

ANÁLISE DA PRECIPITAÇÃO E REGIME HIDROLÓGICO NA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO OIAPOQUE, 1998/2019, AMAPÁ/BRASIL

PRECIPITATION ANALYSIS AND HYDROLOGICAL REGIME IN THE OIAPOQUE RIVER BASIN, 1998/2019, AMAPÁ/BRAZIL

ANÁLISIS DE PRECIPITACIÓN Y RÉGIMEN HIDROLÓGICO EN LA CUENCA HIDROGRÁFICA DEL RÍO OIAPOQUE, 1998/2019, AMAPÁ/BRASIL

Severino Pereira Mancio Filho¹

José Mauro Palhares²

Valdenira Ferreira dos Santos³

RESUMO: Os aspectos da precipitação na Amazônia e no Amapá têm influência no ciclo hidrológico. É um fator primordial para a vazão da bacia hidrográfica. Neste sentido, a pesquisa teve como objetivo analisar as características da precipitação e sua influência na vazão na bacia hidrográfica do rio Oiaoque. Desse modo foram utilizados uma série de 1981 até 2019 de dados de vazão e precipitação, os dados foram tratados estatisticamente utilizando métodos estatísticos. Concluiu-se que a precipitação total anual é superior a 4.000mm, o fluxo hídrico da bacia do rio, o aumento na precipitação aumenta o volume da vazão e as cotas se elevam. Os resultados da correlação mostraram boa concordância das variantes. As medições de precipitação e vazão estão ligadas ao deslocamento da ZCIT e com o El Niño e La Niña. O entendimento destes fatores em uma bacia hidrográfica é muito importante, por auxiliar na gestão dos recursos hídricos.

Palavras-chave: Bacia hidrográfica. Precipitação. Variabilidade Climática.

ABSTRACT: The aspects of precipitation in the Amazon and Amapá have an influence on the hydrological cycle. It is a key factor for the flow of the watershed. In this sense, the research aimed to analyze the characteristics of precipitation and its influence on the flow in the hydrographic basin of the Oiaoque River. Thus, a series of flow and precipitation

1 Professor do Governo do Estado do Amapá e Pesquisador colaborador no Instituto de Pesquisas Científicas Tecnológicas do Amapá – IEPA. ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4231-6647>. E-mail: manciofilho@gmail.com.

2 Professor do Curso de Geografia e do Programa de Pós-Graduação em Geografia, Universidade Federal do Amapá. ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9311-1049>. E-mail: jmpalhares@gmail.com.

3 Pesquisadora no Instituto de Pesquisas Científicas Tecnológicas do Amapá – IEPA. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5038-4191>. E-mail: valdenirafferreira@gmail.com.

data were used from 1981 to 2019, and the data were statistically treated using statistical methods. It was concluded that the total annual precipitation is greater than 4,000mm, the water flow of the river basin, the increase in precipitation increases the flow volume and the quotas increase. The correlation results showed good agreement of the variants. Precipitation and flow measurements are linked to the displacement of the ITH and with El Niño and La Niña. The understanding of these factors in a hydrographic basin is very important, because it assists in the management of water resources.

Keywords: Watershed. Precipitation. Climate Variability.

RESUMEN: Los aspectos de la precipitación en la Amazonía y Amapá tienen influencia en el ciclo hidrológico. Es un factor clave para el caudal de la cuenca. En ese sentido, la investigación tuvo como objetivo analizar las características de la precipitación y su influencia en el caudal en la cuenca del río Oiapoque. De esta forma, se utilizaron una serie de datos de caudal y precipitación desde 1981 hasta 2019, los datos fueron tratados estadísticamente mediante métodos estadísticos. Se concluyó que la precipitación total anual es mayor a 4.000mm, el caudal de agua de la cuenca del río, el aumento de la precipitación aumenta el volumen del caudal y se elevan las cuotas. Los resultados de la correlación mostraron una buena concordancia de las variantes. Las mediciones de precipitación y caudal están vinculadas al desplazamiento de la ZCIT y con El Niño y La Niña. Comprender estos factores en una cuenca es muy importante, ya que ayuda en la gestión de los recursos hídricos.

Palabras clave: Cuenca. Precipitación. Variabilidad Climática.

INTRODUÇÃO

A realização desta pesquisa é fruto da necessidade de uma análise da variabilidade da precipitação na bacia do rio Oiapoque, por meio dos dados de estações meteorológicas, e a sua relação com os processos fluviais.

A definição de precipitação é abordada por diversos estudos do clima. Para Ayoade (1996), é qualquer deposição em forma líquida ou sólida e derivada da atmosfera. Soares e Batista (2004) salientam que a precipitação é o resultado de um estado avançado de condensação sob forma de gotas.

Os aspectos da precipitação têm influência do ciclo hidrológico que de forma tem sua origem nos processos de evaporação das águas, formação de nuvens, transporte das mesmas pelos ventos, e posteriormente a precipitação de forma sólida ou líquida.

De acordo com Santos (2006) com a interação resultante dos fatores climáticos da Zona de Convergência Intertropical (ZCIT) e ocorrência do fenômeno El-Niño-Southern Oscillation (ENSO), a região equatorial apresenta períodos chuvosos e menos chuvosos que ocorrem ao longo do ano, apresentando variações anuais, interanuais e decenais, de acordo com os fenômenos associados.

Com isso, o estudo dos padrões sazonais das chuvas e as estimativas de precipitação são indispensáveis para uma série de aplicações, entre as quais o apoio ao entendimento dos mais variados regimes de chuva, a compreensão do ciclo hidrológico e aos estudos climatológicos e meteorológicos. Além disso, estimativas de precipitação são fundamentais para o planejamento estratégico não só dos recursos hídricos, mas também de todas as atividades que fazem uso desses recursos (ANGELIS, 2006).

