfase para os estados do Rio de Janeiro e São Paulo. B: Parte do litoral do Rio de Janeiro abrangendo áreas de estudo de De Luca *et al.* (1991),

Rodrigues *et al.* (2009), Castelar *et al.* (2014), Araújo *et al.* (2017) e Barrera-Alba *et al.* (2019). C: Mapa aproximado do litoral de sul do Rio de Janeiro e norte de São Paulo abrangendo áreas de estudo de Teixeira (1973), Teixeira (1979), Braga (1999), Povinec *et al.* (2008), Castelar *et al.* (2014), Araújo *et al.* (2017) e Penninck *et al.* (2021). D: Mapa aproximado do litoral de São Paulo abrangendo áreas de estudo de Giancesella-Galvão *et al.* (1997), Giancesella e Saldanha-Corrêa (2003), Povinec *et al.* (2008) e Penninck *et al.* (2021).

Giancesella e Saldanha-Corrêa (2003) fizeram distinção hidroquímica entre as massas d'água (AC e ACAS) da plataforma interna do litoral de São Sebastião, SP, e o Canal de São Sebastião (CSS) durante verão de 1994 e primavera de 1997, Figura 15. Os pontos amostrais estavam na Zona Costeira, com transectos perpendiculares a costa em direção ao oceano, abrangendo desde Mar Virado a Ilha dos Gatos. Os dados para nutrientes encontrados pelos autores se encontram na Tabela 63.

Tabela 63: Concentração média \pm Desvio Padrão (DP), mínima e máxima (Mín-Máx), em μM , de nutrientes na Zona Costeira ao norte e sul da ilha e São de São Sebastião, SP, de acordo com Giancesella e Saldanha-Corrêa (2003).

Período	Massa d'água/ Local	Estatística	Nitrato	Nitrito	Amônia	Fosfato	Silicato
Verão 1994	AC	Média \pm DP	1,55 \pm 1,28	0,09 \pm 0,13	0,71 \pm 0,55	0,15 \pm 0,11	4,14 \pm 1,89
		Mín-Máx	0 - 7,55	0 - 0,91	0 - 2,97	0 - 0,64	0,39 - 9,19
	ACAS	Média \pm DP	3,56 \pm 2,16	0,41 \pm 0,15	0,62 \pm 0,42	0,49 \pm 0,13	4,3 \pm 1,05
		Mín-Máx	0,05 - 8,11	0 - 0,61	0 - 2,2	0,18 - 0,75	2,54 - 6,78
	CSS	Média \pm DP	1,78 \pm 0,69	0,1 \pm 0,11	0,89 \pm 0,6	0,13 \pm 0,13	5,34 \pm 0,84
		Mín-Máx	0,59 - 3,23	0,02 - 0,54	0 - 2,15	0 - 0,58	3,92 - 6,77
Primavera 1997	AC	Média \pm DP	0,37 \pm 0,68	0,06 \pm 0,06	0,23 \pm 0,18	0,22 \pm 0,1	5,18 \pm 3,33
		Mín-Máx	0 - 3,64	0,01 - 0,5	0 - 0,91	0,05 - 1,08	0,32 - 25,57
	ACAS	Média \pm DP	4,55 \pm 2,07	0,21 \pm 0,15	0,25 \pm 0,19	0,53 \pm 0,15	6,32 \pm 2,43
		Mín-Máx	0 - 7,34	0,01 - 0,66	0,02-0,96	0,11 - 0,74	0,59 - 14,27
	CSS	Média \pm DP	0,44 \pm 0,61	0,08 \pm 0,05	0,24 \pm 0,12	0,34 \pm 0,18	5,48 \pm 1,66

Mín-Máx 0 - 1,77 0,03 - 0,19 0,09 - 0,49 0,2 - 1,08 3,18 - 10,72

Na primavera de 2013, verão de 2014, inverno de 2014 e verão de 2015 a entrada da Baía de Santos, o Parque Estadual Marinho de Lage dos Santos (PEMLS) e a região intermediária entre os dois pontos foi estudada por Braga *et al.* (2017); toda a área está contida na Zona Costeira do estado de São Paulo, Figura 16. Os dados relatados pelos autores se encontram na Tabela 64.

Tabela 64: Concentração mediana, mínima e máxima em μM na região marinha compreendida entre a Baía de Santos e o Parque estadual Marinho de Lage dos Santos, de acordo com Braga *et al.* (2017).

Período	Estatística	Fosfato	Silicato	N-amoniacoal	Nitrito	Nitrato
Primavera de 2013	Mín-máx	0,15 - 0,73	1,47 - 13,19	0,06 - 3,08	0,02 - 0,63	0,04 - 7,23
	Mediana	0,39	5,52	0,31	0,06	0,18
Verão de 2014	Mín-máx	0,01 - 1,23	1,11 - 11,75	0,95 - 9,86	0,03 - 0,41	0,06 - 7,56
	Mediana	0,35	3,45	1,75	0,05	0,28
Inverno de 2014	Mín-máx	0,19 - 1,23	2,33 - 13,67	0,01 - 2,73	0,08 - 2,41	0,01 - *
	Mediana	0,25	4,95	0,08	0,15	0,05
Verão de 2015	Mín-máx	0,05 - 0,6	0,3 - 15,86	0,2 - 1,01	0,03 - 0,46	0,1 - 2,23
	Mediana	0,16	3,4	0,44	0,15	0,15

* Não foi possível extrair dado numérico do artigo. Sabe-se, porém, que o valor máximo para nitrato no inverno de 2014 foi encontrado próximo ao continente em profundidade de 17 m.

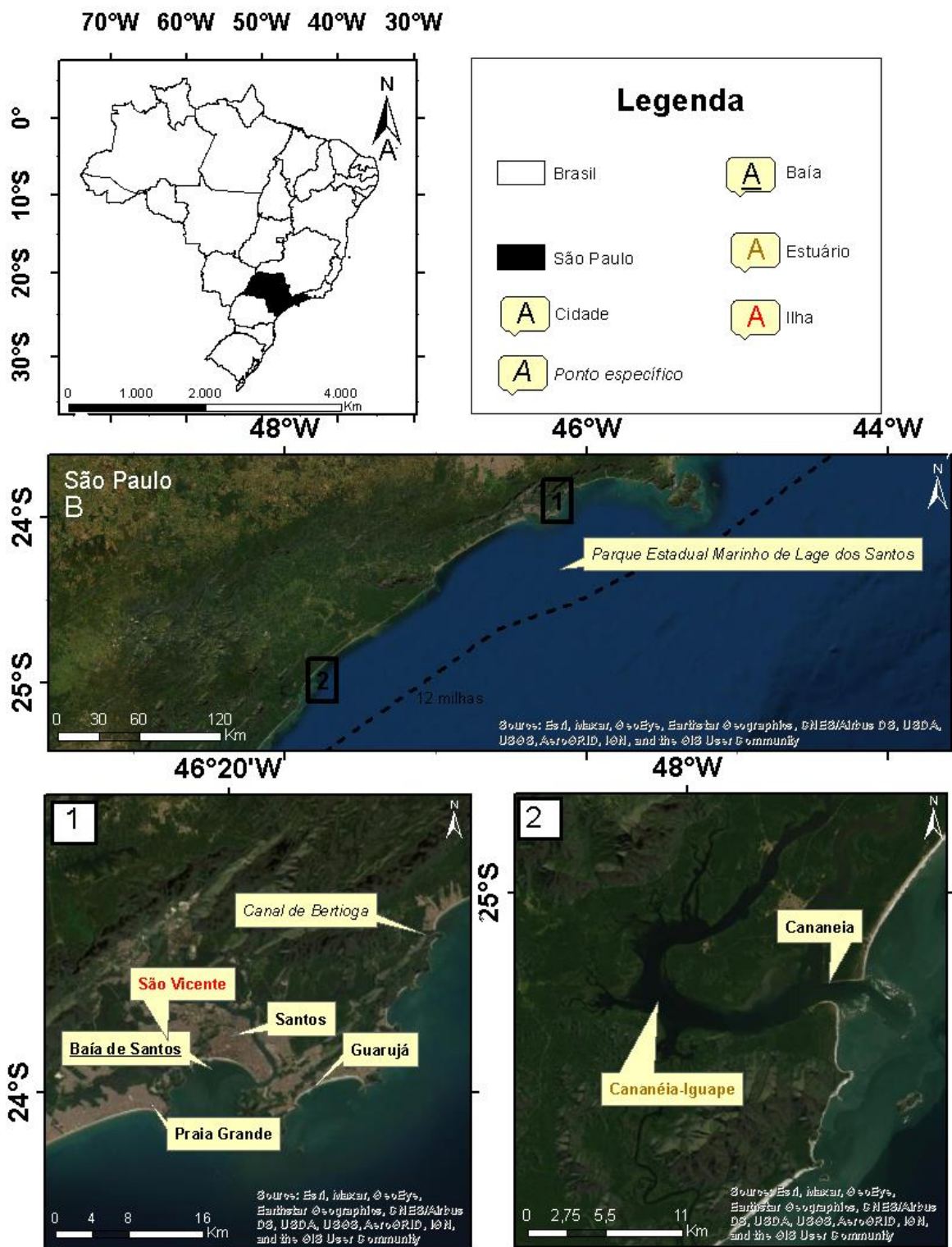


Figura 16: A: Mapa do Brasil com ênfase para o estado de São Paulo. A: Mapa aproximado de parte do litoral do estado de São Paulo englobando área de estudo de Braga *et al.* (2017). 1: Mapa aproximado de parte do litoral norte de São Paulo abrangendo áreas de estudo de Brandini (1990), Braga *et al.* (2000), Moser *et al.* (2004), Giancesella *et al.* (2005), Braga *et al.* (2017). 2: Mapa aproximado de parte do litoral sul de São Paulo abrangendo áreas de estudos de Braga e Chiozzini (2008).

Povinec *et al.* (2008) estudaram a região de Ubatuba, São Paulo, através de coletas de água em superfície (2 metros) e fundo (1 metro acima do substrato), Figura 15. Uma campanha ocorreu em 2002 e outra em 2003, a primeira com foco nas enseadas e a segunda em regiões mais distantes, mas que não ultrapassaram o limite da ZC.

O transecto A estava localizado na enseada de Mar Virado, o B entre o limite norte de Mar Virado e Ilha Vitória, o C entre o limite sul da enseada e sul da ilha. O transecto T estava entre sul de Mar virado e a enseada de Massaguaçu. O PB estava restrito a Baía de Picinguaba, o FB compreendeu a enseada Flamengo e localidades *offshore*. O V se tratou de estações no entorno da ilha Vitória. Apesar dos autores terem expostos seus dados para cada ponto amostral, a título de síntese somente valores médios e medianos serão aqui apresentados (Tabela 65).

Tabela 65: Concentração média, Desvio Padrão (DP) e mediana de nutrientes, em μM , na região de Ubatuba, SP, de acordo com Povinec *et al.* (2008). A: enseada de Mar Virado. B entre o limite norte de Mar Virado e Ilha Vitória. C: limite sul da enseada e sul da ilha. T: entre sul de Mar virado e a enseada de Massaguaçu. PB: restrito a Baía de Picinguaba. FB: enseada Flamengo e localidades *offshore*. V: entorno da ilha Vitória

Período	Transecto	Estatística	Fosfato	Silicato	Nitrato	Nitrito	
Agosto de 2002	A	Média \pm DP	0,71 \pm 0,14	6,948 \pm 0,682	0,27 \pm 0,029	0,064 \pm 0,036	
		Mediana	0,74	6,74	0,28	0,05	
	B	Média \pm DP	0,65 \pm 0,057	6,515 \pm 0,53	0,27 \pm 0,085	0,1 \pm 0,085	
		Mediana	0,65	6,515	0,27	0,1	
	C	Média \pm DP	0,56 \pm 0,08	6,484 \pm 1,172	0,224 \pm 0,077	0,12 \pm 0,1	
			Mediana	0,55	6,52	0,22	0,07
		T	Média \pm DP	0,696 \pm 0,079	6,356 \pm 0,817	0,152 \pm 0,045	0,116 \pm 0,036
			Mediana	0,71	6,65	0,13	0,11
	Novembro de 2003	PB	Média \pm DP	0,33 \pm 0,088	6,53 \pm 1,82	0,229 \pm 0,237	0,065 \pm 0,05
			Mediana	0,34	6,25	0,115	0,05
		FB	Média \pm DP	0,21 \pm 0,08	3,96 \pm 1,62	0,22 \pm 0,139	0,062 \pm 0,034
			Mediana				

	Mediana	0,18	3,595	0,255	0,07
V	Média ± DP	0,176 ± 0,08	5,83 ± 3,412	0,23 ± 0,19	0,056 ± 0,037
	Mediana	0,18	4,53	0,19	0,03

A partir de uma amostragem em um ponto fixo da Zona Costeira de Ubatuba, SP, Penninck *et al.* (2021), obtiveram dados de nutrientes. A coleta foi realizada especificamente na isóbata de 25 metros entre a ilha de Mar Virado e Anchieta, em fevereiro de 2019. As concentrações médias de nitrito, nitrato, fosfato e silicato na superfície foram, respectivamente, 0,08 µM, 0,6 µM, 0,18 µM e 5,44 µM. E no fundo foram: 0,93 µM, 3,16 µM, 0,64 µM e 10 µM (Figura 15).

5.3.3 Sistemas costeiros do Sudeste: baías, praias, lagunas, estuários

Os estudos a seguir tratarão a respeito de baías do estado do Rio de Janeiro e São Paulo.

De Oliveira *et al.* (2012) utilizaram dados de estudos realizados entre julho de 1999 e junho de 2007, com amostras coletadas a 0,5 metros de profundidade em ponto fixo da Baía da Ilha de Cabo Frio, Rio de Janeiro, Figura 14. Os teores de nutrientes foram apresentados em panorama geral, como exposto na Tabela 66.

Tabela 66: Concentrações médias ± Desvio Padrão, mínimas e máximas de nutrientes em µM na Baía de Cabo Frio, RJ, de acordo com De Oliveira *et al.* (2012).

Estatística	Nitrito	Nitrato	Fosfato	Amônio
Média ± DP	0,1 ± 0,08	0,7 ± 0,97	0,3 ± 0,21	1,2 ± 0,79
Mínima- máxima	0 - 0,6	0 - 10,2	0 - 3,7	0,1 - 7,8

Kutter *et al.* (2014) estudaram o mesmo ponto de De Oliveira *et al.* (2012) nos seguintes intervalos anuais: 2003 a 2005 e 2008 a 2009. Amostras foram coletadas em águas superficiais e inferiores de uma estação fixa da baía, Figura 14. As concentrações médias anuais e os desvios padrões de nutrientes foram 0,21 ± 0,1; 0,08 ± 0,1; 0,74 ± 1,6; 1,27 ± 1,1 µM para fosfato, nitrito, nitrato e amônio respectivamente. As maiores concentrações médias para cada período e camada amostrada se encontram na Tabela 67.

Tabela 67: Concentrações médias \pm Desvio Padrão (DP) de nutrientes em μM na Baía de Cabo Frio, RJ de acordo com Kutter *et al.* (2014).

Maior concentração média do período \pm Desvio Padrão					
Período amostrado	Camada	Fosfato	nitrato	Nitrito	Amônio
set/03 a jan/05	Superficial	0,21 \pm 0,1	0,53 \pm 0,5	0,05 \pm 0,03	1 \pm 0,6
	Inferior	0,25 \pm 0,1	0,49 \pm 0,4	0,07 \pm 0,05	1,5 \pm 1,9
Abr/08 a jun/09	Superficial	0,19 \pm 0,1	0,8 \pm 1,1	0,1 \pm 0,16	1,3 \pm 0,5
	Inferior	0,19 \pm 0,1	1,1 \pm 2,9	0,11 \pm 0,16	1,3 \pm 0,5

Apesar do estudo de Gonzalez-Rodriguez e Maestrini (1984) se tratar de cultivo de fitoplâncton com água do mar da ilha de Cabo Frio, entre maio de 1980 e janeiro de 1981 na profundidade de 42 metro, houve amostragem da água utilizada para determinação de nutrientes dissolvidos e, portanto, esses dados constam na Tabela 68, a qual é uma adaptação aos valores de concentração de nutrientes apresentados pelos autores em $\mu\text{g/L}$ e aqui expressos em μM , Figura 14.

Tabela 68: Concentrações de nutrientes em μM na ilha de Cabo Frio (RJ) de acordo com Gonzalez-Rodriguez e Maestrini (1984) entre maio/80 e janeiro/81.

Data de amostragem	Nitrito	Nitrato	Amônia	Fosfato	Silicato
29/05/1980	0,01	0,11	0,04	0,01	0,11
12/06/1980	0,00	0,07	0,05	0,01	0,10
21/01/1981	0,01	0,16	0,10	0,01	0,15
17/01/1981	0,01	0,17	0,03	0,01	0,07
09/02/1981	0,01	0,14	0,09	0,01	0,07

Na Baía de Guanabara Viana *et al.* (2019) realizaram coletas mensais de água superficial em 5 pontos fixos, de outubro de 2014 a janeiro de 2018, Figura 14. De acordo com os autores, o silicato e o nitrito aumentaram em direção ao interior da baía, alcançando, no caso do silicato,

valor máximo de 24 μM no ponto localizado na separação entre a ilha do Governador e a cidade do Rio de Janeiro (identificado como B4). Já o nitrito variou de 1,6 a 22 μM . Em geral o nitrato teve concentração média maior do que 2 μM , porém também no ponto B4 o nutriente se destacou, pois, apesar de sua média ter sido de 0,7, os máximos valores superaram 9,8 μM . O mesmo local apresentou concentrações de amônia (>200 μM) e fosfato (>10 μM) consideravelmente maiores do que os demais.

Leles *et al.* (2018), também na Baía de Guanabara, coletaram água superficial para determinação de nutrientes a cada 3 horas, com início no dia 22 de setembro de 2010 e término no dia 23 de setembro de 2010, Figura 14. As estações amostradas obedeceram a posição de uma boia utilizada para determinação de outros parâmetros de interesse dos autores. As concentrações médias e desvios padrões, em μM , encontrados foram $20,7 \pm 2,8$ para amônio, $5,1 \pm 0,4$ para nitrito, $3,9 \pm 0,3$ para nitrato, $2 \pm 0,5$ para fosfato e $2,9 \pm 0,3$ para silicato.

Gregoracci *et al.* (2012) amostraram água na baía em questão a 1-2 metros de profundidade, de 3 diferentes pontos, entre fevereiro de 2009 e março de 2011, Figura 14. O ponto 1 está sob maior influência marinha, na entrada da baía, o ponto 2 esteve entre o 1 e o 3, esse último sob maior influência terrígena e impactada por poluentes antropogênicos, Tabela 69.

Tabela 69: Concentrações médias \pm Desvio Padrão (DP), de nutrientes em μM em 3 pontos da Baía de Guanabara (RJ) de acordo com Gregoracci *et al.* (2012).

Ponto	Estatística	Nitrito	Nitrato	Amônia	NID	Fosfato	Silicato
1	Média \pm	1,79 \pm	4,64 \pm	10,24 \pm	13,02 \pm	1,1 \pm	23,63 \pm
	DP	1,22	8,61	7,39	11,01	0,46	13,94
2	Média \pm	2,62 \pm	7,68 \pm	20,3 \pm	24,94 \pm	1,92 \pm	33,57 \pm
	DP	2,32	2,12	20,40	30,28	1,38	16,10
3	Média \pm	2,51 \pm	15,29 \pm	200,83 \pm	223,05 \pm	13,02 \pm	80,79 \pm
	DP	1,43	1,62	105,46	122,13	3,88	70,55

O estudo de Kjerve *et al.* (1997) utilizou dados de nutrientes da Baía de Guanabara, RJ, adquiridos por coletas de 13 diferentes pontos e realizadas entre 1980 e 1993, Figura 14. As concentrações para amônia, nitrato, nitrito e fosfato foram retiradas do trabalho e constam na Tabela 70, a qual é uma adaptação aos valores de concentração de nutrientes apresentados pelos autores em $\mu\text{g/L}$ e aqui expressos em μM .

Tabela 70: Concentrações médias \pm Desvio Padrão (DP) e mediana, de nutrientes em μM na Baía de Guanabara (RJ) de acordo com Kjerve *et al.* (1997). Os parâmetros estatísticos foram calculados para todos os pontos, independente da profundidade, e em relação a profundidade (superfície e fundo).

Estatística	Nitrito	Nitrato	Amônia	Fosfato
Média Geral \pm DP	0,018 \pm 0,016	0,05 \pm 0,023	1,264 \pm 1,758	0,018 \pm 0,026
Mediana Geral	0,011	0,047	0,494	0,009
Média em superfície \pm DP	0,018 \pm 0,015	0,058 \pm 0,24	1,086 \pm 1,411	0,015 \pm 0,016
Mediana em superfície	0,011	0,053	0,512	0,011
Média no fundo \pm DP	0,018 \pm 0,017	0,042 \pm 0,019	1,442 \pm 2,093	0,021 \pm 0,033
Mediana no fundo	0,009	0,032	0,218	0,005

Cotovicz Júnior *et al.* (2015) amostraram água em 5 diferentes setores a aproximadamente 30 cm do fundo na Baía de Guanabara entre abril do ano de 2013 e de 2014, Figura 14. O setor 1 se localizava a 3 km para dentro do canal de maré, no ponto sob maior influência marinha da Baía de Guanabara. O setor 2 estava a oeste da baía, dito como o local mais contaminado da área, o setor 3 conecta o 1 com a região superior, o setor 4 estava a nordeste da baía e tomado como moderadamente impactado, o setor 5 era o ponto mais confinado da região e localizado a noroeste. Os resultados para nutrientes dissolvidos encontrados pelos autores para cada setor se encontram na Tabela 71.

Tabela 71: Concentrações médias \pm Desvio Padrão (DP), mínimas e máximas de nutrientes em μM em 5 setores da Baía de Guanabara (RJ) de acordo com Cotovicz Júnior *et al.* (2015).

L.D: Limite de Detecção.

Local	Estatística	Nitrito	Nitrato	Amônia	Fosfato
Setor 1	Média \pm DP	1,6 \pm 1,92	3,50 \pm 3,30	8,15 \pm 6,26	1,11 \pm 0,6
	Mín-máx	0,05-7,3	0,13-12,50	0,09-22,5	0,11-2,44
	Média \pm DP	2,59 \pm 2,89	3,72 \pm 4,93	44,9 \pm 25,2	5,28 \pm 1,1
Setor 2	Média \pm DP	2,59 \pm 2,89	3,72 \pm 4,93	44,9 \pm 25,2	5,28 \pm 1,1

	D.P.				3,88
	Mín-máx	0,1-10,67	<L.D. - 18,63	0,15-94,73	0,17-20,79
Setor3	Média ±	1,81 ± 2,58	4,12 ± 5,27	9,1 ± 9,48	1,51 ±
	DP				1,07
	Mín-máx	<L.D 10,79	- 0,16-19,12	0,04-37,95	0,17 - 1,10
Setor 4	Média ±	1,46 ± 2,74	2,14 ± 3,29	4,96 ± 6,92	1,1 ± 0,79
	DP				
	Mín-máx	0,03-9,37	<L.D. - 14,74	0,04-29,29	0,03-2,96
Setor 5	Média ±	1,71 ± 1,98	1,92 ± 2,08	26,82 ± 27,67	2,23 ±
	DP				2,17
	Mín-máx	0,03-7,08	0,04-9,2	0,13-130,12	0,02 - 8,72

Durante o outono de 2012, Castelar *et al.* (2014) analisaram água de dois sítios de cultivos na Baía de Ilha Grande, RJ: Angra dos Reis e Paraty, Figura 15. Os resultados encontrados se encontram na Tabela 72, em conjunto com os dados de Barrera-Alba *et al.* (2019).

Durante outubro de 1987 e dezembro de 2009 Barrera-Alba *et al.* (2019) analisaram águas de duas enseadas da Baía da Ilha Grande, RJ: Praia de Itaorna e Enseada Piraquara de Fora, Figura 15. Os dados médios, mínimos e máximos de nutrientes durante todo o período estudado constam na Tabela 72. Contudo, vale ressaltar que segundo os autores houve variação temporal dos elementos, estando o silicato maior durante o inverno (6,3 - 6,4 μM) e mais baixo durante outubro e fevereiro (< 3,1 μM), o fosfato foi máximo entre junho e setembro (0,36 - 0,37 μM) e mínimo (0,24-0,25 μM) entre novembro e março, e nitrito + nitrato apresentaram média máxima em maio/junho (0,68 μM) e média mínima em novembro (0,31 μM), durante a primavera-verão seus teores médios foram inferiores a 0,5 μM . Barrera-Alba *et al.* (2019) observaram variação de nutrientes entre os anos, com valores máximos de fosfato durante 1991-1992 (0,47-0,63 μM), 1996 (0,42 μM) e durante 2004-2005 (0,5-0,53 μM). Nitrito + nitrato apresentaram maiores concentrações (>1 μM) entre 1987 e 1997 com valores máximos (>2,5 μM) em 1992 e 1994, e menores (<1 μM) após 1998. Em relação ao silicato, é pontuado que suas concentrações foram menores do que 10 μM , com exceção somente em 1989, 1997 e 2001.

De acordo com os autores houve indicativos de *El Niño* moderados e fortes nos seguintes

anos ou intervalos: 1988, 1991-1992, 1997-1998, 2002-2003, 2009. E *La Niña* moderadamente fortes em: 1989, 1995-1996, 1999-2001, 2007-2008.

Tabela 72: Concentrações médias \pm desvio padrão (DV), mínimas e máximas de nutrientes em μM de acordo com Barrera-Alba *et al.* (2019) e Castelar *et al.* (2019) em enseadas da Baía de Ilha Grande, Rio de Janeiro.

Autor	Local	Estatística	Nitrito	Nitrato	N-Amoniacal	Fosfato	Silicato
Barrera-Alba <i>et al.</i> (2019)	Praia de Itaorna e Enseada Piraquara de Fora	Média \pm DV	-	0,489 \pm 0,668	-	0,183 \pm 0,167	4,27 \pm 3,26
		Mínimo	-	0,001-2,94	-	0,001-0,595	0,01 - 18
		Máximo	-				
Castelar <i>et al.</i> (2019)	Paraty	Média \pm DP	0,07 \pm 0,1	2,76 \pm 1,2	10,47 \pm 7,7	0,08 \pm 0,08	-
		Mínimo-máximo	0 - 0,33	0,99 - 4,38	3,22 - 28,01	0,02-0,25	-
		Média \pm DP	0,12 \pm 0,16	3,85 \pm 1,84	10,98 \pm 6,7	0,14 \pm 0,11	-
	dos Reis	Mínimo-máximo	0-0,47	1,58-7,08	5,68-26,76	0,01-0,34	-

-: Nutriente não mensurado no estudo.

Durante o verão e o inverno de 1970, Teixeira (1973) realizou coletas de água na região da enseada do Flamengo, Ubatuba (SP), Figura 15. As estações estavam localizadas na região que compreende a praia da enseada (estação I a sul, II a norte), a região mais externa entre a enseada e a ilha Anchieta (III), entre o extremo da praia de Fora e a ilha Anchieta (estação IV) e na parte externa, em direção ao oceano aberto da ilha Anchieta (estação V). A concentração média e mediana de fosfato encontrada em cada estação estão na Tabela 73, a qual é uma adaptação aos valores de concentração de fosfato apresentados pelos autores em $\mu\text{g/L}$ e aqui expressos em μM .

Tabela 73: Concentração média \pm Desvio Padrão (DP) de fosfato nas proximidades da praia da Enseada e ilha Anchieta, Ubatuba (SP), em μM , de acordo com Teixeira (1973).

Período	Estatística	Estação I	Estação II	Estação III	Estação IV	Estação V
Verão fevereiro/1970	Média ±	0,008 ± 0	0,009 ± 0,003	0,011 ± 0,003	0,009 ± 0,003	0,004 ± 0,001
	DP					
	Mediana	0,008	0,008	0,011	0,009	0,004
Verão- Março/1970	Média ±	0,016 ±	0,013 ± 0,002	0,011 ± 0,003	0,014 ± 0,003	0,012 ± 0,003
	DP	0,001				
	Mediana	0,017	0,014	0,01	0,014	0,013
Inverno Julho/1970	Média ±	0,004 ± 0	0,003 ± 0,006	0,005 ± 0	0,0041 ± 0	0,009 ± 0,001
	DP					
	Mediana	0,004	0,003	0,005	0,004	0,001

A enseada do Flamengo, citada anteriormente, também foi estudada por Teixeira (1979) com amostras de água em diferentes profundidades, em 3 pontos durante o inverno de 1975 e verão de 1976, Figura 15. O local de amostragem foi semelhante ao descrito para Teixeira (1973), o ponto I estava localizado ao sul da enseada, o II em sua parte intermediária e o III, mais externo, entre as isóbatas de 10 e 20 metros. Foram calculadas as concentrações médias e medianas de nitrato e fosfato a partir dos dados para cada ponto e profundidade expostos pelos autores. Apesar de baixos, os valores foram convertidos de $\mu\text{g/L}$ para μM e constam na Tabela 74.

Tabela 74: Concentração média \pm Desvio Padrão (DP) de nitrato, em μM , e fosfato na região de Ubatuba, SP, segundo Teixeira (1979).

Período	Estações	Estatística	Nitrato	Fosfato
Inverno 1975	I	Média ±	0,001 ± 0,001	0,004 ± 0,005
		DP		
		Mediana	0,001	0,002
	II	Média ±	0,001 ± 0	0,001 ± 0,001
		DP		
		Mediana	0,001	0,001
	III	Média ±	0 ± 0	0
		DP		
		Mediana	0	0
Verão	I	Média ±	0,001 ± 0	0,008 ± 0,004

1976		DP		
		Mediana	0,001	0,008
		Média ±	0 ± 0	0,001 ± 0
	II	DP		
		Mediana	0	0,001
		Média ±	0,001 ± 0,001	0,001 ± 0,001
	III	DP		
		Mediana	0,001	0,001
		Média ±	0,001 ± 0,001	0,001 ± 0,001

Os mesmos dados utilizados como comparativos por Braga e Muller (1998) foram considerados, de maneira mais aprofundada, por Braga (1999). Para esse estudo amostras de águas superficiais da enseada de Palmas (baía da ilha de Anchieta, na região de Ubatuba, SP), da chuva e de rios foram coletadas entre 1991 e 1992, Figura 15. Os autores destacaram que as águas pluviais e fluviais eram mais ricas em nutrientes, porém somente as concentrações médias e desvios padrões para os pontos na enseada serão aqui mostrados (Tabela 75).

Tabela 75: Concentração média ± Desvio Padrão de nutrientes em μM da enseada de Palmas, na Ilha Anchieta, região de Ubatuba, SP, de acordo com Braga (1999).

Ano	Estação	Amônio	Nitrito	Nitrato	Fosfato	Silicato	
1991	Verão	0,45 ±	0,08 ±	0,3 ± 0,17	0,08 ±	0,9 ± 0,8	
		0,31	0,02		0,04		
	Outono	0,47 ±	0,23 ±	1,14 ±	0,18 ±	2,1 ± 0,8	
		0,07	0,06	0,74	0,07		
	Inverno	0,02 ±	0,04 ±	0,22 ± 0,2	0,16 ±	3,5 ± 0,9	
		0,02	0,03		0,03		
	Primavera	0,03 ±	0,16 ±	0,17 ±	0,23 ±	4,66 ±	
		0,03	0,07	0,36	0,05	3,02	
	1992	Verão	0,31 ±	0,12 ±	0,16 ±	0,17 ±	3,7 ± 1,5
			0,19	0,04	0,17	0,03	
		Outono	0,49 ±	0,09 ±	0,35 ±	0,27 ±	5,2 ± 1,9
			0,32	0,03	0,27	0,18	
Inverno		0,67 ±	0,37 ±	0,71 ±	0,36 ±	8,2 ± 2	
		0,23	0,27	0,31	0,09		

Primavera	0,08 ± 0,07	0,09 ± 0,02	0,32 ± 0,2	0,33 ± 0,09	2,8 ± 1,5
-----------	----------------	----------------	------------	----------------	-----------

Braga *et al.* (2000) estudaram canais naturais, canais artificiais e a Baía de Santos, ambientes que compõem o sistema aquático da Baixada Santista, SP, Figura 16.

Para tanto, em maio de 1996 coletas de águas próximas ao fundo dos canais naturais foram realizadas. Em outubro de 1997 e março de 1998 as coletas foram feitas nos canais artificiais, nas praias e na foz do canal de Santos.

Em relação a concentração de nutrientes nos canais naturais, segundo o artigo, o maior teor de nitrito e nitrato, somados, foi de 120 µM, na porção interna do estuário. O fosfato não variou de forma muito significativa, mas no ponto onde houve muito nutriente nitrogenado, o nutriente esteve em 24,52 µM, valor superior ao encontrado na Baía de Santos, cujas concentrações foram abaixo de 1 µM. O silicato apresentou o mesmo comportamento de distribuição dos demais elementos.

Já os locais externos aos canais artificiais foram caracterizados pelo nitrito variando de 0,06 a 0,22 µM, enquanto dentro desses canais os teores foram mais altos (2,87 a 8,86 µM). O nitrato e amônio também estiveram menores na parte externa (0 a 0,61 µM; 0,82 a 4,94 µM, respectivamente) em relação a interna dos canais (24,95 a 40,89 µM; 26,65 a 60,5 µM, respectivamente).

Para os canais artificiais e suas regiões externas, houve comparação sazonal das concentrações de nutrientes, a saber: durante a primavera o fosfato esteve em 2,1 a 6,62 µM nos pontos internos e 0,74 a 1,89 µM nos externos. O silicato foi de 130,20 a 160,10 µM nos internos e de 3,52 a 35,92 µM nos externos. Durante o verão o fosfato variou de 1,28 a 3,65 µM nos internos e de 0,22 a 4,42 µM nos externos. O silicato nos pontos internos foram de 62,2 a 120,76 µM e 13,31 a 80,82 µM nos externos.

Em outubro de 1997 (baixa temporada turística) e março de 1998 (alta temporada turística), Moser *et al.* (2004) coletaram água superficial de sistemas costeiros do estado de São Paulo: Praia Grande, Santos, Guarujá e São Sebastião, Figura 16. As concentrações de nutrientes encontradas pelos autores se encontram na Tabela 76.

Tabela 76: Concentração média ±Desvio Padrão (DP) e mediana, em µM, de nutrientes em sistemas costeiros do estado de São Paulo, de acordo com Moser *et al.* (2004).

Época	Local	Estatística	Fosfato	Nitrato	Nitrito	NID	
Baixa Temporada	Praia Grande	Média ± DP	0,2 ± 0,08	0,32 ± 0,31	0,13 ± 0,02	0,54 ± 0,34	
		Mediana	0,19	0,22	0,12	0,37	
	Baía de Santos	Média ± DP	2,55 ± 0,99	4,17 ± 1,7	1,2 ± 0,43	7,64 ± 2,67	
		Mediana	2,39	3,74	1,14	7,82	
	Guarujá	Média ± DP	0,43 ± 0,17	1,5 ± 1,13	0,46 ± 0,23	2,26 ± 1,44	
		Mediana	0,405	0,865	0,375	1,935	
	São Sebastião	Média ± DP	0,31 ± 0,2	1,82 ± 3,44	0,18 ± 0,07	2 ± 3,5	
		Mediana	0,245	0,21	0,16	0,345	
	Alta Temporada	Praia Grande	Média ± DP	0,11 ± 0,13	0,56 ± 1,01	0,35 ± 0,87	0,93 ± 1,88
			Mediana	0,055	0,225	0,08	0,295
		Baía de Santos	Média ± DP	0,47 ± 0,36	2,02 ± 2,4	1,19 ± 1,23	5,78 ± 9,16
			Mediana	0,35	0,33	0,8	0,93
Guarujá		Média ± DP	0,32 ± 0,19	1,78 ± 1,22	0,73 ± 0,55	2,51 ± 1,73	
		Mediana	0,25	1,55	0,66	2,25	
São Sebastião		Média ± DP	0,24 ± 0,08	0,8 ± 0,37	0,28 ± 0,09	1,11 ± 0,4	
		Mediana	0,25	0,75	0,31	1,085	

Os estudos a seguir tratarão a respeito de praias do estado do Rio de Janeiro.

A 3300 metros de distância da praia de Ipanema, Rio de Janeiro (RJ), e na profundidade de 27 metros há um emissário submarino. No intuito de analisar a influência do despejo de efluente doméstico oriundo do emissário no ambiente, De Luca *et al.* (1991) realizaram amostras mensais a 5 metros, metade da coluna d'água e no fundo, durante abril de 1988 e julho de 1989, Figura 15. Os valores expostos pelos autores constam na Tabela 77.

Tabela 77: Concentrações mínimas e máximas de nutrientes em μM de acordo com De Luca *et al.* (1991) na praia de Ipanema, Rio de Janeiro (RJ).

Profundidade	Amônia	Nitrato	Nitrito	Silicato	Fosfato
Superfície	1,8 - 12,8	N.D - 8,8	N.D - 1,2	1,5 - 12,1	N.D - 3,0
Meio	1,5 - 21,1	N.D - 18,8	N.D - 1,5	1,5 - 9,9	0,05 - 3,3
Fundo	1,7 - 19,9	N.D - 20,2	0,1 - 2,4	1,7 - 10,7	0,12 - 2,4

Na praia da Prainha em Arraial do Cabo, RJ, Godoy *et al.* (2013) realizaram 3 campanhas de amostragem para determinação de nutrientes dissolvidos em março e agosto de 2009, Figura 14. Durante as campanhas houve coleta de água na profundidade de 1 metro em 2 transectos, perpendiculares a costa, com 7 pontos cada. A critério de síntese, na Tabela 78 só constam os resultados referentes a março e agosto de 2009 e um resultado geral envolvendo ambos períodos. Contudo, no trabalho original é possível consultar os dados em cada ponto e período amostrado.

