

Capítulo I

Avaliação da dinâmica da linha de costa do delta do rio Zambeze através de imagens do Google Earth





AVALIAÇÃO DA DINÂMICA DA LINHA DE COSTA DO DELTA DO RIO ZAMBEZE ATRAVÉS DE IMAGENS DO GOOGLE EARTH

Wilberth Girane Nkaingule¹, Emiliano Castro de Oliveira², Banito Magestade^{1,3}

¹Escola Superior de Ciências Marinhas e Costeiras, Universidade Eduardo Mondlane, Quelimane, Zambézia, Moçambique (wilbertgirane@gmail.com, banitomagestade@gmail.com); ²Instituto do Mar, Universidade Federal de São Paulo, Santos, São Paulo, Brasil (emiliano.oliveira@unifesp.br).

RESUMO

O Delta do rio Zambeze esteve em evidência/destaque nas últimas décadas devido ao comportamento fluvial e às modificações morfológicas em sua foz. A sua costa é caracterizada por uma morfologia variável e tem se notado com maior intensidade a variação de linha de costa nas últimas décadas. Deste modo, surge esta pesquisa com o objetivo de estudar os processos morfológicos, especificamente a linha de costa, através de imagem de satélite e os possíveis impactos causados pela construção da barragem de Cahora Bassa neste processo. Para determinar a variação espaço-temporal da linha de costa do Delta do rio Zambeze entre os anos de 1960 e 1990, foram usados métodos cartográficos, o uso do *software Google Earth Pro* para aquisição das imagens de satélites, o uso do *software ArcGIS 10.1* para delimitar as linhas de costa, com a finalidade de olhar a tendência da linha de costa. Para descrever os impactos causados pela Barragem de Cahora Bassa no rio Zambeze e as possíveis implicações para o Delta, foram feitas análises dos dados sobre a linha de costa antes e depois da construção da barragem Cahora Bassa. Os resultados mostraram a regressão da linha de costa de 1990 traçada 11 anos após a construção da barragem.

Palavras-chave: Delta, Rio Zambeze, Linha de costa, Construção de Barragens.

INTRODUÇÃO

As áreas costeiras são ambientes dotados de uma dinâmica bastante complexa e ativa, onde é possível observar a interface entre continente, oceanos e atmosfera sob a ótica de diferentes processos de sedimentação, erosão e modificação do relevo (GUERRA & CUNHA, 1998). Em alguns casos, a presença de rios pode contribuir para configurações mais complexas como, por exemplo, estuários e deltas (OLIVEIRA, 2015).

Os deltas são sistemas transacionais formados quando uma carga de sedimentos levada por um rio

Coastline dynamics avaluation on Zambeze river delta trough Google Earth images

ABSTRACT

The Zambezi River Delta has been the center of attention in recent decades due to fluvial behavior and morphological changes in its mouth. Therefore, its coast is characterized by a variable morphology and the coastline variation has been noticed with greater intensity in the last decades. Thus, this research arises with the objective of studying the morphological processes, specifically the coastline, through satellite image and the possible impact caused by the construction of the Cahora Bassa Dam in this process. To determine the spatiotemporal variation of the coastline of the Zambezi River Delta between the years 1960 and 1990, cartographic methods were used, the use of the Google Earth Pro application to acquire satellite images, the use of ArcGIS 10.1 software to delimit the shorelines, in order to look at the trend of the shoreline. To describe the impacts caused by the Cahora Bassa Dam on the Zambezi River and the possible implications for the Delta, analyzes were made of data on the coastline before and after the construction of the Cahora Bassa dam. The results showed the 1990 coastline regression plotted 11 years after the construction of the dam.

Keywords: Delta, Zambezi River, Coastline, Construction of Dams

para a sua desembocadura supera a ação dos agentes atuantes na bacia receptora (CASTRO & CASTRO, 2008). Para ocorrer a formação de um delta é necessário que uma carga de sedimentos seja transportada por uma corrente aquosa e flua para um corpo permanente de água, onde os sedimentos grossos são depositados nas áreas mais próximas da bacia e os sedimentos mais finos são transportados para áreas mais distantes (MARTIN *et al.*, 1993).

No entanto, o ambiente deltáico é um dos sistemas deposicionais mais complexos existentes, sendo encontradas mais de uma dezena de

ambientes de deposição distintos dentro dele. Os deltas são classificados de acordo com a dominância das capacidades de transporte de cada processo envolvido na remobilização de sedimentos, por exemplo, o rio, quando o acúmulo sedimentar adquire morfologias condicionados pelo rio; dominados por marés, quando o acúmulo sedimentar do rio se torna retrabalhado pelas marés; e dominado por ondas, quando o acúmulo sedimentar do rio é retrabalhado pelas ondas que incidem na costa (DAVIS, 1984).

As modificações na posição da linha de costa decorrem em grande parte da falta de sedimentos, provocado pelo esgotamento da fonte, principalmente a plataforma continental. O processo se dá pela transferência de sedimentos para campos de dunas ou por efeitos decorrentes da intervenção do homem, principalmente a construção de barragens ou obras que provocam a retenção do fluxo de sedimentos ao longo da costa (MUEHE, 2006).

Menos fluxo do rio também afeta a forma e a extensão do delta. Atualmente há menos sedimentos reabastecendo os pântanos e as praias, pois são varridos pelas ondas e marés do oceano (MOORE *et al.*, 2007). Os sedimentos parecem ser transferidos do delta para a costa em plumas que não só se originam na foz ativa dos rios, mas também de antigas fozes desativadas, agora canais de maré. Isso mostra o poder da erosão das marés que contribui para a erosão deltaica (MOORE *et al.*, 2007).

O Delta do Zambeze possui 230 km de litoral com 18.000 km² (7.00 milhas quadradas) de pântanos, planícies aluviais e até savanas (MOORE *et al.*, 2007)). A bacia hidrográfica do rio Zambeze distribui-se por 8 países (Angola, Zâmbia, Namíbia, Botswana, Zimbabwe, Moçambique, Malawi e Tanzânia), com uma área de 1.351.365 km². O rio principal nasce nas montanhas Kalene Hills na região montanhosa entre a Zâmbia e a República Democrática do Congo, a uma altitude de 1.585 m e atravessa uma vasta região até a foz em Chinde, no Delta do Zambeze (SILVA *et al.*, 2003).

No entanto, nas últimas décadas notam-se grandes mudanças no Delta do Zambeze, que costumava despejar mais água e sedimentos do continente. As barragens hidroelétricas a montante mais proeminentemente, Cahora Bassa reduz grandemente os fluxos dos rios durante a estação chuvosa; ela também retém sedimentos que, de

outra forma, fluiriam rio abaixo (MOORE *et al.*, 2007).

Neste contexto, este trabalho traz como tema avaliação da dinâmica da linha de costa do delta do rio Zambeze através de imagens de *Google Earth*. Espera-se que o mesmo contribua no conhecimento científico olhando as interferências humanas como um dos factores para ocorrência da erosão no Delta do Zambeze, com a construção da barragem de Cahora Bassa. O estudo poderá também contribuir para tomadas de medidas na redução de impactos que possam causar a erosão no Delta do Zambeze.

