

# Lixo global, clima de ondas e deriva litorânea ao longo das praias do Litoral Norte do Estado da Bahia, Brasil

S. P. Santana Neto<sup>1</sup>; I. R. Silva<sup>2</sup>; A. C. S. P. Bittencourt<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Curso de Pós-Graduação em Geologia, Universidade Federal da Bahia, CEP 40.210-340, Salvador-BA, Brasil

<sup>2</sup>Departamento de Oceanografia/Núcleo de Estudos Hidrogeológicos e de Meio Ambiente, Universidade Federal da Bahia, CEP 40.210-340, Salvador-BA, Brasil

<sup>3</sup>Departamento de Oceanografia/Laboratório de Estudos Costeiros, Universidade Federal da Bahia, CEP 40.210-340, Salvador-BA, Brasil

iracema@pq.cnpq.br

(Recebido em 22 de outubro de 2013; aceito em 12 de julho de 2014)

O Litoral Norte do Estado da Bahia abriga um padrão ocupacional de caráter pontual na área pesquisada, incluindo povoados que, na maioria dos casos, ainda exibem características tradicionais. Na região predominam remotos trechos de praias arenosas, com uma linha de costa considerada contínua, de contorno retilíneo bastante regular, e bordejada, na sua maior parte, por um cordão duna. Esta pesquisa teve como objetivo avaliar as interações entre o aporte de lixo marinho global e o padrão de dispersão da deriva litorânea atuante nas praias localizadas entre Subaúma e Barra do Itariri, no Litoral Norte da Bahia, considerando a existência de um ponto nodal de inversão, em sua direção, na parte central de tal trecho. O lixo global foi também classificado de acordo com a sua composição, tipo de produto e país de origem. Não foi apresentada uma variação sazonal significativa entre os materiais coletados nos diferentes períodos avaliados. A composição, por material de origem, destacou a elevada presença de embalagens plásticas, as quais estiveram intimamente associadas ao aporte de garrafas de água mineral, que predominaram por toda a região de estudo. Foram ainda identificados países fabricantes das embalagens internacionais espalhados por todos os continentes. As maiores alturas das ondas de sudeste e sul-sudeste para o trecho entre Baixo e Barra do Itariri pode ser um fator determinante para a maior ocorrência de lixo marinho para a região, especialmente durante o período de outono/inverno.

Palavras-chave: lixo global, impactos ambientais, correntes costeiras.

## Coastal drift and classification of the global garbage found along the beaches of the North Coast of the State of Bahia, Brazil

The North Coast of the State of Bahia exhibits a specific occupational standard in the research field, including small towns which in most cases, still exhibit traditional characteristics. In the region predominates wide stretches of sandy beaches with a continuous shoreline, very regular straight contour and bordered by dunes in its most part. This research had as objective to value the interactions of the global garbage presence and the pattern of sediment dispersion through the active coastal drift, along the beaches located between Subaúma and Barra do Itariri, of the North Coast of the State of Bahia, considering the existence of a nodal divergence point toward the stretch's central part. There was not showed any significant seasonal variation between collections in these periods. The composition by material of origin registered the high presence of plastics packages, which were closely associated with the supply of mineral water's bottles, which prevailed throughout the duration of the collection. There were also identified manufacturers countries of the international packages distributed in all continents. The largest heights of waves from southeast and south-southeast in Baixo/Barra do Itariri stretch can be a determinant factor for the biggest incident of marine garbage in the region, especially during the autumn/winter seasons.

Keywords: global garbage, environmental impacts, coastal currents.

## 1. INTRODUÇÃO

Desde a década de 70, elevadas densidades de resíduos flutuantes já haviam sido reportadas na literatura científica, sendo reconhecidos como uma das principais formas de poluição marinha [1, 2]. Atualmente, com o acelerado crescimento urbano de muitas regiões, tem aumentado bastante as preocupações relativas à presença do lixo no ambiente marinho, bem como aos diversos problemas a ele associados [3, 4].

Os resíduos acumulam-se em diversas praias, sejam urbanas ou remotas [5], independentemente da distância relativa aos prováveis locais de origem. Suas diversas fontes podem ser classificadas como terrígenas e marinhas [6, 7], podendo estar associadas à pesca comercial ou recreativa, à atividade náutica (incluindo embarcações e plataformas de óleo e de gás), às águas pluviais, aos esgotos urbanos e aos usuários de praia [2]

Os impactos descritos têm sido diversos, agregando danos ambientais (aprisionamento, enredamento e ingestão, além da potencial dispersão biológica, incluindo espécies invasoras), sociais (perda estética ou paisagística), econômicos (custos às atividades turísticas, às embarcações recreativas/pesqueiras e à limpeza pública) e de segurança pública (riscos aos banhistas) [8, 9, 10, 4].

O tempo de residência no ambiente costeiro e marinho – geralmente muito longo, especialmente para os materiais sintéticos – pode variar de acordo com as condições ambientais vigentes, como a exposição ao sol, a temperatura, a energia de ondas incidentes na costa e a presença de fatores abrasivos [11]. A flutuabilidade de alguns itens pode facilitar o transporte por longas distâncias junto à superfície d'água [12].

