

# **DIAGNÓSTICO AMBIENTAL FÍSICO DO MUNICÍPIO DE ARACAJU COMO SUBSÍDIO AO ESTUDO DE IMPACTO AMBIENTAL NA ZONA COSTEIRA DO ESTADO DE SERGIPE**

FONTES, Aracy Losano  
Universidade Federal de Sergipe. Núcleo de Pós-Graduação em Geografia. Campos  
Universitário José Alísio de Campos, s/n- Jardim Roza Elze – São Cristóvão/SE  
E-mail: aracyfontes@yahoo.com.br

CORREIA, Aracy Losano Fontes  
Pós-Graduanda em Avaliação de Impacto Ambiental, UPIS-Brasília/DF. Licenciada em  
Geografia, UNIT/SE  
E-mail: aracyfontes@bol.com.br

## **RESUMO**

O presente trabalho tem como objetivo realizar diagnóstico do sistema ambiental físico do município de Aracaju e do comportamento da linha de costa visando fornecer subsídios para os estudos de impacto ambiental na zona costeira do Estado. A execução dos trabalhos englobou levantamentos bibliográficos, cartográficos, documentais e trabalho de campo. O diagnóstico permitiu concluir sobre a distribuição sazonal das chuvas, com concentração no período outono-inverno. O assoalho da planície costeira está representado por rochas da era Mesozóica que fazem parte da bacia sedimentar de Sergipe. Os tabuleiros costeiros e a planície costeira constituem-se nas duas unidades geomorfológicas do município onde se desenvolve o Espodossolo Cárbico e o Neossolo Quartzarênico, sobretudo nas áreas dunares, atualmente antropizadas. Os estágios morfodinâmicos dominantes encontrados foram o dissipativo e o intermediário. O comportamento da linha de costa mostrou-se de elevada variabilidade temporal e espacial associada, sobretudo, a desembocadura do rio Vaza Barris.

## **INTRODUÇÃO**

Os ambientes costeiros constantemente ajustam-se às flutuações dos níveis de energia e sofrem retrabalhamento por processos eólicos, biológicos e hidrológicos, que ocorrem em escalas temporais variadas. A linha de costa, definida como a interface entre o continente e o oceano, apresenta flutuações, podendo recuar em direção ao continente, resultando em erosão costeira, que causa sérios problemas em áreas urbanas ou avança em direção ao mar, caracterizando uma progradação.

Do ponto de vista de gestão e ordenamento territorial, a zona costeira é o lugar onde ocorrem conflitos de uso, perdas de recursos naturais e impactos ambientais resultantes da interação de fatores naturais ou induzidos pelo homem, que interagem entre si refletindo direta ou indiretamente na linha de costa.

Nesse contexto insere-se o município costeiro de Aracaju que ocupa uma extensão de 22 km entre as desembocaduras dos rios Sergipe, ao norte, e do Vaza Barris, ao sul. O objetivo deste trabalho foi realizar o diagnóstico do sistema ambiental físico do município de

Aracaju e do comportamento da linha de costa visando fornecer informações para os estudos de impacto ambiental na zona costeira do Estado.

### **Procedimentos Metodológicos**

A execução dos trabalhos seguiu um roteiro metodológico que englobou uma série de procedimentos, sendo realizados levantamentos bibliográficos, documentais, cartográficos e de fontes eletrônicas.

Os estudos geológicos foram calcados na carta geológica da bacia sedimentar Sergipe/Alagoas na escala 1:50.000 (DNPM, 1984), nos testemunhos de 11 (onze) poços perfurados pela Petrobrás, na escala de 1:000 e em 3 (três) furos de sondagem.

Os estudos geomorfológicos, realizados mediante restituição e interpretação de fotografias aéreas verticais coloridas na escala de 1:25.000 (SEPLAN/UNITUR, 2003), consideraram a proposta taxonômica elaborada por Ross (1992). Os dados das análises climatológicas pertencem a estação meteorológica de Aracaju, com período de observação entre 1970 a 2000, fornecidos pela INFRAERO/DEAGRO.

Quanto às informações pedológicas fez-se uso da classificação de solo do Estado de Sergipe, na escala de 1:400.000, executada pela EMBRAPA (1975) e trabalho de campo georreferenciado. Os dados referentes ao comportamento morfodinâmico das praias oceânicas do município foram obtidos a partir da compilação de dados bibliográficos, observação de imagens de satélite IKONOS (Google Earth, 2007) e trabalho de campo, sendo preenchida uma ficha contendo informações sobre presença de feições indicativas de erosão, progradação, ou equilíbrio na linha de costa, presença de obras de engenharia e outras feições culturais, além da documentação fotográfica.

