



DISCUSSÃO SOBRE AS MUDANÇAS CLIMÁTICAS COMO FATORES DETERMINANTES PARA A OSCILAÇÃO DO NÍVEL DO MAR

Eduardo de Sousa Marques¹

¹ Mestrando em Geografia pela Universidade Estadual Vale do Acaraú – UVA.
Endereço: Rua Joaquim Ribeiro, nº 590, apto 104. Sobral – CE, centro. CEP:
62011-020. E-mail: Eduardocabj@hotmail.com

RESUMO

A discussão sobre o aquecimento global está situada em uma das principais pautas na ciência. A sua afirmação ou não está voltada para diversos interesses (socioeconômicos ou políticos) com a finalidade de justificar as suas ações. As áreas que mais sofrem com as constantes oscilações climáticas, em geral, são as áreas litorâneas, identificadas com o gradual avanço do mar, atingindo a linha de costa e danificando estruturas públicas e particulares que ali se encontram. A principal proposta desse estudo é discutir o atual cenário climático mundial e construir interpretações que possam responder de forma empírica um eventual avanço do mar. O objetivo central está em promover um estudo analítico do atual cenário geoambiental em que se encontram as zonas costeiras cearenses. Para isso, houve um resgate dos principais teóricos desse assunto e se construiu a partir da equação de Bruun uma simulação de um possível avanço do mar, utilizando-se dos dados fornecidos pelo IPCC, na qual promove um prognóstico em dois cenários diferentes (pessimista e otimista) da elevação do nível do mar. A tendência das alterações térmicas dos oceanos e da atmosfera promoverá mudanças drásticas no clima global e um gradual avanço do mar, estabelecendo assim um sinal de alerta para as zonas costeiras.

Palavras – chave: Aquecimento global, avanço do mar, erosão costeira.

DISCUSSION ON CLIMATE CHANGE AS DETERMINING FACTORS FOR SEA LEVEL SWING

ABSTRACT

The discussion on global warming is situated in one of the main guidelines in science. Whether or not it is focused on various interests (socioeconomic or political) in order to justify its actions. The areas that suffer most from the constant climatic oscillations are usually the coastal areas, identified with the gradual advance of the sea, reaching the coastline and damaging public and private structures that are there. The main proposal of this study is to discuss the current global climate scenario and to construct interpretations that can respond in an empirical way to an eventual advance of the sea. The central objective is to promote an analytical study of the current geo-environmental scenario in which coastal zones of Ceará are located. In order to do so, there was a rescue of the main theorists of this subject and a simulation of a possible sea advance was constructed from the Bruun equation using the data provided by the IPCC, in which it prognosticates two different scenarios (pessimistic and optimistic) of sea level rise. The trend of thermal changes in the oceans and the atmosphere will lead to drastic changes in global climate and a gradual advance of the sea, thus establishing a warning signal for coastal areas.

Key-words: Global warming, sea breakthrough, coastal erosion.



INTRODUÇÃO

“A Terra é um sistema aberto que troca energia e massa com o seu entorno” (Silva *et al.*, 2008, p. 13). De acordo com os autores (Silva *et al.*, 2008, *op cit*), o Sol controla o mecanismo externo, a energia solar é responsável pelo nosso clima e tempo meteorológico. Os mecanismos internos são governados pelo calor aprisionado desde a sua origem e pela constante radioatividade. O calor irradiado equilibra o calor interno. O sistema clima envolve a constante troca de massa e energia entre a atmosfera e a hidrosfera, além de interagir incessantemente com a litosfera.

A discussão sobre um novo período no tempo geológico onde a ação antrópica com as suas atividades de exploração dos recursos da natureza possa ser representado é uma tendência crescente a ser aceita pela comunidade científica. A esse período denomina-se de “Antropoceno”, da Era Antropozóica, na qual configura-se na passagem por um tempo onde o homem mudou as condições naturais do planeta (atmosférica, geológicas, hidrológicas e biológicas), causando desequilíbrios ambientais como o “aquecimento global”.

Essas atividades humanas tiveram grande êxito e aceleração desde a segunda guerra mundial, mantida por uma tomada crescente. Esse período torna-se presente em todos os processos de ocupação humana, superando os fatores astronômicos e geofísicos, levando-os a escala 0 (zero).

A necessidade de promover uma discussão sobre as mudanças climáticas e os seus principais fatores se consolida na necessidade de diagnosticar as diversas alterações ambientais na qual vem se consolidando por conta das inúmeras práticas antropogênicas que se caracterizam de forma insustentáveis. Esse estudo tem o objetivo de construir um debate acerca das mudanças climáticas, utilizando o litoral semiárido cearense como objeto de estudo. O

objetivo específico está em construir um diagnóstico do comportamento térmico dos oceanos e da atmosfera na qual interfere diretamente na ação dos fatores naturais e antropogênicos na zona costeira cearense, quantificando a tendência de recuo da linha de costa diante de um possível avanço do mar.

Em primeiro momento é discutida a relação entre as mudanças térmicas dos oceanos (Atlântico e Pacífico) com as irregularidades pluviométricas no Nordeste brasileiro. As principais consequências estão na desregulação dos processos de formação das praias, emagrecendo-as e intensificando os efeitos erosivos na linha de costa. Em seguida, é discutida a relação entre o comportamento térmico dos oceanos com a atmosfera, propiciando em alterações do nível do mar. Por fim, são levantadas as discussões sobre os processos que influenciam a intensificação da erosão costeira na costa cearense, construindo simulações com uso da equação de Bruun (1962) e dos dados provenientes de pesquisas realizadas pelo IPCC (2018).