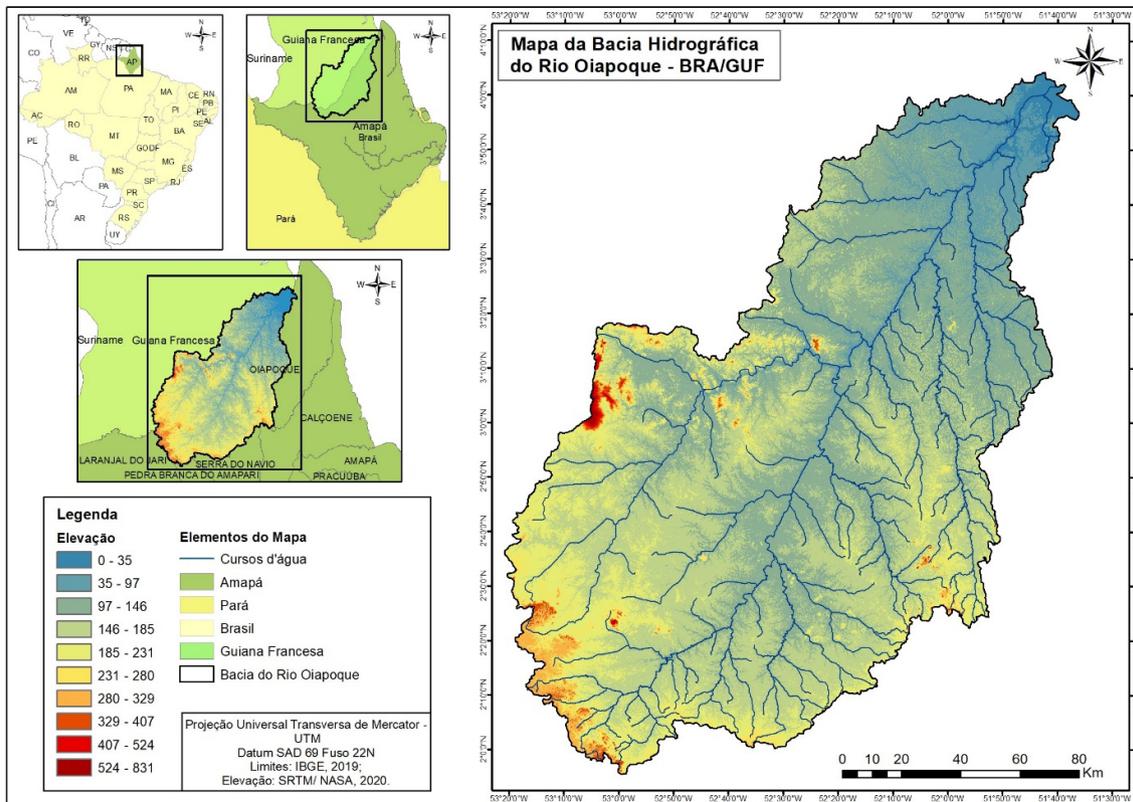
Os estuários na região costeira norte brasileira, principalmente a norte do estado do Amapá fronteira com a Guiana Francesa, estão localizados em uma região sujeita a fenômenos atmosféricos de larga escala associados a presença da Zona de Convergência Intertropical - ZCIT, influência do El Niño e La Niña, a Corrente Costeira Norte Brasileira e o Sistema de Dispersão do rio Amazonas.

Dado a isto este trabalho objetiva fazer análise da variabilidade da precipitação e relacionar com as informações da vazão na bacia hidrográfica do rio Oiapoque, norte do Brasil, no período entre 1981 a 2019. Assim, correlacionar a variabilidade climática com eventos climáticos da Zona de Convergência Intertropical e eventos ENOS.

Para isso serão utilizados os dados de precipitação pluviométrica da estação meteorológica presente no município de Oiapoque e Guiana Francesa juntamente com os dados fluviométricos. Os dados foram tratados de forma a compreender as distribuições temporal e espacial das chuvas considerando a sazonalidade e os efeitos de eventos extremos que podem afetar a vazão e conseqüentemente a descarga estuarina podendo refletir nos padrões de erosão e deposição.

LOCALIZAÇÃO E CARACTERIZAÇÃO

Para o estudo foi escolhida a bacia hidrográfica do rio Oiapoque localizada no extremo norte do estado Amapá, esta bacia recobre grande parte do município de Oiapoque, área de fronteira com a Guiana Francesa, departamento ultra marino da França, inserida na região hidrográfica amazônica, ela é delimitada pelas coordenadas geográficas 1° 50' N a 4° 10' N de latitude e 53°20' W a 51°30' W de longitude.



Fonte: Adaptado a partir de IBGE (2020); SEMA/AP (2018).

Figura 1. Localização da bacia hidrográfica do rio Oiapoque.

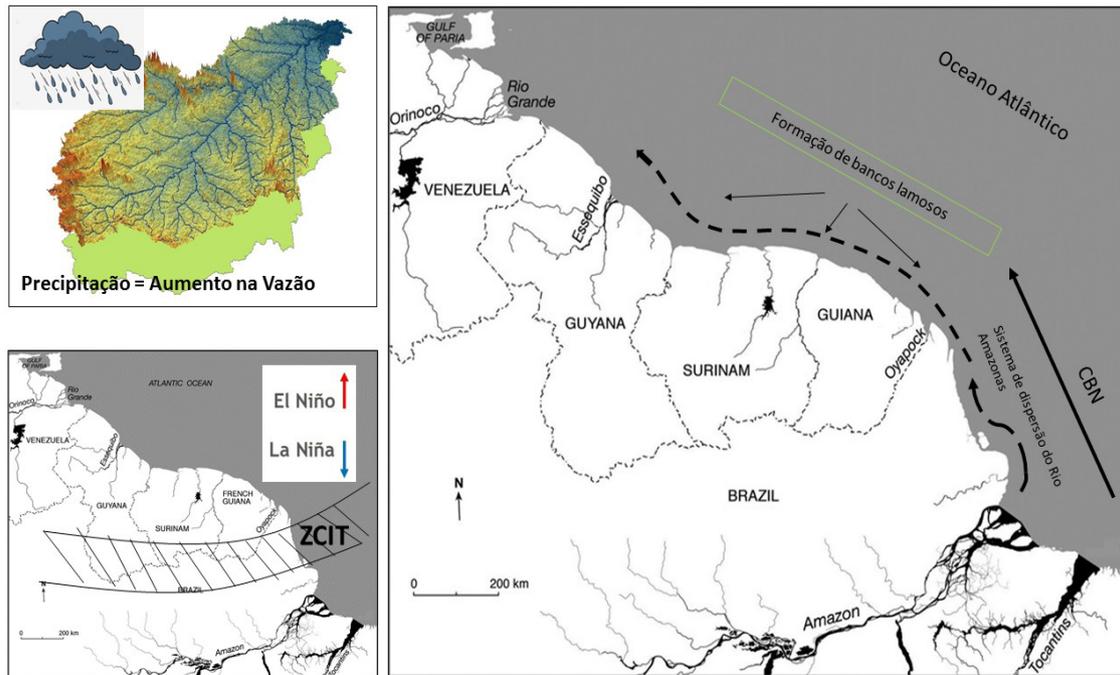
Meio Físico

A região amazônica é caracterizada por um grande volume de chuva, o período de maior intensidade de chuvas na região associada ao estado do Amapá são os meses de março a maio, com volumes que chegam em média a 400 mm ao mês e, o período de menor intensidade pluviométrica compreende os meses de setembro a novembro, apresentando uma média de 50 mm. As temperaturas médias anuais de 26°C, variando para 24°C na parte oeste e até maiores ao longo do baixo Amazonas (INMET, 2013).

Segundo Ferreira (2008), a Zona de Convergência Intertropical (ZCIT) tem influência determinante nos altos valores de precipitação na região de estudo, pelo seu deslocamento nos meses de março e abril de 1° grau de latitude Sul e movendo-se cerca de 8° grau de latitude norte entre agosto e setembro em que os valores de precipitação são menores. O autor destaca que a oscilação de *Madden-Julian* é outro fator dinâmico de grande escala que tem influência nos padrões pluviométricos da região amazônica, atuando dentro da escala intrasazonal constituindo um fenômeno de baixa frequência com duração de cerca de 30 a 60 dias, que influencia diretamente na precipitação da região.

O estuário do rio Oiapoque segundo Allison et al. (1994), junto com os estuários dos rios Uaçá e Cassiporé estão localizados em uma zona transicional entre um setor costeiro erosional e uma costa deposicional que se inflêta para noroeste formando os

maiores bancos lamosos do mundo que migram em direção a costa da Venezuela (WELLS; COLEMAN, 1978) como mostra as setas na Figura 2. Como a planície costeira do Suriname que faz parte de uma extensa planície entre o rio Amazonas e o rio Orinoco que começou a se desenvolver cerca de 6.000 anos atrás onde grandes bancos de lama anexados a costa migram continuamente para o oeste influenciados pela Corrente Norte Brasileira (AUGUSTINUS et al., 1989).



