



UNIVERSIDADE FEDERAL DE RORAIMA
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM RECURSOS NATURAIS

DAVIDSON SAINT PIERRE

**HIDROLOGIA DA BACIA AMAZÔNICA: UMA ANÁLISE SOBRE A AÇÃO DOS
FENÔMENOS EL NIÑO, LA NIÑA NA DINÂMICA FLUVIAL**

BOA VISTA, RR
2021

DAVIDSON SAINT PIERRE

**HIDROLOGIA DA BACIA AMAZÔNICA: UMA ANÁLISE SOB AÇÃO DOS
FENÔMENOS EL NIÑO, LA NIÑA NA DINÂMICA FLUVIAL**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-graduação em Recursos Naturais - PRONAT da Universidade Federal de Roraima, como requisito parcial para obtenção do grau de Mestre em Recursos Naturais, na Área de concentração: Manejo e Conservação de Bacias Hidrográficas.

Orientador: Prof. Dr. Carlos Sander
Coorientador: Prof. Dr. Pedro Aurélio Costa
Lima Pequeno

**BOA VISTA, RR
2021**

Dados Internacionais de Catalogação na publicação (CIP)
Biblioteca Central da Universidade Federal de Roraima

S149h Saint Pierre, Davidson.

Hidrologia da bacia amazônica : uma análise sob ação dos fenômenos el niño, la niña na dinâmica fluvial / Davidson Saint Pierre.
– Boa Vista, 2021.

110 f. : il.

Orientador: Prof. Dr. Carlos Sander.

Coorientador: Prof. Dr. Pedro Aurélio Costa Lima Pequeno.

Dissertação (mestrado) – Universidade Federal de Roraima,
Programa de Pós-Graduação em Recursos Naturais.

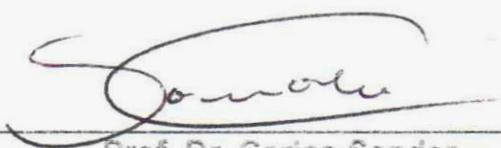
1 – Variabilidade climática. 2 – Regime hidrológico. 3 – ENOS. 4 –
Sistemas fluviais. 5 – Bacia amazônica. I – Título. II – Sander, Carlos
(orientador). III – Pequeno, Pedro Aurélio Costa Lima (coorientador).

CDU – 556.51(811)

DAVIDSON SAINT PIERRE

**HIDROLOGIA DA BACIA AMAZÔNICA: UMA ANÁLISE SOB AÇÃO DOS
FENÔMENOS EL NIÑO, LA NIÑA NA DINÂMICA FLUVIAL**

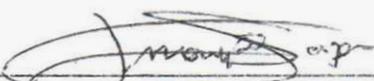
Dissertação apresentada como pré-requisito para conclusão do Curso de Mestrado em Ciências Ambientais (Recursos Naturais) da Universidade Federal de Roraima, defendida em 30 de novembro de 2021 e avaliada pela seguinte Banca Examinadora:



Prof. Dr. Carlos Sander
Orientador - Universidade Federal de Roraima/UFRR



Prof. Dr. Fábio Luiz Wankler
Membro - Universidade Federal de Roraima /UFRR



Prof. Dra. Lena Simone Barata Souza
Membro - Universidade Federal de Roraima/UFRR



Prof. Dr. Thiago Morato de Carvalho
Membro - Universidade Federal de Roraima/UFRR

AGRADECIMENTOS

A realização deste trabalho é fruto do apoio de muitas personalidades importantes. Alguns sempre estiveram ansiosos por me ajudar desde o início, sem eles seria mais complicado.

Desta forma, agradeço a Organização dos Estados Americanos- OEA, Grupo de Cooperação Internacional de Universidades Brasileiras- GCUB e CAPES através da Universidade Federal de Roraima UFRR pelo apoio financeiro e oportunidade de estudo.

À comunidade universitária da UFRR, a cada pessoa de uma forma ou de outra que me inspirou.

A toda a coordenação e docente do PRONAT, em especial a professora Mônica.

Aos orientadores Dr. Prof. Carlos Sander e Prof. Dr. Pedro Aurélio Costa Lima Pequeno pelo tempo investido em mim.

Aos anjos, santos, cristãos e todos os humanos que o Deus Todo-Poderoso colocou em meu caminho, por seu apoio em oração e coisas que eu nem poderia imaginar. Esta é a providência de Deus para mim. Toda glória somente para Deus.

Aos meus pais, minha mãe Marie Rose PIERRE e meu pai terreno Jean Elie SAINT PIERRE que nunca para de investir em mim.

Aos meus irmãos e irmãs, Benito, Eben, Rose Mica, Dayana, Daphney e Wenson que me apoiaram em tempos difíceis.

À minha família, minha lindazinha esposa Lunise NERESTAN e meu querido filho David Stan Lee Rochild B. SAINT PIERRE, que nunca para de demonstrar seu amor e compreensão por mim.

A Deus, meu pai celestial, o Senhor dos exércitos, o arquiteto do universo por todas as suas bênçãos para mim.

RESUMO

Os sistemas fluviais da bacia amazônica são importantes para o surgimento dos países que compõem esse fabuloso ecossistema. Este trabalho teve como objetivo analisar a hidrologia da bacia amazônica, observando suas flutuações e a possível influência dos fenômenos El Niño e La Niña na dinâmica dos rios. A análise hidrológica foi realizada em treze sistemas fluviais, envolvendo o sistema Solimões/Amazonas, detalhando as condições de duas estações fluviométricas por bacia. Através das análises constatou-se que, os regimes hidrológicos apresentaram comportamento heterogêneo, variabilidade mensal a montante e a jusante (na maioria dos rios da margem sul), em escalas interanuais e décadas no nível das três regiões (hemisfério norte, oeste e sul). Os episódios de El Niño causando variação dos fluxos levaram uma redução considerável das vazões na maioria dos sistemas fluviais estudados, especialmente, os da margem esquerda (Trombetas, Negro, Branco e Uatumã). Por outro lado, os eventos de La Niña provocam um aumento dos fluxos e escoamento mais perceptíveis na margem esquerda. Os eventos El Niño Oscilação Sul (ENOS) são diferentes uns dos outros e suas ações causaram muitas perdas e danos ao meio ambiente desde várias décadas. Então, este estudo contribuirá para a produção e popularização do conhecimento acadêmico, a compreensão física e dinâmica da bacia amazônica, à avaliação das ações dos fenômenos climáticos do tipo ENOS dos principais sistemas fluviais. Além disso, faz recomendações para monitoramento e alerta precoce contra possíveis efeitos do ENOS no regime hidrológico, na planície fluvial e em geral nas condições de vida dos habitantes da bacia amazônica.

PALAVRAS-CHAVE: Variabilidade climática. Regime hidrológico. ENOS. Sistemas fluviais. Bacia Amazônica.

ABSTRACT

The river systems of the Amazon basin are important for the emergence of the countries that make up the fabulous ecosystem. This work aimed to analyze the hydrology of the Amazon Basin by observing its fluctuations and the possible influence of El Niño and La Niña phenomena in river dynamics. Hydrological analysis was carried out in thirteen river systems, involving the Solimoes/Amazonas system by detailing the conditions of two fluviometric stations per basin. Through the analysis, it was found that the hydrological regimes present heterogeneous behavior, monthly variability upstream and downstream (in most rivers on the south bank), on interannual scales and decades at the level of the three regions (northern, western and southern hemispheres). The El Niño episodes causing the variation of the flows cause a considerable decrease in the flows in the majority river systems studied more especially those of the left margin (Trombetas, Negro, Branco and Uatuma). On the other hand, the events of La Niña cause an increase in flows and runoff and more noticeable in the left margin. ENOS events differ from each other, and their actions have caused a great deal of loss and damage to the surrounding environment for several decades. Therefore, this study will contribute to the production and popularization of academic knowledge, the physical and dynamic understanding of the Amazon basin, and the evaluation of the actions of ENSO-type climatic phenomena in the main river systems. In addition, it makes recommendations for monitoring, early warning against possible effects of ENOS on the hydrological regime, in plain River and generally on the living conditions of the inhabitants of the Amazon Basin.

KEYWORDS: Climatic variability. Hydrological regime. ENSO. River systems. Amazon Basin.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Esquema representativo os domínios Transamazônicos, Províncias geocronológicas e domínios tectonoestratigráficos da porção central do Cráton Amazônico.....	22
Figura 2 - Esquema representativo do Cráton Amazônico.....	25
Figura 3 - Unidades morfoestruturais da bacia Amazônica.....	26
Figura 4 - Esquema representativa da classificação de águas na Amazônia.....	30
Figura 5 - Mapa de localização dos sistemas fluviais estudados com suas estações de monitoramento.....	35
Figura 6 - Hidrograma do comportamento das vazões médias mensais do rio Negro, na estação São Gabriel da Cachoeira.....	40
Figura 7 - Média anual de curso fluvial cruzando no trecho da estação São Gabriel da Cachoeira do Rio Negro (1981–2019).....	41
Figura 8 - Hidrograma do comportamento das vazões médias mensais do rio Negro, na estação Manaus.....	42
Figura 9 - Hidrograma do comportamento das vazões médias mensais do rio Branco, na estação Caracaraí.....	43
Figura 10 - Média anual de vazão da série histórica da estação Caracaraí do Rio Branco (1980–2017).....	44
Figura 11 - Hidrograma do comportamento das vazões médias mensais do rio Uatumã, na estação Balbina P-8 (Uhe Balbina).....	45
Figura 12 - Média anual de vazão da série histórica da estação Balbina P-8 do Rio Uatumã (1978–2013).....	46
Figura 13 - Hidrograma do comportamento das vazões médias mensais do rio Trombetas, na estação Tabuleiro-Rebio Trombetas.....	47
Figura 14 - Média anuais de vazão da série histórica da estação Perimetral Norte do Rio Trombetas (1986–2019).....	48
Figura 15 - Média anual de vazão da série histórica da estação Tabuleiro-Rebio Trombetas do Rio Trombetas (1986–2019).....	49
Figura 16 - Hidrograma do comportamento das vazões médias mensais a montante e jusante dos rios Purus, Madeira, Xingu e Tapajós, respectivamente nas estações; UHE Ponbal, Barra do São Manuel, Porto Velho, Valparaiso Montante, Berruri, Altamira, Itaituba e Fazenda Vista Alegre.....	50

Figura 17 - Hidrograma do comportamento das vazões médias mensais do rio Mamoré, na estação Guajará-Mirim.....	51
Figura 18 - Hidrograma do comportamento das vazões médias mensais do rio Juruena na estação Fazenda Tucunarie.....	52
Figura 19 - Hidrograma do comportamento das vazões médias mensais a montante e jusante do rio Solimões nas estações São Paulo de Olivença e Manacapuru.....	53
Figura 20 - Hidrograma do comportamento das vazões médias mensais do rio Amazonas na estação óbidos.....	54
Figura 21 - Valores acumulados de desvios da média, sucessão dos períodos hidro climáticos e sua relação com a dinâmica dos sistemas fluviais Solimões e Amazonas nas estações de monitoramento de Manacapuru e óbidos entre 1982 e 2019.....	58
Figura 22 - Valores acumulados de desvios da média, sucessão dos períodos hidro climáticos e sua relação com a dinâmica dos sistemas fluviais Trombetas e Negro nas estações de monitoramento de Tabuleiro-Rebio Trombetas e Manaus entre 1982 e 2019.....	60
Figura 23 - Diferença na sucessão de períodos hidroclimáticos entre a parte a jusante e a montante das sub-bacias do Negro.....	62
Figura 24 - Pequena dissimilaridade ligada ao comportamento hidro climático das sub-bacias do hemisfério sul.....	64
Figura 25 - Pequena dissimilaridade ligada ao comportamento hidro climático das sub-bacias do hemisfério sul.....	65
Figura 26 - Os valores das vazões Q10, Q25, Q50, Q75 e Q90 diárias e comparação entre curvas de permanência dos fluxos da série histórica completa observada na estação fluviométrica em Caracará e aquelas diárias sob influência dos eventos El Niño, La Niña.....	75
Figura 27 - Os valores das vazões Q10, Q25, Q50, Q75 e Q90 diárias e Comparação entre curvas de permanência dos fluxos da série histórica completa observada na estação fluviométrica em São Gabriel da cacheirora do rio Negro e aquelas diárias sob influência dos eventos El Niño, La Niña.....	76
Figura 28 - Os valores das vazões Q10, Q25, Q50, Q75 e Q90 diárias e comparação entre curvas de permanência dos fluxos da série histórica completa observada na estação fluviométrica em Manaus do rio Negro e aquelas diárias sob influência dos eventos El Niño, La Niña.....	77
Figura 29 - Os valores das vazões Q10, Q25, Q50, Q75 e Q90 diárias e comparação entre curvas de permanência dos fluxos da série histórica completa observada na estação fluviométrica em Balbina 8 do rio Uatumã, e aquelas diárias sob influência dos eventos El Niño, La Niña.....	78

Figura 30 - Os valores das vazões Q10, Q25, Q50, Q75 e Q90 diárias e comparação entre curvas de permanência dos fluxos da série histórica completa observada na estação fluviométrica em Tabuleiro Rebio Trombetas e aqueles diárias sob influência dos eventos El Niño, La Niña.....	79
Figura 31 - Os valores das vazões Q10, Q25, Q50, Q75 e Q90 diárias e comparação entre curvas de permanência dos fluxos da série histórica completa observada na estação fluviométrica em São Paulo de Olivença do rio Solimões e aquelas diárias sob influência dos eventos El Niño, La Niña.....	80
Figura 32 - Os valores das vazões Q10, Q25, Q50, Q75 e Q90 diárias, comparação entre curvas de permanência dos fluxos da série histórica completa observada na estação fluviométrica em Manacapuru do rio Solimões e aquelas diárias sob influência dos eventos El Niño, La Niña.....	80
Figura 33 - Os valores das vazões Q10, Q25, Q50, Q75 e Q90 diárias, comparação entre curvas de permanência dos fluxos da série histórica completa observada na estação fluviométrica em óbidos do rio Amazonas e aquelas diárias sob influência dos eventos El Niño, La Niña.....	81
Figura 34 - Os valores das vazões Q10, Q25, Q50, Q75 e Q90 diárias, comparação entre curvas de permanência dos fluxos da série histórica completa observada na estação fluviométrica em Foz de Juruena do rio Juruena e aquelas diários sob influência dos eventos El Niño, La Niña.....	82
Figura 35 - Os valores das vazões Q10, Q25, Q50, Q75 e Q90 diárias e comparação entre curvas de permanência dos fluxos da série histórica completa observada na estação fluviométrica em Gavião do rio Juruá e aquelas diárias sob influência dos eventos El Niño, La Niña.....	83
Figura 36 - Os valores das vazões Q10, Q25, Q50, Q75 e Q90 diárias e comparação entre curvas de permanência dos fluxos da série histórica completa observada na estação fluviométrica em Fazenda vista Alegre do rio Madeira e aquelas diárias sob influência dos eventos El Niño, La Niña.....	84
Figura 37 - Os valores das vazões Q10, Q25, Q50, Q75 e Q90 diárias e comparação entre curvas de permanência dos fluxos da série histórica completa observada na estação fluviométrica em Berruri do rio Purus e aquelas diárias sob influência dos eventos El Niño, La Niña.....	85
Figura 38 - Os valores das vazões Q10, Q25, Q50, Q75 e Q90 diárias e comparação entre curvas de permanência dos fluxos da série histórica completa observada na estação fluviométrica em Altamira do rio Xingu e aquelas diárias sob influência dos eventos El Niño, La Niña.....	86
Figura 39 - Os valores das vazões Q10, Q25, Q50, Q75 e Q90 diárias e comparação entre curvas de permanência dos fluxos da série histórica completa observada na estação fluviométrica em Guajará-mirim do Rio Mamoré e aquelas diárias sob influência dos eventos El Niño, La Niña.....	87
Figura 40 - Os valores das vazões Q10, Q25, Q50, Q75 e Q90 diárias e comparação entre curvas de permanência dos fluxos da série histórica completa observada na	

	estação fluviométrica em Itaituba do rio Tapajós e aquelas diárias sob influência dos eventos El Niño, La Niña.....	88
Figura 41 -	Imagens deploráveis mostrando perda de pesca, desmatamento, mudanças no uso da terra causada por fenômenos climáticos do tipo ENOS.....	93
Figura 42 -	Imagens simuladas mostram o efeito do El Niño na floresta amazônica.....	94