O Litoral Norte da Bahia abriga diversos bolsões de desova de tartarugas marinhas (relevante área de nidificação a nível nacional), incluindo a ocorrência das espécies *Caretta caretta*, *Chelonia mydas* e *Eretmochelys imbricata*, todas com registros de ingestão e aprisionamento/enredamento por lixo em águas nacionais. Exemplares das duas últimas espécies citadas foram encontrados nas praias do Litoral Norte da Bahia com resíduos presentes no trato gastrointestinal. Casos de ingestão também ocorrem em indivíduos da espécie *Megaptera novaeanglia*, os quais visitam a área em períodos reprodutivos (principalmente nos meses de inverno). Portanto, a contaminação deste litoral pode implicar na perda de habitats reprodutivos prioritários para a conservação desses organismos marinhos.

Tentando contribuir com este tema, esta pesquisa teve como objetivo analisar a ocorrência e a distribuição de lixo global (internacional) nas praias localizadas entre Subaúma e Barra do Itariri, no Litoral Norte da Bahia (Figura 1), e verificar a sua correlação com a deriva litorânea e o clima de ondas da região estudada.

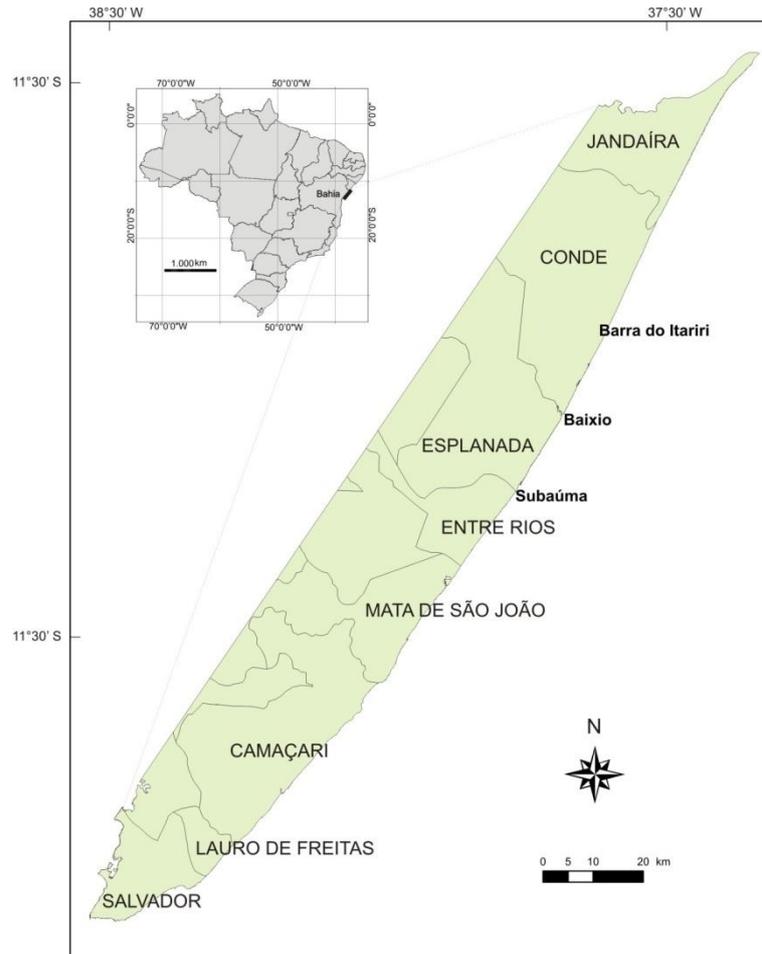


Figura 1: Área de estudo, entre as localidades de Subaúma e Barra do Itariri, no Litoral Norte do Estado da Bahia

## 2. MATERIAIS E MÉTODOS

### 2.1. Coleta e análise do lixo global

As coletas foram realizadas de forma manual em toda extensão da face de praia e pós-praia, a partir de caminhadas ao longo das praias localizadas entre as localidades de Subaúma e Barra do Itariri, com uma periodicidade bimensal, incluindo os meses de janeiro, março, maio e julho de 2011. Para facilitar a análise dos dados, o trecho estudado, com cerca de 50 km de extensão, foi segmentado em dois: entre Subaúma e Baixo e entre Baixo e Barra do Itariri.

Foi realizado o registro fotográfico completo das embalagens coletadas, com atenção especial a qualquer informação presente tanto nos rótulos como em suas demais partes (inscrições contidas nas tampas, no fundo, ou na parte superficial dos itens). Após o registro, foi realizada a catalogação dos dados disponíveis, destacando-se informações como: utilidade primária, material constituinte, datas de fabricação e validade, código de barras, país fabricante, importador e/ou distribuidor responsável e seus respectivos endereços, sites e e-mails.

A modelagem de ondas foi elaborada com base nos diagramas de refração de ondas, construídos por Livramento [13] e Bittencourt et al. [14], a partir de técnicas clássicas [15], utilizando dados referentes às frentes de onda relacionadas às principais direções dos ventos atuantes na zona costeira [NE (N45°), E (N90°), SE (N135°) e SSE (N175,5°)], e considerando períodos de 5s e alturas de 1m para frentes de onda de NE e E, e de 6.5s e 1.5m para frentes de onda de SE e SSE.