Tabela 78: Concentrações médias \pm Desvio Padrão (DP), medianas, mínimas e máximas de nutrientes em μM em na Prainha em Arraial do Cabo, RJ de acordo com Godoy *et al.* (2013) em março de 2009, agosto de 2009 e ambos períodos (Geral).

Período	Estatística	Fosfato	Nitrito	Nitrato	Amônia	Silicato
Março de 2009	Média \pm DP	0,17 \pm 0,03	0,03 \pm 0,02	0,66 \pm 0,17	1,35 \pm 0,55	2,7 \pm 0,33
	Mediana	0,17	0,02	0,66	1,33	2,66
	Mín-Máx	0,13-0,24	0,004-0,08	0,4-1,04	0,67-2,41	2,16-3,52
Agosto de 2009	Média \pm DP	0,18 \pm 0,18	0,03 \pm 0,02	0,26 \pm 0,1	1,1 \pm 0,31	4,37 \pm 05
	Mediana	0,16	0,03	0,28	1,11	4,27
	Mín-Máx	0,01-0,57	0,004-0,07	0,02-0,41	0,69-1,93	3,32-5,42
Geral	Média \pm DP	0,18 \pm 0,12	0,03 \pm 0,02	0,46 \pm 0,25	1,22 \pm 0,45	3,53 \pm 0,95
	Mediana	0,17	0,02	0,41	1,14	3,42
	Mín-Máx	0,01-0,57	0,004-0,08	0,02-1,04	0,67-2,41	2,16-5,42

Os estudos a seguir tratarão de lagunas e sistemas estuarino-lagunares do estado do Rio de Janeiro e São Paulo.

De acordo com Suzuki *et al.* (1998), a lagoa de Grussaí, localizada em São João da Barra, RJ, tem uma barra de areia que a separa do mar e é esporadicamente aberta, permitindo a conexão com o ambiente marinho, Figura 13. Os autores analisaram água de 7 diferentes pontos da lagoa antes e depois do rompimento dessa barra. Amostras foram coletadas em

superfície e próxima ao fundo durante março de 1995. Segundo os autores o ponto 1 é caracterizado por ser colonizado por macrófitas e estar sob significativa influência de *input* de água subterrânea. Os pontos 2, 3 e 4 são partes centrais da lagoa, circundados por restinga e pasto. Os pontos 5 e 6 recebem efluente doméstico da área suburbanizada ao redor, e o ponto 7 estava próximo a barra de areia. Os dados para a concentração de nutrientes na lagoa com a existência da barra de areia se encontram na Tabela 79.

Tabela 79: Concentração de nutrientes em μM na lagoa de Grussaí, Rio de Janeiro, durante a existência da barra de areia separando-a do mar, de acordo com Suzuki *et al.* (1998).

Pontos	Amônio	Nitrato	Fosfato	Silicato
1	2	1	2	141
2	N.D.	N.D.	N.D.	47
3	N.D.	N.D.	N.D.	21
4	N.D.	N.D.	N.D.	44
5	N.D.	N.D.	N.D.	22
6	N.D.	1	0	2
7	N.D.	1	N.D.	49

Suzuki *et al.* (2002) realizaram amostragem de água na Lagoa de Iquipará, Rio de Janeiro, nos períodos em que a barra de areia que a separa do mar estava estabelecida, durante sua abertura e após seu restabelecimento natural, Figura 13; 4 foram os pontos de coleta, sendo o primeiro o mais distante da barra de areia e o quarto o mais próximo. Antes da abertura da barra o ponto 1 apresentou as seguintes concentrações: $2,7 \mu\text{M}$ para fosfato, $1 \mu\text{M}$ para nitrato e $10 \mu\text{M}$ para amônio. Dois meses após o fechamento da barra, a concentração de amônia subiu para 37. O ponto 2 apresentou antes da abertura da barra $0,4 \mu\text{M}$ para fosfato, $0,5 \mu\text{M}$ para nitrato e $0,5 \mu\text{M}$ para amônio. No ponto 3, antes da abertura os teores foram $0,2 \mu\text{M}$ para fosfato, $0,5 \mu\text{M}$ para nitrato e $0,3 \mu\text{M}$ para amônio. De maneira geral no período em que houve conexão entre a lagoa e o mar, os valores de ortofosfato e amônia aumentaram em 12 vezes, chegando a $11 \mu\text{M}$ para fosfato e $154 \mu\text{M}$ para nitrogênio amoniacal.

Outra laguna aberta esporadicamente pelas chuvas foi alvo de estudo de Chagas e Suzuki (2005), trata-se da lagoa do Açú (RJ). Águas superficiais e próximas ao fundo (a $0,1 \text{ m}$ do substrato) foram amostradas mensalmente de novembro de 1999 a dezembro de 2000, Tabela 80.

Tabela 80: Concentração média em μM na lagoa do Açú durante o período em que havia barra de areia separando-a do mar. Mínimo e máximo durante todo o período de estudo, de acordo com Chagas e Suzuki (2005).

	NID	Fosfato	Silicato
Média com barra de areia	7,9	0,54	90
Mínimo-máximo em todo período	1,6-39	0,5-0,9	35-200

Segundo Branco *et al.* (2007) a lagoa de Imboassica, localizada no município de Macaé, RJ, é separada do mar por uma barra de areia que esporadicamente é destruída, permitindo a circulação entre água marinha e lagunar, Figura 13. No intuito de estudar o local mencionado, tais autores coletaram amostras de água entre maio de 1992 e dezembro de 1995. Durante esse período a barra de areia foi destruída 5 vezes, sendo a maioria ocasionada por fortes chuvas. Os resultados para concentração de nutrientes constam na Tabela 81.

Tabela 81: Concentrações médias \pm Desvio Padrão (DP), mínimas e máximas de nutrientes em μM na lagoa de Imboassica (RJ) de acordo com Branco *et al.* (2007).

Estatística	Nitrato	Amônio	Fosfato
Média \pm DP	0,395 \pm 0,452	6 \pm 11,71	0,03 \pm 0,064
Mínimo-Máximo	0-2,33	0-136,75	0-0,799

Para avaliar as mudanças ocorridas com a intrusão salina na lagoa de Imboassica, Kozlowsky-Suzuki e Bozelli (2004) realizaram amostragem de água antes, durante e depois da abertura da barra de areia, em novembro de 1996 a maio de 1997, em dois pontos: próximo a barra de areia (P1) e próximo a um despejo de esgoto (P2), Figura 13. No P2, houve somente uma amostragem enquanto a barra estava aberta, Tabela 82.

Tabela 82: Concentrações mínimas – máximas de nutrientes em μM (exceção para ponto 2 durante a abertura da barra, quando houve somente uma coleta) na lagoa de Imboassica, RJ, de acordo com Kozlowsky-Suzuki e Bozelli (2004).

Ponto	Abertura da barra	Nitrato +			
		Nitrato	Amônio	Fosfato	Silicato
1	Antes	0,71-0,87	0,25-1,92	ND-ND	90,4-111,4
	Durante	1,26-8,37	0,42-18,92	ND-0,48	ND-131,7
	Depois	0,57-1,42	0,4-32,56	ND-0,65	34,58-148,6
2	Durante	1,26	238,04	0,59	81,1
	Depois	0,48-1,5	0,96-77,44	ND - 0,71	27,55-137,47

Melo *et al.* (2007) seguiram metodologia semelhante as de Kozlowsky-Suzuki e Bozelli (2004), com a diferença de utilizarem dados de nutrientes calculados a partir de amostras realizadas de novembro de 1996 a maio de 1998 em 3 pontos, Figura 13. Os dois primeiros com a mesma localização de Kozlowsky-Suzuki e Bozelli (2004) e o terceiro próximo às macrófitas estabelecidas no local. Os dados médios e Desvios Padrões para cada ponto é apresentado na Tabela 83. Não houve distinção entre os períodos de rompimento e existência da barra de areia.

Tabela 83: Concentrações médias \pm Desvios Padrões de nutrientes em μM , em 3 pontos da Lagoa de Imboassica de acordo com Melo *et al.* (2007).

Ponto	NID	Fosfato	Silicato
1	5,3 \pm 5,8	0,2 \pm 0,1	67 \pm 56
2	23,7 \pm 24,5	0,5 \pm 0,5	80 \pm 54
3	12 \pm 22,6	0,3 \pm 0,1	166,5 \pm 68

A lagoa de Araruama localizada no Rio de Janeiro é um ambiente alimentado por diversos riachos e possui estreita conexão com o mar através do canal Itajuru, localizado a leste (SOUZA *et al.*, 2003; VICENTE *et al.*, 2021), Figura 14. O local foi estudado por Souza *et al.* (2003) a partir de amostras coletadas em pontos de entrada de água doce, provindas desses riachos. As campanhas aconteceram entre abril de 1991 e março de 1992 em 14 pontos, em superfície, fundo e em meia coluna d'água, a depender da profundidade do local em questão. Os resultados obtidos pelos autores nos diferentes períodos se encontram na Tabela 84.

Tabela 84: Concentrações médias \pm Desvios Padrões de nutrientes em μM , entre abril de 1991 e março de 1992 Lagoa de Araruama de acordo com Souza *et al.* (2003).

Mês de amostragem (1991/1992)	Nitrito	Nitrato	Amônio	Fosfato
	0,78 \pm		8,81 \pm	0,14 \pm
Abril	0,34	-	5,12	0,18
	0,82 \pm		9,25 \pm	0,53 \pm
Maio	0,36	-	2,06	0,24
			4,99 \pm	
Junho	1,78 \pm 0,5	-	1,53	0,35 \pm 0,4
	3,06 \pm			0,95 \pm
Julho	1,26	-	4,4 \pm 2,51	1,15
Agosto	-	-	-	-
		5,56 \pm	6,48 \pm	
Outubro	1,33 \pm 0,7	4,83	6,36	1,77 \pm 1,6
	0,84 \pm	3,39 \pm	9,06 \pm	0,17 \pm
Novembro	0,27	1,04	8,65	0,09
	0,46 \pm	1,61 \pm	5,32 \pm	0,19 \pm
Dezembro	0,21	0,96	3,54	0,22
	0,73 \pm	1,73 \pm	9,79 \pm	0,24 \pm
Janeiro	0,62	1,18	3,14	0,09
	1,24 \pm	1,18 \pm		
Março	0,99	0,47	5,67 \pm 2,3	0,1 \pm 0,06

Vicente *et al.* (2021) estudaram a lagoa de Araruama, RJ, no inverno e verão de 2010 e na primavera e verão de 2011, com amostragem em diversos pontos da área, Figura 14. Em relação aos dados para nutrientes, segundo o artigo de Vicente *et al.* (2021), o amônio esteve geralmente bem distribuído no ambiente e abaixo de 5,5 μM , aumentando durante o inverno de 2010 em área próxima a saída do canal, onde os máximos foram de 22,2 μM . Valor superior aos encontrados no verão de 2010 e 2011, quando, com exceção do lado oeste da lagoa com máximas de 11,1 μM , o amônio foi próximo a zero. Durante a primavera e verão de 2011 os

teores máximos também foram por volta de 11,1 μM .

O nitrito, apesar de apresentar variação espacial com maiores valores na parte leste em relação a parte oeste, se manteve geralmente baixo, com máximos de 2,17 μM . Durante os verões os teores se mantiveram próximos a zero, o que também foi observado durante a primavera de 2011.

O nitrato foi o nutriente mais representativo dentre os nitrogenados. Os maiores teores aconteceram durante a primavera de 2011, quando também foram observados os tores mínimos (11,3 μM). Comparando-se esse período com o verão de 2011, os autores apontaram a diminuição do nutriente, cujas concentrações máximas chegaram a 1,77 μM .

Em relação ao fosfato, apontou-se que durante a primavera de 2010 as concentrações foram baixas em toda a lagoa. Apesar de núcleos com altos teores não terem sido observados, houve sutil aumento do nutriente na região centro-leste. Já a primavera de 2011 apresentou padrão oposto ao de 2010, com valores próximos a zero na parte centro-oeste e maiores concentrações na centro-leste. Em relação ao verão, os autores observaram a diminuição do fosfato.

De acordo com Cerda *et al.* (2013) o sistema lagunar Piratininga-Itaipu, no RJ, sofre com intensos processos de eutrofização. Para mitigar a situação, durante o ano de 2008 o governo estabeleceu uma conexão da lagoa com o mar, Figura 14. As duas lagoas do sistema estão ligadas por um canal e separadas do mar por uma barra de areia que forma 3 praias. Antes e depois da conexão entre as lagoas e o mar, os autores analisaram os nutrientes inorgânicos dissolvidos na lagoa de Piratininga, na lagoa de Itaipu e em uma das praias, a Itaipu. Os resultados encontrados pelos autores foram expressos originalmente em mM, porém, a critério de padronização do presente trabalho, na Tabela 85 tais dados estão em μM .

Tabela 85: Concentrações médias \pm Desvio Padrão (DP), mínimas e máximas de nutrientes em μM sistema estuarino-lagunar Piratininga-Itaipu de acordo com Cerda *et al.* (2013).

Local	Período amostrado	Estatística	N-Amoniacal	Nitrito	Nitrato	Fosfato
Lagoa Piratininga	2005-2006	Média \pm DP	20560 \pm 19830	440 \pm 220	1240 \pm 1080	11700 \pm 12560
		Mínima-máxima	2970-51680	170-820	90-2950	950-34530
	2009-2010	Média \pm DP	13540 \pm 24270	690 \pm 840	3490 \pm 3020	2440 \pm 4640
		Mínima-	10-79980	40-3960	10-10910	0050-14960

		máxima				
Lagoa Itaipu	2005-2006	Média ± DP	9880±15560	740±0670	1840±1470	2080±5710
		Mínima- máxima	990-40980	100-1970	470-4310	760-5710
	2009-2010	Média ± DP	11720±19830	740±700	2850±1590	2120±3630
		Mínima- máxima	10-79980	80,00-3960	330-6020	280-14960
Praia Itaipu	2005-2006	Média ± DP	2780±1630	570±590	920±800	920±850
		Mínima- máxima	5320-730	100-1720	10-1950	2610-340
	2009-2010	Média ± DP	1630±1370	500±340	2650±1880	570±340
		Mínima- máxima	10-5010	1420-20	320-7530	80-1290

A região sul do sistema estuarino-lagunar de Cananeia-Iguape (SP) foi estudado por Braga e Chiozzini (2008) durante o verão e o inverno do ano de 1992 e 2005, Figura 16. No primeiro período o canal do Valo Grande, um importante aporte fluvial para o complexo estuarino-lagunar, estava fechado, enquanto que no segundo período esse canal estava aberto. As concentrações de nutrientes inorgânicos dissolvidos encontradas pelos autores nos diferentes períodos se encontram na Tabela 86.

Tabela 86: Concentração média, mínima e máxima de nutrientes em μM , no complexo estuarino-lagunar de Cananéia-Iguape (SP), de acordo com Braga e Chiozzini (2008).

Período amostrado	Estação do ano	Estatística	Nitrito	Nitrato	N-amoniacoal	Fosfato	Silicato
1992 Canal fechado	Verão	Média	0,2	3,8	0,27	0,36	31,11
		Mín-máx	0,11 - 0,34	1,07 - 7,69	0,12 - 0,66	0,24 - 0,46	0 - 161,6
	Inverno	Média	0,19	0,58	0,3	0,12	8,8
		Mín-máx	0,06 - 0,35	0,05 - 1,46	0,07 - 0,69	0,01 - 0,45	3,7 - 13,8
2005 Canal Aberto	Verão	Média	1,66	1,83	5,83	3,03	24,55
		Mín-máx	0,78 - 3,24	0,47 - 4,37	3,4 - 8,43	0,6 - 8,58	6,61 - 50,36
	Inverno	Média	0,75	0,22	2,39	0,87	13,94

Mín-máx 0,37 - 3,15 0,12 - 0,32 1,22 - 3,67 1,94 - 0,33 5,4 - 52,27

Os estudos a seguir tratarão de estuários do estado do Rio de Janeiro e canal no estado de São Paulo.

Kruger *et al.* (2006) realizaram 4 amostragens entre 2000 e 2001, englobando dois períodos de estiagem e dois chuvosos, no estuário do rio Paraíba do Sul (RJ) em águas superficiais e de fundo durante os diferentes ciclos de maré, Figura 13. Os resultados médios para nutrientes encontrados pelos autores se encontram na Tabela 87.

Tabela 87: Concentrações médias \pm desvio padrão (DP), mínimas e máximas (mín-máx) de nutrientes em μM de acordo com Kruger *et al.* (2006) no estuário do rio Paraíba do Sul, no estado do Rio de Janeiro.

Período de amostragem	Tipo de maré	Estatística	Fosfato	Nitrato	Nitrito	Amônio	Sílica
out/00 - estiagem	Quadratura	Média \pm	0,66 \pm	20,7 \pm	0,36 \pm	0,5 \pm	132 \pm 26,8
		DP	0,18	6,2	0,09	0,43	
		Mín-máx	0,25-1,15	4,2-30,4	0,18-0,64	0,05-1,27	
out/00 - estiagem	Sizígia	Média \pm	0,65 \pm	7,41 \pm	0,57 \pm 0,3	0,33 \pm	67,4 \pm 33,2
		DP	0,31	5,64		0,39	
		Mín-máx	0,25-2,03	0,46-15,6	0,24-1,14	0,05-1,33	14,3-103
fev/01 - chuvoso	Quadratura	Média \pm	1,19 \pm	32,8 \pm	0,2 \pm 0,19	1,25 \pm	174 \pm 26,38
		DP	0,3	4,2		0,74	
		Mín-máx	0,56-1,98	24,2-37,8	0,1-0,84	0,31-3,94	62,6 - 205,5
fev/01 - chuvoso	Sizígia	Média \pm	0,69 \pm	17,56 \pm	0,32 \pm	0,58 \pm	123,6 \pm
		DP	0,29	11,49	0,22	0,38	53,15
		Mín-máx	0,16-1,48	2,71-33,75	0,08-0,86	0,08-2,45	21,2 - 203,9

Araújo *et al.* (2017) durante maio de 2013 e março de 2015 estudaram 4 estuários rasos sob influência de micromarés no estado do Rio de Janeiro, sendo: Macaé e São João, ao norte do estado, Bracuí e Perequê-Açu, ao sul, Figuras 13 e 15. Os dois primeiros estão ligados ao

oceano enquanto os últimos desaguardam na baía de Ilha Grande. Os dados para nutrientes se encontram na Tabela 88.

Tabela 88: Concentrações médias \pm desvio padrão de nutrientes em μM de acordo com Araújo *et al.* (2017) nos estuários Macaé, São João, Bracuí e Perequê-Açu no estado do Rio de Janeiro. N-Amoniacal: Nitrogênio Amoniacal.

Estuário	Nitrito	Nitrato	N-Amoniacal	Fosfato	Silicato
Macaé	$0,46 \pm 0,23$	$5,59 \pm 2,09$	$19,89 \pm 8,29$	$1 \pm 0,41$	$70,18 \pm 23,18$
São João	$0,22 \pm 0,07$	$2,43 \pm 1,92$	$3,74 \pm 1,80$	$0,24 \pm 0,08$	$38,06 \pm 14,8$
Perequê-Açu	$0,23 \pm 0,09$	$6,12 \pm 2,72$	$5,97 \pm 3,53$	$0,6 \pm 0,2$	$52,43 \pm 15,98$
Bracuí	$0,1 \pm 0,04$	$2,15 \pm 1,17$	$2,02 \pm 1,5$	$0,21 \pm 0,07$	$34,02 \pm 8,92$

No trabalho de Rodrigues *et al.* (2009) duas campanhas de amostragem foram realizadas em 2003 abrangendo período chuvoso (verão) e seco (inverno), no canal inferior do rio São Francisco e na baía de Sepetiba (RJ), Figuras 12 e 15. As coletas foram realizadas superficialmente e gerou os dados que constam na Tabela 89.

Tabela 89: Concentrações de nutrientes em μM em ambiente sob domínio fluvial e marinho na Baía de Sepetiba (RJ), de acordo com Rodrigues *et al.* (2009).

Período	Ambiente	Nitrito	Nitrato	Amônio	NID	Fosfato	Silicato
Chuvoso	Fluvial	$0,62 / 0,98^*$	$62,6 / 29,47^*$	11,54	$65 / 41,99^*$	$1,27 / 0,64^*$	$42,6 / 22,1^*$
	Marinho	0,35	0,23	1,37	1,95	0,36	9,05
Seco	Fluvial	1,21	67,11	3,24	71,56	0,7	55,12
	Marinho	0,19	5,11	1,29	1,59	0,05	15,96

*: Amostragem em dois dias consecutivos no canal do rio São Francisco.

Gianesella *et al.* (2005) realizaram amostragem em estação fixa do Canal de Bertiooga (SP), durante as marés de quadratura e sizígia do inverno de 199, Figura 16. Os dados expostos pelos autores se encontram na Tabela 90.

Tabela 90: Concentrações mínimas, máximas, médias \pm Desvio Padrão de nutrientes, em μM , no Canal de Bertioga (SP), sob maré de quadratura e sizígia, de acordo com Giancesella *et al.* (2005).

Maré	Estatística	Nitrito	Nitrato	Amônio	NID	Fosfato	Silicato
Quadratura	Mín-máx	0,2 - 3,12	1,46 - 21,72	0,57 - 13,75	2,37 - 38,59	0,38 - 1,78	9,1 - 45,05
	Média \pm DP	1,26 \pm 0,76	9,61 \pm 4,71	6,02 \pm 3,55	16,88 \pm 8,63	0,98 \pm 0,39	28,32 \pm 10,39
Sizígia	Mín-máx	0 - 2,93	0 - 17,41	0,14 - 13,84	0,2 - 34,18	0,19 - 1,96	5,14 - 36,91
	Média \pm DP	0,95 \pm 0,9	5,1 \pm 4,6	4,13 \pm 4,07	10,18 \pm 9,04	0,77 \pm 0,51	17,91 \pm 10,71

5.3.3 Discussão para a região oceânica e plataforma continental do Sudeste

No trabalho de Alves Júnior *et al.* (2015), dentre os pontos situados na região sudeste, o 11 é o mais distante da costa, com menores concentrações de nutrientes, mas superiores às encontradas no ponto 7 de Webb *et al.* (2007), localizado nas proximidades do ponto 11 de Alves Júnior *et al.* (2015). Observando-os em conjunto, presume-se que há aumento vertical da concentração de nutrientes em direção às maiores profundidades nas águas oceânicas do Espírito Santo, gradiente também observado pelos dados de Xie *et al.* (2015) em águas mais profundas. Porém tal fato é insuficiente para suprimir a característica oligotrófica do Atlântico Sudoeste comumente limitado por fósforo, como dito pelos autores. Webb *et al.* (2007) aponta ainda que a região Sudeste está fora da influência da ressurgência equatorial, capaz de enriquecer águas oceânicas do Nordeste como dito no capítulo anterior.

Pelos dados de Forde *et al.* (1994) não é possível observar núcleos com altas concentrações de nutrientes, enquanto Van Der Loeff *et al.* (1997) observam indicativos de ressurgência por meio de aumento de fosfato. O que mais tarde foi abordado por Gaeta *et al.* (1999) em regiões mais próximas da costa, mas ainda em áreas oceânicas do Sudeste, quando a permanência e a gênese do Vórtice Vitória (VV) foi esclarecida e apontada como importante fator de fertilização da região marinha do Espírito Santo, fato também evidenciado por Andrade *et al.* (2004) que reconheceu pontos de maiores concentrações de nutrientes no VV. Segundo Gaeta *et al.* (1999) a formação do vórtice se dá através da interação entre a topografia da região do Canal Vitória com a Corrente do Brasil, que acaba por sofrer desvio a sudoeste. Os efeitos de ressurgência costeira são capazes de intensificar o fenômeno e suas consequências. Os

autores, assim como Andrade *et al.* (2004) e Rezende *et al.* (2006), também observaram que padrões ciclônicos semelhantes enriquecem áreas de Cabo de São Tomé (CST), onde vórtices nas proximidades de CST foram considerados mais intensos do que os encontrados para toda a região Sul do Brasil, com capacidade de aflorar a ACAS para cerca de 50 metros de profundidade (BRANDÃO *et al.*, 2020).

É interessante notar que de acordo com Rezende *et al.* (2006) os teores dos elementos nutricionais aumentam em locais da Cadeia Vitória Trindade (CVT), com concentrações de fosfato comparáveis às de Gaeta *et al.* (1999) no VV (0,1 e 0,16 μM respectivamente). E os teores de nutrientes são maiores durante a primavera em comparação com o outono, quando, junto com o verão, a magnitude da ressurgência é maior e sua interação com a topografia é evidenciada, provocando aumento da circulação ciclônica do VV (GAETA *et al.*, 1999), o que também pode ocorrer em locais da CVT, onde há possibilidade de intensificação da dinâmica entre topografia e movimento ascendente de águas enriquecidas.

O trabalho de Figueiredo *et al.* (2016) compreende áreas da plataforma continental e talude do ES, portanto abrange regiões antes mencionadas. Esses autores encontraram maiores valores de NID durante o verão e PID durante o inverno, com o primeiro sendo consideravelmente maior do que o segundo independente da estação. A intensificação das forçantes físicas do VV no verão também é citada no estudo como fator de enriquecimento da água na região. Enquanto o NID, tanto na superfície quanto na segunda camada, não apresenta grande variação em relação a Água de Plataforma (AP) para a Água Oceânica (AO) no inverno (diferença menor do que 1), no verão apresenta, com água oceânica de 2 a 3 μM mais rica em NID.

Tal enriquecimento não foi apontado exclusivamente como resposta às forçantes físicas, mas também aos processos de remineralização, fonte alóctone e a ação antrópica, atribuindo ao fósforo total a evidência de enriquecimento pela ação do VV, ainda que o PID tenha sido maior no inverno. Esse fato foi explicado por Figueiredo *et al.* (2016) através de processos de adsorção do nutriente ao material particulado em suspensão e pela baixa taxa de remineralização de períodos anteriores.

Os autores refutam a ideia geral do fosfato ser o nutriente limitante, já que atribuem importância ao SID (apesar de não constar na Tabela 47) no ambiente estudado, apontando-o como nutriente limitante durante o verão, ainda que as concentrações de PID tenham sido baixas.

Em Perassoli *et al.* (2020), como esperado, o fosfato não se destaca dos demais

nutrientes, enquanto o nitrato esteve superior ao silicato na maioria dos transectos e massas d'águas, sendo as exceções a AC, justamente devido ao caráter costeiro, a AT no transecto do ES, e a ACSP, possivelmente pela assinatura de sua formação. Apesar de não haver grandes diferenças entre um transecto e outro, os autores destacam a influência do rio Doce no T2. O rio Doce é de suma importância para a região norte do ES, possui altas vazões e plumas que alcançam distâncias *offshore*, alcançando o talude, principalmente no verão, (DE OLIVEIRA *et al.*, 2012), por isso segundo Perassoli *et al.* (2020), locais sob sua influência estiveram enriquecidos em nitrato e silicato. O que é visto comparando águas oceânicas do T2 de Perassoli *et al.* (2020) e Figueiredo *et al.* (2016) com o ponto 10 de Alves Júnior *et al.* (2015), onde se observa que o último, localizado mais ao norte e sem influência direta do rio, é menos enriquecido mesmo que a coleta para o local tenha sido realizada no verão tipicamente chuvoso.

Os nutrientes na região marinha do ES e norte do RJ são variáveis no tempo e em suas concentrações (PERASSOLI *et al.*, 2020), porém suas forçantes de distribuição são presumíveis, já que, com exceção de alguns estudos com pontos amostrais em zona abissal (FORDE *et al.*, 1994; WEBB *et al.*, 2007; ALVES JÚNIOR *et al.*, 2015; XIE *et al.*, 2015), nesse trabalho a menção de movimentos ciclônicos ou vórtices como fatores que impulsionam águas ricas em nutrientes para camadas menos profundas foi unânime, incluindo e Pedrosa *et al.* (2006), Suzuki *et al.* (2017) e Perassoli *et al.* (2020).

Em relação à maior concentração de nutrientes, apesar do destaque para Cabo Frio, CST e regiões costeiras mais rasas e sob maior influência de processos advectivos causados por ondas e correntes (SUZUKI *et al.*, 2017); Pedrosa *et al.* (2006) e Suzuki *et al.* (2017) consideraram a Bacia de Campos como oligotrófica, com distribuição horizontal de nutrientes homogênea, devido a circulação das correntes e a pequena escala espacial dos estudos aqui citados para esses locais, mesmo que seus valores tenham sido maiores na região sul da bacia (Tabela 50).

Contudo, é observado um padrão vertical heterogêneo, com aumento da concentração de nutrientes em maiores profundidades. Suzuki *et al.* (2017) apresentou teores maiores de fosfato, silicato e nitrato quando se compara ao T1 de Perassoli *et al.* (2020). Porém, segundo Suzuki *et al.* (2017) e Pedrosa *et al.* (2006), de maneira geral os valores são baixos na superfície (AT, 0-150 m, quente e oligotrófica), elevando-se na ACAS (150-430 m, fria e rica em nutrientes), AIA (430-910 m) e ACS, e decrescendo na APAN (aproximadamente 910 m - fundo). De acordo com os autores, esse comportamento é explicado pela assimilação fotossintética em superfície, estratificação térmica, remineralização em maior profundidade e

oxidação bacteriana (principalmente de nitrato) em maiores profundidades, onde há depleção de oxigênio.

Pedrosa *et al.* (2006) definiram uma nutriclina, com maiores concentrações de ortofosfato, nitrato e silicato entre o topo da termoclina e a base da AIA, em 500 e 1000 metros. Todavia, é interessante notar que, para o nitrito, tanto Pedrosa *et al.* (2006) e Suzuki *et al.* (2017), distinguiram-o quando o primeiro observa maior presença do elemento acima de 200 metros e o segundo destaca seu padrão diferente dos demais nutrientes, apontando que há seu aumento no máximo de clorofila e não subsuperficialmente como normalmente é constatado para os demais nutrientes. É necessário ressaltar que mesmo com a ênfase dada pelos autores, o nitrito não apresentou níveis altos (incluindo as áreas costeiras), padrão benéfico já que altas concentrações do nutriente podem indicar desequilíbrio no ciclo do nitrogênio (SUZUKI *et al.*, 2017).

Suzuki *et al.* (2017) destacam itens importantes de serem elencados: O rio Paraíba do Sul como uma provável fonte de silicato para a ZC da Bacia de Campos, a limitação por fósforo, especialmente na zona oceânica, os vórtices e intrusões da ACAS em Cabo Frio e CST, cujas áreas foram apontadas como as de maior relevância para a produção biológica nessa região do Oceano Atlântico. É necessário pontuar também que os trabalhos que avaliaram a distribuição sazonal de nutrientes na Bacia de Campos, constataram não haver variação significativa entre as estações.

Possivelmente em resposta às baixas atividades fotossintéticas, os teores encontrados por Bonecker *et al.* (2019) na região oceânica do RJ não apresentaram variação diária significativa. A região também foi considerada oligotrófica, com padrões típicos de influência da Corrente do Brasil. Cabe ressaltar que seus teores são comparáveis ao ponto 12 de Alves Júnior *et al.* (2015), o qual se diferenciou dos demais com altas concentrações de nutrientes em amostragem na profundidade de 1200 metros. A constatação de haver uma limitação por fósforo nessa região é mantida. Nesse viés, é relevante destacar que os menores valores de PID do estudo de Webb *et al.* (2007) foram encontrados na região oceânica do RJ.

No estudo de Bif e Yunes (2017) apesar do fosfato ter sido semelhante ao norte e ao sul, o nitrato foi maior ao sul (1,16 μM), estação que pode ser comparada ao ponto 6 de Metzler *et al.* (1997), onde o segundo autor também encontrou valores mais altos de nitrato. Em conclusão, ambos consideraram os teores de nutrientes baixos e típicos de ambiente oligotrófico, porém nesse caso provavelmente não limitado por fósforo e sim nitrogênio (análise geral para toda a área estudada por Metzler *et al.* (1997), incluindo área oceânica do estado de São Paulo e da

região Sul).

Para Ribeiro *et al.* (2016) as águas oceânicas de São Paulo são esperadamente oligotróficas, com baixos teores de nitrato e certa presença de fosfato ($>0,2$) em superfície de locais com profundidades de 150 metros e no talude. Os autores justificam esse padrão a partir da intrusão de massa d'água mais fria e rica em nutrientes, já que nessa área, segundo Ribeiro *et al.* (2016), não há drenagem continental significativa. O destaque para o nitrato foi restrito às camadas próximas ao fundo, que apresentaram altos teores.

A divergência em relação ao tipo de nutriente limitante para crescimento fitoplanctônico pode estar ligada aos locais de amostragem dos estudos, já que a presença da ACAS em subsuperfície é constatada amplamente para certos pontos da região marinha do Sudeste. Portanto, pode haver uma heterogeneidade de distribuição de nutrientes mais marcada, se considerada uma escala espacial que compreenda toda a área referente a esse capítulo, abrangendo regiões afetadas e não afetadas pela água mais fria e rica em nutrientes da ACAS e/ou oriunda de drenagem continental.

Em relação aos estudos que abordaram a ZC e plataforma continental, é interessante observar que no estudo de Moser e Giansella-Galvão (1997) os autores citam o padrão típico da ocorrência de ressurgência na região de Cabo Frio: mais comum durante o verão, menos comum durante o inverno; porém, em seus dados apresentados é possível notar que não há distinção sazonal evidente em relação a concentração de nutrientes. No trabalho original o comportamento é explicado basicamente pelos ventos fortes de quadrante N-NE e S-SO durante o inverno no local, que na época estava possivelmente sob influência do fenômeno *El Niño*, capaz de enfraquecer as frentes frias na região. Portanto, nesse período houve altas concentrações de nitrato em resposta a intrusão da ACAS. Outro fator responsável pelos resultados encontrados foram os dias de amostragem: no verão a ascensão de água mais fria e rica em nutrientes já havia ocorrido, promovido o enriquecimento da água e a assimilação dos elementos pela biota; no inverno as coletas ocorreram durante os períodos iniciais de ressurgência, quando a captação de nutrientes pelo fitoplâncton ainda não tinha sido intensa. Em contrapartida, os teores mais altos de nitrito durante o verão, foram explicados através de consumo prévio do nitrato e posterior acúmulo de nitrito pelas microalgas.

No trabalho de Moser *et al.* (2016) é possível observar que durante o inverno a Baía de Guanabara possui, de maneira geral, maiores concentrações de nutrientes, o que, junto com outros parâmetros, conferiu ao local o grau de eutrofização mais elevado se comparado a Baía de Sepetiba e Ubatuba, segundo os próprios autores. Possivelmente em resposta à sua

geomorfologia, Moser *et al.* (2016) observaram que a AP esteve presente na entrada e parte interna da Baía de Guanabara e destacaram que a massa d'água, com mais nutrientes e menor salinidade que a AT, pode ter um maior potencial trófico. A ACAS foi capaz de enriquecer a plataforma média e externa em profundidades de até 35 metros. As maiores concentrações na ACAS foram para nitrato, fosfato e silicato que estiveram associados aos processos de regeneração nas baías de Sepetiba e Ubatuba, onde a primeira foi tomada de modo geral como limitada em nitrogênio, provavelmente devido ao consumo pelo fitoplâncton e aos processos de desnitrificação.

Aidar *et al.* (1993) e Braga e Muller (1998) explicam que, na região de Ubatuba (SP), quando a ACAS ascende de 300 a 400 m para profundidades menores do que 35 m e atinge a AC e AT se configura uma zona frontal, a qual não é permanente e se dá em intervalos, comumente mais evidente no verão. Com o movimento lento da ACAS na região é normal que a massa d'água não alcance a superfície, então suas características são observáveis em subsuperfície e se alteram ao longo da coluna d'água. Por isso Aidar *et al.* (1993) consideraram didaticamente melhor dividir a ACAS em I, II e III, onde a segunda é marcada pelo movimento ascendente da água para a zona eufótica e seu posterior espriamento na plataforma continental do domínio interno; e a terceira é constatada durante o verão, quando a intrusão da ACAS é intensa o bastante para alcançar camadas subsuperficiais.

Posto isso, há enriquecimento na camada de mistura a partir das camadas mais profundas tanto na parte interna quanto externa. A turbulência e as correntes de marés atuantes no domínio interno ressuspendem sedimentos e enriquecem a camada mista em nutrientes nitrogenados, já nas áreas externas, mais oligotróficas, há difusão de águas mais profundas e ricas através da termoclina (AIDAR *et al.*, 1993; BRAGA e MULLER, 1998). Além do *input* oriundo da drenagem continental e das chuvas, mais frequentes durante o verão, na camada de mistura, a AT e AC são fortemente influenciadas pela energia luminosa, o que causa a diminuição - principalmente de- nitrato em condições de maior incidência solar. Tal nutriente é o que apresenta maior variação na ACAS, já que durante o verão o nitrato encontrado na ACAS III é comparável ao da AT e AC (AIDAR *et al.*, 1993).

Em relação a ACAS II é relevante ser dito que as altas concentrações de nitrato, fosfato e silicato foram apontadas como indicativos de enriquecimento por consequência da ressuspensão sedimentar, e os altos teores de nitrito durante o verão, em concordância com os de clorofila-*a* (dados no trabalho original), foram possivelmente em resposta à excreção do nutriente pelo fitoplâncton, diferentemente dos demais elementos (processo também citado por

Braga e Muller, 1998). Já para a ACAS I, é ressaltada sua semelhança com a assinatura típica da ACAS e a presença de processos de remineralização do material orgânico. Por não ser recorrente mencionar a excreção de nitrito pelos organismos fitoplanctônicos, é importante pontuar que, segundo Aidar *et al.* (2013), isso ocorre quando o nitrato não está em condições limitantes; sendo assim, o nutriente é absorvido e reduzido a nitrito no interior das células fitoplanctônicas e tem seu excesso excretado para o ambiente externo.

