

EVOLUÇÃO MULTITEMPORAL (1985-2021) DA LINHA DE COSTA NA MARGEM OCIDENTAL DA FOZ DO RIO PARÁ, AMAZÔNIA, BRASIL

Alexandre Alves Menezes, R. (UFPA) ; de Paula, E.M.S. (UFPA)

RESUMO

O município de Salvaterra, localizado na região NE-SE da ilha do Marajó (foz do rio Pará), na qual é objeto de estudo deste trabalho, cuja zona costeira está condicionada a grandes mudanças do ponto de vista morfológico. Um fator importante que influencia a dinâmica da linha de costa (LC) de Salvaterra é a presença da desembocadura da baía de Marajó (a leste) que imprime a costa deste município uma dinâmica particular em função de sua posição geográfica com relação a esse complexo estuarino, onde localiza-se o rio Pará. Diante do exposto o objetivo do trabalho é analisar a variação multitemporal da linha de costa sob a óptica das imagens sensores ópticos (LANDSAT), entre os anos de 1985 e 2021 utilizando a extensão DSAS v5. Posteriormente, sendo utilizados os parâmetros NSM, EPR e LRR, para compor a interpretação estatísticas da variação da LC e, por fim, gerando os produtos cartográficos. Os resultados mostram que predominam a acreção costeira.

PALAVRAS CHAVES

Dinâmica Costeira; DSAS v5; Geoprocessamento; GIS; Imagens Orbi

ABSTRACT

The municipality of Salvaterra, located in the NE-SE region of marajó island (mouth of the Pará river), in which this work is the object of study, whose coastal zone is conditioned to major changes from the morphological point of view. An important factor that influences the dynamics of the coastline (LC) of Salvaterra is the presence of the mouth of marajó bay (to the east) that prints the coast of this municipality a particular dynamic due to its geographical position in relation to this estuarino complex, where the Pará River is located. In view of the above, the objective of this work is to analyze the multitemporal variation of the shoreline from the optic sensor (LANDSAT) view, between 1985 and 2021 using the DSAS v5 extension. Subsequently, the NSM, EPR and LRR parameters were used to compose the statistical interpretation of the LC variation and, finally, generating the cartographic products. The compiled results gave the estimate of a process of accretional predominance (66%)

INTRODUÇÃO

A ilha de Marajó está localizada na costa norte do Brasil, ocupa uma área de 50.000 km² sendo a maior ilha do arquipélago marajoara e é considerada a maior ilha estuarina do mundo (SANTANA, 2012). No que tange à divisão político-administrativa, ela possui 16 municípios (Soure, Salvaterra, Cachoeira do Arari, Muaná, Ponta de Pedras, Santa Cruz do Arari, Anajás, Chaves, Afuá, Currealinho, Breves, Bagre, Melgaço, Portel, Gurupá e São Sebastião da Boa Vista) (PARÁ, 2020), que compõe um arquipélago extenso e diverso. Na divisão da zona costeira paraense, a ilha de Marajó encontra-se localizada na costa insular estuarina (BRASIL, 2018). O município de Salvaterra, objeto de estudo deste trabalho, localiza-se na porção nordeste da ilha de Marajó. Neste sentido, ele é limitado ao sul pelo rio Paracauari, no leste com a Baía de Marajó e no (MENEZES et al., 2009). A área com maior densidade populacional encontra-se na parte nordeste de Salvaterra, enquanto nas áreas ao redor e distantes da sede municipal as residências são mais esparsas, com presença de fazendas e áreas ribeirinhas (ICMBIO, 2007). O município possui um maior fluxo de turistas nas férias escolares, feriados e festividades, tanto de turistas paraenses, como de outros estados, e até de origem internacional, nesta perspectiva, o município apresenta um turismo sazonal (SANTANA, 2012). O relevo de Salvaterra é formado por uma planície costeira plana e baixa. Constituída por sedimentos recentes argilosos e arenosos do Holoceno, favorecendo o desenvolvimento de manguezais e cordões de praias, sendo assim, sua vegetação é caracterizada por manguezais e restingas (FRANÇA, 2003). A sua hidrodinâmica é composta por inúmeros canais de maré, rios, lagos, furos e