O CLIMA E AS IRREGULARIDADES PLUVIOMÉTRICAS NO LITORAL SEMIÁRIDO CEARENSE

Segundo Silva *et al.* (2011) existe uma correlação da anomalia positiva da Temperatura Superfície do Mar (ATSM) dos oceanos pacífico e atlântico com a quantidade de chuvas que atingem o nordeste brasileiro entre os meses de março a julho. Ferreira *et al.* (2004) também correlacionaram os mesmos fenômenos com a concentração de chuvas nas macrorregiões do Estado do Ceará, observando a estação chuvosa no primeiro semestre com relação a anomalia de TSM do oceano Pacífico Equatorial (índices de El Niño) e AT (Atlântico tropical) no período de 41 anos (1962 a 2002).



Ramos *et al.* (2008) relatam que a anomalia climática refere-se a uma flutuação externa de um elemento em uma série climatológica, com desvios acentuados do padrão observado de variabilidade. A variabilidade climática é a variação das condicionantes envolvidas em torno da média histórica climatológica. Mudanças climáticas é um termo que designa a uma tendência de alteração da média no tempo. Observa-se nos mapas fornecidos pela FUNCEME (2019) (Figuras 01a e 01b) sobre a direção do vento e anomalia da temperatura da superfície do mar um superaquecimento das águas do oceano no período de chuvas (primeiro semestre) e um resfriamento do oceano no segundo semestre na costa do Nordeste brasileiro.

Segundo Mendonça e Oliveira (2007) por estar próximo da faixa equatorial, a zona climática onde situa-se o Estado do Ceará recebe a influência direta de duas massas: Massa Equatorial do Atlântico Norte e Sul (MEAN e MEAS, respectivamente). Ambas são atraídas para o continente por conta das diferenças de pressão entre as superfícies continental e oceânica. Uma explicação amplamente aceita é de que as constantes anomalias (variabilidade) da Temperatura da Superfície do Mar – ATSM (Figuras 02a e 02b) do Atlântico Tropical (AT) “sejam as forçantes dominantes das anomalias de precipitações do Nordeste brasileiro, enquanto que as influências remotas do Pacífico poderão acentuar tais anomalias, ou em outras ocasiões, prover efeitos opostos” (SILVA *et al.*, 2011).

Tais efeitos poderão acentuar os processos de desertificação no Estado do Ceará, na qual apresenta 11,45% do seu território com áreas degradadas (Diário do Nordeste, 2018). As consequências destes processos poderão ser sentidas no descontrole dos fluxos hídricos e sedimentares dos rios, na qual o destino será depositar

tais sedimentos nas praias por meio da ação oblíqua das ondas.

Em litorais que são paralelos ao Equador ocorrerá baixa precipitação em comparação com litorais que formam 45° com a linha do Equador, pelo motivo de não ocorrer mudanças por aquecimento diferencial, não gerando assim perturbações convectivas na corrente (Ribeiro e Gonçalves, 1981). Morais *et al.* (2006) também comentam que há um decréscimo de pluviosidade em direção ao litoral oeste, observando que a frente geradora de chuvas mais importante é a Zona de Convergência Intertropical (ZCIT), na qual “atua causando eventos de chuvas mais frequentes na região, e em geral, a ocorrência de ventos mais fracos sobre esta área do Nordeste” (Lira *et al.*, 2011). Dessa forma há uma expressiva irregularidade pluviométrica, concentrando boa parte das precipitações no primeiro semestre do ano.

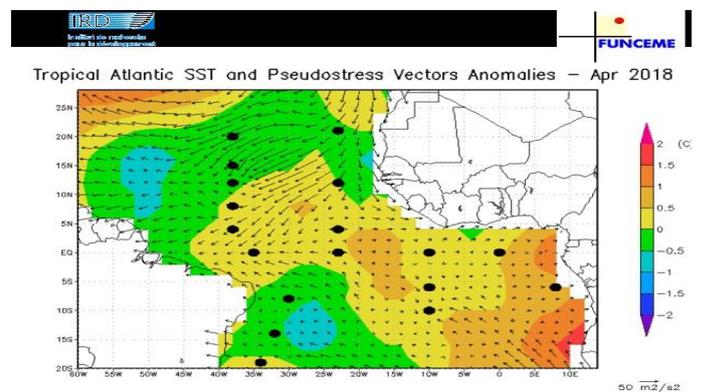


Figura 01a: Média mensal TSM do atlântico tropical no primeiro semestre (mês de Abril) na costa do Nordeste brasileiro.

Fonte: FUNCEME (2019) – Campos de TSM e Vento no Atlântico Tropical (Institut de recherche pour le developpement-IRD).



Tropical Atlantic SST and Pseudostress Vectors Anomalies – Nov 2018

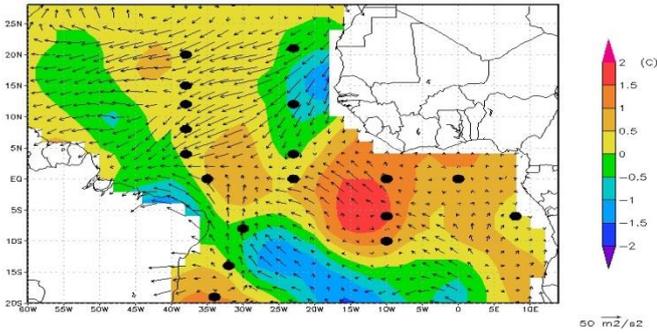


Figura 01b: Média mensal TSM do atlântico tropical no segundo semestre (mês de novembro) na costa do Nordeste brasileiro. Fonte: FUNCEME (2019) – Campos de TSM e Vento no Atlântico Tropical (Institut de recherche pour le developpement-IRD).