A partir desses diagramas foi estimada a altura das ondas ao longo da costa (H) e obtido através da Equação 1,

$$H = K \times H_0 \quad 1$$

na qual K é o coeficiente de refração, conforme definido na Equação 2, em que  $b_0$  designa a distância entre duas ortogonais às frentes de onda em águas profundas (profundidades superiores a 30m) e b a distância entre duas ortogonais às frentes de onda ao longo da costa (Figura 2) [16].

$$K = \sqrt{\frac{b_0}{b}} \quad 2$$

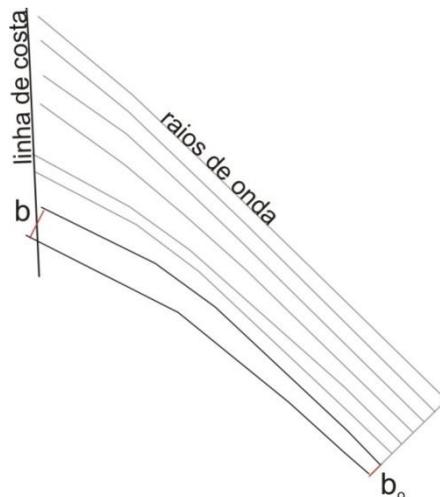


Figura 2: Indicação das medidas de b (distância entre duas ortogonais às frentes de onda ao longo da costa) e  $b_0$  (distância entre duas ortogonais às frentes de onda em águas profundas) entre dois raios de onda.

Por fim, a intensidade potencial da deriva litorânea efetiva, bem como seus sentidos gerais, foi determinada utilizando a Equação 3, definida por Komar [17].

$$X = H^2 \times \text{sen}(\alpha) \times \text{cos}(\alpha) \quad 3$$

### 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

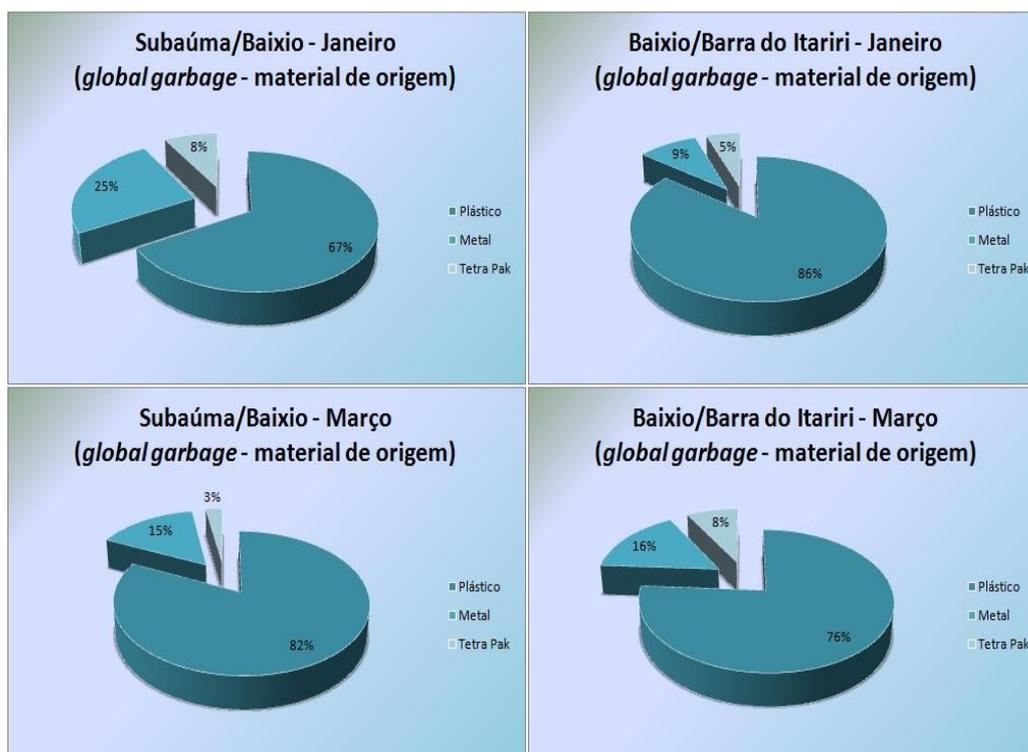
O estoque de lixo internacional, coletado durante o período de verão, compreendeu um total de 164 itens (100 amostrados em janeiro e 64 em março). Em janeiro, a distribuição das embalagens destacou-se entre o trecho Baixio/Barra do Itariri, incluindo mais de 4 itens/km. Contudo, no mês de março, os resultados indicaram uma maior presença no trecho Subáuma/Baixio (Tabela 1). Por sua vez, o estoque de lixo global, coletado durante o

outono/inverno, englobou um total de 150 embalagens (98 amostradas em maio e 52 em julho). Em maio, o trecho entre Baixo/Barra do Itariri evidenciou um maior acúmulo de lixo global em comparação ao trecho Subaúma/Baixo, com média superior a 4 itens/km-1. No mês de julho, os valores finais permaneceram próximos entre os trechos (Tabela 1).

*Tabela 1: Total de itens e média de itens/km de lixo global coletado, por trecho percorrido durante o verão (janeiro e março) e o inverno (maio e julho).*

	Verão		Inverno	
	Subaúma/Baixo	Baixo/Barra do Itariri	Subaúma/Baixo	Baixo/Barra do Itariri
<b>Total de itens</b>	63	101	52	98
<b>Itens/km</b>	3,93	5,94	3,25	5,76

De acordo com as coletas feitas durante os meses de verão, prevaleceram as embalagens constituídas por plástico, com média aproximada de 77% para os dois trechos e meses de coleta. As demais categorias presentes foram o metal e o Tetra Pak, como pode ser observado na Figura 3. Durante as coletas de inverno, a composição expressa por material de origem destacou a presença de resíduos plásticos, incluindo uma média aproximada de 62% para os trechos e meses amostrados. Entre as classes de importância secundária predominaram o metal e as embalagens Tetra Pak. Embalagens compostas por vidro e borracha também puderam ser observados na região (Figura 4).