LISTA DE TABELAS

Tabela 1	- Os afluentes com as informações de suas estações analisadas.....	36
Tabela 2	- Os afluentes com as informações de suas estações analisadas.....	37
Tabela 3	- Descargas produzidas por área de drenagem dos sistemas fluviais Setentrionais e Ocidentais.....	55
Tabela 4	- Descargas produzidas em relação à área de drenagem dos sistemas fluviais da margem direita.....	57
Tabela 5	- Tempo de permanência das vazões abaixo e acima da média histórica dos afluentes da parte esquerda e principal da Bacia Amazônica.....	67
Tabela 6	- Tempo de permanência das vazões abaixo e acima da média histórica dos afluentes da margem direita da Bacia Amazônica.....	68
Tabela 7	- Valores comparativa do tempo de permanência das vazões abaixo e acima da média dos sistemas fluviais das margens esquerda e central, durante a vigência dos fenômenos El Niño e La Niña.....	70
Tabela 8	- Valores comparativa do tempo de permanência das vazões abaixo e acima da média dos sistemas fluviais das margens do hemisfério sul durante a vigência dos fenômenos El Niño e La Niña.....	73
Tabela 9	- Os valores das vazões Q10, Q25, Q50, Q75 e Q90 diários sob influência dos eventos El Niño na margem esquerda e oeste.....	89
Tabela 10	- Os valores das vazões Q10, Q25, Q50, Q75 e Q90 diários sob influência dos eventos La Niña na margem esquerda e Oeste.....	89
Tabela 11	- Os valores das vazões Q10, Q25, Q50, Q75 e Q90 diários sob influência dos eventos El Niño na margem direita.....	90
Tabela 12	- Os valores das vazões Q10, Q25, Q50, Q75 e Q90 diários sob influência dos eventos La Niña na margem direita.....	91

LISTA DE SIGLAS

ADM	Acúmulos de Desvios da Média
ANA	Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico
AP	Antes do Presente
ATSM	Temperatura da Superfície do Mar
CPC	Climate Prediction Center
ENOS	El Niño Oscilação Sul
E-W	Leste e oeste
GCUB	Grupo de Cooperação Internacional de Universidades Brasileiras
GEE	Gases de Efeito Estufa
IPCC	Intergovernmental Panel on Climate Change
km ²	Quilómetro quadrado
Ma	Milhões de anos
OEA	Organização dos Estados Americanos
ONI	Oceanic Niño Index
PMNM	Pressão Média ao Nível do Mar
SOI	Índice de Oscilação Sul

LISTA DE VARIÁVEIS UTILIZADAS

A	Área de drenagem em km^2
Ga	Unidade de tempo equivalente a um bilhão de anos
Q	Vazão, em volume
Qe:	Produção de descarga por área em $\text{m}^3/\text{s}/\text{km}^2$
Qi	Vazão no ano i
Qma	Média aritmética da vazão na série hidrológica

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	15
1.1 ASPECTOS GERAIS DA BACIA AMAZÔNICA.....	16
1.2 HISTÓRIA GEOLÓGICA DA REGIÃO	17
1.3 UNIDADES MORFOESTRUTURAIS DA HISTÓRIA GEOLÓGICA DA BACIA	25
1.4 MUDANÇAS E VARIABILIDADE CLIMÁTICA.....	27
1.5 SISTEMAS FLUVIAIS DA BACIA AMAZÔNICAS.....	29
1.6 FENÔMENO DO ENOS	31
2 OBJETIVOS.....	33
2.1 OBJETIVO GERAL	33
2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	33
3 MATERIAL E MÉTODOS	34
3.1 LEVANTAMENTOS HIDROLÓGICOS E DETERMINAÇÃO DAS ESTAÇÕES DE MONITORAMENTO	34
3.2 SETORIZAÇÃO DOS SISTEMAS FLUVIAIS E CARACTERÍSTICAS DAS ESTAÇÕES..	35
3.4- ANÁLISE DA VARIABILIDADE MENSAL.....	38
3.4- PRODUÇÃO DESCARGA POR ÁREA	38
3.5 TRATAMENTOS DOS DADOS ASSOCIADOS AOS EPISÓDIOS EL NINO E LA NINA .	39
4 RESULTADOS E DISCUSSÕES.....	40
4.1 ANÁLISE DO COMPORTAMENTO DOS PRINCIPAIS SISTEMAS HIDROLÓGICOS DA BACIA AMAZÔNICA	40
4.1.1- Variabilidade semestral das vazões dos sistemas fluviais da borda.Norte..	40
4.1.2- Variabilidade semestral das vazões dos sistemas fluviais da borda.sul.....	49
4.1.3- Variabilidade semestral das vazões dos sistemas fluviais ocidentais.....	53
4.2- DESCARGAS PRODUZIDAS POR ÁREA.....	55
4.3- DINÂMICA DOS SITEMAS FLUVIAS E O EFEITO DO ENOS.....	58
4.4 ESTUDO DO TEMPO DE PERMANÊNCIA DO FLUXO E AS RELAÇÕES Q.....	67
4.5 IMPACTOS DO EL NIÑO OSCILAÇÃO SUL NO TEMPO DE PERMANÊNCIA DO FLUXO FLUVIAL	70
4.6-A INFLUÊNCIA DO ENOS E SUAS CONSEQUÊNCIAS EM VÁRIAS PARTES DA BACIA AMAZÔNICA	93
5 CONCLUSÃO.....	96
REFERÊNCIAS	98

1 INTRODUÇÃO

Tendo uma importância nobre à escala global tanto pela sua biodiversidade, sua complexidade climática, superfície de drenagem e vazão (AB’SÁBER, 2004; Molinier et al., 1992) a bacia amazônica desperta interesse local e internacional nas pesquisas científicas (Limberger e Silva 2016) na área de meio ambiente, recursos naturais e todos os demais problemas que esse gigantesco ecossistema enfrenta (AB’SÁBER, 2004; MALHI et al., 2008; LIMBERGER e SILVA 2016).

Graças à sua imensa rede hidrográfica, a bacia tem um elevado potencial e excelentes utilizações para a agricultura, pecuária, abastecimento e produção de energia hidroelétrica (LEANDRO TOCANTINS, 1988; ESPINOZA et al. (2009a). Além disso, a dinâmica de seus sistemas fluviais é um elemento perceptível no ciclo hidrológico e na massa de terra, obviamente deve regular o lançamento de água doce no Oceano Atlântico (Filizola et al., 2002; Oki e Kanae, 2006), a extensão das zonas úmidas (Papa et al., 2010) e logicamente as trocas entre a superfície e a atmosfera de água, energia e gases como o metano (GEDNEY et al., 2004). No entanto, o aquecimento global e a variabilidade climática influenciam a Bacia Amazônica (UVO et al., 2000; CAMPETELLA e VERA, 2002; REBOITA et al., 2010; DAVIDSON et al., 2012; GLOOR et al. 2013; MOREIRA et al., 2018; FELIX NETO et al., 2021; JIMENEZ et al., 2019).

El Niño e La Niña, eventos meteorológicos correspondem ao aquecimento e resfriamento das águas do Oceano Pacífico, sendo os fenômenos climáticos que criam anomalias de mudanças na circulação zonal de Walker ao longo da bacia amazônica e favorecem a subsidência de movimentos anormais sobre parte da região (KAYANO et al., 1988; ANDREOLI et al., 2012; ANDREOLI et al., 2017; ANDREOLI et al., 2019), e afetando os regimes hidrológicos (OLIVEIRA et al. 2015; SILVA 2015; MARENGO, 2003; MARENGO et al 2010; REBOITA et al 2010; SANTOS et al., 2011; BARICHIVICH et al. 2018).

Eventos extremos de chuva causados pela La Niña alteram significativamente o fluxo do rio e são frequentes (BORMA et al., 2013; LIMBERGER e SILVA 2016), causando inundações e terríveis perdas e danos sob vários pontos de vista (MEEHL et al. 2007; ALVES e MARENGO 2010). Os episódios de seca aguda (Barichivich et al., 2018; Marengo e Espinoza, 2016) causados pelo El Niño também são preocupações sérias e alarmantes que afetam e

perturbam o ritmo de vida dos habitantes da Amazônia (Borma et al., 2013), animais aquáticos, navegação, geração de energia hidrelétrica, propagação de incêndios, que afetam a biodiversidade e a produção de poluentes na atmosfera (MELACK e COE 2013).

As mudanças climáticas e hidrológicas, marcas humanas no habitat ou perturbação antropogênica, impactos ecológicos cumulativos desfavoráveis, como a construção de barragens (Forsberg et al., 2017; Latrubesse et al., 2017), desmatamento (Arias et al., 2020; Coe et al., 2009; Gutierrez-Cori et al., 2021; Leite-Filho et al., 2020; Leite et al., 2012), incêndios (Aragão et al., 2008; Libonati et al., 2021) e mineração (Abe et al., 2019), são susceptíveis amplificar ainda mais as inundações das planícies de inundação e alterar as condições ecológicas associadas nos ecossistemas no futuro (MELACK e COE 2013; JIMENEZ et al., 2019; ABE et al., 2019).

É neste contexto que este estudo nasceu a fim de contribuir para a compreensão do comportamento hidrológico da Bacia Amazônica, avaliação em larga escala das ações de fenômenos climáticos do tipo ENOS na dinâmica dos principais sistemas fluviais. Além disso, propor métodos adequados de monitoramento e alerta precoce contra possíveis efeitos das variações, da Oscilação El Niño, La Niña sobre o regime hidrológico, na planície fluvial e em geral sobre as condições de vida dos habitantes da bacia amazônica.

1.1 ASPECTOS GERAIS DA BACIA AMAZÔNICA

A Bacia Amazônica desempenha um papel importante para o ciclo hidrológico através de enormes reservas e fluxos de água (FREITAS, 2006; JUNK et al., 2011; REIS et al., 2019). O bioma Amazônia da região abriga aproximadamente 40% da floresta tropical do mundo, 15% da biodiversidade terrestre (HUBBELL et al., 2008; MARENCO et al., 2018).

Segundo Pan et al., (2011) a floresta sempre atuou como sumidouro de carbono. Além disso, as águas superficiais da área são uma importante fonte de dióxido de carbono (Abril et al., 2014; Amaral et al., 2020; Guilhen et al., 2020; Raymond et al., 2013) e a grande fonte geográfica natural de metano nos trópicos (KIRSCHKE et al., 2013; PANGALA et al., 2017; PISON et al., 2013).

A bacia amazônica não abrange somente parte das terras brasileiras, mas também porções dos territórios do Peru, Colômbia, Equador, Venezuela Guiana e Bolívia, ocupando 6.1 10^6 km² e é responsável por cerca de 15-20% do fluxo de água doce continentais (MOLINIER

et al., 1995; FILIZOLA e GUYOT 2009). No Brasil essa bacia abrange 3,8 milhões de km², envolvendo sete estados: Acre, Amazonas, Roraima, Rondônia, Mato Grosso, Pará e Amapá. Do total da área envolvida, 63% estão em território brasileiro, 16% no Peru, 12% na Bolívia, 5,6% na Colômbia, 2,4% no Equador, 0,7% na Venezuela e 0,2% na Guiana (MOLINIER et al., 1995).

Geomorfologicamente a planície Amazônica está localizada entre o Escudo das Guianas ao norte e o escudo Brasileiro, ao sul, (Cunha et al.,2007) sendo delimitada a oeste pela cordilheira dos Andes e a leste, pelo oceano Atlântico (MENIN, 2021). Entre os Andes e os escudos antigos, os limites da bacia não são muito marcados e fenômenos de defluência são observados: no Norte com o Orinoco (STERNBERG, 1975) e no Sul em direção ao Rio Paraguai (MATOS, 1937 e SIOLI, 1967;MOLINIER et al 1995).

1.2 HISTÓRIA GEOLÓGICA DA REGIÃO

Os estudos geológicos da região sempre despertam um assunto de ampla discussão (Cunha et al., 2007) e até mesmo controverso. Segundo alguns autores, sua história geológica inicia-se no Arqueano (3200-2600 Ma) com a formação dos cinturões de rochas verdes (pré greenstones belts), durante o desenvolvimento do Evento Guriense. Além disso, uma série de análises de vários aspectos da formação geológica da região Amazônica e a divisão da evolução geológica da plataforma brasileira foram realizadas por Almeida (1967;1969).

Durante o Fanerozóico, a Bacia Amazônica experimentou 3 estágios principais durante sua evolução: Plataforma Transicional (500-450 Ma), Plataforma Estável (450-220 Ma), com subfases Grandes Sinéclises Paleozóicas (450-250 Ma) e Mega Desertos (250-220 Ma) e Plataforma Reativada (220-0 Ma) com subfases: Rifteamentos (220-98 Ma) e Deriva Continental (98-0 Ma). Os Rifteamentos podem ser divididas em I (220-140 Ma), II (140-110 Ma) e III (113-98 Ma) (ALMEIDA, 1969), refletindo áreas diferentes de ruptura dos supercontinentes Pangea e Gondwana. (ALMEIDA, 1969; CORDANI et al. 1984; CUNHA et al., 2007).

O processo sedimentar fanerozóico da bacia desenvolveu-se graças ao suporte ou substrato proterozóico (CORDANI et al. 1984; CUNHA et al., 2007; ALMEIDA, 1969). Este evento é uma das etapas de idade pré-cambriana é a maior entidade tectônica e corresponde aos

dois principais eventos pré-cambrianos: o Escudo das Guianas, ao norte da Amazônia bacia, e o Escudo Brasil-Central, ao sul desta bacia (ALMEIDA, 1978).

A faixa móvel ocidental, formada por rochas graníticas e metamórficas, é denominada Faixa Móvel Ventuari-Tapajós e a faixa móvel oriental, também constituída por rochas graníticas e metamórficas, designa-se Faixa Móvel Maroni-Itacaiúnas é a mais antiga (CUNHA et al., 2007). O segundo evento inverteu-se no Neoproterozóico, mas foi o construtor de vários cardumes, incluindo o Gráben do Ca-chimbo. O cráton amazônico representa uma das maiores e menos conhecidas áreas pré-cambrianas do mundo. É uma das principais unidades tectônicas da América do Sul (cerca de 4.500.000 km²). Sabe-se que tal evento é conhecido pelo nome Ciclo Orogênico, Orogenia ou Colagem Brasileiro (ALMEIDA, 1969).

Durante os eventos tectônicos paleozoicos, estruturas ígneas foram geradas para controlar a arquitetura global da América do Sul, as intrusões e as dos mares epicontinentais, com consequente influência nas fácies e ambientes deposicionais relacionados às variações eustáticas do nível do mar, e não é diferente no Mesozóico e no Cenozóico (CUNHA et al., 2007). Após vários outros eventos como; a orogenia Brasileiro/Pan-Africano, a reativação de antigas áreas de fraqueza pré-cambrianas massas magmáticas foram resfriadas, levando à subsidência térmica regional e ao desenvolvimento de sinéclise intracontinental (ALMEIDA, 1967; CUNHA et al., 2007)

Essas assembleias ou colagens foram produzidas em diversos locais distintos da América do Sul e continente africano entre/ou através do Neo-Proterozóico e Cambriano no intervalo 890-490 Ma, levando à formação do super-contidente Gondwana (CUNHA et al., 1994; 2007; TEIXEIRA, 2001; L.A. BIZZI et al., 2003; ALMEIDA, 1967; MENIN 2021).

Na fase de transição, ou seja, de idade cambriana a ordoviciana, também chamado de paraplataforma Eopaleozóica (Almeida, 1967; 1969), houve uma diminuição dos processos de dobramentos, passando-se a predominância de falhamentos como o agente gerador de fossas intermontanas, antifossas. Rochas ou materiais sedimentares de diversas naturezas, associadas a um grande volume de intrusões de diques e soleiras de Diabásio Mesozóicos e e um Mesozóico-Cenozóica sedimentar, detríticos eminentemente continentais, e material vulcânico invadiu locais ou bacias marginais, mas a maioria era meio ácido (CUNHA et al., 1994; 2007).

Posteriormente, as sequências sedimentares se tornaram perceptíveis por uma calma tectônica e estável que prosseguirá sob eventos (do Siluriano ao Permiano e do Triássico ao

Jurássico); ou formam-se grandes sinéclises paleozóicas, independentes das estruturas locais subjacentes, que passam a sofrer transgressões e regressões marinhas. Arcos regionais se formam isostaticamente em resposta à subsidência das sinéclises, circundando e separando as mesmas. Além disso, a calma tectônica é extrema e a plataforma como um todo sofre uma subida, não favorecendo o acúmulo e retenção de sedimentos (ALMEIDA, 1967; 1969).