igarapés que ao longo do seu percurso de escoamento conduzem as águas salobras para o interior do município. Salvaterra tem o seu regime pluviométrico caracterizado em dois períodos, um menos chuvoso (de junho a novembro) e um mais chuvoso (de dezembro a maio) que influencia diretamente sua dinâmica hidrológica (DHN, 2020; FRANÇA, 2003). Esses fatores contribuem diretamente para sua diversidade morfológica e vegetacional. A parte leste da costa de Salvaterra está sob influência da hidrodinâmica da baía de Marajó, com regime de meso a macromarés (FRANÇA, 2003). A vazão da baía de Marajó é de 98.594 m³/s no período chuvoso e de 65.269 m³/s no período de estiagem. Na baía de Marajó durante a descarga mínima do rio Pará, as correntes de maré apresentam valores de 1,2 m/s (enchente) e 1,4 m/s (vazante). Entretanto, no decorrer da descarga máxima, as correntes de maré alcançam 1,3 m/s (vazante) e 1 m/s (enchente). No período mais chuvoso os ventos são mais fracos com velocidade de 6,2 m/s e no período menos chuvoso os ventos são mais fortes com velocidade de 7 m/s (FRANÇA, 2003; ROLLNIC; ROSÁRIO, 2013; ROSÁRIO, 2016). Os processos costeiros gerados por ondas, marés, ventos e correntes modificam a paisagem da zona costeira de Salvaterra, através de fenômenos erosivos e deposicionais. Segundo França (2003), esses fenômenos atuam em várias escalas temporais e espaciais e as mudanças morfológicas decorrentes podem ser observadas na variação da LC, no crescimento ou diminuição de áreas de manguezais, no desenvolvimento de cordões e bancos arenosos, recuo de falésias, migração de desembocaduras de canais de maré, entre outras. Com isso, o objetivo do trabalho semeia a análise da dinâmica morfológica da costa das praias de Joanes e Grande (Salvaterra-PA), através do monitoramento da posição da LC, entre os anos de 1985 e 2021, mediante o uso de imagens de sensores remotos e de técnicas de geoprocessamento. Os resultados alcançados pela análise podem ser utilizados pelos administradores públicos para implementação de políticas de conservação ambiental e de ordenamento da ocupação, considerando que se trata de uma área com grande relevância social, histórica e econômica para o Estado do Pará

MATERIAL E MÉTODOS

PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS Os procedimentos metodológicos foram divididos em: a) Revisão Bibliográfica; b) compilação de dados; e c) processamento em gabinete. Revisão Bibliográfica A revisão bibliográfica trouxe a luz do estudo temático da LC. Desta forma, refere-se na busca de um referencial atribuídos aos principais conceitos relacionados à dinâmica costeira. **COMPILAÇÃO DE DADOS** Este componente é responsável por fazer o levantamento e interpretação de dados adquiridos nos sítios oriundos das pesquisas e processados em software de geoprocessamento. **Definição de projeção geográfica** O processo de escolha da definição do sistema de projeção a ser usado compreende uma prerrogativa da utilização da quantificação dos dados a serem gerados e a utilização das bases cartográficas em sistemas de referência com projeções UTM (Universal Transversal de Mercator). Desta forma, o sistema de projeção escolhido utiliza como unidade de medida o metro (m) para calcular distâncias e projetar a posição de determinado componente, proporcionando dados quantitativos inerentes à área em questão. Ademais, o plugin DSAS v5, utilizado no software ArcGIS 10.5®, tem por base o uso do sistema de coordenadas UTM para fazer a interpolação de dados, caso esteja em outro tipo de projeção, não é possível gerar os dados finais, pois dará erro. **Imagens de satélite** Para garantir a execução da análise feita sobre a variação da LC entre as áreas do Pará, baseou-se na comparação de imagens de média resolução, Landsat 5 TM de 1985, 2004, 2009 (bandas 5,4,3), com resolução espacial de 30m, e Landsat 8 OLI de 2021 (bandas 6,5,4,8), com resolução espacial de 15 m após a fusão da banda 8 (pancromática), sendo obtidas no sítio da USGS (United States Geological Survey), acessado em abril/2022 (tabela 1). Após a vetorização direta sobre as imagens, houve a sobreposição dos vetores dos anos de 1985 a 2021, a partir da técnica do DSAS (Digital Shoreline Analysis System). Posteriormente, foi possível gerar os dados cartográficos e quantitativos: confecção de mapas, medidas lineares, cálculo de áreas e taxas. A comparação entre os vetores e os dados quantitativos revelaram a mobilidade temporal da LC, a distribuição dos setores erosivos e acrecionais e a magnitude da erosão e da sedimentação, nos últimos 36 anos. **Erros quantitativos das imagens** Para garantir a confiabilidade dos dados e a precisão dos resultados, foi definido um erro geométrico acumulativo entre as imagens utilizadas. Considerando o erro de georreferenciamento de cada imagem, extraído dos metadados e relacionando-o por regra de três ao valor do pixel, obteve-se o erro de 19,18 m para medidas lineares e o erro de 575,28 m² para medidas areolares (Quadro I). Digital Shoreline Analysis System

