
O Papel do sensoriamento remoto como catalisador da participação cidadã na criação de um observatório da foz do Amazonas



The role of remote sensing as a catalyst for citizen participation in the creation of an observatory at the mouth of the Amazon

Santos, Valdenira Ferreira; Polidori, Laurent; Calado, Janaina Freitas; Jardim, Kerly Araújo; Silva Jr, Orleno Marques da

 **Valdenira Ferreira Santos**
valdenirafferreira@gmail.com
Instituto de Pesquisas Científicas e Tecnológicas do Estado do Amapá, Brasil

 **Laurent Polidori**
laurent.polidori@ufpa.br
Universidade Federal do Pará, Brasil

 **Janaina Freitas Calado**
janaina.calado@ueap.edu.br
Universidade do Estado do Amapá, Brasil

 **Kerly Araújo Jardim**
kerllyjardim@gmail.com
Instituto de Pesquisas Científicas e Tecnológicas do Estado do Amapá, Brasil

 **Orleno Marques da Silva Jr**
orlenomarques@yahoo.com.br
Instituto de Pesquisas Científicas e Tecnológicas do Estado do Amapá, Brasil

Revista Presença Geográfica
Fundação Universidade Federal de Rondônia, Brasil
ISSN-e: 2446-6646
Periodicidade: Frecuencia continua
vol. 11, núm. 1, Esp., 2024
rpgeo@unir.br

Recepção: 21 Dezembro 2023
Aprovação: 26 Dezembro 2023

URL: <http://portal.amelica.org/ameli/journal/274/2744783006/>

Resumo: O sensoriamento remoto pode ajudar a aumentar a conscientização pública sobre questões ambientais e climáticas. Por um lado, a leitura das imagens é muito mais intuitiva do que a dos mapas, apesar da visão vertical, o que as torna acessíveis a pessoas sem treinamento técnico. Em segundo lugar, a interpretação das imagens pode ser enriquecida pelo conhecimento empírico do ambiente local, que é muito bem conhecido por agricultores, pescadores e outras comunidades tradicionais, permitindo que a pesquisa acadêmica se beneficie dos dados coletados pela população local, de acordo com o princípio de Informações Geográficas Voluntárias (IGV). Com base em experiências anteriores, o Observatório Popular do Mar (OMARA) está usando esse potencial para envolver a população local em estudos ambientais da foz do Amazonas.

Palavras-chave: Informações geográficas voluntárias, Ciência cidadã, Década da ciência oceânica, Costa amazônica.

Abstract: Remote sensing can help raise public awareness of environmental and climate issues. On the one hand, images are much more intuitive to read than maps, despite the vertical view, making them accessible to people with no technical skills. Secondly, the interpretation of the images can be enriched by empirical knowledge of the local environment, which is very well known to farmers, fishermen and other traditional communities, enabling academic research to benefit from data collected by local people, in line with the principle of Volunteer Geographic Information (VGI). Building on previous experience, the Observatório Popular do Mar (OMARA) is using this potential to involve local people in environmental studies of the mouth of the Amazon.

Keywords: Volunteer geographic information, Citizen science, Decade of ocean science, Amazon coast.

INTRODUÇÃO

Os desafios ecológicos e sociais em que se encontra o planeta nos últimos anos são ainda mais críticos na região amazônica, onde parte da população vive em situação de vulnerabilidade socioambiental em um território que passa por transformações naturais e antrópicas (Moret e Nogueira, 2020). Isso é particularmente verdadeiro na região da costa amazônica, onde os moradores da região costeira e suas atividades econômicas (extrativismo de açaí, pesca artesanal, produção de óleos) estão vulneráveis à erosão, intrusão salina e inundação (Santos et al., 2022; Silva Júnior et al., 2022; Negrão et al., 2022).

Nesse contexto, o sensoriamento remoto desempenha um papel essencial na produção e atualização de informações geográficas em um território extenso, de difícil acesso e em constante mudança. Os diversos sensores e algoritmos de processamento de imagens provaram ser eficazes no mapeamento 2D e 3D, na classificação da cobertura e do uso da terra e na medição de variáveis ambientais tais como: biomassa (Saatchi et al., 2015; Tejada et al., 2019), turbidez da água (Sun et al., 2013), entre outras.

Entretanto, o conhecimento científico derivado desses dados, em regiões extensas e remotas, não seria suficiente sem o envolvimento de moradores locais. Por um lado, as vivências tradicionais e cotidianas desses moradores, seja no transporte, produção agrícola e extração de recursos naturais, permitem que eles produzam dados geográficos locais e gerem um conhecimento empírico que pode complementar o conhecimento acadêmico, a partir da noção de Informação Geográfica Voluntária (IGV) ou Volunteer Geographic Information (VGI) (Coleman et al., 2009; Sieber e Haklay, 2015). Por outro lado, as imagens de sensoriamento remoto podem ser lidas de forma muito intuitiva, tornando-as acessíveis a usuários sem habilidades técnicas, ao contrário dos mapas produzidos pelo setor cartográfico. Isso permite que os moradores consolidem a interpretação científica dos dados contribuindo com seu conhecimento local, e pode possibilitar a compreensão de inter-relações sobre as transformações que afetam a superfície do planeta em todas as escalas.