*Figura 3: Composição expressa por material de origem do lixo global coletado, por trecho percorrido, durante o verão de 2011.*

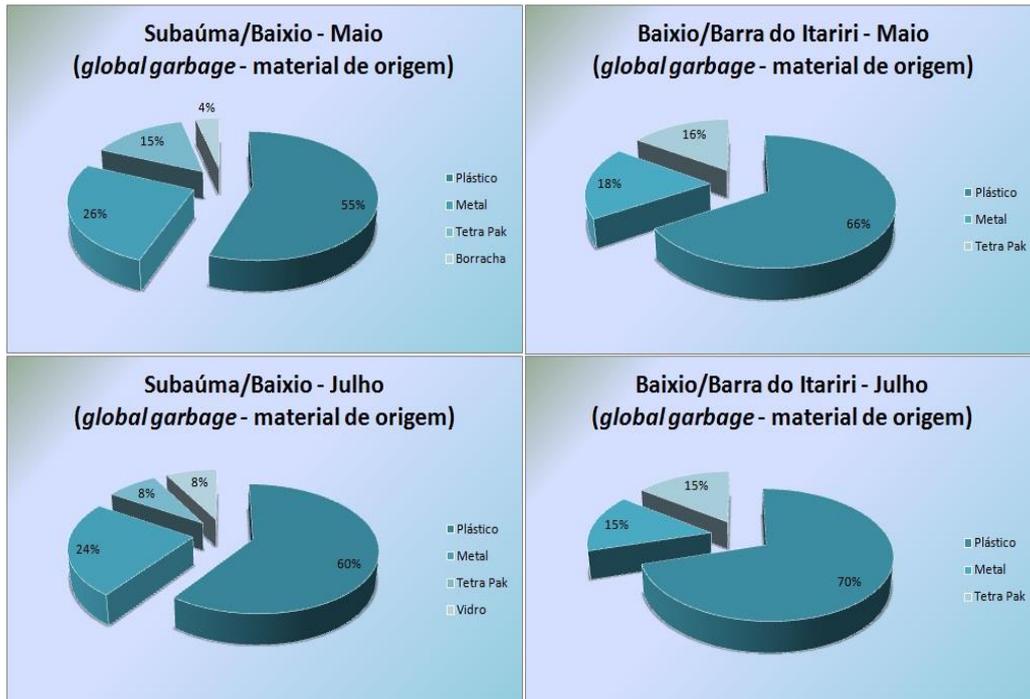


Figura 4: Composição expressa por material de origem do lixo global coletado, por trecho percorrido, durante o inverno de 2011.

Quanto aos produtos/gêneros coletados durante o verão, predominaram as garrafas de água mineral, representando aproximadamente 53% do total amostrado entre os meses e trechos pesquisados. Entre as categorias de relevância secundária, destacaram-se embalagens de suco, produtos de higiene pessoal, a exemplo de embalagens de shampoo e desodorante, além de produtos de limpeza diversos (Figura 5). Também entre aqueles coletados durante os meses de outono/inverno, prevaleceram as embalagens de água mineral, representando cerca de 46% do total coletado. Produtos de higiene pessoal, embalagens de suco e produtos de limpeza possuíram relevância secundária (Figura 6).

