



**UNIVERSIDADE FEDERAL DA BAHIA  
INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS  
CURSO DE GRADUAÇÃO EM OCEANOGRAFIA**

**MATHEUS FERNANDES ANDRADE**

**ANÁLISE DE ISÓTOPOS ESTÁVEIS DE NITROGÊNIO PARA  
AVALIAR A INFLUÊNCIA DE ESGOTO DOMÉSTICO EM  
GRAMAS MARINHAS**

SALVADOR

2019

**MATHEUS FERNANDES ANDRADE**

**ANÁLISE DE ISÓTOPOS ESTÁVEIS DE NITROGÊNIO PARA AVALIAR A  
INFLUÊNCIA DE ESGOTO DOMÉSTICO EM GRAMAS MARINHAS**

Monografia apresentada ao Curso de  
Graduação em Oceanografia, Instituto  
de Geociências, Universidade Federal  
da Bahia, como requisito para a  
obtenção do grau de Bacharel em  
Oceanografia  
Orientador: Prof. Dr. Igor Cristino Silva  
Cruz

SALVADOR

2019

## RESUMO

Um dos principais estressores gerados pela ocupação humana no litoral é o despejo de efluentes nos ambientes costeiros. Esses fornecem altas cargas de nutrientes que podem modificar o funcionamento dos ecossistemas. A avaliação da influência do esgoto doméstico em áreas costeiras pode ser realizada através da análise dos isótopos de nitrogênio ( $\delta^{15}\text{N}$ ) em produtores primários como algas e gramas marinhas. A Ilha de Itaparica (BA, Brasil) foi alvo de urbanização abrupta nos últimos 50 anos. Isso pode ocasionar a ausência do tratamento de esgoto em muitos locais. O objetivo do presente trabalho foi avaliar o efeito antrópico nos valores de  $\delta^{15}\text{N}$  em bancos de gramas marinhas localizadas aos arredores da Ilha de Itaparica. Amostras de *Halodule wrightii* foram coletadas em triplicata em 14 localidades da região de estudo. Foram escolhidas áreas com diferentes graus de urbanização. As análises de  $\delta^{15}\text{N}$ , Nitrogênio Total (NT) e  $\delta^{13}\text{C}$  foram realizadas através de um analisador elementar acoplado a um espectrômetro de massas de razão isotópica. Os dados de densidade demográfica, densidade de domicílios e uso ocasional dos domicílios foram obtidos no Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE). As concentrações de NT variaram de 0,70 a 2,42 %. Os valores de  $\delta^{13}\text{C}$  variaram entre -14,55 e 1,89 ‰ (média  $\pm$  DP = - 8,19  $\pm$  3,10 ‰) e  $\delta^{15}\text{N}$  de -5,11 a 4,58‰ (-0,90  $\pm$  2,36 ‰), respectivamente. Mar Grande possui o maior adensamento populacional neste trabalho. Neste local as amostras de *Halodule wrightii* apresentaram o maior valor médio de  $\delta^{15}\text{N}$  (2,73  $\pm$  1,62‰). Houve correlação entre os valores de  $\delta^{15}\text{N}$  e a densidade de gramas marinhas, revelando uma provável interferência antrópica na abundância dos prados.

**Palavras-chave:** Baía de Todos os Santos, Ilha de Itaparica, *Halodule wrightii*, impacto antrópico, poluição aquática

## ABSTRACT

One of the greatest stressors generated by human occupation on the coast is the man-made sewage dumping on coastal environments, contributing with high quantities of nutrients, which may change the functioning ecosystems. Analysis of domestic sewage along coastal areas may be carried out via nitrogen isotope examination ( $\delta^{15}\text{N}$ ) on primary producers such as seaweed and seagrass. Itaparica Island (Bahia, Brazil) has gone through extensive urbanisation in the past 50 years. That may result in the absence of sewage treatment in many places. This study conducted an evaluation of the anthropogenic effects on  $\delta^{15}\text{N}$  values on seagrass meadows across Itaparica Island. *Halodule wrightii* samples have been collected in triplicate in 14 places of the region of study. Areas with different degrees of urbanisation were chosen. Analysis of  $\delta^{15}\text{N}$ , Total Nitrogen (TN) and  $\delta^{13}\text{C}$  were held on an elemental analyser coupled to an isotope-ratio mass spectrometer (IRMS). Demographic density, housing density and occasional housing usage data were attained from the Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE). TN concentration ranged from 0.70 to 2.42 %.  $\delta^{13}\text{C}$  values varied between -14,55 and 1,89 ‰ (mean  $\pm$  SD = - 8.19  $\pm$  3.10 ‰), and  $\delta^{15}\text{N}$  values from -5.11 to 4.58 ‰ (-0.90  $\pm$  2.36 ‰), respectively. Mar Grande represents the greatest demographic density in the paper. It was the location in which *Halodule wrightii* individuals presented the highest mean value of  $\delta^{15}\text{N}$  (2.73  $\pm$  1.62‰). There has been correlation between  $\delta^{15}\text{N}$  values and seagrass density, indicating a probable anthropic interference in meadow abundance.

**Keywords:** Todos os Santos Bay, Itaparica Island, *Halodule wrightii*, anthropic impact, water pollution

## AGRADECIMENTOS

Agradeço, primeiramente, ao meu núcleo familiar por sempre apoiar minhas escolhas sem nem fazer ideia do que é oceanografia.

Agradeço ao meu orientador, Igor Cruz, pela paciência, confiança, dedicação e conhecimento para a construção deste trabalho, desde que era somente uma ideia.

Agradeço a pró Ana Cecilia, por todo carinho e ao amparo acadêmico sobre os as noções químicas e estruturais deste trabalho.

Agradeço a banca, Joel e Vinícius, por aceitar o convite e ajudar na fomentação dos dados.

Agradeço a Will por seu olhar de mestrando e por me motivar, me abrigar e ser fundamental na elaboração deste trabalho. Sem você eu não conseguiria concluí-lo.

Agradeço a Danilo por toda sabedoria e paciência ao me ajudar com o *abstract*.

Agradeço a Bia, Paula e Tamires pela importante ajuda no campo. Sem vocês seria tudo mais difícil e chato.

Agradeço a Mauricio pela disposição em ter me ajudado com a preparação das amostras dos isótopos.

Agradeço a Isis por ser companheira, compreensiva e por acreditar mais em mim do que eu mesmo.

Agradeço a Manu e Mim, pelo amor incondicional e apoio emocional prestado durante minha trajetória no curso.

Agradeço, financiadores deste trabalho. O Projeto CNPQ (nº441264/2017-4) Serviços ecossistêmicos e impactos ambientais na Baía de Todos os Santos pelo custo dos campos e ao Projeto FAPESB 9017/2014 "Avaliação da concentração e distribuição de contaminantes no material particulado em suspensão e nos sedimentos depositados na Baía de Todos os Santos" pelas análises isotópicas.

Agradeço, finalmente, a todos os outros amigos, aos meus familiares, a turma de Oceano 2013 e aos demais colegas da faculdade que me ajudaram no percurso da oceanografia e da vida.

Obrigado a todos que estão do meu lado. Sou muito grato pela sorte de ter vocês em minha vida.

## SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	8
1.1.	Gramas marinhas: importância – ameaça	8
1.2.	<i>Halodule wrightii</i>	10
1.3.	Isótopos	11
1.4.	Ilha de Itaparica	13
2	OBJETIVOS	14
2.1.	Objetivos específicos	14
3	METODOLOGIA	15
3.1.	Descrição da área de estudo	15
3.2.	Amostragem	16
3.3.	Análise isotópica	18
3.4.	Dados demográficos	18
3.5.	Análise estatística	20
4	RESULTADOS	21
4.1.	Ocupação humana	21
4.2.	Nitrogênio total, $\delta^{13}\text{C}$ e $\delta^{15}\text{N}$	22
4.3.	Densidade de eixos de <i>Halodule wrightii</i>	24
4.4.	Correlação de Pearson entre $\delta^{15}\text{N}$ e os demais parâmetros avaliados	25
5	DISCUSSÃO	28
5.1.	Fatores demográficos	28
5.2.	Variação de NT, $\delta^{13}\text{C}$ e $\delta^{15}\text{N}$ no presente estudo	28
5.3.	Influência da população humana nos valores de $\delta^{15}\text{N}$	30
5.4.	Fatores que impactaram na densidade de <i>Halodule wrightii</i>	32
6	CONCLUSÃO	33
7	REFERÊNCIAS	34
8	APÊNDICE	41
9	ANEXOS	43

## LISTA DE FIGURAS

<b>Figura 1</b> - Distribuição de $\delta^{15}\text{N}$ nos ecossistemas	12
<b>Figura 2</b> - Localização geográfica das estações de amostragem	16
<b>Figura 3</b> - Variação de $\delta^{15}\text{N}$ entre as estações de amostragem	22
<b>Figura 4</b> - Variação de $\delta^{15}\text{N}$ entre Região A e Região B	23
<b>Figura 5</b> - Variação de $\delta^{15}\text{N}$ entre os tipos de esgotamento	24
<b>Figura 6</b> - Variação da densidade estimada de <i>Halodule wrightii</i> entre as estações	24
<b>Figura 7</b> - Densidade estimada de <i>Halodule wrightii</i> (eixos $\text{m}^2$ ) entre as Regiões A e B	25
<b>Figura 8</b> - Dispersão dados demográficos x $\delta^{15}\text{N}$	26
<b>Figura 9</b> - Dispersão densidade média de <i>Halodule wrightii</i> x com $\delta^{15}\text{N}$	27

## LISTA DE TABELAS

<b>Tabela 2</b> - Dados demográficos	21
<b>Tabela 3</b> - Valores médios das concentrações dos dados químicos	23
<b>Tabela 4</b> - Correlação de Pearson entre $\delta^{15}\text{N}$ e os demais parâmetros avaliados.	26

## APÊNDICES E ANEXOS

<b>Apêndice A</b> – Valores das réplicas dos dados químicos	41
<b>Apêndice B</b> – Valores das réplicas da densidade de <i>Halodule wrightii</i>	42
<b>Anexo A</b> – Mapa da densidade demográfica por setores do município de Itaparica	43
<b>Anexo B</b> – Mapa da densidade demográfica por setores do município de Vera Cruz	44
<b>Anexo C</b> - Mapa da densidade demográfica por setores do município de Jaguaripe	45
<b>Anexo D</b> – Mapa da rede de esgoto na Ilha de Itaparica	46
<b>Anexo E</b> – Mapa fossa séptica na Ilha de Itaparica	47
<b>Anexo F</b> – Mapa fossa rudimentar na Ilha de Itaparica	48

## 1 INTRODUÇÃO

Atualmente, mais de 600 milhões de pessoas (cerca 10% da população mundial) vivem em áreas costeiras (THE OCEAN CONFERENCE, 2017). Espera-se que essa população aumente para cerca de 880 milhões em 2030 e 1 bilhão em 2060, alcançando um adensamento populacional médio de 534 hab. km<sup>-2</sup> (NEUMANN et al., 2015). A região litorânea é preferencialmente ocupada devido a fatores como: o escoamento de produtos através de atividades portuárias, facilidade no despejo de efluentes no mar, clima ameno, além de atrativos paisagísticos e de lazer (RODRIGUES, 2009). O rápido crescimento da população mundial, inevitavelmente, cria um cenário de exploração dos recursos naturais, inclusive de espaço. Nas zonas litorâneas isto pode gerar impactos negativos como: assentamentos e obras urbanísticas em ecossistemas costeiros (dunas, estuários, manguezais, etc.), sobrepesca, presença de poluentes, além de alteração em propriedades físicas, químicas e biológicas da região (GONÇALVES, 2012; RODRIGUES, 2003).

Uma importante fonte de contaminação para o ambiente costeiro é o esgoto doméstico (ABESSA et al., 2012). Estima-se que o Brasil descartou cerca de 5,02 bilhões de m<sup>3</sup> de esgoto não tratado nos sistemas marinhos em 2016 (SECRETÁRIA NACIONAL DE SANEAMENTO AMBIENTAL). O despejo de efluentes domésticos sem tratamento pode acarretar em problemas de saúde pública quando há contato direto ou indireto do homem com a água contaminada (PEREIRA et al., 2006). Além disso, ele pode causar danos à biota aquática devido à contaminação por patógenos humanos (zooantroponose) (PEREIRA et al., 2006) ou por toxinas produzidas por microalgas e bactérias (HUSS et al., 2000) favorecidas pela eutrofização. Este aporte também contribui com o aumento da turbidez na água que tende a reduzir a produção fotossintética (BULMER et al., 2018). Dessa forma, é importante estudar o impacto do esgoto em ambientes costeiros.

### 1.1. Gramas marinhas: importância – ameaça

As gramas marinhas, também conhecidas como *seagrass*, são vegetações bentônicas submersas. Elas estão presentes em todos os continentes (exceto na Antártica), sendo as únicas representantes das



angiospermas no ambiente marinho (OLIVEIRA et al., 2001). Os habitats que este tipo de vegetação cria são consideradas como um dos mais ricos e importantes da zona costeira. Os bancos de gramas marinhas aumentam a complexidade do solo e fornecem nichos adicionais, os quais aumentam os padrões de diversidade e riqueza do local (CASARES; CREED, 2008; ORTH et al., 2006). Estes sustentam uma variedade de espécies-chave em vários níveis tróficos, sendo a base da cadeia alimentar de muitos animais (HECK; WETSTONE, 1977). Essas plantas também estabilizam os sedimentos (FONSECA, 1989), desaceleram as correntes e diminuem a intensidade do batimento de onda nas regiões que constroem as pradarias (ONDIVIELA et al., 2014; PAUL, 2018). Logo, as gramas marinhas têm um papel importante na redução da erosão costeira. A elas são também atribuídas funções significativas na execução da ciclagem de nutrientes (ZIEGLER; BENNER, 1999) e na redução de patógenos na águas (LAMB et al., 2017). Também são responsáveis por estocar mais de 10 % de todo carbono orgânico absorvido pelo oceano, apesar de ocuparem cerca de 0,1 % da área total deles (DUARTE, et al. 2010). Gramas marinhas também funcionam como sentinelas biológicas da zona costeira, uma vez que amostras simples ou de baixa frequência podem indicar com clareza os efeitos de eventos extremos ou de situações com uma fonte crônica de impacto (FOURQUIREAN et al., 2015).

Embora forneça tantos serviços ecossistêmicos, as gramas marinhas estão sendo devastadas por causa das atividades antrópicas. Estima-se que cerca de 51.000 km<sup>2</sup> de área ocupada por gramas marinhas foi perdida no último século (WAYCOTT et al., 2009). Aproximadamente 25 % de todas as espécies de gramas marinhas existentes estão sendo consideradas ameaçadas ou quase ameaçadas de extinção (SHORT et al., 2011). Os principais responsáveis acerca da degradação dos bancos de gramas marinhas provêm do mal-uso direto e indireto da zona costeira. Dentre as 18 atividades humanas que impactam negativamente esse ecossistema, as mais danosas foram: aporte de efluentes urbanos/industriais e agropecuários, desenvolvimento de infraestrutura urbana/portuária e ações de dragagem (GRECH et al., 2012).

