

PROVENIÊNCIA DOS SEDIMENTOS FINOS PARA O PORTO DE TUBARÃO, BRASIL

Rafael Carvalho Neves^{@ 1}, Valéria da Silva Quaresma^{1,2}, Alex Cardoso Bastos^{1,3}

RESUMO: Em decorrência da importância das vias navegáveis e portos brasileiros para o comércio exterior do país, além da crescente demanda por melhoria da infraestrutura portuária para aumento da competitividade do Brasil perante o mundo, o presente artigo tem como objetivo principal avaliar o processo de assoreamento no Porto de Tubarão, Vitória-ES (Brasil). Por realizar dragagens de manutenção periódicas para manter a sua área marítima navegável, esse porto necessita de um aprimoramento no entendimento da dinâmica sedimentar da região, de modo a fornecer embasamento científico para discussões como planejamento de obras de dragagem e segurança da navegação. Os resultados sedimentológicos e geoquímicos das 91 amostras de sedimento superficial coletadas na Baía do Espírito Santo (BES) e adjacências passaram por análises de agrupamento de observações (*cluster analysis*) com separação das amostras em 4 grupos estatisticamente diferentes. Os elevados teores de matéria orgânica (MO), carbono orgânico total (COT), nitrogênio total (NT) e isótopo estável de nitrogênio ($\delta^{15}N$) e razão C/N observados em grande parte da Baía de Vitória (BV) e Canal da Passagem (CP) sugerem o predomínio de sedimento terrígeno altamente antropizado na região. Na BES, grande parte do sedimento encontrado na porção interna da baía perto da Praia de Camburi fica restrita nessa região devido atuação do alto-fundo, presente na porção central da BES, como um obstáculo para a efetiva troca de sedimento entre as áreas mais interna e externa da baía. Na porção central e externa da BES, há uma clara mistura entre o sedimento terrígeno, oriundo da BV, e marinho. Os elevados valores de COT e NT presentes no sedimento lamoso dentro do canal do Porto de Tubarão também sugerem a contribuição da MO e material fino advinda da BV no canal do porto. Os resultados e as discussões apresentadas nesse estudo evidenciam a importância do monitoramento contínuo dos parâmetros meteorocinográficos e de qualidade do sedimento como base para o entendimento da complexa dinâmica sedimentar observada nas regiões portuárias.

Palavras-chave: sedimentologia, geoquímica, isótopos, agrupamento de observações, portos.

ABSTRACT: The importance of Brazilian waterways and ports for the country's foreign trade and the growing demand for improving port infrastructure to increase Brazil's competitiveness in the world inspired the main objective of this study to evaluate the siltation process in the port of Tubarão, Vitória-ES (Brazil). Due periodic maintenance dredging necessity to keep the maritime area navigable, improving the understanding of sediment dynamics in area of the Tubarão Port is imperative, to provide a scientific basis for discussions, such as dredging projects planning and navigation safety. The sedimentological and geochemical results of the 91 superficial sediment samples collected at Espírito Santo Bay (BES) and in the surrounding areas were analyzed by Cluster Analysis with distribution the samples into 4 statistically different groups. The high levels of organic matter (MO), total organic carbon (COT), total nitrogen (NT) and nitrogen stable isotope ($\delta^{15}N$), such as high carbon to nitrogen (C/N) ratio observed in all Vitória Bay (BV) and Passagem Channel (CP) areas suggest the anthropized terrestrial sediment predominance in this region. At BES, the sediment found in the inner part near Camburi beach is trapped in this region due the action of rock outcrop, present in the central region, as an obstacle to sediment effective exchange between the innermost and outside bay areas. In central and external areas of BES, there is a mix between marine and terrestrial sediment from BV. The higher levels of COT and NT found in the sediments inside the port channel also indicate the contribution of MO and fine sediments from BV to the Tubarão Port area. The results and discussions presented in this study demonstrate the importance of continuous monitoring of meteo-oceanographic and sediment quality as a basis for understanding the complex sediment dynamics in port regions

Keywords: sedimentology, geochemistry, isotopes, cluster analysis, ports.

@ Corresponding author: rcneves@outlook.com.br

1 Universidade Federal do Espírito Santo

2 Email: vdsquaresma@gmail.com

3 Email: alexcardosobastos@gmail.com

1. INTRODUÇÃO

O assoreamento das áreas portuárias instaladas em regiões fluviais e costeiras é um fenômeno comum e está intimamente relacionado com as condições ambientais e físicas da água, além da própria configuração geométrica do porto (van Rijn, 2016). Além disso, o crescente tamanho dos navios e o aumento das restrições da legislação ambiental, quanto à retirada do sedimento colmatado, tem tornado a manutenção das profundidades de navegação seguras dos portos um desafio. A busca por novas soluções viáveis de manipulação da dinâmica sedimentar têm sido constante na comunidade internacional (Kirby, 2011). No entanto, como é comum a carência de conhecimento sobre as especificidades locais da dinâmica dos sedimentos, grande parte dos portos não realiza uma gestão efetiva do assoreamento.

As áreas dragadas e geralmente protegidas para as atividades portuárias se tornam regiões sem equilíbrio hidrodinâmico e como consequência, há um rápido acúmulo de sedimento fino após a sua retirada (Fettweis *et al.*, 2016). Os potenciais impactos negativos do descarte desse material dragado são bem conhecidos quanto à dispersão de poluentes (Agunwamba *et al.*, 2012), alteração nas comunidades bentônicas e pelágicas (Smith e Rule, 2001; Stronkhorst *et al.*, 2003; Simonini *et al.*, 2005), aumento da turbidez (Orpin *et al.*, 2004; Fettweis *et al.*, 2011) e mudanças na profundidade e hidrodinâmica local (Four e Lancker, 2008; Okada, *et al.*, 2009; Stockmann *et al.*, 2009).

A correlação entre as características sedimentológicas do sedimento superficial de fundo com a sua tendência de transporte e deposição tem sido amplo objeto de estudo (Mclaren, 1981; Mclaren e Bowles, 1985; Gao e Collins, 1992; Le Roux, 1994; Yamashita *et al.*, 2011). Como a matéria orgânica pode ser retida em grandes quantidades no sedimento superficial de ambientes aquáticos (Burone *et al.*, 2003; Buruaem *et al.*, 2012; Hossain *et al.*, 2014), estudos geoquímicos do sedimento de fundo também têm sido considerados efetivos para a determinação da dinâmica da matéria orgânica e avaliação da qualidade de ecossistemas aquáticos (Fry *et al.*, 2003; Liu *et al.*, 2006; Rumolo *et al.*, 2011; Di Leonardo *et al.*, 2012; Gao *et al.*, 2012), além de contribuir para distinção entre origens autóctone e alóctone do material depositado (Silliman *et al.*, 1996).

O Porto de Tubarão, localizado em Vitória, estado do Espírito Santo, é um dos principais portos exportadores do Brasil e possui uma área de navegação com profundidades mantidas

a partir de dragagens de manutenção rotineiras. A presença de sedimento fino e lama fluida dentro da área do porto é comum e foi bem caracterizada por Quaresma *et al.* (2011) e Bastos *et al.* (2014) por esta razão o mapeamento e a caracterização destes depósitos se tornam cada vez mais importantes para a manutenção da navegabilidade destas áreas. Dessa forma, o objetivo deste trabalho foi de demonstrar a aplicação de métodos acústicos de investigação geofísica na identificação da ocorrência de lamas fluidas e seu mapeamento. Para tanto, foram realizados levantamentos sísmicos, batimétricos, sonográficos e coleta de testemunhos para determinação da sua densidade. Estes levantamentos foram realizados na área do Porto de Tubarão (Espírito Santo). Por estar situado em uma área de baía semi-exposta a fatores meteocanográficos (Albino *et al.*, 2018), próximo a regiões de considerável aporte fluvial impactado pela urbanização (Lehrback *et al.*, 2016) e adjacente a depósitos de material fino na plataforma continental (Vieira *et al.*, 2019), o entendimento da dinâmica responsável pelo assoreamento no Porto de Tubarão é complexo e requer uma análise holística do comportamento da área de estudo.

Sob a ótica da análise do sedimento superficial presente na área navegável do Porto de Tubarão e no seu entorno, esse estudo tem o objetivo de fornecer subsídios para o entendimento dos processos sedimentares responsáveis pelo aporte de sedimento inconsolidado no porto, bem como determinação da sua proveniência. Para tanto, análises sedimentológicas do sedimento de fundo e geoquímicas da matéria orgânica presente neste foram realizadas, sendo avaliadas as características granulométricas, densidade superficial, teor de matéria orgânica total (MOT) e teor de carbonato de cálcio (CaCO_3), além das concentrações de carbono orgânico total (COT), nitrogênio total (NT) e isótopos estáveis de carbono ($\delta^{13}\text{C}$) e nitrogênio ($\delta^{15}\text{N}$).

2. MATERIAIS E MÉTODOS

2.1 Área de estudo

O Porto de Tubarão é um dos maiores portos do Brasil em termos de comercialização de carga e está situado na Baía do Espírito Santo (BES) (Figura 1). Essa região está interligada com a Baía de Vitória (BV), onde se encontra instalado o Porto de Vitória e uma das maiores áreas de manguezal em área urbana do Brasil com 18 km² (ICMBIO, 2018).

A região de estudo apresenta micromaré (amplitudes < 1,7m) (DHN, 2022) e pluviosidade média de 1.350 mm/ano, com

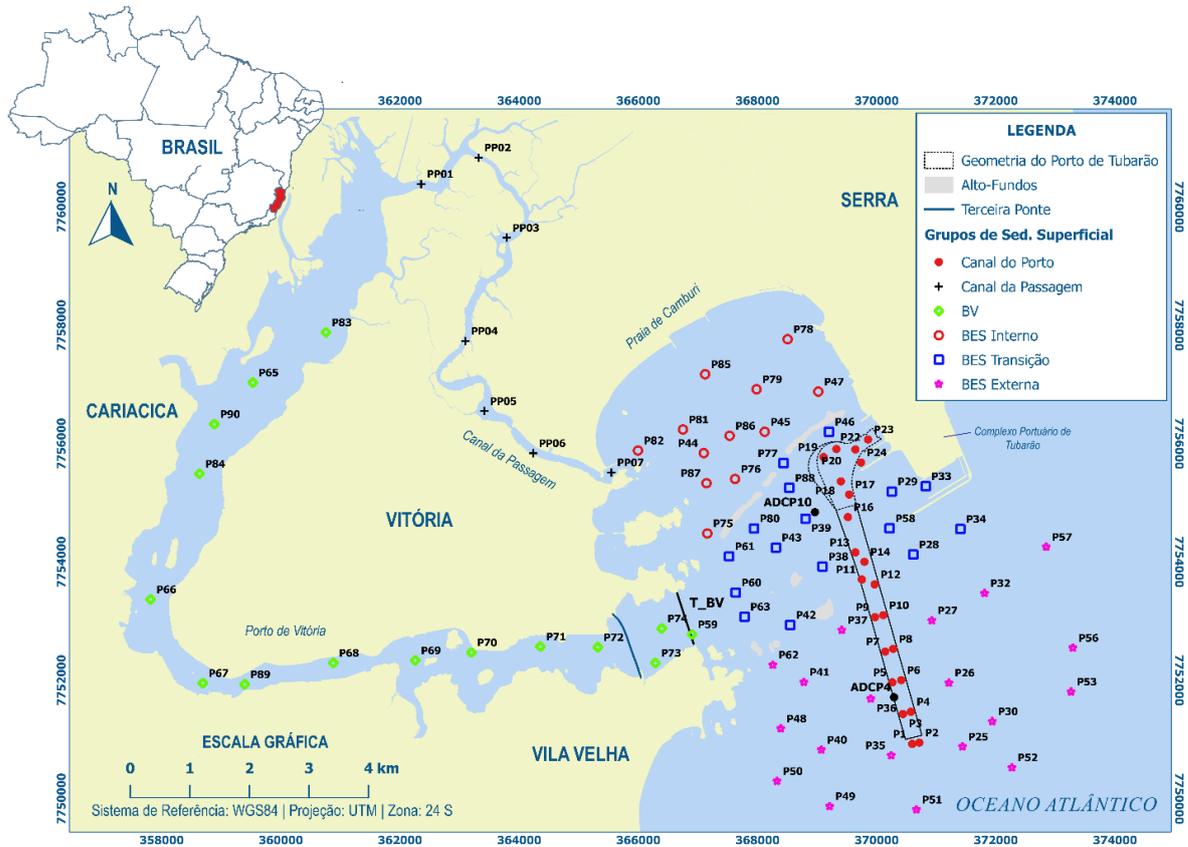


Figura 1. Localização das amostras de sedimento superficial identificadas por grupo de análise, formados a partir da região de coleta de cada amostra.

meses de verão mais chuvosos e meses de inverno mais secos (INCAPER, 2020). O rio Santa Maria da Vitória (SMVT) é o principal afluente da BV e possui vazão natural média aproximada de 10,7 m³/s (SOMA, 2003). Os ventos de leste (E) e nordeste (NE) são predominantes na região, com a passagem de frentes polares e ventos de sul (S) - sudeste (SE) mais frequentes no verão e primavera (Amarante *et al.*, 2009).