Problematização

O Delta do rio Zambeze é um importante ambiente sedimentar localizado a sul do distrito de Marromeu, província de Sofala e a norte do distrito Chinde, província da Zâmbia. Devido a um conjunto de factores ao longo do rio (processos físicos e interferências antrópicas), o processo de erosão está atualmente acontecendo em sua foz de uma forma acelerada, problema este que tem mostrado o recuo da linha de costa em direção ao continente nas últimas décadas ao longo daquela zona costeira. Esta erosão provavelmente esteja relacionada com a retenção de sedimentos fluviais na Barragem de Cahora Bassa, construída a montante do Delta do Zambeze. Este fenômeno não só transforma o ecossistema lótico em lântico, mas também impacta na vida aquática, onde as barragens contribuem para a retenção dos detritos sedimentares que servem de alimentos para os peixes assim como a passagem dos peixes para outra margem devido ao barramento, e como consequência, nota-se a redução do pescado. E daí que surge a seguinte questão:

Até que ponto a barragem de Cahora Bassa, construída ao longo do rio Zambeze, pode influenciar no processo erosivo e/ou alterar a sua dimensão espaço-temporal no delta do Zambeze?

Justificativa

Por causa da necessidade de se conhecer a gravidade e o principal fator que influencia no aparecimento da erosão na foz do Delta do Zambeze nas últimas décadas, é importante conhecer-se a dinâmica da linha de costa da região em estudo antes e depois da construção da Barragem de Cahora Bassa, para melhor compreensão dos processos que lá ocorrem, e através deste conhecimento se possa arranjar

mecanismos de minimizar os impactos causados pela erosão no Delta. Espera-se com este trabalho que as tendências da linha de costa e a erosão sejam resultados que possam subsidiar as informações existentes relacionadas a morfologia do Delta do rio Zambeze.

Objetivos

Geral

- Avaliar a alteração da Linha de Costa do Delta do Rio Zambeze e analisar a possibilidade de interferência da Barragem de Cahora Bassa neste processo.

Específicos

- Determinar a variação espaço-temporal da linha de costa do Delta do rio Zambeze entre os anos de 1960 e 1990;

- Descrever os impactos causados pela Barragem de Cahora Bassa no rio Zambeze e as possíveis implicações para o Delta.

Descrição da Barragem sob rio Zambeze

Cahora Bassa

A barragem de Cahora Bassa (Figura 1) é um dos grandes empreendimentos hidroelétricos a nível da África Austral. A sua construção começou em 1969 e terminou em 1974 ao longo do rio Zambeze, em território Moçambicano, província de Tete. Inaugurada em 1975, tem uma capacidade de armazenamento máxima de 65 km³ e volume útil de 52 km³, 270 km de comprimento e 30 km de largura máxima, com uma superfície de inundação de 2900 km² ao nível de máxima cheia.

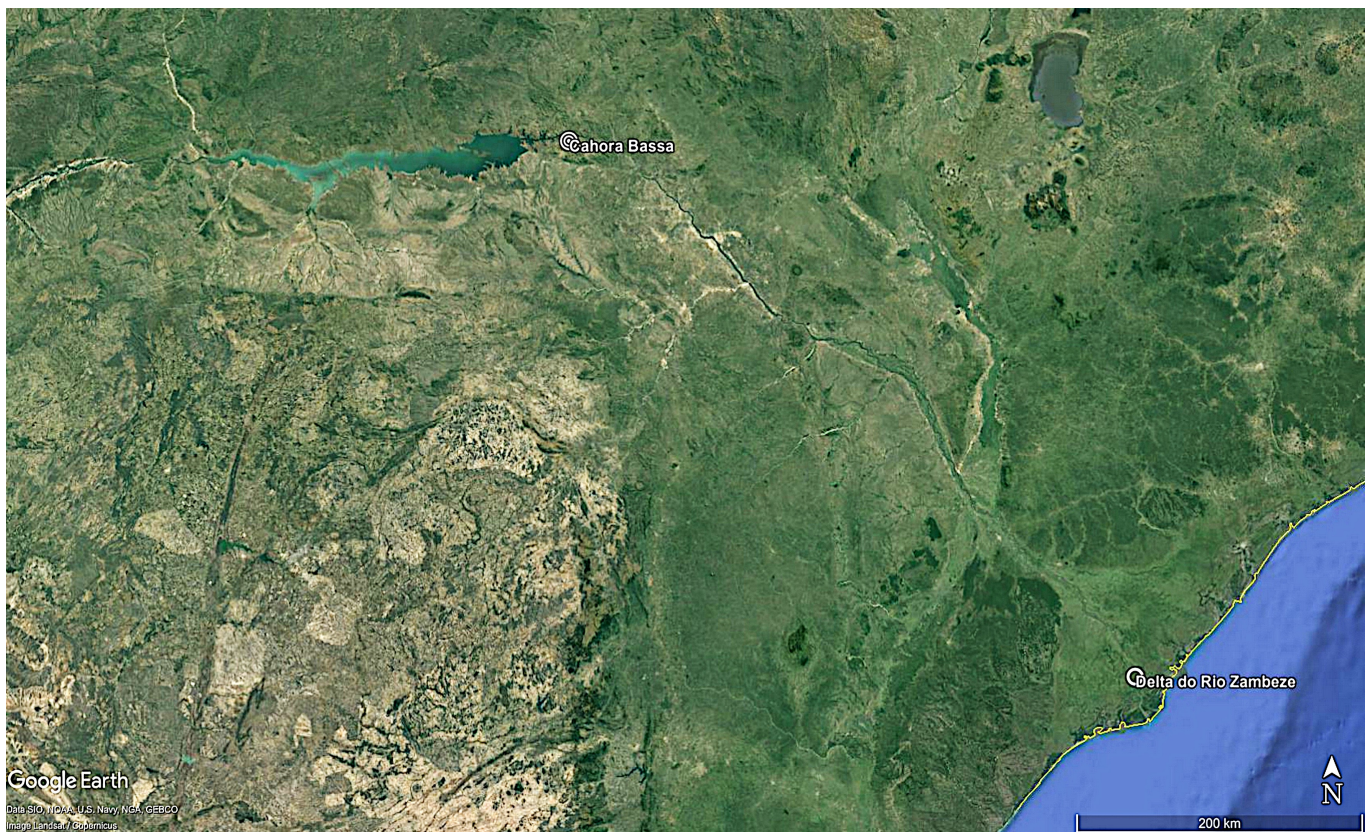


Figura 1. Área de estudo, com destaque para a barragem Cahora Bassa e o delta do rio Zambeze.

Localização da área de estudo

O Delta do rio Zambeze, está localizado a Sul do distrito de Chinde, Província da Zambézia em Moçambique, entre latitude de 18° 35'00"S e longitude de 36° 28'00"L (Figura 2). O Distrito de Chinde localiza-se na região do Baixo Zambeze, tendo como limites geográficos a norte o Distrito de Mopeia, a Sul o Oceano Índico, a Este o Distrito de Inhassuge, e Oeste o Distrito de Luabo.

Clima da Região

As temperaturas ao longo do delta e faixa costeira são altas, com uma média anual da ordem dos 25°C-26°C, sendo as médias dos meses mais quentes de 27°C-28°C e mais frescos de 20°C-22°C, respetivamente. A temperatura máxima média varia, durante os meses mais quentes, entre 34°C e 36°C, com uma amplitude média anual de 7,2°C (27,7°C no mês de Fevereiro e 20,5°C em Julho).