Com base em experiências realizadas na foz do rio Amazonas, está sendo implantado o Observatório Popular do Mar (OMARA). Um espaço interativo que busca reduzir as lacunas de conhecimentos sobre o espaço costeiro na região da foz do rio Amazonas e suas adjacências no que tange aos processos costeiros e marinhos que afetam as populações que serão intensificados com as mudanças climáticas.

Dentre seus objetivos, destaca-se a utilização da ciência cidadã como ferramenta de inclusão das populações ribeirinhas na coleta e sistematização de dados, em um processo formativo que integra espaços escolares e comunitários com institutos de pesquisa e universidades de várias regiões do Brasil. Uma de suas principais ferramentas é o sensoriamento remoto utilizado em validações de parâmetros ambientais e no envolvimento das populações ribeirinhas no estudo das mudanças da zona costeira na foz do Amazonas. Os princípios e as primeiras atividades são apresentados neste artigo.

PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

Área de estudo

A região considerada no projeto do observatório OMARA é o litoral da foz do Rio Amazonas. Uma das características deste litoral é sua dimensão, que possui 2.250 km de extensão, que abrange desde a Baía de São Marcos até a Baía do Oiapoque (Souza Filho et al., 2009). A desembocadura do Amazonas representa quase 11% (240 km de extensão) desse litoral. Para o interior o estuário possui 800 km com influência das marés (Kosuth et al., 2009).

No encontro com o Oceano Atlântico, o gigante Amazonas despeja uma carga sedimentar tão alta (a maior do mundo) e uma descarga hídrica que corresponde a aproximadamente 18% das águas doces que entram nos

oceanos. Assim, o litoral adjacente é influenciado pelos seus processos, formando extensas áreas de planícies de marés, colonizadas por manguezais na zona de supramaré e para o interior por vegetações campestres e vegetação de floresta inundada sazonalmente pela cheia dos rios e com influência de marés (Santos et al., 2016).

As populações que habitam essa região (Figura 1) encontram-se dispersas em pequenas comunidades com poucos habitantes (variando de dezenas a poucas centenas de pessoas) que vivem em sua maioria do extrativismo vegetal (extração do fruto do açaí e de óleos essenciais) e animal (pesca de camarão e peixes do estuário e da região marinha) (Cunha e Almeida, 2001; Pereira e Diegues, 2010; Santos et al., 2016; Jimenez et al., 2020).

Por outro lado, o advento das mudanças climáticas requer o monitoramento contínuo das regiões que serão afetadas com o aumento do nível do mar; e a região costeira amazônica, por fazer parte de uma zona costeira de baixa elevação (Neumann et al., 2015) é uma das mais vulneráveis (Santos et al., 2022).

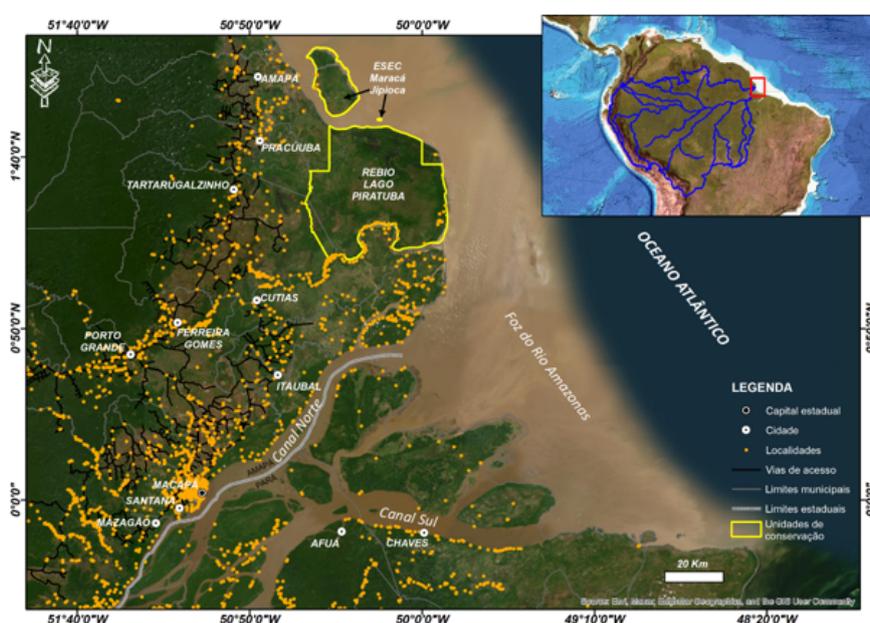


FIGURA 1

Localização da foz do Amazonas e litoral adjacente com as cidades sedes dos municípios costeiros e os assentamentos humanos na região