As irregularidades pluviométricas acarretam nos rios do semiárido cearense um reduzido aporte hídrico e um menor poder de vazão, contribuindo com um elevado déficit de sedimentos que deveriam ser retrabalhados por deriva litorânea nas praias (Muehe, 2001). Dessa forma as praias passam por um processo de emagrecimento e inclinação, modificando seu perfil de características dissipativas e alterando consequentemente os padrões hidrodinâmicos das ondas, na qual tendem a deixar de apresentar características de refração (Muehe, 1995; Short, 1996). A tendência desse processo é de acentuar os efeitos erosivos na linha de costa a partir das ondas de maior energia, danificando estruturas públicas e privadas que se encontram nessa zona.

A intensa construção de barragens nos rios na condição de semiaridez faz com que a zona costeira apresente variados problemas, tais como: A diminuição do espigão hidráulico e aceleração dos processos morfodinâmicos na foz dos rios, ampliação da influência longitudinal da maré salina, hipersalinização sazonal e redução do transporte de sedimentos argilo-siltosos na planície flúvio-marinha (Morais *et al.*, 2006). Esses fatores trazem impactos para a manutenção da fauna e da flora dos ambientes costeiros e estuarinos, correspondendo em consideráveis prejuízos socioeconômicos, pois a atividade pesqueira se destaca como o principal pilar da economia local.

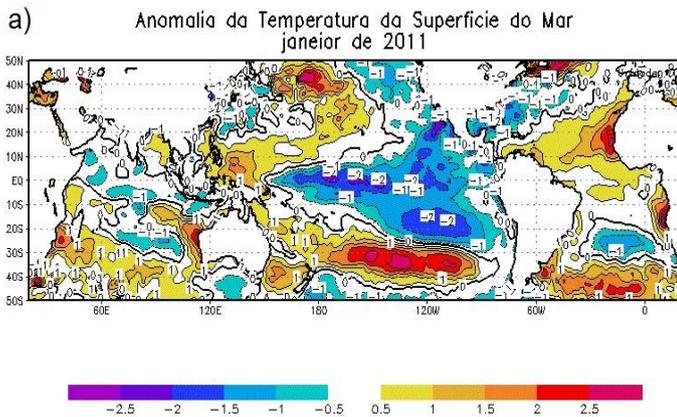


Figura 02a: Mapa de anomalia da temperatura da superfície do mar (janeiro de 2011). Fonte: FUNCEME (2019) – Monitoramento global semanal. Fonte dos dados: CPC/NCEP/NOAA – Washington – DC/ USA.

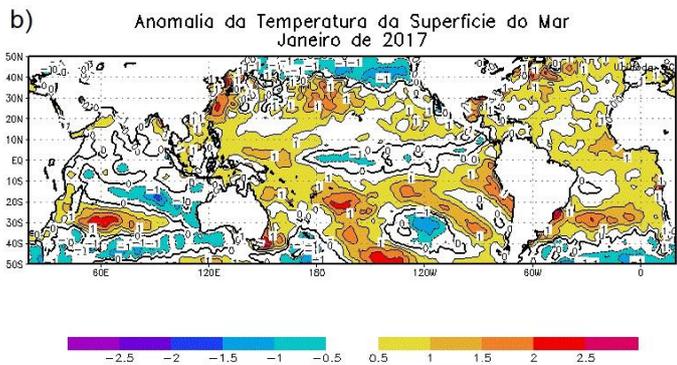


Figura 02b: Mapa de anomalia da temperatura da superfície do mar (janeiro de 2017). Fonte: FUNCEME (2019) – Monitoramento global semanal. Fonte dos dados: CPC/NCEP/NOAA – Washington – DC/ USA.

A RELAÇÃO ENTRE A ALTERAÇÃO NO COMPORTAMENTO TÉRMICO DO OCEANO E DA ATMOSFERA COM O AUMENTO DO NÍVEL DO MAR

Os oceanos constituem um importante reservatório de sais e gases, atuando como elemento regulador na ciclagem de grande número de elementos no planeta, os processos oceânicos estão entre os



maiores agentes transportadores de calor no planeta, controlando o clima e contribuindo para a distribuição espacial dos processos intempéricos e erosivos (Teixeira *et al.*, 2009).

Patchineelam (2004) afirma que como os oceanos podem armazenar mais calor que a atmosfera, qualquer mudança na sua temperatura média poderá causar grandes alterações na temperatura do ar. Existe uma relação indireta da temperatura da água com a sua densidade, no momento em que a temperatura sobe a densidade decresce. A temperatura da água repercute diretamente na vida aquática através das mudanças dos processos químicos.

De acordo com as pesquisas publicadas pelo site do Ministério do Meio Ambiente (MMA, 2018) a presença dos gases de efeito estufa (GEE) é natural e tornam a Terra habitável. Caso não existissem, o planeta teria um clima global de média bastante baixa, da ordem de $-18\text{ }^{\circ}\text{C}$. É preciso, no entanto, ocorrer um equilíbrio (balanço) na troca de energia solar incidente e a energia refletida em forma de calor pela superfície terrestre, mantendo assim uma média global de $14\text{ }^{\circ}\text{C}$ próxima à superfície.