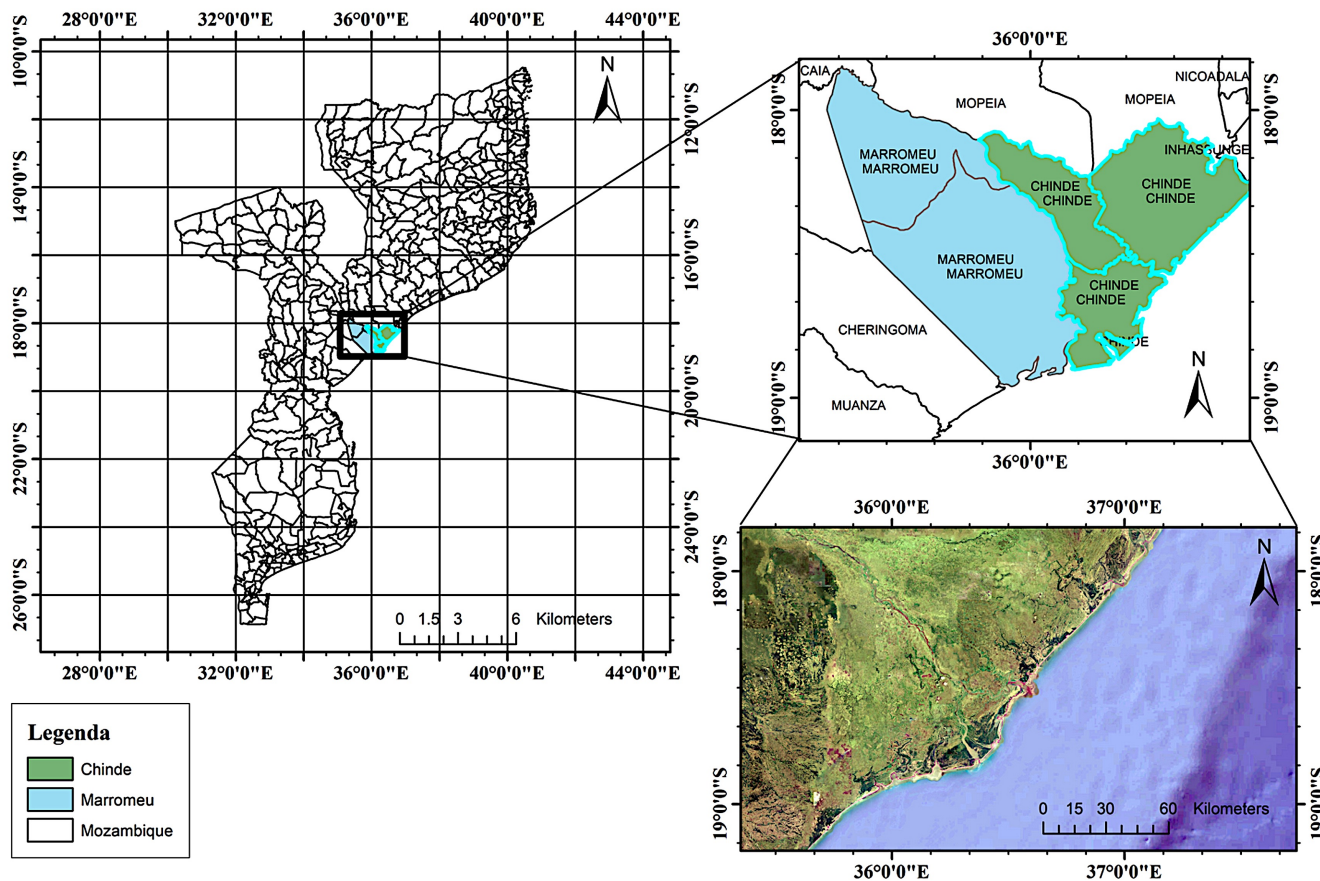


Figura 2. Localização geográfica da área do delta do rio Zambeze.

Geomorfologia

O distrito Chinde apresenta formação Quaternária, denominada por Planície Deltaica Quaternária, a diferença é baseada no grau de inundação, não é devido apenas ao escoamento superficial e o padrão de drenagem local, mas também a influência das marés e ao regime de cheias provocadas pelo rio Zambeze e seus tributários.

Em algumas áreas do distrito de Chinde, os depósitos deltaicos de materiais finos foram recobertos e separados numa série de praias de areias finas. Ainda ocorrem materiais argilosos associados às superfícies de aplanamento dos topos, parcialmente relacionados com terraços resultantes de processos de abrasão marinha; materiais argilo-arenosos de origem fluvial, recobertos por outros de origem eólica e aluvionar recentes e, aqueles argilosos de origem flúvio-marinhos.

Os depósitos superficiais incluem quer eluviões quer aluviões. Os aluviões argilosos e limosos ocorrem em grandes áreas da planície costeira e do delta dinâmico do Zambeze. Áreas

residuais de areia constituem dunas lineares paralelas a linha de costa atual, esta também bastante dinâmica, como demonstram a existência de dunas mais recentes cortando as dunas lineares. Na área do delta ocorrem linhas de praia antigas.

MATERIAL E MÉTODOS

Primeiramente, foi feita a pesquisa bibliográfica para dar suporte às ideias contidas neste trabalho. O conhecimento teórico e o domínio de certos programas de computação foram de extrema importância para a realização do trabalho. Para determinar a variação espaço-temporal da linha de costa do Delta do rio Zambeze entre os anos de 1960 e 1990 foi feita a delimitação da área de estudo e o levantamento das imagens de satélite no aplicativo *Google Earth*, nos seguintes anos, 1960 (*NASA Imagery*), 1970 (*NASA Imagery*), 1979 (*Landsat*) e 1990 (*Landsat*), posteriormente gravadas no formato TIFF e de seguida transferidas para o software *ArcGIS*. As

imagens foram então georreferenciadas, para serem criados *shapefiles* com objectivo de melhorar sua resolução e a coloração. Também foram feitas as edições das linhas (criação das linhas de costa em épocas distintas, de 1960 a 1990) que foram inseridas no banco de dados para utilização posterior. Estas foram utilizadas para determinar a média das áreas erodidas, através da ferramenta de medição da distância entre as linhas. Foi feita a delimitação das áreas com maior índice de erosão, nomeadas de área e representadas pela letra A (1, 2 e 3). Para finalização das imagens, foram anexados os elementos cartográficos que compõem um mapa, escala espacial, a rosa dos ventos, legenda e grade.

O período de 1960-69 corresponde à fase antes da construção da barragem Cahora Bassa sobre o rio Zambeze, 1969-74 corresponde início e termino da construção da barragem, e entre o período de 1974-90 corresponde à fase do funcionamento da barragem. Após as análises visuais feitas no *software ArcGIS*, os dados com as informações quantitativas, isto é, com os valores das áreas com máxima erosão, foram exportados para o *Microsoft Excel*. Os valores serviram para a construção do gráfico com as suas respectivas análises de

tendência, referentes à alteração da linha de costa em função da erosão, que constam neste trabalho.