Por se situar numa área altamente urbanizada e industrializada com grandes deficiências no controle e tratamento sanitário/ambiental, a BES e BV são impactadas fortemente por descarga direta de esgoto doméstico, lixiviamento de resíduos sólidos, efluentes industriais e poluição atmosférica (Santos *et al.*, 2017).

2.2 Coleta e análises sedimentares

No total, 91 amostras de sedimento superficial foram coletadas com draga tipo Van Veen entre 28/02/2018 e 15/10/2019 (Figura 1). A coleta e armazenamento das amostras seguiram

as diretrizes apresentadas pelo Guia Nacional de Coleta de Amostras (ANA, 2011).

A granulometria das frações mais grossas (cascalho e areia) foi determinada por peneiramento a seco (0,5 em 0,5 phi) e a fração lama foi levada ao granulômetro a laser (Mastersizer 2000 da Malvern). O cálculo dos parâmetros estatísticos foi realizado no software GRADISTAT, versão 9.1, e a classificação granulométrica foi aplicada com base em Dias (2004). O teor de carbonato de cálcio (CaCO₃) foi obtido a partir da sua queima com ácido clorídrico (HCl), diluído a 10%. Os teores de matéria orgânica (MO) foram determinados pela sua queima em mufla a 550 °C por 4 horas. Já a densidade e o teor de água das amostras com fração lamosa foram determinados de acordo com Amos *et al.* (1996).

2.3 Técnicas analíticas da geoquímica

Após passar pela liofilização e retirada do CaCO₃ pela queima com HCl diluído a 10%, a análise elementar para obtenção do

COT e NT nas amostras de sedimento foi realizada pelo método de combustão a seco (Hedges e Stern, 1984). A análise dos isótopos estáveis de carbono e nitrogênio também seguiu a mesma preparação das amostras, sendo posteriormente inseridas em cápsulas de estanho no Espectrômetro de Massa de Razão Isotópica (Delta V Plus), acoplado ao EA 1112. Três corridas com cápsulas de estanho vazias foram realizadas para corrigir o efeito do C e N associado às cápsulas, seguidas pela calibração do aparelho em triplicata com o padrão certificado IAEA USGS40, sendo aceito um desvio menor que $\pm 0,5\%$. Os resultados dos isótopos estáveis foram reportados em delta (‰).

2.4 Análise dos dados sedimentares e geoquímicos

Inicialmente, a correlação não paramétrica de Spearman foi utilizada para identificar as correlações entre os parâmetros sedimentológicos e geoquímicos analisados nas amostras. Posteriormente, a análise multivariada de *Cluster Analysis* foi aplicada com valores das variáveis padronizadas, a partir do método de ligação de Ward e a medida de distância Euclidiana, para obtenção da similaridade entre as amostras coletadas. Por fim, os grupos identificados passaram por uma análise multivariada da variância (MANOVA) para comprovar estatisticamente a diferença dos parâmetros entre os agrupamentos formados.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 Parâmetros sedimentológicos e marcadores geoquímicos

Os resultados detalhados de todos os parâmetros sedimentológicos e geoquímicos analisados no sedimento superficial são apresentados na Tabela 1 do SI-I.

A densidade superficial das amostras de sedimento variou entre 601 kg/m^3 a 1.651 kg/m^3 ($n=65$, $mediana = 1.031 \pm 185 \text{ kg/m}^3$). O teor de lama variou consideravelmente entre 99,8% e 0,1% ($n=91$, $mediana = 40 \pm 40\%$) em toda a área de estudo. O teor de MO oscilou entre 0,3% e 30,5% ($n=91$, $mediana = 3,8 \pm 5,6\%$), com teores maiores que 15% observados em áreas próximas de aporte de esgoto na BV e CP. As amostras de sedimento superficial apresentaram variação entre 0,5% e 60% ($n=91$, $mediana = 19 \pm 14,1\%$) para teor de CaCO_3 , com maiores teores encontrados na área externa da BES, região norte da Praia de Camburi próxima ao Porto de Tubarão e associado a regiões com grande presença de bivalves no sedimento da BV.

Os valores de COT variaram entre 0,03% e 10,5% ($n=91$, $mediana = 1,3 \pm 1,8\%$), enquanto as porcentagens de NT

oscilaram entre 0,01% e 0,81% ($n=91$, $mediana = 0,15 \pm 0,16\%$). O limite de detecção do COT e do NT foram de 0,03% e 0,01%, respectivamente. O desvio padrão para as análises das amostras em duplicata foi de $\pm 0,008\%$ para NT e $\pm 0,091\%$ para COT. A razão C/N observada na área de estudo variou entre 2,3 e 137. Os valores de $\delta^{13}\text{C}$ variaram entre $-28,4\%$ e $-1,8\%$ ($n=91$, $mediana = 23,67 \pm 2,9\%$), enquanto os sinais de $\delta^{15}\text{N}$ oscilaram entre $0,2\%$ e $20,6\%$ ($n=91$, $mediana = 4,8 \pm 4,4\%$). O desvio padrão para as análises isotópicas em duplicata foram de $0,14\%$ para $\delta^{13}\text{C}$ e $0,31\%$ para $\delta^{15}\text{N}$. Os maiores valores do isótopo estável de nitrogênio foram encontrados em algumas regiões da BV e área interna da BES.

3.2 Caracterização do sedimento superficial

A distribuição do sedimento superficial na BV e BES seguiu o mesmo padrão encontrado por Veronez Júnior *et al.* (2009) e Bastos *et al.* (2014). Os sedimentos finos observados no canal do Porto de Tubarão estão associados a sua maior profundidade, em relação ao seu redor, e tendência natural de assoreamento dessa região (Quaresma *et al.*, 2011). A região NE da Praia de Camburi é uma área abrigada com hidrodinâmica menos energética e deposição de sedimento fino associado à corrente longitudinal resultante da praia (Albino *et al.*, 2016). Já a lama observada à SO da área externa da BES tem maior teor de CaCO_3 e origem a partir do retrabalhamento e transporte dos biodetritos encontrados na plataforma continental adjacente (Vieira *et al.*, 2019). Na BV e CP, a presença predominante de lama está correlacionada com o aporte terrígeno de sedimento fino, principalmente próximo à desembocadura dos rios, e floculação proporcionada pelo despejo de esgoto em áreas mais urbanizadas.

As regiões próximas aos bairros Ilha das Caieiras, Maria Ortiz e Santa Martha do município de Vitória apresentaram os maiores teores de MO ($> 30\%$) em decorrência da proximidade de áreas de conhecido aporte de esgoto (Jesus *et al.*, 2004). Altos teores de MO ($> 15\%$) também foram observados na região do Porto de Vitória, próximo ao cais dos pescadores no bairro da Enseada do Suá, desembocadura do rio Bubu e do canal da Costa, embaixo da Terceira Ponte, e também estão associados à chegada de esgoto nessas áreas. Na BES, os teores mais altos de MO tiveram forte correlação positiva com os teores de lama, como observado por Burone *et al.* (2003) e Lee *et al.* (2019) em áreas costeiras urbanizadas.

A baixa porcentagem de amostras com razão C/N maiores que 15 (14%) evidencia a grande contribuição da região marinha na composição do sedimento superficial da área de estudo

(Bordovskiy, 1965; Meyers, 1997). Os valores típicos de origem marinha estão entre 4 e 12, enquanto a matéria orgânica de origem terrestre apresenta uma razão igual ou superior a 20. Essa distinção entre os rácios é função da ausência de celulose, característica de plantas vasculares terrestres ricas em carbono, em algas planctônicas e enriquecimento de proteína, abundante em nitrogênio, na sua composição. Os maiores valores de razão C/N foram encontrados na região da BV, CP e próximo à Praia de Camburi associados aos aportes continentais de rios, águas pluviais contaminadas e esgoto.

O carbono orgânico total e o nitrogênio total estão positivamente correlacionados ($n = 91, r^2 = 0,8599, p < 0,001$) e a interseção da linha da correlação calculada é próxima à zero (Figura 2). Portanto, pode-se assumir que o NT calculado representa uma estimativa próxima do nitrogênio orgânico e a razão C/N calculada se aproxima da razão COT/nitrogênio orgânico (Andrews *et al.*, 1998; Liu *et al.*, 2006), excluindo a possibilidade de um significativo controle da granulometria do sedimento superficial na distribuição de nitrogênio observado na área de estudo. A correlação apresentada entre os valores de D50 e razão C/N no presente estudo também foi baixa (-0,219), reforçando essa conclusão. A moderada (>1%) a alta (>3,5%) presença de COT observada em mais de 58% das amostras

analisadas, correlacionada positivamente com NT, sugere a ocorrência de impactos consideráveis na riqueza de espécies da comunidade bentônica da região (Hyland *et al.*, 2005).

A correlação entre os valores de isótopos estáveis de carbono e nitrogênio entre si e com a razão C/N são muito utilizados na literatura como indicadores da origem da MO presente nos sedimentos (Meyers, 1997; Lamb *et al.*, 2006). As variações do $\delta^{13}C$ no sedimento estão fortemente relacionadas com a utilização do bicarbonato (HCO_3^-) e CO_2 dissolvido na produção primária (Benedict *et al.*, 1980). Como a relação entre CO_2 dissolvido e HCO_3^- é uma função do pH do ambiente, existe menos CO_2 disponível em águas marinhas, o qual é preferencialmente utilizado pelo fitoplâncton e possui menores valores de $\delta^{13}C$ na sua composição (-8‰ em equilíbrio com a atmosfera), quando comparado aos valores encontrados na composição do HCO_3^- (~0‰) (Keeley e Sandquist, 1992). Portanto, o plâncton marinho terá maiores valores de $\delta^{13}C$ na sua composição, uma vez que necessitará consumir predominantemente HCO_3^- .

Parte das regiões mais internas da BV e CP apresentaram valores de $\delta^{13}C$, entre -30‰ e -24‰, e razão C/N acima de 12 (PP01, P65, P90 e P66) característicos de MO com origem de plantas terrestres (C3) e fluviais (Deines, 1980; Prah *et al.*,

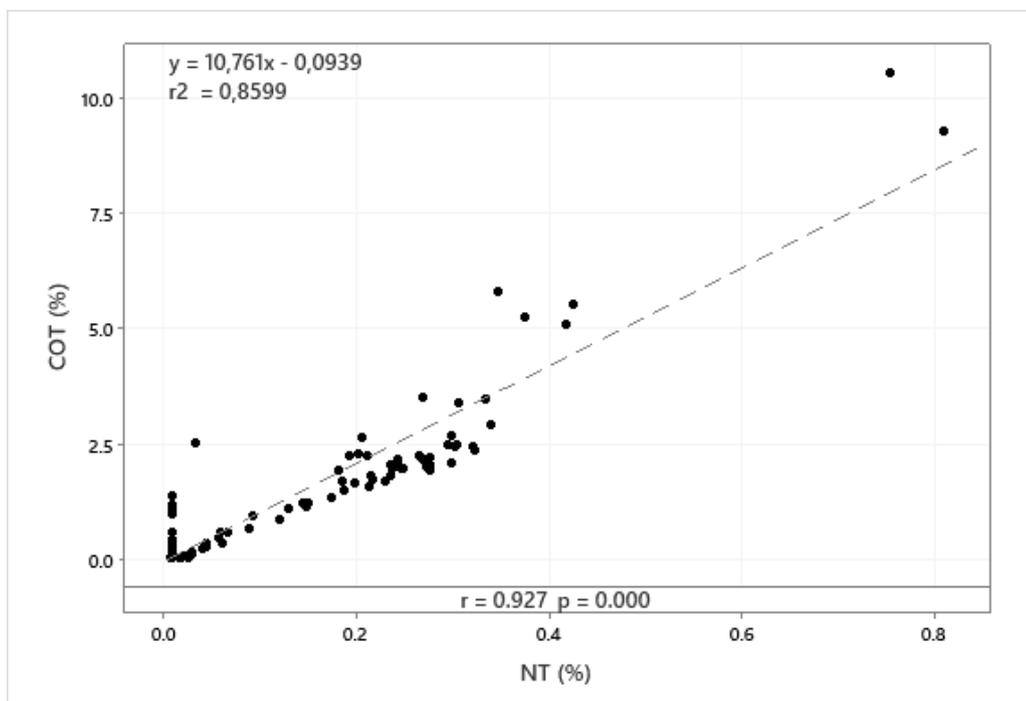


Figura 2. Correlação entre o COT e NT encontrado no sedimento superficial da região da BES, BV e CP.