Fonte: ESRI Imagery, ANA (2019), GEBCO (2022), MMA (2020) e IBGE (2022)

Os moradores da região convivem com as mudanças da paisagem provocadas pelos fenômenos fluviais e oceanográficos. As marés (Kosuth et al., 2009; Porto, Santos, Polidori, 2021) na região propiciam condições para formação da pororoca (Santos et al., 2005). A enorme descarga hídrica e de sedimentos do rio Amazonas (Callède et al., 2010) é influenciada pelas condições climáticas da região, marcadas por um período chuvoso (março-maio) e período de estiagem (setembro-novembro), cujo regime de precipitação é modificado pelos eventos de El Niño/Oscilação do Sul (ENOS); La Niña/Oscilação do Sul (LNOS); e (c) Dipolo Atlântico (NAO) (Prost et al., 2017).

Esses processos provocam mudanças constantes nos ambientes costeiros e nas condições de logística e acesso, e remete a necessidade do uso dos dados de sensoriamento remoto como uma das ferramentas para o monitoramento das mudanças e que promove um encontro de informações, capaz de comunicar e dialogar os resultados dessas mudanças aos moradores da região.

Histórico do projeto OMARA

As mudanças que afetam o litoral amazônico são estudadas há mais de 30 anos (Allison et al., 1995; Silveira, 1998; Santos, 2006; Projeto A Multidisciplinary Amazon Shelf SEDiment Study - AMASSEDS (Nittrouer et al., 1991), Rede Franco-Brasileira Ecossistemas Costeiros Amazônicos - ECOLAB (1992-2015) – Prost et al. (2017), Rede Petromar (2001-2014), Projetos Piatam-Mar I e II (2002-2008) (Cunha et al., 2004), entre outros. Duas iniciativas importantes levaram a grandes avanços na compreensão dos ecossistemas costeiros amazônicos e suas mudanças: (1) a integração regional, das Guianas ao Maranhão, para melhorar nossa compreensão do funcionamento da foz do Rio Amazonas e incentivar parcerias entre grupos de pesquisa nos vários estados (Silveira et al., 2005; Nascimento Jr. et al., 2013; Prost et al., 2017; 2018; Rede ECOLAB, Projeto PROCLAM (2004-2008 - Faure et al., 2012), Projeto OSE GUYAMAPA (2012-2014 - Faure et al., 2013); (2) o uso quase sistemático do sensoriamento remoto para uma observação mais ampla e quantitativa dos fenômenos costeiros (Silveira et al., 2002; Santos et al., 2004; Santos, 2006; Polidori, 2008; Souza Filho, 2005; Batista et al., 2009; Silva et al., 2011, Santos et al., 2021; Gensac et al., 2016; Diniz et al., 2019). Esses estudos exigem expedições em condições logísticas às vezes muito difíceis (Porto, Santos e Polidori, 2021).

Os estudos e, em especial, as expedições de campo, proporcionaram aos pesquisadores inúmeras oportunidades de encontrar as populações locais e discutir sobre a estrutura e o funcionamento dos ecossistemas costeiros. Essa troca entre o conhecimento acadêmico e o conhecimento empírico, com certeza tem contribuído para a melhor compreensão de como os fenômenos naturais e antropogênicos agem nas mudanças da região. Porém, as populações ribeirinhas não eram associadas de forma explícita aos projetos de pesquisa.

Nos últimos anos, alguns projetos têm oferecido a oportunidade de trabalhar com moradores locais, como a cartografia social da região do Bailique e Beira Amazonas (região da costa da foz dos rios Pedreira e Macacoari), e o curso de introdução ao uso de dados de sensoriamento remoto para o mapeamento participativo de açais realizados com jovens do território Beira Amazonas. Ambas iniciativas foram promovidas pelo Núcleo de Desenvolvimento Territorial Sustentável da Universidade do Estado do Amapá (Gomes e Calado, 2022).

A partir desta experiência e em virtude dos desafios que as comunidades costeiras enfrentam diante das rápidas mudanças que ocorrem na região e com a janela de oportunidade da Década da Ciência Oceânica (2021-2030), foi apresentado ao Ministério de Ciência, Tecnologia e Inovação (MCTI) a proposta de implantação do Observatório Popular do Mar - OMARA, onde o Sensoriamento Remoto é integrado na perspectiva da Ciência Cidadã.

O principal objetivo do OMARA é implantar um Sistema de Observação da Foz do Amazonas, integrando sensoriamento remoto e Ciência Cidadã, a fim de analisar a vulnerabilidade costeira no âmbito das mudanças climáticas, com a coparticipação da comunidade, para a construção do conhecimento de modo coletivo, participativo e transparente, visando contribuir na formulação de políticas públicas efetivas para a costa amazônica. A proposta envolve comunidades e as escolas e faz parte das ações da Década da Ciência Oceânica (2021-2030).