Para descrever os impactos causados pela Barragem de Cahora Bassa no rio Zambeze e as possíveis implicações para o Delta, foi usado o aplicativo *Google Earth*, com o qual fez-se o levantamento das atividades feitas pelo homem ao longo do rio Zambeze, partindo do montante até a jusante no Delta do Zambeze. Neste processo foram identificadas duas barragens (Kariba e Cahora Bassa) construídas a montante do rio. De seguida foi feita uma revisão bibliográfica relacionada aos impactos que as construções das barragens podem causar para Delta.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Análise da variabilidade espaço-temporal da linha da costa

O presente estudo considera a linha de costa como indicador para avaliar a dinâmica da linha de costa na foz do rio Zambeze. Nas áreas em estudo verificou-se que houve o deslocamento da linha de costa, sendo erosão, estabilidade e acreção.

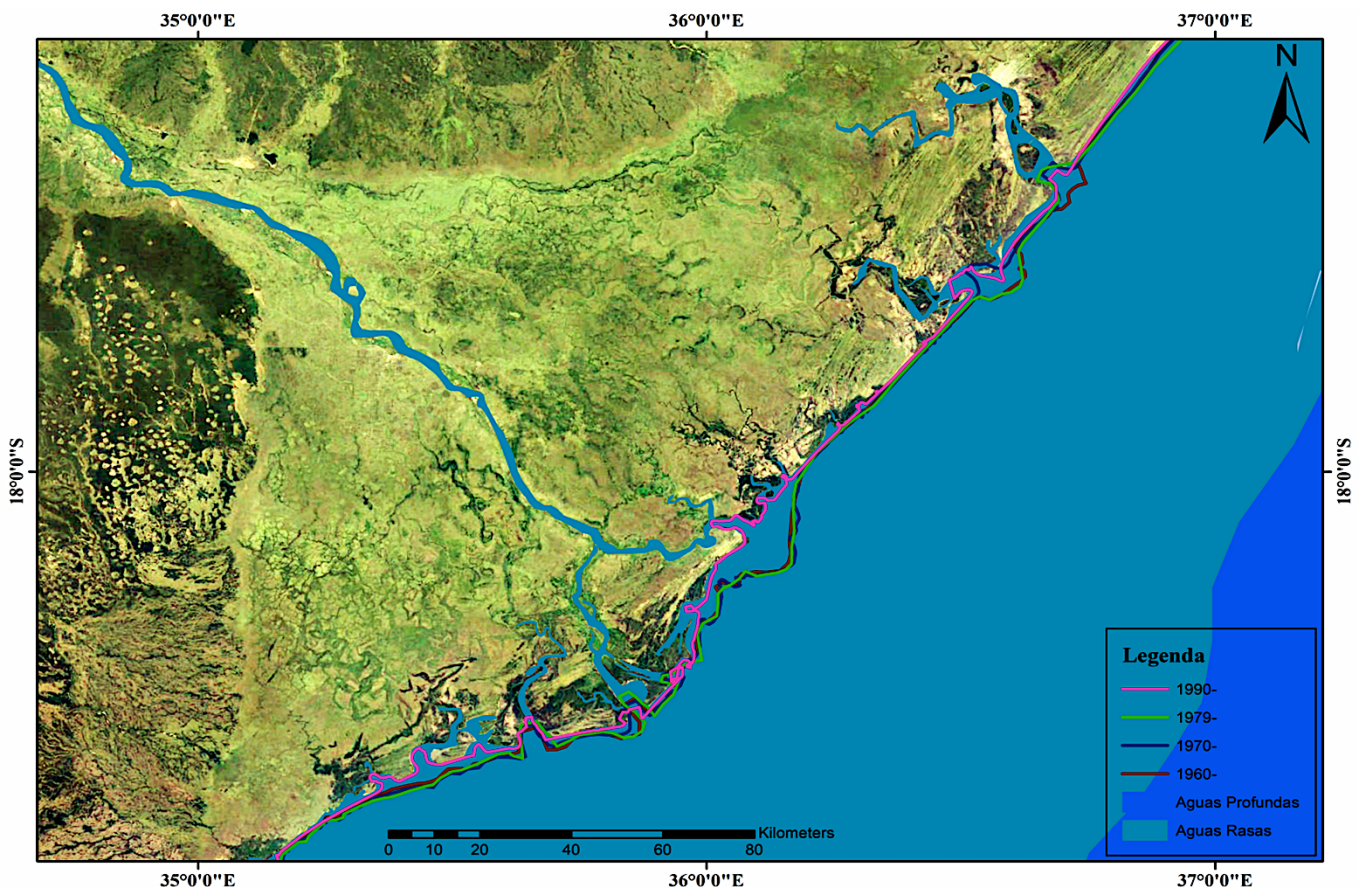


Figura 3. Ilustração das linhas de costa dos períodos de estudo usando programa *Google Earth*.

A costa deltaica do Rio Zambeze sofreu importantes variações espaciais nas últimas décadas. Na Figura 3 é possível ver todas as linhas dos anos em estudo, de 1960, 1970, 1979 e 1990. Nota-se a alteração da linha de costa a partir da região mais à norte do Delta com o processo de erosão, mesmo que as diferenças sejam pequenas, ilustradas pela aproximação que existe entre as linhas. Este cenário é diferente do que se vê na desembocadura, onde observa-se a ocorrência de um processo de regressão da linha de costa do ano de 1990, nesta região do Delta a erosão é intensa. Para zona Sul do Delta, a tendência de linhas de costa é de regressão com uma menor intensidade.

A análise mostra que na foz do rio Zambeze houve mudança morfológica, é possível ver pelas linhas de costa dos períodos anteriores (1960, 1970 e 1979) que a carga sedimentar transportada pelo rio era muito maior resultando na construção do Delta. Esta estrutura sedimentar foi sendo gradualmente removida pela ação dos processos

costeiros que, a partir de 1979 passou a ser mais predominante sobre os sedimentos depositados. Essa mudança do carácter do Delta do rio do Zambeze de deposicional para erosivo se relaciona diretamente com o decréscimo do volume e energia do fluxo de água e do volume de sedimentos transportados. Segundo OLIVEIRA (2015) do ponto de vista morfológico, as modificações na linha de costa se dão, em geral, em função da falta ou excesso de sedimentos em relação ao nível do mar, sendo que a falta de sedimentos pode ser provocada, naturalmente, por mudanças na área fonte e no regime das descargas, no caso dos deltas dominados pela ação fluvial. Embora o processo de erosão, causado pela falta de sedimentos, possa ter origem natural, cada vez mais se torna visível os efeitos decorrentes de modificações feitas pelo Homem, tais como a construção de barragens, transposições do fluxo dos rios e outras obras que provocam interferência no fluxo de sedimentos ao longo da costa (MUEHE, 2006).