Esse balanço poderá ser alterado de diversas formas: Alteração da quantidade de energia que chega à superfície terrestre, mudança da órbita da terra em torno do sol, mudanças na quantidade de energia que atinge a superfície terrestre e é refletida de volta para o espaço por conta da presença de nuvens ou partículas na atmosfera (Ex.: Os aerossóis que resultam das queimadas) e no bloqueio de energias de maiores comprimentos de ondas para o espaço por conta do aumento insustentável dos gases de efeito estufa, provenientes das emissões antrópicas, uso de fertilizantes na agricultura (N_2O – óxido nitroso), fermentação entérica do gado na pecuária, uso de combustíveis fósseis, desmatamento, processos de degradação de áreas naturais, processos de produção no

setor industrial (HFCs – Hidrofluorcarbonos e os PFCs – Perfluorcarbonos), etc. (MMA, 2018).

Seguindo essa prerrogativa é possível afirmar que o processo de acentuação da temperatura na troposfera se deve a baixa capacidade de refletir os raios de onda curta (baixo albedo), fato encontrado nos grandes centros urbanos na formação de ilhas de calor, fazendo com que ocorra o confinamento dos raios de onda longa na atmosfera. Esse fato poderá interferir parcialmente no comportamento térmico da superfície dos oceanos, mas não será a principal resultante da elevação da temperatura dos oceanos (Molion, 2017).

Por outro lado, as causas antropogênicas não têm a capacidade de modificar ou alterar as dinâmicas em escalas astronômicas, ficando assim restrito por uma intervenção mais efetiva na concentração de gases e partículas na atmosfera e nas formas de uso e ocupação do solo (Oliveira *et al.*, 2017). O aquecimento continental deve ser explicado por meio do comportamento térmico dos oceanos e não pela forçante antropogênica em escala local (Compo e Sardeshmukh, 2009).

De acordo com Santos (1986) tais mudanças na temperatura dos oceanos atingem principalmente as taxas de metabolismo e a vida dos fitoplânctons, que atuam como a base da cadeia ecológica ligada aos estuários. Além disso, tal problema poderá ocasionar no aumento do nível do mar, acentuando assim os processos erosivos (Frazão, 2003).

Amancio (2007) levanta a discussão sobre o equilíbrio ambiental atrelado com as dinâmicas entre a atmosfera e o oceano, promovendo um sistema de incessante troca de matéria e energia. Em seu trabalho, o autor relata a respeito do poder que os oceanos têm em capturar o dióxido de carbono presente na atmosfera por meio da fotossíntese e respiração, em níveis aceitáveis e controláveis. O CO_2 reage com a água, formando o H_2CO_3 , ocasionando a perda dos íons



de hidrogênio, resultando em íons negativos de carbonato (CO_3^{-2}). Esse elemento deverá reagir com os elementos presentes na água (Mg^{+2} , Na^+ , K^+ , Ca^{2+}), formando então compostos essenciais para a vida oceânica. Porém, altos níveis de CO_2 faz com que ocorra um aumento dos íons positivos de hidrogênio e uma diminuição dos íons de carbono, aumentando a alcalinidade da água do mar, colocando em risco a manutenção da vida no mar.

Esses dados representam a dimensão da presença de recifes de corais que precisam ser preservados e conservados, pois as suas estruturas são frágeis e levam um longo tempo para se constituírem. Em algumas regiões do mundo estas feições desempenham uma importante função de proteção das estruturas presentes na linha de costa. Porém, o processo de apropriação dos recursos naturais na faixa de praia põe em riscos a sua manutenção e o seu potencial de formação pelos agentes orgânicos (conchas, ostras, algas, etc.) e inorgânicos (mar).

As alterações climáticas e as atividades humanas nocivas ao equilíbrio ambiental provocam em áreas áridas como o Nordeste brasileiro (NEB) um processo contínuo de desertificação, alertada pela Convenção das Nações Unidas de Combate a Desertificação (UNCCD). Atualmente 15% do território brasileiro estão suscetíveis à desertificação, estando o Estado do Ceará inteiramente dentro desta área (FUNCEME, 2018). A extrema aridez e a irregularidade pluviométrica acentua o deficit hídrico e sedimentar dos rios, influenciando nos sistemas estuarinos nas baixas planícies, provocando uma ameaça para a fauna e a flora local.

Segundo o relatório do IPCC (2018), in Gregory (2013), entre 1901 a 1990 a taxa de aumento do nível do mar foi de 1,5 mm ao ano, $\pm 2,0$ mm de margem de incerteza, passando para 3,2 mm ao ano entre 1993 a 2010, $\pm 4,0$ mm de margem de incerteza,

aumentando em 20 cm o nível do mar (Figura 03). Segundo o autor, entre 1993 a 2016 o aumento foi de 9 cm. Segundo a NASA (2018), calcula-se que o aumento está na ordem de 3,2 mm por ano – Medida mais recente da variação da altura do mar: 87 mm, $\pm 4,0$ mm (margem de incerteza), fevereiro de 2018.