É interessante observar o padrão vertical do nitrito no verão: na ACAS II, onde possivelmente não há limitação por nitrato, o nutriente é assimilado pela biota, reduzido a nitrito e excretado para o ambiente, causando aumento de nitrito na camada d'água ($0,51\mu\text{M}$). De forma mais abrangente, na região costeira e oceânica de Ubatuba (SP) a produção fitoplanctônica é limitada pelo nitrogênio e o enriquecimento da região ocorre em pulsos e governado pela ação da ACAS, mas também por episódios de vórtices e fenômenos meteorológicos (AIDAR *et al.*, 1993).

Pelos dados da região oceânica de São Paulo é possível observar a diminuição de nutrientes quando há floração algal (principalmente em relação aos teores máximos) e, apesar do NID não variar tanto, fosfato apresenta maiores teores durante o outono (DETONI *et al.*, 2016; LIMA *et al.*, 2019). Detoni *et al.* (2016a) confirmou estatisticamente a correlação entre a diminuição da concentração de nutrientes e eventos de florações, justificado através da assimilação dos elementos pela biota. Apesar dos baixos teores nutricionais relatados, tanto Detoni *et al.* (2016a) e Lima *et al.* (2019) apontam enriquecimento das regiões pelágicas, principalmente entre 23 e 28°S, devido a presença de vórtices de mesoescala e frequente ressurgência de quebra de plataforma local, associada ao escoamento da Corrente do Brasil e regime sazonal de ventos divergentes.

Os teores encontrados por Brandini e Moraes (1986) foram menores do que os relatados por Detoni *et al.* (2016a) e Lima *et al.* (2019) para a região oceânica, por uma provável resposta a utilização dos elementos em superfície na produção primária. Porém, mesmo em áreas costeiras as baixas concentrações de nitrato caracterizam a área como oligotrófica típica da AT, dominante no verão e transportada pela Corrente do Brasil, sendo possível observar a diminuição da concentração de nutrientes em regiões oceânicas.

Nos dois estudos mencionados o fosfato é retratado como baixo e o silicato com valores um pouco mais consideráveis, superiores ao encontrado na região Sul do Brasil, principalmente quando se observa a influência de Santos e Cananeia. Essa última com altas concentrações de amônia na parte costeira, diminuindo sua magnitude em águas oceânicas, onde o nitrato passa

a ser a forma dominante de NID. O enriquecimento mencionado, especialmente de silicato, não foi justificado por uma possível ressurgência da ACAS, pois a ascensão ainda que evidente não alcança a camada de água superficial. Contudo, a importância da ressurgência de quebra de plataforma é descrita como um fator relevante de enriquecimento dessas áreas, que podem se tornar mais produtivas que regiões costeiras, principalmente no verão (BRANDINI e MORAES, 1986; BRANDINI e MULLER, 1998; BRANDINI, 1990).

Em síntese:

- Parece haver consenso em determinar o fósforo como nutriente limitante em águas oceânicas consideravelmente distantes da costa, porém, ainda em região oceânica, a influência de diferentes fenômenos físico-químicos modifica características pontuais, podendo o ambiente passar a ser limitado por silicato ou nutrientes nitrogenados.
- Vórtices ciclônicos e ressurgência de quebra de plataforma enriquecem águas oceânicas do Sudeste, principalmente na região de Vitória (ES), Cabo de São Tomé (RJ) e Cabo Frio (RJ), a partir da movimentação da ACAS.
- Mesmo com os fenômenos que impulsionam águas mais ricas em nutrientes para menores profundidades, a região oceânica do Sudeste é oligotrófica.
- Vórtice Vitória pode ser intensificado no verão, causando o incremento de, principalmente, fosfato para a região.
- Rio Doce ao norte do ES pode enriquecer águas oceânicas.
- Nas zonas de menores profundidades fatores como drenagem fluvial e pluviosidade aportam nutrientes, especialmente os nitrogenados; porém a limitação por nitrito é observada em certos locais, como em transecto a partir da cidade de Ubatuba (SP) ou região marinha adjacente a Baía de Guanabara.
- Em casos específicos, como em partes da ACAS na região de Ubatuba (SP), pode haver enriquecimento de nitrito em algumas camadas de água por resposta à excreção do nutriente pela biota.

5.3.4 Zona Costeira do Sudeste: ambiente marinho sem restrição de sistemas costeiros

Os dados de Ovalle *et al.* (1999) são uma média para teores de nutrientes encontrados no centro-norte do Espírito Santo, em áreas costeiras sob alguma influência de manguezais que podem atuar como exportadores de matéria orgânica para a zona costeira adjacente. Segundo

os autores, a região é pobre em nutrientes devido a assimilação e a atividade heterotrófica, porém há maior concentração de silicato no Espírito Santo do que nas águas da Bahia, e uma contribuição *offshore* no incremento de elementos é percebida na porção sul do Banco de Abrolhos. A sílica esteve em maiores concentrações nas águas no entorno do recife artificial marinho em Guarapari, ES, onde Costa *et al.* (2014) encontraram teores superiores aos de Ovalle *et al.* (1999).

É interessante pontuar que Costa *et al.* (2014) já fizeram comparações entre o próprio trabalho e os de Gaeta *et al.* (1999) e Rezende *et al.* (2006), observando que as proximidades do *Victory 8B* são mais enriquecidas em nutrientes do que as dos trabalhos citados e, apesar de alguma semelhança nos teores de nitrito e ortofosfato, o nitrato foi superior, conferindo alta presença de nutrientes nitrogenados no local. Houve indicativos de ortofosfato como limitante e sua baixa concentração foi associada a um provável processo de sedimentação de fosfato de cálcio e adsorção de fósforo aos sedimentos carbonáticos, muito presentes na região. Para os nitrogenados, seu enriquecimento foi correlacionado pelos autores à modificação da dinâmica da água provocada pela presença do recife artificial e a presença de ilhas próximas (no máximo 7,5 km de distância ao norte), que puderam contribuir com o aumento do nutriente. A alteração no padrão de circulação das águas promovida pelas ilhas e o recife artificial geram redemoinhos que promovem afundamento de água em suas bordas e ressurgência de águas ricas em seu interior. Maiores concentrações de silicato ocorreram provavelmente ao aporte pluvial e terrestre, já que os teores mais altos foram mensurados em amostras coletadas após entrada de frente fria.

Pelos dados de Costa *et al.* (2014) se observa maior concentração de nutrientes durante o inverno em comparação com o verão (Tabela 59), o que pode ser em resposta a intensificação da AT durante a estação mais quente, transportada pela Corrente do Brasil tipicamente oligotrófica, como já foi dito nesse capítulo. Em concordância, Costa *et al.* (2014), concluíram que apesar de não haver variação espacial significativa, há variação sazonal, governada principalmente pela direção da corrente, entrada de frentes frias e chuvas; pois é interessante pontuar que os autores avaliaram a direção da corrente durante o estudo, constatando poder haver influência do VV -o qual é permanente segundo Gaeta *et al.* (1999)- no local, com sua água enriquecida em nutrientes nitrogenados sendo transportada através de corrente oeste observada em dias de amostragem com mais nutrientes, e correntes para sul (direção de escoamento da CB) quando as menores concentrações estiveram presentes.

As concentrações de nutrientes mensuradas no inverno em julho de 2006 por Costa *et al.* (2014),

superaram os valores encontrados nas isóbatas 25, 50 e 75 metros (AP) durante o inverno por Figueiredo *et al.* (2016), que englobaram mais regiões litorâneas, incluindo as sob influência de aporte fluvial. E durante o verão, mesmo que nessa estação Costa *et al.* (2014) tenham encontrado valores inferiores aos do inverno, ainda foram, em geral, maiores do que os observados por Figueiredo *et al.* (2016) na AP; ratificando o fato das águas no entorno do recife artificial de Guarapari (ES) serem enriquecidas em nutrientes.

É interessante notar que os dados de Da Silva *et al.* (1988) e De Guimaraens e Coutinho (2000) mostram uma distribuição horizontal de nutrientes heterogênea, há um gradiente espacial nas condições hidroquímicas, com áreas mais e menos afetadas pela ACAS, onde pontos mais próximos à Cabo Frio são mais ricos em nutrientes e pontos mais próximos a cidade do Rio de Janeiro possuem teores menores, a exemplo de Jaconé distante a 50 km da ilha de Cabo Frio, com concentração de fosfato relativamente mais alta por influência de águas advectadas da ressurgência em conjunto com *input* estuarino (DE GUIMARAENS e COUTINHO, 2000).

Contudo, é relevante pontuar duas situações expostas por Da Silva *et al.* (1988), onde a primeira é caracterizada por uma "ressurgência total", onde toda a coluna d'água da área de estudo é rica em nutrientes, e há afloramento da ACAS em quase todo litoral em questão, sendo a exceção a região da Baía de Guanabara, pois sua água é capaz de promover mistura, elevar a temperatura e diminuir a salinidade. A segunda é quando há a "ressurgência não total", caracterizada pelo aquecimento superficial consequente do enfraquecimento dos ventos de Nordeste, responsáveis nesse caso pela ascensão da ACAS, ficando a massa d'água confinada em maiores profundidades (entre 15 e 30 metros).

A critério de esclarecimento, é preciso ser dito que a ressurgência ocorrida a sudeste da Ilha de Cabo Frio no estado do Rio de Janeiro, é recorrentemente mencionada simplesmente como ressurgência de Cabo Frio. Nessa região ocorre uma ressurgência costeira, impulsionada por ventos, e uma ressurgência de quebra de plataforma, caracterizada pelo meandramento da Corrente do Brasil. Fato é que durante o verão esses dois tipos de fenômenos se somam, originando um eficiente mecanismo de transporte da ACAS ressurgida, fria e rica em nitrato, para a costa; diferentemente do inverno, quando somente a ressurgência de quebra de plataforma se mostra mais evidente (ACHA *et al.* 2014).

Assim como em Da Silva *et al.* (1988), um perfil vertical crescente de concentração de nutrientes na região de Cabo Frio também é observado por Valentin *et al.* (1987), que apontam o sistema de ressurgência costeira ocorrida no local como dependente da ação dos ventos, cujo

Nordeste é capaz de promover a subida de água rica em nutrientes até a superfície em um alcance de menos de 5 Km de largura.

O comportamento dos nutrientes é discutido por Valentin *et al.* (1987) que atribuíram as variações de nitrito como dependente da profundidade da termoclina e da abundância do plâncton, havendo diminuição do nutriente pela sua oxidação para nitrato, pela captação do fitoplâncton e pelo efeito de diluição ocorrido na água que alcança a superfície. Todavia, é interessante evidenciar que, de acordo com os autores, o amônio pode se destacar mesmo em locais distantes da costa e/ou em profundidades por volta de 60 metros devido não só a remineralização, mas também à excreção pelos herbívoros. Em contrapartida, o nutriente é esgotado rapidamente devido a assimilação fitoplanctônica em camadas superficiais.

Os dados de Fernandes *et al.* (2017) expressam grande variação entre teores mínimos e máximos de nutrientes, principalmente em relação a nitrato e amônia. E são, praticamente todos, superiores aos encontrados por Da Silva *et al.* (1988) e Valentin *et al.* (1987), mesmo que esses últimos tenham amostrado em profundidades não superficiais, onde se espera que o esgotamento de nutrientes pelo fitoplâncton seja um pouco menos relevante. Os valores expressivos de Fernandes *et al.* (2017) são explicados pelos autores pela ocorrência de anos de ressurgência muito intensa -posteriores aos amostrados por Da Silva *et al.*, (1988) e Valentin *et al.*, (1987) -, que são capazes de aumentar consideravelmente principalmente as concentrações de nitrito e nitrato. É importante relatar que no trabalho os autores destacam que esse enriquecimento nutricional é incorporado a cadeia trófica logo após o período de ressurgência e se torna disponível novamente no ano seguinte, provavelmente devido ao aumento da reciclagem de nutrientes (indicada pela alta concentração de amônia) e/ou a redução da densidade populacional dos heterotróficos, com consequente diminuição no consumo dos autotróficos. Portanto, situações em que altos teores de clorofila são retratados podem estar em discordância com eventos de ressurgência.

De acordo com Guenther *et al.*, (2008), ao sul da ilha de Cabo Frio (RJ) a linha de costa orientada de Norte-Sul passa a ser de Leste-Oeste e a plataforma continental adjacente se torna mais estreita, se instalando o núcleo de ressurgência da ACAS que foi amostrado pelo autor citado e por Valentin *et al.*, (1984). Essa ressurgência é capaz de exercer também influência nas regiões a sudoeste da ilha, como a Praia do Sonar (DE GUIMARAENS e COUTINHO, 2000).

Em Valentin *et al.* (1984) e Tabela 61, é possível observar que com a ressurgência há o enriquecimento das águas superficiais e diminuição dos teores em maiores profundidades quando a massa d'água realiza o movimento ascendente, com exceção do nitrogênio amoniacal

que se manteve constante (Tabela 61), provavelmente devido ao material detrítico do substrato (VALENTIN *et al.*, 1984) onde ocorre remineralização da matéria, incrementando teores de nutrientes para a camada d'água. Apesar de Gregoracci *et al.* (2015) atribuírem o enriquecimento de fosfato, nitrato e silicato (biogênico ou ressurgido do fundo) ao afloramento da ACAS, Valentin *et al.* (1984) acreditam que o silicato no núcleo da ressurgência, provavelmente é oriundo de *input* terrígeno -fato comprovado pela correlação entre altos teores de silicato e baixa salinidade- e o nitrito é relacionado indiretamente, já que suas concentrações caem durante um período e outro de ressurgência e possui seus máximos em subsuperfície durante o processo, consequências de um anterior acúmulo pela decomposição do fitoplâncton em condições de deficiência de luz.

Apesar das águas mais frias durante o verão em Cabo Frio em resposta ao afloramento da ACAS, essa costa possui influência de 3 tipos de água ocorrendo em conjunto ou separadamente, sendo: A AT, carregada pela Corrente do Brasil, a AC e a ACAS (VALENTIN *et al.*, 1984 e GUENTHER *et al.*, 2008). A eventual ocorrência de frente fria pode acarretar em atraso no enriquecimento de águas superficiais ou subsuperficiais que seriam causados pela ACAS (GREGORACCI *et al.*, 2015).

No trabalho de Giancesella-Galvão *et al.* (1997), se tratando da região de São Sebastião (SP), os altos valores de nitrato, nitrito e fosfato no fundo foram associados a ACAS, enquanto que o silicato teve variação horizontal mais significativa com maiores concentrações próximos a costa devido a contribuição terrígena; padrão observado também por Giancesella e Saldanha-Corrêa (2003), cujo aumento de silicato se deu em resposta às chuvas que antecederam as coletas e à interação com o fundo que disponibilizou o nutriente para as profundidades da ACAS, especialmente ao sul da Ilha de São Sebastião. Acredita-se que a intrusão da ACAS na região é mais efetiva durante o verão (BRAGA *et al.*, 2007), porém, nesse caso houve maior penetração da ACAS sobre a plataforma interna durante a primavera (GIANESELLA e SALDANHA-CORRÊA, 2003) quando se observa altos teores de fosfato e silicato, Tabela 63. Contudo, nesse mesmo período os autores destacam a deficiência de fosfato em relação ao nitrogênio na Água Costeira. O desequilíbrio se manteve no verão, acarretando em baixa biomassa fitoplanctônica na área de estudo. Outro ponto interessante em relação ao verão foi a maior concentração de fosfato na ACAS, indicando que o nutriente não estava sendo incrementado à camada de mistura a partir da massa d'água e sim por meio de fonte alóctone. Giancesella e Saldanha-Corrêa (2003) comparam a área de São Sebastião com Ubatuba, estudada por Aidar *et al.* (1993) e já citada nesse capítulo, afirmando que a primeira recebe maior carga

alóctone de nitrogênio do que a segunda, principalmente em períodos chuvosos.

Comparando as regiões estudadas por Giancesella-Galvão *et al.* (1997), os autores observaram maior concentração de amônia, e menor concentração de nitratos e fosfatos ao norte, juntamente com uma menor biomassa fitoplanctônica, inferindo, nesse caso, que esse fato pode decorrer de menor disponibilidade de nutrientes ou maior atividade de herbivoria no local. Pela interpretação dos estudos de Giancesella-Galvão *et al.* (1997) e Giancesella e Saldanha-Corrêa (2003), presume-se então que há menor produção primária em resposta à limitação de nutrientes e não por pressão de consumo dos heterotróficos.

Percebe-se que em relação a região mais ao sul de São Paulo estudada por Braga *et al.* (2017), a região norte de São Paulo estudada por Giancesella-Galvão *et al.* (1997), de maneira geral, possui maiores concentrações de amônia e fosfato quando comparada com o verão de 2014 de Braga *et al.* (2017) -cujos valores foram sempre superiores aos de Giancesella e Saldanha-Corrêa (2003)- e menores concentrações em comparação ao verão de 2015, que superou os valores para nitrito e silicato de Giancesella e Saldanha-Corrêa (2003); apesar do fosfato em superfície ter apresentado baixos teores igualmente comparáveis nos 3 estudos. Pode-se dizer que nitrato e nitrito ao norte estiveram em maiores concentrações, enquanto que o silicato foi maior ao sul.

É esperado que os parâmetros não apresentem grandes variações em mesmos períodos sazonais, porém os dados de Braga *et al.* (2017) mostram padrões de concentrações distintos entre o verão de 2014 e verão de 2015, principalmente em relação ao NID e fosfato, Tabela 64, que foram mais altos durante o verão seco de 2014 (BRAGA *et al.*, 2017.). Se desconsiderado o verão atípico de 2014, o local ao norte contém maiores teores de nutrientes do que ao sul, sendo a única exceção o silicato, que teve sua concentração correlacionada por Braga *et al.* (2017) à pluviosidade.

Contudo, um ponto de semelhança entre os trabalhos é a atribuição da intrusão da ACAS, mais frequente no verão, como fator de fertilização das águas na plataforma continental (GIANESELLA-GALVÃO *et al.*, 1997; GIANESELLA e SALDANHA-CORRÊA, 2003; BRAGA *et al.*, 2017). De acordo com Braga *et al.* (2017), apesar do baixo valor de nitrito durante o verão de 2014 e primavera (devido a sua oxidação para nitrato), e nitrato mais baixo também durante a primavera (devido à assimilação pela biota), altos teores de NID em camadas mais profundas foram associadas à intrusão da ACAS no local, a qual não se mostrou tão evidente durante o verão de 2015. No inverno os teores de nitrogênio amoniacal e nitrato foram baixos, e a coluna d'água, de acordo com o estudo, se mostrou mais homogênea em comparação

aos outros períodos, o que permitiu concluir haver rápida ciclagem da matéria orgânica e uma provável manutenção de estoque nutricional para a estação seguinte.

É necessário mencionar que os teores de fosfato foram baixos em toda a área de estudo, a qual engloba a Baía de Santos e o PEMLS. Braga *et al.* (2017) justificou a depleção de fósforo pelo estado de poluição que se encontra a Baía de Santos, explicado pelos próprios por meio de Prastka *et al.* (1998).

Relatos divergentes a respeito de estuários como sumidouros ou fontes de fósforo inorgânico levaram Prastka *et al.* (1998) a avaliar as diferentes situações a partir da utilização de modelo. Os autores concluíram que, com o aumento da atividade antrópica os teores de DIP nos corpos hídricos aumentaram no decorrer dos anos, podendo ser tal ao ponto de determinar mudança no comportamento do estuário de fonte para sumidouro em casos de concentrações de PID de 1 a 5 μM em águas interiores. A previsão do modelo do estudo de Prastka *et al.* (1998) demonstra que o aumento da entrada de PID pode aumentar a remoção de PID por partículas nos estuários, em locais de baixa salinidade, sendo essa remoção dependente da concentração de sólidos suspensos no ambiente. O fósforo particulado armazenado no sedimento pode ainda vir a ser disponibilizando por dragagens ou por condições de baixo oxigênio, que promove a redução do ferro e a liberação de PID para a água. Por outro lado, baixa concentração de DIP pode acarretar na dessorção de DIP dos sedimentos com alto teor de fosfato oriundos de períodos em que o PID disponível estava alto.

Retornando ao caso de Braga *et al.* (2017), apesar da Baía de Santos ser poluída ao ponto de atuar como sumidoura de fósforo, o PEMLS não possui esse caráter. A qualidade da água em seu entorno, se mantém mesmo estando localizado próximo a um polo industrial e uma área urbana; isso se deve, segundo os autores, a hidrodinâmica oceânica e à fertilização natural que ocorre no local.

Ainda em relação a São Paulo, a região de Ubatuba, por sua vez, possui menos nutrientes do que a Baía de Santos, mesmo levando em consideração locais mais confinados, como a baía de Mar virado e Picinguaba, áreas que se comparada às águas adjacentes são mais enriquecidas, Tabela 65. A região de Ubatuba possui uma linha de costa complexa, com presença de ilhas e baías (POVINEC *et al.*, 2008), onde pode haver certa limitação da circulação de água, observável pelos dados de Penninck *et al.* (2021) que expressam, em local mais confinado, mais nitrato (média de 1,88 μM) e silicato (média de 7,72 μM) do que Povinec *et al.* (2008), apesar de ter sido constatada a presença da ACAS entre Mar virado e a ilha Anchieta (PENNINCK *et al.*, 2021). Pode-se dizer que há grande variação de nutrientes na região costeira de Ubatuba,

ditada pela atuação de correntes e sua interação com a geomorfologia regional, mas também pela presença de emissários submarinos que causam alguma preocupação ambiental quanto a qualidade das águas e a gestão de recursos na região (POVINEC *et al.*, 2008).

Em síntese:

- Água Tropical transportada pela Corrente do Brasil confere a região Sudeste do Brasil, principalmente Espírito Santo e Rio de Janeiro, características oligotróficas.
- A região marinha pode ser enriquecida por consequência da existência de recifes artificiais, como no litoral do Espírito Santo.
- O VV é capaz de transportar nutrientes para a ZC do ES.
- Nutrientes oriundos da ressurgência de Cabo Frio alcançam outras Zonas Costeiras ao sul do Rio de Janeiro.
- Em São Paulo a plataforma continental é enriquecida pela intrusão da ACAS. O estado é mais enriquecido ao norte do que ao sul, porém o silicato é bem incrementado ao sul devido à alta pluviosidade.
- O afloramento da ACAS confere heterogeneidade de distribuição espacial de nutrientes, seja provocada por vórtices, ressurgência ou intrusões, todas são geralmente intensificadas no verão.
- Fonte alóctone é um importante *input* de nutrientes, especialmente fosfato e nitrato, enquanto as concentrações mais significativas de nitrito estão associadas a decomposição do fitoplâncton em resposta à condições anteriores de deficiência de luz.
- Estuários poluídos podem atuar como sumidouros de fósforo inorgânico.

5.3.5 Sistemas costeiros do Sudeste: baías, praias, lagunas, estuários

De acordo com De Oliveira *et al.* (2012) e Kutter *et al.* (2014), a ilha de Cabo Frio, em Arraial do Cabo (RJ), possui uma pequena e estreita baía, com duas entradas de água, localizada adjacente a região afetada por ressurgências esporádicas. Esses autores apresentam dados semelhantes para a concentração de nutrientes na Baía de Cabo Frio (Tabelas 66 e 67), porém divergem em relação a influência da ressurgência na região.

De Oliveira *et al.* (2012) apontam que os períodos de primavera e verão são mais produtivos devido à intrusão de água no local, principalmente durante o mês de setembro que apresentou, no estudo, ventos fortes e de nordeste que promovem ascensão da ACAS e enriquecimento da região. Contudo, é destacado que o estresse do vento pode também direcionar águas quentes e pobres em nutrientes da Corrente do Brasil para o litoral.

Para Kutter *et al.* (2014), durante o trabalho a influência da ACAS não pareceu ter um forte efeito no sistema, com concentração de nutrientes na baía significativamente inferiores ao local de influência direta da ressurgência, fora da baía. O fato é justificado pelos efeitos de diluição e pelo curto tempo de residência da água na enseada, apesar dos autores terem constatado picos de fosfato, nitrito e nitrato durante o período mais forte de ressurgência (2003-2005). O processo de enriquecimento por nitrito e nitrato foi realmente associado a alguma contribuição da ACAS, porém o fosfato foi atribuído a liberação de PID de águas intersticiais promovido pela intrusão de água mais frequente durante esse período que remobiliza sedimento no fundo; diferentemente da amônia, associada principalmente aos processos de amonificação na coluna d'água (KUTTER *et al.*, 2014), que, de acordo com De Oliveira *et al.* (2012), precisa ser monitorado devido a possibilidade de influência antrópica no local, apesar de Kutter *et al.* (2014) afirmar que a baía de Cabo Frio é oligotrófica, provavelmente sem entrada de poluição significativa no sistema, comumente limitado por nitrogênio. Confirmando a qualidade ambiental da Praia dos Anjos, área estudada pelos autores, entre o ano de 2015 e 2017 o local foi o 9º no *ranking* das 49 praias que se encaixaram no melhor critério de balneabilidade de praias do estado do Rio de Janeiro (excelente), de acordo com o INEA (2017).

Comparando-se os dados de Kutter *et al.* (2014) e estudos no núcleo de ressurgência (VALENTIN *et al.*, 1984; GUENTHER *et al.*, 2008 e GREGORACCI *et al.*, 2015) é possível confirmar que as águas na baía da ilha de Cabo Frio possuem teores de nutrientes significativamente menores do que os encontrados na região de afloramento da ACAS; assim como observado por Gonzalez-Rodriguez e Maestrini (1984) em Saco do Inglês, cujas águas a 42 metros de profundidade foram consideravelmente mais pobres em nutrientes do que as de Guenther *et al.* (2008) a 40 metros, mesmo o Saco do Inglês estando a sudoeste da ilha e nas proximidades do fenômeno de ressurgência. Possivelmente tal fato se deve à geomorfologia embaiada do local de Gonzalez-Rodriguez e Maestrini (1984), que pode dificultar a atuação dos ventos de NE, os quais promoveriam a ascensão de água no local, ou a entrada da ACAS já ressurgida no núcleo.

Todavia, o padrão constante de nitrogênio amoniacal também é visto na baía da ilha de Cabo Frio, associado a decomposição de material orgânico (VALENTIN *et al.*, 1984; GUENTHER *et al.*, 2008; KUTTER *et al.*, 2014).

A segunda maior baía tropical brasileira, Baía de Guanabara, situada na região metropolitana do Rio de Janeiro, é altamente impactada e afetada por diversas canalizações e intensos desmatamentos (KJERVE *et al.*, 1997; GREGORACCI *et al.*, 2012; COTOVICZ *et*

al., 2015). Sob influência de maré semidiurna, possui apenas uma ligação com o mar através de um canal com cerca de 30 metros de profundidade, sendo sua profundidade média interna de 5,7 metros (KJERVE *et al.*, 1997; LELES *et al.*, 2018).

De acordo com Leles *et al.* (2018), seus dados de concentração de nitrato em superfície são superiores aos observados na ausência da ACAS; a maioria dos dados de Leles *et al.* (2018) superam os encontrados por Cotovic Júnior *et al.* (2015), que amostraram próximo ao fundo, podendo ser essa razão pelo qual suas médias para amônia e fosfato a oeste da baía e no local mais confinado da área são maiores do que a média geral encontrada por Leles *et al.*, (2018) para esses nutrientes. Há destaque também para o nitrato, superior em Cotovicz Júnior *et al.* (2015) em seu setor 3.

O ponto 3 de Gregoracci *et al.* (2012), sob maior influência terrígena, apresentou concentração de nutrientes substancialmente mais altas, sendo a única exceção o nitrito que se equiparou aos demais pontos. Como esperado, ainda em relação a Gregoracci *et al.* (2012) o ponto sob maior influência marinha apresentou menos nutrientes do que os demais (padrão também observado por e KJERVE *et al.*, 1997 e COTOVICZ JÚNIOR *et al.*, 2015).

Pode-se dizer que os pontos menos poluídos e sob maior influência marinha (setor 1 de Cotovicz Júnior *et al.*, 2015 e ponto 1 de Gregoracci *et al.*, 2012) possuem mais nutrientes em superfície quando comparado ao fundo, com exceção do fosfato que apresenta uma distribuição mais homogênea (Tabela 69 e 71).

Porém comparando os pontos mais poluídos de Gregoracci *et al.* (2012) e Cotovicz Júnior *et al.* (2015), a amônia e o fosfato estão em maiores concentrações no fundo. É importante destacar o alto valor, destoante dos demais, de 200,83 μM , para concentração de amônia no ponto mais impactado da baía, Tabela 71. Contudo, com exceção desse valor, a amônia foi comparável à de Leles *et al.*, 2018; o qual apresentou média geral superficial maior de nitrito e fosfato, ainda que o nitrato e o silicato tenham sido maiores superficialmente em Gregoracci *et al.*, 2012.

Contrariamente à comparação entre os estudos anteriormente mencionados para a Baía de Guanabara, Kjerve *et al.* (1997) não apresenta variação vertical significativa de nutrientes, porém discute em seu trabalho o aumento da concentração dos elementos em locais de menor salinidade. Tanto esses autores, quanto Viana *et al.* (2019) apontam altas concentrações de amônia e fosfato, nutrientes que apresentam variação mais significativa entre superfície e fundo em Kjerve *et al.* (1997).

A influência da ACAS, principalmente durante a primavera e verão, descrita para a Baía

de Guanabara no tópico anterior é confirmada também para as porções mais internas do estuário (LELES *et al.*, 2018). Os estudos mostraram que há distribuição espacial de nutrientes, onde em locais sob maior influência marinha, afetados pela ação de ondas e marés (KJERVE *et al.*, 1997), ocorre maior renovação das águas e diluição dos elementos. De acordo com Cotovicz Júnior *et al.* (2015) a Baía de Guanabara apresenta alta entrada de água marinha, mantendo 85% de sua salinidade superior a 25. Ponto visto também por Gregoracci *et al.* (2012) quando, diferentemente de estudos anteriores, consideram a área a 3 km a dentro do canal de maré e a área mais contaminada, a oeste da baía, como ambientalmente semelhantes. Por outro lado, a alta concentração de nutrientes nessa parte oeste da baía foi explicada por Kjerve *et al.* (1997) e Viana *et al.* (2019) justamente pela entrada de esgoto e pela renovação de água menos eficiente no local em comparação com os demais, ainda que tenha o alcance de água salina.

Justificando a distribuição horizontal heterogênea, há também o aporte de nutrientes de origem terrígena, provinda do escoamento superficial, dos rios, de efluentes domésticos brutos e de poluentes antropogênicos de maneira geral (KJERVE *et al.*, 1997; GREGORACCI *et al.*, 2012); principalmente na área oeste da Baía, entre a Ilha do Governador e a cidade do Rio de Janeiro, com altas concentrações de silicato, nitrato, amônia e fosfato (VIANA *et al.*, 2019), conferindo o caráter de alta poluição para a área (KJERVE *et al.*, 1997), com alta possibilidade de eutrofização e proliferação de algas nocivas (VIANA *et al.*, 2019).

Ainda que a área a oeste tenha sido destacada por esses autores, toda a Baía de Guanabara possui uma qualidade de água ruim, com excesso de amônia e fosfato (KJERVE *et al.*, 1997), sendo um ambiente eutrófico e/ou hipereutrófico altamente impactado e com alguma limitação por fósforo (KJERVE *et al.*, 1997; GREGORACCI *et al.*, 2012; COTOVICZ *et al.*, 2015; LELES *et al.*, 2018), porém ainda classificada como permitida para uso humano secundário, por exemplo para pesca recreativa (KJERVE *et al.*, 1997). Viana *et al.* (2019) discutem que a diminuição da carga de nutrientes que entra na baía é a melhor estratégia para amenizar os danos causados pela eutrofização instalada no ambiente.

Se a condição ambiental da Baía de Guanabara melhorar, as condições anóxicas da interface sedimento-água -onde ocorre principalmente a captura de fósforo- podem alterar, permitindo que o sedimento oxigenado libere nutrientes armazenados no sedimento e a matéria orgânica oxidada seja liberada para a coluna d'água causando problemas na qualidade da água. Portanto, a melhoria da qualidade de esgoto que entra na baía, pode acarretar a longo prazo no aumento da concentração de oxigênio dissolvido e aumento da taxa de remineralização (KJERVE *et al.*, 1997).

Outra consequência interessante da eutrofização é que, diferentemente de outros estuários, a Baía de Guanabara possui o comportamento de sumidouro líquido de CO₂ atmosférico, segundo Cotovicz Júnior *et al.* (2015); explicada pelos autores a partir de um somatório de fatores, tais como: geomorfologia embaiada, com domínio marinho e alto tempo de residência, *input* de nutrientes e favorecimento de crescimento fitoplanctônico, clima tropical com alta disponibilidade de luz, forte estratificação da coluna d'água e entrada de efluentes domésticos não tratados que eutrofizam a baía durante muito tempo.

Sendo assim, a problemática envolvendo a eutrofização, a qualidade de água, problemas na saúde da população e do ambiente envolve uma série de fatores complexos e uma solução aparentemente difícil de ser alcançada.

A Baía de ilha Grande localizada ao sul do Rio de Janeiro é um ecossistema meso-oligotrófico de profundidades baixas, cerca de 8 metros (BARRERA-ALBA *et al.*, 2019), que geralmente apresenta menores concentrações de nutrientes do que a Baía de Guanabara (comparando-se com GREGORACCI *et al.*, 2012 e LELES *et al.*, 2018), porém com nitrato superior em Paraty e Angra dos Reis do que mensurado em locais moderadamente impactados da Baía de Guanabara por Cotovicz Júnior *et al.* (2015), e silicato superior na Praia de Itaorna e Enseada Piraquara de Fora do que a média geral para Baía de Guanabara de acordo com Leles *et al.* (2018). Em relação às baías da Ilha de Cabo Frio e Arraial do Cabo, o nitrito se mostrou comparável, enquanto o nitrato e nitrogênio amoniacal foram significativamente maiores e fosfato menores em Paraty e Angra dos Reis (DE OLIVEIRA *et al.*, 2012; KUTTER *et al.*, 2014). Pode-se considerar então que a baía de Ilha Grande possui níveis intermediários de concentração de nutrientes em relação às outras baías do estado do Rio de Janeiro, e cabe ser dito que não houve menção de intrusão da ACAS na Baía de Ilha Grande, como houve para as demais baías.

Na Praia de Itaorna e em Piraquara de Fora houve maior concentração de fosfato do que em Paraty e Angra dos Reis, porém a concentração de nitrato foi maior nos dois últimos locais durante o outono (4,38 µM em Paraty e 7,08 µM em Angra dos Reis) do que nos dois primeiros, com concentração média máxima de 0,68 µM (Tabela 72). Parece haver uma variabilidade sazonal, onde máximos teores de nutrientes, principalmente de nitrato e silicato, ocorrem em períodos chuvosos e mínimos em períodos secos (CASTELAR *et al.*, 2014; BARRERA-ALBA *et al.*, 2019). Há limitação por nutrientes nitrogenados, porém como sua disponibilidade é governada pela pluviosidade, Barrera-Alba *et al.* (2019) consideram a chuva como a principal controladora da atividade fotossintética, a qual teve seu regime afetado pelo *El Niño* durante

alguns períodos estudados pelos autores, sendo o fenômeno capaz de modificar todo o ecossistema de uma região (BARRERA-ALBA *et al.*, 2019; VIANA *et al.*, 2019).

Apesar da Praia de Itaorna e Piraquara de Fora serem protegidas e com baixas concentrações de nutrientes dissolvidos, há preocupação ambiental principalmente pelas respostas do ecossistema a mudanças como aquecimentos das águas costeiras, modificação do regime de chuvas ou aumento na ocorrência de *El Niño*, por exemplo (BARRERA-ALBA *et al.*, 2019).

A enseada do Flamengo, contida da Baía de Ubatuba (SP), apresenta níveis de nitrato e fosfato muito baixos, apesar de haver certa diferença sazonal, já que há teores mais altos de nutrientes durante o verão, associados por Teixeira (1979) e Teixeira (1973) à intrusão de água mais fria na região durante esse período. Há deficiência de nutrientes no local, conferindo, segundo Teixeira (1973), à enseada do Flamengo características oligotróficas. De acordo com Teixeira (1973) além da distribuição de nutrientes na área ser controlada por águas frias oceânicas, também há certa contribuição de águas oriundas da drenagem continental, essa última sem grande importância para a produtividade local. A enseada de Palmas, também contida na Baía de Ubatuba, apresenta teores de nutrientes mais expressivos (Tabela 75) do que os encontrados na enseada do Flamengo. Braga (1999) atribuírem essa característica aos efeitos de intrusão da ACAS (principalmente durante o verão), à pluviosidade (que promove principalmente entrada de nutrientes nitrogenados nas camadas superficiais do mar) e ao *input* fluvial (o qual interfere mais nos teores de silicato e é limitado às áreas costeiras, já que as descargas dos rios não são expressivas nessa região). Em discordância com Teixeira (1973), Braga (1999) considera a Baía de Ubatuba como meso-oligotrófica, assim como a baía de Ilha Grande no Rio de Janeiro (BARRERA-ALBA *et al.*, 2019).

Segundo Braga *et al.* (2000), a baixada santista possui altos níveis de poluição por consequência de intensas atividades industriais, portuárias e urbanas; perceptíveis através do alto teor de nitrito e nitrato (120 μ M) em águas próximas às fábricas de produção de aço e esterco, e a saídas de esgoto bruto nos canais naturais. Há decréscimo nas concentrações dos nutrientes em direção a estações mais externas devido principalmente aos processos de diluição da água. Os nutrientes nitrogenados, por exemplo, diminuem em 40 vezes quando alcançam a Baía de Santos, porém a assimilação e a remoção não podem ser negligenciadas como fatores que capturam esses elementos; assim como a adsorção por suspensão da matéria orgânica e a floculação devido a variação de salinidade no caso do fosfato. Para os canais artificiais o padrão é semelhante ao descrito e esperado em águas poluídas, com a diferença em possuir paredes de

concreto que podem acrescentar silicato ao ambiente. Mesmo que a diluição tenha sido destacada pelos autores, Braga *et al.* (2000) apontam que o processo não é capaz de fazer com que as concentrações entre os locais se assemelhem ao mar aberto adjacente.