## 1.2. *Halodule wrightii*

Uma das espécies de grama marinha mais distribuídas do oceano Atlântico é *Halodule wrightii* Ascherson. Esta tem registro desde o sudeste dos Estados Unidos até o Brasil, mas também ocorre na costa oeste do continente africano (SHORT et al., 2007). No Brasil sua ocorrência é registrada desde o estado do Ceará até Santa Catarina (FERREIRA et al., 2017; MARQUES; CREED, 2008). Seus prados são abundantes no nordeste do país, sendo frequentemente encontrados em águas rasas (até 10 m de profundidade) da zona intermareal de praias abrigadas e também em desembocaduras de estuários (LABOREL-DEGUEN, 1963). Essa espécie é abundante em locais onde recifes de arenito e de corais isolam áreas de água mansa com pouca profundidade (BARROS, 2008). Pode tolerar condições de temperaturas altas (MCMILLAN, 1984) e situações hipersalinas (KOCH et al., 2007).

Abaixo, tem-se a classificação taxonômica da espécie *H. wrightii* (ALVES, 2000):

Reino Plantae

Divisão Antophyta

Classe Monocotyledonae

Ordem Najadales

Família Cymodoceaceae

Subfamília Cymodoceideae

Gênero *Halodule* Ascherson

*Halodule wrightii* Ascherson

Os rizomas da *H. wrightii* são rastejantes e têm entre 0,2 e 2 mm de diâmetro, enquanto as folhas possuem comprimentos variando de 2 a 22 cm (OLIVEIRA-FILHO; PIRANI; GIULIETTI, 1983). Essas características são dependentes das condições ambientais que circundam os indivíduos dessa espécie, como por exemplo os períodos de emersão e submersão (LABOREL-DEGUEN, 1963; MCMILLAN, 1978).

### 1.3. Isótopos

Isótopos são definidos como átomos de um mesmo elemento químico que possuem distintos números de nêutrons, portanto, massas diferentes (BOUTTON, 1991). São simbolizados como “ $^AX$ ”, onde o subscrito “A” é o número de massa e “X” o elemento químico referente ao isótopo (ex:  $^{15}\text{N}$ ). No ambiente, geralmente, há um predomínio dos isótopos mais leves em relação aos mais pesados. Os valores de isótopos são representados pela notação “ $\delta$ ” (unidade ‰, per mil), calculados através da Equação 1 (FRY, 2006):

$$\delta^aX = [(R_{\text{amostra}} - R_{\text{padrão}}) / R_{\text{padrão}}] * 1000 \quad (\text{Equação 1})$$

$\delta^aX$  = enriquecimento isotópico da amostra relativo ao padrão (a refere-se ao número de massa do isótopo mais pesado e X ao elemento; por exemplo: no caso do carbono  $\delta^{13}\text{C}$ , no caso do nitrogênio  $\delta^{15}\text{N}$ );

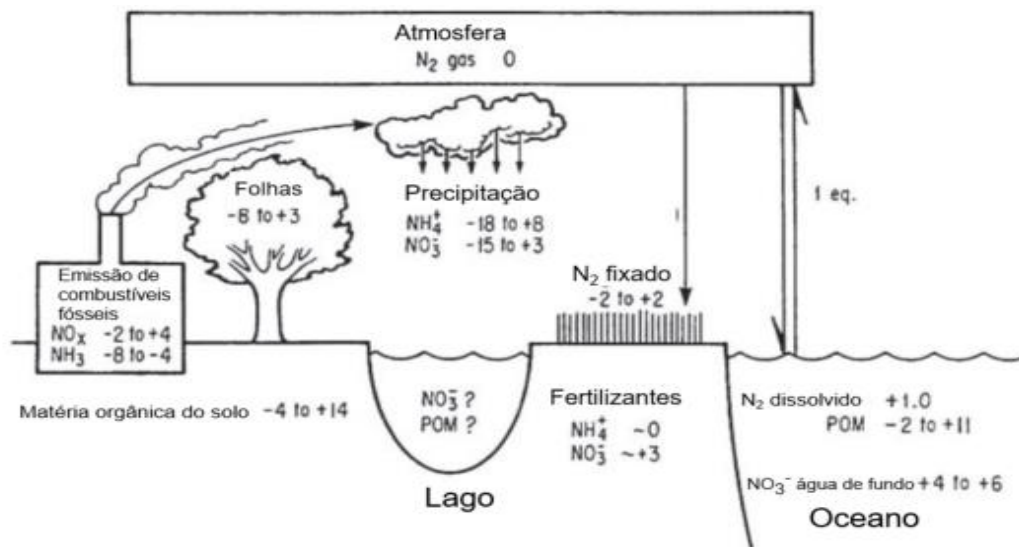
$R_{\text{amostra}}$  = razão isotópica da amostra (por exemplo: no caso do carbono,  $R_{\text{amostra}} = ([^{13}\text{C}]/[^{12}\text{C}])_{\text{amostra}}$ ; no caso do nitrogênio  $R_{\text{amostra}} = ([^{15}\text{N}]/[^{14}\text{N}])_{\text{amostra}}$ );

$R_{\text{padrão}}$  = razão isotópica do padrão do padrão (por exemplo: no caso do carbono,  $R_{\text{padrão}} = ([^{13}\text{C}]/[^{12}\text{C}])_{\text{PDB}}$ , sendo PDB = Pee Dee Belemnite; no caso do nitrogênio  $R_{\text{padrão}} = ([^{15}\text{N}]/[^{14}\text{N}])_{\text{Ar}}$ ).

Durante a transferência dos elementos através de processos bióticos (respiração, fotossíntese, metabolismo etc.) e abióticos (precipitação, evaporação, congelamento etc.), há um fracionamento dos isótopos estáveis presentes nas diferentes matrizes (Figura 1).

Isso ocorre porque os átomos mais leves (ex.:  $^{12}\text{C}$  e  $^{14}\text{N}$ ) são preferencialmente assimilados em relação aos mais pesados (ex.:  $^{13}\text{C}$  e  $^{15}\text{N}$ ; (FRY, 2006). Assim, diferentes compartimentos terão razões isotópicas distintas, sendo essas dependentes dos processos de assimilação e passagem dos isótopos entre os meios (REESE et al., 2019).

O uso da técnica de avaliação dos isótopos é uma ferramenta útil para entender processos fisiológicos e variações ambientais (ANDERSON;



**Figura 1-** Distribuição de  $\delta^{15}\text{N}$  nos ecossistemas. Setas simples indicam fluxos das formas de nitrogênio. A seta dupla significa um fracionamento isotópico equilibrado. Os números ao lado das matrizes indicam valores de  $\delta^{15}\text{N}$  (‰). Adaptado do FRY, 2006

FOURQUREAN, 2003; HEMMINGA; MATEO, 1996). Estudos sobre a abundância e assinatura isotópica em plantas e organismos de nível trófico superior favorecem o entendimento da teia alimentar em diversos ecossistemas (BAETA, 2014; BLANKE et al., 2017; DECOTTIGNIES et al., 2007; POST, 2002). Também podem ser usados para descobrir a origem da matéria orgânica em sistemas marinhos (VOLKMAN, 2006).

O  $\delta^{13}\text{C}$  dos organismos marinhos fotossintetizantes é dependente da razão isotópica do carbono inorgânico dissolvido na água. Este se apresenta sob três formas:  $\text{CO}_2^{\text{aq}}$ ,  $\text{HCO}_3^-$  e  $\text{CO}_3^{2-}$ . O  $\text{CO}_2^{\text{aq}}$ , quando comparado ao  $\text{CO}_2$  gasoso, é empobrecido em  $^{13}\text{C}$ ; e o  $\text{HCO}_3^-$  e o  $\text{CO}_3^{2-}$  são enriquecidos (PANCOST; PAGANI, 2006). O carbono orgânico de origem marinha apresenta um valor de  $\delta^{13}\text{C}$  variando de -23 a -12 ‰, enquanto o  $\delta^{15}\text{N}$  do  $\text{NO}_3^-$  dissolvido varia entre 7 e 10 ‰ (SCHUBERT; CALVERT, 2001; ZHOU et al., 2006). As gramas marinhas têm assinaturas isotópicas variando entre -11‰ e 9‰ (WALTON et al., 2016). Entretanto, a presença de atividades humanas pode mudar a razão isotópica do meio e, por consequente, dos organismos de toda a cadeia trófica (HYNDES; HANSON; VANDERKLIFT, 2013; OLSEN et al., 2010).

É esperado que efluentes antrópicos não tratados apresentem valores mais altos de  $\delta^{15}\text{N}$  em relação a fonte de nitrogênio atmosférico que é a mais predominante em locais pouco antropizados (LASSAUQUE et al., 2010). No estudo de ANISFELD et al. (2007), o valor de  $\delta^{15}\text{N}$  via deposição atmosférica foi

cerca de -3 ‰, enquanto esgoto teve valor de aproximadamente 11 ‰. As plantas podem exibir uma variedade de composições isotópicas, dependendo das condições ambientais (WADA; MIZUTANI; MINAGAWA, 1991).

#### **1.4. Ilha de Itaparica**

A Ilha de Itaparica apresenta importância social, histórica, econômica e ecológica ao país (SANTOS, 2011; VIEIRA, 2012). Em suas margens estão presentes unidades biológicas importantes como manguezais, corais, apicuns, gramas marinhas etc. (BARROS et al., 2012; REIS-FILHO et al., 2019).

Dentre as 56 ilhas da Baía de Todos os Santos (BTS), a Ilha de Itaparica (Figura 2) é a maior. Essa é dividida em dois municípios: Itaparica e Vera Cruz. A população da primeira é de 22.114 habitantes, os quais 50 % dispõem de esgotamento sanitário. Em Vera Cruz, dos 37.567 habitantes, apenas 25 % possuem coleta de esgoto, enquanto que em Salvador mais de 90 % da população tem esgotamento sanitário adequado (IBGE, 2019).

Cerca de 40 % da linha de costa oeste da ilha, está altamente ocupada (acima de 67 % da área) por construções fixas. A maioria destas foram construída nos últimos 50 anos (NASCIMENTO, 2012). Estudos realizados em ambientes costeiros da Ilha de Itaparica apresentaram altas concentrações de nitrato (SOUZA; SILVA, 2015) e contaminação por Hidrocarbonetos Policíclicos Aromáticos (DE ALMEIDA et al., 2018; SANTOS, 2012).

## 2 OBJETIVOS

O objeto principal desse trabalho é avaliar a influência do esgoto doméstico sobre as pradarias de *Halodule wrightii* nos arredores da ilha de Itaparica (Bahia, Brasil) através da análise de  $\delta^{15}\text{N}$  em indivíduos coletados em áreas com distintas situações de urbanização.

### 2.1. Objetivos específicos

- Avaliar se os tipos de esgotamentos preponderantes nas regiões amostradas influenciam nos resultados de  $\delta^{15}\text{N}$ ;
- Interpretar como os parâmetros demográficos influenciam nos dados químicos e na densidade de gramas.
- Aferir se há correlação entre a densidade de eixos das gramas com os valores  $\delta^{15}\text{N}$ ;

### 3 METODOLOGIA

#### 3.1. Descrição da área de estudo

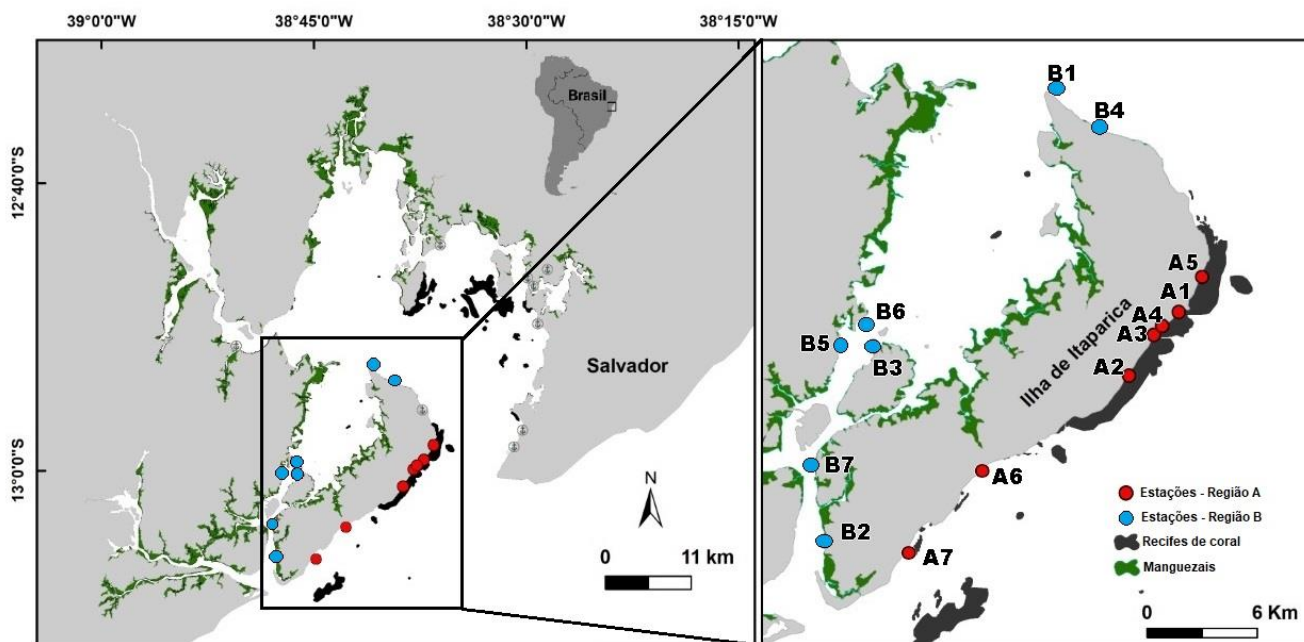
A BTS (Figura 2), com uma área aproximada de 1200 km<sup>2</sup>, é a segunda maior baía do Brasil (CIRANO; LESSA, 2007). Seu clima é classificado como tropical úmido, com temperatura média anual de 24° C e mensais variando de 21° C a 26° C (LESSA et al., 2009). A precipitação anual média na baía é de 2144 mm. Entre abril e julho ocorre o período de maior precipitação (média mensal = 272 mm; umidade relativa - UR - variando de 78 % a 85 %). Entre agosto e março, ocorre o período de menor precipitação (média mensal = 132 mm; UR variando de 72 % a 75 % (INMET, 2019; SEDUR-BA, 2014; WEATHER SPARK, 2018). O padrão de ventos que ocorre na BTS é de fortes brisas marinhas de sudeste, que se iniciam pela manhã e intensificam-se à tarde; e de brisas continentais calmas de nordeste, comuns no verão, que se iniciam à noite e intensificam-se na madrugada (LESSA et al., 2009).