Coleta de Informações Geográficas Voluntárias (IGV)

Um dos objetivos essenciais do observatório OMARA é juntar os conhecimentos científicos produzidos pela pesquisa acadêmica e os conhecimentos empíricos dos moradores, usando ferramentas de geolocalização e imagens de sensoriamento remoto para a dimensão espacial da informação. O conhecimento fornecido pelas populações locais foi desprezado por muito tempo, mas nos últimos anos têm sido levado a sério, com a implementação de Informações Geográficas Voluntárias (IGV) ou Volunteered Geographic Information

(VGI). IGV são informações sobre o ambiente físico ou social, coletadas e compartilhadas por indivíduos ou comunidades cuja localização é gerada por meio de seus próprios dispositivos de geolocalização, como telefones celulares ou dispositivos de rastreamento tipo Global Positioning Systems (GPS), com o necessário consentimento do usuário (Goodchild, 2007).

O fato dos observadores não serem profissionais e utilizarem equipamentos baratos pode levar a uma qualidade degradada dos dados, amplamente compensada por sua abundância e sua distribuição em todo o território (Senaratne et al., 2017). As IGV são frequentemente usadas por empresas e governos para melhorar o planejamento, monitorar o meio ambiente, além de contribuir à conscientização ambiental da população.

O OMARA utiliza essa metodologia para obter informações sobre os processos de intrusão salina, inundação, erosão-acreção e distribuição de manguezais ao longo do litoral como forma de vencer o gap de conhecimento na área da foz do rio Amazonas. As informações são enviadas via aplicativo para um repositório e estarão disponíveis através de um geoportal.

Papel do sensoriamento remoto

Apesar dos sensores imageadores usados nos sistemas de sensoriamento remoto serem instrumentos de medição física, o fato das medições serem organizadas na forma de imagens oferece uma informação semelhante à da visão humana e permite uma leitura intuitiva dos dados.

No caso dos instrumentos óticos funcionando na parte visível do espectro eletromagnético, o processo de aquisição das imagens é tão parecido com a visão humana, que as imagens podem ser interpretadas por pessoas sem nenhuma qualificação técnica, inclusive por crianças, que só devem se acostumar à visão de cima que não é natural (possibilidade de reconstituir cores “quase” naturais com infravermelho). A interpretação de imagens obtidas em outras partes do espectro eletromagnético, como o infravermelho ótico ou térmico, ou as micro-ondas, é obviamente mais difícil, mesmo que seja possível, até certo ponto, reconhecer a organização espacial de uma paisagem.

A leitura de uma imagem de sensoriamento remoto é, portanto, muito mais intuitiva do que a leitura de um mapa, que é carregado de símbolos e, portanto, é destinado a usuários com certa cultura técnica. Além disso, o sensor descreve o terreno como ele o vê, de forma neutra, enquanto o mapa pode ser influenciado por uma concepção tendenciosa do território representado, às vezes até com uma mensagem política, o que pode ser uma fonte de suspeita, a partir do olhar dos cidadãos, cujo território é representado por cartógrafos profissionais que eles não conhecem (Noucher e Polidori, 2020). Por esses motivos, o sensoriamento remoto é uma ferramenta poderosa para aumentar a conscientização pública. Ele ocupa um lugar central e transversal no projeto OMARA.

RESULTADOS E DISCUSSÕES

Nesse espaço apresenta-se as experiências do uso de dados de sensoriamento remoto com as comunidades rurais e seu potencial para aplicação no Observatório.

Sensoriamento remoto com produtores de açaí e público juvenil

O curso foi organizado no campus da UEAP (Macapá), destinado aos produtores tradicionais de açaí, fruta de uma palmeira muito importante na alimentação local, e seus filhos de 10 a 15 anos. Além de uma apresentação didática dos princípios do sensoriamento remoto, os participantes se dedicaram a dois exercícios práticos com projeção em datashow. O primeiro foi realizado a partir de uma navegação pelo Google Earth (possível devido a disponibilidade da internet) para observar os ambientes de vida de comunidades locais de agricultores

ou pescadores em várias regiões do mundo (África, Índia, ilhas do Pacífico, etc.), permitindo-lhes situar as suas próprias condições de vida num contexto global. O segundo momento com projeção de fotografias aéreas mostrando o território das comunidades das pessoas presentes na sala, os alunos foram convidados a apresentar as localidades frente à tela e comentar as transformações ocorridas entre uma data de aquisição anterior (2017) e a data presente (2022) (Figura 2).