Fonte: Elaborado por MANCIO FILHO (2020). Adaptado de ANTHONY et al. (2013); AUGUSTINUS et al. (1989); ALLISON et al. (1994); DUARTE (2009); MARENGO et al. (1998); RONCHAIL et al. (2005); SANTOS (2006); WELLS (1978).

Figura 2. Conexões dos processos na bacia hidrográfica e costa Amazônica com o clima.

Por estar na maior área de atuação da ZCIT, influência do ENSO, sofre fortes influência da temperatura, circulação atmosférica, a região apresenta altas taxas de precipitação, concentradas entre os meses de dezembro e abril, com valores hídricos anuais atingindo cerca de 4.000 mm ao norte da costa do Amapá (SILVA; PORTELA, 2006). Esta variabilidade climática influencia as descargas hídricas. Ainda a sua localização geográfica de latitudes baixas, cerca de 2°N, e sofre influência dos aspectos hídricos da foz do Amazonas e da Corrente Equatorial Sul (ramo norte), na qual este regula o direcionamento do sistema de dispersão (OLIVEIRA et al., 2007) e as taxas de deposição, erosão e transporte, mudando a morfologia da zona costeira.

A área de estudo situa-se na região equatorial e possui um clima quente úmido com a existência de duas estações bem distintas: uma seca (setembro a novembro) e uma chuvosa (fevereiro a maio) com altos índices de precipitação.

A abrangência da bacia hidrográfica do rio Oiapoque apresenta uma área com cobertura vegetal diversificada, tendo parte floresta de terra firme na porção interna do seu território

(IBGE, 2012). No litoral na porção que compreende a costa oceânica da Guiana Francesa e brasileira caracterizam-se estreitas franjas de manguezais (SANTOS et al., 2016).

O relevo da bacia hidrográfica do Rio Oiapoque se estende por dois países, Brasil (estado do Amapá) e Guiana Francesa (Distrito de Cayenne). Segundo Boaventura e Narita (1974), o relevo do estado do Amapá está classificado em cinco unidades morfoestruturais:

- I. Planície Costeira;
- II. Planalto Rebaixado da Amazônia;
- III. Planalto da Bacia do Amazonas;
- IV. Planalto Dissecado Araguari-Jari
- V. Planalto Dissecado do Norte do Amapá

A unidade morfoestrutural que abrange a área de estudo corresponde ao Planalto Dissecado do Norte do Amapá esculpido nas litologias do núcleo Arqueano Oiapoque (LIMA et al. 1991). O Arqueano teve sua formação geológica no período pré-cambriano, ou seja, é uma tipologia de relevo muito antigo com isso é lá que estão as maiores altitudes do estado. Devido a estas características, essa unidade morfoestrutural abriga grande parte das jazidas minerais do Estado do Amapá.

Na porção mais ao norte tem a formação de planície costeira, que corresponde à faixa de ocorrência de sedimentos quaternários, de ambiências fluvial, flúvio-lacustre e flúvio-marinha (SILVEIRA; SANTOS, 2006).

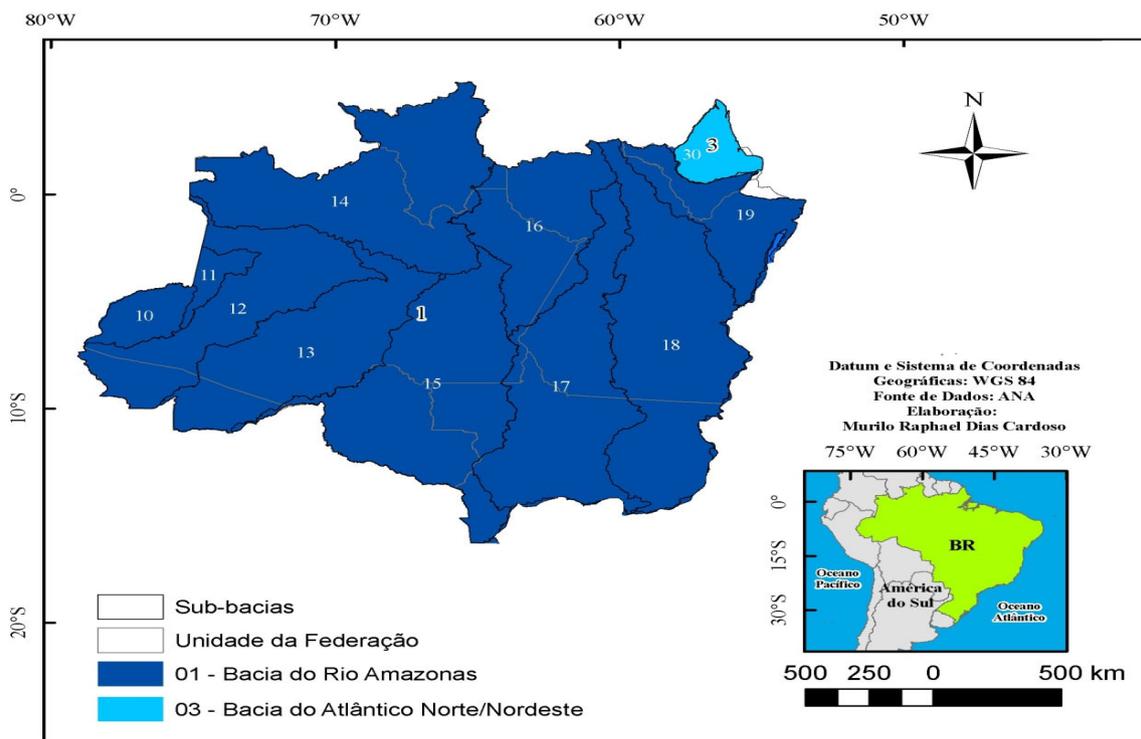
Na porção que abrange a Guiana Francesa a formação geológica pertence ao Escudo das Guianas, um vasto conjunto geológico limitado ao norte pelo Oceano Atlântico e ao sul pela Bacia Amazônica. As rochas pertencentes ao Escudo, mais de 90%, são datadas do Paleoproterozóico, formados há cerca de 2,2 bilhões de anos e estão ligados à inauguração de um oceano que separou os escudos arqueanos da Amazônia e da África Ocidental (ROIG; MOISAN, 2011).

O Escudo das Guianas, recobre uma área 1,5 milhão de quilômetros quadrados, aproximadamente, se estende para países como Venezuela, Guiana, Suriname, Guiana e Brasil. Onde o vetor de formação do escudo está ligado aos eventos geodinâmicos relacionados ao Arqueano e Mesoproterozóico (THÉVENIAUT; DELOR, 2003).

Devido a estas características geológicas o relevo da Guiana Francesa é marcado por planaltos com elevações pequenas e médias, e montanhas isoladas com 800 metros de elevação como o Maciço Inini-Camopi e central (PAGET, 1999), vales comuns, planaltos e encostas (GUITET et al., 2013). Contudo dentro destes segmentos elaborado por Paget e Guitet et al., também se encontram tabuleiros, relevos residuais, planícies com relevos residuais descritos por Bugnicourt et al., (2018) em estudo usando análise textural para mapeamento de relevo e paisagem regional, Escudo das Guianas Orientais.