18

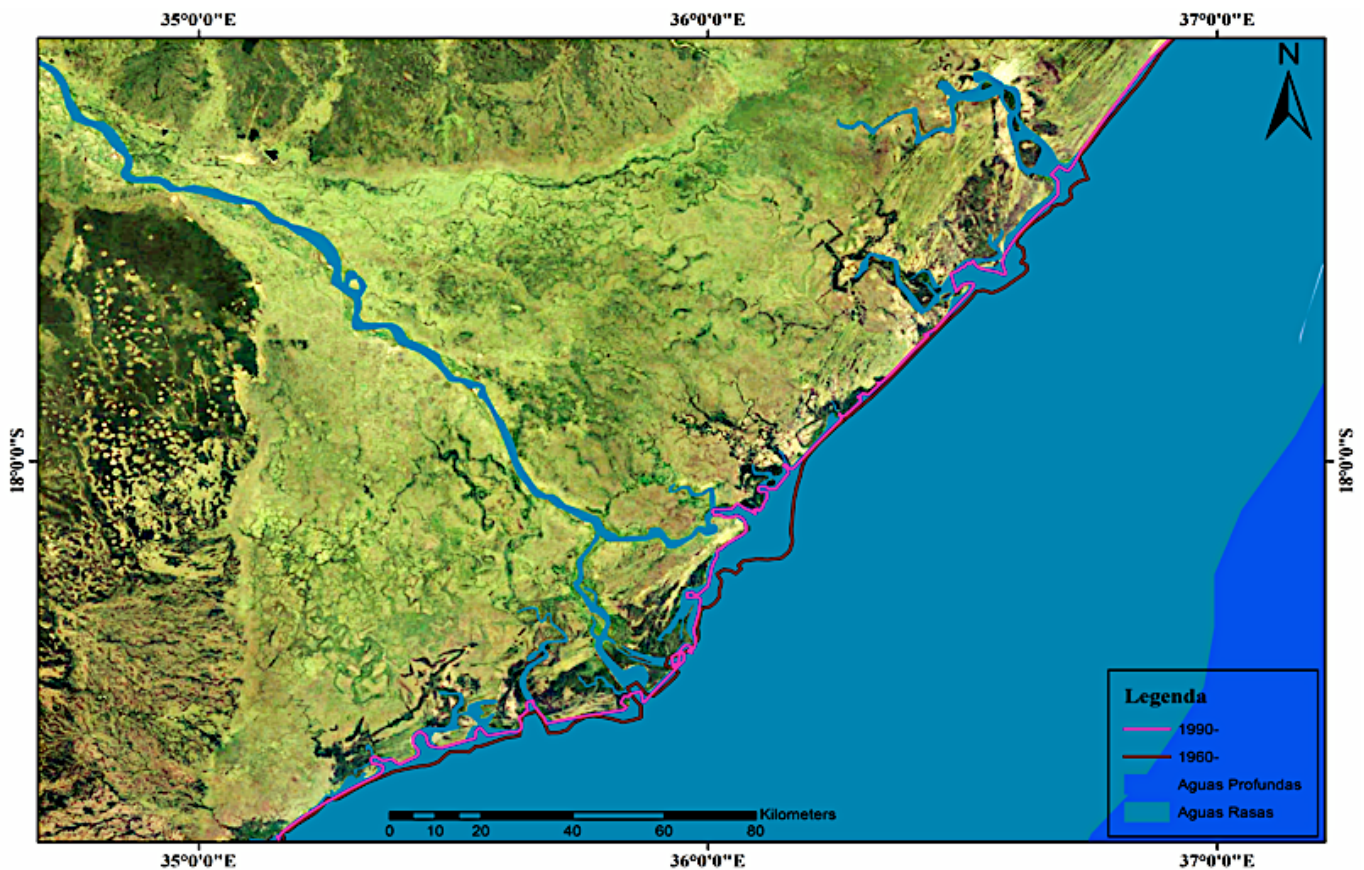


Figura 4. Demonstração do delta do Rio Zambeze na interpretação da linha 1960 sobre a imagem de 1990.

Na figura 4 foi feita a comparação entre as linhas de costa de 1960 e 1990. O resultado mostra um comportamento de recuo da linha de costa, onde a linha de costa de 1990 representada pela cor

violeta encontra-se ao continente resultante de uma erosão enquanto a linha de costa de 1960 representada pela cor vermelha está exposta ao mar. Mais adiante na região a sul do Delta, a linha de

costa de 1960 começa a mostrar uma tendência ligeira de equilíbrio, onde é possível observar a sobreposição das linhas de costa.

Na foz de um rio que forma um delta, a expectativa é que o processo seja sempre de progressão, com a construção de costa, pois este é o local onde o sedimento chega primeiro. Segundo MABESOONE (1968) um delta cresce quando a chegada de sedimento supera a erosão, e por isso decresce quando ocorre o contrário.

Quando observamos a foz do rio Zambeze é possível notar diversas áreas onde a costa recuou até 10 km, em processo de erosão, e outras, onde manteve estabilidade, sem recuo ou avanço. Neste trecho, a foz, é possível relacionar o recuo da costa com a diminuição da capacidade de transporte de sedimentos no rio, devido a instalação das barragens. De acordo com OLIVEIRA (2015) a construção de uma barragem representa um obstáculo ao transporte de sedimentos, além de reduzir a energia do fluxo do rio na área do reservatório, factos que ocasionam a deposição de

sedimentos nos reservatórios das represas. Interferências antrópicas no curso dos rios influenciam diretamente na dinâmica deltaica. Modificações na morfologia de canais e de deltas estão diretamente associadas à construção de barragens (BATALLA, 2003).

Análise da variabilidade espaço-temporal da linha da costa nas áreas

Na área 1 (A1) localizada ao norte da área de estudo registrou-se uma variação da linha de costa no período de 10 anos, entre 1960-1970, (Figura 5), apresentando regressão média da linha de costa do ano 1970 com uma distância máxima erodida de 9.3 m. A A2 a linha de costa média apresentou progressão com uma distância máxima de posição de 1.7 m, localizado ao centro da área de estudo. Para A3 localizado ao sul da área de estudo, a linha de costa média de 1970 mostrou uma regressão, apresentando uma distância máxima erodida de 2.5 m.