1980). Com a aproximação da desembocadura, as amostras tenderam a apresentar um aumento nos valores de $\delta^{13}\text{C}$ e uma diminuição dos valores de razão C/N (P59, P69 e PP07), devido a maior influência marinha na MO do sedimento superficial (Fig. 3). Algumas amostras coletadas na região interna da BES, próxima à Praia de Camburi, também apresentaram sinais característicos de contribuição terrestre para o sedimento superficial com elevados valores de razão C/N (P78, P86 e P87). Entretanto, o aumento da presença de $\delta^{13}\text{C}$ na composição da MO evidencia a maior contribuição marinha nessa região. Os valores discrepantes de razão C/N (>60) encontrados na proximidade da Ilha da Fumaça (P70), saída do Canal da Costa (P73), bairro Santo Antônio (P84), proximidade do fundeadouro de navios (P48) e CP (PP04 e PP06), associados a valores mais baixos de $\delta^{13}\text{C}$ (< -25‰), sugerem a contaminação por hidrocarbonetos nessas regiões (Ghazali *et al.*, 2004; Rumolo

et al., 2011) em função da liberação de óleo em atividades ligadas a embarcações comumente presente nessas áreas e/ou escoamento de águas pluviais contaminadas.

As amostras coletadas na região de transição da BES apresentaram valores de razão C/N entre 4 e 11 e isótopos estáveis de carbono variando entre -28‰ e -22‰ (Figura 3). Esse facto comprova a contribuição mista da MO presente no sedimento superficial dessa região, com aporte de carbono orgânico particulado e dissolvido de origem planctônica marinha e também oriundo da mistura entre plâncton fluvial e matéria orgânica terrestre (Peterson *et al.*, 1994; Middelburg e Nieuwenhuize, 1998; Yamaguchi *et al.*, 2003). Os baixos valores de razão C/N (< 4) e variação de entre -27‰ e -24‰ observados próximos à desembocadura da BV, a sudoeste da BES, podem estar relacionados com a grande presença de bactérias decompositoras na região, em decorrência da chegada

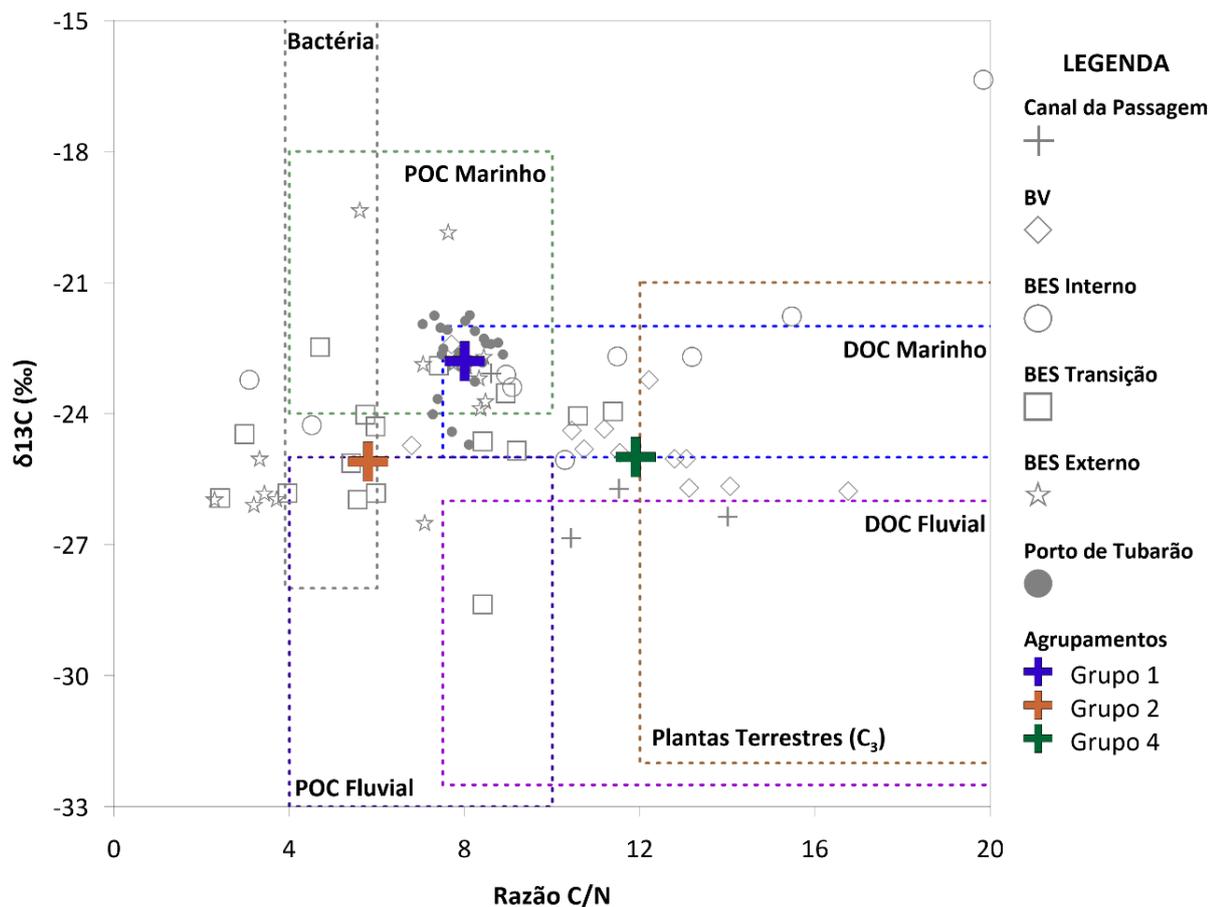


Figura 3. Relação entre $\delta^{13}\text{C}$ e a razão C/N no sedimento superficial da área de estudo. Amostras com valores discrepantes dos observados pela maioria (outliers) foram desconsiderados na plotagem para facilitar a visualização e interpretação. O Grupo 3 também não é apresentado na figura devido à alta mediana de razão C/N (60,8). Adaptado de Lamb *et al.* (2006).

da pluma oriunda do Canal da Costa principalmente durante as marés vazante e alta pluviosidade. Como as bactérias possuem uma composição rica em proteína, os valores de razão C/N da sua MO tendem a ser baixos (Khan *et al.*, 2015). O sedimento superficial coletado dentro do canal do Porto de Tubarão e na área externa da BES tiveram, em sua grande maioria, um sinal típico da presença de matéria orgânica de origem marinha, com razão C/N entre 6 e 10 e valores de $\delta^{15}\text{N}$ entre -19‰ e -24‰.

Quanto ao $\delta^{15}\text{N}$, os seus valores no sedimento dependem das características locais do ciclo do nitrogênio, uma vez que as variações na taxa de fixação do nitrogênio da atmosfera, mineralização, nitrificação e desnitrificação determinam o seu fracionamento isotópico (Hogberg, 1997). Parte das amostras coletadas na BV (P65, P67, P72, entre outras) e na região interna da BES (P85 e P75) apresentou altos valores de $\delta^{15}\text{N}$ (> 12‰) característicos da contribuição de esgoto tratado nessas áreas (Figura 4), uma vez que as bactérias utilizadas no tratamento possuem uma preferência enzimática por ^{14}N

em vez de ^{15}N (Savage *et al.*, 2004). Outra parte das amostras da BV e o sedimento encontrado no CP apresentaram grande variação nos valores de $\delta^{15}\text{N}$ (entre 4 e 11‰), podendo ser caracterizados como ambientes de transição com contribuição de MO terrestre, oriundos de plantas superiores (Wada e Hattori, 1991), num ambiente antropogenizado.

Os baixos valores de $\delta^{15}\text{N}$ (< 4‰) observados em grande parte das amostras de sedimento, coletadas na área de transição e em algumas estações da região externa da BES, não condizem com o sinal típico de MO marinha ($\delta^{15}\text{N} \sim 7‰$) (Wada e Hattori, 1991). Esse facto pode estar relacionado com a presença de MO advinda de manguezais com baixos valores de isótopo estável de nitrogênio (Spano *et al.*, 2014) e/ou esgoto sem tratamento transportado para a região a partir da BV e CP, como Rumolo *et al.* (2011) também observaram em área portuária na Itália. O sedimento fino encontrado superficialmente no canal do Porto de Tubarão e a sul da BES apresentaram valores similares de $\delta^{15}\text{N}$ entre 4 e 7‰ e $\delta^{13}\text{C}$ entre -23 e -21‰, já evidenciando grande influência da MO marinha (Figura 4).

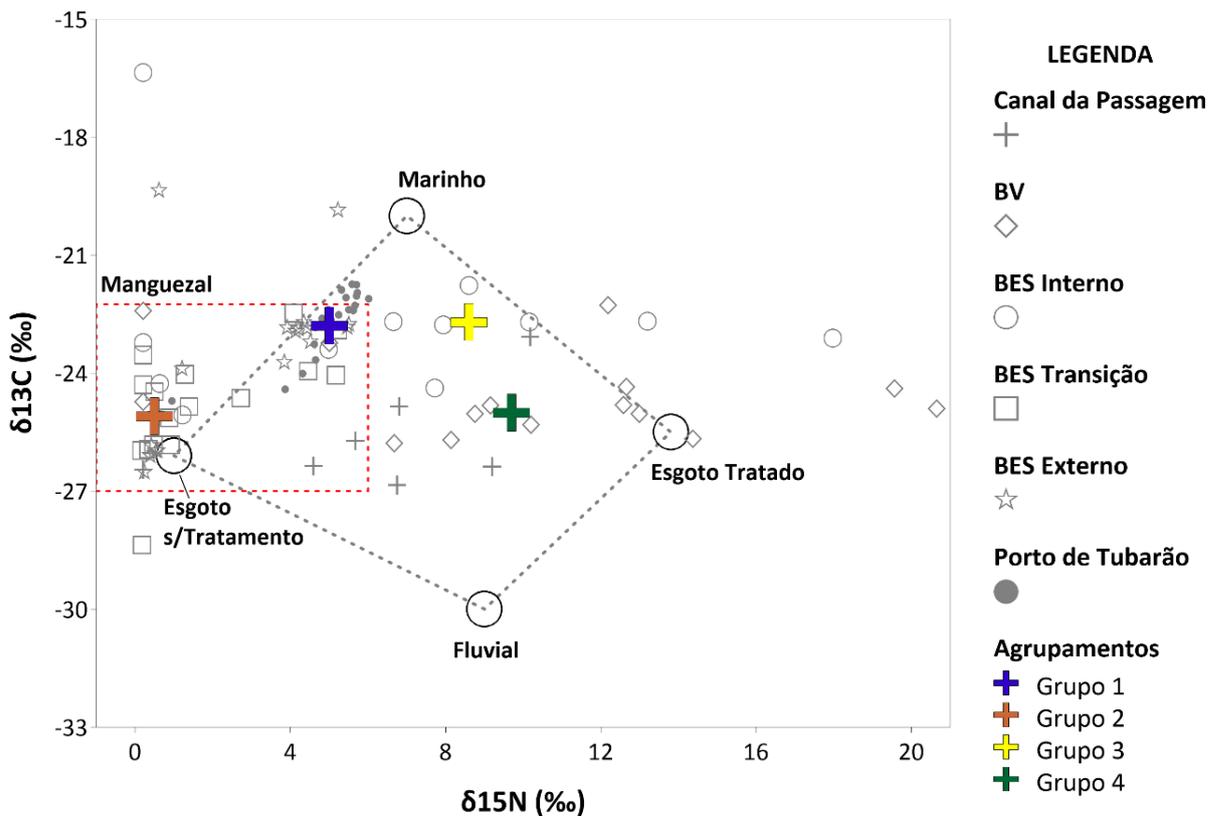


Figura 4. Relação entre $\delta^{13}\text{C}$ e $\delta^{15}\text{N}$ no sedimento superficial da área de estudo. Amostras com valores discrepantes dos observados pela maioria (outliers) foram desconsideradas na plotagem para facilitar a visualização e interpretação. Adaptado de Middelburg e Nieuwenhuize (1998) e Rumolo *et al.* (2011).