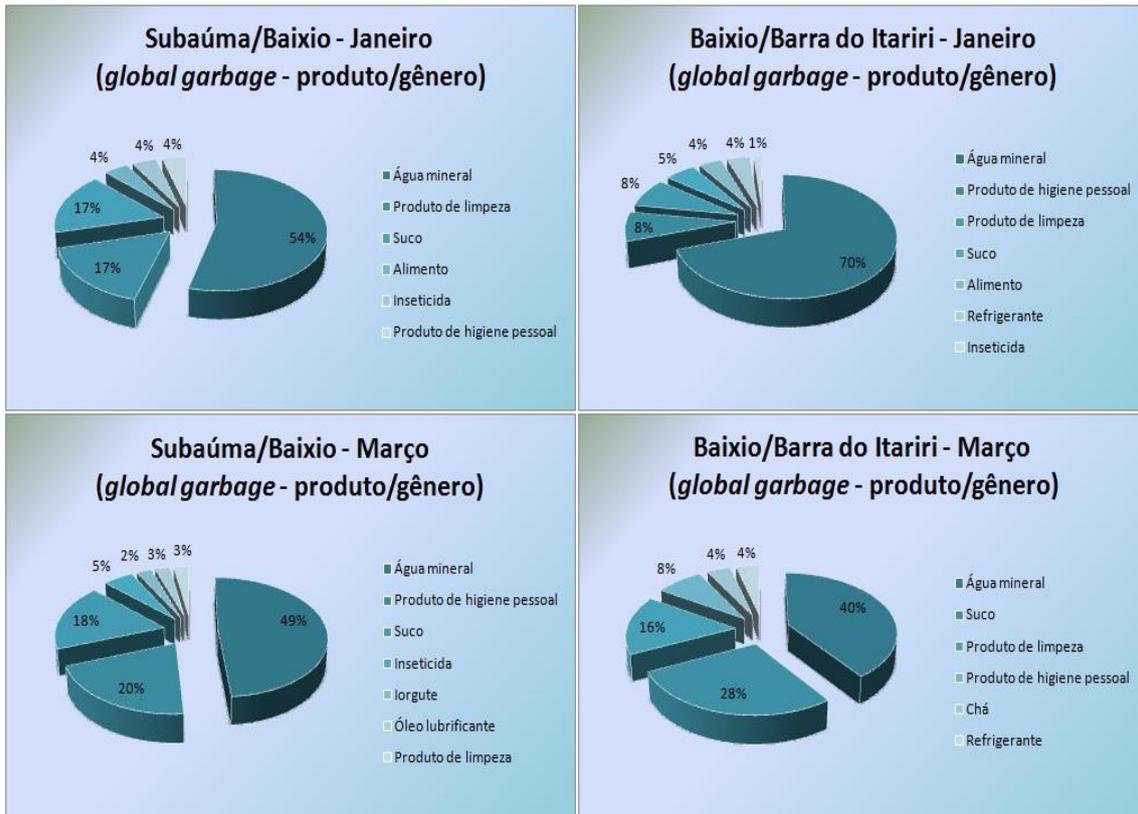


Figura 5: Composição expressa por produto/gênero do lixo global coletado, por trecho percorrido, durante o verão de 2011.

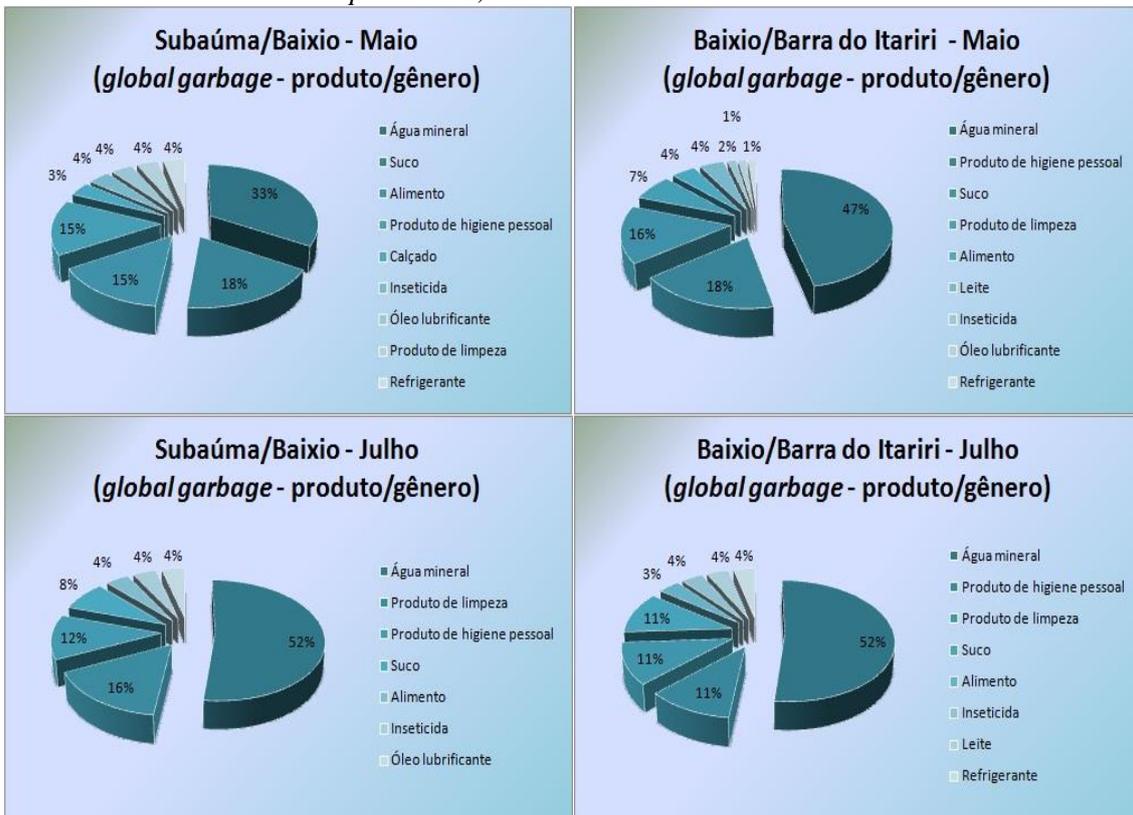


Figura 6: Composição expressa por produto/gênero do lixo global coletado, por trecho percorrido, durante o inverno de 2011.

A diversidade de países de origem do lixo global coletado durante o verão compreendeu 31 nacionalidades distintas, incluindo representantes espalhados por todos os continentes. Entre as nações que se destacaram durante o verão, estão: Turquia , Malásia, República Popular da China, Argentina, Singapura e Ilha de Taiwan (Figura 7). As coletas feitas durante o inverno indicaram origem de 32 diferentes países. As nações que predominaram entre os fabricantes foram: República Popular da China, Malásia, Alemanha e Estados Unidos (Figura 8).