Estas formações geológicas e geomorfológicas implicam em um relevo dissecado pela rede hidrográfica, uma paisagem característica para a bacia hidrográfica do rio Oiapoque, tais como o afloramento rochoso ao longo do rio e algumas corredeiras ocasionais pela formação geológicas existente no seu alto curso, na direção das suas nascentes, e no baixo curso, direção da sua foz (IBGE, 1964; PALHARES; GUERRA, 2016).

A área de estudo consiste em uma área de fronteira entre dois países (Brasil e Guiana Francesa), na porção estrangeira a região possui uma variedade de bacias hidrográficas, bacia Maroni, Appouague, Oiapoque e bacias Costeiras (MINISTÈRE DE L'ÉCOLOGIE, DU DÉVELOPPEMENT DURABLE ET DE L'ÉNERGIE, DEAL-Guyanne, 2012). No Amapá (Brasil) a BHRO pertence a bacia amazônica, uma das maiores da América Latina, e a mais extensa rede hidrográfica do planeta (ANA, 2011). A bacia Amazônica é constituída pela bacia hidrográfica do rio Amazonas, pela bacia do Atlântico Norte/Nordeste (Figura 3), segundo a resolução nº 32/2003 do Conselho Nacional de Recursos Hídricos (CNRH), a bacia hidrográfica amazônica ocupa uma área total da ordem de 6.110.000 km², desde suas nascentes nos Andes Peruanos até sua foz no oceano Atlântico (ANA, 2011).



Fonte: ANA (2011).

Figura 3. Mapa da Região hidrográfica Amazônica e Sub-bacias.

A região amazônica apresenta grande potencial hídrico, os seus rios principais são navegáveis e de importância econômica, estes ligam diversos centros urbanos na região. De acordo com a Agência Nacional de Transportes Aquaviários (ANTAQ) e, com base no Plano Nacional de Integração Hidroviária, a bacia amazônica movimenta um grande fluxo de produtos, os principais são: minério de ferro, produtos de exploração florestal, carga geral, minerais metálicos não-ferrosos, petróleo e gás natural (ANTAQ, 2013).

Integrando a bacia do Atlântico Norte, o rio Oiapoque apresenta um fluxo de mercadorias e trânsito constante de embarcações que fazem trajetos entre Brasil e a Guiana Francesa. A bacia desagua diretamente no oceano Atlântico. O rio Oiapoque

tem suas nascentes na porção oeste do estado do Amapá, no interior do Parque Nacional Montanhas do Tumucumaque, tem direção sentido sul – norte, com uma área de 15.000 km² na porção brasileira (SEMA, 2004).

Esta bacia hidrográfica tem como principais afluentes do lado brasileiro, o rio Curipi, Cricou, Anotaié, Marupi, Lauê, Mutura, e da porção da Guiana Francesa possui uma área de 17.000 km², os principais rios são Camopi e Yaloupi.

Isto demonstra o quão importante papel o rio Oiapoque tem na dinâmica econômica da região, tanto no sentido no transporte de mercadorias quanto do transporte de pessoas. Dado a isto, é de grande importância o conhecimento dos rios que fazem parte da sua dinâmica fluvial.

Socioeconomia

Os aspectos socioeconômicos compreendem em sua grande parte o município de Oiapoque na porção brasileira e na porção francesa a maior concentração populacional está nas cidades de Saint George e Camopi.

Segundo os dados do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), o município de Oiapoque tem uma população estimada para 2020 em 27.906 habitantes (IBGE, 2010), apresentou um PIB per capita de 15.462 reais em 2017, data da última pesquisa feita. Na Guiana Francesa, a cidade de Saint George possui uma população de 4.020 habitantes e Camopi com 1.769 habitantes (Tabela 1).

Tabela 1. Características populacionais dos municípios que compõe a bacia do rio Oiapoque.

Município	Área (km ²)	População				Densidade (hab/km ²)
		1991	2000	2010	2021 (Estimada)	
Oiapoque	23.034	7.555	12.886	27.270	28.534	0,91(2010)
Saint George	2.320	1.523	2.153	4.020		1,08 (2010)
Camopi	10.030			1.769		0,17(2010)

Fonte: IBGE (2010, 2020); INSEE (2010).

As economias dos municípios em questão giram em torno dos bens de serviços, agropecuária e da indústria para o Oiapoque. A Guiana Francesa apresenta baixa representatividade econômica para a França. Tem na distribuição do valor agregado, a predominância do setor secundário, estendido às atividades extrativistas (TOSTES; FERREIRA, 2010) também as atividades de garimpo fomentam a economia do município mobilizando pessoas e estimulando a circulação monetária (ALMEIDA; RAUBER, 2017). Já o setor industrial representa 11,4% do seu PIB (BEAUDOUIN; RIEBLANC; BOYER, 2011).

METODOLOGIA

Dados pluviométricos e fluviométricos da bacia do Oiapoque

Para a realização deste estudo foram utilizadas as informações do banco de dados de precipitação do Hidroweb da Agência Nacional de Águas (ANA), 1981 até 2019. Para as informações de vazão foram utilizadas as informações disponíveis no site do MINISTÈRE DE L'ÉCOLOGIE, DU DÉVELOPPEMENT DURABLE ET DE L'ÉNERGIE (Ministério da Ecologia, Desenvolvimento Sustentável e Energia, 2015) mostrados no Quadro 1. Com isso foram selecionadas as estações de Oiapoque e Saint-Georges (sob o código: 60200030) disponíveis no sistema HYDRO que armazena medições de nível de água (em intervalos de tempo variáveis, 1981 - 2019)

Quadro 1. Estações pluviométricas e Fluviométricas utilizadas na pesquisa.

Nome da estação	Código	Responsável	Localização geográfica
Oiapoque (Pluviométrica)	8351002	ANA/CPRM	Lat.: 3,84N°; Long.: -51,84°W
Saint-Georges (Fluviométrica)	60200030	DEAL Guyane	Lat.: 3,52N°; Long.: -51, 48°W

Fonte: Autores (2022).

Variabilidade da precipitação e dinâmica fluvial: relação precipitação observada e vazão

Para originar a relação destas variáveis (Estação ANA/TRMM/Vazão/ZCIT/ENOS), buscou-se estabelecer os meses de descolamento da ZCIT e para os eventos ENOS foram selecionados os anos de ocorrência destes fenômenos, após isso foi necessário a aplicação de formulas estatísticas.

Estatística de correlação

A estatística empregada no estudo estabeleceu uma análise quantitativa, para isso, foram extraídos dados das estações, assim extraíndo as médias mensais de precipitação para tabela Excel no formato xls. Os dados pluviométricos foram ordenados estatisticamente em médias mensais, o mesmo método foi utilizado para a vazão. Visualizou-se os dados em tabela Excel, para a confecção de gráficos (comparativos e dispersão) para a comparação da precipitação e vazão, retirando os períodos chuvosos e secos (IAC).

O índice de anomalia de chuva junto com a classificação da intensidade proposto por Rooy (1965) permite identificar períodos de seca e estações chuvosas em determinado recorte espacial.

$$IAC = 3 \left[\frac{(N - \bar{N})}{(M - \bar{N})} \right] \quad IAC = -3 \left[\frac{(N - \bar{N})}{(\bar{X} - \bar{N})} \right]$$

Equações para anomalias positivas e negativas, respectivamente.

A partir dos valores encontrados, o regime de chuva foi classificado de acordo com a metodologia do IAC apresentada na Figura 4.