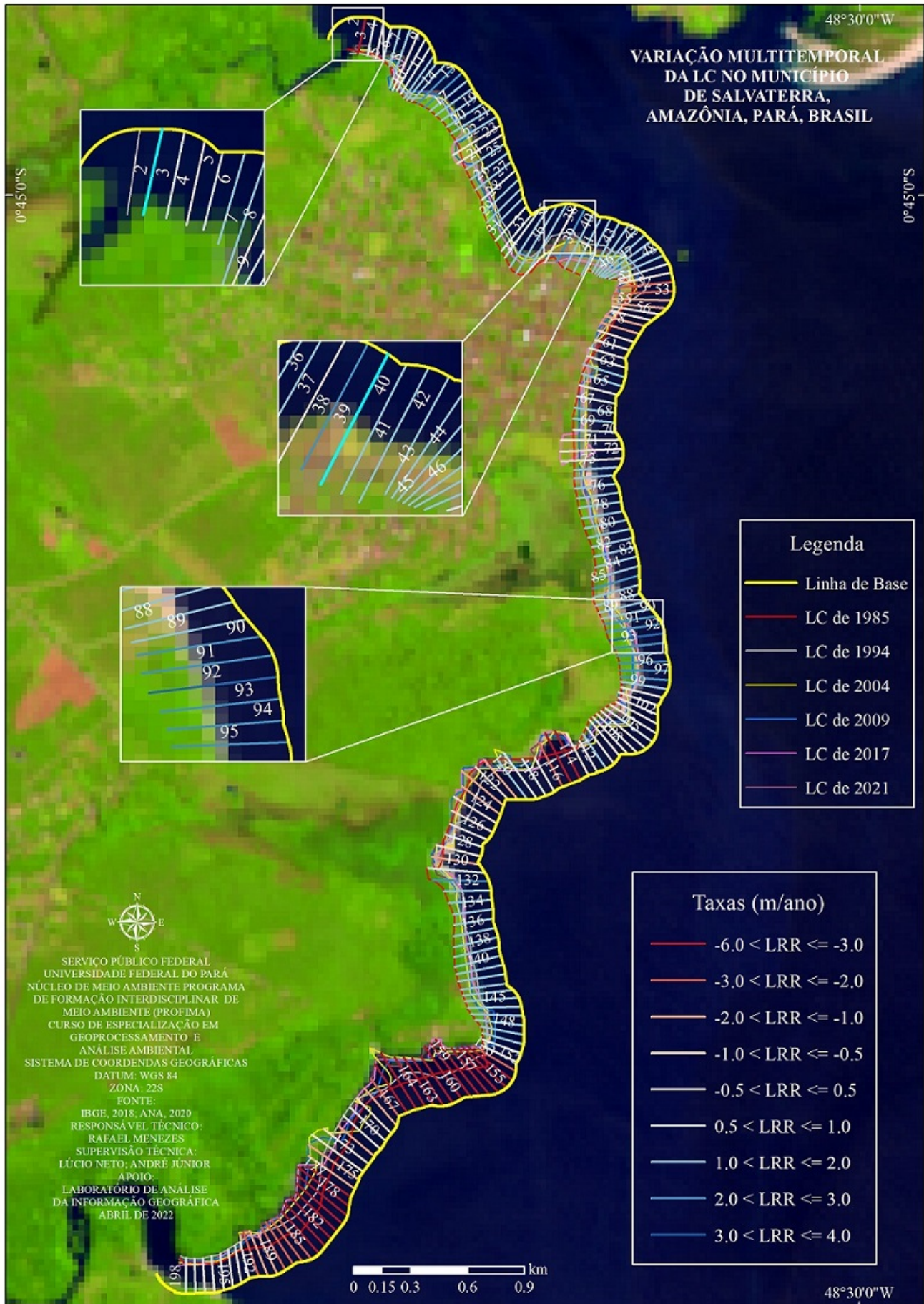
(DSAS) O Digital Shoreline Analysis System (DSAS) é uma aplicação que está disponível de forma gratuita e sua funcionalidade engloba a utilização do software Esri Geographic Information System (ArcGIS). Neste sentido, o DSAS tem por função o cálculo estatístico da taxa de mudança de uma série multitemporal de vetores que são obtidos a partir da interpretação visual da LC (HIMMELSTOSS et al., 2018). Como componente de análise do estudo utiliza-se a versão mais recente do DSAS, a versão 5.0 (v5.0). Deste modo, esta versão, segundo Himmelstoss (2018), foi lançada em dezembro de 2018 e teve sua testagem na compatibilidade com ArcGIS versões 10.4 e 10,5, sendo compatível com os sistemas operacionais Windows 7 e Windows 10. Os métodos mais utilizados para compor a análise da LC através do DSAS são o NSM, EPR e LRR. Desta forma, o EPR na costa dos Estados Unidos da América é bastante utilizado, pois o mesmo utiliza apenas duas posições da face da LC para fazer o cálculo dos valores que compõem as taxas de variação ao longo do tempo (DOLAN; FENSTER; HOLME, 1991). Nesta composição serão utilizados os 3 métodos citados anteriormente.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados obtidos, oriundos da variabilidade multitemporal da LC, compõe um parâmetro que abrange um período de 35 anos de análise (1985-2021) ao longo da porção nordeste do município de Salvaterra-PA (~10 km) (tabela 2). Desta maneira, o enredo dos resultados compõe quantificações de carácter positivo ($0 >$) do EPR, LRR e NSM (gráfico 1) que representam um parâmetro de deslocamento da LC em direção do mar/rio, configurando valores de acreção. Desta forma, o quantitativo negativo (<0), partir dos parâmetros situados anteriormente da LC indicam componentes de variação de mudança em do continente, representando o vetor erosivo. Foram gerados 198 transectos, onde ao analisar os dados gerados a partir do DSAS v5, contactou-se que na porção nordeste do objeto de análise predomina a dinâmica acrecional em detrimento da erosiva. A partir deste contexto, no parâmetro NSM, foi encontrado 67 transectos de carácter erosivo em contraste a 131 de acrecional, configurando 34% e 66%, respectivamente, o que representa uma mudança média de 18.79 m, atribuindo uma máxima positiva de 174.26 m +/- 68.71 m (transecto 39) e máxima negativa de -334.51 m +/- 78.82 (transecto 2) (figura 2; tabela 2; gráfico 1). O parâmetro EPR contou, também, com 198 transectos para composição das taxas. Estas taxas geraram uma média