

## **Gerenciamento Costeiro e Serviço Ecosistêmico de Qualidade das Águas das Ilhas de Tinharé e Boipeba, Cairu, Bahia (Brasil)**

Manuel Vitor Portugal Gonçalves<sup>1</sup>

Rodrigo Alves Santos<sup>2</sup>

Débora Carol Luz Porciúncula<sup>3</sup>

Iracema Reimão Silva<sup>4</sup>

### **RESUMO**

Esta pesquisa pretendeu caracterizar a qualidade das águas como serviço ecossistêmico nas ilhas de Tinharé e Boipeba, no município de Cairu, Litoral Sul da Bahia, Brasil. Foram tomadas medidas *in situ* de variáveis físico-químicas de águas superficiais (temperatura, pH, OD, salinidade), por sonda multiparâmetros, e alíquotas para as análises microbiológicas (NMP). Foi realizado, adicionalmente, um modelamento geoquímico (índice de saturação e razões geoquímicas) dos dados físico-químicos secundários das águas subterrâneas. As análises físico-químicas e microbiológicas indicaram haver, localmente, perda de qualidade e desafios ao saneamento ambiental, o que exige consulta à comunidade para a elaboração de soluções técnicas compatíveis com os usos múltiplos da água. Caberia uma maior atenção, e intervenções, pelos responsáveis pelo saneamento ambiental e usos do solo. Caberia, igualmente, que o gerenciamento dos aquíferos costeiros das ilhas de Tinharé-Boipeba acolha o monitoramento do risco de salinização da água pela intrusão marinha. Esta pesquisa apontou a relevância dos usos culturais da natureza, gerenciamento costeiro integrado e para a compreensão da qualidade da água como um serviço ecossistêmico.

**Palavras-chave:** Gerenciamento Costeiro. Coliformes. Usos da natureza. Economia Ecológica.

### **1. INTRODUÇÃO**

A Zona Costeira brasileira comporta diversas formas de usos da natureza e representa uma das regiões de maior demanda para o turismo e ocupação urbana (ANDRADE; DOMINGUEZ, 2002). Esta relevância decorre da sua situação geográfica, biodiversidade, recursos diversos e serviços ecossistêmicos costeiros, basilares à recreação, alimentação, energia, transporte e outros usos da natureza. Entretanto, as formas de usos da natureza acompanham a produção de injustiças sociais, conflitos e a ameaças os ecossistemas costeiros e a dignidade humana.

<sup>1</sup> Pós-doutorado do Mestrado em Planejamento Ambiental da Universidade Católica do Salvador (UCSAL), UCSAL, e-mail: hidrovitor81@gmail.com.

<sup>2</sup> Doutor em Geologia, Universidade Federal da Bahia (UFBA), e-mail: rodrigo.hidro@gmail.com.

<sup>3</sup> Docente do Mestrado em Planejamento Ambiental da UCSAL, e-mail: deboraclp5@gmail.com.

<sup>4</sup> Doutora em Geologia, Pós-Graduação em Geologia da UFBA, e-mail: iracemars@yahoo.com.br.

Um modelo de gerenciamento costeiro integrado não prescinde das dimensões espaço-temporais da sociedade que anseia o desenvolvimento humano, passível de ser expresso nas sutilezas de uma política de ampliação dos espaços emancipatórios e de cidadania e na solidariedade e ética ambiental. Alencar (2017) compreende desenvolvimento humano, muito além da noção de indicador de qualidade de vida, como processo histórico em que a sociedade enfrenta problemas, que ela mesmo propõe, em torno de condições efetivas e potenciais do seu existir.

No Litoral Sul do Estado da Bahia, o turismo de massa constitui a principal atividade econômica e fonte de renda (SILVA et al., 2007), embora seja a mais expressiva atividade degradadora dos ecossistemas e da paisagem costeira, e da paisagem e ameaça para os usos tradicionais da natureza e à dignidade humana. Os impactos socioambientais do turismo foram potencializados a partir do Programa de Desenvolvimento do Turismo no Nordeste, iniciado no ano de 1992 (PRODETUR NE I e II). Neste contexto, foi criada a Área de Proteção Ambiental Tinharé-Boipeba (APA) (Figura 1), pelo Decreto Estadual nº. 1.240/92, no município de Cairu, Bahia, para a proteção dos ecossistemas, e seus serviços, da ação do turismo de massa.

Pelegri (2009), Gonçalves (2010), Alencar (2011) e Elliff e Kikuchi (2017) apontam o turismo, indústria do petróleo e sobrepesca como as principais atividades causadoras de conflitos e impactos negativos aos ecossistemas costeiros na APA Tinharé-Boipeba. Os impactos decorrentes destas atividades podem promover a perda de biodiversidade, problemas de saneamento ambiental, ameaças à saúde humana e aos usos da natureza na APA (FILGUEIRAS, 2016; PAIXÃO et al., 2016).

Na APA Tinharé-Boipeba, tem-se que a degradação dos ecossistemas marinhos, costeiros e terrestres acompanha a produção das injustiças sociais, os usos do solo e ameaças a dignidade humana (SILVA et al., 2007; ALENCAR, 2011). Esta dinâmica revela ameaças a biodiversidade e fornecimento de bens e serviços ecossistêmicos, como o acesso à água potável. Os serviços ecossistêmicos são basilares ao gerenciamento costeiro integrado (GCI), devendo ser bem entendidos, em especial se as informações ambientais forem insuficientes (FIDELMAN, 2001).

O GCI na APA Tinharé-Boipeba, se pautado na perspectiva da economia ecológica, poderia alavancar ganhos socioambientais, desde que não ultrapasse a capacidade de carga dos ecossistemas, e distribuísse com justiça os serviços

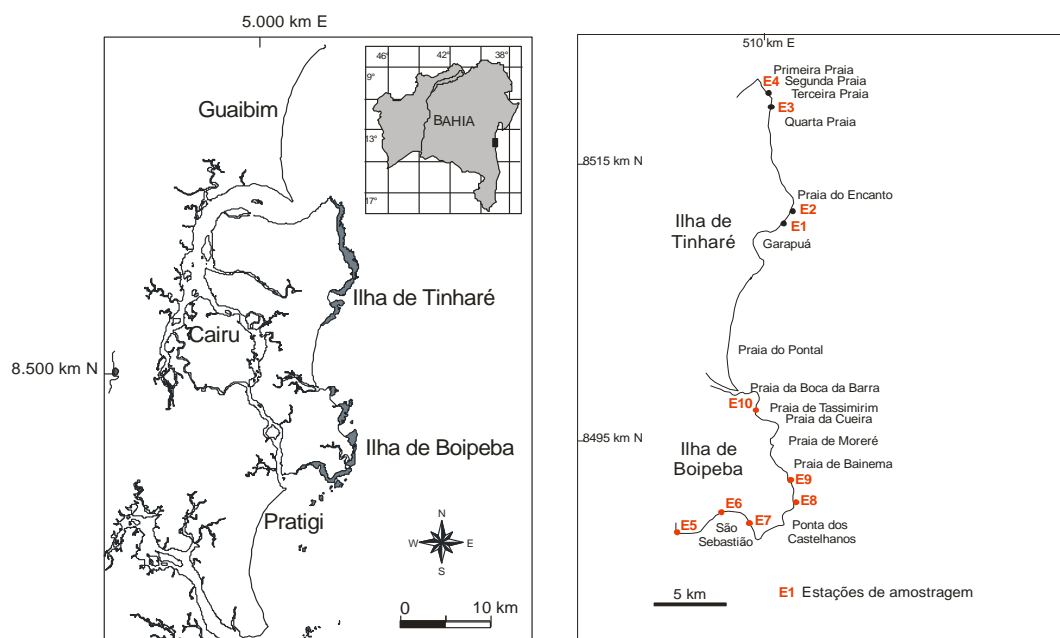
ecossistêmicos para o bem-estar humano. A economia ecológica deve considerar o tamanho da produção em relação ao ecossistema, a criação de direitos para os bens comuns, os limiares ecológicos e as externalidades (DALY; FARLEY, 2004). Neste âmbito, esta pesquisa almejou caracterizar a qualidade das águas como serviço ecossistêmico nas ilhas de Tinharé e Boipeba, Cairu, Litoral Sul da Bahia, Brasil.