Nesta etapa, o estudo de Cunha et al., (2007) fala da Megassequência Paleozóica que é dividida em quatro sequências de segunda ordem como a Sequência Ordoviciano-Devoniana, a Sequência Devono-Tournaisiana, a Sequência Neovisada e a Sequência Pen-Silvaniana-Permiana. Ao longo de suas sequências, vários outros eventos ocorreram, grandes rupturas sedimentares, decorrentes de eventos tectônicos atuando nas bordas da placa de Gondwana retratados pelas expressivas discordâncias regionais que as separam. Mudanças de categoria hierárquica (de membro para formação de outras sub-bacias, ou provocação de desvio entre sub-bacias) e deslocamento para outros grupos ao longo da bacia amazônica, implicariam em um intervalo de tempo de amplitude mínimo variando entre 7 Ma e 16 Ma, conforme à escala geocronométrica aceita para o Devoniano (CUNHA et al., 2007).

Desvios equivalentes também foram observados em outras bacias paleozóicas no Brasil (Parnaíba e Paraná) e na Bolívia. Além disso, vários ciclos deposicionais de natureza transgressiva-regressiva ocorreram na Sinéclise Amazônica, durante o Neocarbonífero. As manifestações magmáticas foram inicialmente agrupadas em um único evento, com idade entre 170 e 220 Ma. Como a formação de dutos norte-sul para intrusões permo-jurássicas relaciona-se ao término dos esforços de Gondwanide, o processo de separação das placas Africana e Sul-Americana.

Segundo Menin (2021), durante o Paleozoico, a bacia sedimentar amazônica passou por um grande período de erosão, seguido por uma fase de intenso magmatismo e movimentos tectônicos. Entre limite do Cetáceo média superior, ocorre a deposição dos sedimentos continentais e marinho da formação Alter do Chão entre o meio e final do Cretáceo, que possui depósitos de origem marinha. Os Andes estavam nos primeiros estágios de formação, mas a rede de paleodrenagem do Alter do Chão fluía em direção a leste.

O final do Paleozoico e início do Mesozoico é marcado, na Bacia do Amazonas, pela Orogênese Gondwanide, relacionada à colisão dos continentes Laurussia e Gondwana, que provocou uma forte atividade plutônica que resultou em uma gigantesca cobertura de dia básico.

Em consequência desta colisão, esforços com pressionais de direção norte-sul provocaram fraturamentos e soerguimentos no embasamento, assim a região, que antes era terra mudou de configuração (CUNHA et al., 1994; TEIXEIRA, 2001; L. A. BIZZI et al., 2003).

Após a ruptura de Gondwana (inclusive proto - África / América do Sul) e a abertura do oceano Atlântico, durante o Mesozoico, a Placa Sul-americana se movimentava a oeste, onde houve colisão com a placa pacífica Nazca, o que causou o levantamento dos Andes. Com o levantamento dos Andes uma grande bacia foi criada em um lago fechado, agora conhecida como a Bacia do Solimões. Dentro dos últimos 5-10 milhões de anos, está acumulação de água rompeu o Arco de Purus, juntando-se em um fluxo único em direção ao leste do Atlântico, o qual ajudou a formar (o oceano Atlântico surgiu do processo de afastamento das placas Sul-Americana e Africana) (ANDRADE e CUNHA, 1971).

Durante o Cenozoico, de acordo com os eventos geológicos mais estudados na região amazônica, vários fatos ocorreram ao longo do Mioceno (entre 5 e 25 milhões de C.C.). Esses eventos, ocorridos nas regiões oeste e noroeste da Amazônia, fornecem dados sobre a penetração do Oceano Pacífico e do Caribe no interior da Amazônia, como por exemplo da tempestade dos Andes e da formação do atual sistema de drenagem do rio da Bacia Amazônicas. Mudanças profundas na topografia, ambiente e padrões de drenagem dos rios. Além disso, as alterações combinadas no nível do mar e na tectônica levaram a transgressões marinhas na bacia do alto Amazonas durante o Mioceno.

De acordo Almeida (1967;1969), os eventos típicos desse tipo de margem (subducções, arcos magmáticos, colagens, deformação compressional) tenham ocorrido intermitentemente ao longo dessas duas eras, e em pontos específicos dessa extensa região, duas fases orogênicas podem ser destacadas: A fase pré-Andina (evento 42) engloba vários eventos orogênicos entre o Cretáceo e o Paleoceno tais como a fase Mochica (evento 42a, fase Peruana (evento 42be a colisão e acreção do terreno Cordilheira Ocidental na Colômbia (evento 42c, 74-65 Ma).

A Orogenia Andina apresenta dois picos de atividade tectônica, a fase Incaica (49-34 Ma) (evento 43), devida às altas taxas de convergência entre as Placas Farallon e Sul-Americana (Neo-Eoceno no Chile e Peru) (Meso a Neo-Eoceno) (49-42 Ma na Colômbia); e a fase Quechua do Neo-Oligoceno ao Recente (26-0 Ma) (evento 44); (Ramo). Há 25 Ma a Placa Farrallon se rompeu em outras duas, Nazca e Cocos, e a convergência entre Nazca e América do Sul passou a ser ortogonal ensejando a fase Quechua. Adicionalmente, também há 45 Ma,

iniciou-se a subducção ortogonal da Placa do Caribe por sob a Placa Sul-Americana, ensejando com isto o desenvolvimento da Orogenia Caribenha no norte da Venezuela (evento 46, vide adiante) um pico notável de atividade concentrada em 11 Ma. Esta última fase corresponde à deformação, soergimento e erosão da Cordilheira (ALMEIDA, 1967;1969).

A Bacia Sedimentar do Amazonas é intracratônica, abrangendo parte dos estados do Amazonas e Pará, compreende de Oeste para Leste as Sub-Bacias do Alto, Médio e Baixo Amazonas, separadas, transversalmente, do embasamento pelos Arcos de Iquitos, Purus, Monte Alegre e Gurupá. Esta bacia limita duas principais áreas de embasamento arqueano-Proterozoica; O Escudo das Guianas, e o Escudo Brasil-Central, ao Sul daquela bacia (ALMEIDA et al., 1981).

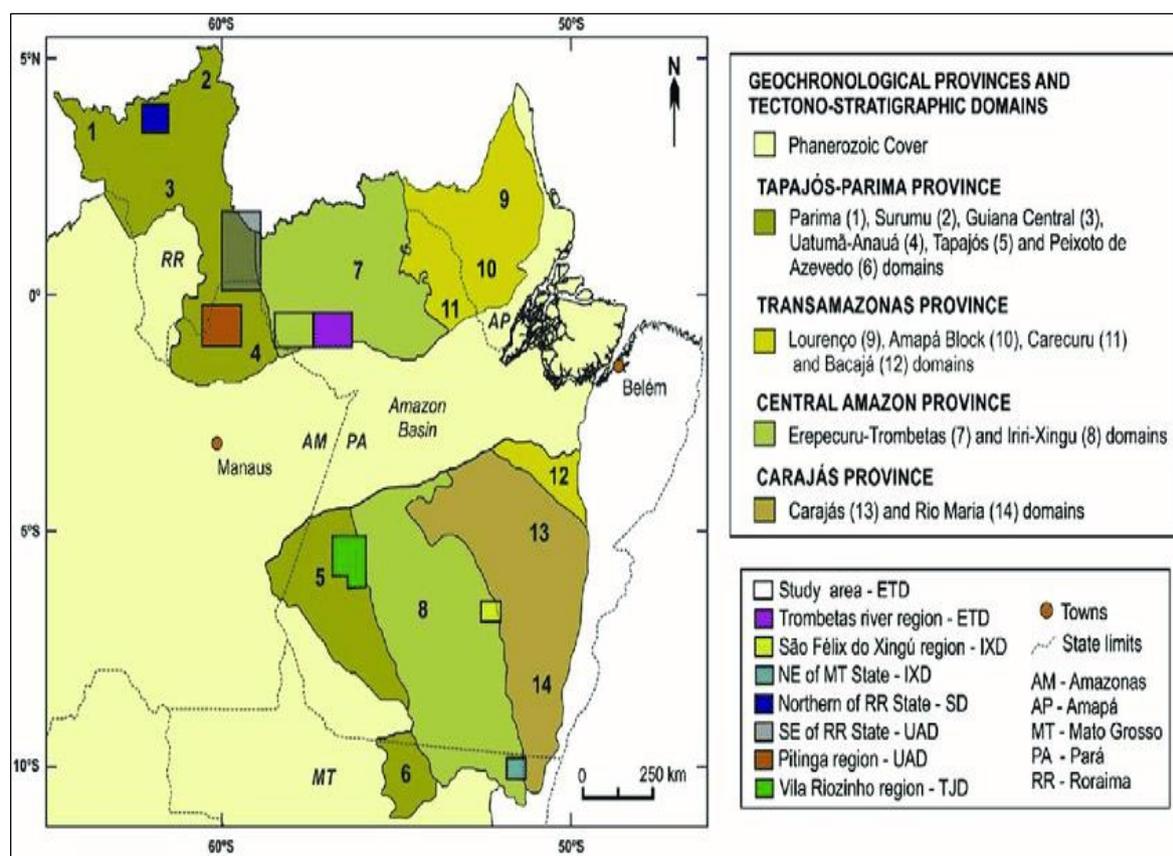
O Escudo da Guiana representa o componente norte do Cráton Amazônico (Almeida et al., 1981), com uma área de aproximadamente 1,5 milhão de km², que é formado por diferentes províncias tectônico-geocronológicas (Tassinari e Macambira, 2004; Santos et al., 2006; Cordani et al., 2009) e domínios caracterizados por associações geológicas específicas, idades, feições estruturais e assinaturas geofísicas (Reis et al., 2003, 2006; Vasquez e Rosa-Costa, 2008) é um dos principais segmentos pré-cambrianos do Gondwana Ocidental (ROSA COSTA et al., 2006).

A porção oriental do Escudo das Guianas consiste em um cinturão Paleoproterozóico excepcionalmente grande, com mais de 1.200 km de comprimento e 400 km de largura, tornando-o um dos maiores domínios Paleoproterozóicos do mundo. Este cinturão se estende desde o norte do Brasil para o leste da Venezuela, incluindo Guiana Francesa, Suriname e Guiana, e combina com o orógeno Eburne no Cráton da África Ocidental (ONSTOTT e HARGRAVES, 1981; ONSTOTT et al., 1984; LEDRU et al., 1994). O padrão geocronológico desta o cinturão mostra que sua evolução ocorreu durante o ciclo orogênico Transamazônico (2,26–1,95 Ga), principalmente na época Rhyacian (GRUAU et al., 1985).

Este orógeno transamazônico corresponde a uma notável província geocronológica do Cráton Amazônico, denominada Maroni-Itacaiúnas (Cordani et al., 1979; Tassinari e Macambira, 2004) ou Transamazônica (Santos et al., 2000), que foi acrescida a uma província arqueana não afetada por orógenos pós-arqueanos, a Amazônia Central ou Província de Carajás. Apesar das dificuldades de acesso ao campo, devido à densa floresta tropical e espessa cobertura do solo desenvolvida sobre o substrato pré-cambriano, o conhecimento geológico

deste cinturão Paleoproterozóico foi consideravelmente aprimorado nos últimos anos. Especialmente na Guiana Francesa, onde rochas arqueanas preservadas são desconhecidas, mapeamento e programa geocronológico levaram ao entendimento a evolução geodinâmica de domínios juvenis durante o ciclo orogênico Transamazônico (Vanderhaeghe et al., 1998; Delor et al., 2003a, b). No entanto, em relação aos domínios mais ensialicos, mesmo que os protólitos arqueanos tenham sido amplamente reconhecidos, como citado acima, a natureza, a extensão geográfica dos segmentos arqueanos e suas relações com os domínios paleoproterozóicos permanecem pouco compreendidas. Além disso, a ocorrência de crosta arqueana retrabalhada promoveu um amplo debate sobre a localização da fronteira entre as províncias geocronológicas arqueana e paleoproterozóica do Cráton amazônico oriental (Figura 1).

Figura 1 - Esquema representativo os domínios Transamazônicos, Províncias geocronológicas e domínios tectonoestratigráficos da porção central do Cráton Amazônico



Fonte: Rosa-Costa et al. (2006); Reis et al. (2006); Leal Rafael et al. (2018).

Deve-se enfatizar que todos os eventos de 17 a 53 (pós-220 Ma) são resultado direto do rompimento do supercontinente Pangea, seguido pela ruptura do Gondwana e complementada pela separação continental entre a África e a América do Sul. Posteriormente, após a cessação das fortes tensões distensionais, as bacias sedimentares brasileiras teriam sofrido, variadamente,

episódios renovados de magmatismo, tanto toleíticos como outros com forte influência crustal (magmas alcalinos, basáltico-alcalinos e graníticos), episódios de soerguimento e erosão (com desenvolvimento de superfícies de peneplanização), episódios de retomada de subsidência flexural com sedimentação continental associada nas sinéclises paleozóicas e episódios de deformação estrutural de intensidade e natureza variadas (ALMEIDA, 1967: 1969).

O Amazonas e seus tributários, gradualmente esculpiram a bacia atual da Amazônia composta de planaltos, planícies e depressões (COSTA et al., 2001). O rio Amazonas também foi profundamente escavado durante períodos glaciais. Posteriormente, os sedimentos andinos transportados formaram suas áreas inundáveis e elevaram o nível de seu leito. Atualmente, a profundidade média do rio Amazonas durante a cheia é de 30 a 50 m, sendo raras áreas com profundidades superiores a 100 m, que provavelmente são canyons fósseis formados durante os períodos glaciais do Pleistoceno (MENIN 2021).

Durante a elevação do nível do mar para cerca de 100 metros no Quaternário e Terciário, a floresta amazônica se fragmentou em inúmeras ilhas e arquipélagos nas terras altas, onde plantas e animais se diferenciaram por especiação alopapínica durante períodos de isolamento geográfico. Supõe-se que as altas cordilheiras da Venezuela e da Guiana foram temporariamente separadas durante este período e alguns arquipélagos se formaram na Amazônia Central. A floresta isolada por transgressões marinhas passou por um processo de reexpansão à medida que o nível do mar baixava e os animais se dispersavam. De acordo com a topografia atual, um aumento de 100 metros no nível do mar poderia produzir transgressões marinhas do Oceano Atlântico através do Amazonas, Orinoco e Branco. A grande área formada entre os rios Solimões e Negro e no baixo rio Branco poderia ser totalmente coberto pelo mar.

As sequências pré-cambrianas fazem parte do Cráton do Guaporé e do Guianês que, possivelmente, foram separados no final do pré-cambriano para a formação da Bacia do Amazonas (SANTOS, 1981). O substrato Proterozoica é constituído por faixas móveis acrescidas a um núcleo mais antigo denominado Província Amazônia Central (CORDANI et al., 1984). Este cráton se compõem de fragmentos pré-cambrianos, provavelmente micro continentes associados à formação do supercontinente arqueano Atlântica, é coberto por diversas bacias fanerozóicas a Nordeste (Maranhão), Sul (Xingu e Alto Tapajós), Sudeste (Parecis), Oeste (Solimões), Norte (Tacutu) e centro (Amazonas) (SANTOS et al., 2000; SANTOS, 2003).