Na BTS, águas tropicais, com temperaturas maiores que 20 °C e salinidade acima de 36, ocorrem durante as estações secas. Águas Costeiras, mais fria e com salinidade inferior à 36, ocorrem principalmente nos meses de inverno (CIRANO; LESSA, 2007). A circulação na BTS se dá em função das ondas de maré. Essas são do tipo semi-diurnas, com amplitude de cerca de 2,7 m (LESSA et al., 2001). A onda de maré apresenta uma assimetria positiva na maior parte da baía, ou seja, com período de maré enchente maior que o de vazante (GENZ, 2006). Isso propicia maior capacidade de transporte de partículas durante a maré vazante devido a maior velocidade das correntes nesse período (LESSA et al., 2001).

A Ilha de Itaparica encontra-se a sudoeste da BTS, há 12 km de distância da capital baiana (Salvador, Figura 2). Ela é separada do continente pelo canal de Itaparica e pelo canal de Salvador, sendo delimitada pelas coordenadas 38°41'10"W e 12°53'00"S na ponta ao norte de 13°07'30" e 38°46'50"W na ponta ao sul.

As gramas foram coletadas em áreas recifais (Região A, Figura 2) e não recifais (Região B, Figura 2). Na Região B, os bancos de grama marinha estão protegidos da ação das ondas por estarem voltadas para o interior da BTS.

Visivelmente, as praias da Região A são arenosas, em contraste com os locais da Região B (exceto Itaparica e Amoreiras) que tendem a uma granulometria mais fina e com ocorrência de manguezais nas proximidades.



**Figura 2** - Localização geográfica da Baía de Todos os Santos (BTS, Bahia, Brasil), da Ilha de Itaparica e dos pontos amostrados no presente estudo. (A1 - Penha; A2 - Barra do Pote; A3 - Barra do Gil 1; A4 - Barra do Gil 2; A5 - Mar Grande; A6 - Pedrão; A7 - Aratuba; B1 - Itaparica; B2 - Catu; B3 - Matarandiba; B4 - Amoreiras; B5 - Cações; B6 - Mutá; B7 - Jiribatuba)

### 3.2. Amostragem

Os locais de amostragem foram definidos previamente utilizando o *Google Earth*, onde foram buscados padrões de imagens dos bancos gramas marinha. Buscou-se selecionar os pontos de maneira que houvesse metade das amostragens em cada região (A e B) e circundasse todo o perímetro da ilha. Todavia, não houve amostragens na costa oeste devido à baixa ocorrência dos bancos e à dificuldade de acesso com automóvel. Na Figura 2, Tabela 1 estão relacionadas as localizações geográficas dos pontos de coleta realizados no presente estudo.

Houve 3 períodos de coleta dos dados: os locais B1, A1 e A2 foram feitos entre 16 e 18 de junho de 2018 (outono). Entre 25 e 29 agosto (inverno) de 2018, houve amostragem nos locais A3, A4, A5, B2 e B3. Os demais foram coletados entre 04 e 07 de fevereiro (verão) de 2019.



**Tabela 1** - Localização geográfica dos locais de amostragem realizados no presente estudo

		Latitude (S)	Longitude (O)
Penha	A1	12°59'13"	38°37'11"
Barra do Pote	A2	13°01'05"	38°38'39"
Barra do Gil 1	A3	12°59'53"	38°37'56"
Barra do Gil 2	A4	12°59'37"	38°37'40"
Mar Grande	A5	12°58'11"	38°36'30"
Pedrão	A6	13°03'30"	38°42'27"
Aratuba	A7	13°05' 42"	38°44'54"
Itaparica	B1	12°52'38"	38°40'46"
Catu	B2	13°05'58"	38°47'36"
Matarandiba	B3	13°00'14"	38°46'10"
Amoreiras	B4	12°53'54"	38°39'28"
Cações	B5	13°00'15"	38°47'09"
Mutá	B6	12°59'28"	38°46'31"
Jiribatuba	B7	13°04'08'	38°47'49"

As amostragens foram realizadas em maré baixa diurna de sizígia, onde os bancos estavam emersos, em lagunas rasas, ou submersos a uma profundidade inferior a 2 m.

Em cada local retirou-se, manualmente, 3 réplicas de indivíduos. A réplica amostral (indivíduo) é composta de um fragmento de rizoma com um ou mais eixos, folhas e raízes. Logo após, foram embalados em papel alumínio e condicionados a -20 °C. O espaçamento entre as amostragens foi aleatório, de forma que cada réplica fosse coletada em bancos diferentes. Em B1 o espaçamento entre os bancos foi perpendicular em relação a linha de costa, por causa da morfologia da praia e posicionamento dos bancos. Nos outros locais, as amostragens tenderam a ser mais paralelas em relação a linha de costa e com distância aleatória entre os bancos.

Para estimação da densidade, foi realizada a amostragem através de *corer* de PVC com 0,1 m de diâmetro (área = 0,00785 m<sup>2</sup>). Em A6, A7 e B6 não houve amostragens por causa das limitações logísticas e de tempo. Nos demais 11 locais, amostrou-se 4 réplicas, cada uma em um banco distinto, totalizando 44 amostras. O espaçamento entre as amostragens foi aleatório, exceto em B1, como descrito no parágrafo anterior. As gramas marinhas foram lavadas *in situ* na própria água do mar, através de uma peneira, para remover sedimento e

detritos fixados nas plantas. O valor de densidade foi gerado através da contagem de eixos de *H. wrightii* em cada amostra. A quantidade de eixos contada foi padronizada a uma área de 1 m<sup>2</sup> para facilitar compreensão sobre a cobertura.

### 3.3. Análise isotópica

Em laboratório, as amostras foram liofilizadas por 8 horas e 30 minutos à vácuo de 0,53 mbar. Após estarem secas, as gramas foram maceradas. Cerca de 2,0 mg de cada amostra, pesados em balança analítica, foram encapsuladas em capsulas de estanho. As assinaturas isotópicas (carbono e nitrogênio) e o nitrogênio total nas gramas marinhas (NT) foram analisados em um analisador elementar acoplado ao espectrômetro de massas de razão isotópica 887 Professional UV/VIS Detector da Metrohm no Núcleo de Estudos Ambientais (NEA) do Instituto de Geociências (IGEO) da Universidade Federal da Bahia (UFBA).

Os teores de NT, expressos em porcentagem (%), foram calculadas baseadas em uma curva de calibração construída a partir de três padrões com concentrações distintas (USGS40, USGS41 e Acetnilida;  $R^2 > 0,99$ ). A recuperação dos padrões para essa variável variou de 90 a 107 %. A calibração para as análises isotópicas do nitrogênio total foi feita através desses mesmos padrões. A razão isotópica de nitrogênio foi expressa na notação  $\delta^{15}\text{N}$ . A avaliação da repetibilidade dessa variável foi realizada através da análise em triplicata de uma amostra padrão ( $\delta^{15}\text{N} = -4,50 \text{ ‰}$ ). O valor médio encontrado foi  $-4,50 \pm 0,23 \text{ ‰}$ .

### 3.4. Dados demográficos

As informações demográficas foram adquiridas no banco de dados do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) e são referentes ao censo nacional de 2010. Foram levantados os dados de densidade demográfica (residentes km<sup>-2</sup>), domicílios ocupados e domicílios não ocupados de uso ocasional (Tabela 2). Os dados são dispostos por setores que delimitam áreas urbanas nos municípios (Anexo A, Anexo B, Anexo C).

Estes setores não possuem valores de área padronizados, ou seja, a amostragem realizada é demarcada por unidades de perímetro aleatórias, demarcado zonas urbanas. Foi possível obter o dado referente a área de cada setor em km<sup>2</sup> através da divisão do valor da densidade demográfica pela quantidade de residentes. Assim foi praticável estimar a quantidade de domicílios por km<sup>2</sup> (Tabela 2) em cada setor, dividindo os valores de residências fixas pelo dado de área calculado.

O valor do uso ocasional dos domicílios (% , Tabela 2) foi gerado através da porcentagem de residências de uso ocasional em relação a quantidade de residências fixas totais.

A classificação dos locais quanto o tipo de esgotamento sanitário predominante, foi realizada através de interpretações de mapas do Relatório de Diagnóstico da ilha de Itaparica, realizado pela SEDUR-BA em 2014 (Anexo D, Anexo E, Anexo F). Os grupos de Tipo de Esgotamento foram divididos em (Tabela 2):

- Rede de esgoto (RE): localidades em que há coleta de esgoto cujos resíduos devem passar por processos de tratamentos, antes de serem descartados no ambiente. Os locais identificados com esse tipo de esgotamento foram Mar Grande (A5) e Itaparica(B1).
- Fossa séptica (FS): taque impermeável que armazena o esgoto bruto cuja matéria orgânica será mineralizada pelos próprios microrganismos presentes no efluente. O produto gerado no processo, deve ser coletado pelo menos uma vez por ano. Os locais que possuem predominância desse esgotamento são Penha (A1) e Pedrão (A6).
- Fossa Rudimentar (FR): também são conhecidas como fossas negras, servem somente como tanque reservatório. É comum serem permeáveis e permitirem vazamento do resíduo que pode contaminar corpos hídricos, sobretudo o lençol freático. Em muitos locais no Brasil, este tipo de esgotamento é proibido devido ao potencial impacto ambiental que pode provocar. Este tipo de esgotamento é o mais predominante na Ilha de Itaparica e foi encontrado em Barra do Pote (A2), Barra do Gil 1 (A3),

Barra do Gil 2 (A4), Aratuba (A7), Catu (B2), Matarandiba (B3), Amoreiras (B4) e Jiribatuba (B7).

As localidades de Mutá (B5) e Cações (B6) pertencem ao município de Jaguaripe o qual não é contemplado pelo relatório citado como referência. Não foram encontrados relatórios que apresentem os tipos de esgotamento preponderante em cada localidade do município de Jaguaripe.

### **3.5. Análise estatística**

Os dados da análise descritiva de média, mínimo, máximo e desvio padrão de todos os dados químicos e da estimativa de densidade de *H. wrightii* foram obtidos através do *software* BioEstat 5.3 (AYRES et al., 2007).

Para verificar a relação entre os valores de  $\delta^{15}\text{N}$  e da estimativa de densidade de *H. wrightii* com os demais parâmetros, foi utilizado o teste de correlação de Pearson. A comparação das variáveis com os locais de amostragem, reorganizados em grupos, foi feita através da Análise de variância (ANOVA) e teste T, os quais foram processados no *software* STATISTICA10. As variáveis dependentes analisadas ( $\delta^{15}\text{N}$  e da estimativa de densidade de *H. wrightii*) foram comparadas com grupos: Regiões (A (com presença de recife) e B (sem presença de recife) e Tipos de esgotamento (Rede de esgoto, Fossa séptica e Fossa rudimentar). Essas variáveis também foram comparadas entre as estações.

## 4 RESULTADOS

### 4.1. Ocupação humana

Na Tabela 2, apresenta-se os dados do tipo de esgotamento sanitário, densidade demográfica, ocupação domiciliar e uso ocasional dos domicílios encontrados nos setores próximos às áreas de amostragem realizadas no presente estudo. Os maiores valores de densidade demográfica e ocupação domiciliar foram encontradas para A5 (7393 hab. km<sup>-2</sup> e 4616 dom. km<sup>-2</sup>, respectivamente). Esse local também apresentou os menores índices de uso ocasional dos domicílios (27 %), o que representa mais residentes fixos. Já os menores valores de densidade demográfica e ocupação domiciliar foram encontrados para B7 (3 hab. km<sup>-2</sup> e 5 dom. km<sup>-2</sup>, respectivamente). Embora essa região também tenha apresentado altas porcentagens de uso ocasional de domicílios (63 %), esse índice foi maior em A4 (74 %), A6 (72 %), B1 (71 %) e B2 (66 %).

**Tabela 2-** Tipo de esgotamento, densidade demográfica (habitantes km<sup>-2</sup>), ocupação domiciliar (domicílios km<sup>-2</sup>) e uso ocasional dos domicílios (%) nos povoados próximos aos locais de amostragem. FR = Fossa rudimentar, RE = Rede de esgoto, FS = Fossa séptica, S/D = Sem dados

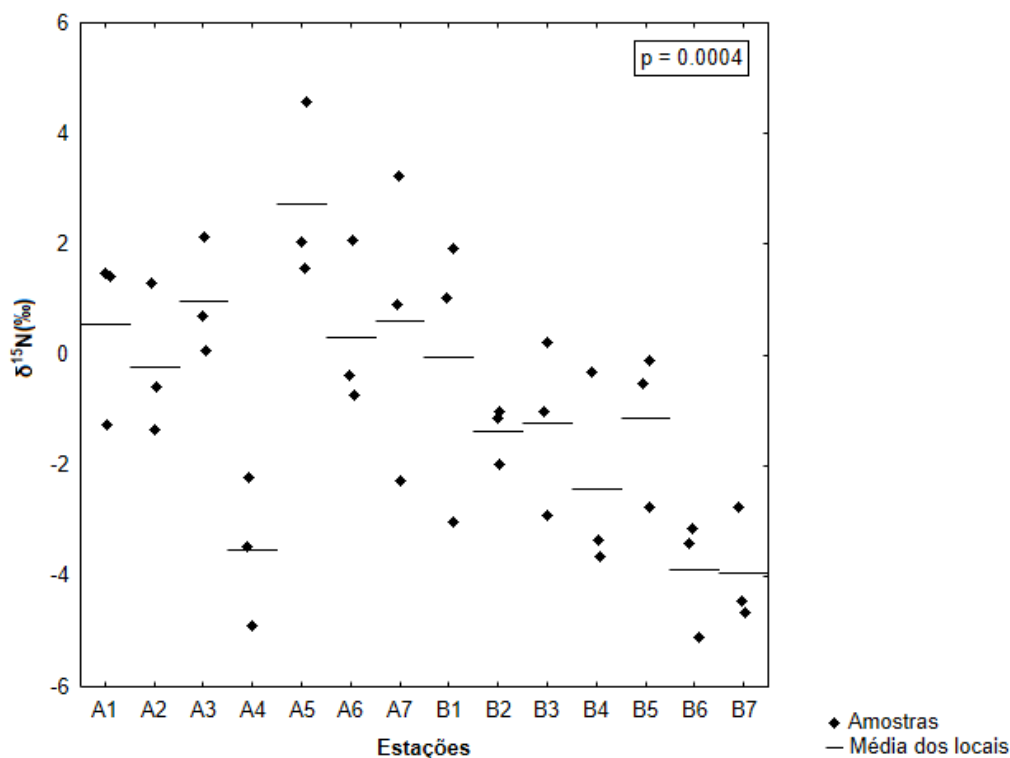
Locais	Tipo de esgotamento	Densidade demográfica	Ocupação domiciliar	Uso ocasional dos domicílios
Penha (A1)	FS	993	993	39
Barra do Pote (A2)	FR	1493	2048	66
Barra do Gil 1 (A3)	FR	2703	2157	52
Barra do Gil 2 (A4)	FR	216	523	74
Mar Grande (A5)	RE	7396	4616	27
Pedrão (A6)	FS	313	403	72
Aratuba (A7)	FR	2332	2648	53
Itaparica (B1)	RE	2387	2596	71
Catu (B2)	FR	24	21	49
Mataradiba (B3)	FR	1379	807	41
Amoreiras (B4)	FR	2094	1180	43
Cações (B5)	S/D	368	267	47
Muta (B6)	S/D	1695	1238	48
Jiribatuba (B7)	FR	3	5	63

#### 4.2. Nitrogênio total, $\delta^{13}\text{C}$ e $\delta^{15}\text{N}$

Na Tabela 3 estão os valores das concentrações médias de NT,  $\delta^{13}\text{C}$  e  $\delta^{15}\text{N}$  encontradas em cada estação. No Apêndice A estão apresentados os resultados obtidos em cada amostra analisada. As concentrações de NT variaram de  $0,88 \pm 0,12\%$  (B5) a  $1,63 \pm 0,71\%$  (B3), sendo o valor médio  $1,16 \pm 0,18\%$ . Observa-se que tanto os valores máximos, quanto os mínimos, ocorreram para a Região B. B3 apresentou os maiores valores das duas variáveis.