## 2. MATERIAIS E MÉTODOS

### 2.1 Área de Estudo

Esta pesquisa foi desenvolvida nas ilhas Tinharé e Boipeba, pertencentes ao município de Cairu, no Litoral Sul da Bahia, Brasil (Figura 1). O município de Cairu possui uma área de 448,818 km<sup>2</sup> e uma população de 15.374 habitantes distribuída entre os distritos de Cairu, Galeão, Gamboa e de Velha Boipeba (IBGE, 2010).

Figura 1 - Mapa de localização das ilhas de Tinharé e Boipeba (recifes pétreos em cinza)



Fonte: Elaboração própria.

Cairu apresentou em 2010, com base no censo demográfico do IBGE (2010), um Produto Interno Bruto (PIB) de 1.397.356 mil reais, 44,8% dos domicílios com esgotamento sanitário adequado, Índice de Desenvolvimento Humano Municipal

(IDHM) de 0,627 e população de 15.374 habitantes nos distritos de Cairu, Galeão, Gamboa e de Velha Boipeba. Este município se situa na posição 71<sup>o</sup> em relação aos 417 municípios da Bahia quanto ao IDHM, e ocupa as posições 324<sup>o</sup> quanto a variável trabalho e renda, 17<sup>o</sup> (PIB), 22<sup>o</sup> (educação) e 114<sup>o</sup> (esgotamento sanitário).

As ilhas Tinharé e Boipeba têm uma área de 43.000 hectares, clima quente e úmido, tropical costeiro, nas faixas Aw e Af, da classificação de Köppen (1948). A temperatura média anual é de 24,6°C, máximas de 31,2 °C (março) a 27,6 °C (julho), mínimas de 24,4 °C (março) a 19,4 °C (agosto), pluviometria de 2.118,7 mm, com chuvas mais intensas de março a agosto e umidade relativa de 80-90% (SEI, 2014).

Na geologia local, os arenitos, carbonatos e folhelhos cenozóicas ou mesozóicos da Bacia de Camamu depositam-se sobre o embasamento gnáissico (BARBOSA e DOMINGUEZ, 1996). Destacam-se as Fm. Sergi e Fm. Aliança, o Grupo Brotas (Jurássico/Mesozóico), Taipus e Algodões (Cretáceo) e os Depósitos Quaternários (terraços marinhos, de recifes, depósitos de mangue e áreas úmidas).

As unidades aquíferas hospedadas nos terraços marinhos pleistocênicos e holocênicos, nos arenitos da Fm. Sergi e nos carbonatos da Fm. Algodões têm potencialidade hidrogeológica alta a muito alta (BRASIL, 1995). A Bacia de Camamu possui hospeda minérios não-energéticos (barita), óleo e gás nos folhelhos da Fm. Sergi, e as falésias de arenitos ou carbonatos, enseadas e promontórios rochosos, as praias de boço integram a geodiversidade e atrativos paisagísticos ao turismo.

Estas ilhas possuem fitofisionomias diversas, Mata Atlântica, praias, restinga associadas aos terraços marinhos quaternários, áreas úmidas, bosques de mangue e à vegetação descaracterizada. Os remanescentes de Mata Atlântica, em diferentes estágios de conservação, ocorrem bordejadas pelos recifes de corais pétreos e algas coralinas e bosques de mangue, os quais se destacam no distrito de Garapuí (norte de Tinharé) e na ilha de Boipeba, e relacionados especialmente ao rio Catu.

## **2.2 Materiais e Métodos - Águas Superficiais**

A caracterização das águas superficiais foi realizada a partir de uma rede de 10 estações amostrais das ilhas de Tinharé e Boipeba (Figura 1). Em cada estação, posicionada com auxílio de um GPS (*Global Positioning System*), foram mensuradas

*in situ* as variáveis físico-químicas (pH, salinidade, temperatura e oxigênio dissolvido-OD), por sonda multiparâmetros, e tomado amostras de água superficial na linha de costa, na baixa-mar, na ilha de Tinharé, para as análises de coliformes. Foram usados coletores plásticos estéreis, postos contra a corrente, com tiosulfato de sódio, refrigeradas em caixa de isopor com gelo, que seguiram para o Laboratório de Estudos em Meio Ambiente (LEMA), da Universidade Católica do Salvador (UCSAL), para as análises de microbiológicas de acordo com a APHA (1999).

Aplicou-se a quantificação do número mais provável (NMP) em 100 mL, sendo empregado o caldo *Lauril Sulfato Triptose* (LST, *Acumedia*) no teste presuntivo (incubação a 35 °C/48 h) e caldo *Lactosado Bile Verde Brilhante* (LBVB, *Acumedia*) no teste confirmatório de coliformes totais (incubação a 35 °C/48 h). Também, o caldo *Escherichia coli* (EC, *Acumedia*) para os coliformes termotolerantes (incubação a 44,5 °C/24 h em banho-maria).

A caracterização da balneabilidade contou com os dados do monitoramento da qualidade das praias disponíveis pelo Instituto do Meio Ambiente e Recursos Hídricos (INEMA), de acordo com a Resolução n°. 274/2000 (CONAMA, 2000), para 164 amostras de águas salinas (Classe 1) coletadas em 5 estações de Morro de São Paulo e Gamboa, distrito de Gamboa, em Tinharé (25.07.2016 a 14.06.19.2019).

### **2.3 Materiais e Métodos - Águas Subterrânea**

A caracterização da qualidade das águas subterrâneas foi realizada a partir de dados hidroquímicos secundários das ilhas de Tinharé-Boipeba disponíveis no cadastro de poços do Sistema de Informações de Águas Subterrâneas (SIAGAS), seção do Serviço Geológico do Brasil (CPRM), ou pelas investigações hidroquímicas da CPRM (1994), CPRM (1998) e Filgueiras (2016). A análise estatística abrangeu medidas de tendência central, dispersão e o teste de normalidade *Shapiro-Wilk*, com nível de significância de 95%. A utilização do *software* PHREEQC (PARKHURST; APPELO, 2013) permitiu o cálculo do índice de saturação (IS). Deutsch (1997) recomenda a admissão de valores do IS  $> 0 \pm 0,5$ , devido às incertezas do cálculo deste, ou da constante de equilíbrio do mineral dissolvido, ou das análises químicas.

### 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

#### 3.1 Usos do Solo e Saneamento Ambiental

A Tabela 1 apresenta uma síntese do saneamento ambiental das localidades de Gamboa, Garapuá, Moreré e São Sebastião, Cairu, Bahia, a partir dos dados do IBGE (2010). A cobertura do abastecimento de água pela Empresa Baiana de Águas e Saneamento S.A. (EMBASA) abrange as localidades de Gamboa, Garapuá, São Sebastião, entretanto existem desafios ao saneamento ambiental, que representa um risco de poluição das componentes ambientais e à saúde humana e animal. Tem-se que as abrangências da coleta e disposição dos resíduos sólidos foram similares nestes distritos, dominando a cobertura pelo serviço de limpeza municipal.

Na localidade de Garapuá, que contempla quase totalidade dos domicílios abastecida pela rede de água, não há esgotamento sanitário, de modo que 154 domicílios utilizam fossas rudimentares (Tabela 1). Em Moreré, de acordo com dados do IBGE (2010), não existe sistema de esgotamento sanitário, de modo que os domicílios utilizam fossas sépticas e a maioria não está ligada a rede de água, que obriga os moradores a utilizar fontes naturais locais no abastecimento.