Índice de Anomalia de Chuva (IAC)	Classificação da Pluviosidade	
Maior que 4	Extremamente chuvoso	EC
Entre 2 e 4	Muito chuvoso	MC
Entre 0 e 2	Chuvoso	C
0	Nem chuvoso nem seco	
Entre 0 e -2	Seco	S
Entre -2 e -4	Muito seco	MS
Menor que -4	Extremamente seco	ES

Fonte: Araújo (2009).

Figura 4. Classificação da pluviosidade segundo o IAC.

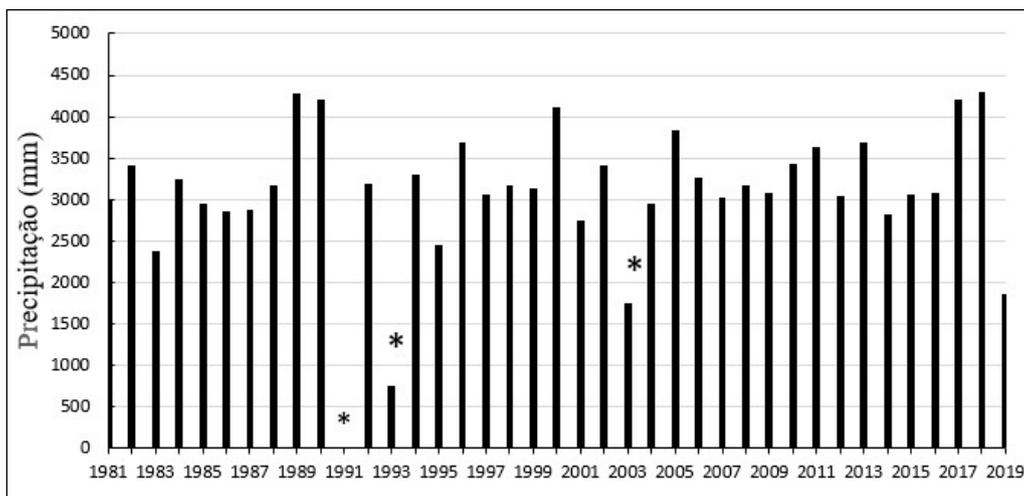
Por fim, as informações de precipitação e vazão podem ser analisadas com os parâmetros de influência da Zona de Convergência Intertropical, El Niño e La Niña.

RESULTADOS E DISCUSSÕES

Variabilidade da precipitação e correlação dos dados pluviométricos, fl uviométricos (1981 – 2019) da bacia do rio Oiapoque

A variabilidade do total anual da precipitação na Bacia Hidrográfica do Rio Oiapoque – BHRO, por meio da estação climatológica da Agência Nacional de Águas – ANA, demonstram que há uma variabilidade com períodos com maior volume de precipitação na bacia com média de 2.000 milímetros para o período de 1998 a 2019 (Gráfico 1).

Gráfico 1. Precipitação total anual (1981-2019) a partir da estação pluviométrica Oiapoque.



* 1991 – Sem leitura de dados.

* 1993 – Medições apenas nos meses de setembro, outubro, novembro e dezembro.

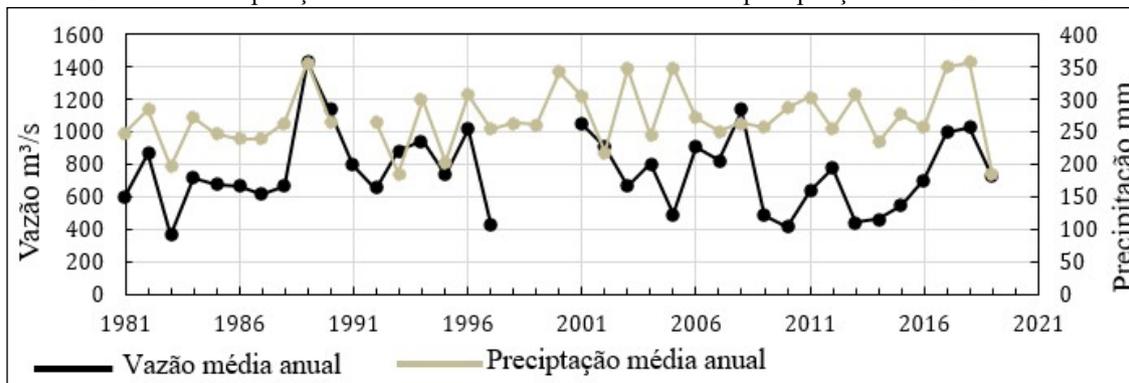
* 2003 - Medições apenas nos meses de janeiro, fevereiro, março, abril e maio.

Fonte: Autores (2022).

Dessa forma os anos que se destacam com maiores precipitações foram os anos de 1989 (4.274mm); 1990 (4.197mm); 2000 (4.112mm); 2017 (4.197mm) e 2018 (4.289mm) respectivamente, as menores variabilidade correspondem aos anos de 1983 (2.370mm); 1995 (2.444mm) e 2019 (1.853mm). Esses valores são considerados baixos para a realidade da região norte, dado as suas características climáticas.

Comparados com os valores do fluxo hídrico da bacia, observa-se uma condescendência, na medida que os volumes de precipitação aumentam o volume da água dentro do conjunto hídrico responde com aumento da vazão (Gráfico 2).

Gráfico 2. Comparação da média anual dos dados de vazão e precipitação entre 1981-2019.



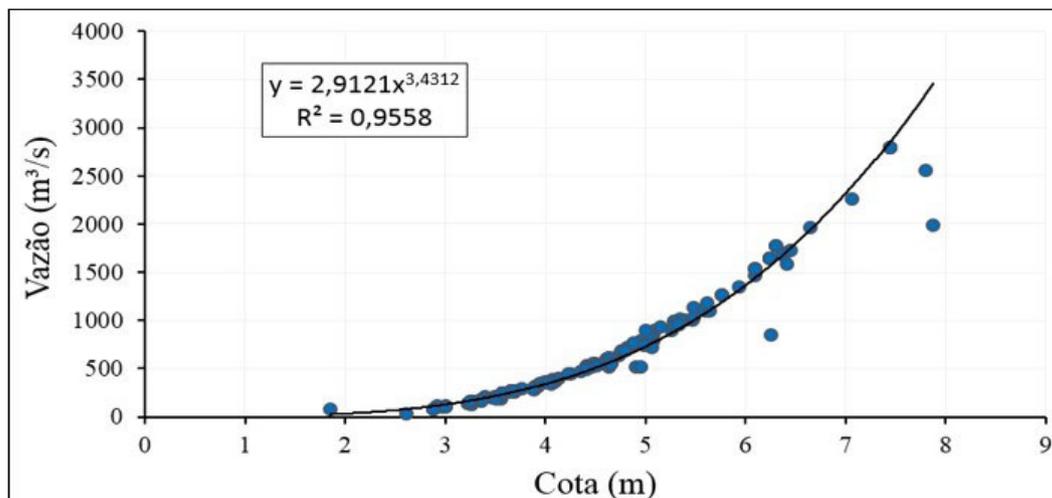
Fonte: Autores (2022).

Os anos de 1983, 1997, 2005, 2010 e 2013 tiveram volumes de vazão muito abaixo da média expressada no Gráfico 2, os fatores ligados a estes baixos valores podem estar

ligados com eventos extremos do clima (SANTOS, 2006; REBOITA et al., 2010) visto que não existem barragens para esta bacia, onde estas influenciam diretamente no fluxo do rio. Em contrapartida observou-se valores elevados acima da média da vazão, 755 m³/s, para os anos 1989, cerca de 1.430 m³/s e 2008 com uma contribuição para o escoamento de 1.130 m³/s. Com isso, períodos de excesso de precipitação tendem a ser seguidos por períodos de escoamento acima da média (MARENGO et al., 1998), e as mudanças nos extremos de descarga estão relacionadas à variabilidade regional da chuva.