Braga *et al.* (2000) e Moser *et al.* (2004) pontuam ainda que durante o verão há piora da qualidade ambiental com aumento na concentração de nutriente na parte externa, isso se dá em resposta ao transbordamento de uma região para outra, o que torna os canais naturais uma fonte de poluição, e em resposta ao aumento da população nessa estação do ano, que acaba por ocasionar problemas sanitários.

Braga *et al.* (2000) consideram então que a diluição dos nutrientes inorgânicos dissolvidos é ineficaz e que o sistema está em intenso processo de degradação, podendo gerar consequências negativas irreversíveis a saúde humana.

Moser *et al.* (2004) identificou principais fontes poluidoras para os locais estudados, sendo: para Baía de Santos, os estuários de São Vicente e Santos e emissário submarino; para Guarujá, as águas da Baía de Santos e emissário submarino; para Praia Grande, aporte fluvial e dois emissários submarinos; e para o Canal de São Sebastião, emissários submarinos. Moser *et al.* (2004) classificaram as áreas de estudo em níveis de eutrofização, a saber, do menor para o maior: Praia Grande, São Sebastião, Guarujá e Santos; possivelmente em resposta não somente às diferentes fontes poluidoras, mas também às suas morfologias que favorecem ou desfavorecem a hidrodinâmica e a diluição de nutrientes.

Apesar da Praia Grande, em São Paulo, ter apresentado aumento na concentração de nutrientes durante o verão e ter sido mencionada fonte poluidora de emissário submarino, o local é menos enriquecido quando comparado a região da praia de Ipanema, estudada por De Luca *et al.* (1991). Os autores justificam as concentrações de fosfato devido a sua utilização pela biota e os teores de nitrato em resposta a um possível pré-tratamento do esgoto, onde teria sido adicionado um oxidante para evitar mau odores na praia. Todavia, esse emissário forneceu altas cargas de nutrientes durante seus mais de 20 anos de operação, alterando uma camada de 1-2 cm de sedimento com altas concentrações de fósforo, comparáveis a estuários poluídos e a bacias semifechadas (CARREIRA *et al.*, 1998).

A praia de Ipanema, RJ, também possui maiores concentrações de nutrientes do que a Prainha, em Arraial do Cabo, RJ. Local fora da influência da ressurgência de Cabo Frio, diferentemente de Forno, Sonar, Jaconé e Baía dos Anjos (GUIMARÃES E COUTINHO, 2000 e DE OLIVEIRA *et al.*, 2012) e destino de turistas, principalmente durante o verão, que procuram um *resort* existente na região, aumentando a população em 10 vezes (GODOY *et al.*,

2013). Mesmo com a população flutuante, não há diferença das concentrações de fosfato, nitrito e amônia entre os meses, Tabela 78. A elevação dos teores de nitrato em março não é suficiente para atribuir o enriquecimento a algum emissário submarino na região (GODOY *et al.*, 2013).

Pelas concentrações de nutrientes observadas nas lagoas de Grussaí, Iquipará e Açú (RJ), aparentemente a última é mais enriquecida do que as demais, Tabela 79; Chagas e Suzuki, 2005. Para a Lagoa de Grussaí, onde há mais nutriente em locais colonizados por macrófitas (Tabela 79), há enriquecimento de nutrientes nitrogenados a partir da abertura da barra de areia. Porém, mesmo quando o ambiente está fechado e supersaturado em oxigênio dissolvido, o alto grau de eutrofização se mantém devido ao aporte natural de material orgânico e inorgânico da restinga adjacente, somada ao aporte de efluente doméstico na porção norte (SUZUKI *et al.*, 1998). Em Iquipará também é observado aumento de nutrientes em períodos de conexão com o mar, nesse caso há grande incremento de ortofosfato e amônia. Esse processo decorre principalmente da diminuição do volume lagunar, promovendo, além da ressuspensão sedimentar e redistribuição de nutrientes, a exposição de macrófitas bentônicas que vêm a ser decompostas posteriormente. Apesar da grande perda de nutrientes e biomassa ocasionada pela abertura da barra, a lagoa de Iquipará recupera rapidamente suas condições hidroquímicas anteriores (SUZUKI *et al.*, 2002). Por sua vez, a lagoa do Açú possui padrões sazonais de distribuição de nutrientes correlacionados com precipitação e evaporação, quando em períodos de maior pluviosidade ocorre *input* dos elementos através de canais, terrenos circundantes e água subterrâneas (CHAGAS e SUZUKI, 2005).

Na lagoa de Imboassica, RJ, encontra-se alta concentração de amônia, e parece haver um padrão de aumento da concentração de NID e fosfato durante a abertura da barra de areia, mesmo que haja mais silicato depois que a conexão com o mar é estabelecida. Comparando-se os pontos, o mais próximo a descarga de esgoto possui maiores teores de NID e fosfato do que o ponto próximo ao banco de areia, o qual apresenta concentrações mais altas de silicato durante e depois da abertura da barra (Tabela 82). Contudo, é importante destacar que se comparada a média geral entre o ponto nas proximidades da abertura, nas proximidades da entrada de esgoto e o que está situado próximos às macrófitas, o terceiro possui alto teor de silicato em relação aos demais e o segundo em relação ao primeiro (Tabela 83). A distribuição de silicato é explicada por Melo *et al.* (2007) através de sua correlação com locais onde há maior biomassa fitoplanctônica.

Durante o período de abertura da barra o nível da água da lagoa de Imboassica reduz, levando ao aumento da influência do sedimento no corpo d'água e, conseqüentemente, do

material em suspensão e concentração de nitrogênio amoniacal, e à diminuição da diluição da carga de nutrientes aportada pelo esgoto, estabelecendo um gradiente trófico no ambiente. A entrada de água do mar altera ainda, dentre outros fatores, o equilíbrio osmótico de macroalgas, levando-as a morte e posterior decomposição (KOZLOWSKY-SUZUKI e BOZELLI, 2004; BRANCO *et al.*, 2007).

Apesar de ser uma lagoa costeira pequena e rasa, sob diversas interferências antrópicas, (tais como abertura artificial da barra de areia, entrada de efluentes domésticos, redução de sua área por aterros), a lagoa de Imboassica apresenta baixos níveis de nutrientes e um ambiente desfavorável ao crescimento de fitoplâncton (KOZLOWSKY-SUZUKI e BOZELLI, 2004; BRANCO *et al.*, 2007; MELO *et al.*, 2007).

Através dos dados referentes à lagoa de Araruama (Tabela 84), não é possível observar diferenças sazonais evidentes na concentração de nutrientes. O local possui, aparentemente, boa distribuição espacial dos elementos, porém os fatores que condicionam tanto os teores quanto a variação espacial e temporal são complexos (VICENTE *et al.*, 2021).

A lagoa, considerada hipersalina, possui seu balanço hídrico controlado principalmente pela evaporação e precipitação, essa última, quando intensa, capaz de lixiviar o solo e carrear para a região resíduos de fossas sépticas e de afluentes estagnados, os quais podem atuar como fontes difusas de nutrientes durante a estação seca (SOUZA *et al.*, 2003). Apesar de receber efluentes domésticos da cidade de Cabo Frio e uma maior contribuição oriunda da lixiviação durante o verão, a carga aumentada de nutrientes que chega à lagoa não é capaz de alterar sua concentração, já que os elementos são rapidamente diluídos, exportados ou assimilados; especialmente o fosfato, retirado da coluna d'água também por processos físico-químicos que o transfere ao sedimento carbonático da área, causando limitação por fósforo no ambiente. Cabe ser dito ainda que o processo citado anteriormente provavelmente é responsável por manter uma suposta qualidade ambiental, evitando que a lagoa se torna eutrofizada, classificando-a como oligotrófica também por consequência dos altos teores de oxigênio dissolvido. Contudo, é apontado ainda que tal condição parece estar próxima de ser modificada para mesotrófica, uma vez que a capacidade de retenção de nutrientes no sedimento pode estar perto do limite e a entrada desses elementos pelas fontes citadas são altas e constantes (SOUZA *et al.*, 2003. VICENTE *et al.*, 2021).

Todos os nutrientes no sistema estuarino-lagunar Piratininga-Itaipu, RJ, possuem concentrações muito superiores às de outros sistemas lagunares descritos anteriormente e ao complexo estuarino-lagunar de Cananeia-Iguape (SP). De acordo com Cerda *et al.* (2013), o

local sofre intensos processos de urbanização há mais de 40 anos, acarretando em despejos de efluentes parcialmente e/ou não tratados na área, levando a eutrofização das lagunas e da área marinha adjacente. Pelos dados apresentados, o estabelecimento da conexão entre as lagunas e o mar pareceu ter diminuído, em geral, a concentração de nutrientes somente na praia de Itaipu, Tabela 85. Contudo, os autores discutem que mesmo que essa intervenção tenha sido capaz de diminuir o tempo de residência das águas, renovando principalmente o conteúdo da lagoa de Piratininga e causando efeito direto na área por potencializar a hidrodinâmica da região., tal ação não se mostrou totalmente eficiente, haja vista episódios de grande carga orgânica na água e mortalidade de peixes (CERDA *et al.*, 2013).

Apesar das reduzidas concentrações de nutrientes observadas no complexo estuarino-lagunar de Cananéia-Iguape (SP) em relação a Piratininga-Itaipu, pelo fato de o nitrato ter sido maior com o canal fechado (durante o verão e o inverno), e o silicato maior durante o verão com o canal fechado (Tabela 86), Braga e Chiozzini (2008) consideram haver certo desequilíbrio no ciclo biogeoquímico de nutrientes e adverte sobre os possíveis riscos à preservação de tal ecossistema, ressaltando a importância de avaliação da dinâmica de nutrientes, em especial o silicato, já que o ambiente desempenha um papel fundamental na manutenção da biodiversidade marinha.

Houve diferença na concentração de nutrientes entre períodos secos e chuvosos no estuário do rio Paraíba do Sul (RJ), com a maioria em teores mais altos no segundo período, sendo a exceção o nitrito, maior na estiagem, Tabela 87. Essa relação é confirmada estatisticamente pelos autores (KRUGER *et al.*, 2006). Também é possível observar através dos dados que há maior diferença entre as mínimas e máximas concentrações de nutrientes durante as marés de sizígia, o que se deve a um maior efeito de penetração da cunha salina em direção ao estuário, capaz de reduzir ainda mais os nutrientes no local durante períodos de estiagem. Segundo Kruger *et al.* (2006) a concentração de nutrientes no estuário do rio Paraíba do Sul pode ser considerada baixa para um ambiente poluído, sendo regulados principalmente pelas chuvas, que promovem aumento da contribuição fluvial e intensificação da lixiviação e inundação das margens, aportando principalmente silicato, enquanto que o fosfato, o qual diminui em altas salinidades, é controlado por mecanismos de adsorção e dessorção do fósforo ao material em suspensão e sedimentos.

Há semelhanças em relação a concentração de nutrientes entre o estuário do rio Paraíba do Sul e os estuários Macaé, Perequê-Açu, São João e Bracuí, os quais apresentam a ordem citada de mais ricos em nutrientes para os menos ricos em nutrientes, Tabela 87 e 88. Araújo *et*

al. (2017) apontam que em relação ao amônio, nitrito e silicato não há diferenças significativas entre o São João e Perequê-Açu, que, em conjunto com Bracuí, foram considerados oligotróficos, enquanto Macaé foi dito como mesotrófico. A partir da aplicação de índice, os autores concluem que Bracuí possui boa qualidade e São João regular, enquanto Macaé e Perequê-Açu são ruins. As concentrações mais altas no estuário Perequê-Açu são associadas ao seu embaiamento e a menor hidrodinamismo.

Além do *input* fluvial e das variações sazonais na contribuição de nutrientes no estuário da Baía de Sepetiba, Rodrigues *et al.* (2009) fazem constatações interessantes acerca da pluma dos rios São Francisco e Guandú, que deságuam na referida baía. Os autores concluem que a pluma, de direção sudeste, quando em situação de baixa descarga fluvial retém material e fertiliza áreas próximas a costa, enquanto que em alta descarga, a fertilização ocorre na parte central interna da baía. Somada à contribuição terrígena, há disponibilização para a coluna d'água de nutrientes do sedimento. acarretada pela ação das marés em conjunto com o escoamento fluvial atuando no estuário raso.

A ação das marés e o fluxo de água doce também foram consideradas principais forçantes no canal de Bertioga, de acordo com Giancesella *et al.* (2005). Apesar de menor do que outros sistemas estuarinos aqui citados (vide Paraíba do Sul e estuário de Macaé), as médias de NID e fosfato foram consideradas altas pelos autores. Porém, a partir dos dados de clorofila, foi concluído que há uma alta taxa de renovação das águas no canal que limitam o crescimento populacional do fitoplâncton. Giancesella *et al.* (2005) discutem ainda que o local possui capacidade de importação e exportação de clorofila e nutrientes, servindo de alerta quanto ao impacto do despejo de poluentes no estuário e Zona Costeira, já que pode haver alcance desses ao curso superior do estuário, principalmente em situações de baixa vazão fluvial.

Em síntese:

- A Baía de Guanabara é altamente impactada, principalmente na direção oeste. O local possui alta concentração de amônia e fosfato e é afetada pelo alcance da ACAS.
- Baía de Guanabara é sumidoura de CO₂ atmosférico. A diminuição de sua poluição pode causar efeitos reversos ao ambiente, aumentando a concentração de nutrientes na coluna d'água.
- É observada limitação por nutrientes nitrogenados em baías.
- Os sistemas costeiros são alvos de preocupação ambiental e de saúde pública, por consequências de impactos como aquecimento das águas, frequência de *El Niño* e lançamento de efluentes.

- Em geral, enseadas de Ubatuba possuem contribuição oceânica (ACAS) mais significativa do que a contribuição terrígena.
- O Sudeste possui baías meso-oligotróficas, como as de Ilha Grande e Ubatuba, e baías eutrofizadas como as de Guanabara e Santos.
- Assim como a Baía de Guanabara, a Baía de Santos é muito poluída. Diluição, adsorção, floculação e assimilação biológica são incapazes de modificar o local para qualidade ambiental semelhante à área marinha adjacente.
- Como visto para o estado de São Paulo, canais artificiais podem atuar como fornecedores de silicato devido às suas paredes de concreto.
- Emissários submarinos poluem sistemas costeiros, incluindo praias.
- Morfologia embaiada pode dificultar a renovação de águas e favorecer a poluição.
- Sistemas lagunares são bem afetados por precipitação e evaporação, mas sofrem com entradas de efluentes e de águas lixiviadas, com ação de ondas e marés, e com a diminuição de seu volume, que pode ocasionar a morte da comunidade biológica e enriquecimento nutricional por sua decomposição.
- A capacidade de retenção de nutrientes nos sedimentos em baías e lagunas pode chegar ao limite e o estado trófico do ambiente pode ser piorado.

Em conclusão, de modo geral a Água Tropical transportada pela Corrente do Brasil confere características oligotróficas para a região marinha do Sudeste. Todavia, o enriquecimento de águas oceânicas e costeiras é frequentemente ocasionado pela Água Central do Atlântico Sul, seja através de sua penetração na plataforma continental ou afloramento em decorrência de vórtices, meandros, ressurgências costeiras ou de quebra de plataforma, intensificadas em períodos de verão. A geomorfologia do litoral Sudeste é variável e condicionante de tempos de residências das águas ou de consequências da atuação de ventos, como por exemplo os de Nordeste, capazes de promover *upwelling* em Cabo Frio devido a orientação de sua linha de costa. Há divergência em relação à limitação por nutrientes para o Sudeste, sendo o fósforo apontado frequentemente para a região oceânica, o silicato para a plataforma continental e, por vezes, os nutrientes nitrogenados para sistemas costeiros. Por fim, é importante ser dito que nesse capítulo a poluição ambiental foi mais enfatizada pelos autores do que nos anteriores, uma vez que as baías estão cada vez mais poluídas e a incapacidade de retenção de nutrientes no pacote sedimentar parece ser um problema inevitável.

5.4 Resultados para a região Sul

Todos os estados que compõem a região sul são litorâneos: Paraná (PR), Santa Catarina (SC) e Rio Grande do Sul (RS). A plataforma continental dessa região apresenta características mais progradantes do que, principalmente, a região nordeste; a sedimentação terrígena é significativa e há maior influência de rios, afetados pelo clima subtropical (GOES e FERREIRA JÚNIOR, 2017). Os taludes são menos íngremes e localizados geralmente a 160-200 metros (MILOSLAVICH *et al.*, 2011). Assim como a região Sudeste, a Sul também está sob influência da ressurgência de quebra de plataforma (BERNARDES *et al.*, 2012), capaz de enriquecer regiões oceânicas e neríticas (CIOTTI *et al.*, 1995; BRANDINI *et al.*, 2007), juntamente com aporte de importantes descargas continentais, como a Lagoa dos Patos, no Rio Grande do Sul, e a pluma do rio da Prata, o qual, localizado no Uruguai, é o quinto maior rio em volume de água do mundo (ATTISANO *et al.*, 2008; CAMPOS, 2021).

A seguir os resultados para esse capítulo serão divididos em duas partes, assim como para o capítulo anterior. A primeira tratará da região oceânica e plataforma continental, pois alguns estudos englobam também a ZC além da região oceânica. A segunda parte tratará da ZC e, diferentemente do que foi feito para a região sudeste, não terá divisões em sistemas costeiros, tendo em vista o menor volume de estudos para esse caso. Dentro desses itens a exposição dos resultados respeitará, quando possível, a ordem geográfica dos estados e o ambiente de que se trata.

5.4.1 Região Oceânica e Plataforma Continental

Os estudos de Brandini (1988), Brandini (1990), Forde *et al.* (1994), Van Der Loeff *et al.* (1996), Metzler *et al.* (1997), Cutter e Measures (1999), Detoni *et al.* (2016a), Bif e Yunes (2017) e Lima *et al.* (2019) já foram citados para os capítulos anteriores. Nesse capítulo será apresentado os resultados desses artigos somente para a região Sul, Figura 17.

De acordo com Forde *et al.* (1994), em 25,99°S e 24,99°O, comparando-se nitrito, nitrato e silicato, a menor profundidade que teve concentração de nutriente mensurável foi de 197 metros para o nitrato com 2,54 μM , que continuou crescendo atingindo máximo de 29,9

μM a 4866 metros. O silicato só começou a aumentar a 391 metros, apresentando teor de $1,6 \mu\text{M}$, chegando a $99,8 \mu\text{M}$ em 4866 metros de profundidade. Nas coordenadas 27°S e 25°O ; $29,5^\circ\text{S}$ e $28,5^\circ\text{O}$; 32°S e 32°O ; os nutrientes seguem o mesmo padrão: nitrito sendo indetectável, nitrato detectável em menores profundidades do que o silicato, porém superando as concentrações de nitrato na profundidade máxima amostrada.

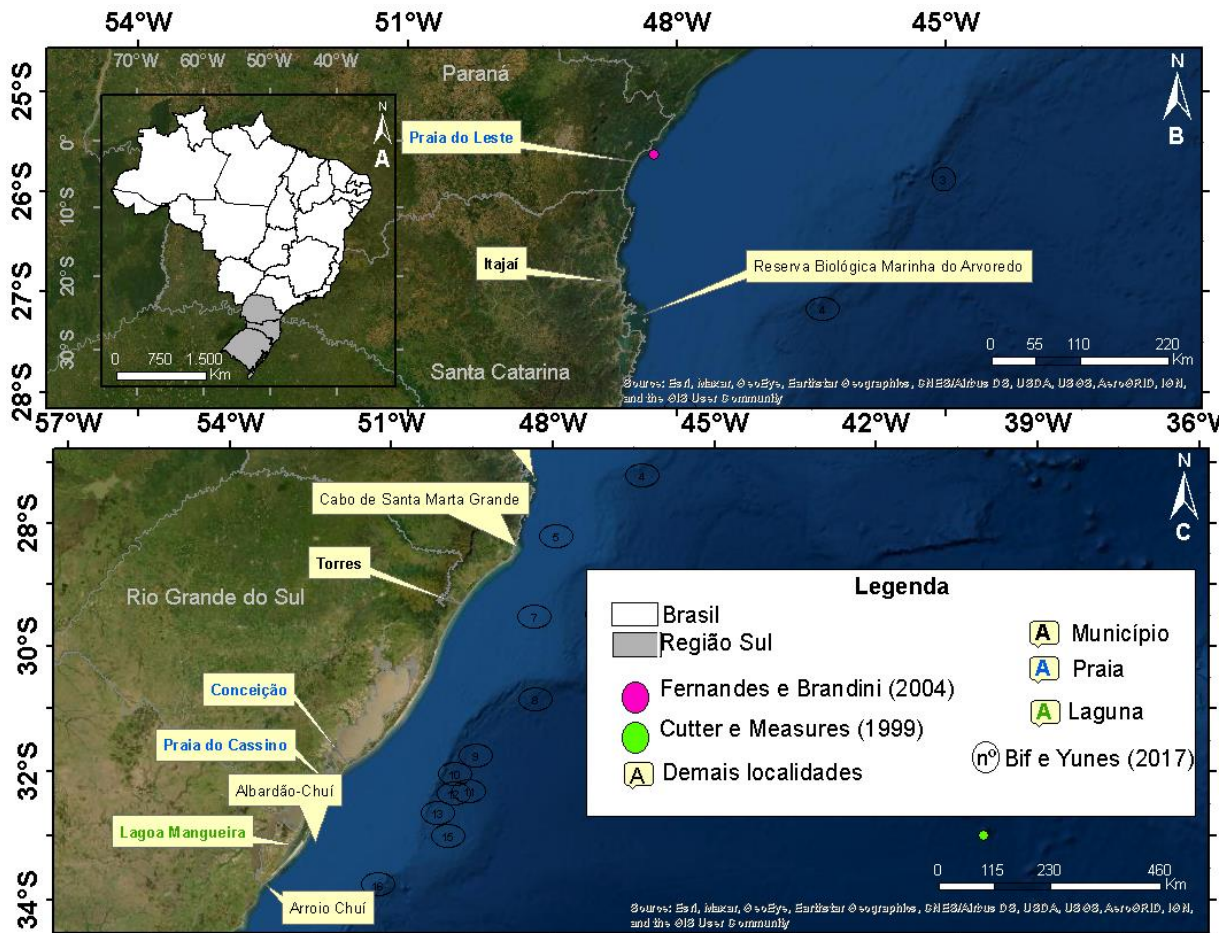


Figura 17: A: Mapa do Brasil com ênfase para os estados da região sul. B: Áreas de estudos no Paraná e em Santa Catarina. C: Áreas de estudos no sul de Santa Catarina e Rio Grande do Sul. O mapa engloba áreas de Magliocca *et al.* (1982), Brandini (1988), Brandini (1990), Forde *et al.* (1994), Ciotti *et al.* (1995), Van Der Loeff *et al.* (1996), Metzler *et al.* (1997), Cutter e Measures (1999), Brandini *et al.* (2000), Brandini *et al.* (2007), Braga *et al.* (2008), Eichler *et al.* (2008), Mather *et al.* (2008), Snow *et al.* (2015), Detoni *et al.* (2016b), Bif e Yunes (2017), Araujo *et al.* (2017), Fontes *et al.* (2018), Gonçalves-Araújo *et al.* (2018), Lima *et al.* (2019), Berden *et al.* (2020).

Por volta de 50°W , Van Der Loeff *et al.* (1996), em latitude correspondente a região Sul (maiores que 35°S), encontraram fosfato entre $0,3\text{-}1,3 \mu\text{M}$, nitrato maior do que $5 \mu\text{M}$ e silicato entre $0,5\text{-}6 \mu\text{M}$ a 12 metros de profundidade durante outubro e novembro de 1990.

Cutter e Measures (1999), na estação 10, entre amostras em 4460 metros e 3950, encontraram a Água Antártica de Fundo, com baixa salinidade e temperatura, mas altos teores de silicato (126,3 - 130,8 μM), nitrato (33 μM) e fosfato (2,2 μM). Acima dessa camada, as concentrações de nutrientes diminuíram até a profundidade de 3200 metros, onde ocorreu o mínimo de concentração de silicato e a camada foi identificada como Água Profunda do Atlântico Norte. Diminuindo a profundidade a 1500 metros o silicato aumenta até o valor máximo de 59 μM . Segundo os autores, esse ponto amostral abrangeu o Giro Subtropical do Atlântico Sul, cuja salinidade é alta, o nitrato indetectável ($<0,1 \mu\text{M}$) e a média de fosfato está por volta de 0,07 μM , Figura 17.

Os trabalhos de Detoni *et al.* (2016a) e Lima *et al.* (2019) constavam dados médios de toda a área estudada, que incluía a região Sudeste e Sul do Brasil, Tabela 55 e 56. Diferentemente de Bif e Yunes (2017) que apresentam concentrações de silicato, NID e fosfato para cada ponto amostrado, como pode ser visto na Tabela 91. As estações 3 e 4 foram amostradas em junho de 2013 e as demais entre 10 e 20 de maio de 2014.

Tabela 91: Concentrações de fosfato, Nitrogênio Inorgânico Dissolvido (NID) e silicato em μM na região oceânica do Sul do Brasil, em cada estação amostrada a 15 metros de profundidade de acordo com Bif e Yunes (2017).

Estação	Fosfato	NID	Silicato
3	0,13	1,05	-
4	0,06	0,97	-
5	0	0	12,15
6	0	0,65	3,93
7	0,26	1,45	18,69
8	0	0,03	1,31
9	0	0,59	0,75
10	0	0,12	0
11	0	0	2,06
12	0	0	3,45
13	0,21	0,7	19,8
14	0,19	0,2	4,86
15	0,32	0	3,55
16	0,32	0	3,93

-: Sem dados mensurados.

Detoni *et al.* (2016b) estudaram os nutrientes em 14 florações de cianobactérias que

ocorreram entre 2012 e 2014, observadas na quebra da plataforma continental, entre as isóbatas de 200 e 2000 metros, ambiente que cobre zonas oceânicas do Paraná, Santa Catarina e Rio Grande do Sul. Nesse caso, o NID variou de 0,79 a 1,42 μM e o fosfato de 0,01 e 0,13 μM .

O ponto amostral de Metzler *et al.* (1997) correspondente a região oceânica Sul, mais especificamente adjacente à Lagoa dos Patos (RS), apresentou na profundidade de 12 metros concentrações de 0,44 μM para nitrato e 0,13 μM para fosfato. Na profundidade de 57 metros o nitrato esteve em 0,04 μM e o fosfato em 0,08 μM , sendo o silicato não mensurável para ambos os casos.

Araújo *et al.* (2017) estudaram o oceano Atlântico Sul Subtropical ao longo da latitude 30°S e longitude 15°L e 50° W, coletando amostras de superfície a 200 metros de profundidade durante a primavera de 2011. A área de estudo foi dividida em setores leste, central e oeste, sendo esse último na região do Brasil e denominado como província Brasil pelos autores. Dessa forma nessa região, a concentração média e desvio padrão, em $\mu\text{mol/Kg}$, para nitrato, silicato e fosfato foram, respectivamente, $0,01 \pm 0,03$; $1,09 \pm 0,86$; $0,07 \pm 0,04$. Considerando-se que a densidade da água do mar ($1,03\text{g/cm}^3$) é próximo a unidade, os valores foram mantidos conforme unidades publicadas, pois as diferenças com a unidade padrão adotada nesta dissertação ($\mu\text{mol/L}$) não impedem uma comparação

Brandini *et al.* (2000) em cruzeiros que percorreram área entre 30°-62°S e 47-57°O durante novembro de 1993, novembro de 1994 e novembro de 1995, amostraram água da superfície a profundidade de 125-200 metros. Os autores relatam que em novembro de 1993 as concentrações de nutrientes aumentaram de norte para sul, com menores valores na zona eufótica da região subtropical dominada pela Corrente do Brasil, e um padrão mais constante na zona afótica. Em novembro de 1994, nitrato ($<4 \mu\text{M}$) e fosfato ($<0,4 \mu\text{M}$) continuaram baixos nas primeiras camadas de águas subtropicais, aumentando suas concentrações com a profundidade, enquanto que silicato esteve abaixo de 8 na maior parte dos locais amostrados da região Sul. O mesmo foi observado em novembro de 1995, com menores teores de nitrato ($<4 \mu\text{M}$) e fosfato ($<1 \mu\text{M}$) nas águas subtropicais, que se tornam mais enriquecidas em profundidade em locais de domínio da ACAS.

Por meio de dados gerados por cruzeiro realizado em outubro de 2013 na plataforma oeste do Atlântico Sul (31°S e 38°S, do Rio Grande do Sul, Brasil, à Argentina), Berden *et al.* (2020) destacam que em torno dos 50 metros de profundidade, a 35°S e 53°O, portanto paralelo a região sul do RS, há águas enriquecidas com nitrito + nitrato ($> 6 \mu\text{M}$) e, logo abaixo, ainda mais ao sul, mas ainda em águas brasileiras, concentração relativamente alta de fosfato a 4

metros (1,48 μM) quando se compara aos demais pontos do estudo. Esse local também se destacou pela alta concentração de silicato (máximo de 34,95 μM).

Daqui em diante, nesse tópico, os trabalhos tratarão não somente da região oceânica do Sul, podendo englobar agora tal região e/ou a plataforma continental, por vezes inserida na Zona Costeira.

Em transecto perpendicular a Praia do Leste, no estado do Paraná, Brandini *et al.* (2007) amostraram 5 pontos (cobrindo a isóbata de 10 metros a isóbata de 40 metros), mensalmente entre agosto de 1997 e março de 1999. Os autores apontam que enquanto nitrito e nitrato aumentaram com a profundidade, o fosfato e silicato apresentaram, com exceção para o período de novembro-dezembro de 1999, padrão mais homogêneo. A distribuição horizontal seguiu padrão esperado de diminuição da concentração em direção ao oceano, houve também padrão sazonal com maior concentração durante o inverno/primavera (exemplo: silicato entre 10 e 12 μM entre junho e novembro de 1998 e entre 2 a 4 μM no verão). De maneira geral, o nitrato variou de 0,17 a 1,13 μM , o nitrito de 0,04 a 1,1 μM , o fosfato de 0,2 a 0,73 μM e silicato de 2,5 a 10,2 μM .

Em Brandini (1988) o fosfato foi baixo nas áreas marinhas do Paraná e São Paulo (<0,001 μM), mas apresentou um aumento no litoral de Santa Catarina (para 0,009 μM), com gradientes de concentração de nutrientes perpendiculares à linha de costa, e concentrações que por vezes ultrapassaram 0,004 μM . Tal gradiente coincidiu com os de silicato, que apresentou máximo de 0,42 μM para a região.

Brandini (1990), durante julho/agosto de 1982, também destacaram o litoral de Santa Catarina por ter apresentado maiores concentrações de fosfato quando comparada ao Paraná e sul de São Paulo, porém nesse mesmo local houve as menores concentrações de amônia (inferiores a 0,03 μM), com exceções pontuais de áreas estuarinas. Em fevereiro/março de 1984 os teores de fosfato na região Sul diminuíram (em geral menores do que 0,001 μM), sendo inferiores aos encontrados em São Paulo. O silicato se destacou no Paraná, com concentrações superficiais variando de menores do que 0,05 μM nas águas oceânicas, para maiores do que 0,08 μM em águas costeiras e de plataforma.

A Zona Costeira e oceânica do Paraná, de Santa Catarina e do Rio Grande do Sul foi estudada por Gonçalves-Araújo *et al.* (2018) durante o início do inverno de 2012, a partir de 5 transectos que cobriram a plataforma continental sul e a quebra da plataforma entre 25-34°S,

com a realização de amostras superficiais de água. As concentrações de nutrientes foram expostas para cada massa d'água, como consta na Tabela 92.

Tabela 92: Concentração média \pm Desvio Padrão de fosfato, Nitrogênio Inorgânico Dissolvido (NID) e silicato em μM na região costeira e oceânica do Sul do Brasil, de acordo com Gonçalves-Araújo *et al.* (2018).

Nutrientes	Água Tropical	Água Subtropical de Plataforma	Água da Pluma do rio La Plata
NID	N.D.	$0,77 \pm 0,84$	$1,64 \pm 1,53$
Fosfato	N.D.	$0,02 \pm 0,01$	$0,17 \pm 0,13$
Silicato	$1,13 \pm 0,4$	$2,33 \pm 1,26$	$6,96 \pm 5,98$

Braga *et al.* (2008) amostraram água em diferentes profundidades de 11 transectos perpendiculares a costa, na plataforma continental sudoeste do Atlântico Sul, entre $27^{\circ}05'S$ e $39^{\circ}31'S$, alcançando o sul do Brasil e a Argentina. Os estudos aconteceram durante o inverno de 2003 e verão de 2004. Os autores apresentaram a média englobando todos os pontos para cada período sazonal, assim como consta na Tabela 93.

Tabela 93: Concentração média de silicato, fosfato e nitrato em μM em diferentes profundidades da região costeira e oceânica do Sul do Brasil e Argentina, de acordo com Braga *et al.* (2008).

Período	Profundidade	Silicato	Fosfato	Nitrato
Inverno de 2003	~0	9,2	0,62	2,94
	~25	7,61	0,97	2,63
	~50	5,32	0,71	3,66
	>50	7,86	0,86	9,11
	Média geral	8,15	0,83	5,77
Verão de 2004	~0	4,5	0,3	0,6
	~25	4,09	0,43	2
	~50	3,68	0,47	4,18
	>50	5,02	0,8	9,48
	Média geral	4,56	0,57	5,1

A plataforma Subtropical também foi avaliada por Eichler *et al.* (2008), a partir de transectos perpendiculares às localidades de Itajaí (SC), Cabo de Santa Marta (SC) e Torres (RS) durante o inverno de 2003 e verão 2004. Os pontos amostrais abrangeram Zona Costeira e Oceânica do

sul do Brasil. No trabalho original as concentrações de nutrientes são expressas para cada ponto amostral, porém, a critério de síntese, aqui será apresentado média, desvio padrão, mediana, valor mínimo e máximo para a concentração de nutrientes em cada transecto, Tabela 94.

Tabela 94: Concentrações médias \pm Desvio Padrão (DP), mediana, mínimo e máximo da concentração de nutrientes em μM nos transecto T (Torres), S (Cabo de Santa Marta) e I (Itajaí-Açu), de acordo com Euchler *et al.* (2008).

Período	Transecto	Estatística	Fosfato	Silicato	Nitrito	Nitrato
Inverno	T	Média \pm DP	0,882 \pm 1,137	4,504 \pm 9,120	0,142 \pm 0,131	1,862 \pm 2,292
		Mediana	0,37	0,07	0,09	0,51
		Mín-máx	0,29-2,9	0,01-20,77	0,06-0,37	0,1-5,06
	S	Média \pm DP	1,234 \pm 1,278	4,322 \pm 7,138	0,176 \pm 0,113	3,796 \pm 2,814
		Mediana	0,39	2,14	0,12	3,08
		Mín-máx	0,23-2,73	0,01-16,920	0,09-0,37	0,9-7,1
	I	Média \pm DP	0,46 \pm 0,095	6,517 \pm 2,732	0,093 \pm 0,078	2,225 \pm 2,304
		Mediana	0,51	6,74	0,09	1,865
		Mín-máx	0,35-0,52	3,68-9,13	0,02-0,17	0,13-5,04
Verão	T	Média \pm DP	0,42 \pm 0,085	5,86 \pm 1,806	4,23 \pm 0,727	4,23 \pm 0,727
		Mediana	0,43	5,04	4,38	4,38
		Mín-máx	0,33-0,5	4,61-7,93	3,44-4,87	3,44-4,87
	S	Média \pm DP	0,553 \pm 0,165	5,183 \pm 2,94	0,183 \pm 0,14	6,08 \pm 0,717
		Mediana	0,55	5,15	0,14	5,93
		Mín-máx	0,39-0,72	2,26-8,14	0,07-0,34	5,45-6,86
	I	*	0,83	15,48	1,06	2,66

*: Só houve amostragem superficial em estação cuja profundidade era de 31 metros.

A plataforma continental de Santa Catarina foi estudada por Fontes *et al.* (2018) por meio de pontos amostrais localizados nas isóbatas de 20, 50, 100 e 200 metros e distribuídos em três transectos. As amostras ocorreram durante o verão e inverno de 2010 em pelo menos 3 profundidades diferentes. Os autores apresentaram as concentrações de nutrientes encontradas nas diferenças massas d'água nos distintos períodos, como consta na Tabela 95.

Tabela 95: Concentração média \pm Desvio Padrão (DP), mínima e máxima de nutrientes, em μM , de massas d'água da região da plataforma continental de Santa Catarina, de acordo com Fontes *et al.* (2018). ASP: Água Subtropical da Plataforma. ACAS: Água Central do Atlântico Sul. APP: Água da Pluma do rio La Plata.

Período	Massa d'água	Estatística	Silicato	Fosfato	Nitrato	Amônio
Verão	ASP	Média \pm DP	3,76 \pm 2,98	0,43 \pm 0,19	1,29 \pm 0,77	7,71 \pm 3,51
		Mín-máx	0,45-10,57	0,13-0,83	0,26-2,6	0,96-13,12
	ACAS	Média \pm DP	3,47 \pm 2,18	0,77 \pm 0,56	5,28 \pm 4,1	5,52 \pm 2,63
		Mín-máx	0,97-7,23	0,33-1,94	0,49-12,7	2,15-9,16
Inverno	APP	Média \pm DP	9,29 \pm 2,9	0,52 \pm 0,11	1,32 \pm 0,72	0,63 \pm 0,5
		Mín-máx	5,83-17,62	0,33-0,77	0,56-3,19	0,07-1,91
	ASP	Média \pm DP	7,06 \pm 4,38	0,46 \pm 0,19	2,68 \pm 2,46	0,64 \pm 0,66
		Mín-máx	1,66-16,94	0,17-0,94	0,58-9,05	0,11-2,5

No início da primavera de 1987 e final do inverno de 1988 a Zona Costeira e Oceânica do Rio Grande do Sul foi amostrada da superfície a 500 metros de profundidade. Os dados gerados por essa campanha são discutidos por Ciotti *et al.* (1995), que avaliaram ter encontrado valores de amônia e fosfato muito dispersos para serem evidenciados, destacando somente que a amônia esteve alta (média de 1,76 μM e máximo de 10,51 μM) nos domínios da Água Costeira e na mistura entre a Água Costeira e Água Subantática.