3.3 Análise de agrupamento

Os parâmetros sedimentológicos e geoquímicos analisados no sedimento superficial da área de estudo apresentaram uma boa correlação entre si (Tabela 2). Somente o isótopo estável de nitrogênio não apresentou uma correlação significativa (> 50%) com algum outro parâmetro analisado, reforçando o seu forte controle na região de estudo pela influência da MO oriunda de esgoto tratado com altos valores de $\delta^{15}\text{N}$. Como esperado, o teor de MO tendeu a se correlacionar negativamente com o D50 das amostras, indicando a sua maior presença nos sedimentos mais finos, juntamente com o aumento das porcentagens de COT e NT. A correlação positiva entre $\delta^{13}\text{C}$ e a porcentagem de CaCO_3 presente no sedimento resulta do sinal isotópico relativo à influência marinha na MO e a maior presença de organismos com conchas e carapaças na região externa da BES. A forte correlação positiva entre razão C/N com COT (73,9%) e NT (52,3%) evidencia a grande influência antropogênica na região de estudo, principalmente nas áreas mais internas da BV e CP.

A partir da análise de agrupamento de observações (*cluster analysis*), 4 grupos de amostras claramente distintos foram formados (Figura 5; Tabela 3). O teste MANOVA corrobora a existência de diferença estatisticamente significativa entre esses agrupamentos ($p < 0,05$). A Figura 6 apresenta o dendograma com a similaridade entre as amostras de sedimento superficial nos agrupamentos formados, enquanto que na Figura 7 se pode observar a distribuição espacial desses grupos na área de estudo.

O Grupo 1 possui as maiores medianas de CaCO_3 (30,5%) e lama (89,6%), bem como uma alta mediana de $\delta^{13}\text{C}$ (-22,8‰) para a região estudada, este comportamento foi observado principalmente na área externa da BES e dentro do canal do

Porto de Tubarão em decorrência da grande influência marinha nessas áreas. O Grupo 2 foi encontrado ao longo de toda a área de estudo, estando principalmente presente na região de transição da BES e a norte do CP. As amostras desse grupo apresentam uma granulometria de areia média a grossa (552,3 μm) com baixa presença de MO (0,8%), COT (0,1%), CaCO_3 (5,9%), $\delta^{13}\text{C}$ (-25,1‰), $\delta^{15}\text{N}$ (0,5‰) e os menores valores de razão C/N (5,8). Portanto, o Grupo 2 apresenta características de sedimento terrígeno com MO de ambientes terrestres (manguezal), quando se analisa os isótopos estáveis, também abrangendo parte da região da BES com aumento da presença de MO marinha.

O Grupo 3 ficou restrito à região interna da BES, próxima à praia de Camburi, com algumas observações pontuais na BV, CP e BES. Os altos valores de $\delta^{13}\text{C}$ (-22,7‰), $\delta^{15}\text{N}$ (8,6‰) e CaCO_3 (21,8%) observados nesse grupo indicam uma grande contribuição de MO marinha. Entretanto, o alto valor de mediana de razão C/N do Grupo 3 indica aporte de carbono antrópico em algumas regiões, com possível contaminação por hidrocarbonetos, assim como observado por Costa *et al.* (2015) nos sedimentos superficiais do CP. O Grupo 4 somente foi observado nas regiões internas da BV e CP. A maior presença de MO no sedimento desse grupo, acompanhado das maiores medianas de COT (3,5%), NT (0,34%) e $\delta^{15}\text{N}$ (9,7‰) evidencia a forte influência antropogênica na MO presente nesses locais.

3.4 Fontes da matéria orgânica e sedimento superficial

Os resultados obtidos na análise de agrupamento, a partir da integração dos diferentes parâmetros sedimentológicos e geoquímicos avaliados, permitiram comprovar a contribuição de

Tabela 2. Correlação não-paramétrica de Spearman realizada entre os parâmetros sedimentológicos e geoquímicos analisados no sedimento superficial da área de estudo. Os números com forte correlação (> 0,5) então sublinhados, enquanto os valores com muito forte correlação (> 0,7) se apresentam em negrito.

	Teor de Água (%)	MO (%)	CaCO ₃ (%)	Lama (%)	D50 (um)	NT (%)	COT (%)	Razão C/N	$\delta^{13}\text{C}$
MO (%)	<u>0,61</u>								
CaCO ₃ (%)	0,246	0,45							
Lama (%)	<u>0,657</u>	0,81	0,383						
D50 (um)	-0,704	-0,784	-0,367	-0,911					
NT (%)	<u>0,672</u>	0,89	0,352	0,765	-0,768				
COT (%)	<u>0,618</u>	0,867	0,439	0,741	<u>-0,683</u>	0,912			
Razão C/N	-0,008	<u>0,579</u>	0,162	0,251	-0,219	<u>0,523</u>	0,739		
$\delta^{13}\text{C}$	0,373	0,286	<u>0,595</u>	0,429	-0,456	0,436	0,255	0,01	
$\delta^{15}\text{N}$	-0,09	0,028	-0,11	-0,244	0,252	0,463	0,183	0,432	-0,194

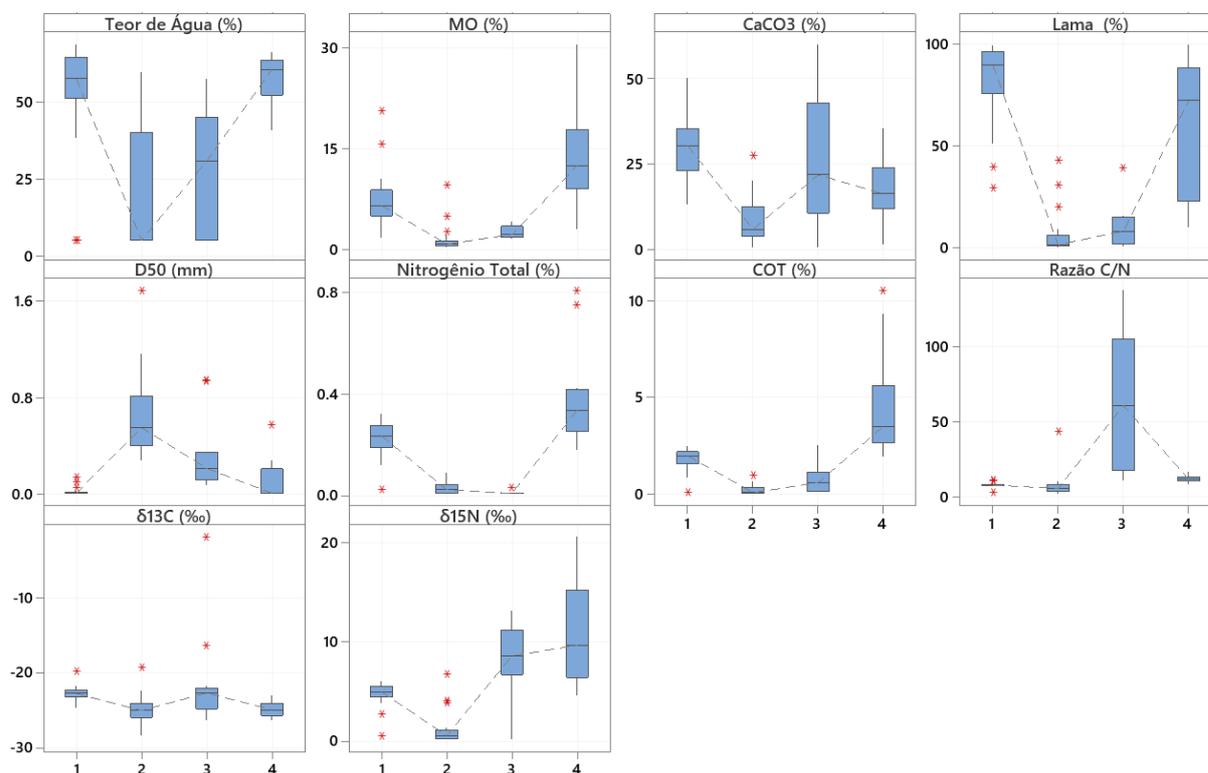


Figura 5. Boxplot com a variação dos parâmetros sedimentológicos e geoquímicos para os quatro grupos formados.

Tabela 3. Valores das medianas dos parâmetros analisados para cada grupo. Os maiores e menores valores encontrados foram deixados em negrito e sublinhados, respectivamente, para cada variável.

Grupo	Teor de Água (%)	MO (%)	CaCO3 (%)	Lama (%)	D50 (um)	Nitrogênio Total (%)	COT (%)	Razão C/N	$\delta^{13}\text{C}$ (‰)	$\delta^{15}\text{N}$ (‰)	N° Amostras
1	57,7	6,5	30,5	89,6	<u>8,7</u>	0,24	2,0	8,0	-22,8	5,0	36
2	<u>5,0</u>	<u>0,8</u>	<u>5,9</u>	<u>1,4</u>	552,3	0,02	<u>0,1</u>	<u>5,8</u>	<u>-25,1</u>	<u>0,5</u>	28
3	30,8	2,2	21,8	8,1	215,3	<u>0,01</u>	0,6	60,8	-22,7	8,6	13
4	60,6	12,5	16,2	72,3	9,7	0,34	3,5	11,9	-25,0	9,7	14

diferentes fontes de MO no sedimento estudado. A alternância da presença dos Grupos 3 e 4 ao longo da maior parte da BV e CP é característica de ambientes de transição entre áreas continentais e marinhas. A interação entre o aporte fluvial e a ação das marés na região, bem como as suas consequências para a hidrodinâmica e distribuição do sedimento superficial foram discutidas por Veronez *et al.* (2009), Nascimento *et al.* (2013) e Garonce e Quaresma (2014).

O aporte de MO oriundo de ação antrópica, como esgoto e hidrocarbonetos, também foi evidente nesses ambientes

internos em decorrência dos elevados valores de COT, NT e nas amostras. A grande presença de $\delta^{15}\text{N}$ na BV e no CP também foi observada por Costa *et al.* (2015) em testemunhos e por Souza *et al.* (2018) em amostras próximas aos manguezais, sendo relacionada com a poluição antrópica nessas regiões internas devido à rápida urbanização das últimas décadas. Além disso, Grilo *et al.* (2013) também verificou o aumento do COT na parte superficial de testemunhos coletados em planícies de maré do CP, com variação na razão C/N ao longo dos anos, em decorrência do aporte de MO terrígena e de esgoto na região. A presença do Grupo 2 (Razão C/N = 5,8, MO = 0,8%, COT = 0,1%,

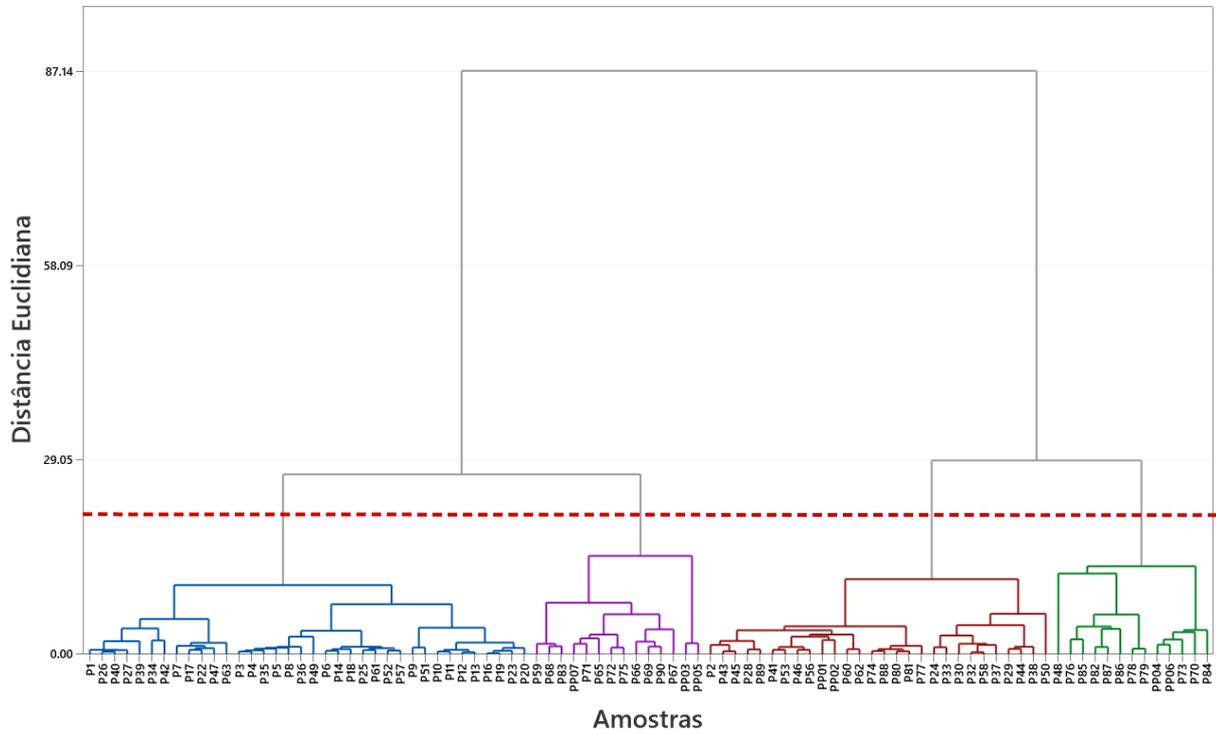


Figura 6. Dendrograma com a distribuição das amostras nos agrupamentos formados. As linhas azuis, rosas, vermelhas e verdes representam os Grupos 1, 4, 2 e 3.