De fato, existe uma relação entre os volumes de entrada de precipitação e vazão, com o aumento da cota do rio Oiapoque. Conforme o Gráfico 3, foram realizados o tratamento dos dados de cotas e vazão da estação do Cricou, localizada na bacia do rio Oiapoque. A fim de estabelecer uma análise estatística da relação cota/vazão para o rio, o Gráfico 3 identifica a curva chave que foi gerada a partir de uma equação potencial, mais aderente para os estudos de vazão de um rio com valores bem ajustados.

Gráfico 3. Curva chave, com serie de dados de 1983-2021. Estação do Cricou. Rio Oiapoque.



Fonte: Autores (2022).

A equação apresentou um coeficiente de determinação (R^2) de 0,9558, mostrando um elevado grau de determinação da interdependência das variantes, indicando que a relação vazão/cotas serão 95% dos valores do aumento de vazão dentro do sistema hídrico do rio estão relacionados com a elevação da lamina de água do rio.

A BHRO recebe impactos dos eventos El Niño e La Niña, nos anos que ocorreram, a região presenciou períodos de estiagem e elevadas descargas de chuvas. Quando o El Niño ocorre observa-se um período de estiagem nos meses de dezembro, janeiro e fevereiro. Quando a região está sob influência do La Niña o cenário muda para períodos chuvosos os meses de dezembro, janeiro e fevereiro. O Quadro (2) a seguir mostra os anos que ocorreram os eventos ENSO e sua intensidade para o período estudado neste trabalho (1981 – 2019).

Quadro 2. Anos de ocorrência dos eventos El Niño e La Niña.

Ocorrência do El Niño			Ocorrência do La Niña		
1982-1983			1983-1984		
			1984-1985		
1986-1988			1988-1989		
1990-1993					
1994-1995			1995-1996		
1997-1998			1998-2001		
2002-2003					
2004-2005			2006		
2009-2010			2007-2008		
2015-2016			2010-2011		
			2017-2018		
Forte	Moderado	Fraco	Forte	Moderado	Fraco

Fonte: Adaptado de: NOAA (2014) e CPTEC (2016).

A partir do Quadro 4 foram selecionados os anos e a intensidade para cada evento e relacionados aos dados de vazão e precipitação ocorridos na BHRO para entender como se deu a variabilidade e influência dos eventos El Niño e La Niña (Quadro 3).

Quadro 3. Ocorrência dos fenômenos ENOS relacionado a precipitação e vazão média anual.

El Niño				La Niña			
Ano	Intensidade	Preci. média	Vazão m ³ /s	Ano	Intensidade	Preci. média	Vazão m ³ /s
1983	Forte	198 mm	361	1989	Forte	356 mm	1430
1995	Moderado	204 mm	734	1996	Moderado	307 mm	1020
1997	Forte	255 mm	427	2001	Moderado	304 mm	1050
2002	Moderado	285 mm	907*	2008	Moderado	363 mm	1130
2015	Forte	278 mm	547	2018	Moderado	357 mm	1030
2016	Forte	257 mm	708*				

* teoricamente mesmo com a atuação do El Niño a vazão se mostrou acima da média anual 755 m³/s.

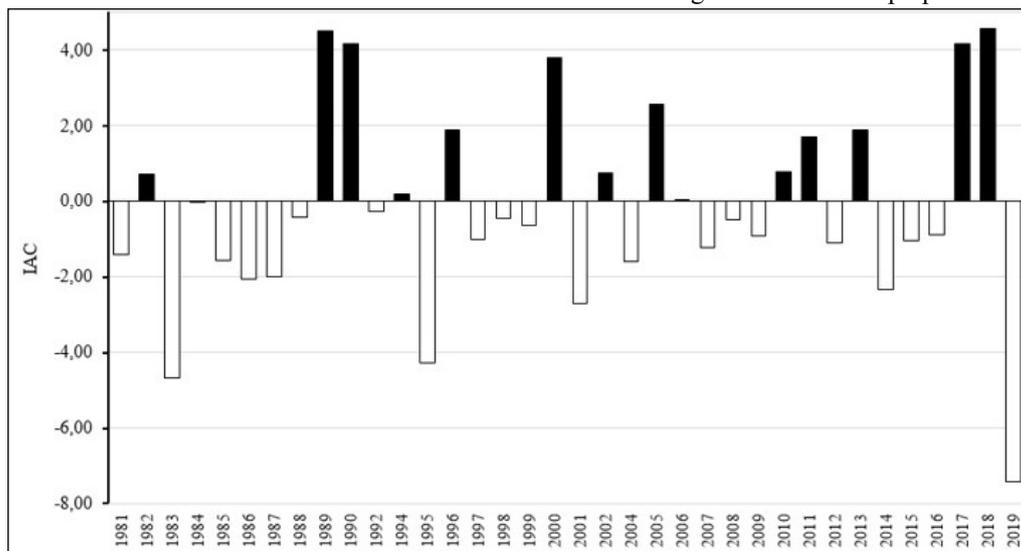
Fonte: Autores (2022).

O El Niño quando atua no Norte do Brasil, provoca baixos índices de precipitações e temperaturas definida em termos seco e quente de junho a agosto. Os resultados mostram que ano de 1983 quando a intensidade foi classificada como forte o volume de vazão dentro da bacia foi o mais baixo, cerca de 361 m³/s, dentro dos anos de ocorrência do fenômeno. Nos anos de 2002 e 2016 foram classificados como moderado e forte respectivamente, contudo a vazão dentro da bacia foi acima da média para os anos de El Niño.

Nos anos de ocorrência do La Niña os valores de precipitação são nitidamente elevados em relação a situação do El Niño. Os impactos do La Niña na vazão mostram que o ano de 1989 classificado como forte, o volume de água dentro da bacia teve um aumento significativo em relação aos outros anos de atuação do fenômeno.

Para expor os efeitos que esses fenômenos trazem para a região de estudo utilizamos o Índice de Anomalia de Chuva – IAC, que permitiu identificar mudanças nos padrões de chuva dentro da bacia hidrográfica do rio Oiapoque de uma serie temporal de 1981 até 2019 (Gráfico 4).

Gráfico 4. Índice de Anomalia de Chuva na Bacia Hidrográfica do Rio Oiapoque.



Fonte: Autores (2022).

A partir do cálculo proposto por Rooy (1965) é possível determinar os períodos secos e extremamente chuvosos na BHRO. Nos anos de 1983, 1995 e 2019 observou-se que o valor da anomalia negativa ficou acima de -4,0, evidenciando um período extremamente seco, nos anos de 1986, 2002 e 2014 foram anos muito seco. Os anos classificados como extremamente secos (1983, 1995, 2001 e 2014) tiveram influência do El Niño, que nestes anos tiveram intensidade de forte a moderado.

Os anos de 1989, 2017 e 2018 foram classificados como extremamente úmidos, os anos de 2001 e 2005 como muito úmido. Comparando os anos de ocorrência do fenômeno La Niña (Quadro 4) verificou-se que os anos classificados como extremamente úmido (1989, 2017 e 2018) e muito úmido (2001) estavam sob influência deste fenômeno que ocorreu em uma intensidade de forte a moderada.