de 0.53 m/ano, onde a média dos intervalos de confiança associados às taxas é de 0,2 m/ano; obtendo um número de 97 transectos independentes, com uma taxa média de 0,02 m/ano e a taxa média com redução do número de incerteza variando em 0,53 +/- 0,02 m/ano (figura 2; tabela 2; gráfico 2). Foram identificados 67 transectos com comportamento erosivo, o que representa 34% sob a óptica total. O valor máximo de recuo foi de -9.29 m/ano (transecto 2) e a média de todas as taxas erosivas indicou -2,18 m/ano. Em contrapartida, o total de transectos de característica acrecional totalizou 131, o que indica 66% dos seguimentos totais; porém, apenas os transectos que têm acréscimo estatisticamente significativo é de 59,19% (>1.92). O acréscimo de valor máximo correspondeu a 4.84 m/ano (transecto 39) (figura 2; tabela 2; gráfico 2). O que se pode constatar é que apesar do seguimento máximo erosivo apresentar uma taxa bastante significativa, a perspectivas de dinâmica permanece, em sua maioria, sendo composta pelo seguimento que abrange a configuração acrecional da LC. O LRR conta com 198 transectos para análise estatística das taxas. Estas, por sua vez, têm uma média de 3.14 m/ano, na qual a média dos intervalos de confiança associados às taxas é de 0.59 m/ano (figura 2; tabela 2; gráfico 3). Foram identificados 78 transectos com evidência erosiva (<0), o que corresponde a 35% sob o total destes; entretanto, estatisticamente, os transectos que indicam uma erosão significativa corresponde à 32,42%. Desta forma, o valor máximo de recuo foi de -5.93 m/ano (transecto 2) e a média de todas as taxas erosivas apresentou -2.02 m/ano (figura 2; tabela 2; gráfico 3). Em sentido contrastante, o total de transectos de acreção totalizou 120, o que corresponde a 65% dos seguimentos totais; entretanto, os transectos que obtém um acréscimo estatisticamente significativo é de 52,08%. A taxa acrescida de valor máximo correspondeu a 3.14 m/ano (transecto 92), na qual a média de todas as taxas de acreção é de 1.30 m/ano (figura 2; tabela 2; gráfico 3). Essa dinâmica ocorre devido ambos serem influenciados pela dinâmica do estuário do rio Pará, na qual predominam variações semidiurnas, obtendo uma importância secundária das oscilações diurnas (ambas astronomicamente puras) e componentes das marés, gerados devido à interação não linear entre o harmônico principal constituintes, especialmente o M4 (PRESTES et al., 2020), o que configuram uma correlação dinâmica que tange a perspectiva erosiva e/ao evolutiva a essa perspectiva. A