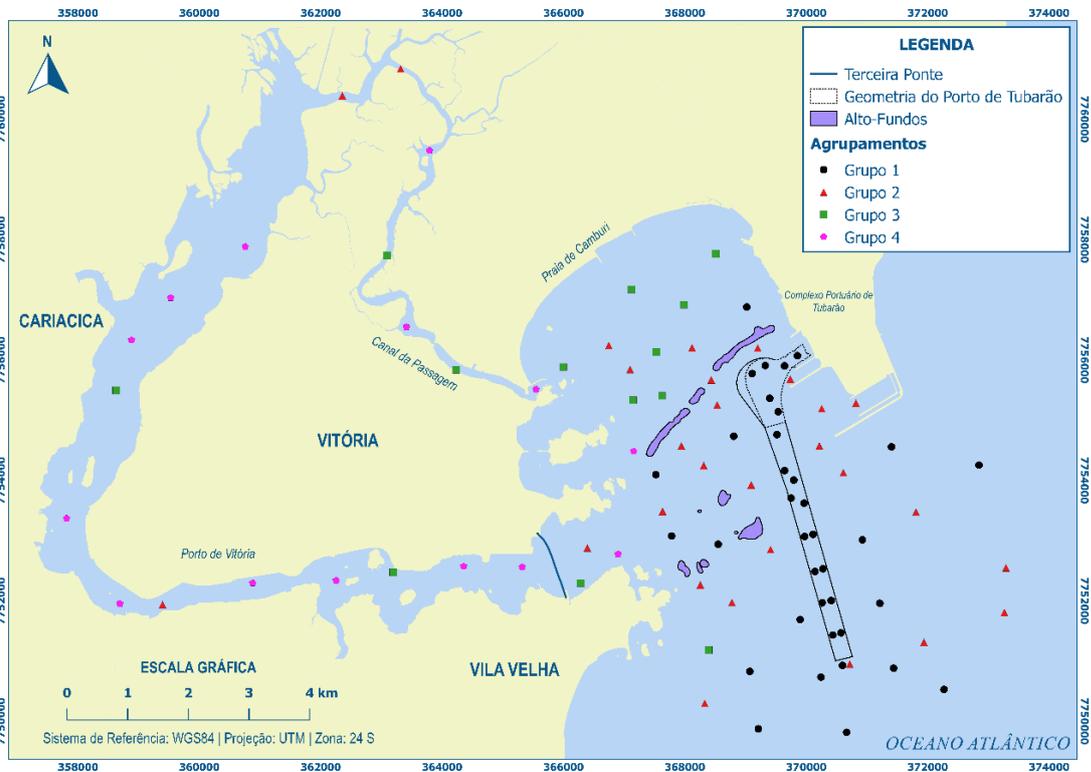


Figura 7. Distribuição espacial dos quatro grupos na área de estudo.

NT = 0,02%, $\delta^{13}\text{C} = -25,1\text{‰}$, $\delta^{15}\text{N} = 0,5\text{‰}$) com características isotópicas de MO terrígena ao norte da BV sugere o aporte dos manguezais bem desenvolvidos na região (Jesus *et al.*, 2004).

A classificação de grande parte do sedimento arenoso observado na região interna da BES como Grupo 3, cujos valores para isótopos estáveis indicam influência marinha ($\delta^{13}\text{C} = -22,7\text{‰}$; $\delta^{15}\text{N} = 8,6\text{‰}$), parece ser uma resposta a deposição de MO de fitoplâncton marinho. O retrabalhamento desse sedimento a partir das trocas transversais entre a praia e a antepraia, bem como o transporte longitudinal na direção NE, promovem uma resposta de adaptação morfodinâmica da praia com transporte do sedimento e MO, afinamento da granulometria ao longo desse transporte e retenção do material nas proximidades da praia (Albino *et al.*, 2001). A existência do alto-fundo na porção central da BES, disposto longitudinalmente à praia com profundidades mínimas de 2 m, parece ser um obstáculo que impede a troca efetiva desse sedimento mais grosso entre a área mais interna e externa da BES. No estudo de Bastos *et al.* (2014) o transporte residual de fundo na região interna da BES foi em direção à praia, corroborando a observação de menor contribuição de sedimentos e MO oriunda da área próxima à Praia de Camburi para a porção central e externa, bem como para canal do Porto de Tubarão, no presente estudo.

A porção central e externa da BES apresentou uma alternância entre sedimento arenoso pertencente ao Grupo 2 e material lamoso classificado como Grupo 1. A similaridade observada, a partir da análise de agrupamentos, entre o sedimento arenoso presente nessa região da BES com as amostras coletadas mais a norte da BV (PPO1 e PPO2), além da ocorrência de valores mais baixos de $\delta^{13}\text{C}$ e $\delta^{15}\text{N}$ nas amostras do Grupo 2, demonstram o aporte de sedimento e MO terrestre da BV na BES. Garonce e Quaresma (2014) também observaram exportação de material particulado em suspensão (MPS) da BV para BES principalmente durante as vazantes de marés de sizígia no período chuvoso. Mesmo tendo uma correlação positiva com o sedimento fino, os elevados valores de COT (2%) e NT (0,24%) presentes no sedimento lamoso da porção central e externa da BES, bem como observado dentro do canal do Porto de Tubarão, também sugerem a BV como a principal fonte de MO terrestre e antrópica na BES, devido a sua similaridade com valores observados nos sedimentos finos encontrados dentro da BV (Grupo 4). Valores de COT e NT semelhantes também foram encontrados por Burone *et al.* (2003), Lazăr *et al.* (2012) e Tang *et al.* (2018) em regiões costeiras com grande influência de aporte de MO de origem antrópica.

Como a MO aquática de origem terrígena tende a apresentar muitas substâncias húmicas refratárias (Primo *et al.*, 2011) quando comparado a MO marinha lábil composta por mais proteínas, a maior oxigenação do sedimento superficial arenoso, causado pela sua maior porosidade, tende a proporcionar uma degradação preferencial dos compostos nitrogenados marinhos e oriundos do esgoto, mantendo preservada a MO terrestre no Grupo 2. Por sua vez, a MO rica em nitrogênio advinda da BV se mantém presente no sedimento lamoso observado na BES, tornando a mistura entre o material fino terrestre com o sedimento e a MO marinha característica das lamias observadas na BES (Grupo 1). Portanto, pode-se endereçar que o sedimento fino e MO observada no canal do Porto de Tubarão são advindos principalmente da BV e região marinha adjacente à BES.

4. CONCLUSÃO

O presente estudo teve como objetivo principal a realização de análises sedimentológicas e geoquímicas no sedimento superficial da BES e adjacências, de modo a determinar a proveniência dos sedimentos finos colmatados no Porto de Tubarão. Devido ao elevado potencial de ocorrência de impactos negativos durante e após a execução de obras de dragagem, há uma grande demanda por amplo conhecimento da qualidade do material dragado e da dinâmica sedimentar na região do porto, de modo a subsidiar o planejamento e gerenciamento dessas obras com a efetiva mitigação dos impactos negativos para o meio ambiente e sociedade.

A boa correlação entre os parâmetros sedimentológicos e geoquímicos do sedimento superficial analisados permitiu a separação das amostras em 4 grupos estatisticamente diferentes. A partir da análise de similaridade entre as amostras e os grupos formados, classificou-se a alternância entre os Grupos 4 e 3 na BV e CP como uma característica da transição entre áreas continentais antropizadas e marinhas. Os elevados teores de MO (>12%), COT (> 3,5%), NT (0,3%) e $\delta^{15}\text{N}$ (> 9‰) e os altos valores da razão C/N observados em grande parte da BV e CP sugerem o predomínio de sedimento terrígeno altamente antropizado na região pelo lançamento de esgoto bruto e tratado. Baixos valores de $\delta^{13}\text{C}$ (< 25‰) associados a valores discrepantes de razão C/N também foram observados na BV e CP (P70, P73, P84, PPO4 e PPO6) e indicam presença de efluentes contaminados por hidrocarbonetos.

Na BES, a localização restrita das amostras classificadas como Grupo 3 na porção interna da baía sugere a atuação do alto-fundo, presente na porção central da BES, como um obstáculo que impede o efetivo transporte de sedimento entre as áreas

mais interna e externa. A alternância entre as amostras com granulometria mais grossa (Grupo 2) e mais fina (Grupo 1) na porção central e externa da BES indica uma clara mistura entre o sedimento terrígeno, oriundo da BV, e marinho na região. Os elevados valores de COT (~2,1%) e NT (~0,27%) presentes no sedimento lamoso dentro do canal do Porto de Tubarão (Grupo 1), ligeiramente mais baixos que os valores encontrados no Grupo 4 característico do ambiente antropizado da BV, também sugere a contribuição da MO e material fino dessa região no canal do porto.

Como sugestão futura, a busca por compostos específicos, considerados como biomarcadores pela literatura, no sedimento superficial encontrado no Porto de Tubarão seria um importante complemento para os resultados do presente estudo. Por exemplo, o taraxerol é um terpenóide específico do mangue, assim como o coprostanol é tido como traçador de aporte de esgoto e poderiam corroborar o aporte de MO da BV na região do porto. A análise espacial da presença desses biomarcadores no sedimento encontrado dentro da área navegável do porto também pode contribuir para a definição das principais áreas de aporte de sedimento fino e MO advinda da BV.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem à Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado do Espírito Santo (FAPES) pelo financiamento do estudo através do edital FAPES/VALE/FAPERJ N° 01/2015 – Pelotização, Meio Ambiente e Logística.

REFERÊNCIAS

- Agunwamba, J. C., Onuoha, K. C., Okoye, A. C. (2012). Potential effects on the marine environment of dredging of the Bonny channel in the Niger Delta. *Environmental Monitoring and Assessment*, 184(11), 6613-6625. <https://doi.org/10.1007/s10661-011-2446-3>
- Albino, J., Coelho, A. L. N., Girardi, G., Nascimento, K. A. (2018). Espírito Santo. In D. Muehe (Ed.), *Panorama da Erosão Costeira no Brasil* (pp. 433-477). Ministério de Meio Ambiente. https://www.researchgate.net/publication/329247970_Panorama_da_erosao_costeira_no_Brasil
- Albino, J., Contti Neto, N., Oliveira, T. C. A. (2016). The beaches of Espírito Santo. In A. H. F. Klein & A. Short (Eds.), *Brazilian Beach Systems Book* (Springer, p. 611). https://doi.org/10.1007/978-3-319-30394-9_13
- Albino, J., Oliveira, R., Maia, L. P., Nascimento, K. A. (2001). *Processos atuais de sedimentação marinha e praia do litoral de Vitória*, ES. Relatório n. 198.2506/ 2000. FACITEC & Prefeitura Municipal de Vitória. 2001.