FIGURA 2

Interpretação por crianças de uma comunidade de produtores de açaí, de imagens orbitais da sua região

Fonte: acervo NUTEX (2022)

Uso do sensoriamento remoto e IGV na implantação do OMARA

O sensoriamento remoto é utilizado no Observatório como forma de comunicação e coleta de informações sobre as mudanças que ocorrem no litoral amazônico a partir do uso de geoindicadores (Berger et al., 1997) de: mudança da posição da linha de costa (erosão-acreção); mudança na qualidade de água (intrusão salina); mudança do nível de água; e expansão de manguezais. Todos os indicadores podem marcar, a longo prazo, a evolução do aumento do nível médio relativo do mar. São informações importantes que marcam a vulnerabilidade costeira natural e social e capazes de fornecer bases para mitigação dos efeitos do aumento do nível do mar sobre as populações costeiras.

Para a mobilidade da linha de costa é utilizado como marcador o limite da vegetação com as zonas de intermarés sem vegetação (marcador facilmente reconhecido em dados de sensores remotos nas mais variadas escalas de observação). O marcador é mapeado utilizando técnicas de processamento de imagens em nuvens (método C.A.S.S.I.E - Google Earth Engine - Almeida et al., 2021). O resultado será validado em campo pelos voluntários a partir de medições das taxas in loco pelo método estadia e de monitoramento da linha de costa utilizando a ferramenta CoastSnap (Harley e Kinsela, 2022). Essa ferramenta utilizada para monitoramento de praias é adaptada no observatório para o monitoramento da erosão-acreção.

A intrusão salina será monitorada a partir de medições de salinidade em campo, comparada com propriedades óticas de dados de satélite.

O monitoramento de inundação é feito a partir de réguas limnimétricas devidamente georreferenciadas em campo. As informações são correlacionadas com as massas de águas mapeadas por dados de radar.

Para os manguezais, as fotografias georreferenciadas são tomadas por celulares e permitem reconhecer a distribuição espacial dos manguezais ao longo da costa. Distribuição das espécies podem também ser

reconhecidas. A longo prazo esta informação permitirá verificar a migração desse ecossistema evidenciando ou não os efeitos do aumento do nível do mar.

Para o envio das informações um aplicativo está em desenvolvimento que deverá estar acessível aos voluntários para envio da planilha de dados (medição dos recuos da linha de costa, nível de inundação e valores de salinidade), e das fotografias georreferenciadas em estações fixas (erosão-acreção) e pontos de oportunidade para a distribuição dos manguezais.

Os cidadãos de uma forma geral são capacitados em oficinas comunitárias sobre o uso dos dados de sensoriamento no OMARA. Os voluntários capacitados poderão comparar as medições em campo com as medições feitas por dados de satélites através do aplicativo e geoportais do observatório. Essas ferramentas permitirão ao cidadão ver os resultados de seu engajamento e as informações ficarão em domínio público.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

O OMARA traz em seu conceito a aproximação da ciência e sociedade onde o sensoriamento possui um papel importante na comunicação e na observação das mudanças na região costeira amazônica. Aproximação essa testada de forma esporádica em outros projetos executados no passado e que será aprimorada na implementação do observatório.

As atividades do observatório serão um catalisador para difundir o uso de dados de sensoriamento remotos para observações de mudanças costeiras, mas também para criar um letramento de cidadãos no uso das informações espaciais. As ações permitem ainda traçar uma linha de base inicial de como fenômenos associados às mudanças climáticas impactarão a população costeira.

Por fim, as ações do observatório também têm a capacidade de propiciar um aumento na qualidade da educação de jovens e adultos em comunidades rurais e uma aproximação das comunidades costeiras com a Ciência.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS (ANA). *Manual de usos consultivos da água no Brasil*. Brasília: ANA, 2019.
- ALLISON, M. A.; NITTROUER, C. A.; FARIA, L. E. C. Rates and mechanisms of shoreface progradation and retreat downdrift of the Amazon river mouth. *Marine Geology*, v. 125: p. 373–392, 1995.
- ALMEIDA, L. P.; OLIVEIRA, I. E.; LYRA, R.; DAZZI, R. L. S.; MARTINS, V. G.; KLEIN, A. H. F. Coastal Analyst System from Space Imagery Engine (CASSIE): Shoreline management module. *Environmental Modelling & Software*, v. 140, 2021.
- BATISTA, E. M., SOUZA-FILHO: P. W.; SILVEIRA, O. F. M. Avaliação de áreas deposicionais e erosivas em cabos lamosos da zona costeira amazônica através da análise multitemporal de imagens de sensores remotos. *Revista Brasileira de Geofísica*, v. 27, supl. 1, p. 83-96. 2009.
- BERGER, A. R. Assessing rapid environmental change using geoindicators. *Environmental Geology*, v.32, n.1, 1997.
- CALLÈDE, J.; COCHONNEAU, G.; ALVES, F. V.; GUYOT, J.-L.; GUIMARÃES, V. S.; DE OLIVEIRA, E. Les apports en eau de l'Amazone à l'Océan Atlantique. *Revue des Sciences de l'eau*, v. 23, n. 3, 2010.
- COLEMAN, J. D.; GEORGIADOU, Y.; LABONTE, J. Volunteered Geographic Information: the nature and motivation of producers. *International Journal of Spatial Data Infrastructures Research*, v. 4, p. 322-358, 2009.
- CUNHA, M.; ALMEIDA, M. Populações tradicionais e conservação ambiental. In: CAPOBIANCO, J. et al. (orgs.). *Biodiversidade na Amazônia: avaliação e ações prioritárias para a conservação, uso sustentável e repartição de benefícios*. São Paulo: Estação Liberdade/Instituto Socioambiental, 2001.
- CUNHA, E. R. S. P.; S. FILHO, P. W. M.; MIRANDA, F. P.; SALES, M. E. C.; LANDAU, L. O projeto Piatam Mar I e a gestão ambiental e social da zona costeira amazônica. *Rio Oil & Gas Expo and Conference*. 2004.