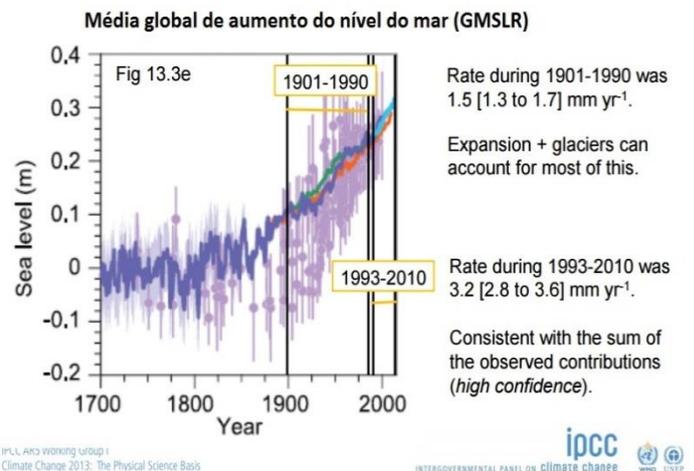


Figura 03: Média global de elevação do nível dos oceanos.
Fonte: Gregory (2013)

De acordo com Martin *et al.* (1993) “O nível do mar em um determinado ponto do litoral é, portanto, a resultante momentânea de interações complexas entre a superfície do oceano e do continente”. Ponzi (2004) discute a respeito de uma relativa elevação do nível do mar nos processos de submersão do material terrígeno nas plataformas continentais atuais, ainda que preservados, estão em desequilíbrios com os padrões dinâmicos vigentes.

Brandão (2008) pondera que “mais de 70% da linha de costa do mundo têm sido afetadas pela erosão nas últimas décadas”. A maior parte das pesquisas sobre esse tema encontra-se no hemisfério Norte, onde há o processo de submersão das zonas costeiras.

A respeito do aumento da temperatura no século XX, considerando o período desde 18 mil anos atrás até o início do século XX, o clima global esquentou vários graus, o nível do mar subiu cerca de 120 metros e a concentração de CO_2 passou de 180 para



280 ppmv (partes por milhão em volume). Além do aumento do nível do mar, há também o aumento da frequência de fenômenos atmosféricos drásticos, como os tornados, ciclones e furacões e a mudança do seu padrão de distribuição (Teixeira *et al.*, 2009).

É possível afirmar que “se o nível do mar subir em decorrência de um aquecimento global, as águas subterrâneas nas terras baixas das regiões costeiras poderão se tornar salgadas, à medida que a água do mar for invadindo os aquíferos” (PEIXINHO e FEITOSA, 2008).

OS PROCESSOS DE EROSÃO COSTEIRA PELO AVANÇO DO MAR

Seguindo a equação de Brunn (1962), a alternância dos níveis do mar na sua elevação ou diminuição modifica o equilíbrio da zona litorânea. Isso acarretará uma ação erosiva sobre a linha de costa até que uma nova relação de equilíbrio seja restabelecida. Eles estão compreendidos por três processos naturais: Ciclo de glaciação e deglaciação (glacioeustasia), eventos de tectônica global (tectoeustasia) e a variação da configuração da forma geoide (geoidoeustasia).

As evidências de erosão no litoral do Brasil foram constatadas por estudos diante das respostas fisiográficas ocasionadas pela elevação do mar. Bird (1987, apud Muehe, 1995) contextualizou tais respostas de acordo com as mudanças ocorridas desde o Holoceno. Nos depósitos do Grupo Barreiras, as falésias se tornam as feições que deverão sofrer com o avanço do mar os consequentes processos erosivos. O processo de elevação do nível do mar se torna muito acelerado desde a transgressão holocênica, “principalmente em decorrência do descongelamento das geleiras, numa taxa de 100 cm por século” (MUEHE, 1995).

Com isso, as feições deposicionais emersas de origem marinha ficaram dependentes da estabilização do nível do mar, destruindo-se e afogando-se pela ação marinha transgressiva. A morfologia das feições topográficas costeiras atuais está direcionada pelo estoque de sedimentos acumulados na plataforma continental pelo sistema fluvial na fase regressiva do mar e pela erosão dos depósitos sedimentares continentais (Grupo Barreiras) na fase transgressiva do mar.

Suguio (2010) comenta que “mais de 70% das costas arenosas do mundo têm exibido uma tendência erosiva nas últimas décadas”, estando o nível do mar como a principal causa do fenômeno. Brandão (2008) explica que “devido ao frágil equilíbrio existente entre os diferentes processos físicos atuantes e a complexidade de ecossistemas presentes, caracterizam-se como uma área de elevada vulnerabilidade”. O autor (Brandão, 2008, *op cit.*) considera que a erosão costeira é o resultado do conflito de um processo natural, do recuo da linha de costa e das atividades humanas, estando o controle do problema no gerenciamento e ordenamento territorial dessas áreas.

Muehe (2001) comenta que linhas de costa onde há a presença de praias arenosas e falésias sedimentares estão suscetíveis à erosão por conta de uma eventual elevação do nível do mar. Esse ajustamento dependerá, no caso, pelas características geomorfológicas e petrográficas.

Se houver perda de sedimentos (volume de sedimentos) que alimenta o setor costeiro, a linha de costa tende a recuar, configurando-se então o processo de erosão. Se esse suprimento se mantém, ocorre a estabilização. Se houver o incremento do volume de areia na área, a linha de costa avança em direção ao mar (progradação).



A respeito da equação de Bruun (1962), no caso das praias arenosas, segue-se a seguinte relação entre o recuo erosivo em resposta pela elevação do nível do mar:

$$R = \frac{L}{B+h} \cdot S$$

Onde: “R” é o recuo erosivo da linha de costa devido a elevação do nível do mar (m), “S” é a elevação do nível do mar (m), “L” é comprimento do perfil ativo (m), “h” é a altura entre a profundidade de fechamento, em metros, de acordo com o nível inicial do mar.

Segundo Belligotti (2009) e Wang e Davis Jr. (2007), a profundidade de fechamento corresponde a área entre a zona ativa de transporte de sedimentos no segmento litorâneo submerso adjacente à praia, da área mais profunda onde ocorre reduzida deposição e erosão em um determinado intervalo de tempo.