As médias de  $\delta^{13}\text{C}$  variaram de  $-10,1 \pm 0,81\text{‰}$  (A5) a  $-6,23 \pm 2,78$  (A4). Seu valor médio para todas as amostras foi de  $-8,44 \pm 2,69\text{‰}$ . Os valores de  $\delta^{15}\text{N}$  variaram de  $-3,95 \pm 1,04\text{‰}$  (B7) a  $2,73 \pm 1,62\text{‰}$  (B5; Figura 3). O valor médio encontrado de  $\delta^{15}\text{N}$  foi  $-0,90 \pm 0,60\text{‰}$ . A análise de variância dos valores de  $\delta^{15}\text{N}$  apresentou diferença significativa ( $p < 0,05$ ) entre as estações ( $F_{(13,28)} = 4,5082$ ;  $p = 0,0004$ ).

O teste Tukey mostrou que apenas A5 apresentou diferença significativa entre outras estações. Estas foram: A4, B4, B6 e B7.

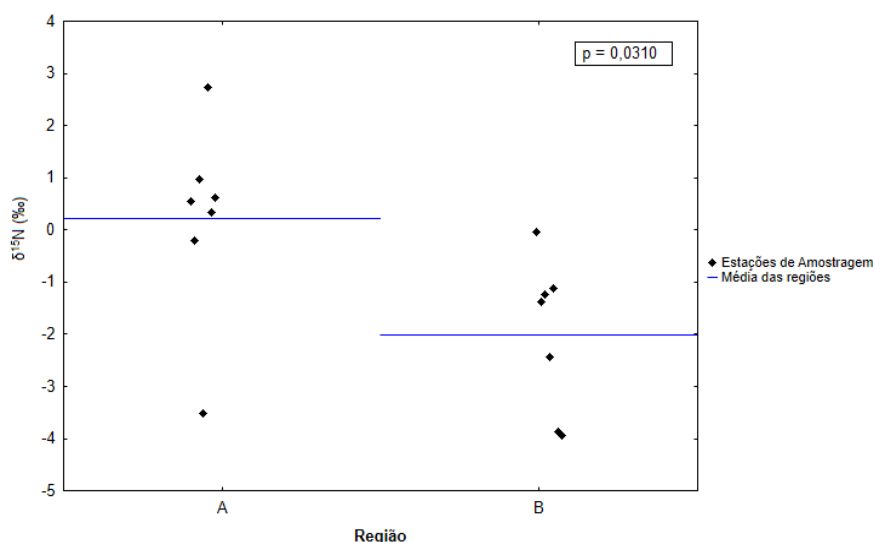


**Figura 3** - Variação de  $\delta^{15}\text{N}$  entre as estações de amostragem

**Tabela 3** - Valores médios das concentrações da razão isotópica de carbono ( $\delta^{13}\text{C}$ , ‰), da razão isotópica de nitrogênio ( $\delta^{15}\text{N}$ , ‰) e Nitrogênio Total (NT, %)

Local	$\delta^{13}\text{C}$	$\delta^{15}\text{N}$	NT
Penha (A1)	$-9.04 \pm 2.72$	$0.54 \pm 1.56$	$1.41 \pm 0.23$
Barra do Pote (A2)	$-7.58 \pm 3.36$	$-0.21 \pm 1.37$	$1.61 \pm 0.14$
Barra do Gil 1 (A3)	$-8.47 \pm 2.58$	$0.97 \pm 1.05$	$1.35 \pm 0.55$
Barra do Gil 2 (A4)	$-6.23 \pm 2.78$	$-3.53 \pm 1.33$	$1.11 \pm 0.32$
Mar Grande (A5)	$-10.1 \pm 0.81$	$2.73 \pm 1.62$	$1.00 \pm 0.16$
Pedrao (A6)	$-7.88 \pm 5.32$	$0.33 \pm 1.51$	$0.96 \pm 0.14$
Aratuba (A7)	$-9.82 \pm 0.31$	$0.62 \pm 2.76$	$0.93 \pm 0.21$
Itaparica (B1)	$-9.79 \pm 1.42$	$-0.03 \pm 2.63$	$1.36 \pm 0.27$
Catu (B2)	$-8.06 \pm 1.91$	$-1.38 \pm 0.51$	$1.10 \pm 0.12$
Matarandiba (B3)	$-6.94 \pm 3.78$	$-1.23 \pm 1.58$	$1.63 \pm 0.71$
Amoreiras (B4)	$-6.96 \pm 1.92$	$-2.43 \pm 1.84$	$0.92 \pm 0.23$
Cações (B5)	$-7.65 \pm 3.77$	$-1.13 \pm 1.42$	$0.88 \pm 0.12$
Mutá (B6)	$-9.58 \pm 3.21$	$-3.88 \pm 1.07$	$0.92 \pm 0.11$
Jiribatuba (B7)	$-9.84 \pm 4.10$	$-3.95 \pm 1.04$	$1.14 \pm 0.14$
Média Total	$-8.44 \pm 2.69$	$-0.90 \pm 0.60$	$1.16 \pm 0.18$
Média da Região A	$-8.45 \pm 1.35$	$0.21 \pm 0.54$	$1.19 \pm 0.15$
Média da Região B	$-8.40 \pm 1.09$	$-2.01 \pm 0.68$	$1.13 \pm 0.22$

A média das médias dos valores obtidos para a Região A ( $0,21 \pm 0,54\text{‰}$ ) foi maior que dos pontos da Região B ( $-2,01 \pm 0,68\text{‰}$ ) (Figura 4). A análise de variância mostrou que houve diferença significativa ( $p < 0,005$ ) entre as regiões ( $F_{(1,12)} = 6$  e  $p = 0,0310$ ).



**Figura 4** - Variação de  $\delta^{15}\text{N}$  (‰) entre Região A e Região B

Entretanto, a classificação sobre o tipo de esgotamento não foi significativa ( $p > 0,005$ ) ( $F_{(2,9)} = 2,45$ ;  $p = 0,1414$ ) (Figura 5).

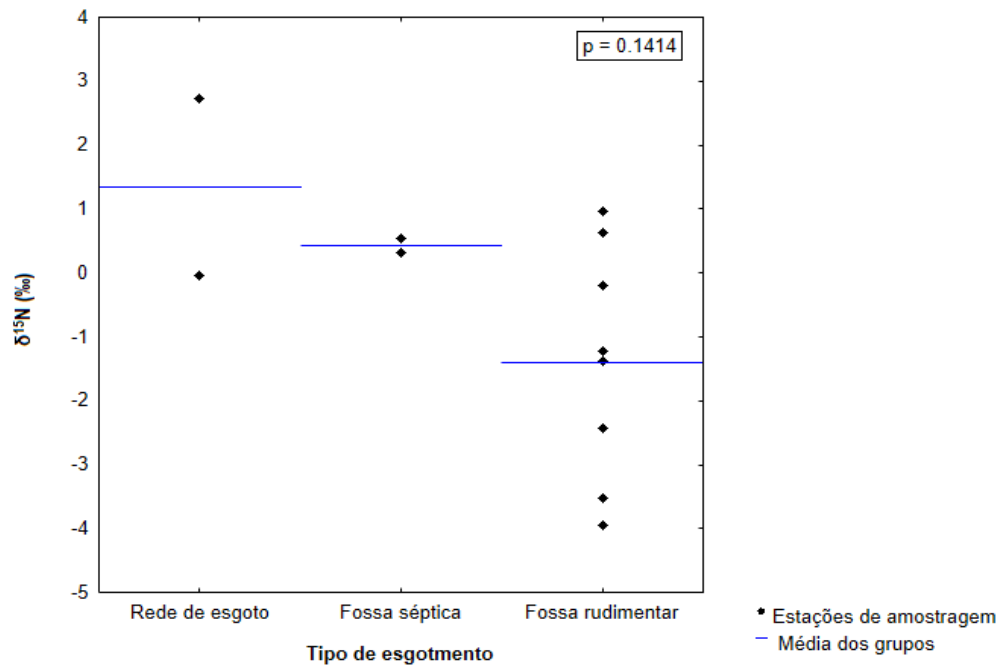


Figura 5 - Variação de  $\delta^{15}\text{N}$  (‰) entre os tipos de esgotamento

#### 4.3. Densidade de eixos de *Halodule wrightii*

A média geral dos eixos de grama marinha foi de  $6256 \pm 2149$  eixos  $\text{m}^{-2}$ . O valor mínimo foi encontrado em A4 ( $1847 \pm 886$  eixos  $\text{m}^{-2}$ ) e o maior em A1 ( $8964 \pm 1376$  eixos  $\text{m}^{-2}$ ) (Figura 6). No Apêndice B estão apresentados os valores de cada amostra.

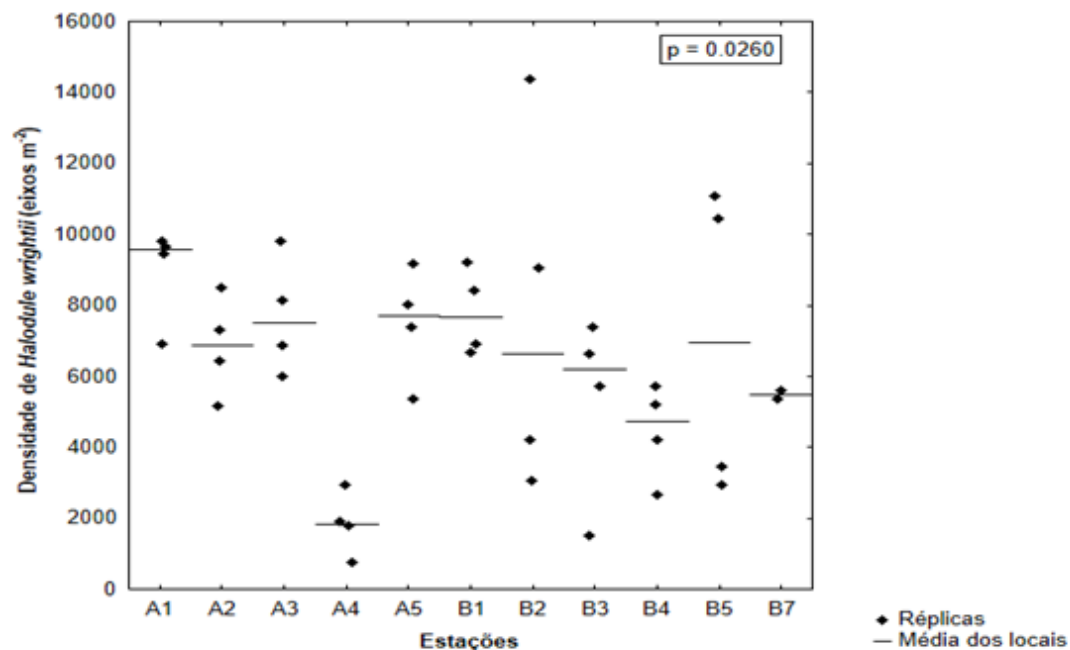
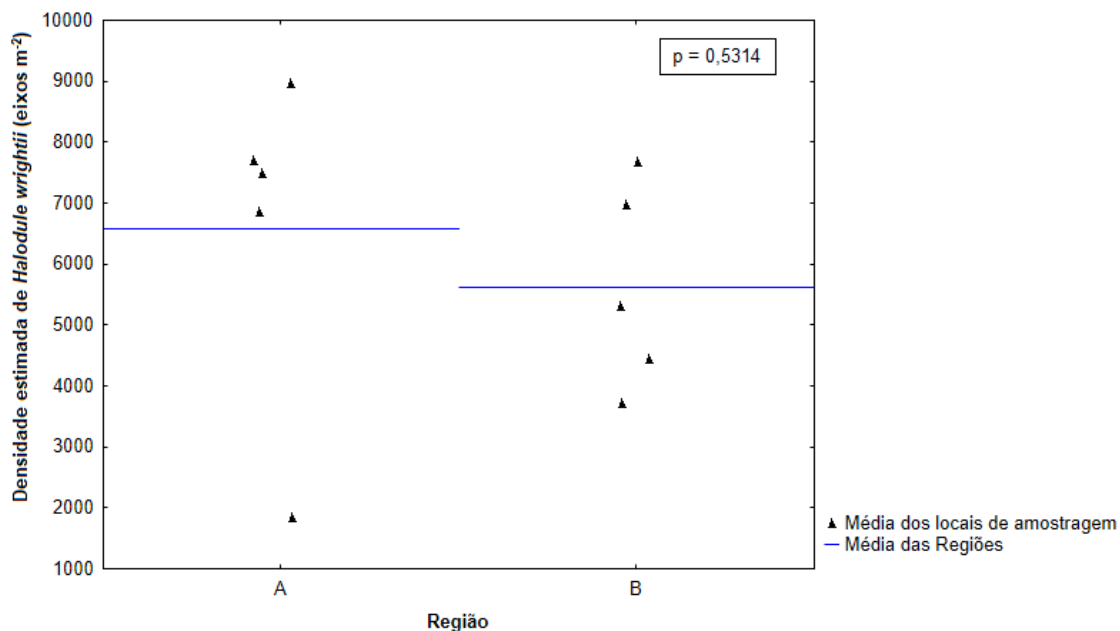


Figura 6 - Variação da densidade estimada de *Halodule wrightii* (eixos  $\text{m}^{-2}$ ) entre as estações



Os valores médios extremos (mínimos e máximos) pertencem a Região A ( $6671 \pm 2750$  eixos  $m^{-2}$ ), a qual possui média estatisticamente igual a Região B ( $5993 \pm 1734$  eixos  $m^{-2}$ ) (Figura 7). Além disso, na Região B, os menores valores foram encontrados em B7 ( $3726 \pm 2031$  eixos  $m^{-2}$ ) e os maiores em B1 ( $7808 \pm 1223$  eixos  $m^{-2}$ ).