- DINIZ, C.; CORTINHAS, L.; NERINO, G.; RODRIGUES, J.; SADECK, L.; ADAMI, M.; SOUZA-FILHO, P.W.M. Brazilian mangrove status: three decades of satellite data analysis. *Remote Sensing*, v. 11, n. 808, 2019.
- ESRI. Imagem de satélite da ESRI. ESRI Imagery. <https://www.esri.com/en-us/arcgis/products/satellite-imagery>.
- FAURE, J. *et al.* Regional monitoring of Amazonia's coastal ecosystems: landcover dynamics analysis using extensive high resolution optical data sets. In: First International Workshop on Temporal Analysis of Satellite Images, 2012, Mykonos Island, Greece. Abstract Book [...]. Sweden: EARSEL, p. 123-123. 2012.
- FAURE, J. *et al.* Remote sensing applications in direct receiving Spot 5 conditions for cross-border amazonian coastal monitoring and natural resources assessments: the French - Brazilian GUYAMAPA Initiative. In: 6th EARSeL Workshop on Remote Sensing of the Coastal Zone, 2013, Matera. Abstract Book of 6th EARSeL Workshop on Remote Sensing of the Coastal Zone. Italy: EARSEL. v. CZ. p. 68-69. 2013.
- GEBCO Compilation Group. The International Bathymetric Chart of the arctic Ocean. GEBCO 2022 Grid. Retirado de <http://www.gebco.net>.
- GENSAC, E.; MARTINEZ, J.-M.; VANTREPOTTE, V.; ANTHONY, E.J. Seasonal and inter-annual dynamics of suspended sediment at the mouth of the Amazon river: the role of continental and oceanic forcing, and implications for coastal geomorphology and mud bank formation. *Cont. Shelf Res.* v.118, p.49–62, 2016.
- GOMES, R. K. S.; CALADO, J. F. *Rio de saberes: vivências de populações tradicionais na construção de seus territórios de vida na Amazônia Oriental-Amapá*. Curitiba: CRV Ltda, 2022. 148 p. ISBN Físico: 978-65-251-3137-5.
- GOODCHILD, M.F. Citizens as sensors: the world of volunteered geography. *Geo Journal*, v. 69, n. 4, p. 211–221, 2007.
- HARLEY, M.D.; KINSELA, M. CoastSnap: a global citizen science program to monitor changing coastlines. *Continental Shelf Research*, v. 245, 104795, 2022.
- INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. *Organização Territorial - Malha Municipal*. 2022. Disponível em: <<https://www.ibge.gov.br/geociencias/organizacao-do-territorio/malhas-territoriais/15774-malhas.html>>. Acesso em: 07/2023.
- JIMENEZ, E. A.; AMARAL, M. T.; SOUZA, P. L.; COSTA, M. N. F.; LIRA, A. S.; FRÉDOU, F. L. Value chain dynamics and the socioeconomic drivers of small-scale fisheries on the Amazon coast: a case study in the state of Amapa, Brazil. *Marine Policy*. v. 115, 2020.
- KOSUTH, P.; CALLÈDE, J.; LARAQUE, A.; FILIZOLA, N.; GUYOT, J.L.; SEYLER, P.; FRITSCH, J.M.; GUIMARÃES, V. Sea-tide effects on flows in the lower reaches of the Amazon River. *Hydrological Processes*. v. 23, p. 3141–3150, 2009.
- MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE. *Áreas protegidas - dados georreferenciados*. 2020. Disponível em: <<https://antigo.mma.gov.br/areas-protegidas/cadastro-nacional-de-ucs/dados-georreferenciados.html>>. Acesso em: 05/2020.
- MORET, A.; NOGUEIRA, M. A fronteira brasileira no século XXI: configurações sócio-territoriais da Amazônia e do Cerrado. *Revista Sapiência: Sociedade, Saberes e Práticas Educacionais*. v.9, n.2, p.18-41, 2020.
- NASCIMENTO JR, W.R.; SOUZA-FILHO, P.W.M.; PROISY, C.; LUCAS, R.M.; ROSENQVIST, A. Mapping changes in the largest continuous Amazonian mangrove belt using object-based classification of multisensor satellite imagery. *Estuarine, Coastal and Shelf Scienc.* v. 117, p. 83–93, 2013.
- NEUMANN, B.; VAFEIDIS, A.T.; ZIMMERMANN, J.; NICHOLLS, R.J. Future coastal population growth and exposure to sea-level rise and coastal flooding - a global assessment. *PloS one*. 10. 2015.
- NOUCHER, M.; POLIDORI, L. *Atlas Critique de la Guyane*. Paris: CNRS Editions, 2020. 1 atlas.
- NEGRÃO, Y. DE S.; SOUSA, H.C.; RANIERI, L.A. Vulnerabilidade à erosão costeira em praias amazônicas e a ocupação populacional em áreas de riscos. *Revista Brasileira de Geomorfologia*, v. 23, n. 2, p. 1264–1284. 2022.
- NITTROUER, C.A.; DEMASTER, D.J.; FIGUEIREDO, A.G.; RINE, J.M. AmasSeds: an interdisciplinary investigation of a complex coastal environment. *Oceanography*. v. 4, n. 1, p. 3-7, 1991.