Amos, C. L., Sutherland, T. F., Radziejewski, B., Doucette, M. (1996). A rapid technique to determine bulk density of fine-grained sediments by X-ray computed tomography. *Journal of Sedimentary Research*, 66(5), 1023-1024. <https://doi.org/10.1306/D4268144-2B26-11D7-8648000102C1865D>

ANA (2011). *Guia nacional de coletas e preservação de amostras: água, sedimento, comunidades aquáticas e efluentes líquidos*. <http://arquivos.ana.gov.br/institucional/sge/CEDOC/Catalogo/2012/GuiaNacionalDeColeta.pdf>

Andrews, J. E., Greenaway, A. M., Dennis, P. F. (1998). Combined carbon isotope and C/N ratios as indicators of source and fate of organic matter in a poorly flushed, tropical estuary: Hunts Bay, Kingston Harbour, Jamaica. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 46(5), 743-756. <https://doi.org/10.1006/ecss.1997.0305>

Bastos, A. C., Costa Moscon, D. M., Carmo, D., Neto, J. A. B., Quaresma, V. S. (2014). Modern sedimentation processes in a wave-dominated coastal embayment: Espírito Santo Bay, southeast Brazil. *Geo-Marine Letters*, 35(1), 23-36. <https://doi.org/10.1007/s00367-014-0387-x>

Benedict, C. R., Wong, W. W. L., Wong, J. H. H. (1980). Fractionation of the Stable Isotopes of Inorganic Carbon by Seagrasses. *Plant Physiology*, 65(3), 512-517. <https://doi.org/10.1104/pp.65.3.512>

Bordovskiy, O. K. (1965). Accumulation of organic matter in bottom sediments. *Marine Geology*, 3(1-2), 33-82. [https://doi.org/10.1016/0025-3227\(65\)90004-6](https://doi.org/10.1016/0025-3227(65)90004-6)

BURONE, L., MUNIZ, P., PIRES-VANIN, A. M. S., RODRIGUES, M. (2003). Spatial distribution of organic matter in the surface sediments of Ubatuba Bay (Southeastern - Brazil). *Anais Da Academia Brasileira de Ciências*, 75(1), 77-80. <https://doi.org/10.1590/S0001-37652003000100009>

Buruam, L. M., Hortellani, M. A., Sarkis, J. E., Costa-Lotufo, L. v., Abessa, D. M. S. (2012). Contamination of port zone sediments by metals from Large Marine Ecosystems of Brazil. *Marine Pollution Bulletin*, 64(3), 479-488. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2012.01.017>

Costa, E. S., Grilo, C. F., Wolff, G. A., Thompson, A., Figueira, R. C. L., Neto, R. R. (2015). Evaluation of metals and hydrocarbons in sediments from a tropical tidal flat estuary of Southern Brazil. *Marine Pollution Bulletin*, 92(1-2), 259-268. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2014.11.028>

Deines, P. (1980). The isotopic composition of reduced organic carbon. In *The Terrestrial Environment*, A (pp. 329-406). Elsevier. <https://doi.org/10.1016/B978-0-444-41780-0.50015-8>

Dias, J. A. (2004). *A análise sedimentar e o conhecimentos dos sistemas marinhos: A curva granulométrica*. Universidade de Algarve. https://www.academia.edu/3170602/A_ANALISE_SEDIMENTAR_E_O_CONHECIMENTO_DOS_SISTEMAS_MARINHOS_Um_a_Introducao_A_Oceanografia_Geologica

- di Leonardo, R., Cundy, A. B., Bellanca, A., Mazzola, A., Vizzini, S. (2012). Biogeochemical evaluation of historical sediment contamination in the Gulf of Palermo (NW Sicily): Analysis of pseudo-trace elements and stable isotope signals. *Journal of Marine Systems*, 94, 185-196. <https://doi.org/10.1016/j.jmarsys.2011.11.022>
- Fettweis, M., Baeye, M., Francken, F., Lauwaert, B., Eynde, D. van den, Lancker, V. van, Martens, C., Michielsen, T. (2011). Monitoring the effects of disposal of fine sediments from maintenance dredging on suspended particulate matter concentration in the Belgian nearshore area (southern North Sea). *Marine Pollution Bulletin*, 62(2), 258-269. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2010.11.002>
- Fettweis, M., Baeye, M., Cardoso, C., Dujardin, A., Lauwaert, B., van den Eynde, D., van Hoestenbergh, T., Vanlede, J., van Poucke, L., Velez, C., Martens, C. (2016). The impact of disposal of fine-grained sediments from maintenance dredging works on SPM concentration and fluid mud in and outside the harbor of Zeebrugge. *Ocean Dynamics*, 66(11), 1497-1516. <https://doi.org/10.1007/s10236-016-0996-1>
- Four, I. du, Lancker, V. van. (2008). *Changes of sedimentological patterns and morphological features due to the disposal of dredge spoil and the regeneration after cessation of the disposal activities*. 255, 15-29. <https://doi.org/10.1016/j.margeo.2008.04.011>
- Fry, B., Gace, A., McClelland, J. W. (2003). Chemical Indicators of Anthropogenic Nitrogen-Loading in Four Pacific Estuaries. *Pacific Science*, 57(1), 77-101. <https://doi.org/10.1353/psc.2003.0004>
- Gao, S., Collins, M. (1992). Net sediment transport patterns inferred from grain-size trends, based upon definition of "transport vectors." *Sedimentary Geology*, 81(1-2), 47-60. [https://doi.org/10.1016/0037-0738\(92\)90055-V](https://doi.org/10.1016/0037-0738(92)90055-V)
- Gao, X., Yang, Y., & Wang, C. (2012). Geochemistry of organic carbon and nitrogen in surface sediments of coastal Bohai Bay inferred from their ratios and stable isotopic signatures. *Marine Pollution Bulletin*, 64(6), 1148-1155. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2012.03.028>
- Garonce, F. A. A., Quaresma, V. S. (2014). Hydrodynamic aspects at Vitória Bay Mouth, ES. *Anais Da Academia Brasileira de Ciências*, 86(2), 555-570. <https://doi.org/10.1590/0001-37652014114012>
- Ghazali, F. M., Rahman, R. N. Z. A., Salleh, A. B., Basri, M. (2004). Biodegradation of hydrocarbons in soil by microbial consortium. *International Biodeterioration & Biodegradation*, 54(1), 61-67. <https://doi.org/10.1016/j.ibiod.2004.02.002>
- Hedges, J. I., Stern, J. H. (1984). Carbon and nitrogen determinations of carbonate-containing solids. *Limnology and Oceanography*, 29(3), 657-663. <https://doi.org/10.4319/lo.1984.29.3.0657>
- Hogberg, P. (1997). Tansley Review No. 95. 15N natural abundance in soil-plant systems. *New Phytologist*, 137(2), 179-203. <https://doi.org/10.1046/j.1469-8137.1997.00808.x>
- Hossain, M. B., Marshall, D. J., Venkatramanan, S. (2014). Sediment granulometry and organic matter content in the intertidal zone of the sungai brunei estuarine system, Northwest coast of Borneo. *Carpathian Journal of Earth and Environmental Sciences*, 9(2), 231-239. https://www.researchgate.net/publication/261062961_Sediment_granulometry_and_organic_matter_content_in_the_intertidal_zone_of_the_Sungai_Brunei_estuarine_system_northwest_coast_of_Borneo
- Hyland, J., Balthis, L., Karakassis, I., Magni, P., Petrov, A., Shine, J., Vestergaard, O., Warwick, R. (2005). Organic carbon content of sediments as an indicator of stress in the marine benthos. *Marine Ecology Progress Series*, 295(May 2014), 91-103. <https://doi.org/10.3354/meps295091>
- Jesus, H. C. de, Costa, E. de A., Mendonça, A. S. F., Zandonade, E. (2004). Distribuição de metais pesados em sedimentos do sistema estuarino da Ilha de Vitória-ES. *Química Nova*, 27(3), 378-386. <https://doi.org/10.1590/s0100-40422004000300004>
- Keeley, J. E., Sandquist, D. R. (1992). Carbon: freshwater plants. *Plant, Cell and Environment*, 15(9), 1021-1035. <https://doi.org/10.1111/j.1365-3040.1992.tb01653.x>
- Khan, N. S., Vane, C. H., Horton, B. P. (2015). Stable carbon isotope and C/N geochemistry of coastal wetland sediments as a sea-level indicator. *Handbook of Sea-Level Research*, 295-311. <https://doi.org/10.1002/9781118452547.ch20>
- Kirby, R. (2011). Minimising harbour siltation-findings of PIANC Working Group 43. *Ocean Dynamics*, 61(2-3), 233-244. <https://doi.org/10.1007/s10236-010-0336-9>
- Lamb, A. L., Wilson, G. P., Leng, M. J. (2006). A review of coastal palaeoclimate and relative sea-level reconstructions using ¹³C and C/N ratios in organic material. *Earth-Science Reviews*, 75(1-4), 29-57. <https://doi.org/10.1016/j.earscirev.2005.10.003>
- Lazăr, L., Gomoiu, M. T., Boicenco, L., Vasiliu, D. (2012). Total Organic Carbon (TOC) of the surface layer sediments covering the seafloor of the Romanian Black Sea coast. *Geo-Eco-Marina*, 18(March 2018), 121-132. <https://doi.org/10.5281/zenodo.56875>
- Lee, J., Kwon, B. O., Kim, B., Noh, J., Hwang, K., Ryu, J., Park, J., Hong, S., Khim, J. S. (2019). Natural and anthropogenic signatures on sedimentary organic matters across varying intertidal habitats in the Korean waters. *Environment International*, 133(July), 105166. <https://doi.org/10.1016/j.envint.2019.105166>
- Lehrback, B. D., Rodrigues Neto, R., Fonseca Barroso, G., Bernardes, M. (2016). Fontes e Distribuição da Matéria Orgânica Sedimentar na Porção Noroeste da Baía de Vitória, ES. *Brazilian Journal of Aquatic Science and Technology*, 20(1). <https://doi.org/10.14210/bjast.v20n1.4793>
- le Roux, J. P. (1994). An alternative approach to the identification of net sediment transport paths based on grain-size trends. *Sedimentary Geology*, 94(1-2), 97-107. [https://doi.org/10.1016/0037-0738\(94\)90149-X](https://doi.org/10.1016/0037-0738(94)90149-X)