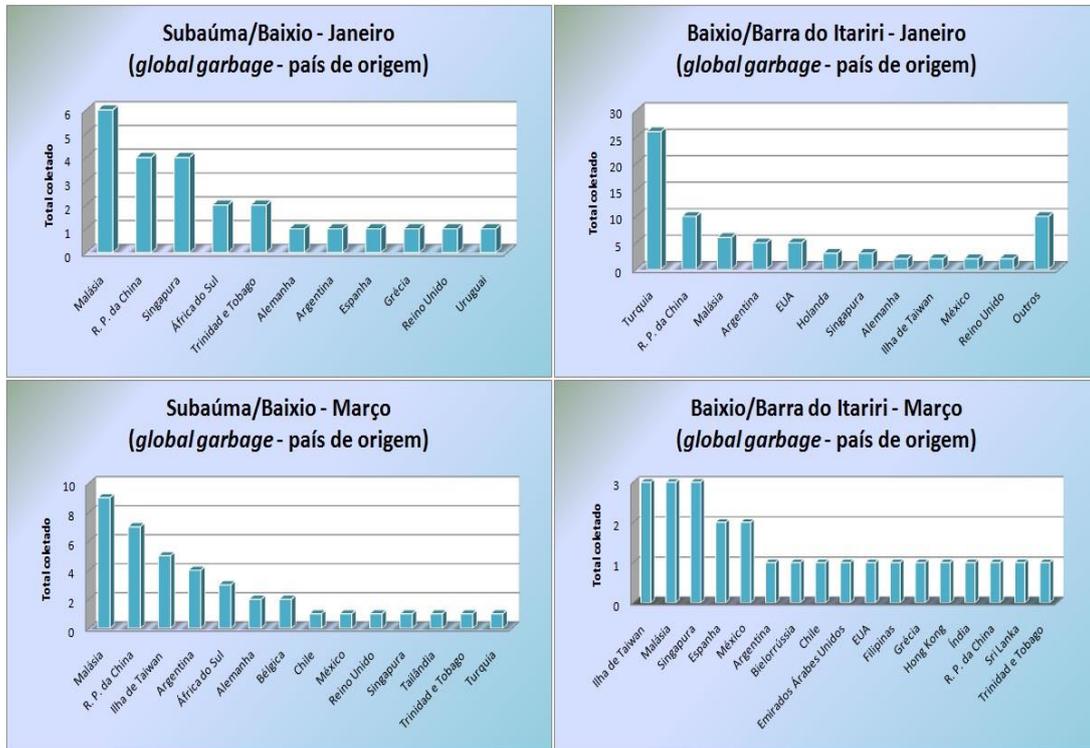


Figura 7: Principais países de origem do lixo global amostrado, por trecho percorrido, durante o verão de 2011.

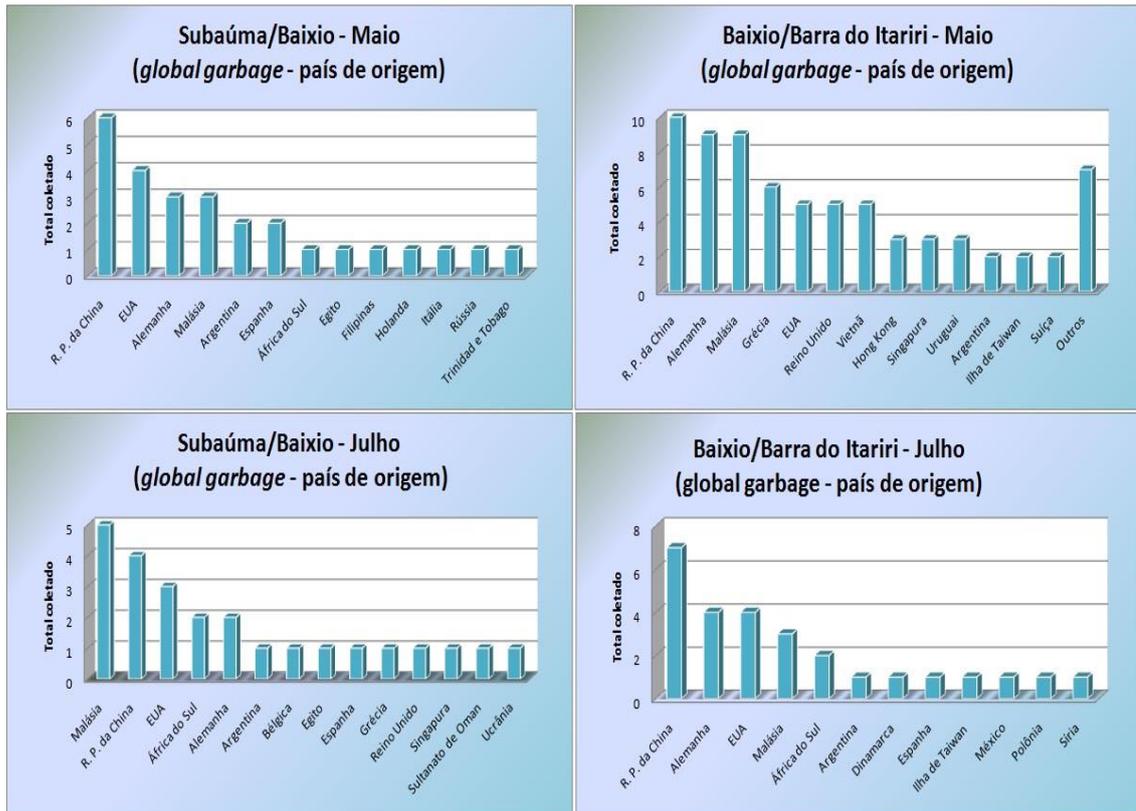


Figura 8: Principais países de origem do lixo global amostrado, por trecho percorrido, durante o inverno de 2011.

Para a Costa dos Coqueiros, Livramento [13] e Bittencourt et al. [14] elaboraram diagramas de refração e, posteriormente, identificaram dois sistemas unidirecionais de transporte litorâneo efetivo de sedimentos, com sentidos inversos e com o ponto nodal de divergência localizado nas proximidades do povoado de Baixo.