Tabela 1 - Síntese do saneamento no município de Cairu (BA), a partir de dados do IBGE, 2010

Aspectos do Saneamento Ambiental	Gamboa*	Garapuá*	Moreré*	São Sebastião*	Morro de São Paulo*
<b>1 Abastecimento de Água</b>					
1.1 Rede Geral da EMBASA	810	156	4	202	1.425
1.2 Poço ou nascente (particular)	10	-	19	10	-
1.3 Outra (águas pluviais, carro-pipa, etc.)	38	5	46	8	133
<b>2 Esgotamento Sanitário</b>					
2.1 Rede Geral ou pluvial da EMBASA	6	-	-	3	1.503
2.2 Via Fossa Séptica	110	-	60	194	50
2.3 Fossa Rudimentar (negra, poço, buraco, etc.)	402	154	2	3	5
2.4 Via vala	8	-	-	-	-
2.5 Via lago, rio, mar	310	-	-	-	-
2.6 Outro escoadouro	22	7	1	20	-
<b>3 Coleta e Destinação do Lixo</b>					
3.1 Serviço de Limpeza	852	160	51	204	1.526
3.2 Caçamba de Serviço de Limpeza	5	-	16	-	-
3.3 Queimado na propriedade	1	1	1	16	2
3.4 Enterrado na propriedade	-	-	1	-	-
<b>4 Distrito</b>					
4.1 Número de Habitantes	2.736	587	254	729	4.501
4.2 Número de Domicílios	858	161	69	220	1.558

Fonte: Elaborado pelos autores. \* Representa unidade domiciliar (DU).

A localidade de Morro de São Paulo, com 1.558 habitantes, apresenta, desde 2002, um sistema de esgotamento sanitário, em que a rede geral ou pluvial da EMBASA abrange 96% dos domicílios e as fossas sépticas e rudimentar outros 4% (Tabela 1). Segundo o Plano de Manejo da APA Tinharé-Boipeba, e a pesquisa de campo, as residências nas margens dos rios nos distritos de Cairu, Galeão, São Sebastião e Velha Boipeba lançam esgotos *in natura* nos rios, estuários, ou no mar.

As estações amostrais foram definidas com base na disposição dos bosques de mangue em franja, que crescem sobre substratos diversos, associados as praias protegidas por recifes de corais pétreos ou algas coralinas (sistema mangue-recife). Na pesquisa de campo, destacaram-se, entre os aspectos e impactos ambientais, problemas quanto ao saneamento ambiental e a ocupação inapropriada da linha de costa, o fluxo de turistas e presença de barracas de alvenaria na face da praia, despejos de efluentes líquidos domésticos *in natura* (esgotos), a ação da erosão das correntes marinha e os resíduos sólidos (lixo). A presença de lixo polui os ambientes costeiros e marinhos, descaracteriza as paisagens, ocupando nas últimas décadas a agenda internacional de problemas ambientais (ARAÚJO; COSTA, 2003).

No município de Cairu, os vazadouros a céu aberto (lixões), ou disposição dos resíduos sólidos (lixo), encontram-se, de forma geral, em desacordo com a Lei 12.305/10, que estabelece a Política Nacional de Resíduos Sólidos. Este cenário aflige os distritos de Cairu, a julgar por Cairu, Gamboa (Morro de São Paulo) e Velha Boipeba (Moreré). A coleta, o transporte e a disposição final do lixo, que abrange garrafas pet, vidro, latas, papel e papelão, ainda é um desafio a Morro de São Paulo.

### **3.2 Classificação e Qualidade das Águas Superficiais**

A Tabela 2 permite a avaliação da qualidade das águas superficiais das ilhas Tinharé-Boipeba, classificadas na Classe 1 das águas salinas, de acordo com a Resolução 357/2005 do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA, 2005), com salinidade de 0,5 a 30 PSU, podendo ser usadas na recreação de contato primário, irrigação, para a proteção da biota aquáticas, aquicultura e pesca.

Os valores da temperatura das amostras variaram entre 27,7 e 31,6 °C e as medidas da salinidade oscilaram entre 36,6 e 37 PSU (Tabela 2), podendo ser relacionados a salinidade das águas costeiras de Garapuí. Estas características

físico-químicas também se reportam a influência do ar e da massa de Água Tropical, e da Corrente do Brasil, caracterizadas por apresentarem valores da salinidade superiores a 36,9 PSU e os valores da temperatura situados entre 22 e 28 °C.

As condições alcalinas das amostras foram atribuídas à influência das águas marinhas, em que os maiores valores do pH ocorreram na foz do rio Catu (E7-E8) e rio Bainema (E9), ou quais se mostram similares aos valores obtidos para as águas costeiras de Garapuí e de Barra dos Carvalhos, excetuando os estuários (Tabela 2). Os estuários são ecossistemas sensíveis às interações entre a água doce, a água salina, sedimentos e às oscilações diárias da maré (CHE, HE e LIN, 2003).

Tabela 2 - Medidas das variáveis físico-químicas de água superficial de estuários e áreas costeiras do Litoral Sul do Estado da Bahia, Brasil

Autor	Localização	pH	Temp. (°C)	Salinidade (PSU)	OD (mg.L <sup>-1</sup> )
Presente Estudo Santos (2002) Almeida (2000) Santana (2002) Gama (2003) Quaglia (1993) Gama (2003)	<b>APA Tinharé-Boipeba</b>	<b>7.20 - 8.20</b>	<b>27.70 - 31.60</b>	<b>36.60 - 37.00</b>	<b>1.10 - 6.20</b>
	Enseada de Garapuí, ilha de Tinharé	6.80 - 8.60	22.00 - 31.00	34.00 - 46.00	3.85 - 7.60
	Barra dos Carvalhos, ilha de Boipeba	7.64 - 7.77	<b>30.00 - 30.00</b>	18.00 - 20.00	5.15 - 6.24
	Barra dos Carvalhos, ilha de Boipeba	7.24 - 8.11	23.10 - 30.70	8.90 - 33.10	3.15 - 6.80
	Barra dos Carvalhos, ilha de Boipeba	5.70 - 8.11	23.00 - 28.20	23.30 - 33.90	4.82 - 8.30
	Canal de Taperoá, <b>Taperoá</b>	7.60 - 8.47	22.50 - 30.90	24.70 - 34.70	4.80 - 8.30
	Estuário de Taperoá, <b>Taperoá (Estuário)</b>	5.54 - 8.13	25.00 - 28.50	6.00 - 17.00	3.90 - 8.10
CONAMA 357/2005 (Águas Salobras)	Classe 1	6.50 - 8.50	-	0.50 - 30.00	> 6.00
CONAMA 357/2005 (Águas Salinas)	Classe 1	6.50 - 8.50	-	≥ 30.00	> 5.00

Fonte: Elaborado pelos autores.

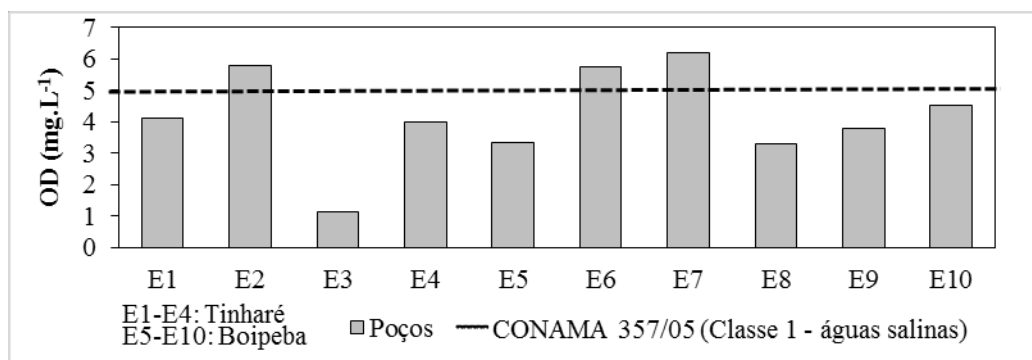
Os níveis do oxigênio dissolvido (OD) no presente estudo foram inferiores aos valores das águas estuarinas e costeiras de Garapuí, Barra dos Carvalhos, Canal de Taperoá, Rio Graciosa e dos rios Una, Pardo e Jequitinhonha (Tabela 2). Obteve-se o menor valor do OD na amostra da estação E3, na 4ª Praia, na localidade de Morro de São Paulo (Tinharé), cujas praias são atrativas ao turismo, desvelando problemas nos usos do solo e no saneamento ambiental. A qualidade das águas costeiras tem sido apontada em diversas pesquisas como o atributo mais relevante para a satisfação das pessoas quanto ao uso da praia (WILLIAMS; NELSON, 1997).