Após uma análise temporal do IAC para a BHRO observou-se que existe uma variabilidade entre as anomalias de precipitação. Entre os anos de 1983 até 1988 os valores são negativos seguida por dois anos de precipitação positiva. A partir do ano de 1997 as anomalias de chuva seguem negativas por mais dois anos, alternando entre chuvas positivas e negativas até o ano de 2007, quando em 2010 o ano é classificado como úmido, seguido por mais três anos com índices negativos de chuva.

Em média a variabilidade climática na bacia hidrográfica do rio Oiapoque tem mais anos de anomalias de chuvas negativas em toda a série temporal analisada. Existe uma alternância em média de 3 a 4 com IAC negativas e 2 anos positivas. Com isso os dados mostram que a variabilidade da chuva na bacia hidrográfica do rio Oiapoque segue uma alternância no índice de anomalia de chuva e tem relação com os eventos extremos El Niño e La Niña.

Portanto os impactos do La Niña na BHRO acarretam em aumento dos volumes da chuva e vazão, quando a bacia esteve sob influência do fenômeno, houve elevadas precipitações, destaque para o ano de 1989, alcançando valores muito elevados. No período de 1981 até 2019, houve a ocorrência cinco La Niña alternados entre condições moderadas e fortes. O El Niño diminuiu os volumes de precipitação e vazão nos seus anos de ocorrência, alternados entre moderado e forte, com anos muito e extremamente secos como mostra o Gráfico 11 de anomalia de precipitação da BHRO.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A variabilidade do total anual da precipitação na Bacia Hidrográfica do Rio Oiapoque – BHRO, por meio da estação climatológica para o período de 1981 a 2019 mostrou que os períodos com maior volume de precipitação na bacia foram os anos 1989, 1990, 2000, 2017 e 2018, com médias superiores aos 4.000 mm de chuva. As menores variabilidade correspondem aos anos de 1983 (2.370mm); 1995 (2.444mm) e 2019 (1.853mm).

Comparando os valores do fluxo hídrico da bacia, observaram-se uma condescendência, na medida que os volumes de precipitação aumentam o volume da água dentro do conjunto hídrico responde com aumento da cota e vazão.

Com isso, períodos de excesso de precipitação tendem a ser seguidos por períodos de escoamento acima da média (MARENGO et al., 1998), e as mudanças nos extremos de descarga estão relacionadas à variabilidade regional da chuva.

As medições de precipitação e vazão estão ligadas ao deslocamento da ZCIT e os fenômenos do El Niño e La Niña. As vazões estão associadas com os eventos atmosféricos e comportamento dos elementos do clima vigentes na costa amazônica, tais como a ZCIT, características da temperatura e direção dos ventos e precipitação, por outro lado os anos com maior variabilidade climática apresentam fortes relações com os eventos de El Niño e La Niña. Estes resultados mostram o papel dessas forçantes para a precipitação na área da bacia assim influenciando o fluxo hídrico.

A variabilidade do clima na BHRO apresentou anomalias positivas e negativas, utilizamos o Índice de Anomalia de Chuva – IAC, que permitiu identificar mudanças nos

padrões de chuva dentro da bacia hidrográfica do rio Oiapoque existindo anos extremamente chuvosos e secos com alternância de três anos em média entre anomalias positivas e negativas de precipitação. Estes anos estiveram sob influência do El Niño e La Niña.

Em síntese, os resultados mostrados neste trabalho definem a contribuição destes eventos extremos na determinação da variabilidade climática e nos padrões fluviométricos sobre a bacia do rio Oiapoque. Com isso o entendimento dos elementos de entrada líquida no fluxo hídrico de uma bacia hidrográfica é muito importante, devido ao fato deste conhecimento auxiliar no planejamento para gestão dos recursos hídricos.

REFERÊNCIAS

- AGÊNCIA NACIONAL DAS ÁGUAS. **Região Hidrográfica Amazônica**. Brasília, 2011. Disponível em: <<http://www2.ana.gov.br/Paginas/portais/bacias/amazonica.aspx>>. Acesso em: 19/08/2020.
- AGÊNCIA NACIONAL DAS ÁGUAS (ANA). **Estimativas de precipitação da estação Pluviométrica do Oiapoque. 2020**. Disponível em: <<http://www.snirh.gov.br/hidrotelemetria/Mapa.aspx>>. Acesso em: 19/08/2020.
- AGÊNCIA NACIONAL DE TRANSPORTES AQUAVIÁRIOS. **Plano nacional de integração hidroviária**. 2013.
- AUGUSTINUS, P. G. E. F; HAZELHOFF, L. KROON, A. The chenier coast of Suriname: Modern and geological development. **MAR GEL**. Volume 90, Issue 4, 30 December 1989.
- ALLISON, M.A; NITTROUER, C.A; KINEKE, G.C; STERNBERG, R.W. (1994) Use of an instrumented tripod system to examine sediment dynamics and fine-scale strata formation in muddy surfzone and nearshore environments. **Journal of Coastal Research**. 10:488–496.
- ALMEIDA, C. S; RAUBER, A. L. Oiapoque, aqui começa o Brasil: a fronteira em construção e os desafios do Desenvolvimento Regional. **Redes** - Santa Cruz do Sul: Universidade de Santa Cruz do Sul, v. 22, n. 1, janeiro-abril, 2017.
- ANGELIS, C. F.: **Análise dos sistemas precipitantes no Brasil a partir de dados processados em um integrados de informações adquiridas por pluviômetros, satélites, rede de relâmpagos e radares meteorológicos-PRECIBRA**. Projeto de Pesquisa. CPTEC-INPE, 2006.
- ARAÚJO, L. E., Moraes Neto, J. M., & Sousa F. A. S. Análise climática da bacia do rio Paraíba – Índice de Anomalia de Chuva (IAC). **Revista de Engenharia Ambiental**, 6(3), 508-523. 2009.
- ANTHONY, E. J.; GARDEL, A. and GRATIOT, Nicolas. **Fluvial sediment supply, mud banks, cheniers and the morphodynamics of the coast of South America between the Amazon and Orinoco river mouths**. Geological Society, London, Special Publications, first published. September 2, 2013; DOI 10.1144/SP388.8.
- AYOADE, J. O. **Introdução a climatologia para os trópicos**. 4. ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 1996. 332 p.
- BEAUDOUIN, Morgane; RIEUBLANC, Eve; BOYER, Sandie (Coord.). **Guiana**

Francesa – Amapá: Melhor estruturar os territórios para intensificar os intercâmbios. Tradução R. Laurent. Sage: Guyana280, 2011.

BOAVENTURA, F. M. C; NARITA, C. Geomorfologia da Folha NA/NB-22-Macapá. In: **PROJETO RADAM**. Folha NA/NB-22-Macapá: geologia, geomorfologia, solos, vegetação e uso potencial da terra. Rio de Janeiro: DNPM, 1974. (Levantamento dos Recursos Naturais, v.6).

BUGNICOURT, Pierre; GUITET, Stéphane; SANTOS, Valdenira; BLANC, Lilian; SOTTA, Eleneide; BARBIER, Nicolas; COUTERON, Pierre. (2018). Using textural analysis for regional landform and landscape mapping, Eastern Guiana Shield. **Geomorphology**. 317. 10.1016/j.geomorph.2018.03.017. CPTEC/INPE.2016. El Niño e La Niña. Disponível em: <<http://www.cptec.inpe.br/enos/>>. Acesso em: 17/09/2020.