**Figura 7** - Densidade estimada de *Halodule wrightii* (eixos  $m^{-2}$ ) entre as Regiões A e B

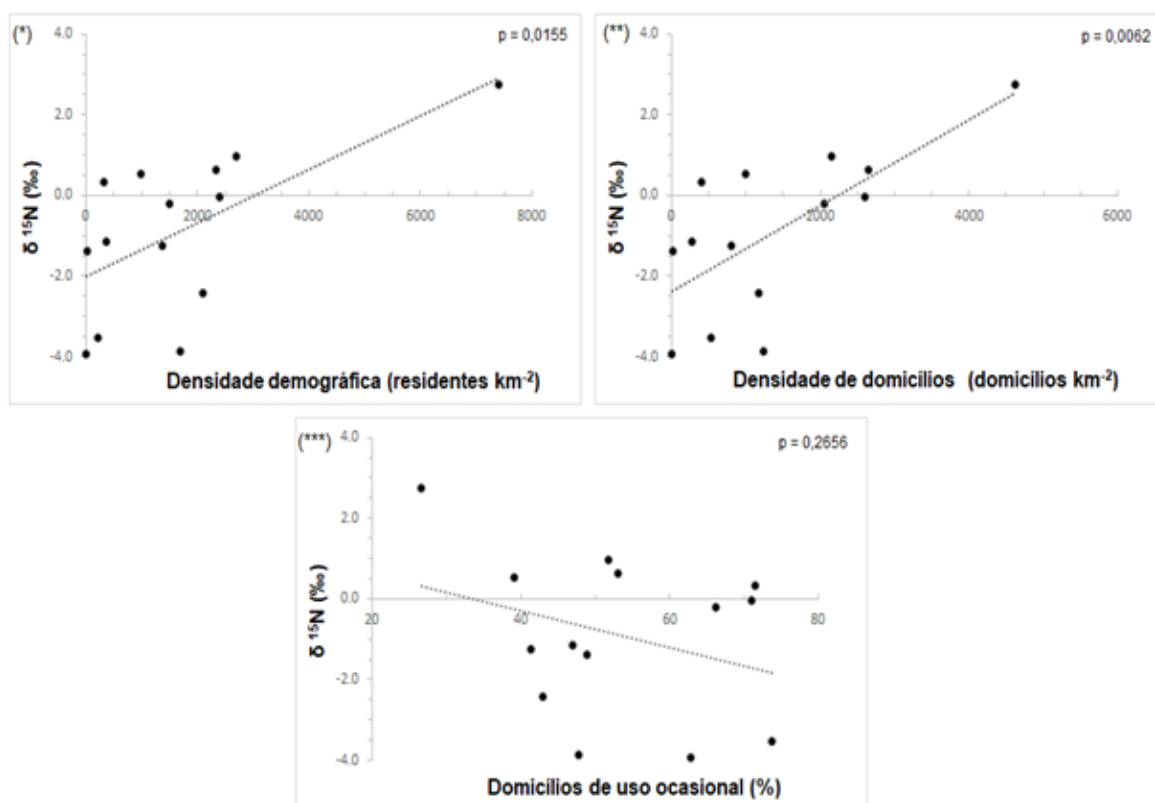
Os dados de  $\delta^{13}C$  ( $r = -0,5112$ ;  $p = 0,1079$ ) e NT ( $r = 0,2340$ ;  $p = 0,8462$ ) não apresentaram diferença significativa na densidade dos bancos de *H. wrightii*. Isto também ocorreu com os dos dados demográficos (Densidade demográfica ( $r = 0,3219$ ;  $p = 0,3344$ ), Densidade de domicílios ( $r = 0,3947$ ;  $p = 0,2295$ ) e Uso ocasional ( $r = -0,4203$ ;  $p = 0,1979$ )).

#### 4.4. Correlação de Pearson entre $\delta^{15}N$ e os demais parâmetros avaliados

Na Tabela 4, estão as correlações de Pearson realizadas entre os valores de  $\delta^{15}N$  e aqueles encontrados nas demais variáveis. Observa-se que houve correlação significativa moderada ( $0,5 < r < 0,8$ ;  $p < 0,05$ ) deste parâmetro com densidade demográfica ( $r = 0,63$ ;  $p = 0,0155$ ) (Figura 8) e densidade de domicílios ( $p = 0,0062$ ;  $r = 0,69$ ) (Figura 8).

**Tabela 4** - Resultados da análise de correlação de Pearson entre os valores de  $\delta^{15}\text{N}$  (razão isotópica de nitrogênio) com todos os demais parâmetros avaliados. O r representa o valor de correlação; p o valor de probabilidade estatística; Razão isotópica de carbono ( $\delta^{13}\text{C}$ )

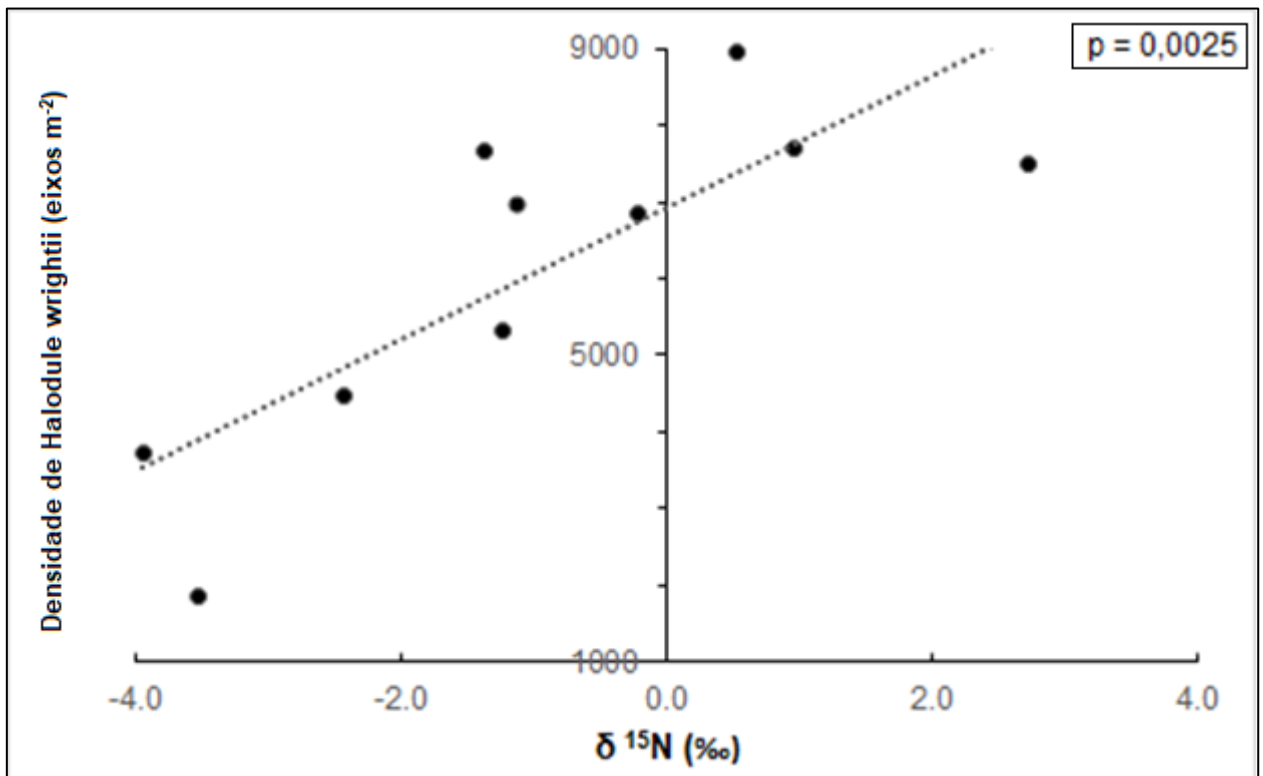
Parâmetros vs $\delta^{15}\text{N}$	r	p
$\delta^{13}\text{C}$	-0,21	0,1886
Nitrogênio Total	0,18	0,5348
Densidade demográfica	0,63	<b>0,0155</b>
Densidade de domicílios	0,69	<b>0,0062</b>
Uso ocasional	-0,32	0,2656
Densidade de gramas marinhas	0,81	<b>0,0025</b>



**Figura 8** - Dispersão com linhas de tendência entre (\*) Densidade demográfica x  $\delta^{15}\text{N}$  (‰), (\*\*) Densidade de domicílios (dom. km-2) x  $\delta^{15}\text{N}$  (‰), (\*\*\*) Domicílios de uso ocasional x  $\delta^{15}\text{N}$  (‰).

Não houve diferença significativa entre  $\delta^{15}\text{N}$  entre  $\delta^{13}\text{C}$  ( $r = -0,21$ ;  $p = 0,1886$ ) e NT ( $r = 0,18$ ;  $p = 0,5348$ ). Assim como também não houve com o Uso ocasional ( $r = -0,32$ ;  $p = 0,2656$ ).

Os valores de  $\delta^{15}\text{N}$  tiveram correlação significativa forte com a densidade de gramas marinhas ( $r = 0,81$ ;  $p = 0,0025$ ; Tabela 4; Figura 9).



**Figura 9** - Dispersão com linhas de tendência entre a estimativa da densidade média de *Halodule wrightii* (eixos  $\text{m}^2$ ) x com  $\delta^{15}\text{N}$  (‰)

## 5 DISCUSSÃO

### 5.1. Fatores demográficos

A média da densidade demográfica nas estações deste trabalho foi de 1671 hab. km<sup>-2</sup>. Quando comparada à média brasileira (22 hab. km<sup>-2</sup>) pode-se considerar muito alta. Porém, quando diminui a escala e se compara com uma metrópole como Salvador (3859 hab. km<sup>-2</sup>), pode ser considerada média (IBGE, 2010). A Região A (2207 hab. km<sup>-2</sup>) é quase duas vezes mais habitada que a Região B (1136 hab. km<sup>-2</sup>). Isso é reflexo dos atrativos turísticos que a costa leste da Ilha de Itaparica oferece.

Os dados de domicílios nos fornecem uma informação importante sobre a fluabilidade da população na Ilha de Itaparica. Em pelo menos metade das localidades investigadas, a quantidade de domicílios é maior ou igual a quantidade de habitantes. Isso significa que na maior parte do ano as residências estão desocupadas, diminuindo o possível impacto diário dos efluentes. Os valores de uso ocasional da Região A e B foram semelhantes (54,5 e 51,7 %), mas as maiores populações flutuantes pertencem a Região A (A4 (74 %) e A6 (72 %)). A terceira maior é B1 (71%) e, apesar de ser classificada como Região B, também pertence a costa leste, fomentando o caráter turístico desta parte da ilha.

### 5.2. Variação de NT, $\delta^{13}\text{C}$ e $\delta^{15}\text{N}$ no presente estudo

A entrada de nitrogênio no sistema contribuiu com o aumento de NT nas gramas marinhas em Toliara Beach (Madagascar) (LEPOINT et al., 2008). Neste local, a média do nitrogênio total (NT) para *Halodule* sp. foi de  $1,3 \pm 0,2$  %, enquanto no presente trabalho, a média foi semelhante:  $1,2 \pm 0,3$  %. Contudo, as estações com os maiores índices de adensamento populacional, não representaram os maiores valores de NT.

Trabalhos no mundo mostram que a média de  $\delta^{13}\text{C}$  para *Halodule wrightii* é cerca de  $-11,5 \pm 1,9$  ‰ (HEMMINGA; MATEO, 1996). No presente estudo, a média foi maior ( $-8,44 \pm 2,69$ ‰). Ambientes de alta luminosidade provocam menor fracionamento de carbono orgânico dissolvido (COD) durante o processo

de fotossíntese. Quanto maior a disponibilidade de luz, maiores serão os valores de  $\delta^{13}\text{C}$  encontrados na planta (HEMMINGA; MATEO, 1996). Como a Ilha de Itaparica está numa zona tropical, valores mais altos de  $\delta^{13}\text{C}$  já eram esperados.

A média de  $\delta^{13}\text{C}$  na Região A ( $-8,45 \pm 1,63\text{‰}$ ) foi estatisticamente igual a Região B ( $-8,40 \pm 1,09\text{‰}$ ). O esperado era que a Região B possuísse uma média menor por causa da presença de manguezais em 5 dos 7 locais de amostragem. A produção de detritos dos manguezais, aumentarão as taxas de decomposição e, portanto, de respiração (VOGEL, 1993). Isto resulta num aumento significativo das taxas de  $\text{CO}_2$  dissolvido na água e na depleção da sua assinatura isotópica. Outro viés para a expectativa de encontrar maiores valores na Região A, é acerca do uso de  $\text{HCO}_3^-$  ao invés do  $\text{CO}_2$  no processo de fotossíntese (HEMMINGA; MATEO, 1996).

O valor médio de  $\delta^{15}\text{N}$  encontrado em *H. wrightii* no presente trabalho ( $-0,90 \pm 1,99 \text{‰}$ ), foi baixo quando comparado ao encontrado na literatura. Em Bermuda  $1,6 \text{‰}$  (FOURQUIREAN et al., 2015) e em Madagascar  $2,7 \pm 0,4 \text{‰}$  (LEPOINT et al., 2008) para *Halodule* sp. e  $1,0 \text{‰}$  para *H. wrightii* na Flórida. Para *Zostera noltei* na Espanha, a média foi  $3 \pm 2$  (ROMÁN et al., 2019).

O local de amostragem das gramas marinhas, mostrou significância nos valores de  $\delta^{15}\text{N}$  no presente trabalho. Mesmo com espaçamentos pequenas entre as estações, tivemos grande diferenças entre as médias de  $\delta^{15}\text{N}$ . Por exemplo, A3 e A4 estão afastadas por menos de 1 km e a diferença de suas médias é cerca de  $4,5\text{‰}$ . Grandes variações também foram encontradas entre as réplicas de um mesmo local. Em A7 registramos variações de aproximadamente  $5,5\text{‰}$ . Grandes variações de  $\delta^{15}\text{N}$  nas amostras de um mesmo local, podem estar relacionadas com o tempo de emersão na maré baixa e a idade do indivíduo amostrado (SANDOVAL-GIL et al., 2016).

Grandes variações em um espaçamento amostral curto, também foram reportados por WALTON et al., 2016. O autor também justifica que valores muito negativos de  $\delta^{15}\text{N}$  em *Halodule* sp. são considerados anormais, mas parecem ser comuns em locais de escassez nutricional. Esse trabalho também apresentou diferença significativa de  $\delta^{15}\text{N}$  entre as folhas e rizomas. Contudo, em algumas amostras houve tendência de depleção de nitrogênio da folha para o rizoma. Isso pode justificar valores muito negativos no nosso trabalho, caso a

biomassa macerada que foi utilizada na análise isotópica tenha ficado com uma fração maior dos rizomas.

O comparativo entre as regiões A e B, mostrou que há diferença significativa nas razões de  $\delta^{15}\text{N}$ . Entretanto, o desenho amostral deste trabalho não é ortogonal, o que não permite isolar o efeito do tamanho populacional, maior na região A, de um possível efeito da diferença de fracionamento isotópico do nitrogênio entre áreas recifais e de manguezais. Por este motivo, o enriquecimento de  $\delta^{15}\text{N}$  na região A é atribuída à maior ocupação humana e não à entre os distintos habitats.