Para toda a área de estudo, os valores de nitrato foram geralmente baixos, com alguns pontos superiores a 1 μM na primavera de 1987 e em torno de 2 μM no inverno de 1988. O silicato na costa esteve frequentemente alto (45 μM em 1987 e 35 μM em 1988). Pelas figuras apresentadas por Ciotti *et al.* (1995) é possível observar que a região costeira entre o sul da Praia do Cassino ao limite sul da lagoa da Mangueira são mais enriquecidas durante o inverno 1988, com 4 μM para nitrato e 1 μM para fosfato no primeiro local, e 3 μM para nitrato e 0,9 μM para fosfato no segundo. Nessas mesmas áreas durante primavera 1987 o nitrato variou de 1 a 2 μM e o silicato de 32 μM (sul da Praia do Cassino) a 8 μM (parte costeira adjacente ao meio da lagoa da mangueira), aumentando para 24 μM ao sul da lagoa.

Durante abril de 1968 a maio de 1969 e janeiro a outubro de 1972, cruzeiros foram realizados na costa sul do Brasil, que permitiram Magliocca *et al.* (1982) observar durante o outono de 1972, altas concentrações de fosfato (0,1-0,2 μM), silicato (1-95 μM) e nitrato (0,1-1,1 μM) nas proximidades da costa, principalmente perto ao Arroio Chuí. De modo geral,

segundo os autores, a concentração dos elementos diminuiu com a distância da costa e houve intrusão de águas em áreas paralelas à Mostardas e Conceição, que conferiram a região baixos valores de fosfato ($<0,3 \mu\text{M}$), silicato ($<5 \mu\text{M}$) e nitrato ($<0,1 \mu\text{M}$).

5.4.2 Zona Costeira da região Sul

Os primeiros estudos citados nesse capítulo se referirão à ZC sem restrição em relação a sistemas costeiros, Figura 18.

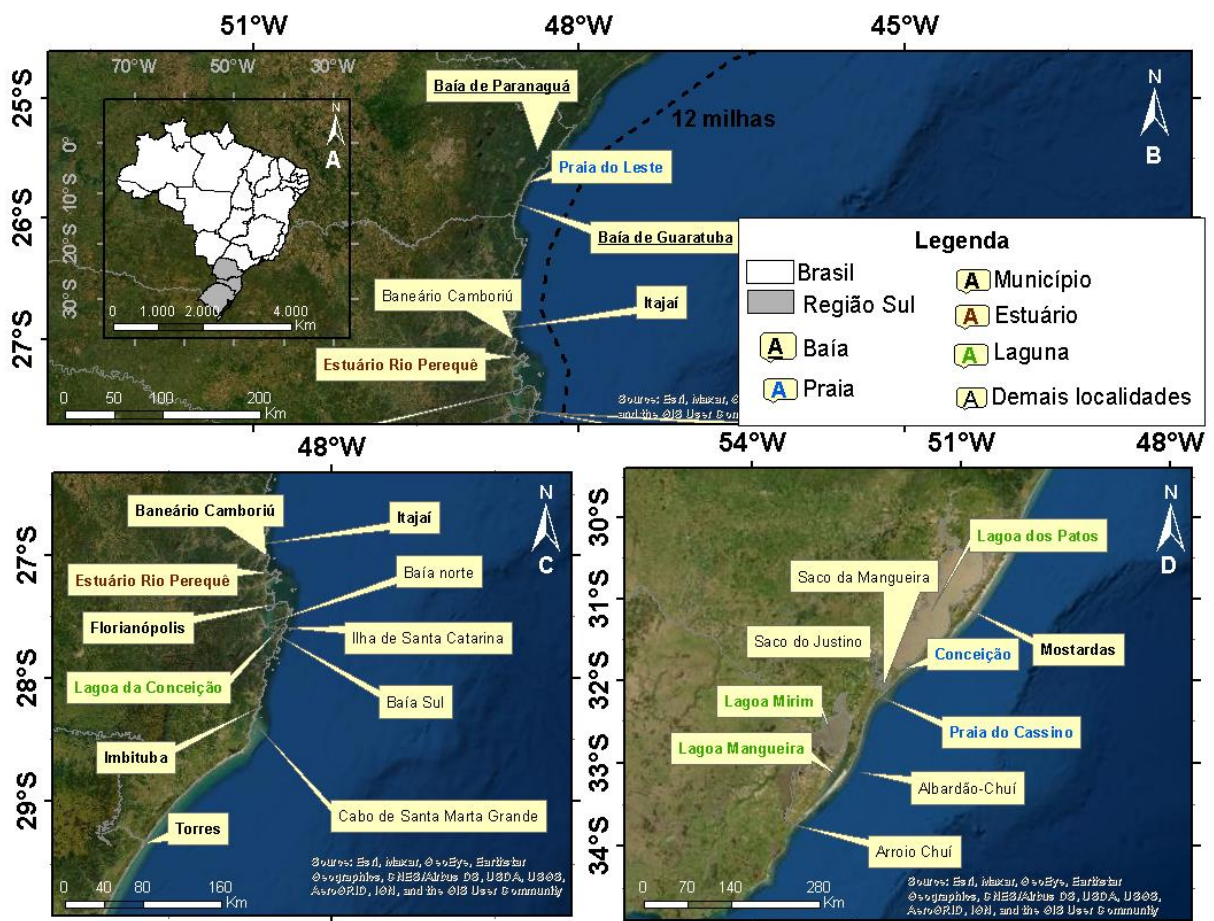


Figura 18: A: Mapa do Brasil com foco para a região Sul. B: Área de estudos no Paraná e Parte de Santa Catarina. C: Área de estudos em Santa Catarina. D: Áreas de estudos no Rio Grande do Sul. O mapa engloba regiões estudadas por Abreu *et al.* (1995), Pereira-Filho *et al.* (2001), Fonseca *et al.* (2002), Niencheski e Jahnke (2002), Pereira Filho *et al.* (2003), Fernandes e Brandini (2004), Fonseca e Braga (2006), Fontes *et al.* (2006), Barbosa (2007), Niencheski e Baumgarten (2007), Garcia e Odebrech (2008), Fontes e Abreu (2009), Abreu *et al.* (2010), Baumgarten e Niencheski (2010), Odebrecht *et al.* (2010), Signorin *et al.* (2010), Simonassi *et al.* (2010), Martins *et al.* (2012), Mizerkowski *et al.* (2012a), Mizerkowski *et al.*

(2012b), Haraguchi *et al.* (2015), Barros *et al.* (2017), Bordin *et al.* (2019), Tranker *et al.* (2019), Cabral *et al.* (2020) e Moreira-González *et al.* (2020).

Fernandes e Brandini (2004) amostraram em estação fixa da ZC do estado do Paraná. As coletas foram feitas durante maio de 1990 e abril de 1991 em diferentes profundidades (0, 2, 5, 10 e 15 metros). De acordo com o trabalho, o nitrato variou de <0,2 a 1,02 μM , o nitrito esteve muito baixo e geralmente menor do que 0,1 μM , o fosfato variou de 0,23 a 1,18 μM , o silicato de 5,5 a 51,9 μM .

Bordin *et al.* (2019) avaliaram as adjacências da Ilha de Santa Catarina, estado de Santa Catarina, entre 2014 e 2016 com amostragem de água superficial, intermediária e de fundo, próximo a isóbata de 30 e 50 metros. Os resultados expostos pelos autores se encontram na Tabela 96.

Tabela 96: Concentrações médias \pm Desvio Padrão (DP) de nutrientes, em μM , na região da ilha de Santa Catarina, SC, encontradas na Água Central do Atlântico Sul (ACAS) e Água de Plataforma Subtropical (APS), e na superfície, camada intermediária e fundo da coluna d'água, de acordo com Bordin *et al.* (2019).

	Massa d'água		Camada da coluna d'água		
	ACAS	APS	superfície	intermediária	fundo
Nitrato	1,15 \pm 1,45	4,21 \pm 2,83	0,73 \pm 0,89	2,57 \pm 2,54	3,23 \pm 2,85
Amônio	1,62 \pm 1,51	1,44 \pm 1,47	1,62 \pm 1,34	1,87 \pm 1,9	1,2 \pm 1,11
NID	2,78 \pm 2,23	5,65 \pm 3,43	2,35 \pm 1,94	4,44 \pm 3,34	4,43 \pm 3,15
Fosfato	0,39 \pm 0,23	0,61 \pm 0,29	0,27 \pm 0,07	0,57 \pm 0,28	0,57 \pm 0,3
Silicato	2,89 \pm 1,71	9,51 \pm 4,34	2,88 \pm 1,85	4,18 \pm 3,39	8,23 \pm 4,95

O trabalho de Tranker *et al.* (2019) contém dados mensurados a partir de coletas realizadas entre 2014 e 2016 a leste e a oeste da Reserva Biológica Marinha do Arvoredo, localizado na plataforma de Santa Catarina. As amostras ocorreram em 3 profundidades de 6 estações. O fosfato apresentou maior concentração (0,7 μM) no verão de 2015 e menor no verão de 2016 (0,3 μM). O silicato variou de 14,3 μM no inverno de 2016 a 0,9 μM no verão de 2014. O amônio variou de 4,9 μM no verão de 2016 a 0,4 μM no verão de 2014. Nitrito + nitrato variou de 4,9, em estação localizada na isóbata de 50 metros, a 0,3, em estação localizada no extremo oeste e mais próxima a costa, as duas concentrações foram observadas durante o verão

de 2015.

Daqui em diante, nesse tópico, os trabalhos tratarão da Zona Costeira, com restrição de sistemas costeiros, tais como baías, lagoas, praias e estuários.

Moreira-González *et al.* (2020) estudaram o complexo estuarino da Baía de Paranaguá-PR, no início do inverno e da primavera de 2015, no verão e outono de 2016, com amostras subsuperficiais e próximas ao fundo. A maior concentração média de amônio ($13,2 \mu\text{M}$) foi registrada no início na primavera e a menor ($10,5 \mu\text{M}$) no outono. A menor para o nitrato foi de $0,94 \mu\text{M}$ no verão e a maior de $2,36 \mu\text{M}$ no inverno. O nitrito variou de $0,18 \mu\text{M}$ na primavera a $1,02 \mu\text{M}$ no outono. O fosfato variou de $0,07 \mu\text{M}$ no verão a $0,31 \mu\text{M}$ na primavera.

Mizerkowski *et al.* (2012a) estudaram a Baía de Paranaguá com amostras de água em superfície e fundo em 6 transectos, com 12 pontos amostrais, em setembro e dezembro de 2007, fevereiro, junho e setembro de 2008 e janeiro de 2009. Segundo o trabalho, os teores médios de NID entre estações secas e chuvosas variaram de $8,9 \mu\text{M}$ a $14,5 \mu\text{M}$ em região superior da baía, e de $1,1 \mu\text{M}$ a $3,5 \mu\text{M}$ na região inferior. O nitrato apresentou o mesmo padrão de distribuição do NID, principalmente na estação seca, quando é o maior constituinte dos nutrientes nitrogenados. Ainda em relação ao nitrato, o nutriente esteve entre $5,6 \mu\text{M}$ e $11,5 \mu\text{M}$ a montante e entre $0,3$ e 2 na foz da baía. O nitrito variou de $0,06 \mu\text{M}$ a $1,1 \mu\text{M}$ ao longo de todo o estuário. Mizerkowski *et al.* (2012a) destacam que para o nitrogênio amoniacal foi observado nível mínimo de $0,8 \mu\text{M}$ durante a estação seca na entrada da baía, e houve mínimo de fosfato em $0,18 \mu\text{M}$ na entrada da baía em todo o período chuvoso.

Mizerkowski *et al.* (2012b) coletaram amostras na baía de Guaratuba (PR) de outubro de 2002 a agosto de 2003, em condições de maré de sizígia e quadratura. O ambiente estuarino foi dividido pelos autores em seção interna (menor influência marinha), intermediária e inferior (maior influência marinha). Segundo os autores, os resultados foram: NID consideravelmente maior na seção interna, com médias em torno de $7 \mu\text{M}$ na estação seca e $10 \mu\text{M}$ na chuvosa. Na seção intermediária e inferior os teores médios foram respectivamente de $2 \mu\text{M}$ e $4 \mu\text{M}$. O nitrato seguiu o padrão de NID, já que representava 75% dos nutrientes nitrogenados, porém o amônio superou os níveis de nitrato na seção média e inferior durante a estação seca. Os teores médios de PID foram baixos, variando de $0,22 \mu\text{M}$ a $0,41 \mu\text{M}$ em toda a baía.

O estuário do Balneário Camboriú, SC, foi estudado por Pereira-Filho *et al.* (2001) durante 24 horas de março de 1998 por meio de amostras de água coletadas em superfície e

fundo, de hora em hora, a 500 metros da foz do estuário em questão durante uma maré de sizígia. As concentrações de nutrientes encontradas pelos autores se encontram na Tabela 97.

Tabela 97: Concentração média \pm Desvio Padrão (DP), mínima e máxima de nutrientes, em μ M, em Balneário Camboriú (SC), de acordo com Pereira-Filho *et al.* (2001).

Estatística	Amônio	Nitrito	Nitrato	NID	Fosfato	Silicato
Média \pm DP	29,7 \pm 20,3	1 \pm 0,5	2,8 \pm 2,2	33,9 \pm 22,8	0,71 \pm 0,53	80,4 \pm 61,4
Mín-máx	2,4-66,2	0,2-1,8	0,4-6,5	3,9-73,9	0,13-3,26	14,7-210

A região portuária do estuário do rio Itajaí-Açú, SC, foi estudada por Pereira Filho *et al.* (2003) por meio de coleta de água em dois pontos fixos no estuário (a montante, estação 1, e a jusante da região portuária, estação 2), de janeiro de 2000 a abril de 2001 durante a preamar e baixamar da maré de sizígia e quadratura. Os dados para concentração de nutrientes apresentados pelos autores se encontram na Tabela 98.

Tabela 98: Concentração média \pm Desvio Padrão (DP) de nutrientes, em μ M, no estuário do rio Itajaí-Açú (SC), a montante (ponto 1) e a jusante da região portuária (ponto 2), de acordo com Pereira Filho *et al.* (2003).

Maré	Local	Coluna d'água	N-amoniacal	NID	Fosfato	Silicato
Sizígia	Ponto 1	Superfície	23,9 \pm 8,2	50,4 \pm 24,9	0,7 \pm 0,2	86,8 \pm 32,9
		Fundo	18,8 \pm 7,5	32,9 \pm 25,1	0,7 \pm 0,1	48,6 \pm 34,4
	Ponto 2	Superfície	26 \pm 6,7	49,5 \pm 17,8	0,7 \pm 0,3	82,3 \pm 26,8
		Fundo	16,9 \pm 6,5	32,6 \pm 35,2	0,7 \pm 0,3	54,2 \pm 42,8
Quadratura	Ponto 1	Superfície	27,6 \pm 7,6	47,7 \pm 7,4	0,8 \pm 0,3	83,2 \pm 31,3
		Fundo	19,3 \pm 7,1	27,2 \pm 8,4	0,7 \pm 0,3	41,6 \pm 26,3
	Ponto 2	Superfície	28,6 \pm 13,3	46,1 \pm 12,4	0,7 \pm 0,2	82,5 \pm 31,4
		Fundo	15,9 \pm 6	21,3 \pm 8	0,6 \pm 0,3	27,8 \pm 25,9

O estuário do rio Perequê, principal contribuinte fluvial para a Baía de Porto Belo, SC, foi avaliada por Signorin *et al.* (2010) a partir de coletas de água realizadas no dia 11 de agosto de 2007, abrangendo um ciclo completo de maré semidiurna, segundo os próprios autores. Os dados de concentração de nutrientes que constam no artigo estão na Tabela 99.

Tabela 99: Concentração média \pm Desvio Padrão (DP), mínima e máxima de nutrientes, em μM , no estuário do rio Perequê, Baía de Porto Belo, SC, de acordo com Signorin *et al.* (2010).

Estatística	Amônio	Nitrito	Nitrato	NID	Fosfato
Média \pm DP	27,18 \pm 31,96	0,46 \pm 0,7	4,68 \pm 3,73	32,33 \pm 35,56	0,97 \pm 0,7
Mín-máx	0,19-87,46	0,01-2,28	0,69-13,74	2,16-97,72	0,26-2,73

Cabral *et al.* (2020) fizeram um compilado de dados antigos e novos referentes a Baía da Ilha de Santa Catarina (SC). As concentrações de nutrientes apresentados pelos autores para região estuarina, marinha e da plataforma adjacente à ilha de Santa Catarina constam na Tabela 100.

Tabela 100: Concentração média, mínima e máxima de nutrientes, em μM , na Ilha de Santa Catarina, SC, em zona estuarina, marinha e plataforma continental, de acordo com compilado de dados novos e antigos realizado por Cabral *et al.* (2020).

Nutriente	Estatística	Zona estuarina	Zona Marinha	Plataforma continental
DIP	Média	0,4	0,5	0,4
	Mín-máx	0,1-5,9	0,1-6,5	0,1-2,1
Amônio	Média	4,7	3,1	1,3
	Mín-máx	0,3-108	0,2-85,2	0,1-13,5
Nitrato	Média	2,1	1,3	1
	Mín-máx	0,1-9,3	0,1-10	0,1-8,6
Silicato	Média	19,5	14,2	7,4
	Mín-máx	2,2-106,3	0,2-144,5	0,3-42,7

Segundo Simonassi *et al.* (2010), a baía da Ilha de Santa Catarina, SC, é dividida entre baía norte e sul, conectadas por um estreito canal. É ligada com o mar ao norte e possui uma enseada (Enseada do Pântano) ao sul, do lado oceânico e distante do centro urbanizado. O estudo dos autores citados foi feito por meio de amostras coletadas mensalmente, de agosto de 2006 a fevereiro de 2008, em três diferentes pontos. A baía norte foi amostrada ao norte em 1 e 7 metros de profundidade e ao sul a 1 metro, enquanto a enseada foi amostrada em 1 e 10 metros de profundidade. Os dados para concentração de nutrientes inorgânicos dissolvidos se encontram na Tabela 101.

Tabela 101: Concentração média \pm Desvio Padrão (DP), mínima e máxima de nutrientes, em μM , na Baía de Santa Catarina, SC, na enseada do Pântano do Sul e na Baía Norte, ao norte e ao sul, de acordo com compilado de dados novos e antigos realizado por Simonassi *et al.* (2010).

Nutriente	Estatística	Pântano do Sul	Baía Norte - norte	Baía Norte - sul
Nitrito	Média \pm DP	0,2 \pm 0,15	0,1 \pm 0,06	0,1 \pm 0,06
	Mín-máx	N.D - 0,48	0,01-0,22	ND-0,23
Nitrito	Média \pm DP	1,1 \pm 1,2	0,5 \pm 0,51	0,4 \pm 0,51
	Mín-máx	0,11-4,12	ND-1,4	ND-1,5
Amônio	Média \pm DP	1,3 \pm 0,7	1,2 \pm 0,51	1 \pm 0,34
	Mín-máx	0,54-3,14	0,66-2,65	0,57-1,67
Fosfato	Média \pm DP	0,6 \pm 0,18	0,6 \pm 0,11	0,5 \pm 0,1
	Mín-máx	0,34-0,89	0,29-0,74	0,35-0,7
Silicato	Média \pm DP	8,2 \pm 2,97	10,1 \pm 4,22	10,5 \pm 5,09
	Mín-máx	1,86-11,7	3,83-16,56	2,75-23,13

A Lagoa da Conceição, localizada na porção centro-leste da Ilha de Santa Catarina, SC, segundo Fonseca *et al.* (2002), foi amostrada subsuperficialmente e próxima ao fundo pelos autores em sua porção sul, central e norte, no dia 20 de setembro de 2000. Os dados gerados pelo estudo se encontram na Tabela 102.

Tabela 102: Concentração média \pm Desvio Padrão (DP), mínima e máxima de nutrientes, em μM , na Lagoa da Conceição, SC, nas partes sul, central e norte, de acordo com Fonseca *et al.* (2002).

Nutriente	Estatística	Sul	Central	Norte
Silicato	Mínimo-Máx	1,9-16,9	3,3-7,7	3,4-20,8
	Média \pm DP	9,1 \pm 4,5	5,4 \pm 1,3	8,4 \pm 5,2
Fosfato	Mínimo-Máx	0,11-0,44	0,05-0,59	0,05-0,56
	Média \pm DP	0,2 \pm 0,1	0,21 \pm 0,15	0,14 \pm 0,14
Nitrito	Mínimo-Máx	3,13-9,39	2,04-23,33	2,66-9,39
	Média \pm DP	5,12 \pm 2,02	5,05 \pm 5,81	4,4 \pm 2,23
Nitrito	Mínimo-Máx	0,19-0,55	0,12-0,27	0,19-0,34

	Média ± DP	0,33 ± 0,13	0,2 ± 0,04	0,26 ± 0,05
N-	Mínimo-Máx	0,2-5,8	4,6-8,2	3,4-11,1
amoniacal	Média ± DP	2,7 ± 1,8	6 ± 1,1	8,3 ± 2,1
NID	Média ± DP	7,7 ± 3,6	9,4 ± 1,7	12,9 ± 3,8

Barros *et al.* (2017) realizaram coleta na porção central da Lagoa da Conceição durante o verão, outono e inverno de 2014. Os valores médios para NID e PID foram, respectivamente, $12,09 \pm 0,9 \mu\text{M}$ e $0,1 \pm 0,1 \mu\text{M}$ no verão; $2,9 \pm 2,5 \mu\text{M}$ e $0,1 \pm 0,1 \mu\text{M}$ no outono; $6,6 \pm 4,5 \mu\text{M}$ e $0,2 \pm 0,1 \mu\text{M}$ no inverno. Os autores apontam que a amônia aumentou do verão para o inverno, apresentando altos valores no fundo da lagoa ($2,7 \mu\text{M}$), e o silicato esteve baixo variou de $0,1 \mu\text{M}$ (superfície no outono) a $20,6 \mu\text{M}$ (fundo no inverno).

Fonseca e Braga (2006) amostraram regiões centro, sul e norte da Lagoa da Conceição, SC, durante o período outono-inverno de 2001 e primavera-verão de 2002. Segundo os autores, no outono-inverno as concentrações médias de silicato ($16,56 \pm 10,68 \mu\text{M}$) e PID ($0,28 \pm 0,20 \mu\text{M}$) foram maiores na porção central e no fundo. E os teores de amônia ($2,74 \pm 3,51 \mu\text{M}$), nitrito ($0,16 \pm 0,12 \mu\text{M}$), nitrato ($1,10 \pm 1,66 \mu\text{M}$) superaram os encontrados no período primavera-verão. Para o período primavera-verão, foi observada concentração média de PID de $0,14 \pm 0,15 \mu\text{M}$ e, como dito, baixos teores de nutrientes nitrogenados amônia ($1,35 \pm 2,37 \mu\text{M}$), nitrito ($0,11 \pm 0,08 \mu\text{M}$), nitrato ($0,41 \pm 0,90 \mu\text{M}$).

Fontes e Abreu (2009) estudaram a Lagoa da Conceição durante o inverno de 2005 e verão de 2006 e constaram não haver variação vertical significativa de nutrientes, apontaram ainda que o amônio variou de $3,48$ a $0,8 \mu\text{M}$, do inverno para o verão; o fosfato, nitrito e nitrato também apresentaram esse padrão sazonal de decréscimo, e, para nitrato e fosfato, ficaram em média com teores em torno de $0,6 \mu\text{M}$ enquanto amônio se manteve em torno de $2 \mu\text{M}$. Por fim, Fontes e Abreu (2009), destacam que houve aumento na concentração de nutrientes de sul para o norte no verão de 2006.

No intuito de avaliar a influência do turismo na qualidade da água das Lagoa da Conceição, Fontes *et al.* (2006) realizaram campanha de coletas de água subsuperficial em pontos arbitrários antes e depois do feriado de carnaval, portanto verão, de 2003. A lagoa foi dividida em sul, Centro Sul e Centro Norte, é apresentada a concentração de nutrientes em cada seção antes e depois do feriado de carnaval, como pode ser visto na Tabela 103.

Tabela 103: Concentração média ± Desvio Padrão (DP), mínima e máxima de nutrientes, em μM , na Lagoa da Conceição, SC, antes e depois do feriado de carnaval na região sul, centro

sul e centro norte, de acordo com Fontes *et al.* (2006).

Nutrientes	Estatística	REGIÃO SUL		REGIÃO CENTRO SUL		REGIÃO CENTRO NORTE	
		Antes	Depois	Antes	Depois	Antes	Depois
Amônio	Média ± DP	3,19 ± 0,22	2,91 ± 2,9	2,75 ± 0,42	3,72 ± 0,62	3,27 ± 0,86	5,35 ± 1,42
	Mín-Máx	(2,93-3,46)	(0,00-5,80)	(2,39-3,59)	(2,95-5,03)	(2,37-4,54)	(3,23-6,15)
Fosfato	Média ± DP	0,23 ± 0,15	0,18 ± 0,1	0,19 ± 0,13	0,18 ± 0,11	0,21 ± 0,13	0,12 ± 0,04
	Mín-Máx	(0,10-0,38)	(0,09-0,29)	(0,07-0,47)	(0,05-0,44)	(0,10-0,44)	(0,07-0,16)
Silicato	Média ± DP	1,2 ± 0,07	1,51 ± 0,12	1,2 ± 0,09	1,51 ± 0,17	1,22 ± 0,07	1,5 ± 0,18
	Mín-Máx	(1,15-1,31)	(1,39-1,63)	(1,06-1,34)	(1,28-1,87)	(1,11-1,31)	(1,34-1,75)

O estuário da Lagoa dos Patos, RS, foi estudado por Abreu *et al.* (1995) por meio de cruzeiros que cobriram o eixo longitudinal principal da região (eixo norte-sul, estações 2 a 20), de junho a dezembro de 1989, para coleta de água superficial. Os dados gerados pelos autores se encontram na Tabela 104.

Tabela 104: Concentração de amônio, nitrato+nitrito e fosfato, em μM , mensurada em pontos amostrais do transecto norte- sul (2 a 20) na Lagoa dos Patos, RS, de junho a dezembro, de acordo com Abreu *et al.* (1995).

Mês de amostragem	Nutrientes	PONTO AMOSTRADO									
		2	4	6	8	10	12	14	16	18	20
Junho	Amônio	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Nitrato+nitrito	4,29	11,58	7,51	7,77	4,19	4,05	4,37	4,19	5,83	13,61
	Fosfato	0,85	0,8	-	-	1,05	1,07	1,04	3,08	1,66	1,24
Julho	Amônio	0,64	1,03	1,23	2,83	3,07	2,95	3,12	2,77	2,54	2,95
	Nitrato+nitrito	0,97	1,07	0,21	12,82	0,38	0,38	3,19	0,56	6,08	8,4
	Fosfato	0,25	0,14	0,23	0,3	0,22	0,19	0,18	0,26	0,36	0,54
Agosto	Amônio	0,76	0,38	0,09	0,03	0,03	0,03	0,03	0,04	0,04	0,06
	Nitrato+nitrito	0,8	1,01	0,63	0,9	1,13	1,32	1,37	1,5	1,18	1,88
	Fosfato	0,33	0,25	0,25	0,14	0,29	0,51	0,58	0,66	0,88	1,68
Setembro	Amônio	2,2	2,28	2,31	2,15	2,46	2,25	1,94	1,99	2,5	3,13
	Nitrato+nitrito	0,6	0,85	0,5	0,51	1,18	0,44	0,52	0,78	0,56	2,45
	Fosfato	0,36	0,23	0,26	0,28	0,25	0,26	0,28	0,29	0,29	0,37
dezembro	Amônio	1,21	1,21	1,14	1,1	1,1	1,12	1,14	2,51	1,78	3,03
	Nitrato+nitrito	11,25	9,78	7,88	12	10,51	3,4	4	5,84	5,89	7,34
	Fosfato	1,56	1,51	1,53	1,17	1,53	1,39	1,13	1,06	0,96	1,04

Abreu *et al.* (2010) com intuito de avaliar a variação temporal de parâmetros químicos e biológicos na Lagoa dos Patos, RS, utilizaram dados de 1984 a 2008. De acordo com os autores, durante 1986, após período de chuvas intensas, o silicato apresentou média igual a $51,91 \mu\text{M} \pm 52,33$ e variação de $2,80\text{--}381,00 \mu\text{M}$, enquanto o fosfato variou de não detectável a $3,51$ e teve média de $0,79 \pm 0,59 \mu\text{M}$. Foi observado aumento significativo de nitrato +nitrito nos últimos meses de 1990, com média igual a $3,37 \mu\text{M} \pm 3,94$ e variação de não detectável a $30 \mu\text{M}$. De 1999 a 2001 os autores destacaram alta concentração de amônio, com média igual a $6,54 \pm 11,91 \mu\text{M}$ e variação de não detectável a $144,30 \mu\text{M}$. Durante todo o período a média e a variação para nitrito+nitrato, fosfato e silicato foram, respectivamente: $4,16 \mu\text{M} \pm 5,22$ e ND - $40,37$; $1,17 \mu\text{M} \pm 1,13$ e $0 - 8,72 \mu\text{M}$; $43,19 \mu\text{M} \pm 33,34$ e $3\text{--}163,16 \mu\text{M}$.

Barbosa (2007) estudaram águas superficiais do canal de acesso a Lagoa dos Patos, RS, no inverno e primavera de 2003. Para a apresentação de seus resultados, os autores dividiram o canal de acesso em duas regiões: região A, mais interna, e região B, externa e sob influência marinha. Os resultados obtidos pelos autores foram: concentrações mais altas de amônio na região A durante a primavera, com máximo de $26,14 \mu\text{M}$. O nitrato sem diferenças significativas entre as regiões, porém em maiores concentrações no inverno. Já o nitrito se destaca na região B, variando entre $0,42 \mu\text{M}$, na primavera e em local sob maior influência marinha, e $1,37 \mu\text{M}$, no inverno e no limite interno da região B, esse último local foi o mais rico em nitrito de toda a área de estudo e períodos amostrados, com concentração média de $1,01 \mu\text{M}$. O fosfato também se destacou na primavera.

O artigo de Haraguchi *et al.* (2015) foi feito com base em dados de amostras superficiais mensais coletadas em ponto fixo do estuário da Lagoa dos Patos, RS, de janeiro de 1993 a dezembro de 2012. Como resultado os autores relataram que a concentração de amônio variou de $0,03$ a $144,37 \mu\text{M}$ e nitrito +nitrato de $<0,11$ a $40,37 \mu\text{M}$. Os maiores valores médios para os nutrientes, em geral, foram observados na primavera e os menores durante o verão. Quanto ao fosfato, foi dito que as concentrações variaram entre $0,02\text{--}8,72 \mu\text{M}$, e houve padrão de diminuição com o aumento da salinidade. O silicato variou entre $3,0$ e $163 \mu\text{M}$, porém a média anual, normalmente maior do que $50 \mu\text{M}$ no início do estudo, diminuiu até alcançar a média mais baixa de em 1998 ($8,4 \mu\text{M}$), estabilizando em $20 \mu\text{M}$ em 2000 e voltando a aumentar ao decorrer dos anos, sendo a exceção o ano de 2012, com $25,12 \mu\text{M}$.

Niencheski e Jahnke (2002) amostraram em 11 diferentes pontos da Lagoa dos Patos, RS, no final da primavera e início do verão de 1986. A critério de síntese, os dados apresentados pelos autores foram adaptados por meio do cálculo da média da concentração de nutrientes

encontrados pelos autores em locais semelhantes, segundo os próprios. Estações com características de sedimentos arenosos e sob influência principal de água doce, formaram o grupo 1. Estações com sedimentos arenosos, localizados na região do canal e sob influência de salinidades mais altas e variáveis, formaram o grupo 2. Estações com sedimentos finos, localizados ao redor de ilhas no extremo sudoeste da lagoa, restritas a influência salina, formaram o grupo 3. Dessa forma, os resultados oriundos do artigo se encontram na Tabela 105.

Tabela 105: Concentração média \pm Desvio Padrão (DP) de nutrientes, em μM , em 3 diferentes grupos de regiões semelhantes, na Lagoa dos Patos, RS, de acordo com Niencheski e Jahnke (2002).

Grupo	Amônio	Nitrito	Nitrato	Fosfato	Silicato
1	5,65 \pm 3,16	0,267 \pm 0,14	8,393 \pm 2,46	4,807 \pm 3,75	160,6 \pm 62
2	2,63 \pm 0,62	0,127 \pm 0,05	2,353 \pm 1,23	7,403 \pm 3,33	103,1 \pm 31,8
3	3,13 \pm 2,77	0,076 \pm 0,06	2,256 \pm 1,01	4,164 \pm 4,35	108,1 \pm 40,5

Niencheski e Baumgarten (2007) estudaram a Baía da Mangueira, local que, segundo os próprios autores, está localizado ao sul da Lagoa dos Patos, RS. Coletas foram realizadas na primavera de 2002, verão e inverno de 2003, e outono de 2004. Os dados apresentados pelos autores foram sintetizados em períodos amostrados e se encontram na Tabela 106.

Tabela 106: Concentração média \pm Desvio Padrão (DP) de nutrientes, em μM , na Baía da Mangueira, sul da Lagoa dos Patos, RS, em diferentes estações do ano, de acordo com Niencheski e Baumgarten (2007).

Período	Fosfato	Silicato	Amônio	Nitrito	Nitrato
Primavera 2002	3,35 \pm 4,2	68,9 \pm 21,3	10,28 \pm 9,33	0,33 \pm 0,12	11,86 \pm 5,17
Inverno 2003	3,42 \pm 5,35	150 \pm 72,41	13,44 \pm 19,46	0,295 \pm 0,24	11,97 \pm 8
Verão 2003	1,52 \pm 1,24	53,97 \pm 25,4	11,17 \pm 5,58	0,95 \pm 0,36	4,31 \pm 2,73
Outono 2004	2,66 \pm 1,73	57,92 \pm 23,8	12,2 \pm 6,11	0,3 \pm 0,198	4,83 \pm 2,37

De acordo com Baumgarten e Niencheski (2010), o estuário da Lagoa dos Patos, RS, possui enseadas semifechadas em suas margens denominadas "sacos". Dois deles, Saco da Mangueira e Saco do Justino, foram estudados pelos autores a partir de amostras mensais de água superficial e fundo, entre 1994 e 1995 para determinação de, dentre outros parâmetros,

concentração de amônio e fosfato. A área amostrada de Saco do Justino não estava sob influência de efluentes, enquanto Saco da Mangueira estava sob influência de efluentes industriais, domésticos e aporte de água doce. Os dados de nutrientes expostos pelos autores se encontram na Tabela 107.

Tabela 107: Concentração média, mínima e máxima de fosfato e amônio, em μM , em superfície e fundo no Saco do Justino e Saco da Mangueira, Lagoa dos Patos, RS, de acordo com Baumgarten e Niencheski (2010).

Nutriente	Coluna d'água	Estatística	Saco Justino		Saco da Mangueira	
			Área sem efluente	Efluentes industriais	Aporte de água doce	Aporte de efluente doméstico
Fosfato	Superfície	Média	1	11,4	1,9	5,6
		Mín-máx	0-5,3	0,8-31,4	0,2-5,5	1,3-13,4
	Fundo	Média	2,4	14,2	5,5	7,3
		Mín-máx	0,1-6,9	1-32,2	0,5-25,9	4,22-11,6
Amônio	Superfície	Média	8,9	24,5	16,6	28,6
		Mín-máx	1,9-29,7	2,3-63,8	0-48,4	1,7-47,9
	Fundo	Média	14,2	27,3	13,2	35,8
		Mín-máx	4,1-29	2,6-62,9	3,5-40,2	6,5-51

Pelo artigo de Garcia e Odebrech (2008) é possível obter dados de concentração de nutrientes na Praia do Cassino, RS. As amostras para gerar tais dados foram coletadas mensalmente entre 1995 e 2005 na zona de arrebenção da praia. Os autores apresentaram a concentração de nutrientes em situações de ocorrência de *Palmerina hardmaniana*, devido ao interesse de estudo. Esses dados são apresentados na Tabela 108.

Tabela 108: Concentração de nutrientes para cada mês amostrado, média \pm Desvio Padrão (DP), em μM , na Praia do Cassino, RS, de acordo com Garcia e Odebrech (2008).

Ano/mês	Nitrato	N-amoniaco	Fosfato	Silicato
fev/95	0,35	0,36	0,52	35,15
fev/96	1,29	6,07	0,72	32,9
fev/97	1,02	9,4	0,01	7
mar/97	1,19	0,72	1,98	28,81
já/01	0,75	5,28	0,42	1,53
fev/01	0,8	7,48	0,99	19,41
mai/02	2,35	1,19	0,44	11,02

fev/03	2,32	5,94	0,03	32,4
abr/04	0,46	2,12	0,16	0,84
mar/06	1,57	2	0,58	9,89
mar/07	1,53	1,1	0,73	10,21
Média ± DP	1,24 ± 0,67	3,79 ± 3,14	0,6 ± 0,55	17,2 ± 13,03

O artigo de Odebrecht *et al.* (2010) continha dados oriundos de amostras de água coletadas na zona de arrebentação da Praia do Cassino, RS. As campanhas foram feitas mensalmente durante junho de 1992 a dezembro de 2007. Assim como apresentado no trabalho original, os dados de nutrientes constam na Tabela 109.