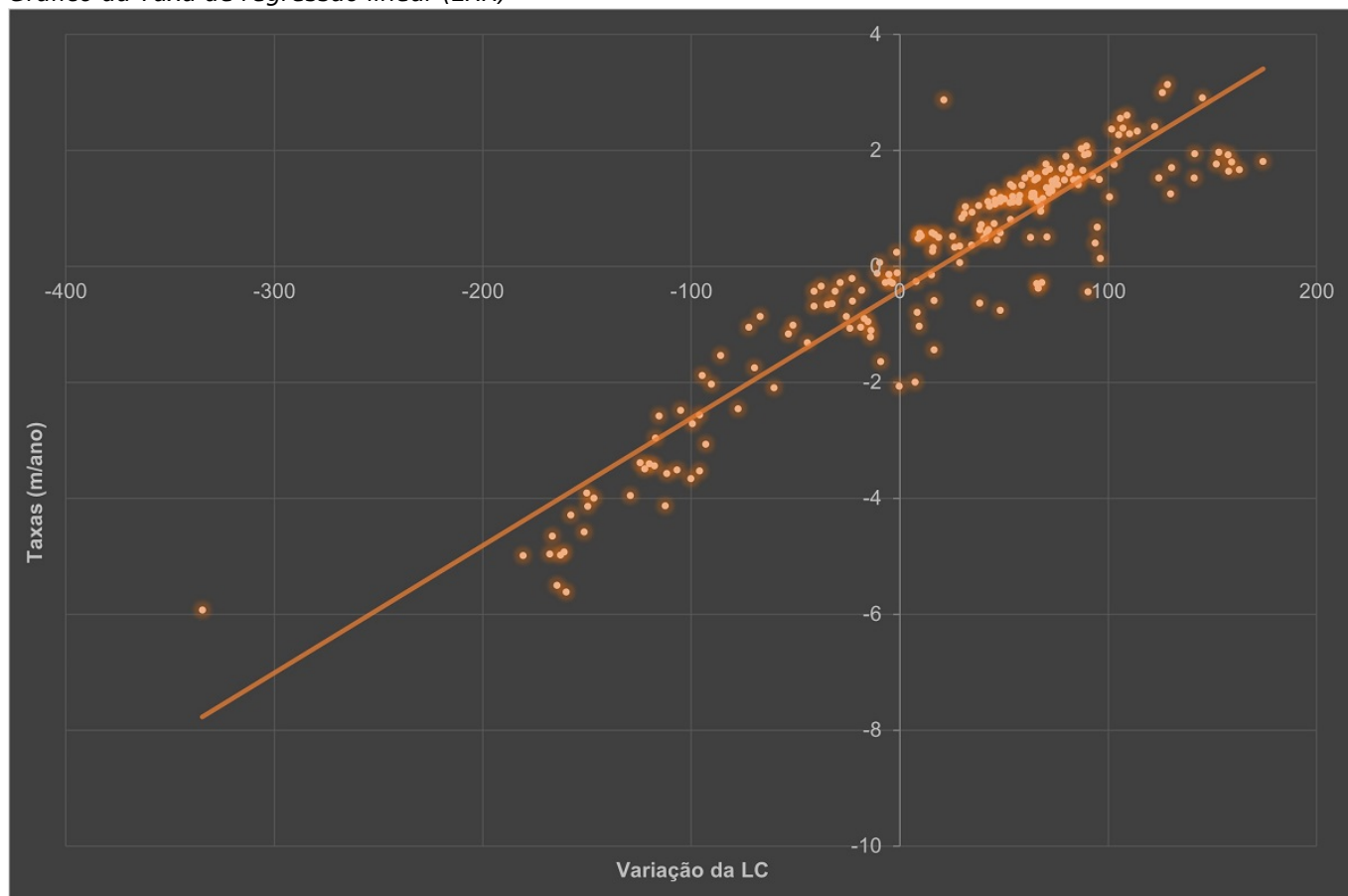
interpretação desses dados obtidos, configura um processo vinculado a uma dinâmica que é explicado, principalmente, pela forçante oriunda das marés (máxima de 4,2 m, com variação de 0,5-1,2 m entre a maré morta), haja vista que o estuário do rio Pará apresenta uma intensa contribuição fluvial, combinada com a co-oscilação das marés astronômicas, faz com que seja produzida um padrão hidrodinâmico diferente e processo de mistura complexo. Desta, maneira, a foz do estuário do rio Pará tem um padrão de meso-macromaré semidurno e com alta amplitude M2 (PRESTES et al., 2020), diminuindo à medida que a onda de maré é atenuada devido ao atrito com a parte inferior e as margens, contribuindo para altos índices de erosão presente nesta área (tabela 2). O avanço da LC deste espaço geográfico está relacionada a padrão de distribuição do material em suspensão, onde atinge o máximo de 0,385ms⁻¹ e um mínimo de 0,112ms⁻¹ e sem inversão de corrente (CARNEIRO; PRESTES; ROLLNIC, 2020). Desta forma, os dados obtidos por Carneiro et al. (2020), estimaram que a exportação de sólidos suspensos (T SSL) obteve um valor máximo de 0,9229kg m⁻¹ s⁻¹ na estação seca e 0,6650kg m⁻¹ s⁻¹ na estação chuvosa. Essa condição também é influenciada pela pluma do rio Amazonas, que deposita sedimentos nas adjacências das margens do rio Pará, sobretudo pelo estreito de Breves. Assim, também destacável que as marés penetrantes são importantes para a regulação da dinâmica dos sólidos que estão suspensos nos ambientes dos estuários e, em