### **Condicionantes Geoambientais**

#### **Clima e condições meteorológicas**

O clima, apesar de não constituir elemento integrante da organização espacial surge como controlador dos processos e da dinâmica do sistema ambiental físico ou geossistema, ao fornecer calor e umidade. Os ventos formam as ondas, que, ao incidirem de forma oblíqua na linha de costa geram correntes longitudinais que transportam os sedimentos ao longo da faixa de praia, como também retiram os sedimentos da praia, acumulando-os no continente sob a forma de dunas afetando, desta forma, o balanço sedimentar costeiro. A precipitação pluviométrica e a umidade provocam o intemperismo químico das rochas, condicionam a descarga dos rios e o transporte de sedimentos do continente para o mar e, em conjunção com as características do solo, condicionam a distribuição da cobertura vegetal, que exerce fundamental influência na estabilização das formas de relevo.

Para o conhecimento do clima de uma determinada área faz-se necessária a identificação dos controles climáticos a que ela está submetida, pois um clima particular (escala local e/ou microclimática) é definido por aspectos de primeira grandeza (escala zonal ou macroclimática) e de segunda grandeza (escala regional ou mesoclimática).

## Características Climáticas Regionais

O clima no Nordeste brasileiro é fortemente influenciado pela presença da Zona de Convergência Intertropical (ZCIT), de baixa pressão atmosférica, com chuvas e trovoadas originadas pela convergência dos ventos alísios dos dois hemisférios e a decorrente formação de massa de nuvens que resultam em precipitações. Esta zona migra sazonalmente de sua posição mais ao norte até posições mais ao sul, durante o verão austral, com uma diferença temporal de cerca de 50 dias. Quando a ZCIT está mais ao norte, situação comumente verificada nos meses de agosto a outubro, os ventos alísios de sudeste são intensos, ocorrendo uma progressiva diminuição da intensidade desses ventos à medida que a ZCIT migra em direção ao Equador, alcançando os valores mínimos anuais durante os meses de março e abril (Figura 1). Este movimento da ZCIT influencia o padrão de circulação oceânica e das correntes costeiras.