DUARTE, Cristiana Coutinho. **Análise dos impactos das mudanças climáticas no escoamento superficial da bacia hidrográfica do rio Tapacurá-PE, a partir da utilização de um modelo de balanço hídrico mensal semidistribuído**. Cristiana Coutinho Duarte. Recife: O Autor, 2009. 124 folhas: il., fig., tab. Dissertação (mestrado) – Universidade Federal de Pernambuco. CFCH. Geografia, 2009.

FERREIRA, D. B. S. **Eventos extremos da zona de convergência intertropical sobre o atlântico durante o período chuvoso da Amazônia oriental**. Dissertação de mestrado. Programa de pós – Graduação em Ciências Ambientais, Universidade Federal do Pará/ Programa de pós – Graduação em Ciências Ambientais. Belém. P. 19, 22, 2008.

GUITET, S., CORNU, J-F., BRUNAU, O., BETBEDER, J., CAROZZA, J-M., RICHARD-HANSEN C., 2013. Landform and 739 landscape mapping, French Guiana (South America). **Journal of Maps** 9(3), 325-335.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - IBGE. **O Rio Oiapoque**. 1964.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - IBGE. **Estimativa populacional**. Amapá. 2010.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - IBGE. **Manual técnico de vegetação brasileira**. 2012.

INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA - INMET. **Dados de temperatura e umidade relativa**.2013. Disponível em <<http://www.inmet.gov.br>>. Acesso em: 20/03/2020.

INSEE – Institut National de la Statistique et des Études Économique. **Guyane**. Disponível em: <<http://www.insee.fr/fr/regions/guyane/>>. Acesso em 27 jan. 2020.

LIMA, M. I. C; BEZERRA, P. E. L.; ARAÚJO, H. J. T. Sistematização da geologia do estado do Amapá. In: **SIMPÓSIO DE GEOLOGIA DA AMAZÔNIA**, 3., 1991, Belém. Anais. Belém: SBG-Núcleo Norte, 1991. p. 322-335.

MARENGO, JA, TOMASELLA J, UVO CR. 1998. Trends in streamflow and rainfall in tropical South America: Amazonia, eastern Brazil, and northwestern Peru. **Journal of Geophysical Research: Atmospheres** 103(D2): 1775–1783. DOI: 10.1029/97JD02551.

MINISTÈRE DE L'ÉCOLOGIE, DU DÉVELOPPEMENT DURABLE ET DE

L'ÉNERGIE. **L'évaluation préliminaire des risques d'inondation 2011**: basin Guyane. Version V. 01. 2012.

NOAA, National Oceanic and Atmospheric Administration. El Niño & La Niña (El Niño-Southern Oscillation). **Climate Variability**: Oceanic Niño 2014. Index. Disponível em: <<https://www.climate.gov/enso>>. Acesso em: 17/09/2020.

OLIVEIRA, G. M.; BARROS, A. C.; EVANGELISTA, J. E.; SANTOS, A. R. B.; HAIMOVICI, M.; FISCHER, L. G. Prospecções na região norte. In: HAMOVICI, M. (Org.). **A prospecção pesqueira e abundancia de estoques marinhos no Brasil nas décadas de 1960 a 1990**: Levantamento de dados e avaliação crítica. Brasília: MMA/SMCQA, 2007.

PAGET, D. (1999). **Etude de la diversité spatiale des écosystèmes forestiers guyanais**: réflexion méthodologique et application [Diversidade espacial dos ecossistemas florestais na Guiana Francesa: método de estudo e aplicação] . Doutorado não publicado, ENGREF, Nancy (França).

PALHARES, J. M; GURRA, A. J. T. Potencialidades no Município de Oiapoque, Amapá, para o Desenvolvimento do Geoturismo. **Espaço Aberto**, PPGG - UFRJ, V. 6, N.2, p. 51-72, 2016. ISSN 2237-3071.

REBOITA, M. S; GAN, M.A; PORFÍRIO, R. Rocha da; AMBRIZZI, T. 2010. Regimes de precipitação na América do Sul: uma revisão bibliográfica. Departamento de Ciências Atmosféricas, Universidade de São Paulo (DCA / USP), São Paulo, SP, Brasil Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, Centro de Previsão de Tempo e Estudo. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v.25, n.2 185–204.

RONCHAIL, J; LABAT, D; CALLEDE, J; COCHONNEAU, G; GUYOT, J; FILIZOLA, N; De OLIVEIRA, E. Discharge variability within the Amazon basin. In: **Regional Hydrological Impacts of Climatic Change**: Hydroclimatic Variability 296(April): 21–29. 2005.

ROIG, J.Y; MOISAN, M. (2011). **Inventaire du patrimoine géologique de la Guyane** – Partie 2. Rapport BRGM/ RP-60644-FR. 67 p., 10 fig., 3 tab, 2 ann.

ROOY, M. P. VAN. **A Rainfall Anomaly Index Independent of Time and Space**. Notes, 14, 43, 1965.

SANTOS, V. F; MENDES, A. C; SILVEIRA, O. F. M. **Atlas de sensibilidade Ambiental ao Derramamento de Óleo da Bacia Marítima da Foz do Amazonas**. 1 ed. – Macapá: IEPA, 2016.

SANTOS, Valdenira Ferreira dos. **Ambientes costeiros amazônicos**: avaliação de modificações por sensoriamento remoto/ Valdenira Ferreira dos Santos. – Niterói: s.n., 2006.

SILVA, L. M.; PORTELA, B. T. T. Um estudo da precipitação, temperatura e umidade relativa do ar na costa norte-nordeste do Brasil. In: **XIV Congresso Brasileiro da Meteorologia**, 2006, Florianópolis-SC. Disponível em: <<http://cbmet.com/cbm-files/14-d8543d98ead52056948606c2eede7c97.pdf>>. Acesso em 06/10/2020.

SILVEIRA, O. F.; SANTOS, V. F., 2006. Aspectos Geológicos-Geomorfológicos da Região Costeira entre o Rio Amapá Grande e a Região dos Lagos do Amapá. In: **Projeto de conservação e utilização sustentável da diversidade biológica brasileira – PROBIO**. Macapá, AP. Relatório Técnico-Científico Meio Físico.

SOARES, R. V.; BATISTA, A. C. **Meteorologia e climatologia florestal**. Curitiba: UFPR. 2004. 195p.

THÉVENIAUT; Hervé; DELOR, Claude. Le paléomagnétisme du Bouclier des Guyanes: état des connaissances et analyse critique des données. **Géologie de la France**, 2003, n° 2-3-4, 59-82, 11 fig., 2 tabl.

TOSTES, J. A; FERREIRA, J. F. C. Amapá (Brasil) e Guiana Francesa (França): definindo o corredor transfronteiriço. PRACS: **Revista Eletrônica de Humanidades do Curso de Ciências Sociais da UNIFAP**. Disponível em: <<https://periodicos.unifap.br/index.php/>>. pracs ISSN 1984-4352 Macapá, v. 9, n. 3, p. 73-97, dez. 2010.

WELLS, J. T.; COLEMAN, J. M. (1978). Nearshore suspended sediment variations, central Surinam coast. **Mar Geol** 24: 47-54. DOI: 10.1016/0025-3227(77)90069-X.