A Figura 2 demonstra haver teores de OD em conformidade com a Resolução do CONAMA nº. 357/05 (CONAMA, 2005) nas estações amostrais E2, E6 e E7, atribuído a influência das águas marinhas. Na pesquisa de campo, foi observado



pontos de esgotos despejados no mar na estação E6 (São Sebastião) (Boipeba), configurando uma falha no saneamento. A poluição representa um dos problemas mais estudados na maior parte das áreas costeiras no mundo, podendo causar impactos ambientais, atrelados a danos socioeconômicos (SOUZA; SILVA, 2015).

Figura 2 - Distribuição dos teores do oxigênio dissolvido (OD) nas águas superficiais nas estações amostrais localizadas nas ilhas de Tinharé e Boipeba, Bahia



Fonte: Elaborado pelos autores.

Na pesquisa de campo, foi verificado a presença de riachos de odor fétidos, próximo às piscinas nos recifes pétreos e algas coralinas, que são usadas pelos banhistas na baixa-mar nas estações E3 e E4 (Tinharé), e a pressão do turismo nas piscinas dos recifes pétreos em Moraré (Boipeba). Os serviços fornecidos por recifes concentram-se nas áreas preservadas, como em Garapuí e Velha Boipeba. Em que os bosques de mangue são mais conspícuos, e crescem, às vezes, sobre recifes.

Os valores do OD e dos coliformes termotolerantes das amostras sugeriram haver problemas higiênicos-sanitário e condições impróprias de balneabilidade nas 3ª e 4ª Praias de Morro (E3-E4) de Morro de São Paulo (Tabela 3). Os coliformes termotolerantes, em especial a *E. coli*, indicam contaminação da água por material fecal humano recente ou de outros endotérmicos, e a provável presença de bactérias patogênicas, vírus entéricos e outros (AMARAL et al., 2005). Este cenário se mostra em desacordo com a Lei 12.305/10, ou em relação a Lei nº 11.445/2007, e aponta para a necessidade de melhoras no uso do solo e saneamento ambiental.

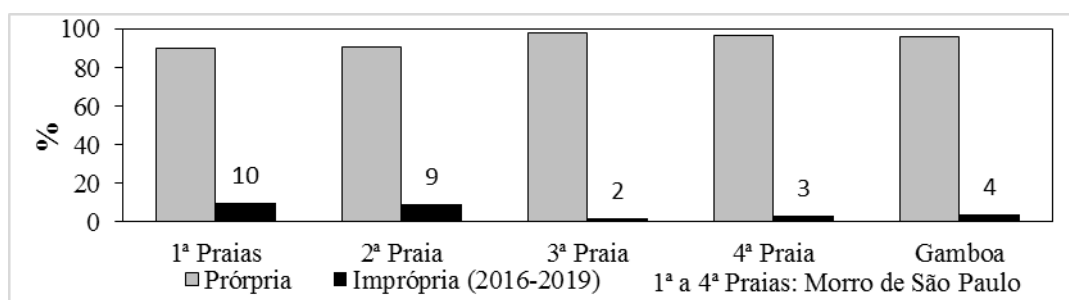
Tabela 3 - Cálculo do número mais provável (NMP) de coliformes dos resultados positivos para 5 tubos de 10 mL examinados das amostras de águas superficiais da ilha de Tinharé

Pontos	Local	Coliformes Totais		Coliformes Termotolerantes	
		Tubos (+)	NMP	Tubos (+)	NMP
P01	Córrego na I Praia (Estação 3)	5	> 16,00	5	> 16,00
P02	Água Superficial na II Praia (Estação 3)	5	> 16,00	5	> 16,00
P03	Córrego na III Praia (Estação 4)	5	> 16,00	4	16,00
P04	Córrego na IV Praia (Estação 4)	5	> 16,00	5	> 16,00
P05	Água da Torneira (EMBASA)	3	9,20	3	9,20

Fonte: Elaborado pelos autores.

A Figura 3 revela uma síntese dos dados de balneabilidade disponíveis pelo INEMA, de acordo com a Resolução do CONAMA n°. 274/2000 (CONAMA, 2000), das águas salinas (Classe 1), coletadas em Morro de São Paulo e Gamboa, classificadas predominantemente na categoria própria. Souza e Silva (2015) entendem que a avaliação da qualidade das praias deveria abranger a balneabilidade, resíduos sólidos gerados pelos usuários e turistas ou aqueles transportados por correntes marinhas, a análise microbiológica da areia e os usos e ocupação da faixa de praia.

Figura 3 - Percentuais das amostras classificadas nas categorias de balneabilidade própria e imprópria, a partir da síntese de dados do INEMA (2016-2019), na ilha de Tinharé, Cairu



Fonte: Elaborado pelos autores.

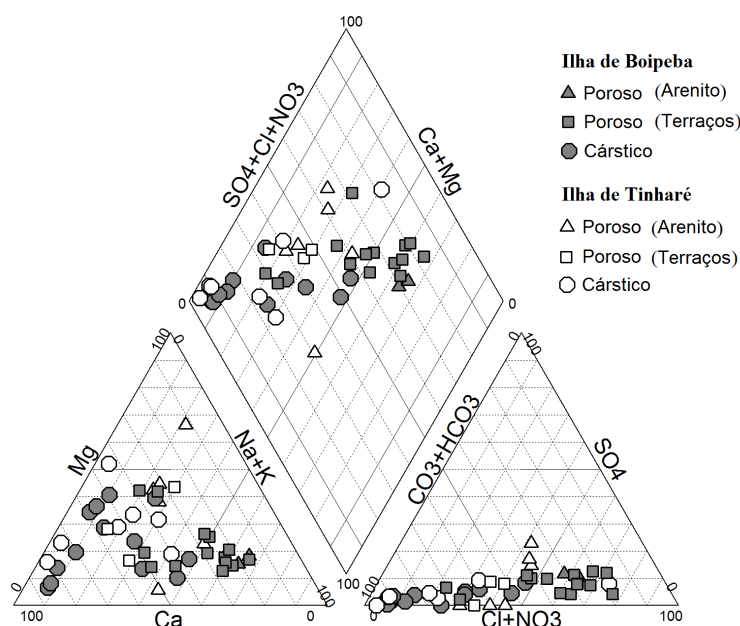
Os valores dos coliformes termotolerantes e OD apontaram haver perda da qualidade ambiental, no momento de realização da pesquisa, nas estações E3 e E4. Estas águas costeiras estão associadas as praias visitadas por turistas, cabendo

considerações sobre as condições de balneabilidade. A qualidade da água para o banho e a ausência de escombros ou resíduos sólidos na praia são exigências prioritárias dos turistas quanto ao uso recreacional das praias (MORGAN, 1999).

### 3.3 Caracterização Hidroquímica e Saúde Ambiental

A Figura 4 abrange a classificação hidrogeoquímica do universo amostral, tendo-se como fácies hidroquímicas mais representativas do Aquífero Cárstico foram as águas bicarbonatadas cálcicas (55%) e bicarbonatadas mistas (30%) ( $rCa^{2+} > rNa^+ > rMg^{2+} > rK^+$  e  $rHCO_3^- > rCl^- > rSO_4^{2-} > rN-NO_3^- > rF^-$ ). Nos aquíferos porosos destacaram as fácies cloretadas sódicas (56%) e bicarbonatadas mistas ou fácies mistas (28%) ( $rNa^+ > rCa^{2+} > rMg^{2+} > rK^+$  e  $rCl^- > rHCO_3^- > rSO_4^{2-} > rF^- > rN-NO_3^-$ ).

Figura 4 - Diagrama de Piper (1944) para classificação das amostras de água subterrânea



Fonte: Elaborado pelos autores.