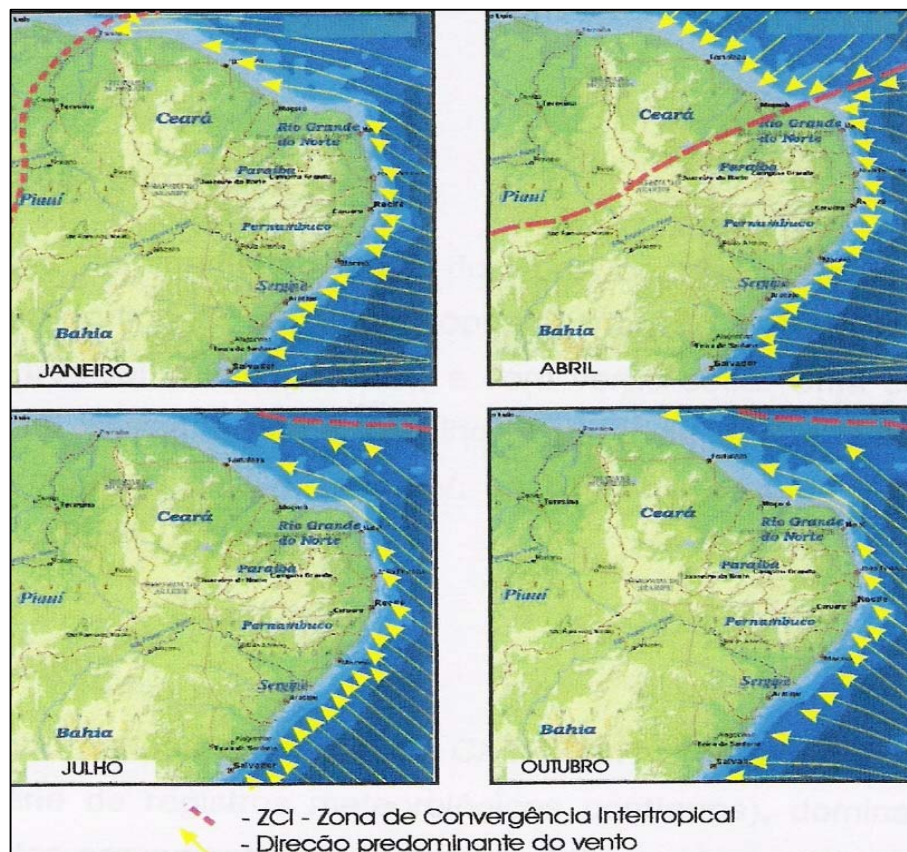


Figura 1: Ilustração das diferentes posições ocupadas pela ZCIT durante o ano e padrão dos ventos sobre a costa do Nordeste (Modificado de MARTIN et al., 1998)

O Estado de Sergipe, localizado na posição oriental da região Nordeste entre 09°31'33" e 11°33'52" de latitude Sul, é controlado durante o ano pelo anticiclone semifixo do Atlântico Sul que dá origem às massas de ar Tropical Atlântica (mTa) e Equatorial Atlântica (mEa). A primeira, proveniente da região oriental do anticiclone, atinge o Nordeste

brasileiro provocando os alísios de SE e a segunda, oriunda da parte setentrional do anticiclone, originando os ventos de NE, chamados alísios de retorno. Apesar de possuírem calor e muita umidade nos seus níveis inferiores, a existência, nos níveis superiores, de uma inversão térmica (efeito de subsidência anticiclônica) não permite, em condições normais, instabilidade provocadora de chuvas assegurando, desta forma, bom tempo e reduzindo as precipitações. Essa estabilidade das massas de ar, herdadas em sua região de origem, cessa praticamente com a atuação dos sistemas frontológicos que se individualizam na Frente Polar Atlântica (FPA) e nas correntes Perturbadas do Leste (Ondas de Leste), que são decisivas na manutenção de um regime pluviométrico caracterizado por chuvas mais abundantes no período outono/inverno.

A localização do município de Aracaju, na porção oriental do Estado de Sergipe, vai determinar as suas características climáticas entre as correntes de circulação regional.

### Clima e Precipitação

De acordo com o método de classificação climática de Thornthwaite e Mather (1955), que se expressa pelo índice de umidade (Im), no município de Aracaju ocorre o clima Megatérmico Sbúmido Úmido (C2 A' a'), o mais chuvoso do Estado de Sergipe, em que os excedentes hídricos concentram-se no final do outono e no inverno e a moderada deficiência hídrica ocorre no verão, associada a maior evapotranspiração. Apresenta índices hídricos positivos (2,6 a 14,8).

O estudo da distribuição estacional das chuvas com registros referentes ao período de 1912 a 2006, para o município de Aracaju, indicam a concentração das chuvas no período outono/inverno, consideradas como sendo de caráter frontológico.

Em Aracaju, dos 1410,34mm precipitados 64,63% ou seja, 911,52mm ocorrem no período de abril a julho, com o máximo pluvial médio no mês de maio com 236,38mm. (

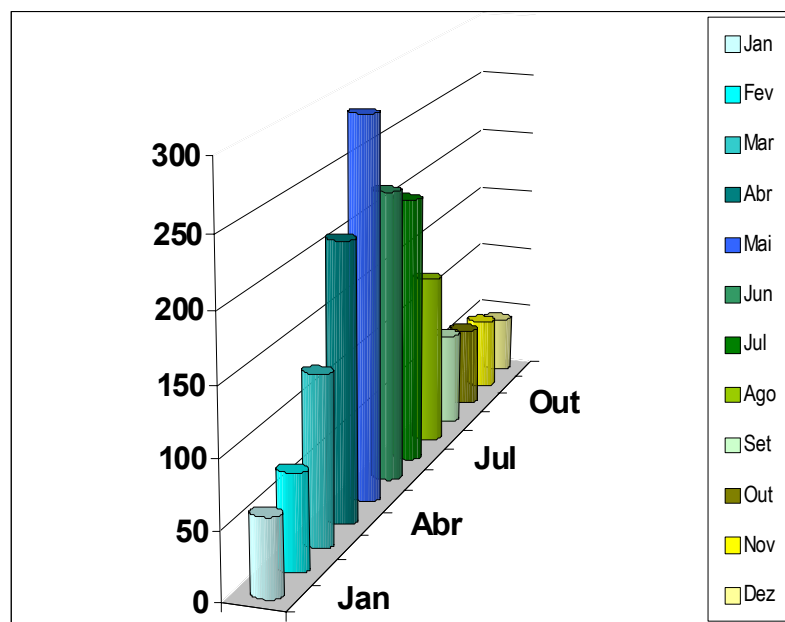


Figura 2). Ausência de precipitações foi registrada nos meses de novembro e dezembro em 1997, 1998 e 2002, constituindo-se nos meses mais secos da série estudada.