especial, no rio Pará, onde a descarga fluvial é de 20.946 m³ s⁻¹ (PRESTES et al., 2020), imprimindo a essa região uma grande energia cinética perpendicular à LC, onde a entrada líquida de regime continental reage e integra diretamente com o fluxo barotrópico gerado pelas correntes de maré. Desta forma, alguns pesquisadores chegaram a resultados semelhantes (BAIG et al., 2020; BENKHATTAB et al., 2020; GALVEZ et al., 2020; KABIR et al., 2020; MISHRA et al., 2020; MUSKANANFOLA; SUPRIHARYONO; FEBRIANTO, 2020; SANTOS et al., 2021; WARNASURIYA et al., 2020). Desta maneira, Santos et al. (2021), nas praias de: Bessa, Intermares Campina; com o método EPR os valores de -1,20 m / ano e 0,94 m / ano, para a taxa máxima e mínima, respectivamente. Com o método LRR, as taxas mínimas e máximas de alteração da LC foram de -0,90 m/ano e 1,22 m/ano, o que remete um processo semelhante a dinâmica que acontece no setor IV. Em contraste, para a praia do Ponta do Seixas, o autor compõe taxas para do EPR (-0,39 m/ano) foram maiores os valores de LRR (-0,32 m/ano), configurando uma amplitude de carácter erosivo, o que se assemelha a área de estudo do município de Salvaterra. Esse fato, em escala local, além de proporcionar a possibilidade de medidas mitigadores de controle erosivo em Salvaterra, ela proporciona a possibilidade de replicação da técnica em qualquer parte do mundo, o que amplia a aparato técnico e metodológico, através do sensoriamento remoto, para prever as mudanças da LC em cenários adversos, principalmente em áreas de grande estresse antropogênico.