A Tabela 4 apresenta um sumário estatístico dos dados hidrogeoquímicos, apontando águas ácidas a alcalinas, e pequena variabilidade do pH, como sugerem os valores do coeficiente de variação, em especial no Aquífero Cárstico. Este

aquífero mostrou águas mais alcalinas, mas dominaram valores do pH levemente ácidos (96%), que talvez reflitam a relevância dos aquíferos porosos para a recarga. Todas as amostras dos aquíferos poroso e 80% das amostras no Aquífero Cárstico foram classificadas como águas doces, com base na Resolução CONAMA 375/05.

Obteve-se restrição de potabilidade para o nitrato no Aquífero Cárstico (15% das amostras), nas localidades de São Sebastião e Velha Boipeba, distrito de Velha Boipeba (Boipeba) e Faz. Pontal (Tinharé) (Tabela 4). A ingestão de águas naturais com altos níveis de nitrato pode provocar a metahemoglobinemia, que pode asfixiar as crianças com até 6 meses de idade (BAIRD; CANN, 2011). Nos adultos, o nitrato ingerido se reduz a nitrito no intestino, que reage com as amins secundárias e forma as nitrosamidas e as nitrosaminas, as quais são carcinogênicas. O Serviço Geológico do Brasil (1995) e Filgueiras (2016) obtiveram um crescimento de coliformes termotolerantes nas amostras de < 2 (ausente) a  $\geq 1,6 \times 10^3$  NMP/100 ml, desvelando a necessidade de desinfecção das águas para o consumo humano.

Tabela 4 - Sumário estatístico dos dados hidrogeoquímicos das ilhas de Tinhare-Boipeba.

a) Aquífero Poroso I (Litofácies Arenito)

Estimador Amostral (n = 8)	pH	$\mu\text{S.cm}^{-1}$ CE	mg.L <sup>-1</sup>											
			STD	Fe Total	Na <sup>+</sup>	K <sup>+</sup>	Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	Cl <sup>-</sup>	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	SO <sub>4</sub>	F <sup>-</sup>	N-NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	Dureza Total
V.M.P	6.0 - 9.0	-	1000.00	0.03	200.00	-	75.00	50.00	250.00	-	250.00	1.50	10.00	500.00
Mínimo	4.00	28.00	14.00	0.05	3.00	0.01	1.29	0.60	7.45	7.00	0.01	0.10	0.40	5.41
Máximo	6.00	143.00	92.95	0.41	15.00	1.80	14.40	5.83	22.00	63.44	10.00	0.14	2.50	43.29
Média	5.05	90.50	58.30	0.28	7.62	0.30	5.93	3.40	13.10	26.76	4.29	0.12	1.67	26.94
Mediana	5.25	87.00	56.55	0.29	5.57	0.01	6.00	4.34	12.50	26.84	2.14	0.12	2.00	32.89
Desvio Padrão	0.83	38.96	26.31	0.10	4.48	0.63	4.56	2.21	5.07	17.94	4.81	0.01	0.83	13.81
Erro Padrão	0.29	13.78	9.30	0.04	1.58	0.22	1.61	0.78	1.79	6.34	1.70	0.00	0.29	4.88
Coefficiente de Variação (%)	16.47	43.05	45.13	36.42	58.82	214.18	76.97	64.93	38.70	67.02	112.18	8.91	49.80	51.24

V.M.P: Portaria 2.914/11 (BRASIL, 2012); CV: coeficiente de variação; SW: Shapiro-Wilk.

b) Aquífero Poroso II (Litofácies Terraços Marinho)

Estimador Amostral (n = 17)	pH	$\mu\text{S.cm}^{-1}$ CE	mg.L <sup>-1</sup>											
			STD	Fe Total	Na <sup>+</sup>	K <sup>+</sup>	Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	Cl <sup>-</sup>	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	SO <sub>4</sub>	F <sup>-</sup>	N-NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	Dureza Total
V.M.P	6.0 - 9.0	-	1000.00	0.03	200.00	-	75.00	50.00	250.00	-	250.00	1.50	10.00	500.00
Mínimo	3.66	41.00	21.00	0.00	2.60	0.01	0.90	0.55	6.97	3.00	0.01	0.08	0.39	4.23
Máximo	6.00	106.00	68.90	0.08	12.77	1.80	8.80	5.83	19.18	48.80	3.50	0.18	3.00	43.29
Média	4.69	66.53	39.58	0.03	5.42	0.27	4.39	1.86	9.81	16.38	2.05	0.10	1.54	17.21
Mediana	4.97	61.00	34.00	0.03	5.00	0.01	4.00	1.42	8.00	12.00	2.00	0.10	2.00	15.67
Desvio Padrão	0.64	21.62	15.08	0.02	2.09	0.52	2.68	1.54	3.53	12.87	1.03	0.02	0.94	10.93
Erro Padrão	0.16	5.24	3.66	0.00	0.51	0.13	0.65	0.37	0.86	3.12	0.25	0.01	0.24	2.65
Coefficiente de Variação (%)	13.71	32.50	38.10	57.56	38.55	194.87	60.99	82.89	36.01	78.57	50.18	22.89	61.24	63.54

c) Aquífero Cárstico (Litofácies Carbonatos)

Estimador Amostral (n = 20)	pH	$\mu\text{S.cm}^{-1}$ CE	mg.L <sup>-1</sup>											
			STD	Fe Total	Na <sup>+</sup>	K <sup>+</sup>	Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	Cl <sup>-</sup>	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	SO <sub>4</sub>	F <sup>-</sup>	N-NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	Dureza Total
V.M.P	6.0 - 9.0	-	1000.00	0.03	200.00	-	75.00	50.00	250.00	-	250.00	1.50	10.00	500.00
Mínimo	4.00	104.00	67.60	0.00	3.00	0.01	7.20	2.04	6.00	43.00	0.01	0.09	0.08	35.79
Máximo	8.38	1748.00	1064.00	0.75	200.00	14.00	178.00	50.60	424.00	499.00	62.10	0.52	40.00	510.71

Média	6.47	643.60	386.94	0.07	30.22	2.17	78.88	20.14	53.65	273.91	12.10	0.21	4.80	238.27
Mediana	6.46	669.00	398.60	0.01	14.22	0.80	73.53	17.08	20.38	299.90	6.88	0.18	1.15	261.04
Desvio Padrão	0.93	372.59	223.50	0.19	43.39	3.62	44.86	14.03	92.66	128.32	14.29	0.11	9.76	114.58
Erro Padrão	0.21	83.31	49.98	0.04	9.70	0.81	10.03	3.14	20.72	28.69	3.20	0.02	2.18	25.62
Coefficiente de Variação (%)	14.4	57.89	57.76	256.3	143.6	166.69	56.87	69.66	172.72	46.85	118.13	53.01	203.47	48.09

Fonte: Elaborado pelos autores.

A Tabela 5 apresenta as razões iônicas na unidade meq.L<sup>-1</sup>, por isso, aplica-se o prefixo r antes da dos íons. A razão iônica rMg<sup>2+</sup>/rCa<sup>2+</sup> excedeu o limite das águas doces continentais (0,33-1,5) (HEM, 1985) nas Fazendas Calixto (Boipeba) e Caieira (Tinharé). Na Faz. Caieira, a razão foi similar à da água do mar (±5), embora tenha baixo teor do cloreto, o que pode refletir a influência de litofácies dolomíticas. O teor de cálcio na água doce é amiúde maior do que na água do mar, ocorrendo o oposto quanto ao magnésio (YOUNSI, 1997). Segundo Custódio e Llamas (1983), aumentos simultâneos do Cl<sup>-</sup> e da razão rMg<sup>2+</sup>/rCa<sup>2+</sup> indicam a influência da intrusão marinha. Desta forma, esta razão pode ter sido alterada por fator na água bicarbonatada magnésiana da Faz. Caieira, captada do Aquífero Poroso I (Arenito).