### **5.3. Influência da população humana nos valores de $\delta^{15}\text{N}$**

As gramas marinhas também são boas biomonitoras para avaliar alterações ambientais, sobretudo, aumento da carga nutricional de origem antrópica nos sistemas costeiros (LEPOINT et al., 2008). Uma das formas de identificar a influência do esgoto doméstico nos bancos de grama marinha é através da análise do  $\delta^{15}\text{N}$  da sua matéria orgânica (LASSAUQUE et al., 2010). A análise isotópica de  $\delta^{15}\text{N}$  em gramas marinhas coletadas nos arredores da Ilha de Itaparica respondeu à esta influência humana (presença de esgoto). Cada passo na cadeia trófica tende a enriquecer a fração pesada da matéria orgânica por que os isótopos mais leves são preferencialmente catabolizados (KORNEXL et al., 1997). Assim, é esperado que a assinatura isotópica de nitrogênio do esgoto seja maior que a do ambiente, uma vez que boa parte do nitrogênio presente no esgoto é oriundo de dejetos humanos. Este nitrogênio enriquecido de  $^{15}\text{N}$  (isótopo pesado) é usado na fotossíntese, alterando os valores da razão isotópica de nitrogênio encontrados em produtores primários (ANISFELD et al., 2007).

Os dados de densidade demográfica influenciaram significativamente nos valores de  $\delta^{15}\text{N}$  do nosso trabalho. Isto pode ser mostrado através de B7 que possui o menor adensamento populacional do nosso estudo (3 hab.  $\text{km}^{-2}$ ) e a menor média de  $\delta^{15}\text{N}$  ( $-3,95 \pm 1,04 \text{ ‰}$ ). Enquanto que em A5 há o oposto: adensamento populacional nesta localidade é cerca de 7400 hab. por  $\text{km}^{-2}$  e a média de  $\delta^{15}\text{N}$  registrado foi de  $2,73 \pm 1,62 \text{ ‰}$ . É esperado que quanto maior a quantidade de pessoas num local, maior será a produção de esgoto doméstico.

Portanto, o nitrogênio antropogênico está sendo disponibilizado de uma forma que as gramas marinhas podem estar alterando os valores de  $\delta^{15}\text{N}$  conforme a quantidade de pessoas no local de influência.

A análise dos valores de  $\delta^{15}\text{N}$  e densidade demográfica entre as regiões A e B fomenta a influência do nitrogênio oriundo de esgoto nas gramas marinhas das estações. A região A ( $0,21 \pm 0,54\text{‰}$ ), mais ocupada, teve valores de  $\delta^{15}\text{N}$  maiores que na Região B ( $-2,01 \pm 0,68\text{‰}$ ). A localidade menos ocupada na Região A é A4 (216 hab.  $\text{km}^{-2}$ ) e tem valor mais baixo de  $\delta^{15}\text{N}$  ( $-3,53 \pm 1,33\text{‰}$ ) da região. Enquanto a maior ocupação da Região B (B1 (2387 hab.  $\text{km}^{-2}$ )) também mostrou a média mais alta de  $\delta^{15}\text{N}$  ( $-0,03 \pm 2,63\text{‰}$ ).

Os dados estatísticos mostram que o  $\delta^{15}\text{N}$  é mais influenciado pela quantidade de domicílios do que pela quantidade de pessoas residentes. Este resultado pode estar relacionado com o tipo de esgotamento predominante nessas localidades. Fossas rudimentares podem apresentar vazamentos por não serem, necessariamente, impermeáveis (AYACH et al., 2009). Portanto, os dejetos armazenados durante a alta estação podem ser lixiviados nos períodos chuvosos para a praia. Além disso, pequenos vazamentos nas fossas podem funcionar como uma fonte crônica de esgoto não tratado.

Os resultados acerca do uso ocasional das residências servem para embasar o entendimento sobre a interferência da flutuabilidade na razão isotópica de nitrogênio. A ausência de relação entre o uso ocasional e  $\delta^{15}\text{N}$  ( $p = 0,2656$ ) reforça que não há diferença se a residência permanece ocupada o ano inteiro ou somente na alta estação.

Em relação ao tipo de esgotamento, já era esperado que a média de  $\delta^{15}\text{N}$  dos locais que possuem rede de esgoto fosse superior por que no processo de tratamento existe fracionamento isotópico em que o resíduo tratado fica enriquecido do isótopo mais pesado (XIAN et al., 2016). Contudo, era esperado que nas estações que possuem predominância da fossa séptica, a média encontrada para  $\delta^{15}\text{N}$  fosse inferior quando comparada aos valores das estações do grupo de fossa rudimentar. Esse resultado pode ser explicado por que o número de amostras do grupo FR é 4 vezes maior que o FS. Para obter um resultado mais próximo do real é necessário mais resultados para o grupo com “n amostral” menor, apesar da espacialidade ser prejudicada por que, majoritariamente, as moradias da Ilha de Itaparica possuem fossa séptica.

#### 5.4. Fatores que impactaram na densidade de *Halodule wrightii*

A diferença da estimativa de densidade dos bancos de *H. wrightii* entre as estações se mostrou significativa, apesar da grande variação nas próprias estações. Por exemplo, B2 mostrou desvio padrão de mais de 5000 eixos m<sup>-2</sup>. Provavelmente, as grandes diferenças entre as réplicas de um mesmo local são resultado das amostragens realizadas em bancos distintos. Grandes diferenças da densidade dos bancos, também foram observadas em estações próximas. A4 apresentou o menor valor de média entre os locais: 1847 ± 886 eixos m<sup>-2</sup>. Esta estação está a pouco mais de 1km de distância de A1 (8964 ± 1376 eixos m<sup>-2</sup>) que representou a maior estimativa da densidade. Estes extremos em pequenas distâncias podem indicar que os impactos locais como decantação de sedimento, ancoragem direta nos bancos (CREED; AMADO FILHO, 1999) ou descarga de esgoto são mais importantes às gramas marinhas do que parâmetros mais regionais como tipo de sedimento.

A correlação mais significativa encontrada em todo o trabalho foi da  $\delta^{15}\text{N}$  com a densidade das gramas ( $r = 0,8102$ ;  $p = 0,0025$ ). As análises estatísticas sugerem que, do ponto de vista de desenvolvimento do prado, as gramas marinhas estão sendo beneficiadas pela introdução do nitrogênio antropogênico, ao contrário do que foi revelado em outros trabalhos (FERNANDES et al., 2015; JONES, 2018; LEPOINT et al., 2008). Neles a abundância das gramas marinhas está relacionada a outros fatores. Uma possibilidade é que a disponibilização de altas cargas nutricionais pode favorecer o crescimento populacional de organismos fotossintetizantes, como as epífitas. Estas são algas parasitas que costumam se alojar nas folhas das gramas marinhas e competem por luz (BALATA et al., 2008; NELSON, 2017). *Blooms* de macroalgas aumentam a turbidez da água e competem por espaço e luz com as gramas marinhas (HAN; LIU, 2014).

É importante ressaltar que os locais de estudo desses outros trabalhos são em zonas muito mais urbanizadas que as estudadas na Ilha de Itaparica. Então, provavelmente, as regiões costeiras da ilha ainda não experimentaram cargas nutricionais tão intensas a ponto de diminuir a abundância das gramas.



## 6 CONCLUSÃO

Este trabalho, por seu caráter pioneiro, fornece um ponto de partida (*Baseline*) das razões isotópicas para um trabalho futuro de monitoramento na Ilha de Itaparica.

Os bancos de *Halodule wrightii* podem estar se beneficiando com aporte antropogênico de nutriente, depurando este resíduo. Contudo, o aumento da população humana e, conseqüentemente, do aporte de nutrientes, podem ser danosos e até mesmo causar o colapso dessas pradarias como já registrado por estudos em locais mais populosos.

A influência do esgoto doméstico neste ecossistema ficou evidenciada devido a correlação entre a quantidade de pessoas sobre a assinatura isotópica de nitrogênio nas gramas marinhas. Os efeitos do aumento ou redução das populações humanas, bem como do benefício de obras de saneamento básico podem ser acessados a partir das razões isotópicas de carbono e nitrogênio.

## 7 REFERÊNCIAS

- ABESSA, D. M. DE S. et al. **Efeitos ambientais da disposição oceânica de esgotos por meio de emissários submarinos: Uma revisão.** Mundo da Saude, v. 36, n. 4, p. 643–661, 2012.
- ALVES, Marcos Souto; TARARAM, Airton Santo. Estrutura da macrofauna vágil no ecossistema *Halodule wrightii* da Ilha de Itamaracá, nordeste do Brasil. 2000. Universidade de São Paulo, São Paulo, 2000
- ANDERSON, W. T.; FOURQUREAN, J. W. **Intra- and interannual variability in seagrass carbon and nitrogen stable isotopes from south Florida, a preliminary study.** Organic Geochemistry, v. 34, n. 2, p. 185–194, 2003.
- ANISFELD, S. C. et al. **Isotopic apportionment of atmospheric and sewage nitrogen sources in two connecticut rivers.** Environmental Science and Technology, v. 41, n. 18, p. 6363–6369, 2007.
- AYACH, L. R. et al. **Contaminação das águas subterrâneas por coliformes: um estudo da cidade de Anastácio-MS.** v. 4, p. 5–26, 2009.
- AYRES, M. et al. BioEstat - **Aplicações estatísticas nas áreas das ciências bio-médicas.** 2007.
- BAETA, A. B. V. **Food webs in intertidal ecosystems : a stable isotope approach and trophic network analysis.** Alexandra Baptista Vicente Baeta  
To cite this version : HAL Id : tel-00579775. 2014.
- BALATA, D. et al. **Comparison between epiphyte assemblages of leaves and rhizomes of the seagrass *Posidonia oceanica* subjected to different levels of anthropogenic eutrophication.** Estuarine, Coastal and Shelf Science, v. 79, n. 3, p. 533–540, 2008.
- BARROS, F. et al. **Habitats bentônicos na Baía de Todos os Santos.** Revista Virtual de Química, v. 4, n. 5, p. 551–565, 2012.
- BARROS, K. V. DE S. **Efeitos da variação sazonal do ecossistema *Halodule wrightii* Ascherson sobre comunidades bentônicas associadas, na praia das Goiabeiras, Fortaleza-CE.** Dissertação, p. 153 folhas, 2008.
- BLANKE, C. M. et al. **Comparing compound-specific and bulk stable nitrogen isotope trophic discrimination factors across multiple freshwater fish species and diets.** Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences, v. 74, n. 8, p. 1291–1297, 2017.
- BOUTTON, T. W. **Stable carbon isotope ratios of natural materials: II. Atmospheric, terrestrial, marine, nad freshwaatter environments.** In: COLEMAN, D. C.; FRY, B. (Ed.). Carbon isotopetechniques. San Diego: Academic, 1991.  
p. 173-185

BULMER, R. H. et al. **Elevated Turbidity and the Nutrient Removal Capacity of Seagrass**. *Frontiers in Marine Science*, v. 5, n. December, p. 1–9, 2018.

CASARES, F. A.; CREED, J. C. **Do Small Seagrasses Enhance Density, Richness, and Diversity of Macrofauna?** *Journal of Coastal Research*, v. 243, p. 790–797, 2008.

CIRANO, M.; LESSA, G. C. **Oceanographic characteristics of Baía de Todos os Santos, Brazil**. *Revista Brasileira de Geofísica*, 2007.

CREED, J. C.; AMADO FILHO, G. M. **Disturbance and recovery of the macroflora of a seagrass (*Halodule wrightii* Ascherson) meadow in the Abrolhos Marine National Park, Brazil: An experimental evaluation of anchor damage**. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, v. 235, n. 2, p. 285–306, 1999.

DE ALMEIDA, M. et al. **Distribution and sources of polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHs) in surface sediments of a Tropical Bay influenced by anthropogenic activities (Todos os Santos Bay, BA, Brazil)**. *Marine Pollution Bulletin*, v. 137, n. March, p. 399–407, 2018.

DECOTTIGNIES, P. et al. **Trophic interactions between two introduced suspension-feeders, *Crepidula fornicata* and *Crassostrea gigas*, are influenced by seasonal effects and qualitative selection capacity**. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, v. 342, n. 2, p. 231–241, 2007.

DUARTE, C. M. .; MIDDELBURG, J. J. .; CARACO, N. **Major role of marine vegetation on the oceanic carbon cycle**. *Biogeosciences Discussions*, v. 1, n. 1, p. 659–679, 2010.

FERNANDES, M. B. et al. **Coastal nitrogen plumes and their relationship with seagrass distribution**. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, v. 167, p. 390–403, 2015.

FERREIRA, C. et al. **The influence of salinity on growth, morphology, leaf ultrastructure, and cell viability of the seagrass *Halodule wrightii* Ascherson**. *Protoplasma*, v. 254, n. 4, p. 1529–1537, 2017.

FONSECA, M. S. **Sediment stabilization by *Halophila decipiens* in comparison to other seagrasses**. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, v. 29, n. 5, p. 501–507, 1989.

FOURQUREAN, J. W. et al. **Water quality, isoscapes and stoichioscapes of seagrasses indicate general P limitation and unique N cycling in shallow water benthos of Bermuda**. *Biogeosciences*, v. 12, n. 20, p. 6235–6249, 2015.

FRY, B. *Stable isotope ecology*. v. 46

GENZ, F. **Avaliação Dos Efeitos Da Barragem Pedra Do Cavalo Sobre a Circulação Estuarina Do Rio Paraguaçu E Baía De Iguape**. Tese de Doutorado, p. 245, 2006.

GRANZIERA, M. L. M.; GONÇALVES, A. **O Problema Das Zonas Costeiras No Brasil E No Mundo**. Editora Universitária Leopoldlanum - Universidade Católica de Santos. Santos 2012.

GRECH, A. et al. **A comparison of threats , vulnerabilities and management approaches in global seagrass bioregions**. 2012.

HAN, Q.; LIU, D. **Macroalgae blooms and their effects on seagrass ecosystems**. *Journal of Ocean University of China*, v. 13, n. 5, p. 791–798, 2014.

HATJE, V.; ANDRADE, J. B. DE. **Baía de Todos os Santos: aspectos oceanográficos**. Edufba, 2009.

HECK, K. L.; WETSTONE, G. S. **Habitat Complexity and Invertebrate Species Richness and Abundance in Tropical Seagrass Meadows**. *Journal of Biogeography*, v. 4, n. 2, p. 135, 1977.

HEMMINGA, M. A.; MATEO, M. A. **Stable carbon isotopes in seagrasses: Variability in ratios and use in ecological studies**. *Marine Ecology Progress Series*, v. 140, n. 1–3, p. 285–298, 1996.

HUSS, H. H.; REILLY, A.; EMAREK, P. K. BEN. **Prevention and control of hazards in seafood**. *Food Control*, v. 11, n. 2, p. 149–156, 2000.

HYNDES, G. A.; HANSON, C. E.; VANDERKLIFT, M. A. **The magnitude of spatial and temporal variation in  $\delta^{15}\text{N}$  and  $\delta^{13}\text{C}$  differs between taxonomic groups: Implications for food web studies**. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, v. 119, p. 176–187, 2013.