Belligotti (2009) afirma que não há necessidade de precisão dos resultados para a medida da profundidade de fechamento, os valores obtidos representam dados gerais que representam uma específica área, podendo oscilar em um curto período de tempo, diante do intenso fluxo sedimentar dos ambientes litorâneos. O valor obtido dessa profundidade pode variar espacialmente de acordo com a rugosidade e geometria do fundo marinho. Essas medidas são válidas para analisar o cenário atual da dinâmica sedimentar.

A altura do perfil ativo (B) pode ser encontrada pela soma da altura de uma feição emersa até a profundidade do seu fechamento. A medida “L” é a distância horizontal da altura da feição até a profundidade do seu fechamento.

Utiliza-se a equação proposta por Wang e Davis Júnior (2007), na qual simplifica as equações anteriormente formuladas para o cálculo da profundidade de fechamento, sendo necessária apenas a altura média anual das ondas, definindo a equação

em: $H_c = 12,25H_{s_anual}$, na qual H_{s_anual} está atribuído a média anual das ondas em um determinado local, estimado em 1,1 m segundo Morais et al.(2006).

$$H_c = 12,25 \times 1,1 = 13,4 \text{ m.}$$

Para a resolução teórica e demonstrativa do recuo erosivo da linha de costa utilizou-se a altura da pós-praia de um perfil qualquer, obtendo 1 metro de altura. A distância do perfil ativo até o seu fechamento será considerado até 2.570 metros. Na equação observa-se que quanto menor o comprimento do perfil ativo menor será o recuo. Praias que apresentam um elevado comprimento do perfil ativo se caracterizam por serem totalmente dissipativas, permitindo o depósito de sedimentos em longas distâncias da face de praia.

No caso da incógnita “S”, na qual se refere a elevação do nível do mar, serão utilizados as medições conferidas no relatório apresentado pelo IPCC (2018). Ao todo, são seis cenários climáticos previstos para o século XXI. No caso deste cálculo demonstrativo, serão dimensionados apenas dois casos para a elevação do nível médio do mar (ENM):

$$\text{Cenário otimista} = 0,18 \text{ m;}$$

$$\text{Cenário pessimista} = 0,56 \text{ m.}$$

$$\text{Cenário otimista: } R = 2570/1 + 13,4 \times 0,18 \rightarrow R = 32 \text{ m}$$

$$\text{Cenário pessimista: } R = 2570/1 + 13,4 \times 0,56 \rightarrow R = 100 \text{ m}$$

O conhecimento acerca da profundidade de fechamento torna-se importante para um melhor gerenciamento das atividades costeiras, balanço sedimentar e evolução da linha de costa. Belligotti (2009) pondera que é necessário alertar que a extração de areias deve ocorrer em profundidades bem acima do fechamento, de forma a não interferir no equilíbrio das praias. Na proporção em que os depósitos de sedimentos ocupam áreas em maiores profundidades de fechamento o avanço do mar se intensifica, pois há



um desequilíbrio nestes depósitos entre as porções emersa e submersa.

Tem se registrado a subida do mar a partir do degelo nos continentes como consequência do aumento da temperatura no século XX, não havendo testemunhos de se atribuir esse aumento a uma intervenção direta promovida por ações antrópicas. Porém, é notório perceber as diversas causas antropogênicas (poluição atmosférica, efeito estufa e o buraco da camada de ozônio) como supostas influenciadoras das alterações maléficas do clima local.

Apesar dos dados do IPCC serem relativos e generalizantes, eles se constituem como um prognóstico a ser trabalhado na organização e reordenamento espacial, tanto na esfera local como para o global.

Na escala local e regional é preciso discutir as formas de gerenciamentos dos recursos naturais na zona costeira. De acordo com Muehe (2006) a ocupação irregular sobre a faixa de praia tende a desequilibrar o fluxo de transporte de sedimentos promovidos pela ação mecânica do mar, condicionando assim transformações significativas das feições da linha de costa. É possível observar que tais modificações são possíveis por falta de sedimentos e esgotamento da fonte, principalmente na plataforma continental.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

É notório saber que os processos que intensificam os fenômenos que influenciam as mudanças climáticas trazem consequências visíveis em diversas escalas. Podemos citar eventos catastróficos como os furacões, a constante mortalidade dos recifes de corais, as ameaças de sobrevivência da fauna e da flora no mar e no estuário, a constante erosão costeira e o aumento do nível do mar pelo derretimento das

geleiras do tipo islands. A ocorrência desses fatores deve estar em uma perspectiva crescente na proporção em que o ser humano altera a composição química da atmosfera a partir da emissão de gases que provocam uma alteração nos mecanismos de absorção e liberação da energia proveniente dos raios solares. É necessária a construção de uma discussão mais específica e aprofundada sobre os agentes astronômicos que mantêm uma importante função de regular e modificar as condições climáticas no nosso planeta, em especial os estudos dos diversos ciclos solares e lunares. O principal propósito está em contribuir para um conhecimento mais apurado a fim de promover uma forma consciente de uso e ocupação das zonas costeiras de forma ordenada, entendendo que se trata de áreas dinâmicas e vulneráveis.

AGRADECIMENTOS

Agradeço à FUNCAP (Fundação Cearense de Apoio ao Desenvolvimento Científico e Tecnológico) pela concessão de bolsa para a realização de dissertação no Mestrado Acadêmico em Geografia da Universidade Estadual Vale do Acaraú (UVA).