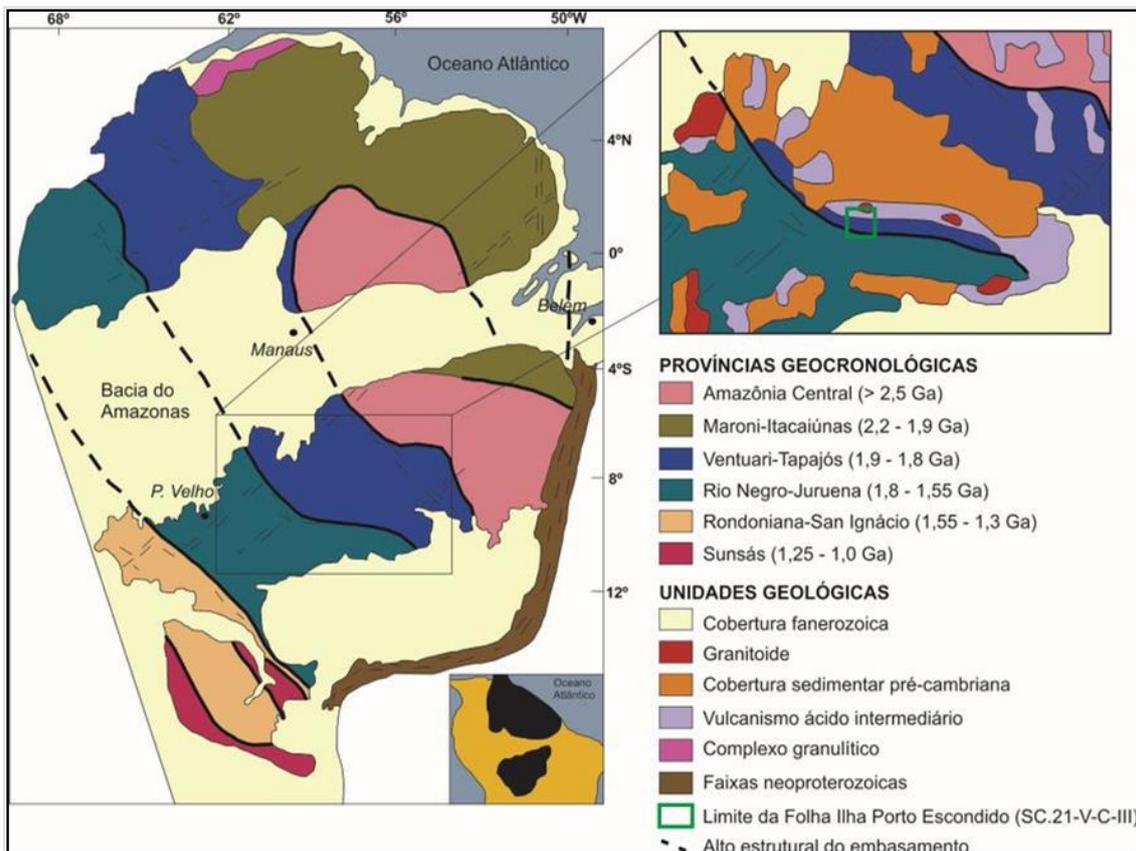
Possivelmente, o *rift* precursor do Amazonas teve origem devido a esforços compressionais na direção Leste-Oeste controlados pela reativação de fraturas pré-cambrianas e esforços de alívio norte-sul. Logo após, houve o resfriamento das massas plutônicas e o desenvolvimento de uma sinéclise intracontinental, predominância de movimentos verticais e atividade vulcânica continental associados à sedimentação em onlap a partir do Neo Ordoviciano, originando assim, a sucessão sedimentar da Bacia do Amazonas que se inicia com o Grupo Purus (SANTOS, 1981; PETRI et FÚLFARO, 1988).

Os processos de subsidência iniciaram-se no Ordoviciano superior, resultando na deposição dos arenitos da base do Grupo Trombetas. A seguir, a região foi invadida pelo mar proveniente do Leste, que depositou o restante do Grupo, no Devoniano inferior. O Grupo Trombetas é constituído pelas formações: Altás-Mirim, Nhamundá, Pitinga e Manacapuru (CUNHA et al., 1994).

Este Grupo assenta-se em discordância ao Grupo Purus (PETRI e FÚLFARO, 1988; CUNHA et al., 1994). Novo ciclo transgressivo-regressivo ocorreu na bacia, posterior à discordância relacionada à Orogenia Caledoniana, originando os sedimentos dos Grupos Urupadi formado pelas formações Maecuru e Ererê e Grupo Curuá abrangendo as Formações Barreirinha, Curiri, Oriximiná e Faro. Nesta fase, com o recuo do mar, a bacia sofreu um extenso processo erosivo (BRITO, 1979; CUNHA et al., 1994).

O escudo das Guianas compreende grande parte da superfície das Guianas, sul da Venezuela, sudeste da Colômbia e norte do Brasil. A Guiana é dividida em três regiões geológicas. A planície costeira é composta por recentes sedimentos aluvial, enquanto os depósitos sedimentares terciários mais antigos ficam ao sul. As terras altas da Guiana formam a grande seção interior. O ponto mais alto da Guiana, MT. Roraima localiza-se na fronteira com o Brasil e a Venezuela O escudo brasileiro ocupa grande parte da superfície central e sudeste do Brasil. Essas áreas são recortadas por depressões que servem como locais de depósito de sedimentos desde aproximadamente 500 milhões de anos antes do presente (A.P). Essas depressões são representadas pelas bacias sedimentares dos rios Amazonas, Solimões e Acre e são definidas por arcos estruturais. Segundo a classificação aceita atualmente (Santos, (2000) citado por Santos (2003) e Duarte, (2015), Cráton Amazônico é composto por nove províncias com diferentes idades, e, conseqüentemente, de composições minerais diferentes, as quais acabam sendo refletidas nas camadas superiores e afetam o solo e a qualidade das águas dos recursos hídricos (Figura 2).

Figura 2 - Esquema representativo do Cráton Amazônico



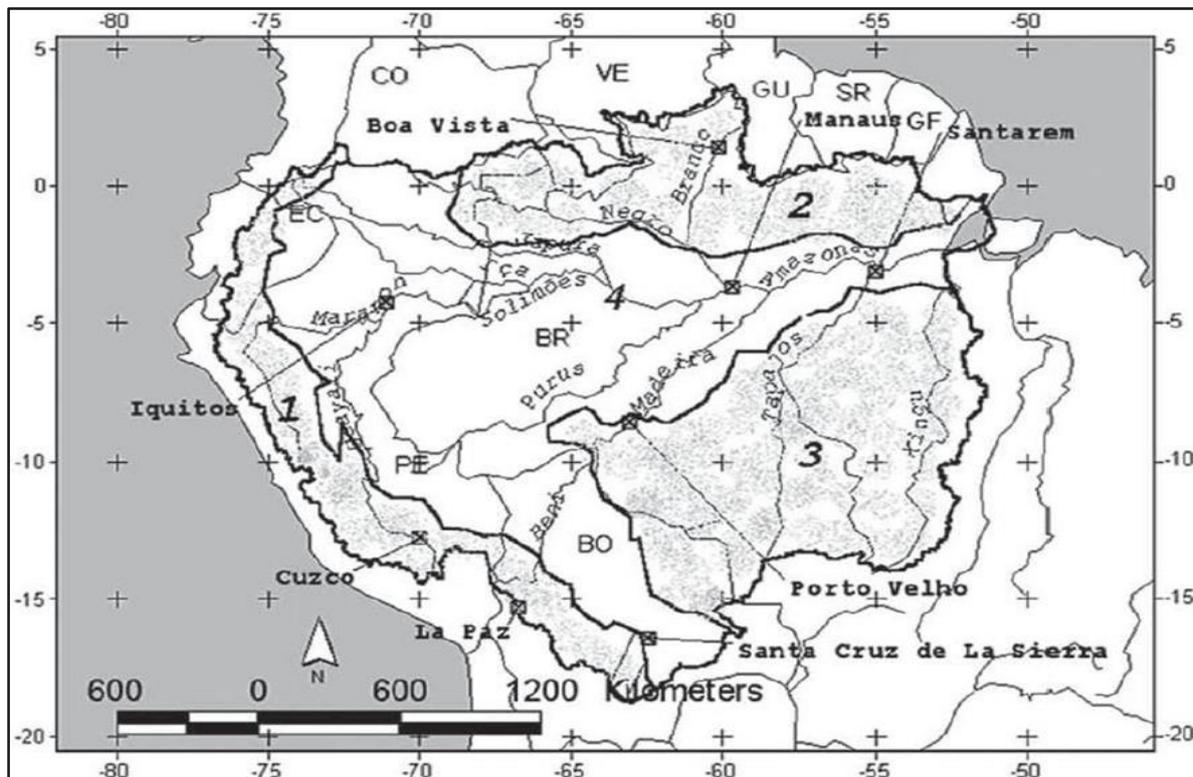
Fonte :Santos (2003); Duarte (2015).

Esta pequena história geológica apresentada neste documento é apenas uma síntese da maioria dos documentos já elaborados por outros autores dos quais eles mesmos extraíram informações ou dados parciais sobre a história geológica da região sul do continente americano. Porque, aos olhos ou no limite das ciências geológicas, nada é absoluto. Pois, todos os eventos geológicos até hoje estão incompletamente relacionados a uma escala de tempo geológica absoluta.

1.3 UNIDADES MORFOESTRUTURAIS DA HISTÓRIA GEOLÓGICA DA BACIA

Segundo Filizola, (2003); Filizola et al., (2007) ; Filizola e Guyot, (2011), a bacia amazônica apresenta 4 morfoestruturais principais: a oeste a Cordilheira Andina e representa 12% da área total, ao norte e ao sul os Escudos da Guiana e Brasileiro contém 44% da área total, e na faixa central a Planície Fluvial que cobre 44% da área total (Figura 3).

Figura 3- Unidades morfoestruturais da bacia Amazônica



Fonte: Filizola (2003); Filizola et al.,(2007); Filizola e Guyot, 2011).

A Cordilheira dos Andes possui mais de 10.000 km de comprimento, dos quais 4.000 km estão inseridos na bacia Amazônica. Sua largura varia de 200 km no Equador a 600 km na Bolívia. A altitude média é de 4000 m (FILIZOLA,1999). Os Andes são responsáveis por mais de 90% do sedimento transportado pelo rio Amazonas (SIOLI, 1984; NORDIN e MEADE, 1979; RICHEY et al.,1986).

Quando ocorreu o levantamento dos Andes, próximo a essas montanhas formaram-se verdadeiras fossas, que acumularam mais de 2.000 m de sedimentos (a Oeste do Estado do Acre e Tabatinga-AM) e mais de 7.000 m no Peru (bacias do Ucayali e Pastaza/Marañon). São sedimentos predominantemente flúvio-lacustres de natureza siltico-argilosa a arenosa e carbonática, de paleoclimas úmido a semiárido, que constituem a Formação Solimões (FEIJÓ e SOUZA, 1994; SILVA et al., 2003; EIRAS et al, 1994).

Os sedimentos da Formação Solimões depositados sobre o Cráton do Amazonas foram parcialmente laterizados (laterização imatura, Costa, (1991) durante o Pleistoceno e originaram Latossolos Amarelos (Argissolos) em relevo quase plano e mais elevado do Planalto Rebaixado da Amazônia. No Quaternário superior, falhas normais, de orientação noroeste-sudeste, estabeleceram-se, em contraposição às transcorrentes Leste-Oeste da grande calha, e condicionaram o desenvolvimento e ampliação da bacia de drenagem do Proto-Amazonas. O

contínuo soerguimento dos terrenos a oeste e sudoeste, com conseqüente assoreamento de partes baixas, e o aumento do volume de água, devido às mudanças climáticas para condições úmidas no final do Pleistoceno, forçaram a inversão do padrão de drenagem, agora de Oeste para Leste.

O divisor de águas, já fragilizado pela erosão, foi então rompido originando-se uma das mais espetaculares capturas de drenagem, e conectando-se finalmente os canais do rio Solimões com o do rio Amazonas. O rio Amazonas, agora conectado ao Solimões, começa a ser alimentado com sedimentos de fonte andina, depositando-os distalmente no seu delta no Oceano Atlântico, hoje submerso pela subida relativa do nível do mar, quando o rio então era altamente competente (COSTA et al., 2009).

O Grupo Tapajós, composto pelas Formações Monte Alegre, Itaituba e Nova Olinda é oriundo de um novo ciclo deposicional transgressivo-regressivo, ocorrido entre o Neocarbonífero e o Neopermiano, associado a mudanças climáticas de frio para quente árido. O Paleozoico encerra-se com a deposição dos siltitos vermelhos e verdes, arenitos e folhelhos da Formação Andirá (BRITO, 1979; CUNHA et al., 1994).

Os rios procedentes da Cordilheira dos Andes mostram perfis longitudinais característicos da passagem repentina de um domínio andino, com forte declividade, à planície Amazônica, com baixa declividade, como é o caso do rio Napo, no Peru, que apresenta declividade variável de 20 cm/km⁻¹, na parte andina, a 1 cm/km⁻¹, na planície fluvial, no rio Amazonas, Brasil (FILIZOLA e GUYOT, 2009).

No Escudo das Guianas, esses sedimentos possuem relevos com até 8.000 km de extensão, como as serras de Pacaraima, Roraima e Parima, com altitudes variadas e culminando no Pico da Neblina, com aproximadamente 3.000 m de altitude. Porém, no Escudo Brasileiro, que marca o limite com a bacia do rio Paraná, essas altitudes não ocorrem (FILIZOLA, 1999).

1.4 MUDANÇAS E VARIABILIDADE CLIMÁTICA

A mudança climática é hoje um dos problemas ambientais mais importantes e delicados causando um conjunto de perigos que indignou as sociedades, principalmente os ecossistemas urbanos e talvez obviamente prejudicial ou indesejado diretamente à saúde mental das populações. De acordo com o Painel Intergovernamental de Mudanças Climáticas - IPCC, (2013), as emissões antropogênicas de gases de efeito estufa (GEE) são provavelmente a principal causa do aumento da temperatura desde meados do século XX e, portanto, o principal

culpado do ambiente atual desequilíbrio. Assim, a variabilidade climática é vista como uma terminologia referente às mudanças climáticas devido às condições naturais do globo e suas interações. Para Dereczynski (2013) são oscilações periódicas do clima (naturais).

Os fatores climáticos são elementos fundamentais que caracterizam a bacia hidrográfica ou o controle da variabilidade do regime hidrológico, associados a um conjunto de outros como litologia, relevo, solos, cobertura vegetal, como precipitação, radiação solar e evaporação (TUCCI 2002).

Ao longo de sua extensão, a Bacia Amazônica apresenta relevo e clima contrastantes compreende áreas que vão desde a Cordilheira dos Andes, com altitudes de até 6.000 onde é possível se encontrar porções de clima quase polar, com temperaturas de até -25°C ; até a vasta planície fluvial, úmida e chuvosa, com temperaturas, em geral, superiores a 25°C , passando por terrenos antigos dos escudos brasileiros e das guianas com altitudes de 100 até 3.000 acima do nível do mar (FILIZOLA et al., 2006).

Além do ENOS que modificam o clima da região causando danos demonstrativos à flora e fauna, devido à ausência de precipitação em alguns locais e excesso em outros (FERREIRA et al. 2014; JUNK et al. 2011). A friagem é um evento e modifica as condições atmosféricas em um período curto, mas não modifica os padrões de Clima (GALL, 2019).

A precipitação na região Amazônica é uma composição da quantidade de água evaporada localmente (evapotranspiração), adicionada de uma contribuição de água advinda do Oceano Atlântico. Dessa maneira, pode-se estimar que aproximadamente 50% do vapor de água que precipita pelas chuvas são gerados localmente pela evapotranspiração, sendo o restante importado para a região pelo fluxo atmosférico proveniente do Oceano Atlântico (SDS, 2005).

A Bacia recebe precipitações médias anuais entre 2.300 e 2.460 mm/ano. Na parte brasileira, a distribuição sazonal das precipitações regionais individuais dá-se segundo regimes diferentes. Na porção da bacia que ocupa o hemisfério norte (Bacia do Rio Negro), o máximo pluviométrico é observado nos meses de maio a julho (FREITAS, 2006).

Já na parte sul da bacia, localizada na Bolívia, a distribuição de chuvas depende do movimento das principais massas de ar na América do Sul e do papel orográfico dos Andes. As chuvas apresentam uma distribuição sazonal homogênea, cuja estação chuvosa tem início em dezembro e fim em março (ROCHE, et al.,1992).

Na planície adjacente aos Andes bolivianos, os valores de precipitação crescem de 600 mm ao sul até 2000 mm/ano na direção norte, mas, um pouco antes desta planície e sobre o primeiro relevo dos Andes, são observadas precipitações de mais de 6000 mm/ano. Na parte

ocidental, equatorial da bacia, e principalmente sobre os contrafortes dos Andes peruanos, equatorianos e colombianos, o regime sazonal das precipitações é caracterizado por uma distribuição bimodal (JOHNSON, 1976).

A vazão dos rios varia consideravelmente dependendo da distribuição sazonal da chuva. Quando as precipitações são intensas, a quantidade de água que chega simultaneamente ao rio pode ser superior à sua capacidade de drenagem, transbordando a de seu canal normal resultando em inundações de áreas ribeirinhas. Quando a quantidade de água por sua vez é menor do que a condição normal de drenagem, a linha de água pode ficar sob o leito inferior do rio (TUCCI, 2002).

As condições de precipitação na região são complexas e extremamente importantes para o entendimento do regime hidrológico. Dentre um dos componentes que interferem nas condições climáticas da Amazônia, destacam-se os fenômenos do tipo ENOS (TUCCI, 2007).