- PEREIRA, B. E.; DIEGUES, A. C. Conhecimento de populações tradicionais como possibilidade de conservação da natureza: uma reflexão sobre a perspectiva da etnoconservação. *Desenvolvimento e Meio Ambiente*, n. 22, p. 37-50, 2010.
- PORTO, J.; SANTOS, V.F.; POLIDORI, L. *Entre rotas e caminhos: até onde o rio-mar e o mar alcança o rio*. Macapá: IEPA. 2021. 129 p. ISBN: 978-85-87794-33-8.
- PROST, M. T. R. C.; FAURE, J-F.; CHARRON, C.; BORGES, H.V.; SANTOS, V. F.; MENDES, A.C.; GARDEL, A. L'embouchure de l'Amazone, macro-frontière géomorphologique : enseignements de 30 années de recherches franco-brésiliennes sur les systèmes côtiers amazoniens (1e. partie). *Confins*. v. 33. 2017.
- PROST, M. T. R. C.; FAURE, J-F.; CHARRON, C.; BORGES, H.V.; SANTOS, V. F.; MENDES, A.C.; GARDEL, A. L'embouchure de l'Amazone, macro-frontière géomorphologique : enseignements de 30 années de recherches franco-brésiliennes sur les systèmes côtiers amazoniens (2e. partie). *Confins*. v. 34. 2018.
- POLIDORI, L. Remote sensing and coastal ecosystem monitoring in French Guiana: research and achievements over a decade. *International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*. v. 37. p. 627-631, 2008.
- SAATCHI, S.; MASCARO, J.; XU, L.; KELLER, M.; YANG, Y.; DUFFY, P.; ESPÍRITO-SANTO, F.; BACCINI, A.; CHAMBERS, J.; SCHIMMEL, D. Seeing the forest beyond the trees. *Global Ecology and Biogeography*. v. 24, p. 606-610, 2015.
- SANTOS, V. F. *Ambientes costeiros amazônicos: avaliação de modificações por sensoriamento remoto*. Niterói: CPGGM, UFF/IGEO, 2006. 306 p.
- SANTOS, V. F.; ANDRADE, A. C. S.; SILVEIRA, O. F. M.; MARTINS, M. H. A.; CARVALHO, F. P. Dinâmica geomorfológica do setor costeiro estuarino. In: SANTOS, V. F.; FIGUEIRA, Z.R. *Zoneamento Ecológico-Econômico do Setor Costeiro Estuarino: Fase Diagnóstico Socioambiental*. Macapá: IEPA/GERCO, 2004.
- SANTOS, V. F.; FIGUEIREDO, A. G., SILVEIRA, O. F. M., POLIDORI, L.; OLIVEIRA, D. M., DIAS, M. B., MARTINS, M. H. A., SANTANA, L. O. Processos sedimentares em áreas de Macromarés influenciados pela pororoca - estuário do rio Araguari-Amapá-Brasil. In. *Anais do X CONGRESSO ABEQUA*, 2005, Guarapari. Disponível em: CDRom do X Congresso ABEQUA. Guarapari-ES: ABEQUA, 2005.
- SANTOS, V. F.; NOBRE-Jr.; B.B.; SOUZA, F.M.; SILVA, L.M.A. Amapá: um estado costeiro - reflexões sobre vulnerabilidades, riscos e adaptações a mudanças climáticas. In: PORTO, J. (org). *Encontros e Percepções Geográficas: Diálogos e Provocações*. Maringá: Têmpora Criativa, 2022. 50p.
- SANTOS, V. F.; MENDES, A.C.; SILVEIRA, O. F. M.; PROST, C. JIMENEZ, E. A.; TAKIYAMA, L. R.; FIGUEIRA, Z. R.; FACUNDES, F. S.; SANTANA, L. O.; PEREIRA, R. A.; MIRANDA, A.G. O.; COSTA NETO, S. V.; PETRI, M.; NEVES, D. G.; ROLLNIC, M.; AGUIAR, K. M. O.; SILVA, B. D.; LIMA, N. R. E. ;LEES, A. C.; VIEIRA, I. M.; LIMA, D. S.; SOUSA, M. E. M.; FERREIRA, D. S. S.; BRAGA, C. F.; LIMA, J. D.; et al. *Atlas de Sensibilidade Ambiental ao Óleo da Bacia Marítima da Foz do Amazonas*. Macapá, 2016.
- SANTOS, V.F.; FUNI, C.; FAURE, J-F.; COSTA NETO, S.V.; FACUNDES, F.S.; FIGUEIRA, Z.R.; OLIVEIRA JUNIOR, M. Acervos cartográficos no IEPA: 25 anos de reconhecimento do espaço amapaense / cartographic collections in iepa: 25 years of recognizing of the amapa state. In: CANTUÁRIA, P.C.; GAMA, C.S.; LEITE, L.F.S.C. *Coleções Científicas do Amapá: Arqueologia, Cartografia e Geologia*. Macapá: IEPA. vol. 2, 2021.
- SENARATNE, H.; MOBASHERIB, A.; ALIC, A.L.; CAPINERIE, C.; HAKLAYF, M.A. Review of volunteered geographic information quality assessment methods. *International Journal of Geographical Information Science*. v. 31, p. 139-167, 2017.
- SIEBER, R.; HAKLAY, M. The epistemology(s) of volunteered geographic information: a critique. *Geo: Geography and Environment*. v.2, p.122-136, 2015.
- SILVA, M.; SANTOS, V.; SILVEIRA, O. Análise multitemporal de mudanças nas ilhas costeiras do estado do Amapá aplicando dados de sensores remotos. In: XV Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, 2011, Curitiba. *Anais...* Curitiba: INPE, 2011. p 8614-8622.
- SILVA JÚNIOR, O.; SZLAFSZTEIN, C.; BAIA, M. Gestão de riscos de desastres no arquipélago do Bailique, foz do rio Amazonas, Amapá, Brasil. *Ensino de Geografia e Redução de Riscos*. Bauru: AGB, p. 674-696, 2022.