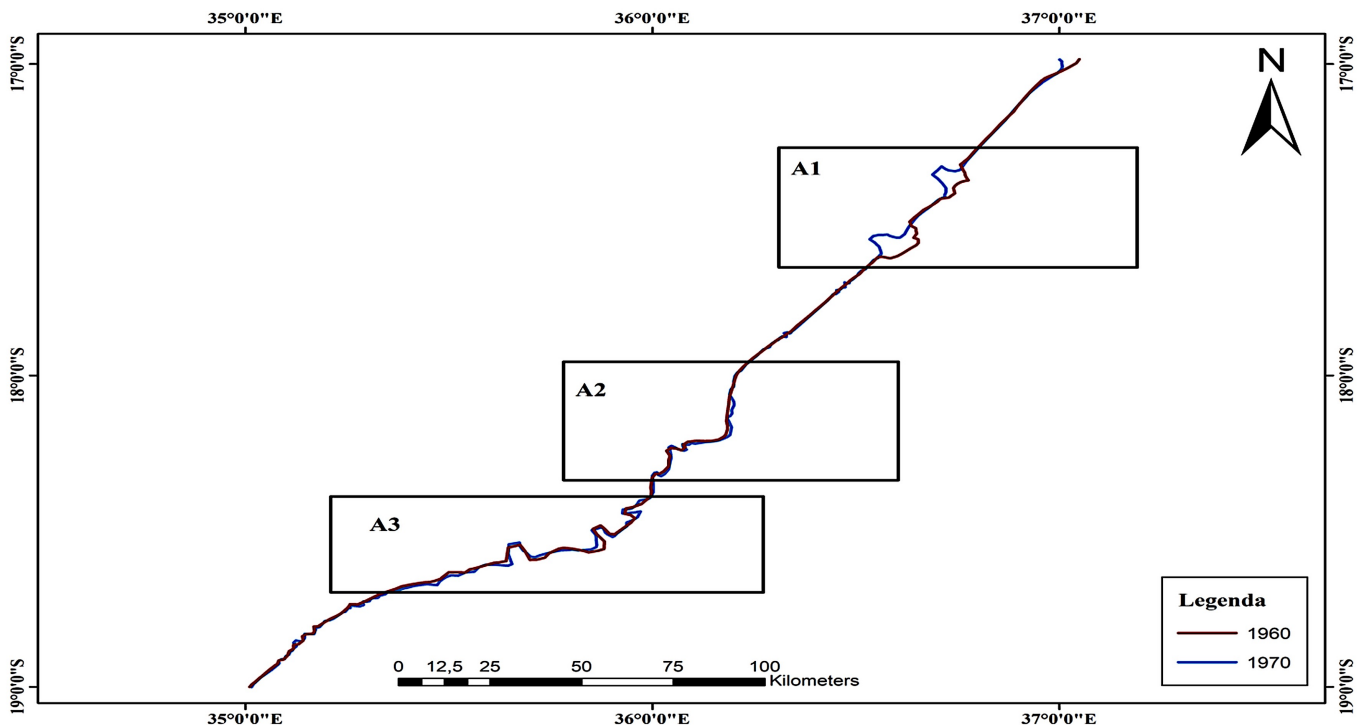


Figura 5. Variação da Linha de Costa média entre os anos de 1960 a 1970.

Entre os anos de 1960-1979, (Figura 6) para o período de 19 anos, identificou-se regressão na A1, a linha de costa média teve uma distância máxima erodida de 10.3 m, a A2 apresentou progressão da linha de costa média com uma máxima de

deposição de 1 m, e para A3 a linha de costa média apresentou uma regressão com uma máxima erodida de 2.2 m.

Entre os anos de 1960 e 1990, para o período de 30 anos, a A1 apresentou regressão da linha de

costa média com uma máxima erodida de 7.6 m (Figura 7). Para a A2 obteve-se a maior variação da linha de costa média, com uma regressão com máxima erodida de 18.7 m. A A3 também

apresentou uma maior variação da linha de costa média para o período em estudado, observando-se assim, uma progressão com uma máxima de deposição de 12.2 m.

20

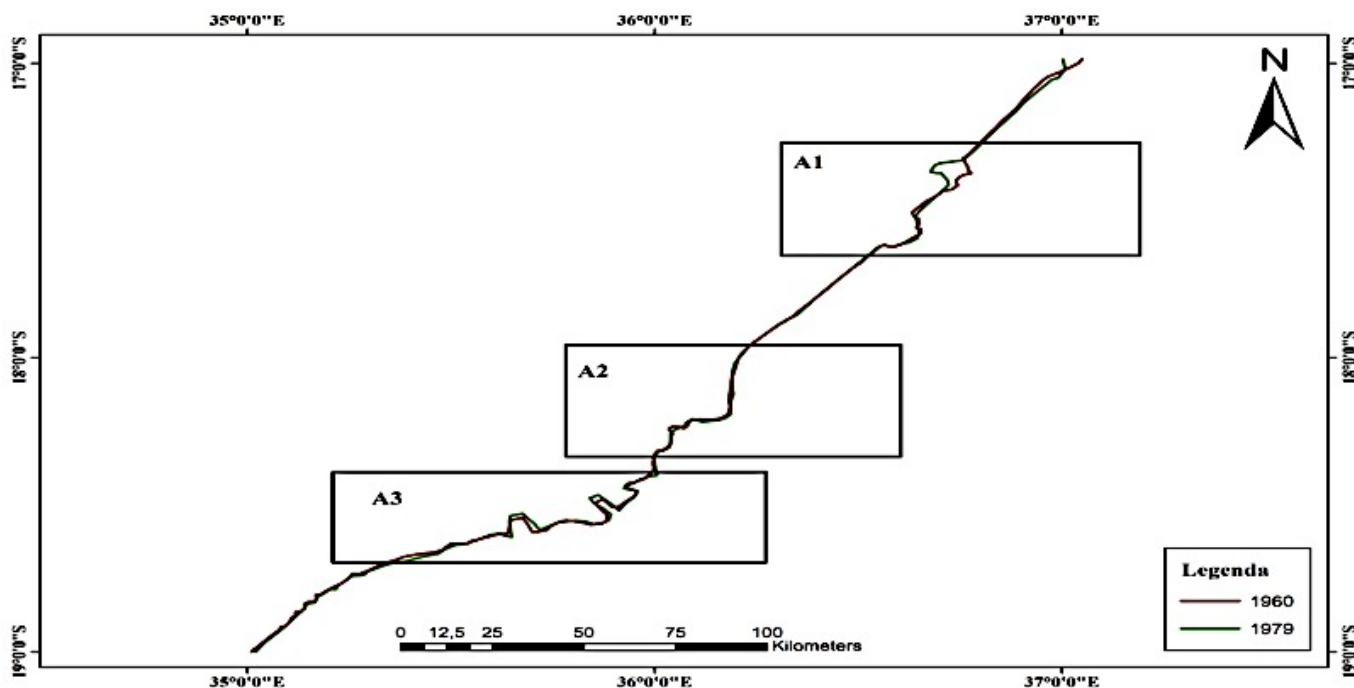


Figura 6. Variação da Linha de Costa média entre os anos de 1960 a 1979.