Figura 2: Precipitação Média Mensal do Município de Aracaju no período de 1912 a 2006.

Fonte: Dados brutos INMET/DEAGRO, 2007

Do ponto de vista hidrológico, a distribuição estacional da precipitação é um fator decisivo no volume de recarga da água subterrânea. Chuvas regularmente distribuídas ao longo do tempo promovem maior infiltração que acompanha o volume de precipitação. Em áreas com maior intensidade da pluviosidade o nível freático tende a ser mais elevado, interceptando a superfície do terreno e gerando áreas embrejadas, lagoas temporárias, entre outros. No município de Aracaju o nível estático da água subterrânea situa-se, em média, a 2,25m, variando entre 1,80 a 4m, no período de estiagem.

Assim como varia a duração dos períodos chuvosos e secos, a intensidade das chuvas também é diferente de um ano para outro. No ano em que ocorre a predominância da Massa Tropical, o índice pluviométrico baixa, pois a mesma barra as incursões da Massa Polar.

As medidas adequadas para expressar a variabilidade das precipitações anuais são geralmente consideradas como o desvio padrão (variabilidade absoluta) e o coeficiente de variação (variabilidade relativa) de séries temporais de um período considerado. A média anual é o índice mais referenciado.

Analisando o coeficiente de variação deve-se considerar o índice 30% como limítrofe, acima do qual o padrão de variabilidade projeta elevada irregularidade e abaixo, maior regularidade da precipitação total anual, em relação à média. A compartimentação de seqüências consecutivas, iguais ou superiores e quatro anos denunciam um ciclo. No caso de três anos seguidos e uma só falha intercalada é também considerado ciclo composto, pressupondo que esta falha apresentaria a mesma condição.

A tabela 1 demonstra os cálculos efetuados para cada ano, entre 1996 e 2006, a fim de servirem como parâmetros pluviais de interpretação. Portanto, observa-se que em 2005 e 2006 o coeficiente de variação está acima de 30% (43 e 45%), respectivamente que é considerado ponto de equilíbrio entre as variações de precipitação. Esses desvios positivos, de variabilidade elevada, foram antecedidos por um ciclo de desvios negativos, entre 1998 e 2004, em que as precipitações observadas foram inferiores a precipitação média (Figura ).

**Tabela 1: Parâmetros Pluviais de Interpretação (1996-2006)**

Ano	Observada	Média	Desvio (mm)	Coefficiente de variação (%)
1996	1.265,3	1.242,9	22,4	1,8
1997	1.368,4	1.242,9	125,5	10,0
1998	1.110,4	1.242,9	-132,5	-10,6
1999	887,5	1.242,9	-355,4	-28,5
2000	1.148,7	1.242,9	-94,2	-7,5
2001	1.035,4	1.242,9	-207,5	-16,6
2002	1.088,5	1.242,9	-154,4	-12,4
2003	1.004,0	1.242,9	-238,9	-19,2
2004	1.183,2	1.242,9	-59,7	-4,8
2005	1.778,1	1.242,9	535,2	43,0
2006	1.802,9	1.242,9	560,0	45,0