Tabela 109: Concentração média ± Desvio Padrão (DP), mínima, máxima e mediana de nutrientes, em μM , na Praia do Cassino, RS, de acordo com Odebrecht *et al.* (2010).

Estatística	Nitrato+Nitrito	Amônio	Fosfato	Silicato
Média ± DP	2,1 ± 2,3	3,5 ± 5,7	0,9 ± 1,2	25,2 ± 20,6
Mín-máx	0,09-19,4	0,07-47,3	0,001-10,6	0,8-158,9
Mediana	1,2	2,1	0,7	21,6

Os municípios, do estado de Santa Catarina, Torres, Imbituba, Florianópolis e Balneário Camboriú foram alvo de estudo de Martins *et al.* (2012). Os autores selecionaram em cada município duas praias com características de ambientes urbanos (UBE) e duas intocadas (PLE). Assim como exposto pelos autores, as concentrações de nutrientes em cada praia se encontram na Tabela 110.

Tabela 110: Concentração de nutrientes, em μM , em praias urbanas (UBE) e intocadas (PLE) de municípios do estado de Santa Catarina, de acordo com Martins *et al.* (2012).

Município	Tipo de praia	Nitrato	Amônia	Fosfato
Torres	UBE	0.96	1.07	0.35
	PLE	1.20	2.13	0.35
Imbituba	UBE	0.27	5.09	0.93
	PLE	2.58	1.02	0.46
Florianópolis	UBE	2.93	2.97	0.71
	PLE	1.55	1.02	0.33
	UBE	0.44	6.15	0.33

Balneário Camboriú	PLE	1.60	2.73	0.31
--------------------	-----	------	------	------

5.4.3 Discussão para a região Oceânica e Plataforma Continental

Os estudos que abrangeram a zona abissal correspondente a região sul constataam a presença da Água Antártica de Fundo e enfatizaram a influência do Giro Subtropical do Atlântico Sul, ainda que o fosfato tenha sido encontrado em menores concentrações, principalmente quando se compara às áreas ao norte do Giro. Contudo a característica do Giro Subtropical do Atlântico Sul ser mais enriquecido do que o Giro Subtropical do Atlântico Norte é mantida, mesmo quando se leva em conta o decréscimo de nutrientes nitrogenados e fosfatos em direção a maiores latitudes ao sul (FORDE *et al.*, 1994; Van Der Loeff *et al.*, 1996; CUTTER e MEASURES, 1999; MATHER *et al.*, 2008; SNOW *et al.*, 2015).

Van Der Loeff *et al.* (1996), Detoni *et al.* (2016a) e Lima *et al.* (2019) atribuem as concentrações mais altas e variáveis de nutrientes no Atlântico Sudoeste às fontes costeiras e antropogênicas, conferindo maiores teores de fosfato na Plataforma Subtropical Sudeste (28°-33°S) do que na Plataforma Sul, em menores latitudes. O NID, em específico, é incrementado pelo rio da Prata e pela Lagoa dos Patos, importantes aportes continentais da região Sul, capazes de condicionar, através do *input* nutricional, o crescimento de plânctons na plataforma subtropical (DETONI *et al.*, 2016a; LIMA *et al.*, 2019).

Na área do talude da região sul, Bif e Yunes (2017) encontraram baixas concentrações de nutrientes, considerando o ambiente oligotrófico e possivelmente não limitado por fósforo. Bradini *et al.* (2000) e Araujo *et al.* (2017) relataram que a água quente, pobre em oxigênio e mais salina da província Brasil, ao norte de 36°S, possui uma camada eufótica profunda e pobre em nitrato superficial. Contudo, Bif e Yunes (2017) atribuíram particularidades em relação a aumentos de nutrientes em certas estações do talude brasileiro sul. Segundo os autores, a maioria das estações estavam sob influência da Água Tropical, sendo as exceções as estações 8 e 10, afetadas pela Água Subtropical de Plataforma, e as 13 e 16, pela Pluma do rio da Prata. Fato também observado por Berden *et al.* (2020) que atribuiu as altas concentrações de fosfato e silicato ao aporte continental e também à influência da pluma do Rio da Prata. Novamente corroborado por Berden *et al.* (2020), Bif e Yunes (2017) destacam ainda que a pluma do rio da Prata é capaz de alcançar as proximidades da estação 9, ainda que não tenha sido possível observar sua influência no estudo de Bif e Yunes (2017), provavelmente por conta do período amostrado. Em comparação, os teores de Detoni *et al.* (2016b) foram inferiores aos de Bif e

Yunes (2017), principalmente em relação ao fosfato, devido a uma provável resposta às florações algais estudadas nesse caso. Já nas adjacências da Lagoa dos Patos há enriquecimento de fosfato e nitrato para a região costeira (METZLER *et al.*, 1997 e Tabela 91).

A respeito das Zonas oceânicas e Plataforma Continental sul do Brasil, ainda que Brandini (1990) e Brandini (1998) tenham encontrado concentrações de nutrientes superiores em SC do que no PR, os valores de Brandini *et al.* (2007) em transecto perpendicular a Praia do Leste (PR), foram consideravelmente maiores aos de Brandini (1990) e Brandini (1998), principalmente em relação ao fosfato e silicato para o segundo autor e em relação ao fosfato para o primeiro, já que Brandini (1990) também encontrou maiores concentrações de silicato no Paraná.

As diferenças sazonais nas concentrações de nutrientes encontradas na ZC e região oceânica do Paraná se dão em resposta a padrões de ventos que, quando são de Nordeste, principalmente no verão, promovem a intrusão da ACAS na plataforma interna e quando são de sudeste, principalmente no inverno, impulsionam o alcance da pluma do rio da Prata (BRANDINI *et al.*, 2007). Durante o período de estudo de Brandini *et al.* (2007), segundo os autores, entre junho de 1997 e junho de 1998 houve frequente ocorrência de ventos de sudeste e precipitações incomuns na região do rio da Prata e Lagoa dos Patos devido ao fenômeno *El Niño*, que aumentou o volume da Frente Subtropical de Plataforma na Plataforma no inverno (junho-agosto), na primavera e início do verão de 1998, em comparação com os mesmos períodos do ano anterior. A água da Frente, empobrecida em nitrato, impulsionada pelos ventos sudeste e afetadas pelo transporte de Ekman, foram então transportadas em direção a costa, e conferindo essa característica para a região. Os autores pontuam ainda que devido a alto tempo de residência, a permanência da água pode se manter até a estação seguinte.

Em períodos de amostragem menos atípicos, Branini (1988) e Brandini (1990) justificam o padrão de distribuição de nutrientes encontrado por meio da ocorrência de ressurgência de quebra de plataforma, mais evidente na plataforma continental menos extensa de Santa Catarina. Brandini (1990) destaca o incremento de nutrientes na plataforma de SC oriundos do transporte para norte do escoamento do Rio da Prata e da Lagoa dos Patos; em relação ao Paraná, os autores citam uma ressurgência intensiva na Baía de Paranaguá devido a sua topografia.

As diatomáceas são capazes de influenciar os padrões de silicato e fosfato nessas áreas, pois há silicoflagelados restritos a áreas da plataforma sul do estado de Santa Catarina que diminuem os teores dos nutrientes através da assimilação biológica (BRANDINI, 1988;

BRANDINI, 1990; GONÇALVES-ARAÚJO *et al.*, 2018).

De forma geral, a região nerítica-oceânica do Paraná e Santa Catarina é dominada pela Água Tropical (AT) oligotrófica. As áreas costeiras são enriquecidas pelo escoamento continental e regiões *offshore* podem ser mais produtivas do que áreas costeiras em resposta a presença da ACAS, devido a ressurgência de quebra de plataforma que ocorre principalmente durante o verão (BRANDINI, 1988 e BRANDINI, 1990). Incluindo a plataforma continental e talude do Rio Grande do Sul, a influência da pluma do rio da Prata no inverno é evidenciada no estudo de Braga *et al.* (2008) e Gonçalves-Araújo *et al.* (2018), que apresentam concentrações de nutrientes consideravelmente maiores da água da Pluma em comparação com a Água Tropical e a Água Subtropical de Plataforma, Tabelas 92 e 93

De acordo com Braga *et al.* (2008) o aumento da concentração de nutrientes, principalmente nitrato, mostra a influência de águas subantárticas e ocorrência de ressurgências. Já o enriquecimento em áreas costeiras próximas a saída da Lagoa dos Patos/Mirim e Cabo de Santa Marta Grande se dão por meio de possível regeneração, associada a baixos valores de oxigênio dissolvido observados. É interessante notar que Cabo de Santa Marta (SC) apresenta maiores concentrações que Torres (RS) durante o verão e o inverno, mesmo quando o último local estaria teoricamente sob maior influência da pluma do rio da Prata (Tabela 94). Segundo Eichler *et al.* (2008) e Fontes *et al.* (2018), a pluma do rio da Prata não alcança a localidade do Cabo de Santa Marta durante o verão, porém, devido a seus altos teores de silicato, a região provavelmente recebe aporte fluvial de rios locais como o Itajaí-Açu e o complexo estuarino de Paranaguá, além de ser afetada pela ressurgência da ACAS durante período mais quente (Tabela 94 e 95).

. A região marinha do Rio Grande do Sul além de ser caracterizada por processos ou massas d'água já mencionados (descarga continental do rio La Plata e da Lagoa dos Patos, ressurgência de quebra de plataforma e Água Costeira, por exemplo), é mais frequentemente afetada pela Água Subantártica, principalmente em localidades ao sul, diminuindo sua influência em direção ao norte. A distribuição de massas d'água mais ricas ou pobres em nutrientes são determinadas por fatores como pluviosidade, regime de ventos, ocorrência de *El Niño/ La Niña* e variação espacial sazonal da Convergência Subtropical. As condições meteorológicas afetam ainda a dinâmica entre estuários e oceano no Atlântico Sudoeste, tornando o estuário um exportador de nutrientes em situações de alta pluviosidade ou um importador em situações contrárias. Contudo, a influência da Lagoa dos Patos, diferentemente da pluma do rio da Prata, parece estar por vezes restrita a costa, alcançando o sul durante o

verão e o norte durante o inverno (CIOTTI *et al.*, 1995; MAGLIOCCA *et al.*, 1982).

Em síntese:

- Giro Subtropical influencia a dinâmica de nutrientes nas zonas oceânicas do sul, mesmo que tal região tenha menores teores de fosfato quando comparada a menores latitudes do giro.
- A plataforma continental dos estados da região sul possuem maiores concentrações de fosfato e NID do que os da região sudeste, isso se dá devido às fontes antropogênicas e a descargas continentais importantes como o rio da Prata e a Lagoa dos Patos.
- A Pluma do rio da Prata incrementa fosfato e silicato para toda a região, incluindo áreas oceânicas do Paraná durante o inverno.
- Vento Nordeste (verão) promove intrusão da ACAS na plataforma interna, enquanto vento sudeste (inverno) impulsiona a pluma do rio da Prata ao norte.
- A plataforma continental menos extensa de SC favorece a intrusão da ACAS na ressurgência de quebra de plataforma.
- Silicoflagelados alteram a distribuição horizontal de silicato, diminuindo-o ao sul de SC.
- O aumento da concentração de nitrato pode ser evidência da presença de águas subantárticas ou ocorrência de ressurgências.
- A região oceânica não parece ser limitada por fósforo.

5.4.4 Discussão para Zona Costeira da região Sul

Fernandes e Brandini (2004) discutem que apesar da ZC do Paraná estar sob influência de águas oligotróficas da Corrente do Brasil, o local recebe contribuição de nutrientes pelo *input* continental local e pela pluma do rio da Prata, esse último ocorrendo durante o outono e inverno. Contudo, em geral altas concentrações de nutrientes e grandes populações de diatomáceas foram encontradas aos 10-15 metros, sugerindo, de acordo com os autores, que houve ressuspensão sedimentar causada pela maré e turbulência provocada pelo vento, movimentando diatomáceas bentônicas e promovendo a regeneração de nutrientes, sendo também essa a causa de incremento dos elementos na coluna d'água, principalmente silicato, que superam teores encontrados na região da Ilha de Santa Catarina, SC (BORDIN *et al.*, 2019; TRANKER *et al.*, 2019).

A ACAS e a pluma do rio da Prata são novamente citadas por Bordin *et al.* (2019) e Tranker *et al.* (2019), onde a plataforma interna e intermediária da região da ilha de Santa Catarina é fertilizada durante o verão pela ACAS e durante o inverno pela pluma do rio da Prata.

Porém nesse caso, diferentemente de Fernandes e Brandini (2004), o incremento de nitrato e fosfato através da regeneração da matéria orgânica é citado como importante processo na manutenção da produção primária durante o ano.

Segundo Moreira-González *et al.* (2020) as baixas concentrações de nutrientes encontradas no estudo não correspondem ao que comumente é observado na Baía de Paranaguá (PR), fato concordante com os maiores teores de nutrientes encontrados por Mizerkowski *et al.* (2012a) no mesmo local. As altas concentrações de nutrientes se dão pelo ambiente receber água lixiviada de terras fertilizadas do entorno, além de efluente não tratado de áreas vizinhas e do porto de Paranaguá. Apesar de não ser classificada como intensamente eutrofizada, da diluição e do curto tempo de residência da pluma de água altamente enriquecida, há preocupação quanto a qualidade ambiental da baía. As consequências da eutrofização são observadas, bem como a ocorrência de microalgas bentônicas tóxicas que podem comprometer atividades econômicas e a segurança alimentar da população, além de afetar negativamente espécies já ameaçadas que utilizam o local para reprodução ou alimentação, como a *Chelonia mydas*. Portanto, medidas de mitigação como a redução da carga nutricional de águas residuais são necessárias (MIZERKOWSKI *et al.*, 2012a; MOREIRA-GONZÁLEZ *et al.*, 2020).

A baía de Paranaguá apresentou valores de NID superiores aos encontrados na baía de Guaratuba (PR), apesar de Mizerkowski *et al.* (2012b) considerarem os dados do estudo como insuficientes para identificar alguma eutrofização antropogênica, enfatizando a importância de estudos que analisem a capacidade de carga do estuário, utilizado por sítios de cultivo de ostras. De modo geral, os autores afirmam que a distribuição de nutrientes na baía de Guaratuba é mais influenciada pela maré nos períodos secos e pela vazão dos rios no período chuvoso.

Concentrações de nutrientes consideravelmente superiores foram encontradas por Pereira-Filho *et al.* (2001) na baía de Balneário Camboriú quando comparada às demais baías citadas anteriormente, com o amônio representando, nesse caso, 89% do NID e sempre associado a entrada de água doce do sistema estuarino. O ambiente também recebe efluentes tratados e não tratados, além de carga de nutrientes oriunda da fertilização de áreas agrícolas. Apesar das altas concentrações de NID e silicato, associadas negativamente com a salinidade, e por isso com a maré, o fosfato, nutriente limitante em Balneário Camboriú, não apresenta correlação evidente, sendo retirado do sistema através de processo de adsorção facilitado pelo alto conteúdo de material particulado de origem fluvial (PEREIRA-FILHO *et al.*, 2001).

O mesmo processo físico-químico de retirada do fosfato disponível da coluna d'água observado em Balneário Camboriú é relatado para a região de Itajaí-Açu por Pereira Filho *et*

al. (2003). Comparando-se Itajaí-Açu (SC) com o estuário do rio Perequê (SC), Tabela 99, o primeiro local possui maior concentração de NID e nitrogênio amoniacal que o segundo, o qual, por sua vez, possui mais fosfato, por uma provável menor carga de materiais particulados disponíveis no auxílio do processo de adsorção do nutriente.

Em Itajaí-Açu, segundo Pereira Filho *et al.* (2003), as maiores concentrações de nutrientes estão relacionadas ao aporte fluvial, sendo a exceção o nitrogênio amoniacal que se mantém alto mesmo em condições de menor vazão, sugerindo fontes de poluição antrópica nas proximidades dos locais amostrados. Mesmo com menores concentrações, Signorin *et al.* (2010) consideram os teores de NID altos no estuário do rio Perequê. Com 74% de amônia compondo os nutrientes nitrogenados, os autores alertam para a presença de esgoto doméstico proveniente da alta ocupação urbana nas redondezas. Com relação aos fatores que influenciam a distribuição de nutrientes nas áreas, a maré é determinante na distribuição dos elementos no estuário do rio Perequê, enquanto que o aporte fluvial é o principal fator influenciador nos processos atuantes em Itajaí-Açu (PEREIRA FILHO *et al.*, 2003; SIGNORIN *et al.*, 2010).

De acordo com Simonassi *et al.* (2010) e Cabral *et al.* (2020), a baía da Ilha de Santa Catarina (SC) é um local geralmente limitado por nitrogênio que possui diferentes contribuintes principais de entrada de nutrientes em suas partes. Enquanto a parte norte parece ter sua variabilidade hidroquímica associada ao escoamento continental, a parte sul é fortemente influenciada por processos oceânicos, com os efeitos sazonais da intrusão da ACAS - contribuindo com nitrato, principalmente durante a primavera- e da Pluma do rio da Prata. O litoral de Santa Catarina é afetado por eventos de grandes escalas, como o *El Niño* e *La Niña*, quando o primeiro acarreta em aumento da precipitação e do escoamento superficial, provocando exportação de nutrientes para áreas externas como a plataforma continental, e o segundo concentra picos de nutrientes no interior da baía.

Por mais que os autores tenham dito que a baía da Ilha de Santa Catarina possui menos concentrações de nutrientes do que outras da plataforma continental sudeste, o que também pode ser visto no presente trabalho (exemplo: Baía de Paranaguá por MOREIRA-GONZÁLEZ *et al.*, 2020), é pontuado que a qualidade da água possui tendência de piora. Tal fato já é observado durante o verão e outono, quando há maior entrada de efluentes domésticos em decorrência do aumento da pluviosidade e da população flutuante devido a temporada de turismo. Portanto, é destacada a urgência em ações de gestão como restauração de áreas margeantes e otimização de tratamentos de efluentes para mitigação dos problemas já observados que provavelmente serão agravados com o tempo (SIMONASSI *et al.*, 2010;

CABRAL *et al.*, 2020).

A Lagoa da Conceição, SC, vem sofrendo impactos ambientais por consequência do rápido aumento populacional e por ter um tratamento de esgoto ineficiente (FONSECA *et al.*, 2002). É um sistema semifechado dividido em porção sul, mais isolada com um canal estreito ligando-a a porção central, porção central, que possui uma conexão com o mar, e porção norte com maior influência fluvial (BARROS *et al.*, 2017; FONSECA *et al.*, 2017). A porção sul da lagoa possui maiores concentrações de nutrientes do que as demais, sendo a exceção o nitrogênio amoniacal, maior ao norte. Em relação às estações do ano, parece haver aumento das concentrações de nutrientes durante o inverno (Tabela 102 e 103; BRAGA *et al.*, 2006; FONTES e ABREU, 2009; BARROS *et al.*, 2017).

Apesar de citar a presença de um aglomerado imobiliário nas margens que lançam efluente não tratado na lagoa, Fonseca *et al.* (2002) consideram as concentrações de fosfato baixas, explicadas através dos processos de adsorção atuantes no ambiente associados a utilização do nutriente por macroalgas bentônicas localizadas principalmente na região sul (FONSECA *et al.*, 2002; BARROS *et al.*, 2017). Quanto aos outros nutrientes, o *input* fluvial na porção norte fornece silicato e aumenta as concentrações de nutrientes nitrogenados no local (FONSECA *et al.*, 2002; FONSECA e BRAGA, 2006).

Durante o inverno as concentrações são maiores em consequência mineralização da matéria orgânica, a qual tem grande constituinte bentônica, e da maior abundância de bactérias heterotróficas. No verão, quando não há limitação por luz e há nutrientes inorgânicos disponíveis, a assimilação biológica é efetiva (FONSECA *et al.*, 2002; FONSECA e BRAGA, 2006; FONTES e ABREU, 2009; BARROS *et al.*, 2017). Posto isso, a Lagoa da Conceição por apresentar alto tempo de residência e baixa troca de água, é sensível a mudanças hidrológicas em curto período de tempo e está em processo de eutrofização (FONSECA *et al.*, 2002; FONSECA e BRAGA, 2006; FONTES *et al.*, 2006; BARROS *et al.*, 2017).

A Lagoa dos Patos, o maior sistema lagunar da América do Sul, está situado em Rio Grande (RS), e forma um estuário raso em sua conexão com o mar, sendo afetado por micromarés, por ventos sul que impulsionam águas costeiras para o interior do estuário, e ventos norte que provocam circulação estuarina (NIENCHESKI e JAHNKE, 2002; HARAGUCHI *et al.*, 2015). Durante o inverno em períodos de vento sul, a cunha salina pode ter um grande alcance interno na Lagoa dos Patos, conferindo altas salinidades em todo o estuário, como observado por Abreu *et al.* (1995).

Em regiões costeiras da Lagoa há aumento nas concentrações de nutrientes, ocasionadas

pela intrusão marinha, que importa para o estuário água anteriormente exportada e rica em nutrientes, por poluição antrópica e/ou por processos de ressuspensão sedimentar (Tabela 104; ABREU *et al.*, 1995; BARBOSA, 2007). Cabe ser pontuado que Barbosa (2007) destaca a região um pouco mais interna ao canal, situada nas adjacências da área portuária, com as maiores concentrações de nitrito, provavelmente explicado pelo lançamento de material perdido nas operações portuárias de cargas e descargas, como grãos vegetais e farelos; além de altas concentrações de amônio ao redor da cidade de Rio Grande e alto teor de fosfato nas proximidades do distrito industrial.

Contudo, Niencheski e Jahnke (2002) encontraram maiores teores de nitrato em áreas de menor salinidade, e por tanto, longe do canal de acesso ao mar (Tabela 105). Tal fato foi justificado através de processos bentônicos que promovem a remineralização da matéria orgânica, sendo capaz de fornecer fosfato suficiente e 25% de nitrogênio requerido diariamente para a produtividade primária local (Niencheski e Jahnke, 2002). A área norte também é enfatizada por Abreu *et al.* (2010) quando discutem que a alta densidade populacional da parte norte da Lagoa dos Patos acarreta na eutrofização da água nessa região, a qual não se estende por toda a laguna devido a sua grande área total e ao alto tempo de residência da água. Isso acarreta na assimilação de nutrientes pelo fitoplâncton ao norte e sua sedimentação ao centro, o que, segundo os autores, gera o estado oligotrófico na porção sul da Lagoa dos Patos.

Enquanto Abreu *et al.* (2010) consideram não haver enriquecimento por nutrientes na Lagoa dos Patos, tornando-a isenta de eutrofização, Barbosa (2007) e Haraguchi *et al.* (2015) consideram os teores altos, com excesso de nitrogênio e fósforo inorgânico dissolvido. Fato é que a dinâmica hidroquímica da Lagoa dos Patos é complexa e o *input* de nutrientes está relacionado principalmente a precipitação, ressuspensão sedimentar, contribuição de água intersticial e fontes pontuais de efluentes e, em menor importância, a ação das marés (ABREU *et al.*, 1995; ABREU *et al.*, 2010; HARAGUCHI *et al.*, 2015).

O sistema estuarino-lagunar da Lagoa dos Patos (RS) possui pequenas enseadas, denominadas "sacos", poluídas e não poluídas. Caso de Saco da Mangueira e Saco do Justino, onde o primeiro possui grau de eutrofização duas vezes maior do que o segundo, principalmente devido às altas concentrações de amônio e fosfato. Recebendo constantemente efluentes domésticos e industriais, e com a presença de fábricas de fertilizantes e residências não atendidas pelo sistema de tratamento de esgoto, combinadas com restrita circulação da água do ambiente, o Saco da Mangueira possui uma qualidade ambiental ruim. Diferentemente de Saco do Justino, onde não há grandes fontes poluidoras e os nutrientes dissolvidos presentes na

coluna d'água provêm de águas intersticiais através de processos de advecção ou difusão molecular. Cabe ser dito que o mesmo processo pode ocorrer em Saco do Justino, porém com diferentes dinâmicas e intensidades (NIENCHESKI e BAUMGARTEN, 2007; BAUMGARTEN e NIENCHESKI, 2010).

As praias são ambientes altamente impactados pelas alterações de suas paisagens, como por exemplo pela instalação de manilhas para despejo de efluentes, pelo desmatamento e por projetos de urbanização de orlas. Além de serem influenciadas por eventos de grandes escalas como o *El Niño*, que confere altas precipitações e máximos de nitrato, e *La Niña*, que acarreta em baixa pluviosidade e em máximos de amônio, ambos na Praia do Cassino (RS). Alterações sedimentares (exemplo: deposição de lama no RS) ou o tipo de estrutura da comunidade biológica afetam de diferentes formas as concentrações de nutrientes no ambiente praiial (ODEBRECHT *et al.*, 2010; MARTINS *et al.*, 2012).

Em síntese:

- A intrusão da ACAS durante o verão e o alcance da pluma do rio da Prata durante o inverno são capazes de enriquecer a Zona Costeira sul do Brasil.
- O despejo de efluentes não tratados nas baías geram problemas econômicos, ambientais e sociais.
- Em geral, os teores de nutrientes nas baías são determinados pela vazão fluvial em períodos chuvosos e pela maré no período seco.
- O fosfato é frequentemente retirado da coluna d'água por processos de adsorção.
- Nas baías da região Sul há divergência em relação ao nutriente limitante: enquanto o fosfato é limitante em Balneário Camboriú (SC), o nitrogênio o é na baía da Ilha de Santa Catarina (SC).
- Nutrientes nitrogenados são acrescentados ao ambiente pelo despejo de esgoto não tratado em Balneário Camboriú, Itajaí-Açu e estuário do rio Perequê.
- *El Niño* e *La Niña* afetam os níveis de precipitação e interferem nos teores de nutrientes nas baías do Sul.
- Tratamento de esgoto ineficiente é frequentemente citado como fator que influencia negativamente a qualidade das águas. Por exemplo: Baía da Ilha de Santa Catarina e Lagoa da Conceição.
- Ventos sul, no inverno, promovem intrusão salina na Lagoa dos Patos (RS), a qual pode enriquecer o local ao invés de promover diluição da água como comumente visto em outros ambientes estuarinos.

- Há divergência em relação ao nível de eutrofização da Lagoa dos Patos (RS), devido a complexidade e diversidade dos fatores que interferem na concentração e distribuição de nutrientes no ambiente.

Em conclusão, regiões oceânicas do sul do Brasil são afetadas pelo Giro Subtropical do Atlântico Sul e por intrusões de águas subtropicais. A ressurgência de quebra de plataforma e intrusão da ACAS é também importante nessa região, principalmente na plataforma continental mais estreita do estado de Santa Catarina. Outro mecanismo de enriquecimento das águas é a pluma do rio da Prata que pode alcançar grandes distâncias, como a área marinha do Paraná, quando impulsionada por ventos de quadrante sul durante o inverno. Esse regime de vento atua de forma diferenciada na Lagoa dos Patos (RS), aprisionando águas costeiras ricas em nutrientes no interior do sistema estuarino-lagunar, o qual, por sua vez, também é capaz de fornecer nutrientes para áreas neríticas e pelágicas adjacentes e ao norte. Em menor escala espacial, a existência de despejo de efluentes não tratados nos sistemas costeiros é frequentemente apontada como grande problemática no que diz respeito a eutrofização ambiental.

6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O Brasil é um país de dimensões continentais, com uma linha de costa extensa e heterogênea. As particularidades de cada região conferem às Zonas Costeiras e Oceânicas do Norte, Nordeste, Sudeste e Sul diferentes características químicas e distintos fatores que determinam a distribuição ou intensidade dessas características.

A região Norte do Brasil possui o rio Amazonas que, devido a sua magnitude, tem capacidade de exportar nutrientes para o Atlântico Norte. Essa região está sob influência de meso e macromarés -capazes de lixiviar áreas ribeirinhas ou de manguezais e carrear nutrientes- e linhas de costa recortadas, que conferem singularidades a sua geomorfologia e merecem despertar incentivo científico para o entendimento de cada área.

Apesar da maré ser também uma força importante para a região Nordeste, outros processos são frequentemente associados ao enriquecimento das águas oceânicas (ressurgência equatorial, formação de vórtices, ressurgência topográfica) e costeiras (incidência solar, ventos, lixiviação de sistemas manguezais). De forma sucinta, para essa região o aporte continental é menos mencionado do que na região Norte e há estudos tratando de atóis, ilhas e arquipélagos; locais de grande importância ambiental e com processos que desencadeiam o incremento de nutrientes, como a ressurgência topográfica.

A oligotrófica e quente Corrente do Brasil percorre o litoral leste do país, incluindo parte da região Nordeste e Sudeste. Ficando a cargo de rios como o rio Doce e Paraíba do Sul o *input* de nutrientes de origem terrestre para a ZC e oceânica, e os marinhos a cargo de recifes artificiais, meandros, vórtices, ressurgência costeira e de quebra de plataforma, as quais promovem ascensão da ACAS, mais fria e rica em nutrientes, capaz de fertilizar sistemas costeiros mais restritos a ZC como a Baía de Guanabara. A poluição das regiões marinhas do Sudeste é algo comumente abordado nos estudos dessa região, onde é alertada a insustentabilidade de manutenção dos pacotes sedimentares como reservatórios de nutrientes.

A poluição ambiental é também mencionada em diversos estudos que abordaram a região Sul, onde houve preocupação quanto a entrada de efluentes não tratados nos corpos hídricos e ZC. Tal região é também afetada pela ACAS e pela ressurgência de quebra de plataforma, impulsionadas pelo vento sul, que normalmente ocorre em períodos de inverno. Dois sistemas continentais influenciam fortemente ZC e oceânicas de toda a região Sul: A pluma do rio da Prata, cuja foz está localizada no Uruguai, e o sistema estuarino-lagunar da Lagoa dos Patos (RS).

Frente a todas as preocupações ambientais que desencadeiam não só problemas

ambientais e de conservação, como também os das esferas econômicas, de saúde pública, de segurança alimentar e de manutenção de patrimônio cultural, deve haver articulação entre os portadores de conhecimento científico, social e político para que eficientes medidas de gestão sejam tomadas com base principalmente no interesse ambiental e social. Por isso, um panorama geral da quantidade de produção científica, do estado da arte e dos principais pontos a respeito de nutrientes inorgânicos dissolvidos na zona marinha brasileira, pode ser útil para o começo dessa interlocução entre os diferentes atores da sociedade para uma melhoria na gestão ambiental brasileira.

7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABREU, Paulo C. *et al.* Short-and long-term chlorophyll a variability in the shallow microtidal Patos Lagoon estuary, Southern Brazil. **Estuaries and Coasts**, v. 33, n. 2, p. 554-569, 2010.

ABREU, Paulo Cesar; HARTMANN, Carlos; ODEBRECHT, Clarisse. Nutrient-rich saltwater and its influence on the phytoplankton of the patos lagoon estuary, Southern Brazil. **Estuarine, Coastal and Shelf Science**, v. 40, n. 2, p. 219-229, 1995.

ACHA, Eduardo M. *et al.* Marine fronts at the continental shelves of austral South America: physical and ecological processes. **Journal of Marine systems**, v. 44, n. 1-2, p. 83-105, 2004.

AIDAR, Elizabeth *et al.* Ecossistema costeiro subtropical: nutrientes dissolvidos, fitoplâncton e clorofila-a e suas relações com as condições oceanográficas na região de Ubatuba, SP. **Publção esp. Inst. oceanogr., S Paulo,(10)**, p. 9-43, 1993.

ALBALADEJO, Cristina *et al.* Wireless sensor networks for oceanographic monitoring: A systematic review. **Sensors**, v. 10, n. 7, p. 6948-6968, 2010.

ALBUQUERQUE, Eduardo da Motta *et al.* Produção científica e tecnológica das regiões metropolitanas brasileiras. **Revista de Economia Contemporânea**, v.9, n.3, p.615-642, 2005.

ALVES JUNIOR, Nelson *et al.* Microbial community diversity and physical–chemical features of the Southwestern Atlantic Ocean. **Archives of microbiology**, v. 197, n. 2, p. 165-179, 2015.

ANA. Agência Nacional de Águas. **Manual de Operação da Sala de Situação para Previsão de Eventos Hidrológicos Críticos Bahia**. Instituto do Meio Ambiente e Recursos Hídricos - INEMA e Coordenação de Monitoramento Ambiental dos Recursos Ambientais e Hídricos – COMON, 35p. 2015.

ANA. Agência Nacional de Águas. **Hidroweb**. Disponível em:

<<http://www.snirh.gov.br/hidroweb/serieshistoricas>>. Acesso em: 11 de jan. de 2022.

ANDRADE, L. *et al.* Bacterial abundance and production in the southwest Atlantic Ocean. **Hydrobiologia**, v. 511, n. 1, p. 103-111, 2004

ARAÚJO, Adriana V.; DIAS, Cristina O.; BONECKER, Sérgio LC. Differences in the structure of copepod assemblages in four tropical estuaries: importance of pollution and the estuary hydrodynamics. **Marine Pollution Bulletin**, v. 115, n. 1-2, p. 412-420, 2017.

ARAÚJO, Milton Luiz Vieira *et al.* Contrasting patterns of phytoplankton pigments and chemotaxonomic groups along 30 S in the subtropical South Atlantic Ocean. **Deep Sea Research Part I: Oceanographic Research Papers**, v. 120, p. 112-121, 2017.

ARAÚJO, Moacyr *et al.* On the variability in the CO₂ system and water productivity in the western tropical Atlantic off North and Northeast Brazil. **Journal of Marine Systems**, v. 189, p. 62-77, 2019.

ARMENGOL, Laia *et al.* Planktonic food web structure and trophic transfer efficiency along a productivity gradient in the tropical and subtropical Atlantic Ocean. **Scientific reports**, v. 9, n. 1, p. 1-19, 2019.

ASSUNÇÃO, R. V.; SILVA, A. C.; MARTINS, J.; MONTES, M. F. Spatial-temporal variability of the thermohaline properties in the coastal region of Fernando de Noronha Archipelago, Brazil. **Journal of Coastal Research**, n. 75 (10075), p. 512-516, 2016.

ATTISANO, Karina Kammer *et al.* Evidences of continental groundwater inputs to the shelf zone in Albardão, RS, Brazil. **Brazilian Journal of Oceanography**, v. 56, p. 189-200, 2008.

AZEVEDO, A. C. G.; FEITOSA, F. A. N.; KOENING, M. L. Distribuição espacial e temporal da biomassa fitoplanctônica e variáveis ambientais no Golfão Maranhense, Brasil. **Acta Botanica Brasilica**, v. 22, p. 870-877, 2008.

BARBOSA, FABIANA GONÇALVES. Nutrientes dissolvidos no canal de acesso ao estuário da Lagoa dos Patos (RS/Brasil). **Uningá Journal**, v. 13, n. 1, 2007.

BARBOZA, Conceição Denise Nunes *et al.* Concentrations and Fluxes of Nutrients and

Suspended Organic Matter in a Tropical Estuarine System: the Tinharé-Boipeba Islands Archipelago (Baixo Sul Baiano, Brazil). **Journal of Coastal Research**, v. 0, n. 0, 2013.

BARRERA-ALBA, José Juan; ABREU, Paulo Cesar; TENENBAUM, Denise Rivera. Seasonal and inter-annual variability in phytoplankton over a 22-year period in a tropical coastal region in the southwestern Atlantic Ocean. **Continental Shelf Research**, v. 176, p. 51-63, 2019.

BARROS, Georgia de *et al.* Nutrient distribution in a shallow subtropical lagoon, south Brazil, subjected to seasonal hypoxic and anoxic events. **Brazilian Journal of Oceanography**, v. 65, p. 116-127, 2017.

BASÍLIO-DANTAS, Patrícia Silva *et al.* Patterns of Diversity and Abundance of Radiozoa (Polycystina) of Rocas Atoll, Southwestern Tropical Atlantic. **Boletim Técnico Científico do CEPNOR**, v. 19, n. 1, p. 15-27, 2019.

BASTOS, Rafaella Brasil *et al.* Caracterização de uma Zona Costeira tropical (Ipojuca-Pernambuco-Brasil): Produtividade fitoplanctônica e outras variáveis ambientais. **Brazilian Journal of Aquatic Science and Technology**, v. 15, n. 1, p. 1-10, 2011.

BAUMGARTEN, M. G. Z.; NIENCHESKI, L. F. H. A coluna sedimentar como reservatório e fonte de nutrientes em enseadas estuarinas. **Tropical Oceanography**, Recife, v. 38, n. 1, p. 88-104, 2010.

BEGON, M.; TOWNSEND, C. R.; HARPER, J. L. **Ecologia**: de indivíduos a ecossistemas. 4^a ed. São Paulo: Artmed Editora, 2009.

BERDEN, Giuliana *et al.* Circulation and hydrography in the western South Atlantic shelf and export to the deep adjacent ocean: 30° S to 40° S. **Journal of Geophysical Research: Oceans**, v. 125, n. 10, p. e2020JC016500, 2020.

BERRANG-FORD, L.; PEARCE, T.; FORD, J. D. Systematic review approaches for climate change adaptation research. **Regional Environmental Change**, v. 15, n. 5, p. 755-769, 2015.

BERNARDES, M. C. *et al.* Land-sea interface features of four estuaries on the South America

Atlantic coast. **Brazilian Journal of Biology**, v. 72, p. 761-774, 2012.

BIF, M. B.; YUNES, J. S. Distribution of the marine cyanobacteria *Trichodesmium* and their association with iron-rich particles in the South Atlantic Ocean. **Aquatic Microbial Ecology**, v. 78, n. 2, p. 107-119, 2017.

BRAGA, E. S.; CHIOZZINI, V. G. Nutrientes dissolvidos no complexo estuarino-lagunar de Cananéia-Iguape: influência do Valo Grande no setor sul (1992 e 2005). **Simpósio Brasileiro de Oceanografia**, v. 3, p. 573-582, 2008.