IBGE - INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRÁFIA ESTATÍSTICA. **Panorama dos municípios**. Link disponível em: <<https://cidades.ibge.gov.br/brasil/ba/itaparica/panorama>>. Acesso em: 15/05/2019.

IBGE - INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRÁFICA E ESTATÍSTICA. **Sinopse por setores**. Link disponível em: <<https://censo2010.ibge.gov.br/sinopseporsetores/?nivel=st> >. Acesso em: 06/2019

IBGE - INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRÁFICA E ESTATÍSTICA. **Sinopse do Censo 2010**. 2010

INMET - INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA. **Meteograma**. Link disponível em: <<http://www.inmet.gov.br/portal/index.php?r=tempo2/meteograma&code=2916104>>. Acesso em: 06/2019

JONES, B. L. **Tracking Nitrogen Source Using  $\delta^{15}\text{N}$  Reveals Human and Agricultural Drivers of Seagrass Degradation across the British Isles**. *Frontiers in Plant Science*, v. 9, n. February, p. 1–10, 2018.

KOCH, M. S. et al. **Tropical seagrass species tolerance to hypersalinity stress**. Aquatic Botany, v. 86, n. 1, p. 14–24, 2007.

KORNEXL, B. E. et al. **Measurement of stable isotope abundances in milk and milk ingredients - a possible tool for origin assignment and quality control**. Zeitschrift für Lebensmitteluntersuchung und -Forschung A, v. 205, n. 1, p. 19–24, 1997.

LABOREL-DEGUEN, F. **Nota Preliminar Sobre a Ecologia das Pradarias de Fanerógamas Marinhas nas Costas dos Estados de Pernambuco e Paraíba**. Tropical Oceanography, 1963.

LAMB, J. B. et al. **Seagrass ecosystems reduce exposure to bacterial pathogens of humans, fishes, and invertebrates**. Science, v. 355, n. 6326, p. 731–733, 2017.

LASSAUQUE, J. et al. **Tracing sewage and natural freshwater input in a Northwest Mediterranean bay: Evidence obtained from isotopic ratios in marine organisms**. Marine Pollution Bulletin, v. 60, n. 6, p. 843–851, 2010.

LEPOINT, G. et al. **Isotopic ratios and elemental contents as indicators of seagrass C processing and sewage influence in a tropical macrotidal ecosystem (Madagascar, Mozambique Channel)**. Scientia Marina, v. 72, n. March, p. 109–117, 2008.

LESSA, G. C. et al. **The tides and tidal circulation of Todos os Santos Bay, northeast Brazil: A general characterization**. Anais da Academia Brasileira de Ciências, v. 73, n. 2, p. 244–261, 2001.

MARQUES, L. V.; CREED, J. C. **Biologia e ecologia das fanerógamas marinhas do Brasil**. Oecologia Brasiliensis v. 12, n. 2, p. 315–331, 2008.

MCMILLAN, C. **Morphogeographic variation under controlled conditions in five seagrasses, *Thalassia testudinum*, *Halodule wrightii*, *Syringodium filiforme*, *Halophila engelmannii*, and *Zostera marina***. Aquatic Botany, v. 4, n. C, p. 169–189, 1978.

MCMILLAN, C. **The distribution of tropical seagrass with relation to their tolerance of high temperatures**. Aquatic Botany. v. 19. p. 369-379, 1988.

NASCIMENTO, L. DO. **Comportamento da linha de costa nos últimos 50 anos e o risco de prejuízos econômicos na face oceânica da ilha de Itaparica – Bahia**. 2012.

NELSON, W. G. **Development of an epiphyte indicator of nutrient enrichment: Threshold values for seagrass epiphyte load**. Ecological Indicators, v. 74, p. 343–356, 2017.

NEUMANN, B. et al. **Future coastal population growth and exposure to sea-level rise and coastal flooding--a global assessment.** PloS one, v. 10, n. 3, p. e0118571, 2015.

OLIVEIRA-FILHO, E. C. DE; PIRANI, J. R.; GIULIETTI, A. M. **The brazilian seagrasses.** Science, v. 16, p. 129–143, 1983.

OLIVEIRA, E. C. DE et al. **Algas e angiospermas marinhas bêmicas do litoral brasileiro.** Macrodiagnóstico da Zona Costeira do Brasil, p. 1–60, 2001.

OLSEN, Y. S. et al. **Differences in urbanization and degree of marine influence are reflected in  $\delta^{13}\text{C}$  and  $\delta^{15}\text{N}$  of producers and consumers in seagrass habitats of Puerto Rico.** Marine Environmental Research, v. 69, n. 3, p. 198–206, 2010.

ONDIVIELA, B. et al. **The role of seagrasses in coastal protection in a changing climate.** Coastal Engineering, v. 87, p. 158–168, 2014.

ORTH, R. J. et al. **A Global Crisis for Seagrass Ecosystems.** BioScience, v. 56, n. 12, p. 987, 2006.

PANCOST, R. D.; PAGANI, M. **Controls on the Carbon Isotopic Compositions of Lipids in Marine Environments.** Hdb Env. Chem. Vol 2, Part N. p. 209-249, 2006

PAUL, M. **The protection of sandy shores – Can we afford to ignore the contribution of seagrass?** Marine Pollution Bulletin, v. 134, n. August, p. 152–159, 2018.

PEREIRA, C. S. et al. ***Aeromonas* sp. e *Plesiomonas shigelloides* isoladas a partir de mexilhões (*Perna perna*) in natura e pré-cozidos no Rio de Janeiro, RJ.** Ciência e Tecnologia de Alimentos, v. 24, n. 4, p. 562–566, 2006.

POST, D. M. **Using stable isotopes to estimate trophic position: models, methods, and assumptions.** v. 83, n. 3, p. 703–718, 2002.

REESE, A. et al. **Extreme spatial variation of Sr, Nd and Pb isotopic signatures and 48 element mass fractions in surface sediment of the Elbe River Estuary - Suitable tracers for processes in dynamic environments?** Science of the Total Environment, v. 668, p. 512–523, 2019.

REIS-FILHO, J. A. et al. **Coastal fish assemblages reflect marine habitat connectivity and ontogenetic shifts in an estuary-bay-continental shelf gradient.** Marine Environmental Research, v. 148, n. April, p. 57–66, 2019.

RODRIGUES, A. **Impactos ambientais na zona costeira e a qualidade de vida das comunidades.** 2003.

RODRIGUES, A. **A gestão ambiental ea zona costeira: como operar nesta área complexa, onde se sobrepõem tantos usos e conflitos.** Revista

Contrapontos, 2009.

ROMÁN, M. et al. **Anthropogenic Impact on *Zostera noltei* Seagrass Meadows (NW Iberian Peninsula) Assessed by Carbon and Nitrogen Stable Isotopic Signatures**. *Estuaries and Coasts*, v. 42, n. 4, p. 987–1000, 2019.

SANDOVAL-GIL, J. et al. **Nitrogen Uptake and Internal Recycling in *Zostera marina* Exposed to Oyster Farming: Eelgrass Potential as a Natural Biofilter**. *Estuaries and Coasts*, v. 39, n. 6, p. 1694–1708, 2016.

SANTOS, D. T. **Heranças e lembranças educação, patrimônio cultural e desenvolvimento em itaparica**. Tese de mestrado, 2011.

SANTOS, E. C. **Hidrocarbonetos policíclicos aromáticos (hpa's) e saturados em sedimentos superficiais de manguezais da ilha de itaparica, bahia, brasil**. Tese de mestrado, 2012.

SCHUBERT, C. J.; CALVERT, S. E. **Nitrogen and carbon isotopic composition of marine and terrestrial organic matter in Arctic Ocean sediments: implications for nutrient utilization and organic matter**. *Solid Wastes Manage Refuse Removal J*, v. 20, n. 2, p. 48–49, 2001.

SECRETÁRIA NACIONAL DE SANEAMENTO NACIONAL. **Diagnóstico dos serviços de água e esgoto 2016**. 2016.

SECRETARIA ESTADUAL DE DESENVOLVIMENTO E URBANISMO, **Relatório - Ilha de Itaparica**. Bahia, 2014

SHORT, F. et al. **Global seagrass distribution and diversity: A bioregional model**. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, v. 350, n. 1–2, p. 3–20, 2007.

SHORT, F. T. et al. **Extinction risk assessment of the world's seagrass species**. *Biological Conservation*, v. 144, n. 7, p. 1961–1971, 2011.

SOUZA, J. L.; SILVA, I. R. **Environmental quality of the beaches of the island of Itaparica, Todos os Santos Bay, Bahia**. *Sociedade & Natureza*, v. 27, n. 3, p. 469–484, 2015.

THE OCEAN CONFERENCE. **Factsheet: People and Oceans General**. p. 1–29, 2017.

VIEIRA, M. J. A. **Proposta de Zonas Ambientalmente Relevantes para os Municípios de Itaparica e Vera Cruz - BA: Um Aporte ao Ordenamento Territorial e à Conservação Frente ao Decreto Estadual 13.388/2011**. p. 62, 2012.

VOGEL, J. C. **Variability of Carbon Isotope Fractionation during Photosynthesis**. ACADEMIC PRESS, INC., 1993.

VOLKMAN, J. K. **Marine Organic Matter: The handbook of environmental chemistry**. Environmental Pollution Series A, Ecological and Biological. v. 2, 2006.

WADA, E.; MIZUTANI, H.; MINAGAWA, M. **The Use of Stable Isotopes for Food Web Analysis**. Critical Reviews in Food Science and Nutrition, v. 30, n. 4, p. 361–371, 1991.

WALTON, M. E. M. et al. **Extreme  $^{15}\text{N}$  Depletion in Seagrasses**. Estuaries and Coasts, v. 39, n. 6, p. 1709–1723, 2016.

WAYCOTT, M. et al. **Accelerating loss of seagrasses across the globe threatens coastal ecosystems**. PNAS, v. 1, n. 19, 2009.

Weather spark - **O clima de qualquer lugar da Terra**. Link disponível em: <<https://pt.weatherspark.com/>>. Acesso em: 05/12/2018

XIAN, C. et al. **Variation in nitrate isotopic signatures in sewage for source apportionment with urbanization: a case study in Beijing, China**. Environmental Science and Pollution Research, v. 23, n. 22, p. 22871–22881, 2016.

ZHOU, J. et al. **Carbon and nitrogen composition and stable isotope as potential indicators of source and fate of organic matter in the salt marsh of the Changjiang Estuary, China**. Chemosphere, v. 65, n. 2, p. 310–317, 2006.

ZIEGLER, S.; BENNER, R. **Nutrient cycling in the water column of a subtropical seagrass meadow**. Marine Ecology Progress Series, v. 188, p. 51–62, 1999.



## 8 APÊNDICE

**Apêndice A** – Tabela com os valores das réplicas de  $\delta^{13}\text{C}$  (‰),  $\delta^{15}\text{N}$  (‰) e NT (%) entre estações.

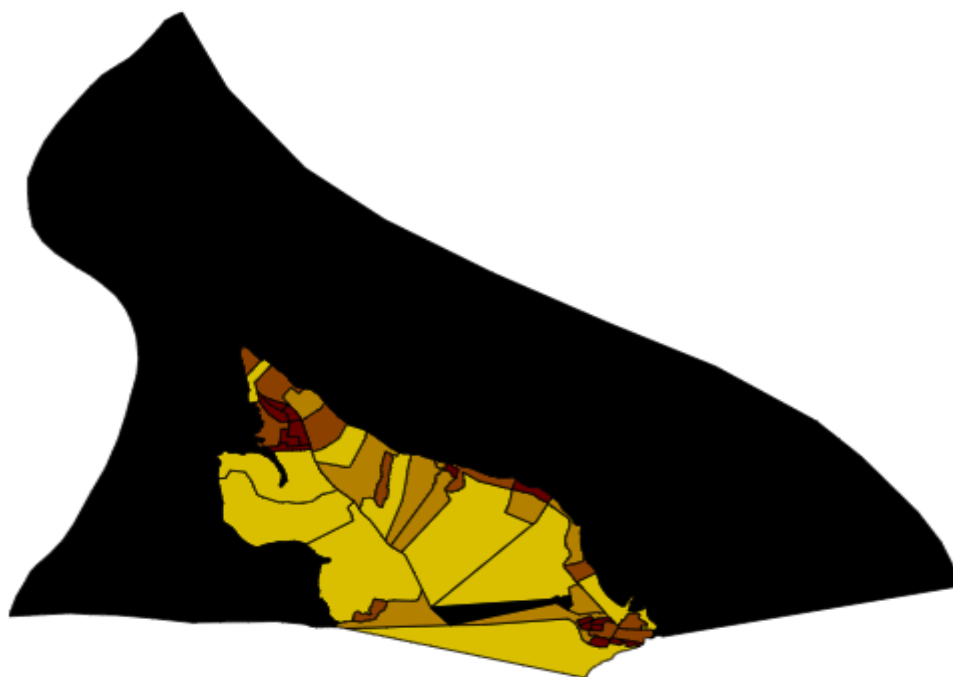
<b>Estações</b>	<b><math>\delta^{13}\text{C}</math></b>	<b><math>\delta^{15}\text{N}</math></b>	<b>%N</b>
<b>Penha (A1)</b>	-6.15	-1.26	1.18
	-11.56	1.47	1.64
<b>Barra do Pote (A2)</b>	-9.42	1.41	1.42
	-4.22	-0.57	1.56
	-10.94	1.31	1.77
<b>Barra do Gil 1 (A3)</b>	-7.58	-1.36	1.50
	-10.05	2.12	0.81
	-9.87	0.07	1.33
<b>Barra do Gil 2 (A4)</b>	-5.49	0.71	1.90
	-3.50	-2.23	0.83
	-6.14	-3.46	1.04
<b>Mar Grande (A5)</b>	-9.05	-4.89	1.45
	-10.98	4.58	0.92
	-9.93	1.58	1.18
<b>Pedrão (A6)</b>	-9.39	2.04	0.89
	-4.12	-0.36	1.11
		-0.72	0.91
<b>Aratuba (A7)</b>	-11.65	2.06	0.85
	-9.85	0.92	0.70
	-9.50	-2.27	1.10
<b>Itaparica (B1)</b>	-10.11	3.22	0.99
	-10.36	1.02	1.66
	-8.17	1.91	1.17
<b>Catu (B2)</b>	-10.84	-3.03	1.24
	-7.21	-1.97	1.23
	-10.25	-1.03	0.99
<b>Matarandiba (B3)</b>	-6.73	-1.14	1.07
	-3.91	-1.01	1.44
	-5.73	-2.91	2.42
<b>Amoreiras (B4)</b>	-11.17	0.23	1.04
	-4.94	-3.35	0.89
	-8.75	-0.32	0.71
<b>Cações (B5)</b>	-7.19	-3.63	1.16
	-10.14	-0.53	0.81
	-9.51	-2.75	1.02
<b>Mutá (B6)</b>	-3.31	-0.12	0.80
	-8.73	-5.11	0.83
	-6.89	-3.40	1.04
<b>Jiribatuba (B7)</b>	-13.13	-3.13	0.90
	-7.10	-4.65	1.28
	-14.55	-4.44	1.12
	-7.87	-2.75	1.01