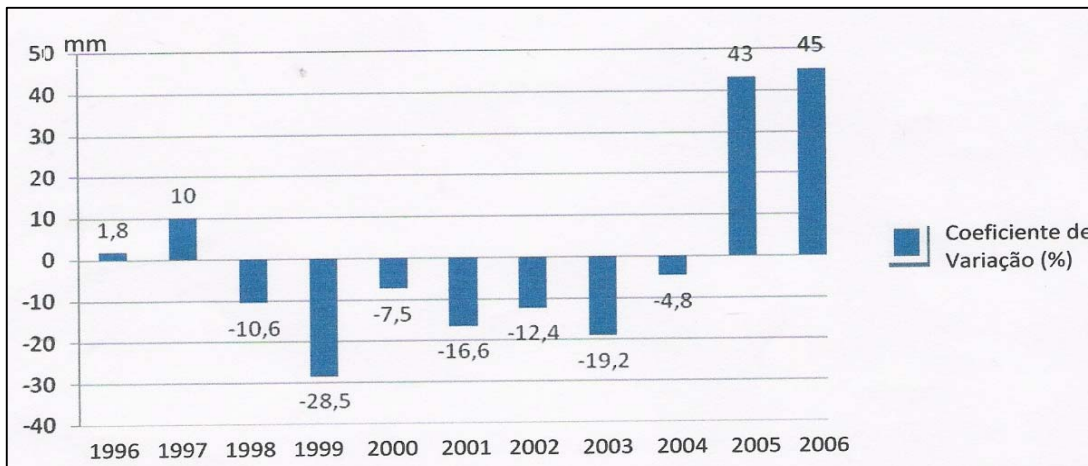


Figura 3 Variabilidade das Precipitações Anuais do Município de Aracaju (SE) 1996-2006.

### Aspectos Geológicos e Geomorfológicos

O segmento litorâneo sergipano do município costeiro de Aracaju compreende três setores: interface continental, planície costeira e interface marinha, que correspondem às divisões transversais à linha de costa.

#### Interface continental

A Geologia da interface continental está constituída pelos depósitos continentais do grupo Barreiras, que apresenta relevo plano a ondulado com declive regional na direção leste,

correspondendo a umidade geomorfológica dos tabuleiros costeiros que se superpõem às rochas mesozóicas da bacia sedimentar de Sergipe. Em decorrência das condições climáticas úmidas os tabuleiros, localmente, estão dissecados em colinas de topos convexos e planos.

O contato dos tabuleiros com a planície costeira processa-se através da linha de falésia fóssil de altitude variável definindo, assim, sua condição de borda de tabuleiro entalhada durante a Transgressão Mais Antiga (BITTENCOURT, et al., 1983).

### **Planície costeira**

Desenvolvendo-se a leste dos tabuleiros, a planície que integra a zona costeira de Aracaju segue o modelo clássico das costas que avançam em direção ao oceano, em decorrência das variações relativas do nível do mar durante o Quaternário.

Os domínios ambientais – terraços marinhos, dunas costeiras e cordões litorâneos– refletem as influências dos processos de origem marinha e eólica, em decorrência das condições ambientais variáveis durante o Quaternário.

### **Terraços marinhos**

Ocupando a parte mais interna da planície costeira são encontrados os terraços marinhos pleistocênicos associados a importante episódio regressivo da mar, após a Penúltima Transgressão (120000 anos AP). Esses terraços arenosos apresentam, na superfície, vestígios de cordões litorâneos, parcialmente trabalhados pela ação eólica.

A granulometria dos sedimentos que constituem estes depósitos de areias litorâneas regressivas, de 8 a 10 metros de altitude está representada, em função de três componentes: areias médias, finas e muito finas, de intervalos 1-2; 2-3 e 3-4 Ø, respectivamente (MENDONÇA FILHO, 1998).

Os terraços marinhos holocênicos que se formaram após o máximo da Última Transgressão (5.100 anos AP), as altitudes variam de alguns centímetros até cerca de 4 metros acima do nível médio atual do mar. Os cordões litorâneos ocorrem nesta formação holocênica e sua continuidade é interrompida pela ação antrópica e pela mobilidade das dunas litorâneas. Litologicamente a planície holocênica está constituída por camadas de sedimentos, sobretudo, finos, ricos em matéria orgânica vegetal e óxido de ferro, conforme os testemunhos de poços perfurados na área:

**1,0m:** Silto-arenoso de coloração creme, rica em óxidos de ferro, apresentando resquícios de matéria orgânica. Grãos mal selecionados, variando de angulosos a arredondados, estando representados em sua maioria por quartzo.

**2,0m:** Silto-arenoso de coloração creme, rica em óxidos de ferro, apresentando resquícios de matéria orgânica. Grãos mal selecionados, variando de angulosos a arredondados.

**3,0m:** Silto-arenoso de coloração creme, rica em óxidos de ferro, apresentando matéria orgânica na forma de raízes. Grãos mal selecionados, variando de angulosos a arredondados.

**4,0m:** Silto-arenoso de coloração creme, rica em óxidos de ferro, apresentando matéria orgânica na forma de raízes. Grãos mal selecionados, variando de angulosos a arredondados.