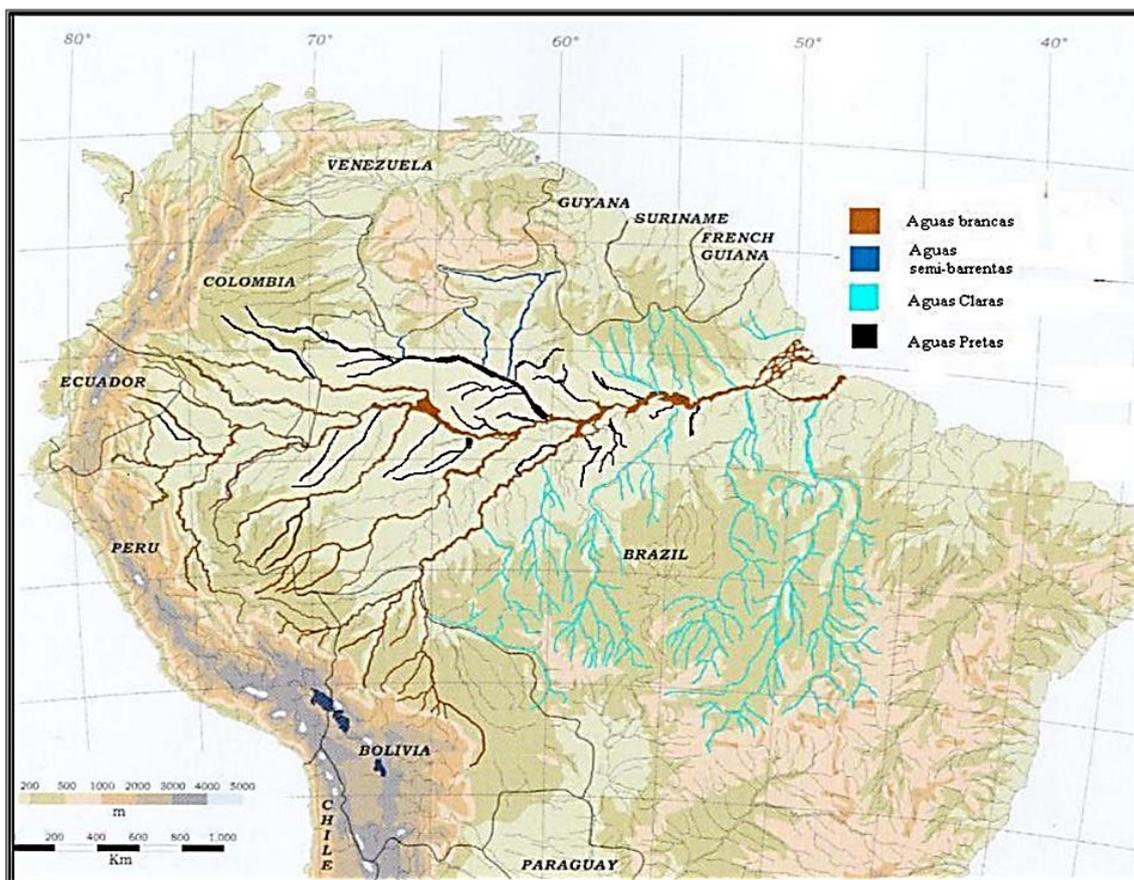
1.5 SISTEMAS FLUVIAIS DA BACIA AMAZÔNICAS

A bacia é drenada por uma densa rede de cursos de água de variadas dimensões. Segundo a classificação feita Menin (2021) destacam-se quatro (4) tipos de águas nos rios da bacia, baseando as cores nos aspectos da estrutura geológica e pedológica da origem dos rios. Dessa forma, são observadas águas brancas e semi-barrentas, águas claras e águas pretas. Águas brancas e semi-barrentas são encontradas, principalmente, nos rios Solimões, Amazonas, Juruá, Purús, Javari, Madeira, que têm origem nos Andes, onde de forma geral, os rios são geologicamente jovens e ainda estão escavando o seu próprio leito e, conseqüentemente, promovem um elevado grau de erosão fluvial. As suas águas são altamente turvas, de cor amarela a ocre, e carregam muito material em suspensão proveniente de materiais vulcânicos ricos em nutrientes (GOULDING et al., 2003).

Os rios de água preta são encontrados, geralmente, na bacia do rio Negro (Sander, 2015) e Urubu, e têm ocorrência dominante nos sistemas de terra firme onde predominam os solos 11 arenosos. As grandes quantidades de areias encontradas na Amazônia central, em particular na bacia do rio Negro, foram transportadas durante centenas de milhões de anos a partir da erosão do escudo das Guianas (GOULDING et al., 2003).

Segundo Goulding et al., (2003) entre os rios de água clara, destacam-se os rios Trombetas, Tapajós, Xingu, que têm origem geralmente nos escudos brasileiro e das guianas, onde o processo de erosão gera poucas partículas em suspensão, deixando as águas transparentes (Figura 4).

Figura 4- Esquema representativa da classificação de águas na Amazônia



Fonte Goulding et al., (2003).

As variações sazonais das cheias e vazantes são componentes do regime hidrológico. No nível da América do Sul, A forte variabilidade interanual na importância e distribuição das chuvas, bem como suas consequências sobre o fluxo dos rios da Bacia Amazônica e o impacto da variabilidade climática sobre eles, bem como seus principais afluentes têm sido objeto de muitas pesquisas. Assim como por exemplo Sander, (2015); Sander et al. (2017); Sander e Wankler (2019) inclinou-se para os afluentes da margem esquerda, mais especialmente na parte alta do rio Blanco, outros autores como Davidson (2012) Marengo et al (2016) Freitas (2006) filizola et al., (2002); Molinier et al., (1995) Marengo e Hastenrath (1993); Marengo (1995); Guyot et al (1997, para citar apenas alguns) já estudaram diferentes aspectos da maior parte da bacia.

Molinier et.al (1995) caracterizaram os regimes hidrológicos da bacia amazônica a partir de uma classificação francesa inspirada em Jean Rodier (1964) para rios africanos. Assim, eles definiram quatro (4) tipos principais de regimes hidrológicos adaptados à Amazônia brasileira:

1. O regime tropical meridional, com um único pico de cheia, ocorrendo normalmente na primeira metade do ano civil e o período de seca ocorrendo em meados da segunda metade do ano civil. Este regime é representado pelos rios originários do hemisfério sul, como o Purus, o Madeira e seus afluentes, o Xingu e o Tapajós.
2. O regime boreal tropical (Rio Branco em particular) com um pico de cheia acentuado na segunda metade do ano civil e o período de seca em meados da primeira metade do ano civil
3. O regime equatorial, representado pelo rio Negro e pelos rios Içá e Japurá, em que o pico de enchente é mais acentuado no meio do ano, podendo ocorrer até dois picos máximos no ano. Nestes rios, o período de seca é observado na primeira metade do ano civil;
4. O regime equatorial alterado representado pelo Amazonas, sob a influência dos três regimes mencionados acima, com as cheias entre maio e junho e o período de seca entre outubro e novembro.

O presente trabalho se refere a treze (13) sistemas fluviais principais incluindo Trombetas, Uatuma, Branco e o Gigante Negro para a margem esquerda, na margem direita temos Madeira, Xingu, Purus, Tapajós, Juruena, Juruá e Mamoré e Solimões- Amazonas para a parte ocidental. Durante a década de 1980, a extensão da seca na bacia torna-se mais acentuada e os grandes rios úmidos ocidentais são, por sua vez, seriamente afetados por déficits de vazão. Se uma melhora recente foi observada, ainda é muito relativa, uma vez que a precipitação anual ainda é deficitária. Geralmente, uma vez que a variação do nível ou vazão de um rio depende das características climatológicas e físicas de uma bacia hidrográfica (Tucci, 2002), efetivamente, de acordo com o resultado deste estudo e de outras pesquisas dos autores já citados acima os regimes hidrológicos na Amazônia estão fortemente ligados aos fenômenos climáticos El Niño, La Niña (MARENGO, 2003).

1.6 FENÔMENO DO ENOS

Formado por um acoplamento entre o oceano e a atmosfera no Pacífico Tropical com uma aparente periodicidade entre 2 e 8 anos (TORRENCE e COMPO, 1998). O ENOS é

reconhecido como o modo mais importante da variabilidade interanual no sistema climático (DESER et al., 2010; TIMMERMANN et al., 2018). Sua relação com as variações no Temperatura da Superfície do Mar (ATSM) e seu impacto na Bacia Amazônica têm sido elucidadas por diversos pesquisadores e autores, como; Oliveira et al (2015); Silva (2015); Freire et al., (2011); Marengo et al (2010);Reboita et al (2010); Santos et al.,(2011); Sander, (2015); Sander e Wankler (2019), que nomeou a circulação Leste-Oeste no Pacífico gerada pela oscilação da circulação sul de Walker. Mas isso ocorre devido a "inclinação" ou a gangorra da pressão média ao nível do mar (PMNM) entre as partes leste e oeste do Pacífico, conhecida como Oscilação Sul.

De acordo com a Administração Nacional Oceânica e Atmosférica dos Estados Unidos (NOAA, 2021), El Niño e La Niña são definidos como dois fenômenos climáticos diferentes. Mas são partes de um mesmo fenômeno atmosférico-oceânico que ocorre no oceano Pacífico Equatorial (e na atmosfera adjacente), denominado de El Niño Oscilação Sul (ENOS). Quando o Oceano Pacífico equatorial é mais quente (El Niño) ou mais frio (La Niña) do que a média histórica normal. Para analisar a caracterização do ENOS, alguns índices, como o do Oceânico Niño (Oceanic Niño Index – ONI) da superfície do mar (ATSM) para a índice Niño 3.4, por no mínimo, cinco meses consecutivos, onde a anomalia maior que $0,5^{\circ}\text{C}$ está associado a El Niño enquanto que a inferior, $-0,5^{\circ}\text{C}$, está associado a La Niña (INPE, 2014) Há também o cálculo do Índice de Oscilação Sul (SOI) que representa a diferença na pressão média do ar ao nível do mar, medida no Taiti e Darwin, Austrália, que pode indicar o status do acoplamento entre o oceano Pacífico e a Atmosfera (INPE, 2014).

A influência do ENOS no clima tem consequências no ciclo hidrológico. Ao nível da bacia amazônica, os impactos são muito diversos, produzindo secas extremas, elevando as temperaturas em certas áreas, enquanto chuvas torrenciais atingem certas regiões. A partir desses aspectos, pode-se deduzir que o ENOS contribui para os problemas socioambientais e econômicos das populações. Assim, estudos sobre mudanças climáticas, fenômenos El Niño e La Niña na Bacia Amazônica são importantes. A fim de fornecer aos decisores, urbanistas e todos os interessados a informação que lhes permita tomar decisões com base no melhor conhecimento, isso sem comentar os papéis e a importância de maximizar os benefícios ambientais, econômicos e sociais.

2 OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO GERAL

Analisar a hidrologia da Bacia Hidrográfica Amazônica observando suas oscilações e eventuais influências dos fenômenos El Niño e La Niña na dinâmica fluvial. Analisar a hidrologia da Bacia Amazônica relacionando as oscilações eventuais na dinâmica fluvial com os fenômenos El Niño e La Niña.

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Os objetivos específicos associados são:

- Levantar os históricos hídricos e fluviométricos em treze (13) sistemas fluviais da Bacia Amazônica entre 1950 e 2020 ;
- Correlacionar a dinâmica fluvial com a ocorrência de episódios de El Niño e de La Niña nos principais sistemas fluviais amazônicos;
- Avaliar os impactos do El Niño Oscilação Sul no tempo de permanência do fluxo fluvial;
- Reconhecer áreas mais sensíveis à atuação dos ENOS.

3 MATERIAL E MÉTODOS

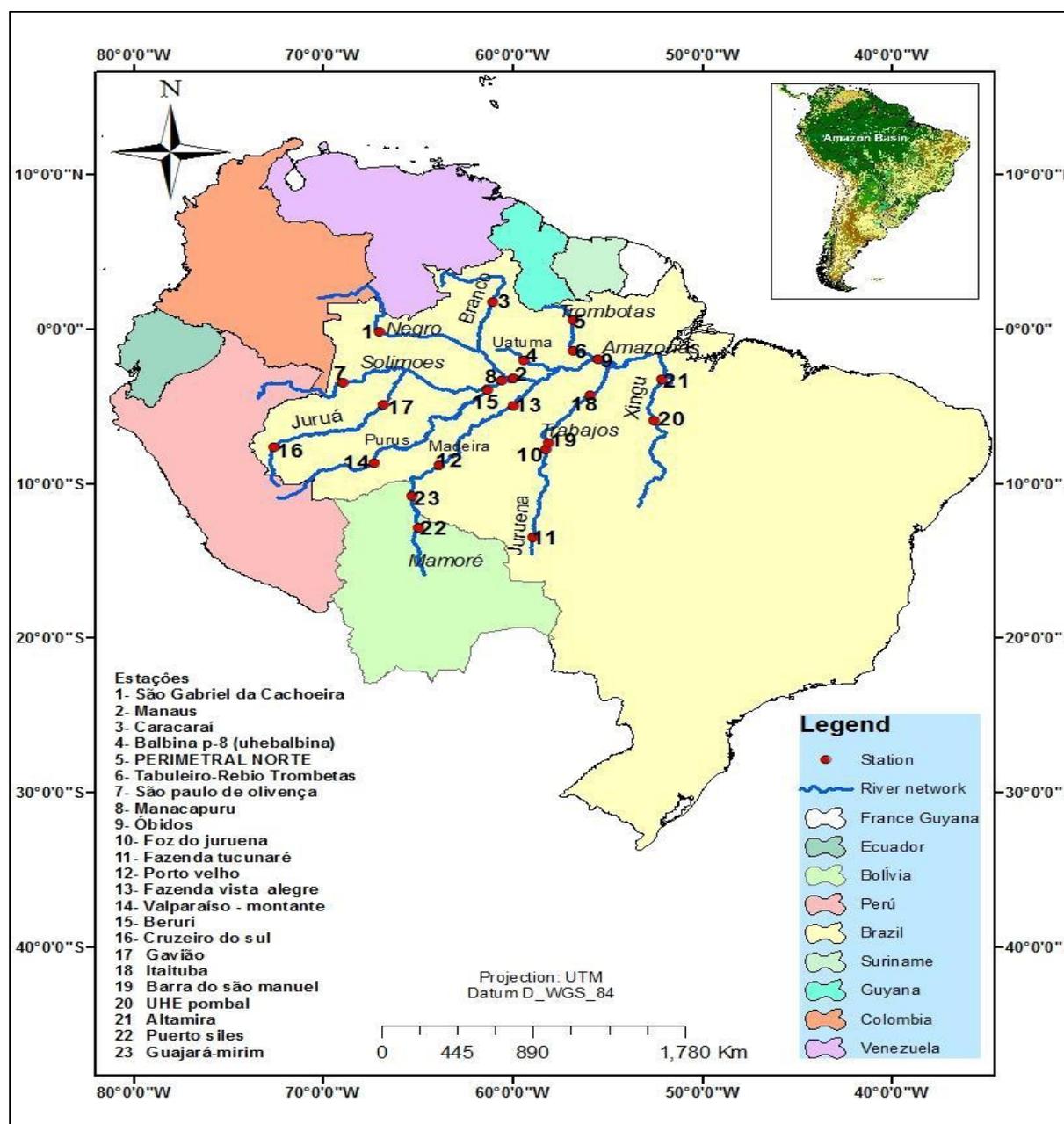
3.1 LEVANTAMENTOS HIDROLÓGICOS E DETERMINAÇÃO DAS ESTAÇÕES DE MONITORAMENTO

O desenvolvimento de procedimentos metodológicos é uma quintessência de caráter científico e uma inteligência sutil na realização deste trabalho de pesquisa. Geralmente, antes de responder ao primeiro objetivo da dissertação, um conjunto de trabalho, tese, artigo e todos os documentários relativos ao estudo hidrológico mais especificamente sobre a hidrologia da Bacia Amazônica, a primeira das vinte (20) maiores bacias do mundo foi consultado a fim de fazer uma síntese sobre o método mais promissor ou adequado à realização do projeto.

Foram definidas palavras-chave e realizada uma revisão da literatura relacionada às séries climáticas, ENOS, variabilidade climática, regimes hidrológicos, sistema fluvial, bacia amazônica, bem como reflexões sobre a aplicabilidade das diferentes técnicas às séries anuais de precipitação total que constituem uma parte importante desta tese.

Outras consultas foram feitas sobre os procedimentos conducentes a baixar e processamento de dados hidro climáticos do site HYDROWEB ANA e CPC (Climate Prediction Center). Depois disso, os dados foram localizados e baixados em 13 sistemas fluviais, implicando o sistema Solimões/Amazonas no detalhamento das condições de duas estações fluviométricas por bacia, a partir de banco de dados hidrológico da Agência Nacional de Águas (ANA, 2020). A Figura 5 apresenta a distribuição espacial das estações selecionadas para os sistemas fluviais estudados.

Figura 5- Mapa de localização dos sistemas fluviais estudados com suas estações de monitoramento



Fonte: Autoria Própria.