- Liu, M., Hou, L. J., Xu, S. Y., Ou, D. N., Yang, Y., Yu, J., Wang, Q. (2006). Organic carbon and nitrogen stable isotopes in the intertidal sediments from the Yangtze Estuary, China. *Marine Pollution Bulletin*, 52(12), 1625–1633. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2006.06.008>
- McLaren, P. (1981). An Interpretation of Trends in Grain Size Measures. *SEPM Journal of Sedimentary Research*, Vol. 51(2), 611–624. <https://doi.org/10.1306/212f7cf2-2b24-11d7-8648000102c1865d>
- McLaren, P., Bowles, D. (1985). The Effects of Sediment Transport on Grain-Size Distributions. *SEPM Journal of Sedimentary Research*, Vol. 55(4). <https://doi.org/10.1306/212f86fc-2b24-11d7-8648000102c1865d>
- Meyers, P. A. (1997). Organic geochemical proxies of paleoceanographic, paleolimnologic, and paleoclimatic processes. *Organic Geochemistry*, 27(5–6), 213–250. [https://doi.org/10.1016/S0146-6380\(97\)00049-1](https://doi.org/10.1016/S0146-6380(97)00049-1)
- Middelburg, J. J., Nieuwenhuize, J. (1998). Carbon and nitrogen stable isotopes in suspended matter and sediments from the Schelde Estuary. *Marine Chemistry*, 60(3–4), 217–225. [https://doi.org/10.1016/S0304-4203\(97\)00104-7](https://doi.org/10.1016/S0304-4203(97)00104-7)
- Nascimento, T., Chacaltana, J., Piccoli, F. (2013). Análise da Influência do Alargamento de um Estreitamento na Hidrodinâmica do Canal da Passagem, Vitória-ES, Através de Modelagem Numérica. *Revista Brasileira de Recursos Hídricos*, 18(3), 31–39. <https://doi.org/10.21168/rbrh.v18n3.p31-39>
- Okada, T., Larcombe, P., Mason, C. (2009). Estimating the spatial distribution of dredged material disposed of at sea using particle-size distributions and metal concentrations. *Marine Pollution Bulletin*, 58(8), 1164–1177. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2009.03.023>
- Orpin, A. R., Ridd, P. v., Thomas, S., Anthony, K. R. N., Marshall, P., Oliver, J. (2004). Natural turbidity variability and weather forecasts in risk management of anthropogenic sediment discharge near sensitive environments. *Marine Pollution Bulletin*, 49(7–8), 602–612. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2004.03.020>
- Peterson, B., Fry, B., Hullar, M., Saupe, S., Wright, R. (1994). The Distribution and Stable Carbon Isotopic Composition of Dissolved Organic Carbon in Estuaries. *Estuaries*, 17(1), 111. <https://doi.org/10.2307/1352560>
- Prahl, F. G., Bennett, J. T., Carpenter, R. (1980). The early diagenesis of aliphatic hydrocarbons and organic matter in sedimentary particulates from Dabob Bay, Washington. *Geochimica et Cosmochimica Acta*, 44(12), 1967–1976. [https://doi.org/10.1016/0016-7037\(80\)90196-9](https://doi.org/10.1016/0016-7037(80)90196-9)
- Primo, D. C., Menezes, R. S. C., Silva, T. O. (2011). Substâncias húmicas da matéria orgânica do solo: uma revisão de técnicas analíticas e estudos no nordeste brasileiro. *Scientia Plena*, 7(5), 1–13. <https://www.scienciaplena.org.br/sp/article/view/342>
- Quaresma, V. D. S., Bastos, A. C., Loureiro, D. v., Paixão, S. (2011). Utilização de métodos geofísicos para mapeamento de lama fluida no porto de tubarão, vitória (ES-Brasil). *Revista Brasileira de Geofísica*, 29(3), 487–496. <https://doi.org/10.22564/rbgf.v29i3.94>
- Rumolo, P., Barra, M., Gherardi, S., Marsella, E., Sprovieri, M. (2011). Stable isotopes and C/N ratios in marine sediments as a tool for discriminating anthropogenic impact. *Journal of Environmental Monitoring*, 13(12), 14. <https://doi.org/10.1039/c1em10568j>
- Savage, C., Leavitt, P. R., Elmgren, R. (2004). Distribution and retention of effluent nitrogen in surface sediments of a coastal bay. *Limnology and Oceanography*, 49(5), 1503–1511. <https://doi.org/10.4319/lo.2004.49.5.1503>
- Silliman, J. E., Meyers, P. A., Bourbonniere, R. A. (1996). Record of postglacial organic matter delivery and burial in sediments of Lake Ontario. *Organic Geochemistry*, 24(4), 463–472. [https://doi.org/10.1016/0146-6380\(96\)00041-1](https://doi.org/10.1016/0146-6380(96)00041-1)
- Simonini, R., Ansaloni, I., Cavallini, F., Graziosi, F., Iotti, M. (2005). Effects of long-term dumping of harbor-dredged material on macrozoobenthos at four disposal sites along the Emilia-Romagna coast (Northern Adriatic Sea , Italy). 50, 1595–1605. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2005.06.031>
- Smith, S. D. A., Rule, M. J. (2001). The Effects of Dredge-Spoil Dumping on a Shallow Water Soft-Sediment Community in the Solitary Islands Marine Park, NSW, Australia. 42(11). [https://doi.org/10.1016/S0025-326X\(01\)00059-5](https://doi.org/10.1016/S0025-326X(01)00059-5)
- Souza, I. da C., Arrivabene, H. P., Craig, C. A., Midwood, A. J., Thornton, B., Matsumoto, S. T., Elliott, M., Wunderlin, D. A., Monferrán, M. v., Fernandes, M. N. (2018). Interrogating pollution sources in a mangrove food web using multiple stable isotopes. *Science of the Total Environment*, 640–641, 501–511. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2018.05.302>
- Spano, S., Belem, A. L., Doria, R. N., Zucchi, M. do R., Souza, J. R. B. de, Costa, A. B., Lentini, C. A. D., Azevedo, A. E. G. de. (2014). Application of organic carbon and nitrogen stable isotope and C/N ratios as source indicators of organic matter of Nova Viçosa-Caravelas estuarine complex, southern Bahia, Brazil. *Brazilian Journal of Geology*, 44(1), 13–21. <https://doi.org/10.5327/z2317-4889201400010003>
- Stockmann, K., Riethmüller, R., Heineke, M., Gayer, G. (2009). On the morphological long-term development of dumped material in a low-energetic environment close to the German Baltic coast. *Journal of Marine Systems*, 75(3–4), 409–420. <https://doi.org/10.1016/j.jmarsys.2007.04.010>
- Stronkhorst, J., Ariele, F., Hattum, B. van, Postma, J. F., Kluijver, M. de. (2003). Environmental impact and recovery at two dumping sites for dredged material in the North Sea. 124, 17–31. [https://doi.org/10.1016/S0269-7491\(02\)00430-X](https://doi.org/10.1016/S0269-7491(02)00430-X)

- Tang, H., Ke, Z., Yan, M., Wang, W., Nie, H., Li, B., Zhang, J., Xu, X., Wang, J. (2018). Concentrations, Distribution, and Ecological Risk Assessment of Heavy Metals in Daya Bay, China. *Water*, 10(6), 15. <https://doi.org/10.3390/w10060780>
- van Rijn, L. C. (2016). *Harbour siltation and control measures*. Online. <https://www.leovanrijn-sediment.com/papers/Harboursiltation2012.pdf>
- Veronez Júnior, P., Bastos, A. C., Quaresma, V. S. (2009). Morfologia e distribuição sedimentar em um sistema estuarino tropical: Baía de Vitória, ES. *Revista Brasileira de Geofísica*, 27(4), 609-624. <https://doi.org/10.1590/S0102-261X2009000400006>
- Vestergaard, O., Warwick, R. (2005). Organic carbon content of sediments as an indicator of stress in the marine benthos. *Marine Ecology Progress Series*, 295(May 2014), 91-103. <https://doi.org/10.3354/meps295091>
- Vieira, F. v., Bastos, A. C., Quaresma, V. S., Leite, M. D., Costa, A., Oliveira, K. S. S., Dalvi, C. F., Bahia, R. G., Holz, V. L., Moura, R. L., Amado Filho, G. M. (2019). Along-shelf changes in mixed carbonate-siliciclastic sedimentation patterns. *Continental Shelf Research*, 187(August), 103964. <https://doi.org/10.1016/j.csr.2019.103964>
- Wada, E., Hattori, A. (1991). *Nitrogen in the Sea: Forms, Abundances, and Rate Processes*. CRC Press. 224p.
- Yamaguchi, H., Montani, S., Tsutsumi, H., Hamada, K., Ueda, N. (2003). Estimation of particulate organic carbon flux in relation to photosynthetic production in a shallow coastal area in the Seto Inland Sea. *Marine Pollution Bulletin*, 47(1-6), 18-24. [https://doi.org/10.1016/S0025-326X\(02\)00414-9](https://doi.org/10.1016/S0025-326X(02)00414-9)
- Yamashita, S., Naruse, H., Nakajo, T. (2011). Sediment transport pathways on the modern microtidal sand flat reconstructed by the new method of sediment trend analysis (P-GSTA): Case studies of Kushida River and Obitsu River deltas, Japan. *Journal of the Sedimentological Society of Japan*, 70(1), 31-36. <https://doi.org/10.4096/jssj.70.31>

**SUPPORTING INFORMATION I -
PROVENIÊNCIA DOS SEDIMENTOS FINOS PARA O PORTO DE TUBARÃO, BRASIL**

Tabela 1. Resultados das análises sedimentológicas e geoquímicas no sedimento superficial do Porto de Tubarão, Vitória-ES. Coordenadas em WGS84/UTM Zona 24S.

Amostra	X	Y	Densidade Superficial (kg/m ³)	Teor de Água (%)	MO (%)	CaCO ₃ (%)	Cascalho (%)	Areia (%)	Lama (%)	D50 (µm)	Nitrogênio Total (%)	COT (%)	Razão C/N	Isótopo δ ¹³ C	Isótopo δ ¹⁵ N
P1	370595,4	7750925,8	1047,47	0,39	3,76	35,63	0,12	38,40	61,48	30,50	0,15	1,24	8,23	-23,27	4,61
P2	370714,3	7750948,1	-	-	1,03	17,77	12,51	81,68	5,81	901,03	0,09	0,69	7,71	-24,42	3,86
P3	370439,2	7751431,4	1063,87	0,65	6,13	40,99	0,07	8,90	91,03	9,38	0,28	2,22	8,01	-21,88	5,32
P4	370573,1	7751468,6	1126,52	0,59	6,54	40,66	0,31	15,21	84,48	10,89	0,24	2,06	8,76	-22,38	5,51
P5	370260,8	7751966,8	1066,62	0,63	9,13	40,08	0,00	7,01	92,99	8,55	0,30	2,45	8,11	-21,75	5,59
P6	370409,5	7752004,0	1016,19	0,53	8,83	33,26	0,00	3,36	96,64	7,37	0,28	2,06	7,45	-22,04	5,71
P7	370141,8	7752487,3	1075,09	0,51	2,72	13,14	0,32	34,73	64,96	16,37	0,12	0,87	7,28	-24,02	4,31
P8	370275,6	7752531,9	909,17	0,56	8,86	50,30	0,00	5,86	94,14	7,24	0,24	2,08	8,59	-22,41	5,62
P9	369970,9	7753068,2	1202,27	0,67	15,70	29,45	0,02	1,27	98,71	6,83	0,27	2,24	8,44	-22,29	5,66
P10	370110,6	7753101,7	1152,21	0,64	8,14	26,60	0,09	2,00	97,91	7,01	0,30	2,10	7,04	-21,95	5,72
P11	369749,6	7753704,8	1019,07	0,60	8,01	31,29	0,00	1,82	98,18	7,22	0,32	2,36	7,31	-21,75	5,70
P12	369965,3	7753621,2	1081,12	0,60	9,13	24,33	0,00	1,04	98,96	6,36	0,30	2,50	8,24	-22,11	6,02
P13	369641,8	7754162,1	1098,81	0,61	10,10	25,23	0,00	0,78	99,22	4,78	0,30	2,51	8,48	-22,39	4,97
P14	369794,5	7754004,4	998,78	0,61	8,67	29,93	0,00	2,46	97,54	6,39	0,24	2,16	8,88	-22,65	4,96
P16	369515,8	7754759,2	966,58	0,68	8,89	20,06	0,00	4,26	95,74	5,58	0,27	2,06	7,51	-22,52	5,24
P17	369537,6	7755140,5	934,30	0,65	3,59	14,84	0,89	12,78	86,33	6,85	0,21	1,80	8,40	-22,84	4,65
P18	369397,7	7755363,5	946,43	0,69	6,80	31,71	0,02	11,29	88,69	7,29	0,25	2,00	8,11	-22,78	4,81
P19	369108,2	7755773,4	972,55	0,67	9,52	19,03	0,00	3,22	96,78	6,35	0,27	2,03	7,48	-22,64	5,05
P20	369323,5	7755908,6	964,13	0,68	6,58	19,54	0,00	0,98	99,02	5,36	0,32	2,44	7,61	-22,08	5,43
P22	369641,4	7755902,4	1112,88	0,53	3,14	13,85	0,01	25,74	74,25	8,94	0,23	1,69	7,38	-23,67	4,65
P23	369853,5	7756071,6	964,33	0,67	10,56	15,42	0,02	9,42	90,57	6,01	0,25	1,96	7,87	-22,61	4,82
P24	369736,0	7755681,7	1021,74	0,52	4,88	4,99	0,77	68,54	30,69	411,41	0,05	0,36	8,10	-24,71	0,94
P25	371438,8	7750880,5	1078,01	0,49	8,57	33,11	0,13	16,33	83,55	9,46	0,24	1,83	7,74	-22,87	4,43
P26	371211,3	7751958,2	1184,48	0,42	6,55	34,38	0,16	33,41	66,42	23,61	0,14	1,23	8,48	-23,73	3,85
P27	370923,9	7753012,0	1132,93	0,46	5,94	38,53	7,53	26,21	66,26	23,62	0,20	1,65	8,33	-23,20	4,51
P28	370612,5	7754125,7	-	-	0,43	3,57	4,37	94,86	0,77	1046,38	0,02	0,04	2,42	-25,94	0,35
P29	370253,3	7755191,4	1390,74	0,29	0,64	3,97	9,23	87,51	3,26	1080,99	0,01	0,04	5,56	-25,97	0,17
P30	371938,3	7751306,9	1302,85	0,41	2,15	10,44	4,30	75,70	20,01	697,96	0,06	0,48	8,37	-23,89	1,21
P32	371809,6	7753473,2	1242,89	0,49	0,52	1,21	1,64	97,24	1,13	601,15	0,02	0,07	3,43	-25,84	0,42