**5,0m:** Silto-arenoso de coloração creme, rica em óxidos de ferro, apresentando resquícios de matéria orgânica. Grãos mal selecionados, variando de angulosos a arredondados.

**6,0m:** Silto-arenoso de coloração creme, rica em óxidos de ferro, apresentando matéria orgânica na forma de raízes. Grãos mal selecionados, variando de angulosos a arredondados. São observados grãos raros da fração areia média a areia grossa dispersos na amostra.

**7,0m:** Silto-arenoso de coloração creme, rica em óxidos de ferro, apresentando matéria orgânica na forma de raízes. Grãos mal selecionados, variando de angulosos a arredondados. São observados grãos raros da fração areia média a areia grossa dispersos na amostra.

**8,0m:** Silto-arenoso de coloração creme, rica em óxidos de ferro, apresentando matéria orgânica na forma de raízes. Grãos mal selecionados, variando de angulosos a arredondados. São observados grãos raros da fração areia média a areia grossa dispersos na amostra.

**1,0m:** Silto-arenoso de coloração creme, rica em óxidos de ferro, apresentando matéria orgânica localizada (resquícios e pequenas raízes). De uma forma geral estes grãos são mal selecionados, apresentando localmente frações de areia média a grossa (raros). Quanto ao grau de arredondamento, são grãos que variam de angulosos a subarredondados.

**2,0m:** Silto-arenoso de coloração creme, rica em óxidos de ferro, apresentando matéria orgânica localizada (resquícios e pequenas raízes). De uma forma geral estes grãos são mal selecionados, apresentando localmente frações de areia média a grossa (raros). Quanto ao grau de arredondamento, são grãos que variam de angulosos a subarredondados.

**3,0m:** Silto-arenoso de coloração creme, rica em óxidos de ferro, apresentando matéria orgânica localizada (resquícios e pequenas raízes). De uma forma geral estes grãos são mal selecionados, apresentando localmente frações de areia média a grossa (raros). Quanto ao grau de arredondamento, são grãos que variam de angulosos a subarredondados.

**4,0m:** Silto-arenoso de coloração creme, rica em óxidos de ferro, apresentando matéria orgânica localizada (resquícios e pequenas raízes). De uma forma geral estes grãos são mal selecionados, apresentando grãos que variam de angulosos a subarredondados.

**5,0m:** Silto-arenoso de coloração creme, rica em óxidos de ferro, apresentando matéria orgânica localizada (resquícios e pequenas raízes). De uma forma geral estes grãos são mal selecionados, apresentando grãos que variam de angulosos a subarredondados.

**6,0m:** Silto-arenoso de coloração creme, rica em óxidos de ferro, apresentando matéria orgânica localizada (resquícios e pequenas raízes). De uma forma geral estes grãos são mal selecionados, apresentando grãos que variam de angulosos a subarredondados.

**7,0m:** Silto-arenoso de coloração creme, rica em óxidos de ferro, apresentando matéria orgânica localizada (resquícios e pequenas raízes). De uma forma geral estes grãos são mal selecionados, apresentando grãos que variam de angulosos a subarredondados.

**8,0m:** Silto-arenoso de coloração creme, rica em óxidos de ferro, apresentando matéria orgânica localizada (resquícios e pequenas raízes). De uma forma geral estes grãos são mal selecionados.

No geral, tem-se grãos mal selecionados e grau de arredondamento que varia de anguloso a subarredondado.

Mineralogicamente estão representados, principalmente, por quartzo e minerais oxidados ( $\text{Fe}^{+3}$ ), estes, de maior abundância nos furos 2 e 3. Raríssimos minerais pesados estão também dispersos no material.

A presença de matéria orgânica foi encontrada em todos os furos, independente de sua profundidade amostrada.

### **Interface Marinha**

A margem continental, onde se inclui a interface marinha, representa a zona de transição entre os continentes e as bacias oceânicas e, do ponto de vista geológico, faz parte



do continente, muito embora se situe abaixo do nível do mar atual. De acordo com sua morfologia e evolução tectônica pertence a margem do tipo Atlântico.

### **Morfodinâmica Costeira**

As praias arenosas constituem ambientes altamente dinâmicos e sensíveis, que constantemente ajustam-se às flutuações nos níveis de energia local, sofrendo influência dos processos costeiros, fluviais e atmosféricos. Os processos costeiros incluem a ação de ondas, marés e correntes que, em conjunto, promovem a entrada de energia que forma e modifica as praias erodindo, transportando e depositando sedimentos.