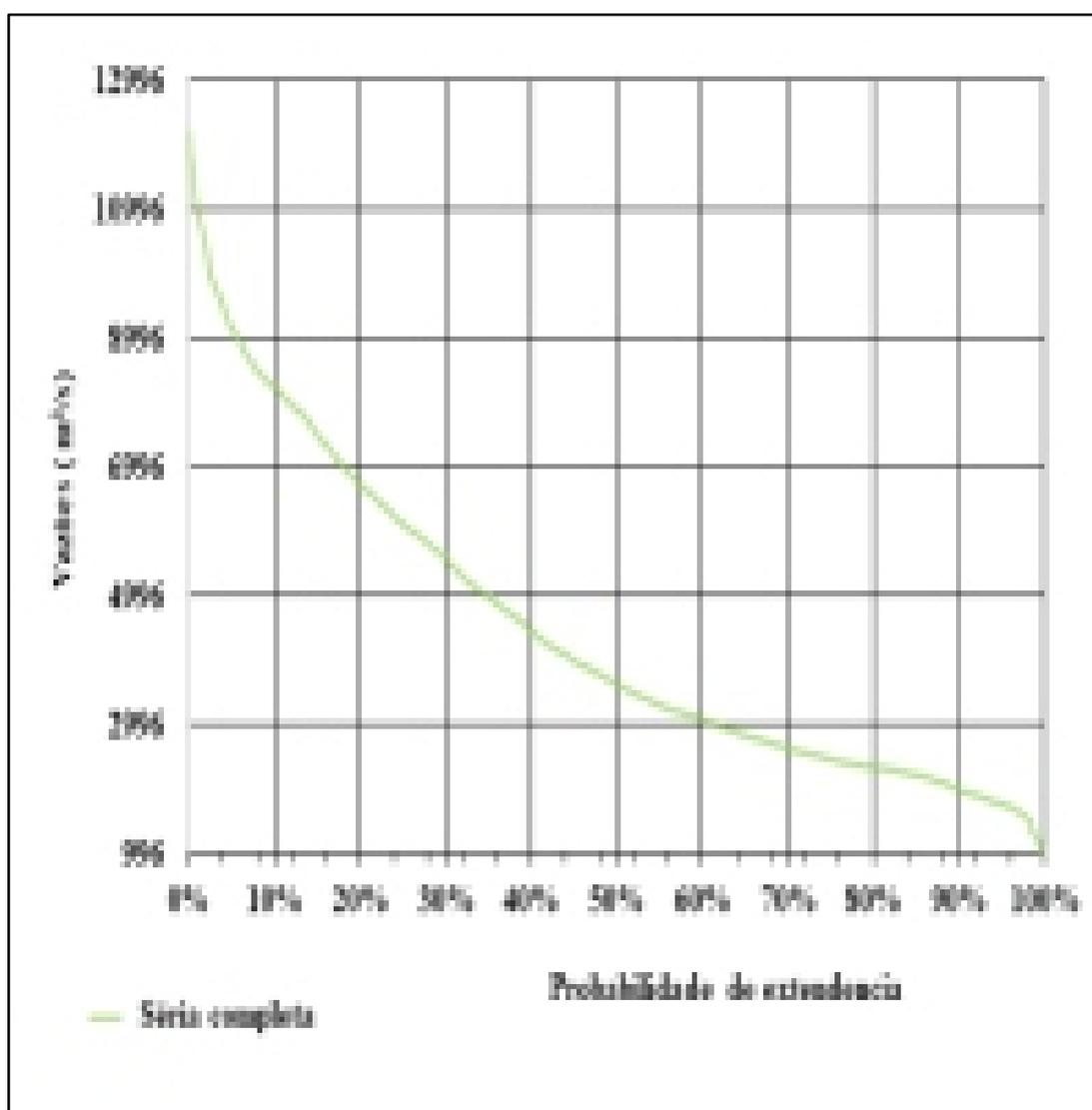
3.2 SETORIZAÇÃO DOS SISTEMAS FLUVIAIS E CARACTERÍSTICAS DAS ESTAÇÕES

Neste processo os sistemas fluviais analisados foram setorizados (delimitados) em 3 regiões diferentes no sentido de duas estações fluviométricas ou seja, uma a montante e outra a jusante de cada sistema fluvial que visa a longo prazo a possibilidade de uma estimativa precisa

da evolução durante ano hidrológico da área de captação, mediana, desvio padrão, médias (máximas e mínimas anuais), amplitude, produção de descarga por área (Q/Km^2) tempo de permanência do fluxo e as relações Q. Basicamente, foram utilizadas medidas de tendência central, para análise mensal, sazonal, interanual e climática e para elucidar as várias questões relacionadas com a compreensão da dinâmica ambiental local e regional, para melhor definir o aspecto da unidade morfodinâmica dos afluentes de cada categoria considerada.

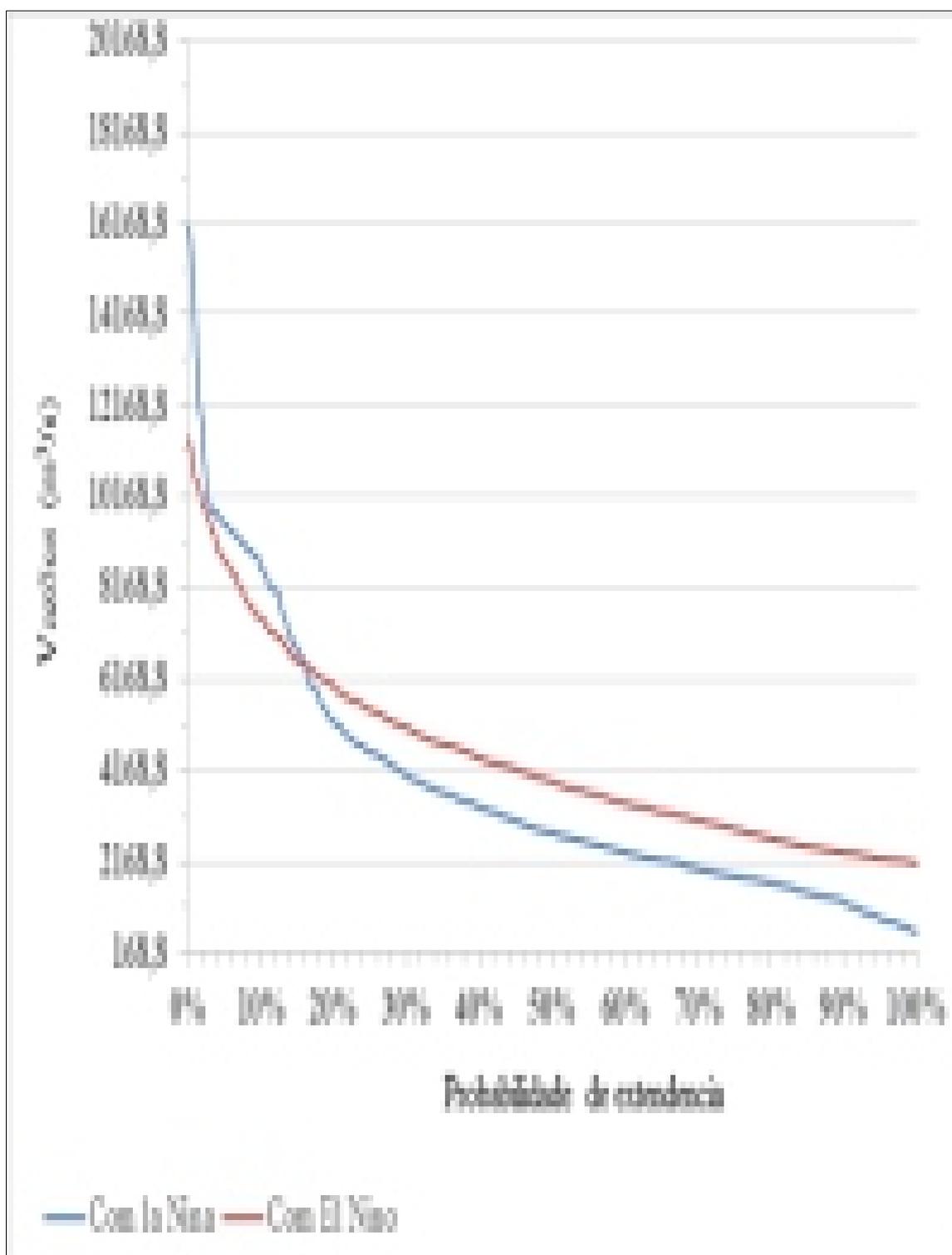
As Tabelas 1 e 2 apresentam a categoria das três (3) zonas dos sistemas fluviais analisados: os afluentes da margem direita, os da margem esquerda e do centro da bacia amazônica.

Tabela 1 -Os afluentes com as informações de suas estações analisadas



Fonte: ANA (2020).

Tabela 2- Os afluentes com as informações de suas estações analisadas.



Fonte: ANA (2020).

Outro aspecto importante, o projeto utilizou o aplicativo Google Earth Pro que ajudou muito no entendimento da localização da escolha das melhores estações por sub-bacia. As suas escolhas permitiram compreender através de análises estatísticas, as dinâmicas do alto e médio curso de cada sistema fluvial, suas variações ao longo do ano hidrológico e de definir padrões comportamentais médios, grau de estabilidade e avaliar valores extremos de fluxo (TUCCI, 1997; SANDER, 2015; SANDER et al., 2016 ; SANDER e WANKLER 2019).

Além disso, os dados coletados possibilitaram a realização de estudos relacionados à curva de permanência (ou duração) de vazão que atravessa cada trecho localizando as estações analisadas por sub-bacia (SANDER, 2015; TUCCI, 2004).

Para a realização deste cálculo, os dados de vazão diária são classificados em ordem decrescente e a permanência de cada vazão é expressa em porcentagem do tempo em que a vazão considerada é igualada ou superada (CHRISTOFOLETTI, 1981; SANDER et al., 2015).

3.4- ANÁLISE DA VARIABILIDADE MENSAL

A média mensal foi usada na definição dos períodos de maior e de menor vazão dos afluentes do hemisfério sul, do Norte e da parte principal (EVANGELISTA et al., 2008; SANDER, 2015; SANDER et al 2016).

3.4- PRODUÇÃO DE DESCARGA POR ÁREA

A produção de descarga por área foi obtida pela divisão da descarga média histórica (diária) pela área de drenagem da estação fluviométrica conforme ANA (2020), que serviu para definição da efetividade de produção de vazão de cada bacia. SANDER et al., 2016 ;GUYOT et al., 1993 ; ROCHE et al., 1992).

conforme fórmula:
$$Q_e = \frac{Q_m}{A} \quad (1)$$

Onde:

Q_e : produção de descarga por área em $m^3/s/km^2$

Q_m : Descarga média da série histórica em m^3/s

A: área de drenagem em km^2

3.5 TRATAMENTOS DOS DADOS ASSOCIADOS AOS EPISÓDIOS EL NINO E LA NINA

Para determinar essa sucessão, a metodologia calculou os Acúmulos de Desvios da Média. (ADM) de cada série hidrológica usando a seguinte expressão:

$$ADM = \frac{d_i}{Q_{ma}} \quad (2)$$

$$D_i = Q_i - Q_{ma}$$

onde Q_i é a vazão no ano i

Q_{ma} é a média aritmética da vazão na série hidrológica.

Este método também nos ajudou a identificar as regiões mais sensíveis ao desempenho dos fenômenos El Nino, La Nina.

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

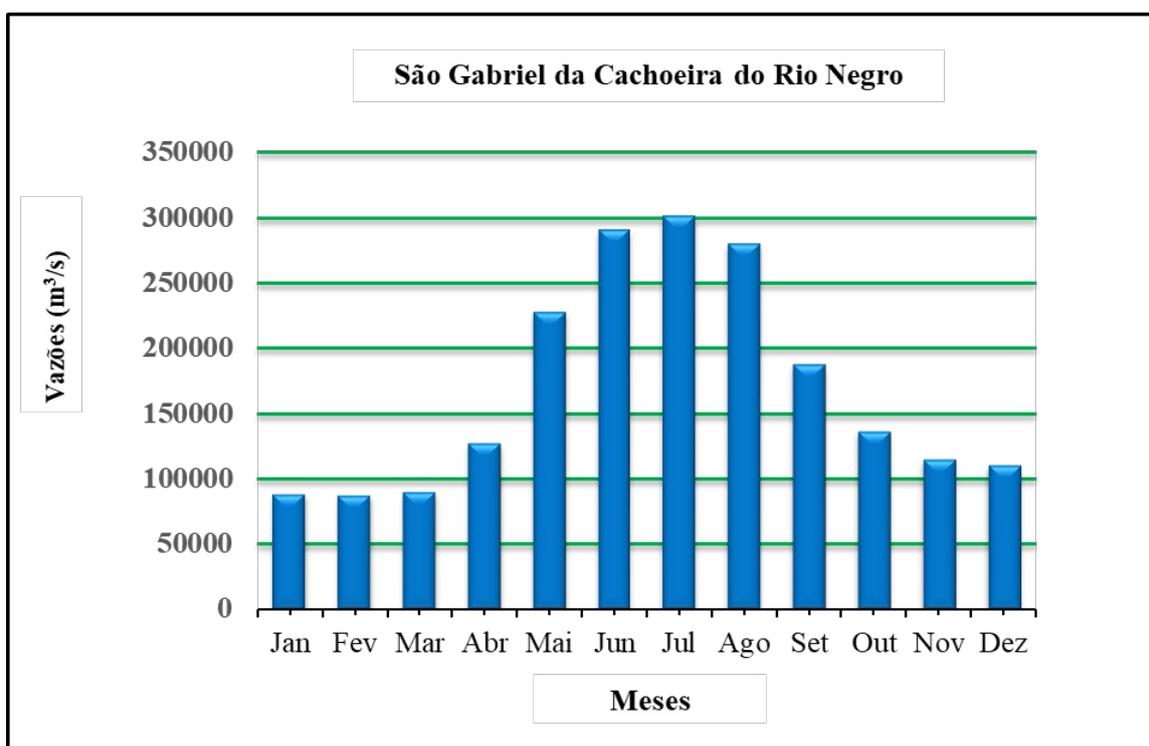
4.1 ANÁLISE DO COMPORTAMENTO DOS PRINCIPAIS SISTEMAS HIDROLÓGICOS DA BACIA AMAZÔNICA

Esta seção apresenta as características dos regimes ou sistemas hidrológicos da Bacia Amazônica para diferentes escalas temporais, o estudo da estimativa precisa da evolução das vazões dos rios das três (3) bordas da Bacia ao longo do ano hidrológico dos regimes considerados são apresentados nas seguintes Figuras 6 a 20.

4.1.1- Variabilidade semestral das vazões dos sistemas fluviais da Norte

A montante do rio Negro, a evolução das médias mensais durante o ano hidrológico na estação de monitoramento de São Gabriel da Cachoeira é caracterizada por dois períodos muito distintos: um semestre de cheia, de maio a outubro, com o nível mais alto observado em julho (pico máximo da cheia anual) com uma vazão de 300.921,247 m³/s com desvio de 187.799,41 m³/s, 257.053,49 m³/s em comparação com a média e o menor valor (Figura 6).

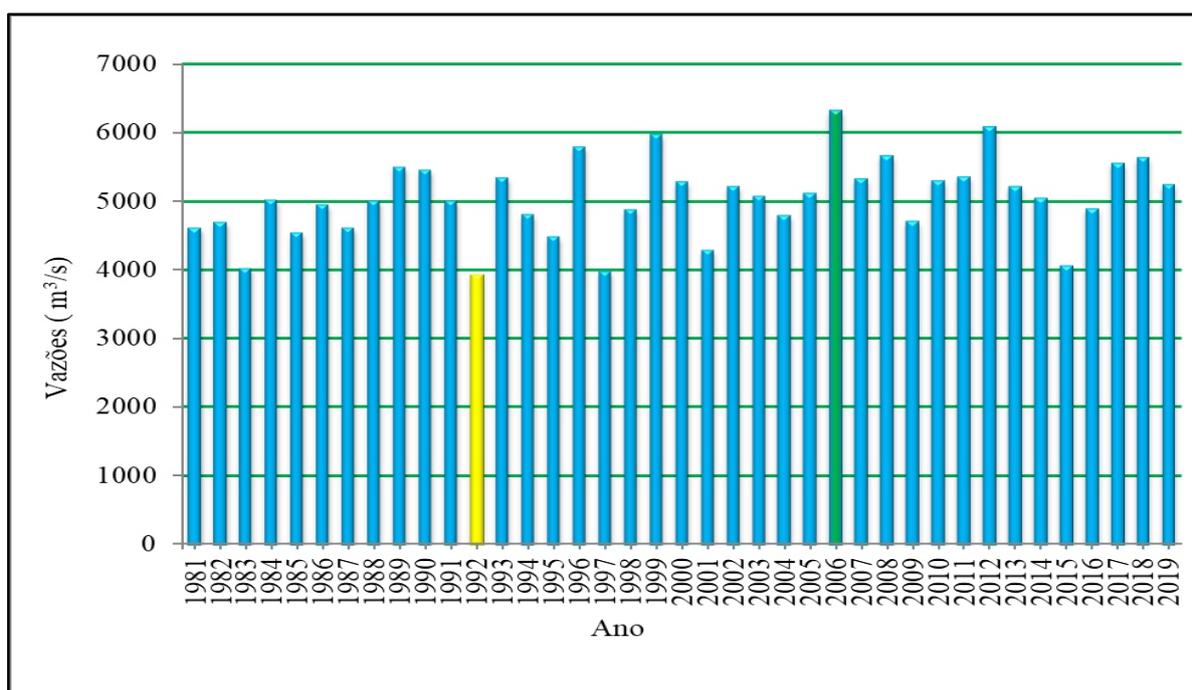
Figura 6- Hidrograma do comportamento das vazões médias mensais do rio Negro, na estação São Gabriel da Cachoeira.