Amostra	X	Y	Densidade Superficial (kg/m ³)	Teor de Água (%)	MO (%)	CaCO ₃ (%)	Cascalho (%)	Areia (%)	Lama (%)	D50 (um)	Nitrogênio Total (%)	COT (%)	Razão C/N	Isótopo δ ¹³ C	Isótopo δ ¹⁵ N
P33	370820,3	7755281,2	1477,85	0,40	9,59	7,09	4,64	52,64	42,72	386,79	0,07	0,61	9,19	-24,85	1,38
P34	371402,9	7754556,8	-	-	6,30	22,75	0,03	19,42	80,55	7,74	0,21	1,57	7,41	-22,90	5,23
P35	370241,9	7750732,1	600,74	0,62	6,13	47,33	0,00	14,09	85,91	18,34	0,27	2,16	8,03	-22,77	5,51
P36	369899,0	7751688,1	1024,82	0,53	3,72	42,56	0,02	19,29	80,68	15,88	0,22	1,74	8,02	-22,84	5,46
P37	369412,7	7752850,1	1042,62	0,60	1,01	16,22	6,21	92,88	0,91	537,92	0,02	0,06	3,19	-26,10	0,39
P38	369091,2	7753923,4	973,41	0,56	1,33	8,09	2,44	88,47	9,09	1074,93	0,04	0,22	5,41	-25,14	0,87
P39	368804,0	7754732,7	1379,92	0,38	1,76	28,87	0,00	70,50	29,50	103,44	0,13	1,09	8,41	-24,64	2,73
P40	369070,2	7750826,6	940,63	0,47	6,40	33,92	0,11	32,58	67,31	20,09	0,15	1,16	7,76	-22,84	3,92
P41	368776,3	7751969,6	-	-	0,72	10,20	4,84	94,66	0,51	546,29	0,03	0,06	2,29	-25,98	0,53
P42	368547,7	7752938,5	-	-	2,67	27,97	0,86	5,84	93,30	5,99	0,02	0,07	2,98	-24,47	0,49
P43	368308,2	7754244,8	-	-	0,53	13,34	9,99	88,42	1,59	684,40	0,06	0,35	5,74	-24,03	1,28
P44	367096,8	7755841,3	1327,10	0,39	0,86	5,90	3,46	88,19	8,35	1164,04	0,06	0,60	10,29	-25,07	1,22
P45	368119,2	7756201,2	-	-	0,98	13,02	0,79	98,21	1,00	558,31	0,03	0,14	4,52	-24,27	0,63
P46	369198,8	7756201,2	-	-	0,54	4,54	3,88	92,96	3,16	397,27	0,01	0,07	8,41	-28,37	0,18
P47	369018,9	7756880,1	1302,05	0,52	6,29	17,33	0,00	3,85	96,15	10,89	0,19	1,68	9,08	-23,40	4,98
P48	368389,5	7751185,2	-	-	1,60	49,11	25,88	73,48	0,64	950,74	0,03	2,53	77,44	-1,81	0,69
P49	369209,4	7749872,3	989,90	0,54	4,15	49,90	0,05	60,29	39,65	143,51	0,17	1,33	7,62	-19,86	5,22
P50	368326,1	7750297,6	-	-	1,01	20,08	40,10	59,63	0,28	1691,21	0,03	0,16	5,60	-19,36	0,61
P51	370665,3	7749815,1	879,88	0,63	20,74	27,32	0,00	6,90	93,10	7,66	0,28	1,95	7,05	-22,88	4,21
P52	372268,8	7750527,3	734,47	0,54	4,98	30,99	0,00	20,16	79,84	10,94	0,19	1,50	8,04	-22,93	4,13
P53	373261,7	7751807,4	-	-	0,49	1,31	0,50	97,73	1,77	596,92	0,03	0,10	3,70	-25,97	0,57
P56	373291,0	7752549,2	-	-	1,65	4,27	5,42	88,61	5,96	402,03	0,01	0,08	7,09	-26,51	0,24
P57	372845,0	7754254,5	808,69	0,56	5,63	31,11	0,00	6,02	93,98	16,98	0,24	2,00	8,44	-22,71	4,35
P58	370215,9	7754568,6	1116,13	0,57	0,33	1,60	1,59	96,01	2,40	615,96	0,02	0,09	3,96	-25,82	0,47
P59	366899,3	7752776,3	1068,71	0,59	13,90	16,72	0,00	3,57	96,43	6,87	0,42	5,09	12,21	-23,23	5,00
P60	367632,8	7753483,7	-	-	2,65	19,44	1,75	89,10	9,15	360,49	0,04	0,26	5,98	-25,83	0,92
P61	367521,8	7754095,4	1149,51	0,56	7,79	33,69	0,00	13,52	86,48	21,89	0,21	2,23	10,59	-24,06	5,17
P62	368255,1	7752261,9	-	-	0,82	27,39	2,63	96,73	0,63	410,33	0,03	0,08	3,31	-25,05	0,53
P63	367780,2	7753076,6	1009,37	0,69	5,00	25,34	0,12	48,80	51,08	57,25	0,20	2,31	11,38	-23,95	4,46
PP01	362353,0	7760388,0	1651,53	0,23	0,69	5,81	0,02	99,27	0,71	407,16	0,01	0,44	43,86	-26,45	0,21
PP02	363314,0	7760835,0	1620,30	0,23	2,16	0,62	0,37	98,61	1,02	562,81	0,09	0,96	10,43	-26,85	6,75
PP03	363791,0	7759479,0	969,39	0,66	30,54	11,99	0,00	14,28	85,72	5,81	0,75	10,54	14,00	-26,36	4,59
PP04	363094,0	7757735,0	1428,35	0,35	2,15	0,52	0,79	96,25	2,96	269,80	0,01	1,17	116,79	-26,37	9,19
PP05	363411,0	7756550,0	895,11	0,61	23,96	1,43	0,03	21,18	78,79	7,83	0,81	9,31	11,52	-25,72	5,67
PP06	364233,0	7755839,0	1018,96	0,58	3,24	4,31	8,57	87,95	3,49	341,92	0,01	0,99	98,98	-24,85	6,80

Amostra	X	Y	Densidade Superficial (kg/m ³)	Teor de Água (%)	MO (%)	CaCO ₃ (%)	Cascalho (%)	Areia (%)	Lama (%)	D50 (um)	Nitrogênio Total (%)	COT (%)	Razão C/N	Isótopo δ ¹³ C	Isótopo δ ¹⁵ N
PP07	365546,0	7755512,0	988,18	0,64	9,56	32,15	0,00	37,71	62,29	22,46	0,34	2,93	8,61	-23,08	10,17
P65	359528,4	7757033,0	980,44	0,66	14,83	35,43	27,46	29,63	42,91	103,26	0,38	5,28	14,06	-25,67	14,37
P66	357812,0	7753368,0	1199,64	0,41	6,30	32,09	11,07	63,59	25,34	226,72	0,21	2,64	12,79	-25,03	12,98
P67	358688,1	7751953,4	1015,45	0,45	2,99	10,49	8,84	81,02	10,13	575,76	0,19	2,23	11,54	-24,90	20,65
P68	360878,1	7752295,7	1034,83	0,61	17,23	14,43	0,00	2,51	97,49	5,27	0,42	5,54	13,06	-25,03	8,76
P69	362253,4	7752337,2	1118,11	0,50	8,73	15,72	1,52	83,15	15,32	206,53	0,18	1,95	10,72	-24,82	9,15
P70	363196,2	7752470,5	1163,13	0,40	3,28	36,85	16,67	44,27	39,05	161,38	0,01	1,37	137,29	-25,31	10,20
P71	364353,5	7752571,4	940,07	0,61	11,92	15,77	0,98	15,56	83,46	7,98	0,31	3,42	11,19	-24,35	12,65
P72	365319,0	7752560,0	1026,73	0,63	13,09	17,91	0,01	14,91	85,08	7,59	0,33	3,49	10,44	-24,39	19,56
P73	366284,4	7752294,8	1123,41	0,31	4,12	13,56	3,40	82,36	14,25	170,86	0,01	1,10	110,14	-22,28	12,19
P74	366390,6	7752876,4	-	-	0,67	6,53	0,17	99,34	0,50	352,92	0,01	0,08	7,70	-22,42	0,21
P75	367156,0	7754483,0	852,59	0,64	10,12	21,32	0,00	0,27	99,73	6,39	0,30	2,68	8,94	-23,11	17,98
P76	367622,0	7755403,0	1183,50	0,50	2,20	7,65	1,14	90,79	8,07	284,77	0,01	0,61	60,83	-24,38	7,72
P77	368435,0	7755669,0	-	-	0,54	4,04	0,40	99,45	0,15	395,05	0,01	0,05	4,70	-22,48	4,08
P78	368504,0	7757766,0	-	-	3,62	53,39	0,06	84,89	15,06	81,72	0,01	0,15	15,47	-21,77	8,60
P79	367983,0	7756919,0	-	-	3,76	60,03	0,00	90,03	9,97	78,53	0,01	0,30	30,50	-22,77	7,94
P80	367941,0	7754567,0	-	-	0,29	3,84	0,49	99,44	0,07	458,35	0,01	0,06	5,96	-24,30	0,21
P81	366748,0	7756239,0	-	-	0,49	7,30	0,36	99,27	0,37	479,06	0,01	0,03	3,08	-23,23	0,21
P82	365993,0	7755884,0	-	-	1,71	21,81	0,14	99,03	0,83	355,13	0,01	0,11	11,49	-22,70	6,65
P83	360755,4	7757880,7	993,08	0,57	19,70	11,32	0,22	33,98	65,80	11,47	0,35	5,81	16,75	-25,78	6,67
P84	358632,0	7755492,0	-	-	1,84	22,15	14,92	84,27	0,82	937,08	0,01	1,00	100,03	-24,81	12,58
P85	367120,0	7757174,0	926,71	0,54	2,42	26,25	0,11	85,24	14,65	116,23	0,01	0,32	32,17	-22,69	13,20
P86	367531,0	7756133,0	887,24	0,31	1,83	17,26	0,00	93,63	6,37	215,31	0,01	0,20	19,84	-16,36	0,21
P87	367142,0	7755332,0	-	-	1,98	20,66	0,01	84,37	15,62	128,13	0,01	0,13	13,19	-22,71	10,16
P88	368532,0	7755252,0	-	-	0,52	3,69	0,08	97,34	2,58	281,12	0,01	0,09	8,94	-23,54	0,21
P89	359390,6	7751931,8	-	-	0,80	5,75	6,42	92,84	0,74	857,55	0,01	0,07	6,79	-24,73	0,21
P90	358882,5	7756330,2	938,20	0,53	9,10	18,49	40,68	44,06	15,27	279,05	0,27	3,54	13,12	-25,70	8,14
GERAL	Maior		1651,53	0,69	30,54	60,03	40,68	99,45	99,73	1691,21	0,81	10,54	137,29	-1,81	20,65
	Menor		600,74	0,23	0,29	0,52	0,00	0,27	0,07	4,78	0,01	0,03	2,29	-28,37	0,17
	Mediana		1030,78	0,56	3,76	19,03	0,16	48,80	39,65	103,26	0,15	1,33	8,37	-23,67	4,82
	Desvio		185,41	0,12	5,65	14,11	7,54	38,24	40,18	346,35	0,16	1,81	25,87	2,91	4,43
CANAL DO PORTO	Maior		1202,27	0,69	15,70	50,30	12,51	81,68	99,22	901,03	0,32	2,51	8,88	-21,75	6,02
	Menor		909,17	0,39	1,03	13,14	0,00	0,78	5,81	4,78	0,09	0,69	7,04	-24,42	3,86
	Mediana		1033,27	0,62	8,14	26,60	0,01	5,86	94,14	7,22	0,27	2,06	8,01	-22,41	5,24
	Desvio		79,56	0,07	3,30	10,42	2,72	19,13	21,45	194,79	0,06	0,49	0,54	0,72	0,55