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AMANCIO, C. E. 2007. Precipitação de CaCO_3 em algas marinha calcárias e balanço de CO_2 atmosféricos: Os depósitos calcários marinhos podem atuar como reservas planetárias de carbono? Dissertação de Mestrado, Universidade de São Paulo, Instituto de Biociências, Departamento de Botânica, 64p.
- BELLIGOTTI, F. M. 2009. Avaliação metodológica da profundidade de convergência (profundidade de fechamento) de perfis de três praias de energia moderada a alta no litoral do Rio de Janeiro. Dissertação de mestrado, Centro de Ciências Matemáticas e da Natureza, Instituto de Geociências,



- Programa de Pós-Graduação em Geografia, Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ), 151p.
- BRANDÃO, R. L. 2008. Regiões costeiras. In: SILVA, C. R. Geodiversidade do Brasil – Conhecer o passado para entender o presente e prever o futuro. CPRM, Rio de Janeiro, p. 89 – 97 (Disponível em: <http://rigeo.cprm.gov.br/jspui/handle/doc/1210>).
- BRUNN, P. 1962. Sea level rise as a cause of shore erosion. *Journal of Waterway, Port, Coastal and Ocean Engineering*, ASCE, 88, p. 117 – 130 (ISSN (online): 1943-5460).
- COMPO, G. P.; SARDESHMUKH, P. D. 2009. Oceanic influences on recent continental warming. *Climate Dynamics*. 32 (2- 3): p. 333 – 342 (DOI: 10.1007/s00382-008-0448-9).
- DIÁRIO DO NORDESTE, Ceará apresenta mais de 11% de área em processo de desertificação. In: <http://diariodonordeste.verdesmares.com.br/ceara-apresenta-mais-de-11-de-area-em-processo-de-desertificacao> (Acessado: Agosto de 2018).
- FERREIRA, F. F.; ALVES, J. M. B.; COSTA, A. A. 2004. Um estudo dos impactos das Temperaturas da Superfície do Mar (TSM) em macrorregiões, pluviometricamente homogêneas, no Estado do Ceará. *Revista Brasileira de Agrometeorologia*, v. 12, n. 1, p. 193 – 204 (Disponível em: <https://www.bdpa.cnptia.embrapa.br/consulta/busca?b=ad&id=9004&biblioteca=vazio&busca=autoria:%22ALVES,%20J.%20M.%22&qFacets=autoria:%22ALVES,%20J.%20M.%22&sort=&paginacao=t&paginaAtual=>).
- FRAZÃO, E. P. 2003. Caracterização hidrodinâmica e morfosedimentar do estuário Potengi e áreas adjacentes: subsídios para controle e recuperação ambiental no caso de derrames de hidrocarboneto. Dissertação de mestrado. Programa de pós-graduação em geodinâmica e geofísica, Centro de Ciências Exatas e da Terra, Universidade Federal do Rio Grande do Norte (UFRN), 195p.
- FUNCEME, Campos de TSM e Vento no Atlântico Tropical. In: <http://www.funceme.br/index.php/areas/19-monitoramento/oceanogr%C3%A1fico/403-campos-de-tsm-e-vento-no-atlantico-tropical> (Acessado: janeiro de 2019).
- _____, Índice de aridez para o Ceará. In: <http://www.funceme.br/index.php/areas/17-mapas-tem%C3%A1ticos/542%C3%ADndice-de-aridez-para-o-cear%C3%A1> (Acessado: dezembro de 2018).
- _____, Monitoramento Global Semanal. In: <http://www.funceme.br/index.php/areas/23-monitoramento/meteorol%C3%B3gico/631-monitoramento-global-semanal> (Acessado: janeiro de 2019).
- GREGORY, J. 2013. Projections of sea level rise. Lead author, Chapter 13, Sea level change, p. 1137 – 1216 (Disponível em: https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/2018/02/WG1AR5_Chapter13_FINAL.pdf).
- IPCC, Projeções de futuras mudanças no clima. In: http://www.ipcc.ch/publications_and_data/ar4/wg1/en/spmsspmp-projections-of.html (Acessado: agosto de 2018).
- LIRA, M. V. 2016. Caracterização da dinâmica ambiental dos municípios de Barroquinha e Chaval, Estado do Ceará, por meio do uso de geotecnologias. Dissertação de mestrado. Programa de pós-graduação em Geologia, dissertação de mestrado, Centro de Ciências, Universidade Federal do Ceará (UFC), 138p.
- MARTIN, L.; SUGUIO, K. & FLEXOR, J. M. 1993. As flutuações de nível do mar durante o Quaternário Superior e a evolução geológica de “deltas” brasileiros. *Bol. IG – USP, Publicação Especial*; N° 15, 186p (DOI: <https://doi.org/10.11606/issn.2317-8078.v0i15p01-186>).
- MENDONÇA, F.; DANNI – OLIVEIRA, I. M. D. 2007. *Climatologia: noções básicas e climas do Brasil*. Oficina de textos, São Paulo (ISBN: 9788586238543).
- MMA, Efeitos estufa e aquecimento global, Ministério do Meio Ambiente (MMA). In: <http://www.mma.gov.br/informma/item/195-efeito>



estufa-e-aquecimento-global (Acessado: junho de 2018).

MOLION, L. C.B. 2007. Gênese do El Niño. Revista Brasileira de Climatologia, ano 13, vol. 21, julho – dezembro, p. 1 – 4 (DOI: <http://dx.doi.org/10.5380/abclima.v21i0.51873>)

MORAIS, J. O.; FREIRE, G. S. S.; PINHEIRO, L. S.; SOUZA, M. D.; CARVALHO, A. D.; PESSOA, P. R. S. & OLIVEIRA, S. H. M. Ceará. 2006. Erosão e progradação do litoral brasileiro. Brasília: Ministério do Meio Ambiente, p. 132 – 154 (ISBN 85-7738-028-9).