Fonte: ANA (2020).

Observa-se um semestre de vazante, começando em novembro e se estendendo até abril. Neste mesmo período, verifica-se um decréscimo regular de novembro a fevereiro, num total de 4 meses, e, logo após uma variação acelerada da cheia de março a abril, reproduz os respectivos valores de 3.062,58 e 3.995.15 m³/s em relação a fevereiro, mês de menor vazão identificada na série histórica deste trecho. Os cinco (5) anos com as maiores vazantes e grandes enchentes do rio Negro em São Gabriel da Cachoeira para a série histórica de trinta e nove (39) anos são respectivamente 1992, 1997, 1983, 2015, 2001 e 2006, 2012, 1999, 1996, 2008 (Figura 7).

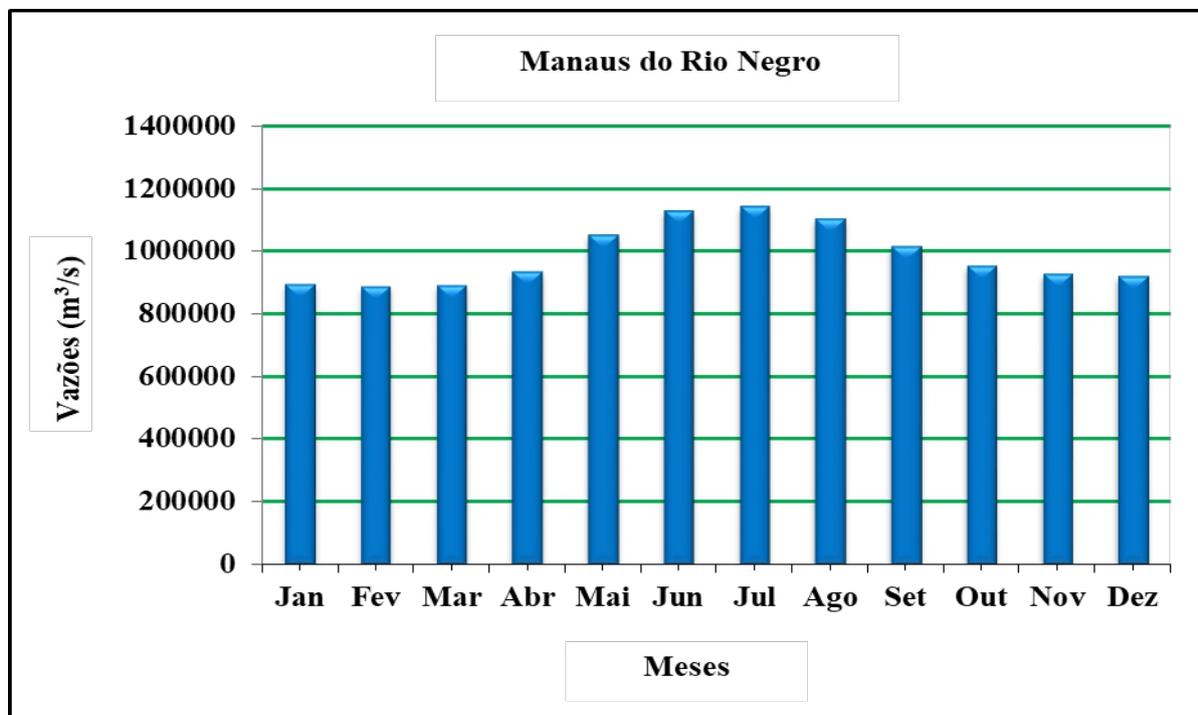
Figura 7- Média anual de curso fluvial cruzando no trecho da estação São Gabriel da Cachoeira do Rio Negro (1981–2019)



Fonte: ANA (2020).

No trecho onde está localizada a estação de monitoramento em Manaus, mais precisamente na seção a jusante da parte inferior do rio Negro, resultando em um semestre de cheia que se inicia durante o mês de fevereiro até a primeira quinzena do primeiro mês do segundo semestre do ano civil, com pico anual registrado em 1º de julho, e um semestre de águas baixas que começa cerca de vinte dias antes de agosto e se estende até a primeira parte do segundo mês do ano civil com um mínimo registrado em primeiro de fevereiro (Figura 8).

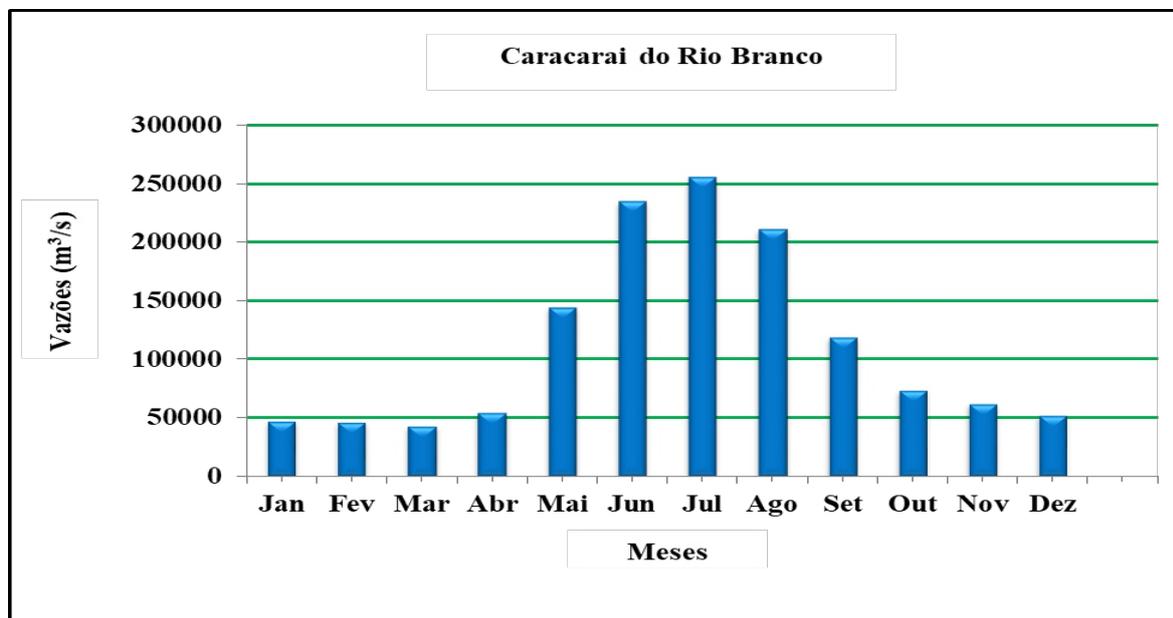
Figura 8- Hidrograma do comportamento das vazões médias mensais do rio Negro, na estação Manaus



Fonte: ANA (2020).

Os hidrogramas 6 e 8 acima nos mostram também que o rio Negro em toda a sua extensão para os trechos analisados conhece seu melhor trimestre de maior vazão na primeira metade do segundo semestre do ano calendário. No caso do Rio Branco, afluente muito importante da margem esquerda do rio Negro, o estudo hidrológico refere-se à série histórica da estação Caracaraí localizada no seu trecho inferior por um período de trinta e sete (37) anos, de 1980 a 2017, mostra um semestre de enchente começa no final de março a abril e se estende até a segunda quinzena de setembro com um máximo em julho, e a outra parte das vazões baixas começa em outubro e continua até meados de março. Deve-se dizer que, efetivamente o escoamento do sistema dinâmico do rio Branco atravessando o trecho da estação de monitoramento de Caracaraí é resultado da contribuição de sub-bacias localizadas a montante como os rios Uraricoera, Tacutu. Além disso, o rio Mucajaí, um importante afluente da margem direita, bem como de outros afluentes menores como o Cauamé (EVANGELISTA et al., 2008; SANDER 2015; SANDER et al., 2016). Observa-se também uma diferença de 166.406,00 m³/s entre o valor da vazão máxima e a média. A vazão máxima é 6 vezes maior que o mínimo seja 212.983,57 m³/s de diferença e 3 vezes maior que a média (Figura 9).

Figura 9- Hidrograma do comportamento das vazões médias mensais do rio Branco, na estação Caracaraí



Fonte: ANA (2020).

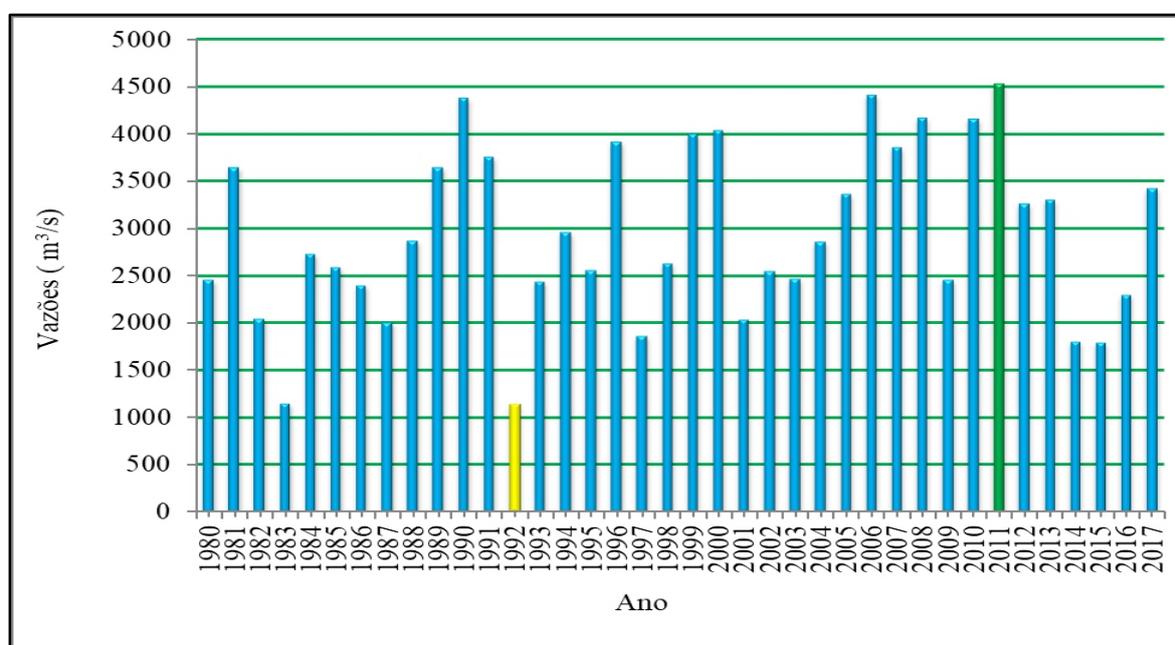
A montante de Caracaraí, o estudo preliminar realizado por Evangelista et al (2008), sobre a distribuição pluviométrica e do regime fluvial da bacia do rio branco, estado de Roraima indica que o regime hidrológico do rio Branco até a estação de Caracaraí é principalmente função da sub-bacia do rio Uraricoera, com menor contribuição das sub-bacias dos rios Tacutu e Mucajaí. Assim, ao estudar o comportamento da precipitação ao longo dos semestres, este estudo constata que o maior volume de precipitação ao longo do ano hidrológico ocorre entre os meses de abril e setembro enquanto o outro semestre (outubro a março) é representado por um período de menor precipitação pluviométrica. Isso significa que esses dois estudos têm revelações homogêneas, tipicamente semelhantes nesse ponto.

Além disso, segundo Evangelista et al.,(2008); Sander (2015); Sander et al., (2016) com relação às chuvas na bacia, o padrão de variação das vazões desses rios é muito semelhante à variação das chuvas ao longo do ano. No entanto, o estudo revela variações nas vazões registradas no Rio Branco na estação Caracaraí, com atraso de cerca de um mês em relação às variações pluviométricas registradas nas estações pluviométricas de Boa Vista e Caracaraí. Ou seja, o mês mais chuvoso observado é junho, enquanto os maiores fluxos são observados em julho. Essas variações do regime hidrológico obviamente dependem de fatores externos a esta sub-bacia de Branco. Além disso, estão ligados aos padrões de circulação atmosférica e a característica do relevo pode também servir como intensificador, ou não, de fenômenos pluviométricos. Além da variabilidade e distribuição da precipitação, outros fatores podem

interferir na variabilidade da descarga, como geomorfologia, pedologia, vegetação, atividades antropogênicas que atua principalmente dentro mudanças no uso do solo, alteração e e ampliação da densidade de drenagem (EVANGELISTA et al., 2008; SANDER 2015; SANDER et al., 2016).

Outras observações em torno da série histórica do rio Branco em Caracaraí indicaram os últimos (37) anos foram caracterizados por climas extremos, com grandes enchentes e estiagens. A bacia sofreu suas cinco (5) maiores vazantes, em 1992, 1983, 2015, 2014 e 1997 e suas maiores cheias também foram registradas respectivamente em 2011, 2006, 1990, 2010 e 2008. Nessa mesma lógica da série histórica, a vazão mínima foi registrada em 24 de abril de 1985, enquanto a maior foi registrada em 9 de junho de 2011. Essas duas vazões têm uma diferença de $15.916,73\text{m}^3/\text{s}$, a vazão máxima é 95 vezes maior que a vazão mínima e 5,42 vezes melhor que a média, ou seja, uma diferença de $13.119,62\text{ m}^3/\text{s}$ entre a melhor vazão e a média (Figura 10).

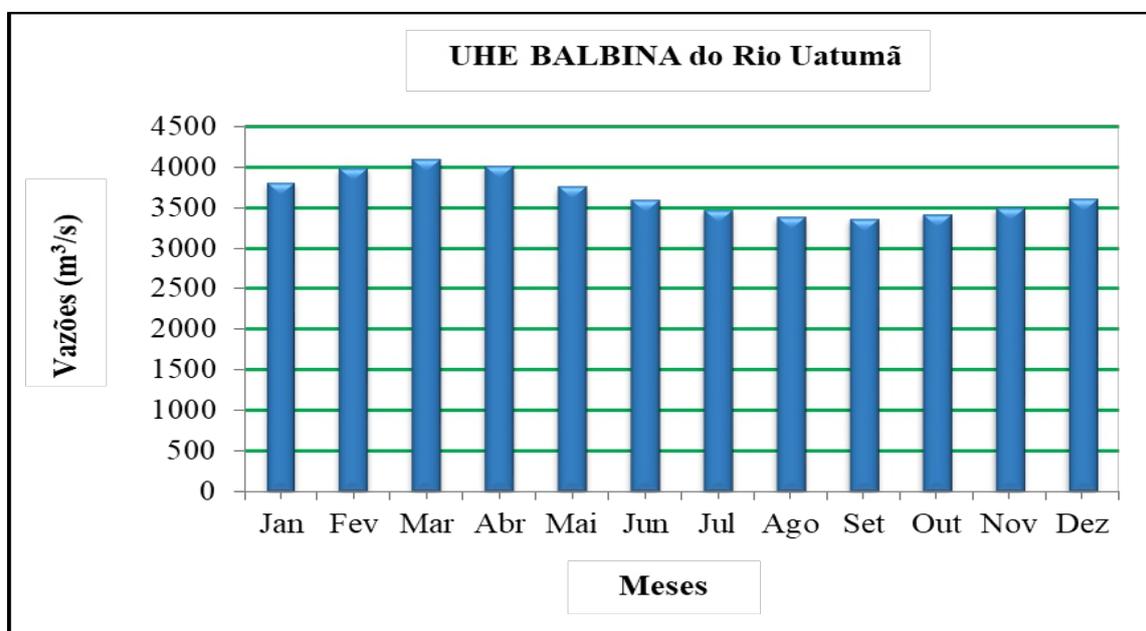
Figura 10- Média anual de vazão da série histórica da estação Caracaraí do Rio Branco (1980–2017)



Fonte: ANA (2020).