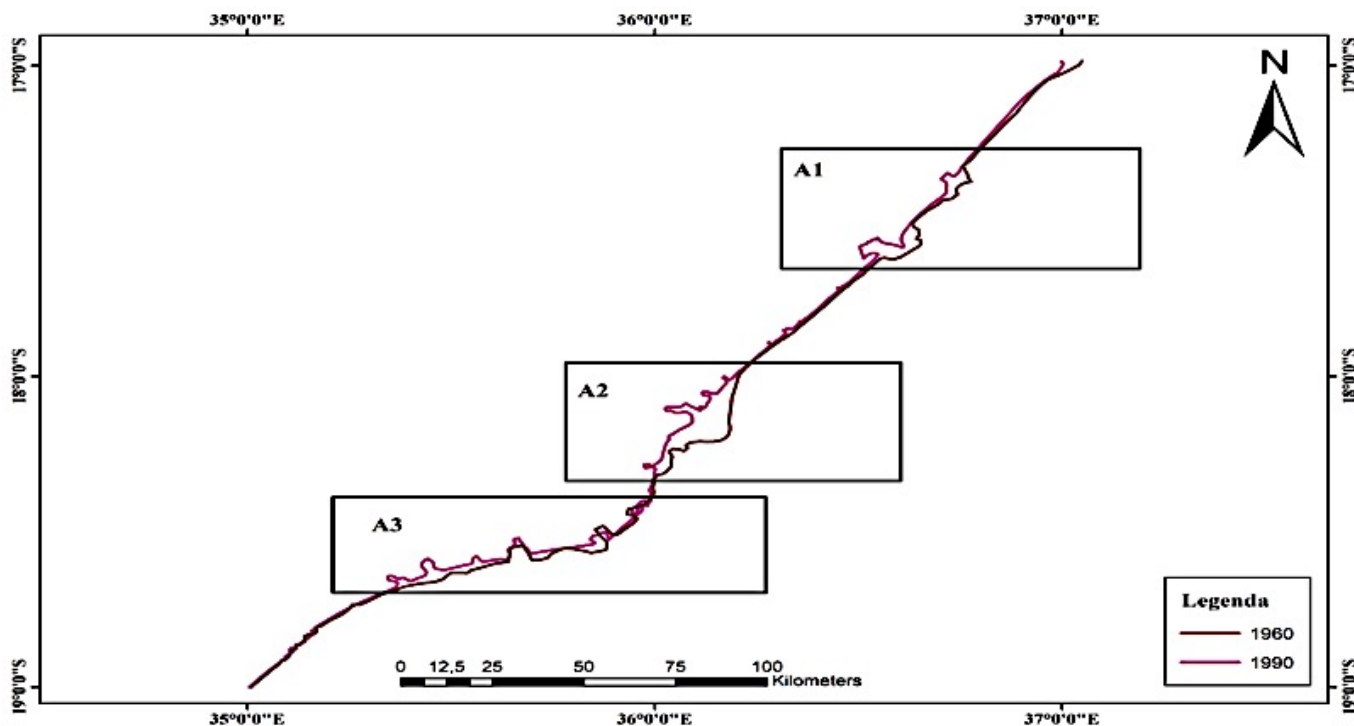


Figura 7. Variação da Linha de Costa média entre os anos de 1960 a 1990.

O gráfico (Figura 8) ilustra uma erosão intensa na A1, diferente nas áreas adjacentes. Portanto, na A2 teve acreção nas duas primeiras décadas em estudo, antes da construção da barragem de Cahora Bassa, e uma erosão bastante intensa após a

construção da Barragem. Com construção da barragem de Cahora Bassa, houve a diminuição da vazão e regularização do aporte sedimentar, este barramento ocasionou o surgimento da erosão no Delta do Zambeze. Isto prova que a A2 é muito

dependente dos sedimentos transportados pelo rio. Para A3 nota-se que teve erosão nas duas primeiras décadas em estudos, mas a partir da década de 90

esta área passou a ter um comportamento diferente, como se pode notar, o material que esteve a ser erodido tende a depositar-se.

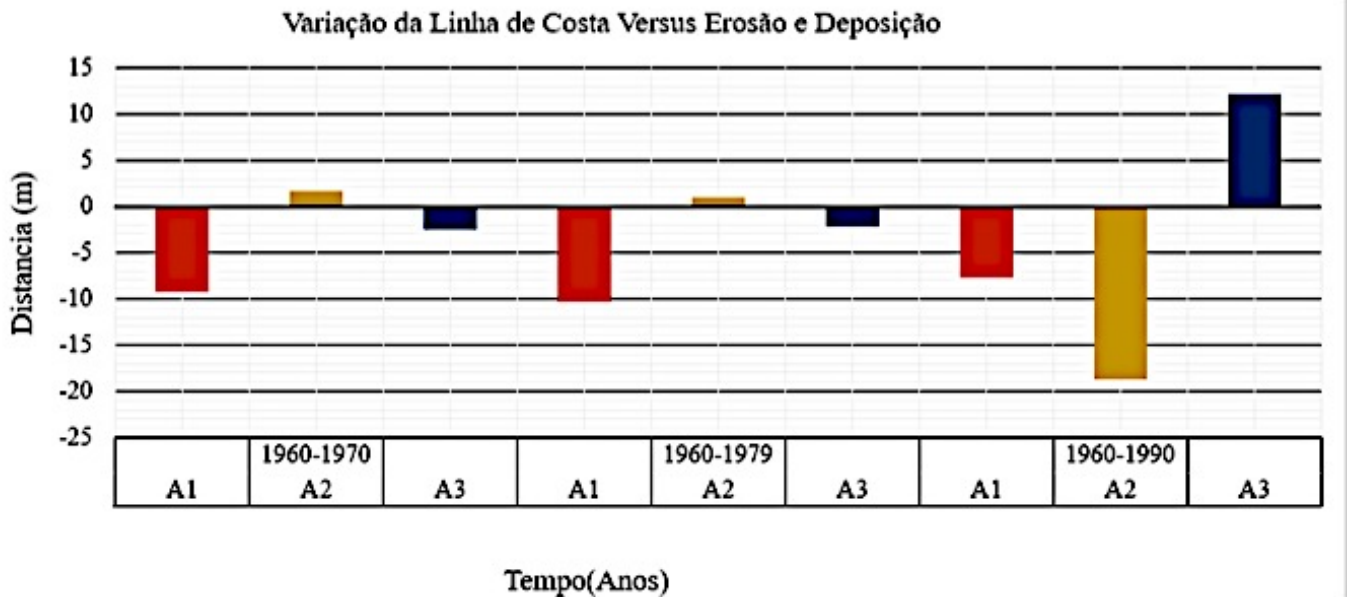


Figura 8. Demonstração da tendência da linha de costa média em paralelo a erosão e deposição.

Os resultados encontrados na A1 demonstram a presença de erosão ao longo dos anos em estudo. A A1 demarca a região do estuário dos Bons Sinas, onde é observada erosão massiva nas suas margens por inerência das correntes violentas que atua na região (VITALDAS, 2019). SUGUIO (1973) refere-se a este tipo de erosão sendo considerado natural no sistema oceano-continente, onde os sedimentos são removidos pela ação das ondas, correntes de marés, correntes da deriva litorânea ou o vento. Nesta região a sua morfologia resulta em variação da linha de costa devido a turbulência causada pela enchente e vazante da maré que propicia a erosão na margem do estuário Bons Sinas.

Os resultados mostrados na A2 apresentaram progressão para o período de 1960-1970 e 1979 em 19 anos. A2 demarca a região da foz do rio Zambeze, nesta região, antes da construção da barragem de Cahora-bassa, recebia correntes, inundações anuais devido aos ciclos marcantes de chuvas drenando a jusante com uma carga sedimentar alta no delta. THA & SEAGER (2013) alegam que a partir de 1974, a hidroelétrica de Cahora-bassa erradicou tais cheias ao administrar o fluxo do rio para maximização da produção de energia. Devido a erradicação da hidroelétrica Cahora-Bassa, a

linha de costa de 1990 traçada 10 anos depois da construção da barragem, observa-se menos sedimentos trazidos para a foz do rio Zambeze resultante do barramento que existe a montante do rio, assim, expondo a intensa atividade destrutiva das ondas, marés e correntes causando o recuo da linha de costa. SYVITSKI (2008) diz que na escala de médio prazo, um dos factores mais importantes que afetam as mudanças da linha de costa nos deltas é a quantidade de sedimentos. Se os sedimentos trazidos para o delta pelos rios excederem a quantidade de sedimentos removidos do delta por ondas e correntes, o delta aumentará. Ao contrário disso, se a quantidade de sedimentos trazidos pelos rios for menor que a quantidade removida pelas ondas e correntes, há um déficit nos sedimentos e o recuo ocorre ao longo da linha de costa do delta (MATAVEL, 2012). EVANS (2012) afirma que atualmente, a principal causa da erosão sem dúvida, é o acúmulo de sedimentos atrás das barragens. Isto vai de acordo com os resultados obtidos no presente estudo, pois verificou-se uma maior deposição de sedimentos no período compreendido entre 1960-1970 e 1960-1979 em relação ao período de 1960-1990 onde houve uma erosão bastante intensa.