MUEHE, D. 1995. Geomorfologia Costeira. In: GUERRA, A. J. T. CUNHA, S. B (org.) Geomorfologia: uma atualização de bases e conceitos. Editora Bertrand Brasil, 2ª ed., Rio de Janeiro, p. 253 – 308 (ISBN: 8528603261).

_____. 2001. Critérios Morfodinâmicos para o Estabelecimento de Limites da Orla Costeira para fins de Gerenciamento. Revista Brasileira de Geomorfologia, Volume 2, Nº 1, p. 35 – 44 (Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/258089324_Criterios_Morfodinamicos_para_o_Estabelecimento_de_Limites_da_Orla_Costeira_para_fins_de_Gerencia_mento).

_____. 2006. Erosão e progradação no litoral brasileiro. MUEHE, D. (Organizador). Brasília: MMA (ISBN 85-7738-028-9).

NASA, Sea Level (Latest Measurement: April, 2018), Global Climate Change, Vital Signs of The Planet – NASA. In: <http://climate.nasa.gov/vital-signs/sea-level/> (Acessado: junho de 2018).

OLIVEIRA, M. J.; CARNEIRO, C. D. R.; VECCHIA, F. A. S.; BAPTISTA, G. M. M. 2017. Ciclos climáticos e causas naturais das mudanças do clima. Terra Didática, 13 (3), p.149 – 184 (<http://dx.doi.org/10.20396/td.v13i3.8650958>).

PATCHINEELAM, S. M. 2004. Circulação oceânica. In: BATISTA NETO, J. A.; PONZI, V. R. A. e SICHEL, S. E. Introdução à Geologia Marinha. Editora Interciência, p. 153 – 174 (ISBN-13: 9788571930988).

PEIXINHO, F. C.; FEITOSA, F. A. C. 2008. Água é vida. In: SILVA. C. R (org.). Geodiversidade do Brasil – Conhecer o passado para entender o presente e prever o futuro. CPRM, Rio de Janeiro, p. 58 – 63 (Disponível em: <http://rigeo.cprm.gov.br/jspui/handle/doc/1210>).

PONZI, V. R. A. 2004. Sedimentação marinha. In: BATISTA NETO, J. A.; PONZI, V. R. A. e SICHEL, S. E. Introdução à Geologia Marinha. Editora Interciência, p. 219 – 242 (ISBN-13: 9788571930988).

RAMOS, M. A. B.; VIANA, S. M.; SANTO, E. B. S. E. 2008. Mudanças climáticas. In: SILVA. C. R. (org.). Geodiversidade do Brasil – Conhecer o passado para entender o presente e prever o futuro. CPRM, Rio de Janeiro, p. 163 – 173 (Disponível em: <http://rigeo.cprm.gov.br/jspui/handle/doc/1210>).

RIBEIRO, A. G.; GONÇALVES, R. N. 1981. RADAMBRASIL, Projeto. Levantamento de recursos naturais: Climatologia. Programa de integração nacional. Ministério de Minas e Energia. Folha SA.24 Fortaleza; geologia, geomorfologia, pedologia, vegetação e uso potencial da terra, 488p. (ISBN: 2408139300).

SANTOS, A. 1986. As Águas da Região de Carajás. In: ALMEIDA JR. J. M. G. Carajás, Desafio Político, Ecologia e Desenvolvimento. São Paulo, Ed. Brasiliense/CNPq, 156-183, terraço – 201620023.

SILVA, A. P. N.; MOURA, G. B. A.; GIONGO, P. R.; MEDEIRO, S. R. R. 2011. Correlação entre as temperaturas da superfície do mar e a quantidade da precipitação na estação chuvosa no nordeste do Estado de Pernambuco. Revista Brasileira de Meteorologia, v.26, n.1, 149 – 156. (ISSN: 0102-7786; *Online version* ISSN: 1982-4351)

SILVA, C. R.; RAMOS, M. A. B.; SILVA, A. J. P.; DANTAS, M. E. 2008. Começo de tudo. In: SILVA. C. R (org.). Geodiversidade do Brasil – Conhecer o passado para entender o presente e prever o futuro.



- CPRM, Rio de Janeiro, p. 11 – 19 (Disponível em: <http://rigeo.cprm.gov.br/jspui/handle/doc/1210>).
- SHORT, A. D. 1996. The role of wave height, period, slope, tide range and embaymentisation in beach classifications: a review. *Revista Chilena de História Natural*, v. 69, p. 589 – 604 (Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/285479775_The_role_of_wave_height_period_slope_tide_range_and_embaymentisation_in_beach_classifications_A_review).
- SUGUIO, K. 2010. Geologia do quaternário e mudanças ambientais. Oficina de textos, São Paulo (ISBN: 978-85-7975-000-7).
- TEIXEIRA, W.; FAIRCHILD, T. R.; TOLEDO, M. C. M. de; TAIOLI, F (org.). 2009. Decifrando a terra. Companhia Editora Nacional, 2ª edição, São Paulo - SP (ISBN: 9788504014396).
- WANG, P. & DAVIS Jr., R. A. 2007. Profundidade de fechamento e perfil de equilíbrio de praia um estudo de caso em Sand Key, Florida. *Mercator – Revista de Geografia da UFC (Universidade Federal do Ceará)*, ano 06, número 12 (DOI 10.4215/RM0000.0000.0000).