BRAGA, E. S.; CHIOZZINI, V. G.; VIEIRA, C. M. Seasonal variation of nutrients and hydrological conditions in the State Marine Park of Laje de Santos (SMPLS) and adjacent continental shelf areas (South Atlantic Ocean-Brazil). **Brazilian Journal of Oceanography**, v. 65, p. 628-643, 2017.

BRAGA, Elisabete de Santis. Seasonal variation of atmospheric and terrestrial nutrients and their influence on primary production in an oligotrophic coastal system-southeastern Brazil. **Revista Brasileira de Oceanografia**, v. 47, n. 1, p. 47-57, 1999.

BRAGA, Elisabete S. *et al.* Eutrophication and bacterial pollution caused by industrial and domestic wastes at the Baixada Santista Estuarine System–Brazil. **Marine Pollution Bulletin**, v. 40, n. 2, p. 165-173, 2000.

BRAGA, E. S.; MÜLLER, Thomas J. Observation of regeneration of nitrate, phosphate and silicate during upwelling off Ubatuba, Brazil, 23 S. **Continental Shelf Research**, v. 18, n. 8, p. 915-922, 1998.

BRAGA, E. S.; NIENCHESKI, L. F. H. Composição das massas de água e seus potenciais produtivos na área entre o Cabo de São Tomé (RJ) e o Chuí (RS). In: ROSSI-WONGTSCHOWSKI, C. L. Del B; MADUREIRA, L. S-P. (Orgs.). **O ambiente oceanográfico da plataforma continental e do talude na região sudeste-sul do Brasil**. São Paulo: Edusp, cap.4, p.161-218, 2006.

BRANCO, C. W. C.; KOZLOWSKY-SUZUKI, B.; ESTEVES, F. A. Environmental changes

and zooplankton temporal and spatial variation in a disturbed Brazilian coastal lagoon. **Brazilian Journal of Biology**, v. 67, n. 2, p. 251-262, 2007.

BRANCO, E. S.; FEITOSA, F. A. N.; MONTE, M. J. Variação Sazonal e Espacial da Biomassa Fitoplanctônica Reelacionada com Parâmetros Hidrológicos no Estuário de Barra das Jangadas (Jaboatão dos Guararapes- Pernambuco – Brasil. **Tropical Oceanography**, v. 30, n. 2, p. 79-96, 2002.

BRANDAO, Manoela C.; GARCIA, Carlos AE; FREIRE, Andrea S. Meroplankton community structure across oceanographic fronts along the South Brazil Shelf. **Journal of Marine Systems**, v. 208, p. 103361, 2020.

BRANDINI, Frederico Pereira *et al.* Multiannual trends in fronts and distribution of nutrients and chlorophyll in the southwestern Atlantic (30–62 S). **Deep Sea Research Part I: Oceanographic Research Papers**, v. 47, n. 6, p. 1015-1033, 2000.

BRANDINI, Frederico P. *et al.* Sources of nutrients and seasonal dynamics of chlorophyll in the inner shelf off Paraná state—South Brazil Bight. **Journal of Coastal Research**, v. 23, n. 5, p. 1131-1140, 2007.

BRANDINI, F. P. Hidrografia e Produção Biológica na Região Sudeste-Sul do Brasil no Contexto do Programa REVIZEE. In: ROSSI-WONGTSCHOWSKI, C. L. Del B; MADUREIRA, L. S-P. (Orgs.). **O ambiente oceanográfico da plataforma continental e do talude na região sudeste-sul do Brasil**. São Paulo: Edusp, cap.4, p.161-218, 2006.

BRANDINI, F. P.; MORAES, C. L. B. Composição e distribuição do fitoplâncton em áreas costeiras e oceânicas da região sudeste do Brasil. **Revista Nerítica**, v. 1, n. 3, 1986.

BRANDINI, F. P. Hydrography and characteristics of the phytoplankton in shelf and oceanic waters off southeastern Brazil during winter (July/August 1982) and summer (February/March 1984). **Hydrobiologia**, v. 196, n. 2, p. 111-148, 1990.

BONECKER, Ana C.T. *et al.* Vertical distribution of mesozooplankton and ichthyoplankton communities in the South-western Atlantic Ocean (23°14'1''S- 40°42' 19''W). **Journal of the**

Marine Biological Association of the United Kingdom, v. 99, n. 1, p. 51-65, 2019.

BORDIN, Luís Henrique *et al.* Nutrient and carbon dynamics under the water mass seasonality on the continental shelf at the South Brazil Bight. **Journal of Marine Systems**, v. 189, p. 22-35, 2019.

BRAGA, Elisabete de Santis. Composição Química da Água do Mar. In: HARARI, Joseph. **Noções de Oceanografia**. São Paulo: Instituto Oceanográfico. p.312-344, 2021

BRANDINI, F. P. Hydrography, phytoplankton biomass and photosynthesis in shelf and oceanic waters off southeastern Brazil during autumn (May/June, 1983). **Boletim do Instituto Oceanográfico**, v. 36, p. 63-72, 1988.

BRANDINI, Frederico Pereira. Produção Primária dos Oceanos. In: CASTELLO, J. P.; KRUG, L. C. (Orgs.). **Introdução às ciências do mar**. Pelotas: Textos. cap 11, p. 280-313, 2015.

BRASIL. **Lei Federal Nº 7.661, de 16 de maio de 1988**. Institui o Plano Nacional de Gerenciamento Costeiro e dá outras providências. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/17661.htm>. Acesso em 15 de jul. de 2021.

BRUCE, Thiago *et al.* Abrolhos bank reef health evaluated by means of water quality, microbial diversity, benthic cover, and fish biomass data. **PloS one**, v. 7, n. 6, p. e36687, 2012.

BUSSAB, W. O.; MORETTIN, P. A. **Estatística básica**. ed.8. São Paulo: Saraiva, cap. 3, p. 35-38, 2013.

CABRAL, Alex *et al.* Water masses seasonality and meteorological patterns drive the biogeochemical processes of a subtropical and urbanized watershed-bay-shelf continuum. **Science of The Total Environment**, v. 749, p. 141553, 2020.

CAIN, M. L.; BOWMAN, W. D.; HACKER, S. D. **Ecologia**. 3ª ed. Artmed Editora, 2017.

CARVALHO, A. C. O. *et al.* Air-sea CO₂ fluxes for the Brazilian northeast continental shelf in a climatic transition region. **Journal of Marine Systems**, v. 173, p. 70-80, 2017

CAMPOS, Edma José Dias. Circulação Oceânica em Grande Escala e as Mudanças Climáticas. In: HARARI, Joseph. **Noções de Oceanografia**. São Paulo: Instituto Oceanográfico. p.239-254, 2021.

CARVALHO, Ronnessa. C. Q. *et al.* Microphytoplankton composition, chlorophyll-a concentration and environmental variables of the Maranhão Continental Shelf, Northern Brazil. **Latin American Journal of Aquatic Research**, v. 44, n. 2, p. 256-266, 2016.

CASTELAR, Beatriz; REIS, Renata P.; DOS SANTOS CALHEIROS, Ana Carolina. Ulva lactuca and U. flexuosa (Chlorophyta, Ulvophyceae) cultivation in Brazilian tropical waters: recruitment, growth, and ulvan yield. **Journal of applied phycology**, v. 26, n. 5, p. 1989-1999, 2014.

CASTRO, P.; HUBER, M. E. **Biologia marinha**. 8ª ed. São Paulo: AMGH Editora, 2012.

CAVALCANTI, Lisana F. *et al.* Patterns of phytoplankton structure in response to environmental gradients in a macrotidal estuary of the Equatorial Margin (Atlantic coast, Brazil). **Estuarine, Coastal and Shelf Science**, v. 245, p. 106969, 2020.

CERDA, Mauricio *et al.* Nutrient budgets in the Piratininga-Itaipu lagoon system (southeastern Brazil): effects of sea-exchange management. **Latin American Journal of Aquatic Research**, v. 41, n. 2, p. 226-238, 2013.

CHAGAS, G. G.; SUZUKI, M. S. Seasonal hydrochemical variation in a tropical coastal lagoon (Açu Lagoon, Brazil). **Brazilian Journal of Biology**, v. 65, p. 597-607, 2005.

CHIARINI, T.; OLIVEIRA, V. P.; SILVA NETO, F. C. C. Distribuição espacial das atividades científicas: uma análise exploratória do Brasil, 2000-10. **Ciência e Políticas Públicas**. V. 41, p. 625-640, 2014.

CIOTTI, Áurea M. *et al.* Freshwater outflow and Subtropical Convergence influence on phytoplankton biomass on the southern Brazilian continental shelf. **Continental shelf**

research, v. 15, n. 14, p. 1737-1756, 1995.

CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE. 2005. **Resolução CONAMA n° 357/2005 - 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.** Conselho Nacional de Meio Ambiente - CONAMA, Brasil.

COOPER, H.; HEDGES, L. V.; VALENTINE, J. C. (Ed.). **The handbook of research synthesis and meta-analysis.** Russell Sage Foundation, 2019.

CORDEIRO, Isis Amália *et al.* Distribuição Sazonal E Espacial Da Clorofila A E Variáveis Ambientais Na Plataforma Continental De Pernambuco (Porto Do Recife), Brasil. **Tropical Oceanography**, v. 42, n. 1, p. 60-76, 2014.

CORDEIRO, Isis Amália *et al.* Environmental conditions of the Suape estuarine-port complex area (Pernambuco, Brazil): phytoplankton biomass and hydrological parameters. **Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom**, v. 99, n. 2, p. 291-301, 2018.

COSTA, Eduardo. S. *et al.* Controls on Temporal and Spatial Variation of Nutrients in a Tropical Marine Artificial Reef: The Case of the Victory 8B on the Southeastern Brazilian Coast. **Revista Virtual de Química**. v. 6. N. 4, p. 834-843, 2014.

COSTA, Jéssica Alves *et al.* Eutrophication in aquatic ecosystems: a scientometric study. **Acta Limnologica Brasiliensia**, v. 30, 2018.

COSTA, J. R.; OZEAS, S.; ATTRILL, M. J.; NIMMO, M. Seasonal and spatial controls on the delivery of excess nutrients to nearshore and offshore coral reefs of Brazil. **Journal of Marine Systems**, v. 60, n. 1-2, p. 63-74, 2006.

COTOVICZ JUNIOR, Luiz Carlos *et al.* Assessment of the trophic status of four coastal lagoons and one estuarine delta, eastern Brazil. **Environmental monitoring and assessment**, v. 185, n. 4, p. 3297-3311, 2013.

COTOVICZ JÚNIOR, L. C. *et al.* A strong CO₂ sink enhanced by eutrophication in a tropical coastal embayment (Guanabara Bay, Rio de Janeiro, Brazil). **Biogeosciences**, v. 12, n. 20, p. 6125-6146, 2015.

CURRILIN, E. N. Ecologia química marinha. 1. Ed. São Paulo: **Resenha Universitária**. cap 1, p. 15-18, 1975.

CUTTER, G. A.; MEASURES, C. I. The 1996 IOC contaminant baseline survey in the Atlantic Ocean from 33° S to 10° N: introduction, sampling protocols, and hydrographic data. **Deep Sea Research Part II: Topical Studies in Oceanography**, v. 46, n. 5, p. 867-884, 1999.

CUTRIM, Marco Valério Jansen *et al.* Trophic state of an urban coastal lagoon (northern Brazil), seasonal variation of the phytoplankton community and environmental variables. **Estuarine, Coastal and Shelf Science**, v. 216, p. 98-109, 2019.

DA COSTA, Kelli Garboza *et al.* Tidal-induced changes in the zooplankton community of an Amazon estuary. **Journal of Coastal Research**, v. 29, n. 4, p. 756-765, 2013.

DA SILVA, A. C.; ARAUJO, M.; DE SOUZA, L. P. Caracterização hidrográfica da plataforma continental do Maranhão a partir de dados oceanográficos medidos, remotos e modelados. **Brazilian Journal of Geophysics**, v. 25, n. 3, p. 281-293, 2007.

DA SILVA, Laisa Madureira *et al.* Phytoplankton Productivity and Hydrology in an Impacted Estuarine Complex in Northeastern Brazil. **Open Journal of Ecology**, v. 9, n. 10, p. 458, 2019.

DA SILVA, N. M.; VALENTIN, J. L.; BASTOS, C. T.B. O microfitoplâncton das águas costeiras do litoral fluminense (Estado do Rio de Janeiro): lista de espécies e aspectos ecológicos. **Boletim do Instituto Oceanográfico**, v. 36, n. 1-2, p. 01-16, 1988.

DAVIDSON, Keith *et al.* Anthropogenic nutrients and harmful algae in coastal waters. **Journal of environmental management**, v. 146, p. 206-216, 2014.

DE GUIMARAENS, Mariana Alves; COUTINHO, Ricardo. Temporal and spatial variation of

Ulva spp. and water properties in the Cabo Frio upwelling region of Brazil. **Aquatic Botany**, v. 66, n. 2, p. 101-114, 2000.

DEMASTER, D. J.; POPE, R. H. Nutrient dynamics in Amazon shelf waters: results from AMASSEDS. **Continental Shelf Research**, v. 16, n. 3, p. 263-289, 1996.

DE MELO, Marcos Antônio Ferreira *et al.* Microfitoplâncton de águas costeiras adjacentes ao Porto do Recife (PE-Brasil). **Tropical Oceanography**, v. 42, p. 80-94, 2014.

DENYER, D.; TRANFIELD, D., 2009. Producing a systematic review. In BUCHANAN, D. A.; BRYMAN, A. (Eds.), **The Sage handbook of organizational research methods**. Sage Publications Ltd.p.671-689.

DE OLIVEIRA, Eduardo Negri de *et al.* A satellite view of riverine turbidity plumes on the NE-E Brazilian coastal zone. **Brazilian Journal of Oceanography**, v. 60, n. 3, p. 283-298, 2012.

DE OLIVEIRA, Marília Mitidieri F. *et al.* Large and mesoscale meteo-oceanographic patterns in local responses of biogeochemical concentrations. **Environmental monitoring and assessment**, v. 184, n. 11, p. 6935-6956, 2012.

DE SOUZA, Christiane Sampaio *et al.* Chlorophyll a and nutrient distribution around seamounts and islands of the tropical south-western Atlantic. **Marine and Freshwater Research**, v. 64, n. 2, p. 168-184, 2013.

DE SOUZA, Marcelo Friederichs Landim *et al.* Distribuição de Nutrientes Dissolvidos e Clorofila-a no Estuário do rio Cachoeira, Nordeste do Brasil. **Atlântica**, v. 31, n. 1, p. 107-121, 2009.

DETONI, Amália Maria Sacilotto *et al.* Trichodesmium latitudinal distribution on the shelf break in the southwestern Atlantic Ocean during spring and autumn. **Global Biogeochemical Cycles**, v. 30, n. 11, p. 1738-1753, 2016a.

DITTMAR, T.; LARA, R. J.; Driving forces behind nutrient and organic matter dynamics in a mangrove tidal creek in North Brazil. **Estuarine, Coastal and Shelf Science**, v. 52, n. 2, p. 249-259, 2001.

DOS SANTOS, Arielly Siqueira *et al.* Distribuição espaço temporal dos parâmetros abióticos e bióticos em um Estuário Amazônico (Brasil). **Arquivos de Ciências do Mar**, v. 53, n. 1, p. 82-97, 2020.

EICHLER, P. P. B. *et al.* Benthic foraminiferal assemblages of the South Brazil: Relationship to water masses and nutrient distributions. **Continental Shelf Research**, v. 28, n. 13, p. 1674-1686, 2008.

EÇA, Gilmara Fernandes *et al.* Dissolved inorganic nutrients and chlorophyll on the narrow continental shelf of eastern Brazil. **Brazilian Journal of Oceanography**, v. 62, p. 11-21, 2014.

EL-ROBRINI, M *et al.* Pará. In: MUEHE, D. C. E. H. *et al.* Erosão e progradação do litoral brasileiro. **Brasília: Ministério do Meio Ambiente**. cap. 2, p. 41-86, 2006.

ESCHRIQUE, Samara Aranha *et al.* Estudo dos nutrientes no ambiente pelágico adjacente à costa do Estado do Pará. **Arquivos de Ciências do Mar**, v. 39, n. 1-2, p. 120-130, 2006.

FALKENBERG, Julia M. *et al.* Gill parasites of fish and their relation to host and environmental factors in two estuaries in northeastern Brazil. **Aquatic Ecology**, v. 53, n. 1, p. 109-118, 2019.

FRANCESCHINI, Iara Maria *et al.* **Algas**: uma abordagem filogenética, taxonômica e ecológica. Artmed Editora, 2009.

FEITOSA, F. A. N.; BASTOS, R. B. Produtividade fitoplanctônica e hidrologia do ecossistema costeiro de Maracajaú-RN. **Arquivos de Ciências do Mar**, v. 40, n. 2, p. 26-36, 2007.

FERNANDES, Lohengrin Dias de Almeida *et al.* Inter-annual cascade effect on marine food web: A benthic pathway lagging nutrient supply to pelagic fish stock. **PloS one**, v. 12, n. 9, p.

e0184512, 2017.

FERNANDES, Luciano Felício; BRANDINI, Frederico Pereira. Diatom associations in shelf waters off Parana State, Southern Brazil: annual variation in relation to environmental factors. **Brazilian Journal of Oceanography**, v. 52, p. 19-34, 2004.

FERNANDES, Lúcio Franco De Sá. O espaço marinho brasileiro. In: CASTELLO, J. P.; KRUG, L. C. (Orgs.). **Introdução às ciências do mar**. Pelotas: Textos. cap 17, p. 522-539, 2015.

FERREIRA, Leandro Cabanez *et al.* Variação temporal do fitoplâncton em três praias urbanas do litoral sul do estado de Pernambuco, Nordeste do Brasil. **Acta botânica brasílica**, v. 24, p. 214-224, 2010.

FIGUEIREDO, Juciene Andrade de *et al.* Hidrologia e biomassa fitoplanctônica nas barras Orange e Catuama (canal de Santa Cruz), em itamaracá-PE: variação nictemeral. **Arquivos de Ciências do Mar**, v. 39, n. 1-2, p. 5-17, 2006.

FIGUEIREDO, Juciene Andrade *et al.* Nutrientes limitantes e as relações orgânicas e inorgânicas entre o fósforo, nitrogênio e silício no sistema pelágico da BES e PNBC. **Geochimica Brasiliensis**, v. 30, n. 2, p. 95, 2017.

FONTES, Maria Luiza Schmitz; ABREU, Paulo C. Spatiotemporal variation of bacterial assemblages in a shallow subtropical coastal lagoon in Southern Brazil. **Microbial ecology**, v. 58, n. 1, p. 140-152, 2009.

FONTES, Maria Luiza S. *et al.* Bacterioplankton abundance and biomass stimulated by water masses intrusions over the Southern Brazilian Shelf (between 25 57'S and 29 24'S). **Continental Shelf Research**, v. 164, p. 28-36, 2018.

FONTES, M. L. S. *et al.* Detection of environmental impact on variations in dissolved nutrients and Chl-a in the Conceição Lagoon, Florianópolis, SC, Brazil. **Journal of Coastal Research**, p. 1407-1411, 2006.

FONSECA, A.; BRAGA, E. S. Temporal dynamic of the dissolved nutrients and the eutrophization processes in a southern Brazilian coastal lagoon, Conceição Lagoon. **Journal of Coastal Research**, p. 1229-1233, 2006.

FONSECA, ALESSANDRA; BRAGA, ELISABETE S.; EICHLER, BEATRIZ B. Distribuição espacial dos nutrientes inorgânicos dissolvidos e da biomassa fitoplanctônica no sistema pelágico da Lagoa da Conceição, Santa Catarina, Brasil (Setembro, 2000). **Atlântica, Rio Grande**, v. 24, n. 2, p. 69-83, 2002.

FORDE, E. B.; HENDEE, J. C.; WANNINKHOF, R. Hydrographic, carbon dioxide, nutrient, and productivity measurements from the South Atlantic during July and August of 1991. Atlantic Oceanographic and Meteorological Laboratory, Miami, Florida. 1994.

GAETA, Salvador Airton *et al.* The Vitória Eddy and its relation to the phytoplankton biomass and primary productivity during the austral fall of 1995. **Archive of Fishery and Marine Research**, v. 47, n. 2/3, p. 253-270, 1999.

GARCIA, Carlos. **O que é Nordeste brasileiro**. Brasiliense, 2017.

GARCIA, Marinês; ODEBRECHT, Clarisse. Morphology and ecology of the planktonic diatom *Palmerina hardmaniana* (Greville) Hasle in southern Brazil. **Biota Neotropica**, v. 8, n. 2, p. 0-0, 2008.

GARRISSON, Tom. **Fundamentos de Oceanografia**. 4ª edição. Cengage Learning, 2010.

GEYER, W. Rockwell *et al.* Physical oceanography of the Amazon shelf. **Continental Shelf Research**, v. 16, n. 5-6, p. 575-616, 1996.

GIANESELLA-GALVÃO, Sônia Maria Flores *et al.* Distribuição do plâncton na região costeira de São Sebastião. **Publicação esp. Inst. oceanogr., S Paulo**,(41), p. 5-14, 1997.

GIANESELLA, Sônia Maria Flores *et al.* Short-term variability and transport of nutrients and Chlorophyll-a in Bertioga Channel, São Paulo State, Brazil. **Brazilian Journal of**

Oceanography, v. 53, p. 99-114, 2005.

GIANESELLA, S. M. F.; SALDANHA-CORRÊA, F. M. P. Nutrientes, séston e biomassa fitoplanctônica na plataforma interna de São Sebastião-verão de 1994 e primavera de 1997. **Boletim do Instituto de Pesca**, v. 29, n. 2, p. 161-172, 2003.

GODOY, José Marcus *et al.* Groundwater and surface water quality in a coastal bay with negligible fresh groundwater discharge: Arraial do Cabo, Brazil. **Marine Chemistry**, v. 156, p. 85-97, 2013.

GOES, E. R.; FERREIRA-JUNIOR, A.V. Caracterização morfossedimentar da plataforma continental Brasileira. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v. 10, n. 5, p. 1595-1613, 2017.

GOMES, Helga do Rosario *et al.* The influence of riverine nutrients in niche partitioning of phytoplankton communities—a contrast between the Amazon River Plume and the ChangJiang (Yangtze) River diluted water of the East China Sea. **Frontiers in Marine Science**, v. 5, p. 343, 2018.

GONÇALVES-ARAÚJO, Rafael *et al.* Phyto-and protozooplankton assemblages and hydrographic variability during an early winter survey in the Southern Brazilian Continental Shelf. **Journal of Marine Systems**, v. 184, p. 36-49, 2018.

GONZALEZ-RODRIGUEZ, Eliane; MAESTRINI, Serge Y. Nutrient enrichment of Cabo Frio (Brasil) sea water for phytoplankton mass production. **Hydrobiologia**, v. 111, n. 1, p. 49-56, 1984.

GREGO, Christiana Silva *et al.* Fitoplâncton do ecossistema estuarino do Rio Ariquindá (Tamandaré, Pernambuco, Brasil): variáveis ambientais, biomassa e produtividade primária. **Atlântica (Rio Grande)**, v. 31, n. 2, p. 183-198, 2009.

GREGORACCI, Gustavo Bueno *et al.* Insights into the microbial and viral dynamics of a coastal downwelling-upwelling transition. **PLoS One**, v. 10, n. 9, p. e0137090, 2015.

GREGORACCI, Gustavo Bueno *et al.* Structuring of bacterioplankton diversity in a large

tropical bay. **PLoS One**, v. 7, n. 2, p. e31408, 2012.

GRILO, Caroline F. *et al.* A survey of the eutrophication state of an urbanized tropical estuary, the case of the Great Vitória Estuarine System, Brazil. **Brazilian Journal of Aquatic Science and Technology**. v. 20, n.1, p. 21-28, 2016.

GRUBER, N. L. S.; BARBOZA, E. G.; NICOLODI, J. L. Geografia dos sistemas costeiros e oceanográficos: subsídios para gestão integrada da Zona Costeira. In: MARTINS, L. R. e BARBOZA, E.G. (Eds. **South West Atlantic Coastal and Marine Geology** Group. Porto Alegre: COMAR, v. 1, 2003.

GUENTHER, Mariana *et al.* Eutrophication Effects On Phytoplankton Size-Fractionated Biomass And Production at a Tropical Estuary. **Marine Pollution Bulletin**, v. 91, p. 537-547, 2015.

GUENTHER, Mariana *et al.* Plankton trophic structure and particulate organic carbon production during a coastal downwelling-upwelling cycle. **Marine Ecology Progress Series**, v. 363, p. 109-119, 2008.

HARAGUCHI, Lumi *et al.* Long-term changes of the phytoplankton community and biomass in the subtropical shallow Patos Lagoon Estuary, Brazil. **Estuarine, Coastal and Shelf Science**, v. 162, p. 76-87, 2015.

HARARI, J. **Noções de Oceanografia**. 1ª edição. São Paulo: IOUSP, 2021.

HELENE, André Frazão; RIBEIRO, Pedro Leite. Brazilian scientific production, financial support, established investigators and doctoral graduates. **Scientometrics**, v. 89, n. 2, p. 677-686, 2011.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Atlas geográfico das zonas costeiras e oceânicas do Brasil**. IBGE, Diretoria de Geociências, Rio de Janeiro, 176p. 2011.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Atlas nacional do Brasil: Região Nordeste**. IBGE, Diretoria de Geociências, Rio de Janeiro, 114p. 1985. Disponível em:

<<https://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/livros/liv87917.pdf>>. Acesso em 15 de jan. de 2021.

ICMBIO. Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade. **Plano de Manejo para a reserva biológica do Atol das Rocas**. DIREP, Diretoria de Unidades de Conservação de Proteção Integral, Brasília, 241p. 2007. Disponível em: <https://www.icmbio.gov.br/portal/images/stories/imgs-unidades-oservacao/rebio_atol-das-rocas.pdf>. Acesso em 20 de mar. de 2021.

INEA. **Instituto Estadual do Ambiente**. Disponível em: < <http://www.inea.rj.gov.br/ar-agua-e-solo/como-e-feito-o-monitoramento-das-praias/>>. Acesso em: 03 de jan. 2022.

JABLONSKI, S.; FILET, M. Coastal management in Brazil—A political riddle. **Ocean & Coastal Management**, v. 51, n. 7, p. 536-543, 2008.

JALES, Marina Cavalcanti *et al.* O ecossistema recifal de Serrambi (nordeste do Brasil): biomassa fitoplanctônica e parâmetros hidrológicos. **Atlântica (Rio Grande)**, v. 34, n. 2, p. 87-102, 2012.

JALES, Marina Cavalcanti *et al.* Phytoplankton biomass dynamics and environmental variables around the Rocas Atoll Biological Reserve, South Atlantic. **Brazilian journal of oceanography**, v. 63, p. 443-454, 2015.

JOHNS, William E. *et al.* Annual cycle and variability of the North Brazil Current. **Journal of Physical Oceanography**, v. 28, n. 1, p. 103-128, 1998.

KITCHENHAM, B. **Procedures for performing systematic reviews**. Keele, UK, Keele University, v. 33, n. 2004, p. 1-26, 2004.

KJERFVE, Björn *et al.* Oceanographic characteristics of an impacted coastal bay: Baía de Guanabara, Rio de Janeiro, Brazil. **Continental shelf research**, v. 17, n. 13, p. 1609-1643, 1997.

KOENING, M. L.; MACÊDO, S. J. Hydrology and phytoplankton community structure at Itamaracá-Pernambuco (Northeast Brazil). **Brazilian Archives of Biology and Technology**, v. 42, 1999.

KOZLOWSKY-SUZUKI, Betina; BOZELLI, Reinaldo Luiz. Resilience of a zooplankton community subjected to marine intrusion in a tropical coastal lagoon. **Hydrobiologia**, v. 522, n. 1, p. 165-177, 2004.

KRÜGER, G. C. T.; DE CARVALHO, C. E. V.; SUZUKI, M. S. Dissolved nutrient, chlorophyll-a and DOC dynamic under distinct riverine discharges and tidal cycles regimes at the Paraíba do Sul River estuary, RJ, Brazil. **Journal of Coastal Research**, p. 724-730, 2006.

KÜTTER, Vinicius T. *et al.* Carbon, nitrogen, and phosphorus stoichiometry of plankton and the nutrient regime in Cabo Frio Bay, SE Brazil. **Environmental monitoring and assessment**, v. 186, n. 1, p. 559-573, 2014.

LACERDA, Luiz Drude de; MARINS, Rozane Valente. Produção científica da área da Química no desenvolvimento da oceanografia no Brasil. **Química Nova**, v. 33, p. 1005-1013, 2010.

LELES, Suzana G. *et al.* A Lagrangian study of plankton trophodynamics over a diel cycle in a eutrophic estuary under upwelling influence. **Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom**, v. 98, n. 7, p. 1547-1558, 2018.

LEFÈVRE, Nathalie *et al.* A source of CO₂ to the atmosphere throughout the year in the Maranhense continental shelf (2° 30'S, Brazil). **Continental Shelf Research**, v. 141, p. 38-50, 2017.

LIMA, Camila Rodrigues *et al.* Chemotaxonomy-based mapping of phytoplankton communities in the subtropical Southwestern Atlantic Ocean, with emphasis on the marine cyanobacterium *Trichodesmium*. **Progress in Oceanography**, v. 172, p. 77-88, 2019.

LUCA, A. Deluca *et al.* Environmental impact on coastal waters off Rio de Janeiro due to sewage discharge via submarine outfall. **Chemistry and Ecology**, v. 6, n. 1-4, p. 19-39, 1992.

LUCAS-DOMINGUEZ, Rut *et al.* The sharing of research data facing the COVID-19 pandemic. **Scientometrics**, v. 126, n. 6, p. 4975-4990, 2021.

MACHADO, R. C. A *et al.* Spatial and seasonal variation of the phytoplankton community structure in a reef ecosystem in North-eastern Brazil. **Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom**, v. 98, n. 3, p. 557-566, 2018.

MAGALHÃES, E. M. M.; KOENING, M. L.; NOGUEIRA, E. M. S. Variação sazonal e espacial de algas cianofíceas no complexo Estaurino-Lagunar Mundaú/Manguaba, Alagoas-Brasil. **Arquivos de Ciências do Mar**, v. 37, p. 77-84, 2004.

MAGLIOCCA, Argeo; MIRANDA, Luiz Bruner de; PINHEIRO, Eduardo Antonio. Variação sazonal de oxigênio dissolvido, temperatura e salinidade na costa sul brasileira (28°-35°S; 48°-54°W). **Boletim do Instituto Oceanográfico**, v. 31, p. 01-09, 1982.

MANZOLLI, R. P.; PORTZ, L.; PAIVA, M. Oceanografia Química. In: CALAZANS, D. (Orgs.). **Estudos Oceanográficos: do instrumental ao prático**. Pelotas: Textos, cap.6, p. 130-155, 2011.

MARTIN, Carol L. *et al.* systematic quantitative review of coastal and marine cultural ecosystem services: current status and future research. **Marine Policy**, v. 74, p. 25-32, 2016.

MARTINS, Cintia D. L. *et al.* The impact of coastal urbanization on the structure of phytobenthic communities in southern Brazil. **Marine Pollution Bulletin**, v. 64, n. 4, p. 772-778, 2012.

MATOS, Jislene B. *et al.* Structure and temporal variation of the phytoplankton of a macrotidal beach from the Amazon coastal zone. **Anais da Academia Brasileira de Ciências**, v. 88, n. 3, p. 1325-1339, 2016.

MATHER, Rhiannon L. *et al.* Phosphorus cycling in the North and South Atlantic Ocean subtropical gyres. **Nature Geoscience**, v. 1, n. 7, p. 439-443, 2008.

MEC. Ministério da Educação. **Cursos e Instituições**. Disponível em: <<http://portal.mec.gov.br/pec-g/cursos-e-instituicoes>>. Acesso em: 01 de abr. de 2022.

MEDEIROS, Paulo Ricardo Petter *et al.* Aporte fluvial e dispersão de matéria particulada em suspensão na zona costeira do rio São Francisco (SE/AL). **Geochimica Brasiliensis**, v. 21, n. 2, p. 212-231, 2017.

MELO, Edmara Ramos *et al.* Nutrients Load Estimation in a Regulated Streamflow Estuary: The São Francisco Estuary (NE/Brazil). **Revista Brasileira de Meteorologia**, v. 35, p. 803-811, 2020.

MELO, Sérgio; BOZELLI, Reinaldo Luiz; ESTEVES, Francisco de Assis. Temporal and spatial fluctuations of phytoplankton in a tropical coastal lagoon, southeast Brazil. **Brazilian Journal of Biology**, v. 67, p. 475-483, 2007.

METZLER, Patricia M. *et al.* New and regenerated production in the South Atlantic off Brazil. **Deep Sea Research Part I: Oceanographic Research Papers**, v. 44, n. 3, p. 363-384, 1997.

MILOSLAVICH, Patrícia *et al.* Marine biodiversity in the Atlantic and Pacific coasts of South America: knowledge and gaps. **PloS one**, v. 6, n. 1, p. e14631, 2011.

MIZERKOWSKI, Byanka Damian *et al.* Sources, loads and dispersion of dissolved inorganic nutrients in Paranaguá Bay. **Ocean Dynamics**, v. 62, n. 10, p. 1409-1424, 2012a.

MIZERKOWSKI, Byanka Damian *et al.* Environmental water quality assessment in Guaratuba bay, state of Paraná, southern Brazil. **Brazilian Journal of Oceanography**, v. 60, p. 109-115, 2012b.

MMA. Portaria MMA N° 461, de 13 de dezembro de 2018. Aprova a relação dos municípios abrangidos pela faixa terrestre da Zona Costeira brasileira. Brasília, DF: Diário Oficial da União (DOU), 17/12/2018. Disponível em: <http://www.in.gov.br/materia/-/asset_publisher/Kujrw0TZC2Mb/content/id/55445013/do1-

2018-12-17-portaria-n-461-de-13-de-dezembro-de-2018-55444930>. Acesso em fev. 2022

MONTEIRO, S. M.; EL-ROBRINI, M.; ALVES, I. C. C. Dinâmica sazonal de nutrientes em estuário Amazônico. **Mercator (Fortaleza)**, v. 14, n. 1, p. 151-162, 2015.

MONTES, M. J. F.; MACÊDO, S. J.; KOENING, M. L. N: Si: P atomic ratio in the Santa Cruz Channel, Itamaracá-PE (Northeast Brazil): a nyctemeral variation. **Brazilian Archives of Biology and Technology**, v. 45, n. 2, p. 115-124, 2002.

MONTES, M. J. F.; ZANARDI-LAMARDO, E.; YOGUI, G. T. Introdução à oceanografia química. In: VIANA, Danielle de Lima *et al.* **Ciências do Mar: dos oceanos do mundo ao Nordeste do Brasil**. Recife: Via Design Publicações. cap 2, p 65-67, 2021.

MOREIRA-GONZÁLEZ, Angel Ramón; BRUSTOLIN, Marco Colossi; MAFRA JUNIOR, Luiz Lauren. Composition and abundance of benthic microalgae from the Estuarine Complex of Paranaguá Bay (southern Brazil) with special emphasis on toxic species. **Ocean and Coastal Research**, v. 68, 2020.

MOSER, G. A.O.; GIANESELLA-GALVÃO, S. M.F. Biological and oceanographic upwelling indicators at Cabo Frio (RJ). **Revista Brasileira de Oceanografia**, v. 45, p. 11-23, 1997.

MOSER, G. A. O. *et al.* Algal growth potential as an indicator of eutrophication degree in coastal areas under sewage disposal influence. **Aquatic Ecosystem Health & Management**, v. 7, n. 1, p. 115-126, 2004.

MOSER, G. A. O. *et al.* The influence of surface low-salinity waters and cold subsurface water masses on picoplankton and ultraplankton distribution in the continental shelf off Rio de Janeiro, SE Brazil. **Continental Shelf Research**, v. 120, p. 82-95, 2016.

MOURÃO, Francianne Vieira *et al.* Dinâmica Sazonal de Nutrientes em Estuário Amazônico. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v. 14, n. 01, p. 372-381, 2020.

MUEHE, D.; GARCEZ, D. S. A plataforma continental brasileira e sua relação com a zona

costeira e a pesca. **Mercator-Revista de Geografia da UFC**, v. 4, n. 8, p. 69-88, 2005.

NASCIMENTO, Flávia Cristina Rocha *et al.* Disponibilidade Nutricional Da Bacia Do Pina e Rio Tejió (Recife- PE-Brasil) em Relação aos Nutrientes e Biomassa Primária (setembro/2000). **Tropical Oceanography**, v. 31, n.2, p. 149-169, 2003.

NEL, Ronel *et al.* The status of sandy beach science: Past trends, progress, and possible futures. **Estuarine, Coastal and Shelf Science**, v. 150, p. 1-10, 2014.

NICOLODI, J. L.; ZAMBONI, A.; BARROSO, G. F. Gestão integrada de bacias hidrográficas e zonas costeiras no Brasil: implicações para a Região Hidrográfica Amazônica. **Revista de Gestão Costeira Integrada-Journal of Integrated Coastal Zone Management**, v. 9, n. 2, p. 9-32, 2009.

NIENCHESKI, L. F.; BAUMGARTEN, M. G. Water quality in Mangueira Bay: anthropic and natural contamination. **Journal of Coastal Research**, n. 10047, p. 56-62, 2007.

NIENCHESKI, L. F. H. Propriedades Químicas da Água do Mar. In: CASTELLO, J. P.; KRUG, L. C. (Orgs.). **Introdução às ciências do mar**. Pelotas: Textos. cap 5, p. 140-153, 2015.