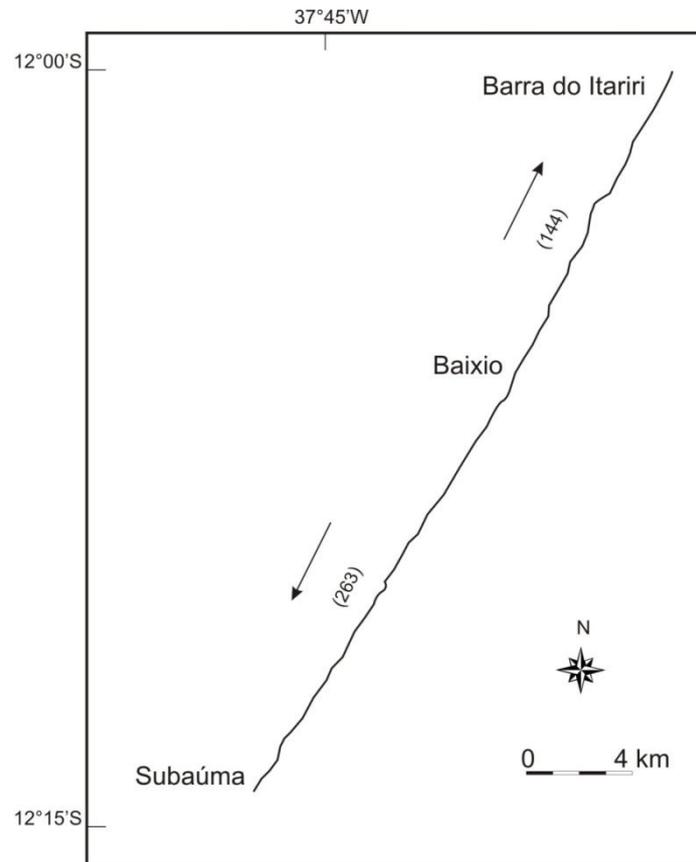
O cálculo da altura das ondas, após a refração, realizado a partir desses diagramas, para a região entre os povoados de Barra do Itariri e Subaúma, indicou alturas para as ondas vindas de leste (direção N 90°), as quais ocorrem durante praticamente todo o ano, nessa faixa costeira, variando entre 0,94 e 1,18m, com valores médios de 1,04m. As alturas das ondas vindas de nordeste (direção N 45°), predominantes durante o verão, variaram de 0,64 a 1,29m, com valores médios de 0,95m. As ondas vindas de sudeste (direção N 135°), predominantes durante o inverno, apresentaram alturas variando entre 1,22 e 2,04m, com valores médios de 1,49m. As ondas de sul-sudeste (direção N 157,5°), que chegam ao litoral com as frentes-frias, variaram de 1,21 a 1,94m de altura, com valores médios de 1,46m. Tais resultados indicaram, dessa forma, maiores alturas para as ondas atuantes na área de interesse, durante o período de inverno, provenientes de sudeste e sul-sudeste (frentes-frias), apresentando, conseqüentemente, uma maior energia e, portanto, uma maior competência de transporte de resíduos.

Para o trecho estudado, as ondas apresentaram ângulos de incidência ( $\alpha$ ) médio - medido após o processo de refração - de 24°, 69°, 74° e 59°, respectivamente, para as ondas oriundas de nordeste, leste, sudeste e sul-sudeste, respectivamente. A partir dos valores de alturas e ângulos de incidência encontrados ao longo do litoral (após a refração) foi calculada a intensidade potencial da deriva litorânea gerada por cada uma dessas frentes de onda.

Assumindo valores médios e considerando os percentuais de incidência anual de 47% para as ondas de leste, 18% para as de nordeste, 30% para as de sudeste e 5% para as de sul-sudeste [18], as ondas de leste geraram uma deriva de 1547 no trecho Baixo/Barra do Itariri e de 1738 entre Baixo/Subaúma, ambas com sentido de norte para sul; as ondas de nordeste geraram uma deriva de 684 no trecho Baixo/Barra do Itariri e de 567 entre Subaúma/Baixo, também com sentido de norte para sul; as ondas de sudeste geraram uma deriva de 1901 no trecho entre

Baixio/Barra do Itariri e de 1578 entre Subaúma/Baixio, com sentido de sul para norte; e, por fim, as ondas de sul-sudeste geraram uma deriva de 474 no primeiro trecho e de 464 no segundo, com sentido de sul para norte.

A determinação da deriva efetiva (intensidade da deriva dominante menos a da deriva secundária, ou seja, a resultante anual da deriva litorânea), através dessa modelagem, indicou, como já apontado por Livramento [13] e Bittencourt et al. [14], uma zona de divergência, com sentido da deriva de sul para norte entre Barra do Itariri e Baixio e, de norte para sul, entre Baixio e Subaúma (Figura 9).



*Figura 9: Sentido e valor potencial da deriva litorânea efetiva (intensidade da deriva dominante menos a da deriva secundária) para o trecho Subaúma/Barra do Itariri, Litoral Norte da Bahia, Brasil.*

#### 4. CONCLUSÃO

Foram coletadas 314 embalagens de lixo global (164 coletados durante o verão e 150 no outono/inverno) em toda a área de pesquisa, não ocorrendo uma variação sazonal elevada entre os períodos de amostragem. Contudo, houve uma maior concentração de embalagens no trecho entre Baixio e Barra do Itariri para os dois períodos.

A composição do lixo internacional, expressa por material de origem, destacou a presença de plásticos, que apresentaram uma média aproximada de 69% para ambos os períodos amostrais. Entre as demais categorias, prevaleceram o metal e as embalagens Tetra Pak. O predomínio do plástico esteve intimamente associado à incidência de garrafas de água mineral, que representaram cerca de 50% do total coletado entre os meses e trechos amostrados. Além destas, embalagens de suco e produtos de higiene pessoal também se destacaram.