**Apêndice B** – Tabela com valores das réplicas da estimativa de densidade de *Halodule wrightii* (eixos m<sup>-2</sup>)

<b>Estações</b>	<b>Densidade de <i>Halodule wrightii</i></b>
<b>Penha (A1)</b>	9824
	6912
	9472
	9648
<b>Barra do Pote (A2)</b>	6416
	5168
	8512
	7312
<b>Barra do Gil 1 (A3)</b>	5987
	9809
	8153
	6879
<b>Barra do Gil 2 (A4)</b>	1783
	2930
	764
	1911
<b>Mar Grande (A5)</b>	5350
	7389
	9172
	8025
<b>Itaparica (B1)</b>	6672
	6912
	9232
	8416
<b>Catu (B2)</b>	3057
	9045
	4204
	14395
<b>Matarandiba (B3)</b>	7389
	5732
	1529
	6624
<b>Amoreiras (B4)</b>	5223
	4204
	5732
	2675
<b>Cações (B5)</b>	10446
	11083
	2930
	3439
<b>Jiribatuba (B7)</b>	5605
	5350
	1783
	2166

## 9 ANEXOS

Anexo A – Mapa da densidade demográfica por setores do município de Itaparica



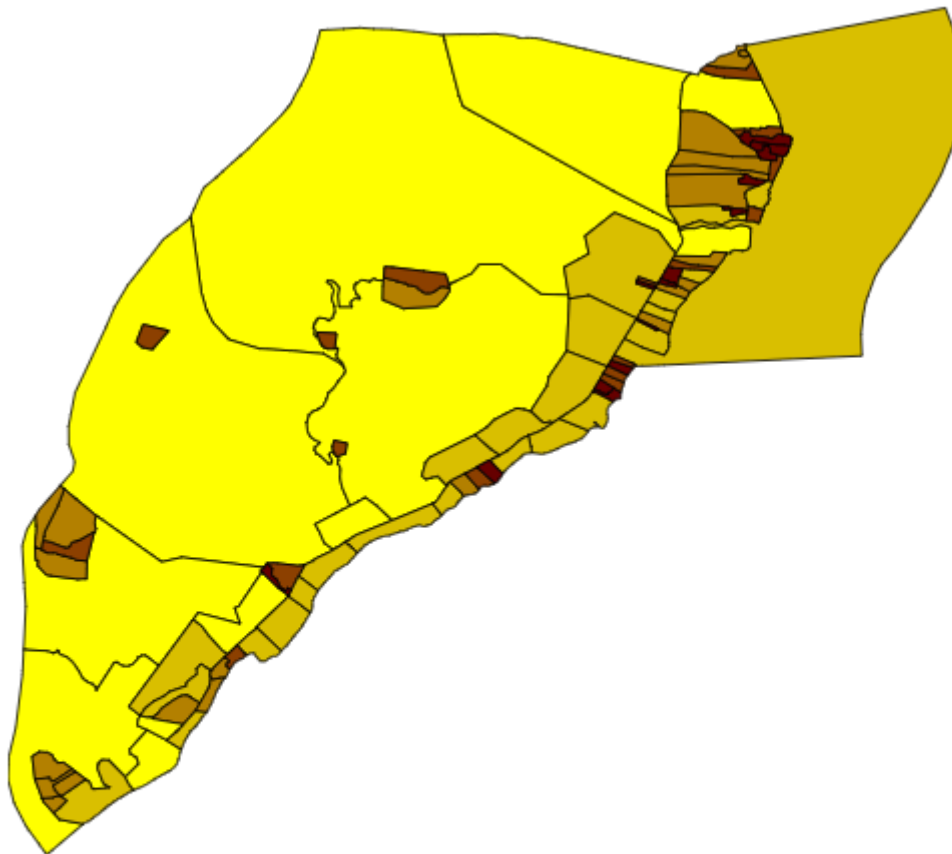
Sinopse do Censo 2010 - Densidade Demográfica Preliminar (Habitantes/Km <sup>2</sup> )	
1.11 a 31.63	
32.92 a 694.26	
763.87 a 1711.9	
1736.62 a 3347.06	
3804.39 a 18486.96	

Fonte: IBGE, Sinopse por Setores, Censo 2010;

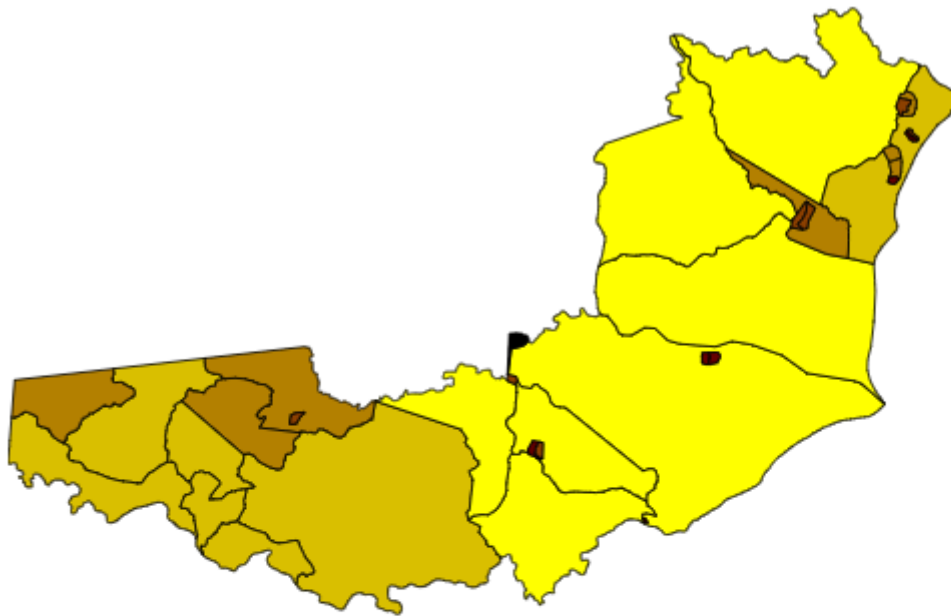
Fonte: IBGE - INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRÁFICA E ESTATÍSTICA .

**Sinopse por setores.** Link disponível em:

<<https://censo2010.ibge.gov.br/sinopseporsetores/?nivel=st>>

**Anexo B** – Mapa da densidade demográfica por setores do município de Vera Cruz

IBGE - INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRÁFICA E ESTATÍSTICA. **Sinopse por setores**. Link disponível em:  
<<https://censo2010.ibge.gov.br/sinopseporsetores/?nivel=st> >

**Anexo C** - Mapa da densidade demográfica por setores do município de Jaguaripe

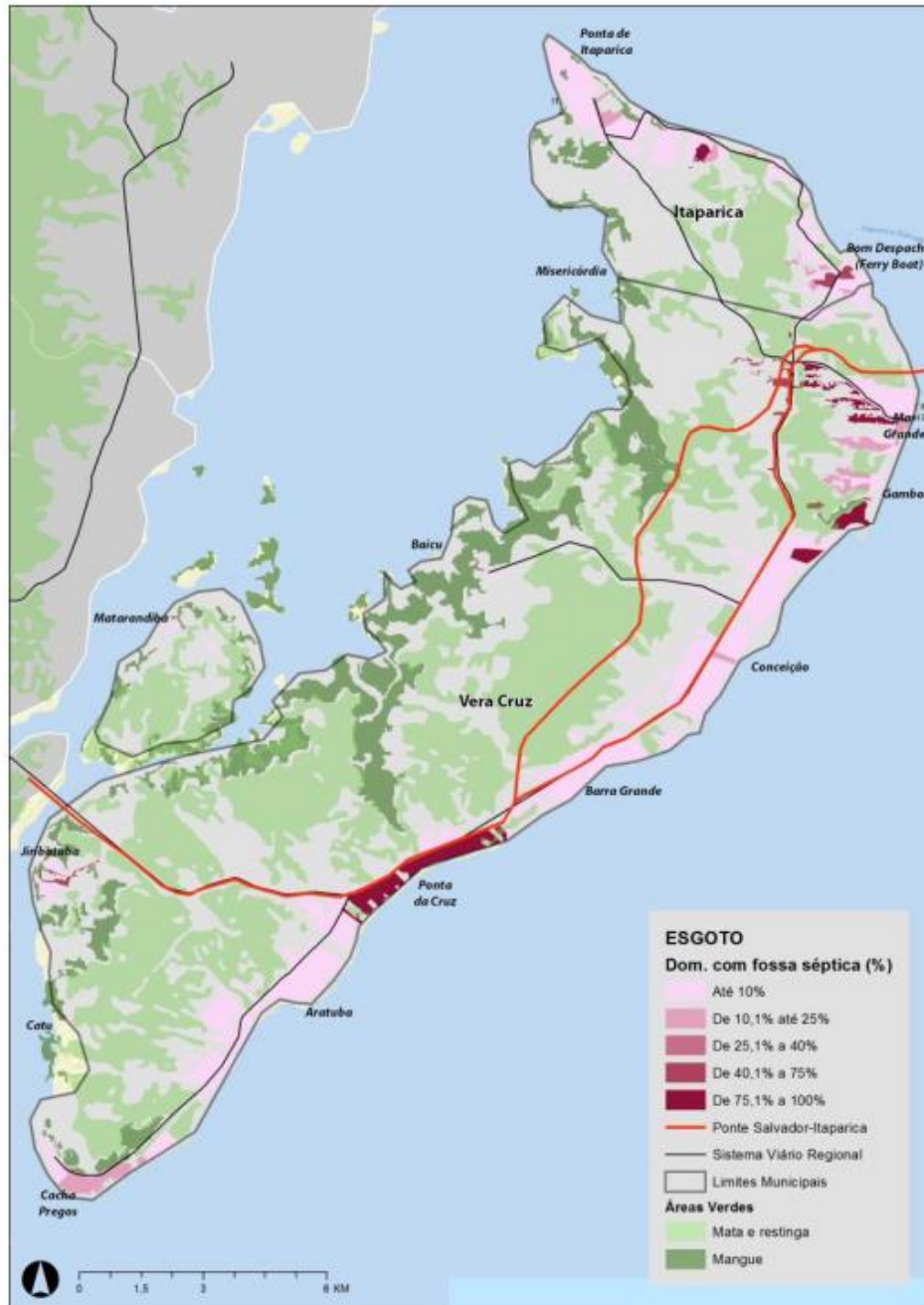
IBGE - INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRÁFICA E ESTATÍSTICA .  
**Sinopse por setores.** Link disponível em:  
<<https://censo2010.ibge.gov.br/sinopseporsetores/?nivel=st>>

Anexo D – Mapa da rede de esgoto na Ilha de Itaparica



SEDUR - SECRETARIA ESTADUAL DE DESENVOLVIMENTO E URBANISMO, **Relatório - Ilha de Itaparica**. Bahia, 2014.

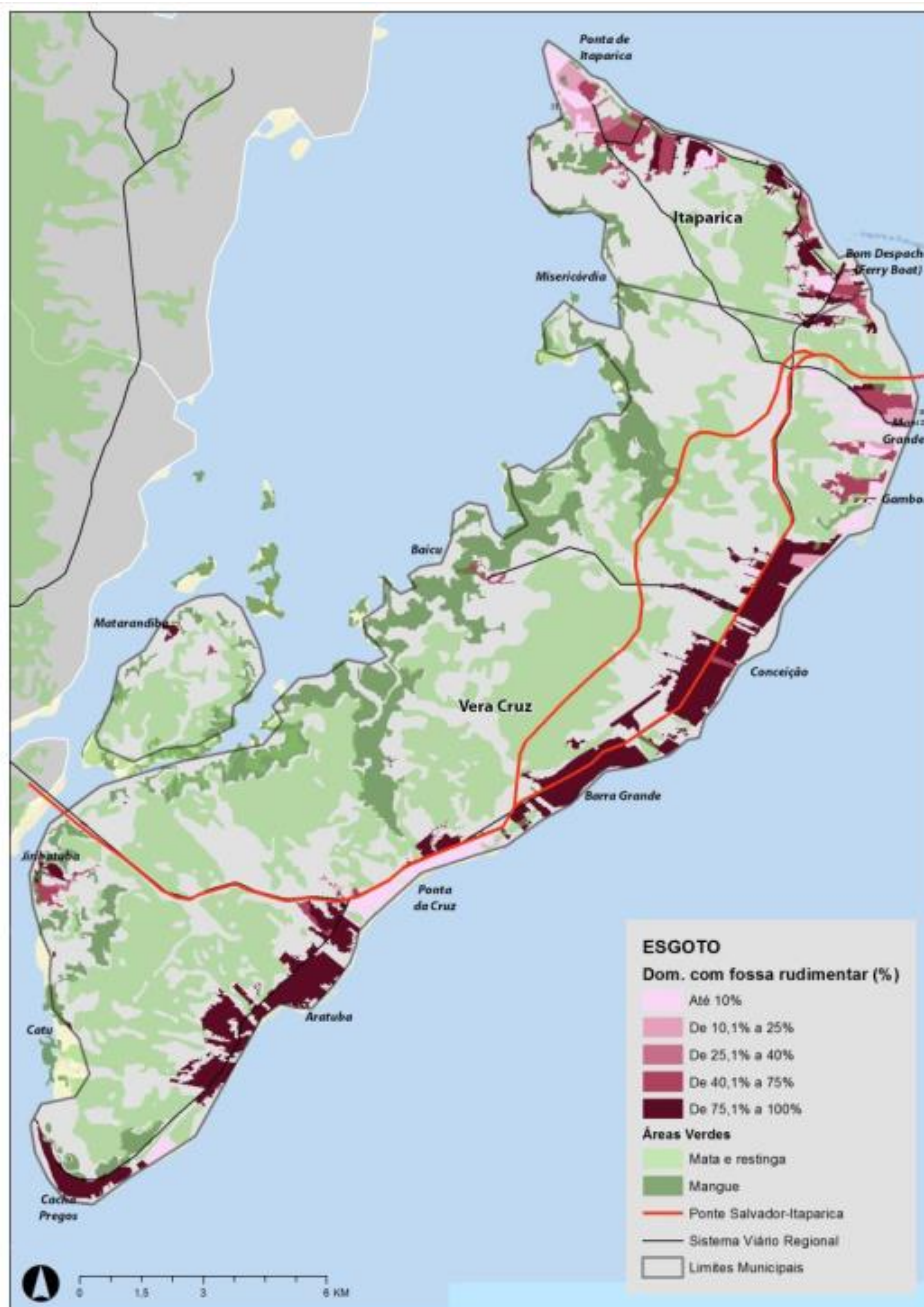
### Anexo E – Mapa fossa séptica na Ilha de Itaparica



SEDUR - SECRETARIA ESTADUAL DE DESENVOLVIMENTO E URBANISMO, **Relatório - Ilha de Itaparica**. Bahia, 2014.



Anexo F – Mapa fossa rudimentar na Ilha de Itaparica



SEDUR - SECRETARIA ESTADUAL DE DESENVOLVIMENTO E URBANISMO, **Relatório - Ilha de Itaparica**. Bahia, 2014.