Tabela 6 – Razões geoquímicas indicativas de intrusão marinha em aquíferos costeiros

Poço	Localidade	Aquífero	Fácies	rMg <sup>2+</sup> / rCa <sup>2+</sup>	rK <sup>+</sup> + rNa <sup>+</sup> + rMg <sup>2+</sup>	(1/2.rCl) <sup>1/2</sup>	rCl/ rHCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	rCa <sup>2+</sup> / rHCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> + SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	IS Calcita	IS Dolomita	IS Gipsita	IS Anidrita	IS Halita	IS Hematita
P01 <sup>A</sup>	São Sebastião, Boipeba	Poroso I	ClNa	0.73	0.04	0.32	1.83	0.15	-5.83	-11.66	-4.65	-4.87	-8.96	11.77
P02 <sup>A</sup>	São Sebastião, Boipeba	Poroso I	ClNa	1.14	0.34	0.36	2.30	0.14	-6.05	-11.92	-4.66	-4.89	-8.76	12.88
P03 <sup>B</sup>	Galeão, Tinharé	Poroso I	ClCa	0.11	0.69	0.56	1.11	0.33	-3.2	-7.26	-3.04	-3.27	-8.04	15.72
P04 <sup>B</sup>	Morro de São Paulo, Tinharé	Poroso I	HCO <sub>3</sub> -Ca-Na	1.43	0.62	0.43	0.76	0.19	-3.14	-6.02	-6.42	-6.64	-8.71	16.67
P05 <sup>B</sup>	Morro de São Paulo, Tinharé	Poroso I	Mistas	1.09	0.83	0.50	1.06	0.22	-2.96	-5.79	-3.26	-3.48	-8.37	16.66
P06 <sup>B</sup>	Gamboia, Tinharé	Poroso I	Mistas	1.24	0.61	0.41	1.06	0.22	-3.78	-7.37	-3.37	-3.60	-8.74	15.73
P07 <sup>B</sup>	Faz. Caieira, Tinharé	Poroso I	HCO <sub>3</sub> -Mg	5.50	0.58	0.34	0.56	0.07	-5.64	-10.42	-6.95	-7.17	-9.14	12.45
P08 <sup>B</sup>	Galeão, Tinharé	Poroso I	HCO <sub>3</sub> -Ca-Na	0.80	1.02	0.46	0.41	0.13	-3.62	-7.20	-6.29	-6.51	-8.18	14.69
P09 <sup>C</sup>	São Sebastião, Boipeba	Poroso II	HCO <sub>3</sub> -Ca	0.28	1.86	0.44	0.17	0.62	0.96	1.51	-2.79	-3.01	-8.29	18.77
P10 <sup>B</sup>	São Sebastião, Boipeba	Poroso II	HCO <sub>3</sub> -Ca-Na	1.11	0.66	0.34	0.28	0.15	-2.82	-5.48	-6.32	-6.55	-8.84	13.74
P11 <sup>A</sup>	São Sebastião, Boipeba	Poroso II	HCO <sub>3</sub> -Ca	0.08	1.04	0.54	0.09	0.30	-0.82	-2.64	-2.54	-2.76	-8.15	12.75
P12 <sup>A</sup>	São Sebastião, Boipeba	Poroso II	Mistas	0.24	0.94	0.61	1.05	0.28	-2.77	-6.05	-3.26	-3.48	-7.87	13.05
P13 <sup>A</sup>	São Sebastião, Boipeba	Poroso II	HCO <sub>3</sub> -Ca-Na	0.83	2.50	0.53	0.14	0.20	-0.93	-1.82	-3.24	-3.47	-8.20	13.97
P14 <sup>A</sup>	São Sebastião, Boipeba	Poroso II	HCO <sub>3</sub> -Ca-Na	0.48	4.17	1.07	0.45	0.25	-0.64	-1.46	-2.30	-2.53	-7.00	14.01
P15 <sup>A</sup>	São Sebastião, Boipeba	Poroso II	HCO <sub>3</sub> -Ca	0.50	5.64	1.37	0.46	0.29	0.09	0.00	-2.07	-2.30	-6.85	13.81
P16 <sup>A</sup>	São Sebastião, Boipeba	Poroso II	HCO <sub>3</sub> -Ca	0.58	2.64	0.46	0.08	0.22	-0.59	-1.27	-2.91	-3.13	-8.38	13.57
P17 <sup>A</sup>	São Sebastião, Boipeba	Poroso II	HCO <sub>3</sub> -Ca-Na	0.48	1.58	0.72	0.67	0.17	-1.42	-3.04	-3.20	-3.42	-7.58	17.09
P18 <sup>A</sup>	São Sebastião, Boipeba	Poroso II	HCO <sub>3</sub> -Ca	0.18	1.42	0.45	0.06	0.27	0.76	0.92	-2.81	-3.03	-8.38	14.66
P19 <sup>A</sup>	São Sebastião, Boipeba	Poroso II	HCO <sub>3</sub> -Ca	0.10	1.28	0.53	0.08	0.30	0.19	-0.51	-3.27	-3.49	-8.12	15.80
P20 <sup>A</sup>	São Sebastião, Boipeba	Poroso II	HCO <sub>3</sub> -Ca	0.66	1.59	0.35	0.08	0.20	-0.42	-0.88	-3.00	-3.21	-8.80	13.34
P21 <sup>B</sup>	Velha Boipeba, Boipeba	Poroso II	HCO <sub>3</sub> -Ca	0.26	3.29	0.93	0.41	0.26	-3.22	-6.93	-2.30	-2.52	-7.10	9.10
P22 <sup>B</sup>	Faz. Pontal, Tinharé	Poroso II	HCO <sub>3</sub> -Ca-Na	0.47	5.43	0.82	0.28	0.22	0.99	1.79	-1.65	-1.87	-5.70	19.24
P23 <sup>B</sup>	Garapúa, Tinharé	Poroso II	Cl-Ca-Na	0.83	13.22	2.45	4.05	0.74	-0.69	-1.30	-2.76	-2.98	-7.13	14.47
P24 <sup>B</sup>	Faz. Pontal, Tinharé	Poroso II	HCO <sub>3</sub> -Ca	0.55	3.17	0.98	0.48	0.25	-1.24	-2.59	-2.15	-2.36	-7.30	13.66
P25 <sup>B</sup>	Faz. Oriente, Tinharé	Poroso II	HCO <sub>3</sub> -Ca	0.31	1.76	0.43	0.06	0.26	-0.94	-2.26	-2.49	-2.71	-8.77	13.67
P26 <sup>B</sup>	Garapúa, Tinharé	Poroso II	HCO <sub>3</sub> -Ca-Na	0.73	3.75	0.78	0.23	0.19	-1.20	-2.41	-2.49	-2.72	-7.43	13.68
P27 <sup>B</sup>	Faz. Mirim, Tinharé	Poroso II	HCO <sub>3</sub> -Mg	1.19	3.60	0.43	0.06	0.15	-1.20	-2.20	-2.73	-2.95	-8.69	13.68
P28 <sup>B</sup>	Faz. Gamboa, Tinharé	Poroso II	HCO <sub>3</sub> -Ca	0.20	0.98	0.29	0.03	0.28	-1.02	-2.61	-5.50	-5.71	-9.32	13.66
P29 <sup>B</sup>	Moreiré Levada, Boipeba	Cárstico	HCO <sub>3</sub> -Ca-Na	1.09	0.70	0.34	0.28	0.17	-3.21	-6.24	-3.71	-3.93	-8.93	13.73
P30 <sup>B</sup>	Moreiré oiteiro, Boipeba	Cárstico	Mistas	0.73	0.29	0.34	0.94	0.32	-5.88	-11.78	-4.60	-4.83	-8.97	10.81