NIENCHESKI, L. F.; JAHNKE, R. A. Benthic respiration and inorganic nutrient fluxes in the estuarine region of Patos Lagoon (Brazil). **Aquatic Geochemistry**, v. 8, n. 3, p. 135-152, 2002.

NORDHAUS, Inga *et al.* Coastal systems in transition: From a 'natural' to an 'antropogenically-modified' state. **Estuarine, Coastal and Shel Science**. v. 211, p.1-5, 2018.

NORIEGA, Carlos Delgado *et al.* Distribuição espacial da biomassa fitoplanctônica e sua relação com os sais nutrientes, no sistema estuarino de Barra das Jangadas (Pernambuco–Brasil). **Arquivos de Ciências do Mar**, v. 38, p. 5-18, 2005a.

NORIEGA, Carlos Delgado *et al.* Fluxos de nutrientes inorgânicos dissolvidos em um estuário tropical – Barra das Jangadas – PE, Brasil. **Tropical Oceanography**. v. 33, n. 2, p. 133-145, 2005b.

NORIEGA, Carlos *et al.* Trophic dynamics (Dissolved Inorganic Nitrogen-DIN and Dissolved Inorganic Phosphorus-DIP) in tropical urban estuarine systems during periods of high and low river discharge rates. **Anais da Academia Brasileira de Ciências**, v. 91, 2019.

NUNES, Ilka Branco *et al.* Gestão de áreas costeiras e marinhas protegidas no Nordeste do Brasil. In: VIANA, Daniele de Lima *et al.* (Orgs). **Ciências do mar: dos oceanos do mundo ao Nordeste do Brasil**. Recife: Via Design Publicações. cap. 12, p. 298-325, 2021.

ODEBRECHT, Clarisse *et al.* Phytoplankton interannual variability at Cassino Beach, Southern Brazil (1992–2007), with emphasis on the surf zone diatom *Asterionellopsis glacialis*. **Estuaries and Coasts**, v. 33, n. 2, p. 570-583, 2010.

ODUM, E. P. **Fundamentos de Ecologia**. 6. ed. São Paulo: Fundação Calouste Gulbenkian, cap. 3, p. 55-129. 2004.

OLIVEIRA, Jorge Eduardo Lins *et al.* Ciências do Mar: origem, conceitos e fundamentos. In: VIANA, Danielle de Lima *et al.* **CIÊNCIAS DO MAR: dos oceanos do mundo ao Nordeste do Brasil**. 1. ed. Olinda, PE: Via Design Publicações, 2021. p. 22-51.

OMS. Organização Mundial da Saúde. **Coronavirus disease (COVID-19) pandemic**. Disponível em: <<https://www.who.int/emergencies/diseases/novel-coronavirus-2019>>. Acesso em: 15 de mar. de 2022.

ONU – Organização das Nações Unidas. 17 objetivos para transformar o mundo. Disponível em: <<https://nacoesunidas.org/wp-content/uploads/2015/10/agenda2030-pt-br.pdf>>. Acesso em: 05 ago. 2020.

OTSUKA, Amanda Yumi *et al.* Condições ambientais do estuário do rio Botafogo (Itamaracá-Pernambuco-Brasil): clorofila a e algumas variáveis ambientais. **Tropical Oceanography**, v. 42, n. 3, p. 111-127, 2014.

OVALLE, A. R. C. *et al.* Biogeochemical characteristics of coastal waters adjacent to small

river–mangrove systems, East Brazil. **Geo-Marine Letters**, v. 19, n. 3, p. 179-185, 1999.

PAERL, H. W. Controlling eutrophication along the freshwater–marine continuum: dual nutrient (N and P) reductions are essential. **Estuaries and Coasts**, v. 32, n. 4, p. 593-601, 2009.

PAMPLONA, F. C.; PAES, E. T.; NEPOMUCENO, A. Nutrient fluctuations in the Quatipuru river: A macrotidal estuarine mangrove system in the Brazilian Amazonian basin. **Estuarine, Coastal and Shelf Science**, v. 133, p. 273-284, 2013.

PASSAVANTE, J. Z. de O.; KOENING, M. L. Estudo ecológico da região de Itamaracá, Pernambuco – Brasil. Xxvi. Clorofila a e material em suspensão no estuário do rio Botafogo. **Trab. Oceanogr. Univ. Fed. PE.**, Recife, v. 18, p. 207-230, 1984.

PEDROSA, Paulo *et al.* Hidroquímica de massas d'água oceânicas em regiões da margem continental Brasileira, Bacia de Campos, Estado do Rio de Janeiro, Brasil. **Geochimica Brasiliensis**, v. 20, n. 1, 2006.

PERASSOLI, F.; GHISOLFI, R. D.; LEMOS, A. T. Spatial distribution of nutrients associated with water masses in the Tubarão Bight (20° S–22° S), Brazil. **Journal of Marine Systems**, v. 212, p. 103425, 2020.

PEREIRA-FILHO, J. *et al.* Intratidal variation and net transport of dissolved inorganic nutrients, POC and chlorophyll a in the Camboriú River estuary, Brazil. **Estuarine, Coastal and Shelf Science**, v. 53, n. 2, p. 249-257, 2001.

PEREIRA-FILHO, J; SPILLERE, L. C.; SCHETTINI, C. A. F. Dinâmica de nutrientes na região portuária do estuário do Rio Itajaí-Açu, SC. **Atlântica, Rio Grande**, v. 25, n. 1, p. 11-20, 2003.

PEREIRA, Luci Cajueiro Carneiro *et al.* A. Influence of a drought event on hydrological characteristics of a small estuary on the amazon mangrove coast. **Estuaries and coasts**, v. 41, n. 3, p. 676-689, 2018.

PEREIRA, Luci Cajueiro Carneiro *et al.* Seasonal effects of wastewater to the water quality of

the Caeté river estuary, Brazilian Amazon. **Anais da Academia Brasileira de Ciências**, v. 82, n. 2, p. 467-478, 2010.

PEREIRA, Luci Cajueiro Carneiro *et al.* Seasonal changes in oceanographic processes at an equatorial macrotidal beach in northern Brazil. **Continental Shelf Research**, v. 43, p. 95-106, 2012.

PEREIRA, Luci Cajueiro Carneiro *et al.* Effect of coastline properties and wastewater on plankton composition and distribution in a stressed environment on the north coast of Olinda-PE (Brazil). **Brazilian Archives of Biology and Technology**, v. 48, n. 6, p. 1013-1026, 2005.

PENNINCK, Silvana B. *et al.* Thin layers in the coastal zone of Ubatuba, Brazil: Mechanisms of formation and dissipation. **Limnology and Oceanography**, v. 66, n. 2, p. 558-574, 2021.

PINTO-COELHO, Ricardo Motta. **Fundamentos em ecologia**. Artmed Editora, 2009.

POVINEC, P. P. *et al.* Isotopic, trace element and nutrient characterization of coastal waters from Ubatuba inner shelf area, south-eastern Brazil. **Estuarine, Coastal and Shelf Science**, v. 76, n. 3, p. 522-542, 2008.

PRASTKA, K.; SANDERS, R.; JICKELLS, T. Has the role of estuaries as sources or sinks of dissolved inorganic phosphorus changed over time? Results of a Kd study. **Marine Pollution Bulletin**, v. 36, n. 9, p. 718-728, 1998.

RABALAIS, Nancy N. *et al.* Global change and eutrophication of coastal waters. **ICES Journal of Marine Science**. v. 66, n. 7, p. 1528–1537, 2009.

REZENDE, Carlos E. *et al.*, 2006. Hidroquímica. In: VALENTIN, J.L. (Ed.) **Características hidrobiológicas da região central da Zona Econômica Exclusiva brasileira (Salvador, BA, ao Cabo de São Tomé, RJ)**. Brasília: Ideal Gráfica e Editora. p.31-60 (Série Documentos REVIZEE/SCORE Central).

REZENDE, N. G. A. M., 1994 **O fosfato de Olinda e os conflitos da mineração**. Recife:

CPRM. v. 3, p19 (Série Recursos Minerais). Disponível em: <http://www.cprm.gov.br/publique/media/geodiversidade/meiofisico_recife/rel11.pdf>. Acesso em 20 de mar. de 2021.

RIBEIRO, Catherine Gérikas *et al.* Pico and nanoplankton abundance and carbon stocks along the Brazilian Bight. **PeerJ**, v. 4, p. e2587, 2016.

RIBEIRO, K. T; LAURA, S. M. M.; MIYASHITA, L. K. **Estratégia integrada de monitoramento marinho costeiro: Programa Nacional de Monitoramento da Biodiversidade do ICMBio (MONITORA)** - subprograma Marinho e Costeiro. / - 1 ed - Brasília: ICMBio,. 97 pp.: il. Color. ISBN: 978-65-5024-011-0. 2019.

RODRIGUES, Raphael Paiva *et al.* Suspended matter and nutrient gradients of a small-scale river plume in Sepetiba Bay, SE-Brazil. **Brazilian Archives of Biology and Technology**, v. 52, p. 503-512, 2009.

RODRIGUES, E. I.; CUTRIM, M. V. J. Relações entre as variáveis físicas, químicas e fitoplanctônicas de três áreas estuarinas da costa Norte do Brasil-São José de Ribamar, Cedral e Cajapió, MA. **Arquivos de Ciências do Mar**, v. 43, n. 2, p. 45-54, 2010.

RODRÍGUEZ, Mauricio González *et al.* Brazilian coastal processes: wind, wave climate and sea level. In: **Brazilian Beach Systems**. Springer, Cham, 2016. p. 37-66.

SANTOS, Maria L. S. *et al.* Nutrient and phytoplankton biomass in the Amazon River shelf waters. **Anais da Academia Brasileira de Ciências**, v. 80, n. 4, p. 703-717, 2008.

SANTOS, Thays Thayanne Luz *et al.* Dissolved nutrient fluxes in macrotidal estuary in the Amazonian region, Brazil. **Tropical Oceanography**, v. 48, n. 1, p. 1-19, 2020.

SIDONE, Otávio José Guerci; HADDAD, Eduardo Amaral; MENA-CHALCO, Jesús Pascual. A ciência nas regiões brasileiras: evolução da produção e das redes de colaboração científica. **Transinformação**, v. 28, n. 1, p. 15-32, 2016.

SEVILLA, N. P. M.; LE BAIL, M. Latin American and caribbean regional perspective on ecosystem based management (EBM) of large marine ecosystems goods and services. **Environmental development**, v. 22, p. 9-17, 2017.

SIERRA-CORREA, P. C.; KINTZ, J. R. C. Ecosystem-based adaptation for improving coastal planning for sea-level rise: A systematic review for mangrove coasts. **Marine Policy**, v. 51, p. 385-393, 2015.

SIGNORIN, Morjana *et al.* Hidrodinâmica e nutrientes inorgânicos dissolvidos no estuário do Rio Perequê, SC. **Brazilian Journal of Aquatic Science and Technology**, v. 14, n. 2, p. 13-21, 2010.

SILVA, Maria Aparecida Macêdo *et al.* Dissolved inorganic nutrients and chlorophyll a in na estuary receiving sewage treatment plant effluents: Cachoeira River estuary (NE Brazil). **Environmental Monitoring and Assessment**, v. 185, p. 5387-5399, 2013.

SILVA, M. A. M.; SOUZA, M. F. L.; ABREU, P. C. Spatial And Temporalvariation of Dissolved Inorganic Nutrients, And Chlorophyll-a in a Tropical Estuary in Northeastern Brazil: Dynamics of Nutrient Removal. **Brazil Journal of Oceanography**, v. 63, n. 1, p. 1-15, 2015.

SILVA, Marcos Honorato da *et al.* Estrutura sazonal e espacial do microfitoplâncton no estuário tropical do rio Formoso, PE, Brasil. **Acta botanica brasílica**, v. 23, p. 355-368, 2009.

SMITH JUNIOR, W. O.; RUSSELL, G. J. Phytoplankton biomass and nutrient distributions in the Amazon River plume: environmental correlates. **Geo-Marine Letters**, v. 15, n. 3-4, p. 195-198, 1995.

SIMONASSI, José Carlos *et al.* Nutrient variations and coastal water quality of Santa Catarina Island, Brazil. **Biotemas**, v. 23, n. 1, p. 211-223, 2010.

SNOW, J. T. *et al.* Environmental controls on the biogeography of diazotrophy and *Trichodesmium* in the Atlantic Ocean. **Global Biogeochemical Cycles**, v. 29, n. 6, p. 865-884, 2015.

SOUZA JÚNIOR, Antônio Nivaldo de *et al.* Zooplankton Dynamics in a tropical Amazon estuary. **Journal of Coastal Research**, n. 65, p. 1230-1235, 2013.

SOUZA, Marcelo FL *et al.* Nutrient budgets and trophic state in a hypersaline coastal lagoon: Lagoa de Araruama, Brazil. **Estuarine, Coastal and Shelf Science**, v. 57, n. 5-6, p. 843-858, 2003.

SUZUKI, M. S.; OVALLE, A. R. C.; PEREIRA, E. A. Effects of sand bar openings on some limnological variables in a hypertrophic tropical coastal lagoon of Brazil. **Hydrobiologia**, v. 368, n. 1, p. 111-122, 1998.

SUZUKI, Marina Satika *et al.* Hidroquímica, carbono orgânico e nutrientes dissolvidos e particulados na Bacia de Campos. In: **Química Ambiental**. Campus, 2017. p. 65-94.

SUZUKI, Marina Satika *et al.* Sand bar opening in a coastal lagoon (Iquipari) in the northern region of Rio de Janeiro State: hydrological and hydrochemical changes. **Brazilian Journal of Biology**, v. 62, p. 51-62, 2002.

TEIXEIRA, Clovis. Preliminary studies of primary production in the Ubatuba region (Lat. 23°30'S-Long. 45°06'W), Brazil. **Boletim do Instituto Oceanográfico**, v. 22, p. 49-58, 1973.

TEIXEIRA, Clóvis. Produção primária e algumas considerações ecológicas da região de Ubatuba (Lat. 23°30'S-Long. 45°06'W), Brasil. **Boletim do Instituto Oceanográfico**, v. 28, p. 23-28, 1979.

TEUBNER JÚNIOR, F. T.; LIMA, A. T. M.; BARROSO, G. F. Emission rates of nitrogen and phosphorus in a tropical coastal river basin: a strategic management approach. **Environmental monitoring and assessment**. v. 190, n.12, p. 747. 2018.

TORRES, A. M.; EL-ROBRINI, M. Amapá. In: MUEHE, D. C. E. H. *et al.* Erosão e progradação do litoral brasileiro. **Brasília: Ministério do Meio Ambiente**. cap. 1, p. 11-40, 2006.

TRANKER, Viviane; FREIRE, Andrea; SCHRAMM, Mathias. Distribuição do fitoplâncton no entorno da reserva biológica marinha do Arvoredo. **Metodologias e Aprendizado**, v. 2, p. 9-13, 2019.

VALENTIN, J. L.; ANDRE, D. L.; JACOB, S. A. Hydrobiology in the Cabo Frio (Brazil) upwelling: two-dimensional structure and variability during a wind cycle. **Continental Shelf Research**, v. 7, n. 1, p. 77-88, 1987.

VALENTIN, J. L. Analyse des paramètres hydrobiologiques dans la remontée de Cabo Frio (Brésil). **Marine Biology**, v. 82, n. 3, p. 259-276, 1984.

VALENTIN, J. L.; MUELBERT, J. H. Ambientes Marinhos. In: CASTELLO, J. P.; KRUG, L. C. (Orgs.). **Introdução às ciências do mar**. Pelotas: Textos. cap 5, p. 140-153, 2015.

VAN DER LOEFF, M. R.; HELMERS, E.; KATTNER, G. Continuous transects of cadmium, copper, and aluminium in surface waters of the Atlantic Ocean, 50° N to 50° S: correspondence and contrast with nutrient-like behaviour. **Geochimica et cosmochimica acta**, v. 61, n. 1, p. 47-61, 1997.

VIANA, Tatiana V. *et al.* Massive Blooms of *Chattonella subsalsa* Biecheler (Raphidophyceae) in a Hypereutrophic, Tropical Estuary—Guanabara Bay, Brazil. **Frontiers in Marine Science**, v. 6, p. 85, 2019.

VIANA, Danielle de Lima *et al.* **CIÊNCIAS DO MAR: dos oceanos do mundo ao Nordeste do Brasil**. 1. ed. Olinda, PE: Via Design Publicações, 2021.

VICENTE, M. C. *et al.* Spatial–temporal distribution of dissolved inorganic nutrients in the hypersaline Araruama Lagoon, Rio de Janeiro, Brazil. **Regional Studies in Marine Science**, v. 44, p. 101787, 2021.

WÅHLSTRÖM, Iréne *et al.* Combined climate change and nutrient load impacts on future habitats and eutrophication indicators in a eutrophic coastal sea. **Limnology and**

Oceanography, v. 65, n. 9, p. 2170-2187, 2020.

WEBB, Eric A. *et al.* Molecular assessment of phosphorus and iron physiology in *Trichodesmium* populations from the western Central and western South Atlantic. **Limnology and oceanography**, v. 52, n. 5, p. 2221-2232, 2007.

WURTSBAUGH, Wayne A.; PAERL, Hans W.; DODDS, Walter K. Nutrients, eutrophication and harmful algal blooms along the freshwater to marine continuum. **Wiley Interdisciplinary Reviews: Water**, v. 6, n. 5, p. e1373, 2019.

XIE, Ruifang C.*et al.* The cadmium–phosphate relationship in the western South Atlantic—The importance of mode and intermediate waters on the global systematics. **Marine Chemistry**, v. 177, p. 110-123, 2015.

ANEXO I

ANEXO I

ESTADO	AUTOR	ANO DE PUBLICAÇÃO	TIPO DE PUBLICAÇÃO	QUALIS CAPES	SISTEMA ESTUDADO
Amapá e Pará	Demaster e Pope (1996)	1996	Artigo	A2	Plataforma
Amapá e Pará	Santos <i>et al.</i> (2008)	2008	Artigo	B1	Costeiro e Plataforma
Amapá e Pará	Gomes <i>et al.</i> (2018)	2018	Artigo	B5	Costeiro e Plataforma
Amapá, Pará, Maranhão, Piauí, Ceará, Rio Grande do Norte, Paraíba, Pernambuco, Alagoas, Sergipe e Bahia	Araújo <i>et al.</i> (2019)	2019	Artigo	A2	Costeiro e Plataforma
Amapá, Pará, Maranhão, Piauí, Ceará, Rio Grande do Norte, Paraíba, Pernambuco, Alagoas, Sergipe, Bahia, Espírito Santo e Rio de Janeiro	Webb <i>et al.</i> (2007)	2007	Artigo	A1	Costeiro e Plataforma
Pará	Monteiro <i>et al.</i> (2015)	2015	Artigo	B1	Estuarino
Pará	Pamplona <i>et al.</i> (2013)	2013	Artigo	A2	Estuarino
Pará	Pereira <i>et al.</i>	2018	Artigo	B1	Estuarino

(2018)

Pará	Smith Júnior <i>et al.</i> (1995)	1995	Artigo	A2	Plataforma
Pará	Souza Júnior <i>et al.</i> (2013)	2013	Artigo	B1	Estuarino
Pará	Pereira <i>et al.</i> (2012)	2012	Artigo	A2	Costeiro
Pará	Dittimar e Lara (2001)	2001	Artigo	A2	Estuarino
Pará	Eschrique <i>et al.</i> (2006)	2006	Artigo	B4	Costeiro e plataforma
Pará	Matos <i>et al.</i> (2016)	2016	Artigo	B1	Costeiro
Pará	Da Costa <i>et al.</i> (2013)	2013	Artigo	B1	Estuarino
Pará	Dos Santos <i>et al.</i> (2020)	2020	Artigo	B3	Estuarino
Pará	Mourão <i>et al.</i> (2020)	2020	Artigo	B2	Estuarino
Maranhão	Azevedo <i>et al.</i> (2008)	2008	Artigo	B1	Estuarino

Maranhão	Cutrim <i>et al.</i> (2019)	2019	Artigo	A2	Lagunar
Maranhão	Lefèvre <i>et al.</i> (2017)	2017	Artigo	A2	Costeiro e Plataforma
Maranhão	Rodrigues e Cutrim (2010)	2010	Artigo	B4	Estuarino
Maranhão	Carvalho <i>et al.</i> (2016)	2016	Artigo	B1	Plataforma
Maranhão	Cavalcanti <i>et al.</i> (2020)	2020	Artigo	A2	Estuarino
Maranhão, Piauí e Ceará	Carvalho <i>et al.</i> (2017)	2017	Artigo	A2	Plataforma
Ceará e Rio Grande do Norte	De Souza <i>et al.</i> (2013)	2013	Artigo	A2	Costeiro e Plataforma
Rio Grande do Norte	Oudot <i>et al.</i> (1998)	1998	Artigo	A1	Costeiro e Plataforma
Rio Grande do Norte	Feitosa e Bastos (2007)	2007	Artigo	B4	Costeiro
Rio Grande do Norte	Jales <i>et al.</i> (2015)	2015	Artigo	B1	Plataforma
Pernambuco	Assunção <i>et al.</i>	2016	Artigo	B1	Plataforma

	(2016)				
Pernambuco	Barradas <i>et al.</i> (2012)	2012	Artigo	B4	Costeiro
Pernambuco	Branco <i>et al.</i> (2002)	2002	Artigo	B4	Estuarino
Pernambuco	Cordeiro <i>at al.</i> (2014)	2014	Artigo	B4	Costeiro
Pernambuco	Cordeiro <i>et al.</i> (2018)	2018	Artigo	B1	Estuarino
Pernambuco	Da Silva <i>et al.</i> (2009)	2009	Artigo	B1	Estuarino
Pernambuco	De Melo <i>et al.</i> (2013)	2013	Artigo	B4	Costeiro
Pernambuco	Ferreira <i>et al.</i> (2010)	2010	Artigo	B1	Costeiro
Pernambuco	Figueiredo <i>et al.</i> (2006)	2006	Artigo	B4	Estuarino
Pernambuco	Grego <i>et al.</i> (2009)	2009	Artigo	B4	Estuarino
Pernambuco	Guenther <i>et al.</i> (2015)	2015	Artigo	A1	Estuarino

Pernambuco	Jales <i>et al.</i> (2012)	2012	Artigo	B4	Costeiro
Pernambuco	Bastos <i>et al.</i> (2011)	2011	Artigo	B4	Estuarino/Costeiro
Pernambuco	Koenig e Macêdo (1999)	1999	Artigo	B1	Costeiro e Plataforma
Pernambuco	Machado <i>et al.</i> (2017)	2018	Artigo	B1	Costeiro
Pernambuco	Montes <i>et al.</i> (2002)	2002	Artigo	B1	Costeiro
Pernambuco	Nascimento <i>et al.</i> (2003)	2003	Artigo	B4	Estuarino
Pernambuco	Noriega <i>et al.</i> (2005a)	2005	Artigo	B4	Estuarino
Pernambuco	Noriega <i>et al.</i> (2005b)	2005	Artigo	B4	Estuarino
Pernambuco	Otsuka <i>et al.</i> (2013)	2013	Artigo	B4	Estuarino
Pernambuco	Pereira <i>et al.</i> (2005)	2005	Artigo	B1	Costeiro
Pernambuco	Basílio-Dantas	2019	Artigo	-	Oceano aberto

et al. (2019)

Pernambuco	Da Silva <i>et al.</i> (2019)	2019	Artigo	-	Costeiro
Alagoas e Rio de Janeiro	Cotovicz Junior <i>et al.</i> (2013)	2013	Artigo	A2	Estuarino
Alagoas	Melo-Magalhães <i>et al.</i> (2004)	2004	Artigo	B4	Estuarino-Lagunar
Alagoas	Melo <i>et al.</i> (2020)	2020	Artigo	A2	Estuarino
Bahia	Barboza <i>et al.</i> (2013)	2013	Artigo	B1	Estuarino e costeiro
Bahia	Bruce <i>et al.</i> (2012)	2012	Artigo	A1	Costeiro
Bahia	Costa Júnior <i>et al.</i> (2006)	2006	Artigo	A2	Costeiro e Plataforma
Bahia	Costa Júnior (2007)	2007	Artigo	B1	Costeiro e Plataforma
Bahia	Eça <i>et al.</i> (2014)	2014	Artigo	B1	Costeiro
Bahia	De Souza (2009)	2009	Artigo	B4	Estuário
Bahia	Silva <i>et al.</i> (2015)	2015	Artigo	B1	Estuário

Bahia	Silva <i>et al.</i> (2013)	2013	Artigo	A2	Estuário
Bahia e Espírito Santo	Ovalle <i>et al.</i> (1999)	1999	Artigo	A2	Costeiro
Bahia, Espírito Santo e Rio de Janeiro	Gaeta <i>et al.</i> (1999)	1999	Artigo	-	Costeiro e Plataforma
Bahia, Espírito Santo e Rio de Janeiro	Andrade <i>et al.</i> (2004)	2004	Artigo	A2	Costeiro e Plataforma
Bahia, Espírito Santo e Rio de Janeiro	Rezende <i>et al.</i> (2006)	2006	Livro	-	Costeiro e Plataforma
Espírito Santo	Figueiredo <i>et al.</i> (2016)	2016	Artigo	B4	Costeiro e Plataforma
Espírito Santo	Costa <i>et al.</i> (2014)	2014	Artigo	B1	Costeiro
Espírito Santo	Perassoli <i>et al.</i> (2020)	2020	Artigo	A2	Costeiro e Plataforma
Espírito Santo, Rio de Janeiro, São Paulo, Paraná, Santa Catarina e Rio Grande do Sul	Ribeiro <i>et al.</i> (2016)	2016	Artigo	B1	Costeiro e Plataforma
Rio de Janeiro	Araujo <i>et al.</i> (2017)	2017	Artigo	A1	Estuarino

Rio de Janeiro	Barrera-Alba (2019)	2019	Artigo	A2	Costeiro
Rio de Janeiro	Bonecker <i>et al.</i> (2019)	2019	Artigo	B1	Plataforma
Rio de Janeiro	Branco <i>et al.</i> (2007)	2007	Artigo	B1	Lagunar
Rio de Janeiro	Castelar <i>et al.</i> (2014)	2014	Artigo	A1	Costeiro
Rio de Janeiro	Cerda <i>et al.</i> (2013)	2013	Artigo	A1	Lagunar
Rio de Janeiro	Chagas e Suzuki (2005)	2005	Artigo	B1	Laguna
Rio de Janeiro	Cotovicz Júnior <i>et al.</i> (2015)	2015	Artigo	B1	Estuarino
Rio de Janeiro	Fernandes <i>et al.</i> (2017)	2017	Artigo	A1	Costeiro
Rio de Janeiro	Godoy <i>et al.</i> (2013)	2013	Artigo	A1	Costeiro
Rio de Janeiro	Gonzalez- Rodriguez e Maestrini (1984)	1984	Artigo	A2	Costeiro

Rio de Janeiro	Gregoracci <i>et al.</i> (2012)	2012	Artigo	A1	Estuarino
Rio de Janeiro	Gregoracci <i>et al.</i> (2015)	2015	Artigo	A1	Costeiro
Rio de Janeiro	Guenther <i>et al.</i> (2008)	2008	Artigo	A1	Costeiro
Rio de Janeiro	Guimaraens e Coutinho (2000)	2000	Artigo	A2	Costeiro
Rio de Janeiro	Kjerfve <i>et al.</i> (1997)	1997	Artigo	A2	Estuarino
Rio de Janeiro	Kozlowsky- Suzuki e Bozelli (2004)	2004	Artigo	A2	Laguna
Rio de Janeiro	Kruger <i>et al.</i> (2006)	2006	Artigo	B1	Estuarino
Rio de Janeiro	Kutter <i>et al.</i> (2014)	2014	Artigo	A2	Costeiro
Rio de Janeiro	Leles <i>et al.</i> (2018)	2018	Artigo	B1	Estuarino
Rio de Janeiro	Melo <i>et al.</i> (2007)	2007	Artigo	B1	Laguna

Rio de Janeiro	Oliveira <i>et al.</i> (2012)	2012	Artigo	A2	Costeiro
Rio de Janeiro	Pedrosa <i>et al.</i> (2006)	2006	Artigo	B4	Costeiro e Plataforma
Rio de Janeiro	Rodrigues <i>et al.</i> (2009)	2009	Artigo	B1	Estuarino-Lagunar
Rio de Janeiro	Souza <i>et al.</i> (2003)	2003	Artigo	A2	Laguna
Rio de Janeiro	Suzuki <i>et al.</i> (2017)	2017	Livro	-	Costeiro e Plataforma
Rio de Janeiro	Suzuki <i>et al.</i> (1998)	1998	Artigo	A2	Laguna
Rio de Janeiro	Suzuki <i>et al.</i> (2002)	2002	Artigo	B1	Laguna
Rio de Janeiro	Valentin <i>et al.</i> (1987)	1987	Artigo	A2	Costeiro e Plataforma
Rio de Janeiro	Valentin (1984)	1984	Artigo	B1	Costeiro e Plataforma
Rio de Janeiro	De Luca <i>et al.</i> (1991)	1992	Artigo	B2	Costeiro
Rio de Janeiro	Da Silva <i>et al.</i>	1998	Boletim do Inst.	-	Costeiro

	(1988)		Ocean. Usp.		
Rio de Janeiro	Moser e Giancesella-Galvão (1997)	1997	Artigo	B1	Costeiro e Plataforma
Rio de Janeiro	Viana <i>et al.</i> (2019)	2019	Artigo	B5	Estuarino
Rio de Janeiro	Vicente <i>et al.</i> (2021)	2021	Artigo	B1	Estuarino
Rio de Janeiro e São Paulo	Moser <i>et al.</i> (2016)	2016	Artigo	A2	Costeiro e Plataforma
Rio de Janeiro, São Paulo, Paraná, Santa Catarina e Rio Grande do Sul	Detoni <i>et al.</i> (2016)	2016	Artigo	A1	Plataforma
Rio de Janeiro, São Paulo, Paraná, Santa Catarina e Rio Grande do Sul	Lima <i>et al.</i> (2019)	2019	Artigo	A1	Plataforma
São Paulo	Aidar <i>et al.</i> (1993)	1993	Boletim do Inst. Ocean. Usp.	-	Plataforma
São Paulo	Braga <i>et al.</i> (2000)	2000	Artigo	A1	Estuarino e costeiro
São Paulo	Braga e Chiozzini (2008)	2008	Boletim do Inst. Ocean. Usp.	-	Estuarino-Lagunar
São Paulo	Braga e e Muller	1998	Artigo	A2	Costeiro

(1998)

São Paulo	Braga <i>et al.</i> (2017)	2017	Artigo	B1	Costeiro
São Paulo	Braga (1999)	1999	Artigo	B1	Costeiro
São Paulo	Gianesella <i>et al.</i> (2005)	2005	Artigo	B1	Estuarino
São Paulo	Gianesella- Galvão <i>et al.</i> (1997)	1997	Boletim do Inst. Ocean. Usp.	-	Costeiro e Plataforma
São Paulo	Moser <i>et al.</i> (2004)	2004	Artigo	B1	Costeiro
São Paulo	Povinec <i>et al.</i> (2008)	2008	Artigo	A2	Costeiro
São Paulo	Teixeira (1979)	1979	Boletim do Inst. Ocean. Usp.	-	Costeiro
São Paulo	Teixeira (1973)	1973	Boletim do Inst. Ocean. Usp.	-	Costeiro
São Paulo	Gianesella e Saldanha-Corrêa (2003)	2003	Artigo	B1	Costeiro
São Paulo	Penninck <i>et al.</i>	2021	Artigo	A1	Costeiro e

	(2021)				Plataforma
São Paulo, Paraná e Santa Catarina	Brandini e Moraes (1986)	1986	Artigo	-	Costeiro e Plataforma
São Paulo, Paraná e Santa Catarina	Brandini (1988)	1988	Boletim do Inst. Ocean. Usp.	-	Costeiro e Plataforma
São Paulo, Paraná e Santa Catarina	Brandini (1990)	1990	Artigo	A2	Costeiro, plataforma e oceânico
São Paulo, Paraná, Santa catarina e Rio Grande do Sul	Metzler <i>et al.</i> (1997)	1997	Artigo	A1	Costeiro e Plataforma
São Paulo, Paraná, Santa catarina e Rio Grande do Sul	Bif e Yunes (2017)	2017	Artigo	A2	Plataforma
Paraná	Brandini <i>et al.</i> (2007)	2007	Artigo	B1	Plataforma
Paraná	Fernandes e Brandini (2004)	2004	Artigo	B1	Costeiro
Paraná	Mizerkowski <i>et al.</i> (2012a)	2012	Artigo	B1	Estuarino
Paraná	Mizerkowski <i>et al.</i> (2012b)	2012	Artigo	A2	Estuarino
Paraná	Moreira-	2020	Artigo	-	Estuarino

Gonzales *et al.*
(2020)

Paraná, Santa Catarina e Rio Grande do Sul	Gonçalves-Araujo <i>et al.</i> (2018)	2018	Artigo	A2	Plataforma
Santa Catarina	Fonseca <i>et al.</i> (2002)	2002	Artigo	B4	Lagunar
Santa Catarina	Barros <i>et al.</i> (2017)	2017	Artigo	B1	Lagunar
Santa Catarina	Bordin <i>et al.</i> (2019)	2019	Artigo	A2	Costeiro
Santa Catarina	Eichler <i>et al.</i> (2008)	2008	Artigo	A2	Costeiro e Plataforma
Santa Catarina	Fonseca e Braga (2006)	2006	Artigo	B1	Lagunar
Santa Catarina	Fontes <i>et al.</i> (2009)	2009	Artigo	A1	Lagunar
Santa Catarina	Fontes <i>et al.</i> (2006)	2006	Artigo	B1	Lagunar
Santa Catarina	Martins <i>et al.</i> (2012)	2012	Artigo	A1	Costeiro

Santa Catarina	Pereira-Filho <i>et al.</i> (2001)	2001	Artigo	A2	Estuarino
Santa Catarina	Pereira-Filho <i>et al.</i> (2003)	2003	Artigo	B4	Estuarino
Santa Catarina	Signorin <i>et al.</i> (2010)	2010	Artigo	B4	Estuarino
Santa Catarina	Fontes <i>et al.</i> (2018)	2018	Artigo	A2	Costeiro e Plataforma
Santa Catarina	Simonassi <i>et al.</i> (2010)	2010	Artigo	B4	Costeiro
Santa Catarina	Tranker <i>et al.</i> (2019)	2019	Artigo	-	Costeiro
Santa Catarina	Cabral <i>et al.</i> (2020)	2020	Artigo	A1	Costeiro
Santa Catarina e Rio Grande do Sul	Braga <i>et al.</i> (2008)	2008	Artigo	A2	Plataforma
Santa Catarina e Rio Grande do Sul	Garcia e Odebrecht (2008)	2008	Artigo	A2	Costeiro
Rio Grande do Sul	Abreu <i>et al.</i> (1995)	1995	Artigo	A2	Estuarino-Lagunar

Rio Grande do Sul	Abreu <i>et al.</i> (2010)	2010	Artigo	A1	Estuarino-Lagunar
Rio Grande do Sul	Ciotti <i>et al.</i> (1995)	1995	Artigo	A2	Costeiro e plataforma
Rio Grande do Sul	Barbosa <i>et al.</i> (2007)	2007	Artigo	B5	Estuarino-Lagunar
Rio Grande do Sul	Haraguchi <i>et al.</i> (2015)	2015	Artigo	A2	Estuarino-Lagunar
Rio Grande do Sul	Niencheski e Baumgarten (2007)	2007	Artigo	B1	Estuarino-Lagunar
Rio Grande do Sul	Niencheski e Jahnke <i>et al.</i> (2002)	2002	Artigo	B2	Estuarino-Lagunar
Rio Grande do Sul	Odebrecht <i>et al.</i> (2010)	2010	Artigo	A1	Costeiro
Rio Grande do Sul	Baumgarten <i>et al.</i> (2005)	2005	Artigo	B4	Estuarino-Lagunar
Rio Grande do Sul	Araujo <i>et al.</i> (2017)	2017	Artigo	A1	Plataforma e oceano aberto
Rio Grande do Sul	Brandini <i>et al.</i>	2000	Artigo	A1	Costeiro e

	(2000)				Plataforma
Rio Grande do Sul	Baumgarten e Niencheski (2010)	2010	Artigo	B4	Estuarino
Rio Grande do Sul	Magliocca <i>et al.</i> (1982)	1982	Boletim do Inst. Ocean. Usp.	-	Costeiro e Plataforma
Rio Grande do Sul	Detoni <i>et al.</i> (2016)	2016	Artigo	A2	Plataforma
Rio Grande do Sul	Berden <i>et al.</i> (2020)	2020	Artigo	A1	Plataforma e talude
Quebra da plataforma de Abrolhos, Bacia de Campos, nordeste da região oceânica brasileira	Alves júnior <i>et al.</i> (2015)	2015	Artigo	B1	Plataforma
Oceano aberto	Cutter e Measures (1999)	1999	Artigo	A2	Plataforma
Oceano aberto	Mather <i>et al.</i> (2008)	2008	Artigo	A1	Oceano aberto
Oceano aberto	Xie <i>et al.</i> (2015)	2015	Artigo	A1	Oceano aberto
Oceano aberto	Forde <i>et al.</i> (1994)	1994	NOAA	-	Costeiro e Plataforma
Oceano aberto	Loef <i>et al.</i>	1997	Artigo	A1	Oceano aberto

	(1997)				
Oceano aberto	Snow <i>et al.</i> (2015)	2015	Artigo	A1	Oceano aberto
Oceano aberto	Armengol <i>et al.</i> (2019)	2019	Artigo	A1	Oceano aberto

-: Sem dados, de acordo com pesquisa realizada em <https://sucupira.capes.gov.br/sucupira/public/index.xhtml>
 Boletim do Inst. Ocean. Usp.: Boletim do Instituto Oceanográfico da Universidade de São Paulo.
 NOAA: National Oceanic and Atmospheric Administration