O lixo global que incide nos trechos de praia pesquisados, possivelmente, tem sido lançado recentemente ao mar em áreas próximas ao litoral estudado. Tal hipótese provem do bom estado de conservação das embalagens coletadas que, em sua maioria, indicam anos de produção e validade variando entre os anos de 2010 e 2012. Já a origem marinha internacional foi vinculada à ausência de importadores brasileiros para a maioria dos rótulos analisados.

A modelagem da deriva litorânea para o trecho entre Subaúma e Barra do Itariri indicou um sentido de transporte i) de norte para sul gerado pelas ondas vindas de leste, com ocorrência durante todo o ano, e de nordeste, com ocorrência durante o verão, e ii) de sul para norte gerado pelas ondas de sudeste, com ocorrência durante o outono e inverno, e de sul-sudeste, associadas às frentes frias.

O cálculo da deriva efetiva (balanço anual) confirmou a existência de uma zona de divergência, com sentido predominante de sul para norte entre Baixio e Barra do Itariri e, de norte para sul, entre Baixio e Subaúma. O predomínio das ondas de sudeste e sul-sudeste, com maiores alturas e, portanto, maior competência, para o trecho costeiro entre Barra do Itariri e Baixio pode ser um fator determinante para a maior ocorrência de lixo marinho neste trecho costeiro.

## 5. AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem à ONG Global Garbage pelo financiamento das atividades de campo e à Associação Capitães da Areia pelo apoio durante as coletas.

- 
1. Corcoran PL, Biesinger MG, Grifi M. Plastics and beaches: a degrading relationship. *Marine Pollution Bulletin*. 2009; 58 (1): 80-84.
  2. Santos IR, Baptista Neto JA, Wallner-Kersanach M. Resíduos Sólidos. In: Baptista Neto J A, Wallner-Kersanach M, Patchineelam SM. Org(s). *Poluição marinha*. Rio de Janeiro: Interciência, 2008; p. 309-334.
  3. Araújo MCB, Costa MF. Lixo no ambiente marinho. *Ciência Hoje*. 2003; 32 (191): 64-67.
  4. UNEP. *Marine litter: A global challenge*. Nairobi: UNEP, 2009; 232 p.
  5. Ivar do Sul JA, Santos IR, Friedrich AC, Matthiensen A, Fillmann G. Plastic pollution at a sea turtle conservation area in NE Brazil: contrasting developed and undeveloped beaches. *Estuaries and Coasts*. 2011; 34: 814-823.
  6. Coe JM, Rogers DB. *Marine pollution*. Reino Unido: Clarendon Press, 1997; 161 p.
  7. Ribic CA, Sheavly SB, Rugg DJ. Trends in marine debris in the U.S. Caribbean and the Gulf of Mexico 1996-2003. *Revista de Gestão Costeira Integrada*. 2011; 11 (1): 7-19.
  8. Derraik JGB. The pollution of the marine environment by plastic debris: a review. *Marine Pollution Bulletin*. 2002; 44 (9): 842-852.
  9. Laist DW. Impacts of marine debris: entanglement of marine life in marine debris including a comprehensive list of species with entanglement and ingestion records. In: Coe JM, Rogers DB. (Ed.). *Marine Debris Sources Impacts Solutions*. New York: Springer-Verlag, 1997; p. 99-140.
  10. Sheavly SB, Register KM. Marine debris & plastics: environmental concerns, sources, impacts and solutions. *Journal of polymers and the environment*. 2007; 15 (4): 301-305.
  11. Cheshire AC, Adler E, Barbière J, Cohen Y, Evans S, Jarayabhand S, Jetic L, Jung RT, Kinsey S, Kusui ET, Lavine I, Manyara P, Oosterbaan L, Pereira MA, Sheavly S, Tkalin A, Varadarajan S, Wenneker B, Westphalen G. *UNEP/IOC Guidelines on Survey and Monitoring of Marine Litter*. UNEP Regional Seas Reports and Studies, n. 186, IOC Technical Series n. 83, 2009; 120 p.
  12. Thiel M, Hinojosa I, Vásquez N, Macaya E. Floating marine debris in coastal Waters of the SE-Pacific (Chile). *Marine Pollution Bulletin*. 2003; 46 (2): 224-231.
  13. Livramento FC. Padrões de dispersão de sedimentos ao longo do litoral norte do Estado da Bahia: subsídios para o gerenciamento costeiro. *Monografia de Graduação; Universidade Federal da Bahia, Bahia*, 2008; 51 p.

14. Bittencourt ACSP, Livramento FC, Dominguez JML, Silva IR. Tendências de longo prazo à erosão costeira num cenário perspectivo de ocupação humana: Litoral Norte do Estado da Bahia. *Revista Brasileira de Geociências*. 2010; 40: 125-137.
15. CERC - Coastal Engeneering Research Center. Shore Protetion Manual. U.S. Army Corps of Engineers. Washington, D.C. v. I, 597 p. c. II, 1984; 603 p.
16. Bascom W. The Control of stream outlets by wave refraction. *Journal of Geology*. 1954; 62 (6): 600-605.
17. Komar PD. Beach processes and sedimentation. New Jersey, Prentice-Hall, 1976; 429 p.
18. DHN - Diretoria de Hidrografia e Navegação. Atlas de Cartas Piloto. Oceano Atlântico, de Trindade ao Rio da Prata.1993; 13 p.