P31 <sup>A</sup>	São Sebastião, Boipeba	Cárstico	Cl-Na	1.01	0.26	0.33	2.20	0.20	-6.47	-12.83	-4.94	-5.16	-9.05	8.05
P32 <sup>A</sup>	São Sebastião, Boipeba	Cárstico	Cl-Na	0.64	0.23	0.31	4.00	0.19	-5.87	-11.81	-4.64	-4.86	-8.78	11.06
P33 <sup>A</sup>	São Sebastião, Boipeba	Cárstico	Cl-Na	0.96	0.32	0.36	2.22	0.22	-6.17	-12.24	-4.54	-4.76	-8.84	10.27
P34 <sup>A</sup>	São Sebastião, Boipeba	Cárstico	Cl-Na	0.35	0.31	0.36	3.09	0.23	-4.76	-9.87	-3.95	-4.17	-8.70	11.96
P35 <sup>A</sup>	São Sebastião, Boipeba	Cárstico	Mistas	0.63	0.37	0.38	1.12	0.27	-5.33	-10.74	-4.80	-5.02	-8.64	10.91
P36 <sup>A</sup>	São Sebastião, Boipeba	Cárstico	Cl-Na	0.47	0.36	0.40	3.97	0.40	-4.57	-9.37	-4.00	-4.22	-8.13	13.52
P37 <sup>A</sup>	São Sebastião, Boipeba	Cárstico	Cl-Na	1.25	0.67	0.52	2.75	0.33	-3.93	-7.62	-4.37	-4.59	-8.93	12.73
P38 <sup>B</sup>	Canaveiras, Tinharé	Cárstico	HCO <sub>3</sub> -Ca	1.00	0.33	0.34	0.56	0.29	-4.93	-9.76	-4.73	-4.96	-8.81	12.76
P39 <sup>B</sup>	Garapuá, Tinharé	Cárstico	HCO <sub>3</sub> -Ca	1.00	0.31	0.34	0.47	0.27	-4.92	-9.72	-4.73	-4.96	-8.91	12.75
P40 <sup>B</sup>	Boipeba, Boipeba	Cárstico	HCO <sub>3</sub> -Ca-Na	0.67	0.64	0.34	0.35	0.16	-4.93	-9.93	-4.43	-4.65	-8.97	12.76
P41 <sup>B</sup>	Faz. Laranjeiras	Cárstico	Cl-Ca-Na	0.40	0.36	0.38	1.76	0.22	-5.09	-10.43	-3.76	-3.97	-8.58	10.79
P42 <sup>B</sup>	Faz. Estiva, Boipeba	Cárstico	Cl-Ca-Na	0.29	0.34	0.34	1.41	0.22	-4.36	-9.13	-3.90	-4.12	-8.94	12.73
P43 <sup>B</sup>	São Sebastião, Boipeba	Cárstico	HCO <sub>3</sub> -Cl-Na	0.30	0.30	0.31	1.23	0.20	-4.97	-10.38	-3.78	-4.01	-8.99	10.48
P44 <sup>B</sup>	Faz. Salinas, Tinharé	Cárstico	HCO <sub>3</sub> -Mistas	0.50	0.54	0.38	0.71	0.15	-2.98	-6.15	-6.25	-6.47	-9.20	14.70
P45 <sup>B</sup>	Faz. Calixto, Boipeba	Cárstico	Cl-Ca	1.60	0.42	0.50	2.12	0.45	-4.31	-8.27	-4.07	-4.29	-8.83	12.73

A: CPRM (1994); B: Filgueiras (2016); C: SIAGAS; I: Poroso; II: Poroso (Terraços); III: Cárstico.

Fonte: Elaborado pelos autores.

O Aquífero Cárstico revelou os menores valores da razão  $rMg^{2+}/rCa^{2+}$ , excedendo localmente o limite das águas de meios cársticos (P10, P11, P23, P26 e P27). Para Aris et al. (2012), os valores da relação  $rMg^{2+}/rCa^{2+}$  na água de aquíferos cársticos variam ordinariamente entre 0,5 e 0,7, cujos valores maiores do que 0,7 indicam haver mistura desta com a água do mar. Uma característica da intrusão marinha é o enriquecimento das águas doces na espécie iônica  $Ca^{2+}$  em relação ao  $Mg^{2+}$ , o que explica a baixa razão  $rMg^{2+}/rCa^{2+}$  ( $< 1$ ) (BEAR; CHENG, 2010).

Os valores da razão  $rCa^{2+}/(rHCO_3^- + rSO_4^{2-})$  nas amostras se situaram no intervalo das águas continentais ( $< 1$ ). Segundo Walraevens e Van Camp (2004), o aumento do cálcio acima do conteúdo da água do mar é um aspecto ordinário da intrusão salina. Os valores desta razão superiores a unidade pode apontar a ação da intrusão marinha sobre a qualidade da água de aquíferos costeiros (HEM, 1985).

O Aquífero Cárstico revelou os maiores valores da razão iônica  $rCa^{2+}/(rHCO_3^- + rSO_4^{2-})$  (Tabela 5), de modo que a dissolução dos minerais calcita e dolomita, e o enriquecimento em  $rHCO_3^-$ , marcam a evolução hidroquímica de aquíferos cársticos, como mostram os índices de saturação destes minerais modelizadas (Tabela 6). Outrossim, as condições de subsaturação da halita não corrobora com a maior relevância da instrução marinha. Os altos teores de cálcio nas águas salinas podem decorrer da dissolução de fases minerais das rochas (JONES et al., 1999).

Os valores da razão  $rCl/rHCO_3^-$  estiveram no intervalo admitido para as águas doces continentais (0,1-0,5) (HEM, 1985; SANTOS, 1997) para 47% das amostras e outras 53% excederam o limite superior deste intervalo, embora abaixo dos valores



indicados para a água do mar (20-50). Os aquíferos porosos revelaram maiores valores desta razão. Segundo Cruz et al. (2006), espera-se um menor acréscimo na razão  $rCl^-/rHCO_3^-$  da concentração de sais relacionadas a recarga do aquífero do que se comparado a igual aporte de íons cloreto decorrente da intrusão marinha.

#### 4. CONCLUSÃO

As análises físico-químicas e microbiológicas indicaram haver, localmente, perda de qualidade, cabendo a atenção dos responsáveis pelo saneamento ambiental e usos do solo. A qualidade da água está associada as condições de saneamento, cabendo a elaboração de soluções técnicas compatíveis com os diversos usos múltiplo da água. O gerenciamento dos aquíferos das ilhas de Tinharé-Boipeba poderia monitorar o risco de salinização pela intrusão marinha. Esta pesquisa possui relevância para os usos da natureza e gerenciamento costeiro.

#### REFERÊNCIAS

- ALENCAR, Cristina Maria Macêdo. Tensões entre pesca, turismo e exploração de gás reconfigurando ruralidade na ilha de Boipeba—BA. **Desenvolvimento e Meio Ambiente**, v. 23, 2011.
- ALENCAR, C.M.M. Campo e Rural na Metrópole: Sinais de um padrão civilizatório. **Curitiba: CRV**, 2017. 258 p.
- ALMEIDA, M.R. *Avaliação de parâmetros hidrológicos em áreas relacionadas ao cultivo de camarões marinhos em gaiolas flutuantes*. Monografia (Graduação), Instituto de Ciências Biológicas, Universidade Federal da Bahia, Salvador, 2000. 64 p.
- AMARAL, L.A. ROSSI JR, O.D.; NADER FILHO, A; SOUZA, M.C.I. de; ISA, H. (2005) Água utilizada em suinocultura como fator de risco à saúde humana e animal. *Arquivos Veterinária*, Jaboticabal, SP, v. 21, n 1, p. 41-46.
- ANDRADE, A.C.S.; DOMINGUEZ, J. M. L. Informações Geológico-Geomorfológicas como Subsídios à Análise Ambiental: O Exemplo da Planície Costeira de Caravelas – Bahia. In: **Boletim Paranaense de Geociências**. Editora UFPR, Paraná - PR, p. 9-17, 2002.
- APHA - American Public Health Association. Standard methods for the examination of water and wastewater. 20th ed. **Washington, USA: D.C. American Public Health Association**, 1999.
- ARIS, Ahmad Zaharin; PRAVEENA, Sarva Mangala; ABDULLAH, M. Harun. The influence of seawater on the chemical composition of groundwater in a small island: the example of Manukan Island, East Malaysia. **Journal of coastal research**, v. 28, n. 1, p. 64-75, 2010.
- ARAÚJO, M. C. B.; COSTA, M. F. Lixo no ambiente marinho. **Ciência Hoje**, Brasil, v. 32, n. 191, p. 64-67, 2003.



BAIRD, C.; CANN, M. Química ambiental. 4. ed. **Porto Alegre: Bookman**, 2011.