A interação entre a energia das ondas incidentes, marés, e a granulometria dos sedimentos praias determinam o caráter morfodinâmico das praias arenosas. Desta forma, esta interação exerce modificações na morfologia das praias, resultando em mudanças no padrão hidrodinâmico atuante nas mesmas, onde a morfologia e hidrodinâmica evoluem conjuntamente. Desta forma, Wright & Short (1984) estabeleceram um modelo de evolução baseando-se nas características morfológicas e nos processos hidrodinâmicos, estabelecendo seis tipos ou estágios morfodinâmicos: dissipativo, refletivo e quatro tipos intermediários (Figura 4), que servem de modelo para ambientes praias siliciclásticas em todo o mundo.

**Praias Dissipativas:** estas praias são caracterizadas pela incidência de alta energia de onda e larga zona de surfe. Apresentam grandes larguras, areia com granulometria fina, e pequena declividade da face da praia. Tais características resultam em uma progressiva dissipação de energia e arrebatamento de onda do tipo deslizante.

**Praias Refletivas:** são praias que apresentam baixa energia de ondas e zona de surfe praticamente inexistente, com ondas quebrando diretamente sobre a face da praia. Estas praias, via de regra, são estreitas, com alta declividade e granulometria do sedimento composta por areia média a grossa. Uma característica marcante desse tipo de praia é a presença de cúspides e bermas na face da praia.

**Praias Intermediárias:** estas praias apresentam características mistas entre dissipativas e refletivas, onde um sistema de bancos e calha submersa, disposta paralelamente à linha de costa, entre as zonas de arrebatamento e de surfe, constitui-se na principal feição morfológica nela encontrada. São praias que apresentam larguras menores que as dissipativas, predominando areias com granulometria média e inclinação moderada da face da praia, apresentando também cúspides e bermas na face da praia. A principal característica deste tipo de praia é a presença de correntes de retorno, orientadas transversalmente à linha de costa, atravessando a zona de surfe em direção ao mar, desaparecendo na antepraia.

Nas praias localizadas no entorno da foz do rio Vaza Barris, os estágios morfodinâmicos dominantes encontrados foram o dissipativo e o intermediário com banco e calha longitudinal. Este estágio intermediário pode evoluir a partir de um perfil dissipativo numa seqüência acrescional, onde as ondas dissipam energia no banco, se reformam na cava e atingem a face da praia sobre condições refletivas, sendo comum a formação de cúspides praias e fracas correntes de retorno.

De acordo com Bittencourt *et al.* (2006) a erosão costeira não é considerada um grave problema no Estado de Sergipe. Entretanto, estes autores alertam que a ocupação em trechos com elevada variabilidade, associados às desembocaduras fluviais, a exemplo do rio Vaza Barris, devem ser considerados locais de alto risco à ocupação (Figura 5).



Figura 5 - Processo erosivo que resultou na destruição da rodovia José Sarney, na região da foz do rio Vaza Barris - SE.

## CONCLUSÃO

Os estados morfodinâmicos encontrados na área de estudo variaram sazonalmente entre o dissipativo e o intermediário, conforme as variações sazonais do clima de ondas. Este padrão apresentou tendência deposicional durante o verão, com o predomínio de ondas de leste e nordeste (baixa energia). O estado praiial dissipativo predominou durante o inverno, quando as ondas de sudeste e sul-sudeste alcançaram esta região, com conseqüente aumento de energia e uma tendência erosiva. Esses tipos morfodinâmicos são característicos de praias com elevado estoque de sedimentos, tanto na parte emersa como na submersa.

## REFERÊNCIAS

Bittencourt A.C.S.P., Martin L., Dominguez J.M.L., Ferreira Y.A. Evolução paleogeográfica quaternária da costa do Estado de Sergipe e costa sul do Estado de Alagoas. *Revista Brasileira de Geociências*, 13: 93-97, 1983.

Bittencourt A.C.S.P., Oliveira M.B., Dominguez J.M.L.. Sergipe. In: Muehe D. (org.). *Erosão e progradação no litoral brasileiro*. MMA, Brasília, 2006.

MENDONÇA FILHO, Cláudio Júlio Machado. *A planície costeira do município de Aracaju*. Aracaju, 1998.

Wright L.D. & Short A.D. 1984. Morphodynamic variability of surf zone and beaches: a synthesis. *Marine Geology*, 56: 93-118.