- SILVEIRA, O.F.M. *A planície costeira do Amapá. dinâmica de ambiente influenciado por grandes fontes fluviais quaternárias*. Belém: UFPA/CG, 1998. 215 p.
- SILVEIRA, O. F. M.; SANTOS, V. F.; MARTINS, M. H. A.; MONTEIRO, C. J. Dinâmica morfológica na foz do rio Amazonas através de análise multitemporal de imagens de satélite. In: VI Workshop ECOLAB - Ecossistemas Costeiros Amazônicos, 2002, Belém. *Anais...* Belém: MPEG, 2002.
- SILVEIRA, O.F.M.; CHARRON, C.; TIMOUK, F.; PANECHOU, K.; POLIDORI, L.; GALISSON, L.; SANTOS, V.F. Testes videográficos no estado do Amapá: cooperação franco-brasileira. *Boletim Museu Paraense Emílio Goeldi, série Ciências Naturais*. v. 1, n. 1, p. 177-183, 2005.
- Souza Filho, P.W.M. Costa de manguezais de macromaré da Amazônia: Cenários morfológicos, mapeamento e quantificação de áreas usando dados de sensores remotos. *Revista Brasileira de Geofísica*. v. 23, p. 427–435, 2005.
- SOUZA FILHO, P. W.; PROST, M.T.R.C.; MIRANDA, F.; SALES, E.C.S.; BORGES, H.V.; COSTA, F. R.; ALMEIDA, E.F.; NASCIMENTO JR.; W. Environmental sensitivity Index (ESI) mapping of oil spill in the Amazon coastal zone: The PIATAM mar Project. *Brazilian Journal of Geophysics*. v. 27, p. 7-22, 2009.
- SUN, D.; LI, Y.; WANG, Q.; GAO, J.; LE, C.; HUANG, C.; GONG, S. Hyperspectral remote sensing of the pigment c-phycoyanin in turbid inland waters, based on optical classification. *IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing*. v. 51, n. 7, p. 3871-3884, 2013.
- TEJADA, G.; GÖRGENS, E.B.; ESPÍRITO-SANTO, F.D.B.; CANTINHO, R.Z.; OMETTO, J.P. Evaluating spatial coverage of data on the aboveground biomass in undisturbed forests in the Brazilian Amazon. *Carbon Balance and Management*. v. 14, n.11. 2019.