BARBOSA, J.S.F.; DOMINGUEZ, J.M.L. (Coords.) **Texto Explicativo para o Mapa Geológico do Estado da Bahia**. Escala 1: 1.000.000 - SGM/PPP/FAPEX: Salvador, 1996.

BEAR, Jacob; CHENG, Alexander H. D. **Modeling groundwater flow and contaminant transport**. Springer Science & Business Media, v.23, 2010. p. 593-636.

BRASIL. **Projeto Ilhas de Tinharé e Boipeba, Área de Proteção Ambiental**. Etapa I. Diagnóstico Ambiental. Volume II, Estudos do meio físico, Salvador: Companhia de Desenvolvimento da Região Metropolitana de Salvador (CONDER); Centro de Recursos Ambientais (CRA); Companhia de Pesquisas de Recursos Minerais (CPRM), 1995. 149 p.

BRASIL. Ministério da Saúde. Portaria 2914 de 12 de dezembro de 2011. **Dispõe sobre os procedimentos de controle e de vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade**. Diário Oficial da União, Brasília.

CHE, Yue; HE, Qing; LIN, Wei-Qing. The distributions of particulate heavy metals and its indication to the transfer of sediments in the Changjiang Estuary and Hangzhou Bay, China. **Marine Pollution Bulletin**, v. 46, n. 1, p. 123-131, 2003.

COLVARA, J. G.; LIMA, Andréia S.; SILVA, Wladimir P. Avaliação da contaminação de água subterrânea em poços artesianos no sul do Rio Grande do Sul. **Brazilian Journal of Food Technology**, v. 2, p. 11-14, 2009.

CONAMA, Resolução. Conselho Nacional do Meio Ambiente—CONAMA, Resolução n 357, de 17 de março de 2005. **Ministério do Meio Ambiente, Brasília**, 2005.

CUSTODIO, E.; LLAMAS, M. Hidrologia Subterrânea. **Barcelona: Ed. Omega**, 1983. 1157p.

CRUZ, A. *Estudo de Processos de Salinização de Aquíferos no Litoral Leste do Estado do Rio de Janeiro Modelagem Hidrogeoquímica e Avaliação de Vulnerabilidade à Intrusão Marinha*. Dissertação (Mestrado em 84 Geologia), Centro de Ciências Matemáticas e da Natureza, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2006. 117 p.

DALY, H.; FARLEY, J. Economia ecológica: princípios e aplicações. **Lisboa: Instituto Piaget**, 2004. 530 p.

DEUTSCH, W. J. Groundwater geochemistry: fundamentals and applications to contamination. **Boca Raton: Lewis Publishers**, 1997.

ELLIFF, C.I.; KIKUCHI, R.K. (2017) Ecosystem services provided by coral reefs in a Southwestern Atlantic Archipelago. **Ocean & coastal management**, v. 136, p. 49-55.

FIELDMAN, P.I.J. (2001) Manguezais do rio Santana, Ilhéus, Bahia: caracterização do sistema. **Revista de Estudos Ambientais**, v. 3, n. 1, p. 86-94.

FILGUEIRAS, C.M. *Caracterização hidrogeoquímica das águas subterrâneas da Ilha de Boipeba litoral da Bahia, Brasil*. Niterói. Dissertação (Mestrado) - Instituto de Geociências, Universidade Federal Fluminense, Rio de Janeiro, 2016. 116 p.

GAMA, L.B. *Avaliação do cultivo da ostra de mangue Crassostrea rhizophorae Guilding 1828 (mollusca, ostreoides) em duas localidades no baixo-sul baiano*. Monografia (Graduação) - Instituto de Biologia, Universidade Federal da Bahia, Salvador, 2003. 45 p.

GONÇALVES, M.V.P. *Análise de Plantas de Mangue como Bioindicadoras da Qualidade Ambiental nas Ilhas de Tinharé e Boipeba*. Dissertação (Mestrado), Mestrado em Planejamento Ambiental, Universidade Católica do Salvador, Salvador. 144 p.





HEM, J.D. Study and interpretation of the chemical characteristics of natural water. 3. ed. **Alexandria: USGS**, 1985. Report 2000254.

IBGE (2010) Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Dados do Censo demográfico 2010 publicados no Diário Oficial da União do dia 24/11/2010.**

JONES, B. F., VENGOSH, A., ROSENTHAL, E., e YECHIELLI, Y.. Seawater Intrusion in Costal Aquifers – Concepts, Methods and Practices. **Chapter 3: Geochemical Investigations. Kluwer Academic Publishers**, 1999.

MORGAN, R. Preferences and Priorities of Recreational of Beach Users in Wales, UK. **Journal of Coastal Research, Lawrence**, v.15, n. 3, p. 653-667, Mai. 1999.

PAIXAO, L. H.; ALENCAR, C. M. M. ; GONÇALVES, M. V. P. **Dinâmica pesqueira de Gamboa no mundo rural costeiro do Município de Cairu-BA.** In: III Seminário Nacional Espaços Costeiros: Espaços de produção, espaços de vida, 2016, Salvador.

PEDRÃO, F. Economia, política e poder na periferia globalizada. **Salvador: JusPodium**, 2009.

PELLEGRINI, J.A.C. *Vulnerabilidade socioambiental dos manguezais de Guarapuá, Cairu/BA frente à inserção da indústria petroleira.* Tese (Doutorado) - Universidade do Estado do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2010. 259 p.

PIPER, A. M. A graphic procedure in the geochemical interpretation of water-analyses. **Eos, Transactions American Geophysical Union**, v.25, n.6, p. 914-928, 1944.

QUAGLIA, L. J. C. *Estudo da qualidade da água no canal de Taperoá (Valença-Ba). Implicações na carcinicultura marinha.* Dissertação (Mestrado) - Instituto de Biologia, Universidade Federal da Bahia, Salvador, 1993. 101 p.

SANTANA, C.F. *Interações e dinâmica de parâmetros físico-químicos na área estuarina de Barra dos Carvalhos, Bahia: Importância para o cultivo de camarões em gaiolas.* Monografia (Graduação) - Instituto de Biologia, Universidade Federal da Bahia, Salvador, 2002. 18 p.

SANTOS, A. C. Noções de hidroquímica. In: Feitosa A. C.; Manoel Filho, J. (Eds.). **Hidrogeologia: conceitos e aplicações.** Fortaleza: CPRM, LABHID-UFPE, 1997. 81-108 p.

SANTOS, L. *Caracterização hidrológica e produtividade primária da baía de Garapuá (Cairu-BA): um subsídio à pesquisa sobre a capacidade de recarga do ambiente.* Monografia (Graduação) - Instituto de Biologia, Universidade Federal da Bahia, Salvador, 2002. 106 p.

SEI. Superintendência de Estudos Econômicos. Cairu. In: **Estatísticas dos Municípios Baianos.** v.4. Salvador: SEI, 2014. p.37-55.

SILVA, Iracema Reimão et al. Caracterização geo-ambiental e de ocupação das praias da costa do dendê, litoral sul do estado da Bahia. **Geosul**, v. 22, n. 44, p. 27-46, 2007.

SOUZA, Jacqueline Lopes de; SILVA, Iracema Reimão. Avaliação da qualidade ambiental das praias da ilha de Itaparica, Baía de Todos os Santos, Bahia. **Sociedade & Natureza**, v. 27, n. 3, p. 469-483, 2015.

WILLIAMS, A.T.; NELSON, C. The Public Perception of Beach Debris. **Shore and Beach, Flórida**, v. 62, n. 2, p. 17-20, 1997.

YOUNSI, Abdelkader; LHADI, Elkbir; MANIA, Jacky. Mise en évidence de l'intrusion marine de la nappe d'El Jadida, Maroc. **IAHS Publications-Series of Proceedings and Reports-Intern Assoc Hydrological Sciences**, v. 244, p. 115-124, 1997.



WALRAEVENS, K.; VAN CAMP, M. Advances in understanding natural groundwater quality controls in coastal aquifers. In: L. Araguás, E. Custódio e M. Manzano (editors). Groundwater and Saline Intrusion. Cartagena, Spain. p.449- 463. 2004.