Para a A3 no período de 1960-1970 e 1979 em 19 anos obteve-se regressão no deslocamento da linha de costa, com menor erosão. Entretanto a estação passou a apresentar uma progressão contínua da linha de costa para o período de 1990. A A2 está localizada a sul do Delta. De acordo com CHU *et al.* (2006) nestas áreas mais afastadas da foz, onde havia a vulnerabilidade de processos erosivos, passam a suplantar a progradação do delta. MARINO (2013) defende que este tipo de progradação pode estar associada aos principais agentes dinâmicos na zona costeira, como as ondas, as correntes e os ventos, que removem os sedimentos na foz e vão depositar-se nas extremidades do Delta.

CONCLUSÕES

A linha de costa média entre os anos de 1960 e 1990 mostrou o recuo da linha de costa, com uma máxima de -18.7 m de regressão, na foz do rio Zambeze, e o retrabalhamento dos sedimentos na extremidade do Delta, que resulta na deposição com uma máxima de 12.2 m..

A construção da barragem Cahora Bassa, é apontada como a grande influência na modificação da linha de costa no Delta do Zambeze, por modificar a quantidade e a distribuição do sedimento transportado pelo rio.

Recomendações

A área de pesquisa é extremamente dinâmica, pelo que em qualquer intervenção no rio ou na região próxima da foz, devem ser ponderados os possíveis impactos, para além do devido planeamento e da execução de projetos similares a este trabalho, tendo em vista fornecer informações que possam minimizar os impactos e a redução de conflitos na região. Para tal, recomenda-se:

- Para os próximos trabalhos relacionados à dinâmica do delta do Zambeze, deve usar os dados históricos de precipitação e vazão de toda a região em que se pretende fazer o estudo num período antes e depois, dependendo do período, que é para dar consistência nos resultados.
- Utilizar galerias de imagens de satélite de maior resolução, maior quantidade de

imagens a serem analisadas e procedimentos de extração de linha de costa automatizados, de maneira a minimizar erros de demarcação e aumentar o universo amostral, permitindo assim maior precisão nas estimativas de erosão ou acreção.

- Implementar políticas públicas, no intuito de redefinir as atividades de uso e ocupação da zona próximas ao rio para preservação e conservação do ecossistema.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BATALLA, R.J. 2003. Sediment deficit in rivers caused by dams and instream gravel mining. A review with examples from NE Spain. *Cuaternario y Geomorfología* 17:79–91 (Disponível em <https://repositori.udl.cat/bitstream/10459.1/59497/1/001815.pdf>).
- CASTRO, J.C. & CASTRO, M.R. 2008. Ambientes Deltáicos. In: SILVA, A.J.C.L.P.; ARAGÃO, M.A.N.F. & MAGALHÃES, A.J.C. (Eds.). *Ambientes de sedimentação siliciclástica do Brasil*, pp. 170-193, Beca-BALL Edições, São Paulo, SP, Brasil. (ISBN13: 978-8587256515).
- DAVIS, R.A. 1984. *Depositional system: an introduction to sedimentology and stratigraphy*. 604p., Prentice Hall, Englewood Cliffs, NJ, USA. (ISBN13: 978-0132029124).
- EVANS, G. 2012. Deltas: the fertile dustbins of the world. *P. Geologist. Assoc.*, 123: 397–418. (doi: 10.1016/j.pgeola.2011.11.001).
- MARINO M.T.R.D. & FREIRE G.S.S. 2013. Análise da evolução da linha de costa entre as praias do Futuro e Porto das Dunas, região metropolitana de Fortaleza (RMF), Ceará State, Brazil. *Revista da Gestão Costeira Integrada*, 13(1):113-129. (Disponível em https://www.repositorio.ufc.br/bitstream/riufc/68384/1/2013_art_mtrdmarino.pdf).
- MABESONE, J.M. 1968. *Sedimentologia*. 475p., Editora Universitária, Recife, Pernambuco, Brasil.
- MARTINS, L.; SUGUIO, K. & FLEXOR, J.M. 1993. As influências de nível do mar durante o quaternário superior e a evolução geológica de "deltas" Brasileiros. *Boletim IG-USP. Publicação Especial*, 15:1-186. (doi: 10.11606/issn.2317-8078.v0i15p01-186).
- MATAVEL, A.J. 2012. *Vulnerabilidade da Comunidade de Zongoene as Alterações Climáticas*. Dissertação (Mestrado em Engenharia do Ambiente). Universidade de Aveiro, Portugal. 124p.
- MOORE, A.E.; COTTERILL, F.P.; MAIN, M.P. & WILLIAMS, H.B. 2007. The Zambezi river. In: GUPTA, A. (Ed.) *Large rivers: geomorphology and management*, pp. 311-332, John Wiley & Sons, Chichester, West Sussex, England. (ISBN13: 978-

- 0470849873).
- MUEHE, D. (Ed.) 2006. *Erosão e progradação no litoral brasileiro*. 476p., Ministério do Meio Ambiente, Brasília, Brasil. (ISBN10: 85-77380289).
- OLIVEIRA, S. 2005. *Evolução recente da linha de costa no Troço Costeiro Forte Novo-Garrão (Algarve)*. Dissertação (Mestrado em Ciências e Engenharia da Terra). Universidade de Lisboa, Portugal. 136p.
- OLIVEIRA, E.C. 2015. Mudanças na Sedimentação do Delta do Rio Paraíba do Sul nos últimos 40 anos: Resultados do manejo Excessivo. In: PEREIRA, S.D.; RODRIGUES, M.A.; BERGAMASCHI, S. & FREITAS, J.G (Eds.) *Homem e as Zonas Costeiras Tomo IV da Rede BrasPor*. pp. 172-179, Editora UERJ, Rio de Janeiro, RJ, Brasil. (ISBN13: 978-8588769984).
- SEAGER, D. & THA, D. 2013. Análise estendida de Custo-Benefício para adoção de Vazão ecológica em Moçambique: compartilhando o rio Zambeze. *Planejamento e Políticas Públicas*, 40:9-43. (Disponível em <https://biofund.org.mz/wp-content/uploads/2018/12/Zambezi-delta.pdf>).
- SILVA, H. 2003. O impacto da Gestão da Albufeira de Cahora Bassa nos Domínios Social, Económico e Ambiental. In: III Congresso Luso-Moçambicano de Engenharia. Anais do III Congresso Luso-Moçambicano de Engenharia, Maputo, Moçambique, pp. 625-636.
- SUGUIO, K. 1973. *Introdução à Sedimentologia*. 317p., Edgar Blucher, São Paulo, SP, Brasil.
- SYVITSKI, J.P.M. 2008. Deltas at risk. *Sustain. Sci.*, 3(1):23–32. (doi: 10.1007/s11625-008-0043-3).
- VITALDAS, S.C. 2019. *Erosão na Margem do Estuário dos Bons Sinais – Região das Gazelas no distrito de Quelimane*. Trabalho de Conclusão de Curso (Licenciatura em Geologia Marinha). Escola Superior de Ciências Marinhas e Costeiras, Quelimane, Moçambique. 16p.