VARIAÇÃO MULTITEMPORAL DA LC NO MUNICÍPIO DE SALVATERRA, AMAZÔNIA, PAR



Resultados

Gráfico da Taxa de regressão linear (LRR)



Resultados

Tabela de imagens utilizadas no artigo

Satélite	Sensor	Órbita Ponto	Data de Aquisição	Cobertura de Nuvem (%)	Parâmetro Climático	Hora (Am)	Resolução Espacial (m)	Combinação de Bandas	Resolução Radiométrica
LANDSAT 5	TM	224060	09/10/1985	6.00	Sem Ocorrência	12:57	30x30	5, 4, 3	8 bits
LANDSAT 1	MSS	224060	30/07/1994	19.00	Sem Ocorrência	12:46	30x30	5, 4, 3	7 bits (band 4,5,7) 6 bits (band 6)
LANDSAT 5	TM	224060	23/06/2004	30.00	Sem Ocorrência	13:10	30x30	5, 4, 3	8 bits
LANDSAT 5	TM	224060	09/09/2009	3.00	El Niño	13:18	30x30	5, 4, 3	8 bits
LANDSAT 8	OLI/TIRS	224060	07/07/2021	6.17	La Niña	13:29	30x30 15x15 (pan)	6, 5, 4, 8 (pan)	16 bits

Metodologia

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A utilização dos dados orbitais, processados devidamente, surge como uma ferramenta indispensável para análise da morfologia costeira de pequenas, médias e grandes áreas, sendo possível aferir, de maneira abrangente, dados quantitativos e as mudanças acrecivas e erosivas ao longo do tempo. A metodologia empregada, pautada na sobreposição de vetores extraídos a partir da análise espacial das imagens orbitais adquirida em sensores remotos, possibilitou o conteúdo sistemático deste estudo, mostrando dados quantitativos através do DSAS v5 que comprovam a variação da LC em um médio período. Diante dos resultados obtidos sobre o município de estudo é coerente destacar que os processos de mudanças costeiras implicam em maiores áreas acrecionais em comparação as áreas erosivas. O que ressalta um vetor de análise que estima uma perspectiva de grande dinâmica costeira acumulativa no município de Salvaterra. A análise feita sobre o município de Salvaterra corrobora para uma análise integrada dos processos que atuam na LC desta, sendo apenas um fragmento para o entendimento de uma dinâmica mais complexa. Isso servirá com subsídio teórico e metodológico para prospecções futuras sobre a dinâmica costeira do município de Salvaterra, adicionando mecanismos informacionais que servem como um modelo de previsão das mudanças ambientais, sobre ele, de larga escala temporal e espacial.

AGRADECIMENTOS

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) - Código de Financiamento 001.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICA

- BAIG, M. R. I. et al. Analysis of shoreline changes in Vishakhapatnam coastal tract of Andhra Pradesh, India: an application of digital shoreline analysis system (DSAS). *Annals of GIS*, v. 26, n. 4, p. 361-376, 1 out. 2020.
- BENKHATTAB, F. Z. et al. Spatial-temporal analysis of the shoreline change rate using automatic computation and geospatial tools along the Tetouan coast in Morocco. *Natural Hazards*, v. 104, n. 1, p. 519-536, 19 out. 2020.
- CARNEIRO, A. G.; PRESTES, Y. O.; ROLLNIC, M. Estimates of suspended solid transport in the Pará river estuary. *Ocean and Coastal Research*, v. 68, n. i, p. 1-8, 2020.
- DHN. DHN (Diretoria de Hidrografia e Navegação). Disponível em: <<https://www.marinha.mil.br/chm/tabuas-de-mare>>. Acesso em: 23 out. 2020.
- DOLAN, R.; FENSTER, M. S.; HOLME, S. J. Temporal Analysis of Shoreline Recession and Accretion. *Journal of Coastal Research*, v. 7, n. 3, p. 22, 1991.
- FRANÇA, C. F. DE. Morfologia e mudanças costeiras na margem leste de Marajó (PA). [s.l.] Universidade Federal do Pará, 2003.
- FRANÇA, C. F. DE; SOUZA FILHO, P. W. E M. Compartimentação Morfológica Da Margem Leste Da Ilha De Marajó: Zona Costeira Dos Municípios De Soure E Salvaterra – Estado Do Pará. *Revista Brasileira de Geomorfologia*, v. 7, n. 1, p. 33-42, 2006.
- GALVEZ, D. S. et al. Detecting shifts of submarine sediment boundaries using side-scan mosaics and GIS analyses. *Marine Geology*, v. 430, p. 106343, 1 dez. 2020.
- HIMMELSTOSS, E. A. et al. Digital Shoreline Analysis System (versão 5.0); Um ArcGIS © extensão para o cálculo alteração na linha costeira: lançamento do software U.S. Disponível em: <<https://code.usgs.gov/cch/dsas>>. Acesso em: 20 maio. 2020.
- HONEYCUTT, M. G.; CROWELL, M.; DOUGLAS, B. C. Shoreline-Position Forecasting: Impact of Storms, Rate-Calculation Methodologies, and Temporal Scales. *Journal of Coastal Research*, v. 17, n. 3, p. 721-730, 2001.
- ICMBIO. Plano de Desenvolvimento Territorial Sustentável do Arquipélago do Marajó; Resumo executivo da versão preliminar para discussão nas consultas públicas. Versão preliminar. . 2007.
- KABIR, M. A. et al. Assessing the shoreline dynamics of Hatiya Island of Meghna estuary in Bangladesh using multiband satellite imageries and hydro-meteorological data. *Regional Studies in Marine Science*, v. 35, p. 101167, mar. 2020.
- MENEZES, M. O. B. et al. Efeitos da Expansão Urbana nas Ilhas do Baixo Estuário do Amazonas: O Caso de Soure, Arquipélago do Marajó. *Revista de Gestão Costeira Integrada*, v. 9, n. 2, p. 113-126, 2009.
- MISHRA, M. et al. The development and research trend of using dsas tool for shoreline change

- analysis: A scientometric analysis. *Journal of Urban and Environmental Engineering*, v. 14, n. 1, p. 69-77, 2020.
- MUSKANANFOLA, M. R.; SUPRIHARYONO; FEBRIANTO, S. Spatio-temporal analysis of shoreline change along the coast of Sayung Demak, Indonesia using Digital Shoreline Analysis System. *Regional Studies in Marine Science*, v. 34, p. 101060, 2020.
- PARÁ. Lei nº 9.064, de 25 de maio de 2020. . 2020.
- PRESTES, Y. O. et al. A discharge stationary model for the Pará-Amazon estuarine system. *Journal of Hydrology: Regional Studies*, v. 28, p. 100668, abr. 2020.
- ROLLNIC, M.; ROSÁRIO, R. P. Tide propagation in tidal courses of the Pará river estuary, Amazon Coast, Brazil. *Journal of Coastal Research*, v. 165, n. 65, p. 1581-1586, 2013.
- ROSÁRIO, R. P. Análise de processos oceanográficos no estuário do rio Pará. [s.l.] Universidade Federal do Pará, 2016.
- SANTANA, E. DE J. M. Políticas públicas de turismo na Ilha do Marajó: turismo e apropriação da paisagem no Município de Soure - Pará. [s.l.] Universidade Federal do Pará, 2012.
- SANTOS, C. A. G. et al. Analysis of long- and short-term shoreline change dynamics: A study case of João Pessoa city in Brazil. *Science of The Total Environment*, v. 769, p. 144889, maio 2021.
- WARNASURIYA, T. W. S. et al. An Improved Method to Detect Shoreline Changes in Small-Scale Beaches Using Google Earth Pro. *Marine Geodesy*, v. 43, n. 6, p. 541-572, 1 nov. 2020.