No caso da estação BALBINA P-8 (UHE BALBINA) do rio Uatumã, observa-se um semestre com as vazões mais elevadas iniciando em meados de outubro e se estendendo até março-abril. Os mais baixos começam em abril e terminam em setembro para uma transição em outubro, com uma alta extrema em março (Figura 11).

Figura 11- Hidrograma do comportamento das vazões médias mensais do rio Uatumã, na estação Balbina P-8 (Uhe Balbina)



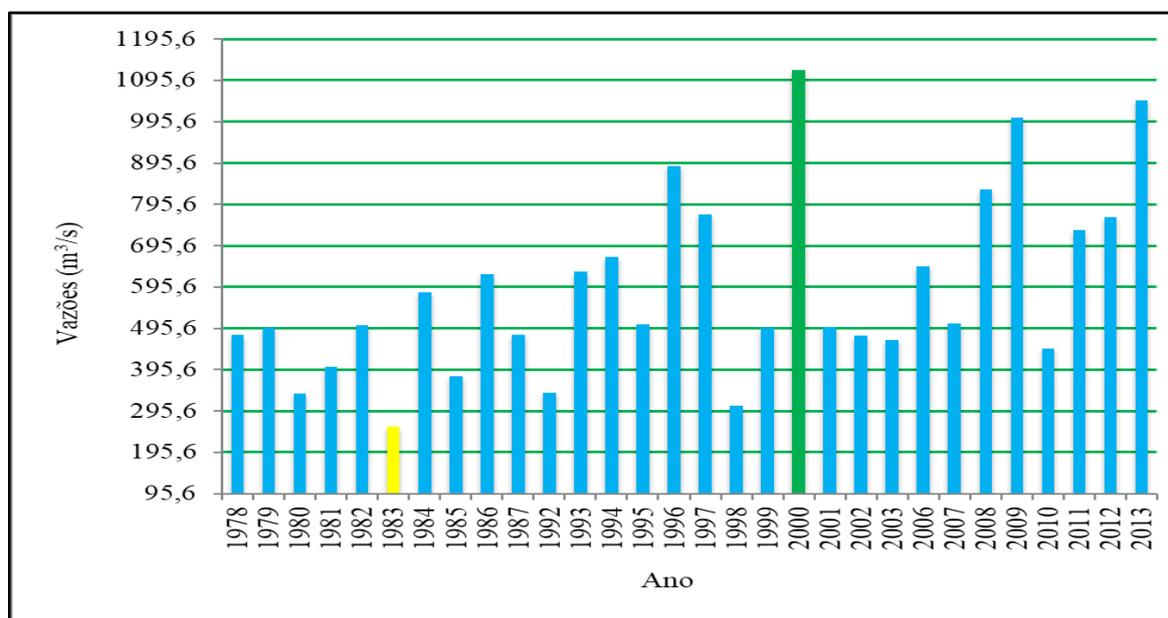
Fonte: ANA (2020).

Segundo Melack e Hess (2010), a bacia hidrográfica do rio Uatumã tem cerca de 69.500 km². O rio Uatumã é um afluente com comportamento regular, importante na margem esquerda tanto na produção de energia elétrica na agricultura quanto para atividades socioeconômicas e ambientais, seu curso segue em direção norte-sul. Suas nascentes estão localizadas no escudo pré-cambriano das Guianas, de onde transporta águas pretas ácidas (em média pH de 5,01; Rios-Villamizar, dados não publicados) e baixa quantidade de sedimentos e nutrientes (JUNK et al. 2016; SOUSA,2017).

O trecho da estação BALBINA P-8 (UHE BALBINA) drena uma área de 18.900 km² (ANA,2020). E, está posicionado a aproximadamente 865 km² a jusante da barragem hidrelétrica. A maior vazão máxima da série foi registrada em 19 de maio de 2000 com um valor de 3.383,376 m³ /s, e a mínima foi registrada em 03 de março de 1983 com uma vazão de 0,916 (m³ /s). Neste mesmo ano em que se registou o mínimo da série, observou-se um respectivo decréscimo trimestral de janeiro a março seguido de passagem do refluxo da vazante para as cheias. O ano civil de 1983 foi marcado por uma história hidrológica muito crítica com uma vazão anual 2,29 vezes inferior à média da série, ou seja, uma diferença de 333,92 (m³ /s) em relação à vazão média.

No entanto, na data em que foi registrado o máximo, observou-se também uma cheia crescente de janeiro a maio variando de 1 a 3 vezes superior à vazão média da série se seguida de uma regressão múltipla a partir da segunda metade do ano civil que se estendeu até dezembro de 2000. A bacia sofreu cinco (5) maiores vazantes, em 1983, 1998, 1980, 1992 e 1985 e suas maiores cheias também foram registradas respectivamente em 2000, 2013, 2009, 1996 e 2008 (Figura 12).

Figura 12– Média anual de vazão da série histórica da estação Balbina P-8 do Rio Uatumã (1978–2013)



Fonte: ANA (2020).

O rio Trombetas é um afluente da margem esquerda do Amazonas, com sua Foz um pouco ao norte da cidade de Óbidos, no estado do Pará, Brasil. Nasce ao nível do planalto da Guiana e tem águas límpidas, por vezes esverdeadas no período de vazantes (PEÑA, 2002). Com uma área de drenagem de 127.000 km² (ANA, 2020), se diferencia por não apresentar uma característica interanualmente estável.

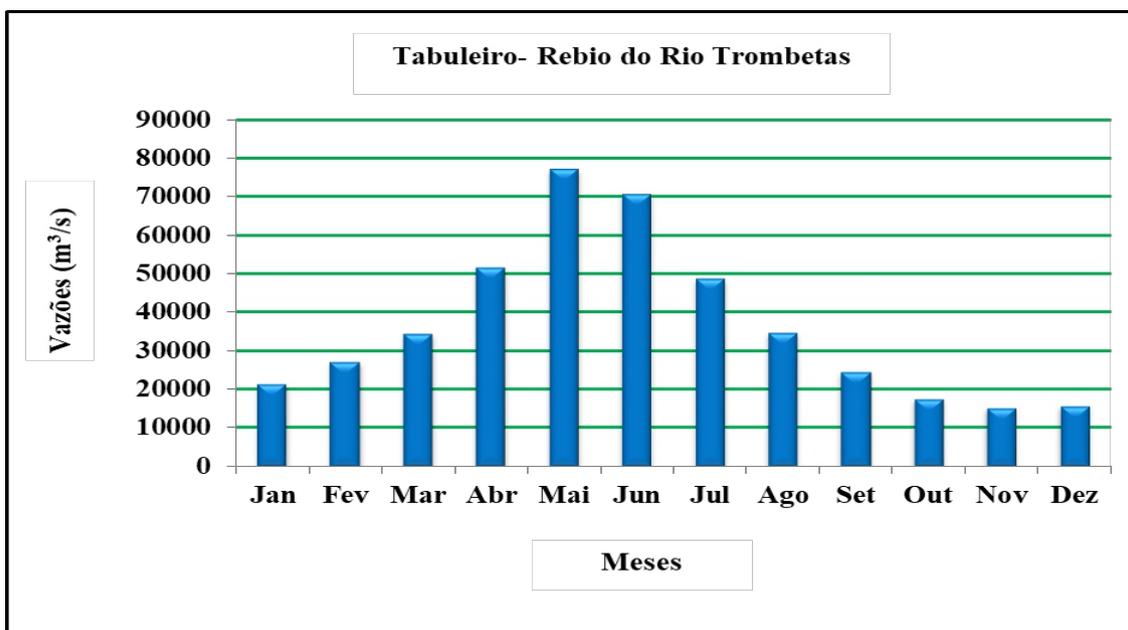
É também um dos afluentes originado do escudo guianense que não apresenta uma característica interanualmente estável através de observações feitas nas duas estações analisadas (a montante e a jusante). A primeira observação foi feita através de todas as vazões que cruzam a parte alta da sua sub-bacia, mais especificamente o tronco da estação Perimetral Norte que contém uma área de 20.300 km².

O semestre de cheias inicia entre dezembro e janeiro até junho-julho, com um máximo extrema em maio. O outro semestre mais seco vai de julho a dezembro, com vazão extremo mínimo no último mês do ano civil. Observou-se também que não há uma regularidade das cheias sazonais, pois o semestre das cheias (janeiro-junho) comporta 61,91% de todas as vazões e na época da seca (julho-dezembro) este volume de água que atravessa o trecho cai para 23,83%. Contudo, as cheias máximas e mínimas na sub-bacia do rio Branco, sub-bacia vizinha, cruzando um estado vizinho que também se origina do escudo guianense, ocorrem aproximadamente três (3) a quatro (4) meses após as do rio Trombetas.

O cálculo do balanço hídrico mostrou que o escoamento não é homogêneo em toda a bacia. Com uma considerável progressão contínua das enchentes desde a estação Perimetral Norte até o ramal da estação de monitoramento Tabuleiro - Rebio Trombetas, ou seja, seu regime sazonal muda de montante para jusante dependendo dessas entradas.

A análise do hidrograma da Figura 13 mostra um semestre de maiores cheias começando de novembro a dezembro e se estendendo até abril a maio com um máximo extremo em maio. E mais um semestre de vazante começou em meados de junho e se estendeu regressivamente até novembro, mês de menor vazão. O hidrograma também permitiu constatar que o regime hidrológico inclui um máximo mensal ao longo da bacia no mês de maio, mas as vazões mínimas variam entre os meses de novembro e dezembro para a parte baixa e alta.

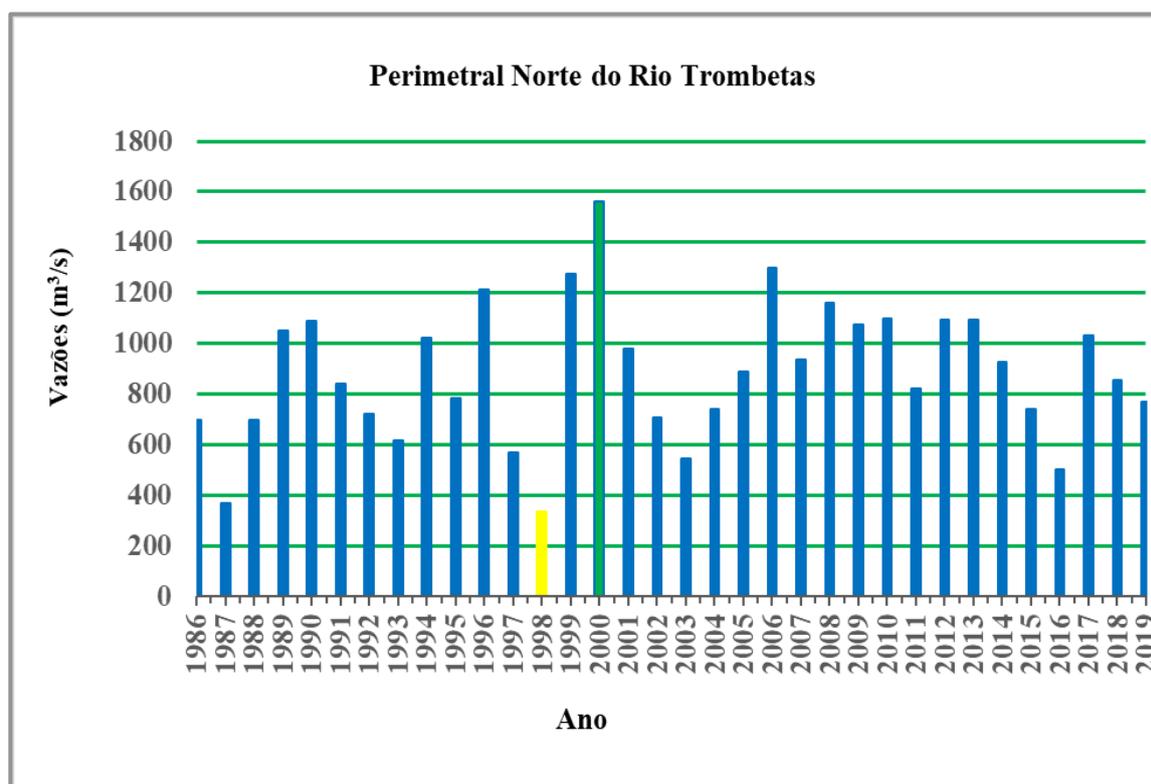
Figura 13- Hidrograma do comportamento das vazões médias mensais do rio Trombetas, na estação Tabuleiro-Rebio Trombetas.



Fonte: ANA (2020).

Outro aspecto muito importante na análise do comportamento deste regime hidrológico, foi constatado que a parte alta da bacia apresentou um máximo de cheia em 2000, ou seja, um total de 1561,85 m³/s, e 1.76 vezes superior em comparação com o valor médio anual da série histórica, e uma vazão mínima em 1998, ou seja, um valor de 333,17 m³/s, é respectivamente 4,69 e 2,66 vezes inferior ao valor máximo e médio anual da série histórica. Esta sub-bacia sofreu suas cinco (5) menores vazões, em 1998, 1987, 2016, 2003 e 1993 e suas maiores cheias também foram registradas respectivamente em 2000, 2006, 1999, 1996 e 2008 (Figura 14).

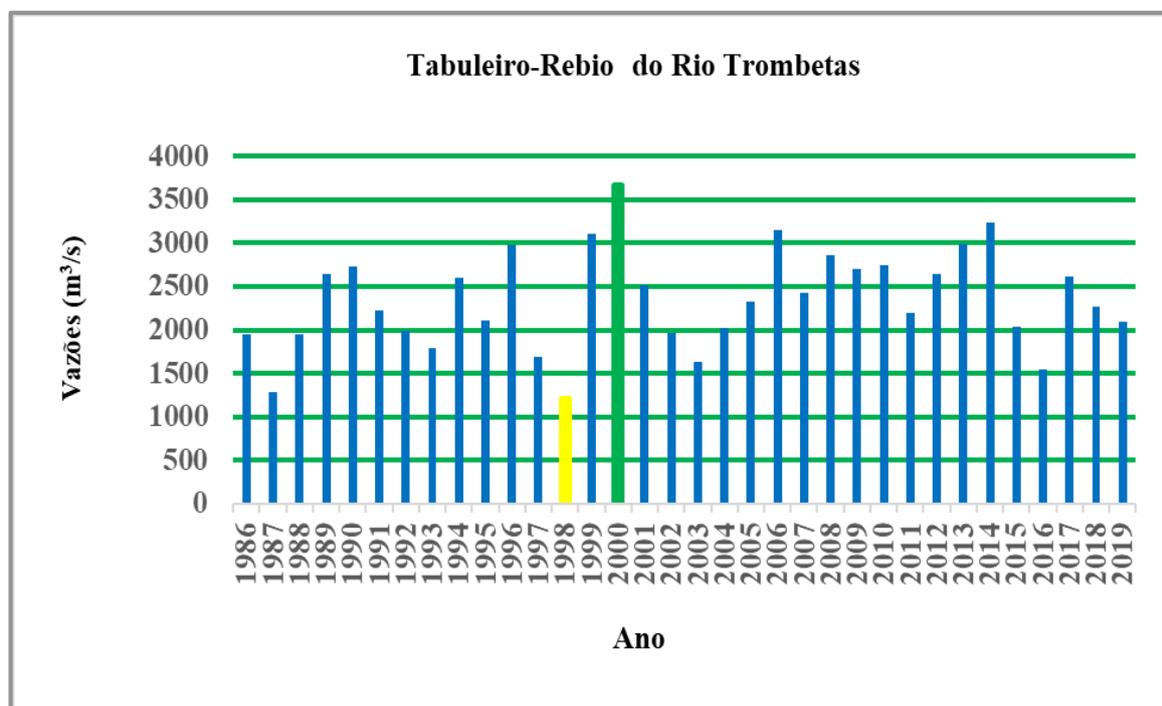
Figura 14-Média anual de vazão da série histórica da estação Perimetral Norte do Rio Trombetas (1986–2019)



Fonte: ANA (2020).

Na parte inferior, a jusante, a cheia máxima foi registrada em 2000, ou seja, um valor de 3672,67 m³/s, e 1,56 vezes superior à vazão média anual da série histórica. Teve sua vazão mínima em 1998, ou seja, um valor de 1215,3 m³/s. O valor máximo e médio anual da série histórica são respectivamente 3 e 1,93 vezes maiores que o da vazão mínima. Suas cinco (5) melhores descargas anuais foram registradas em 2000, 2014, 2006, 1999, 2013 e 1996. As mais baixas foram registradas, respectivamente, em 1998, 1987, 2016, 2003 e 1997 (Figura 15).

Figura 15 - Média anuais de vazão da série histórica da estação Tabuleiro-Rebio Trombetas do Rio Trombetas (1986–2019)



Fonte: ANA (2020).

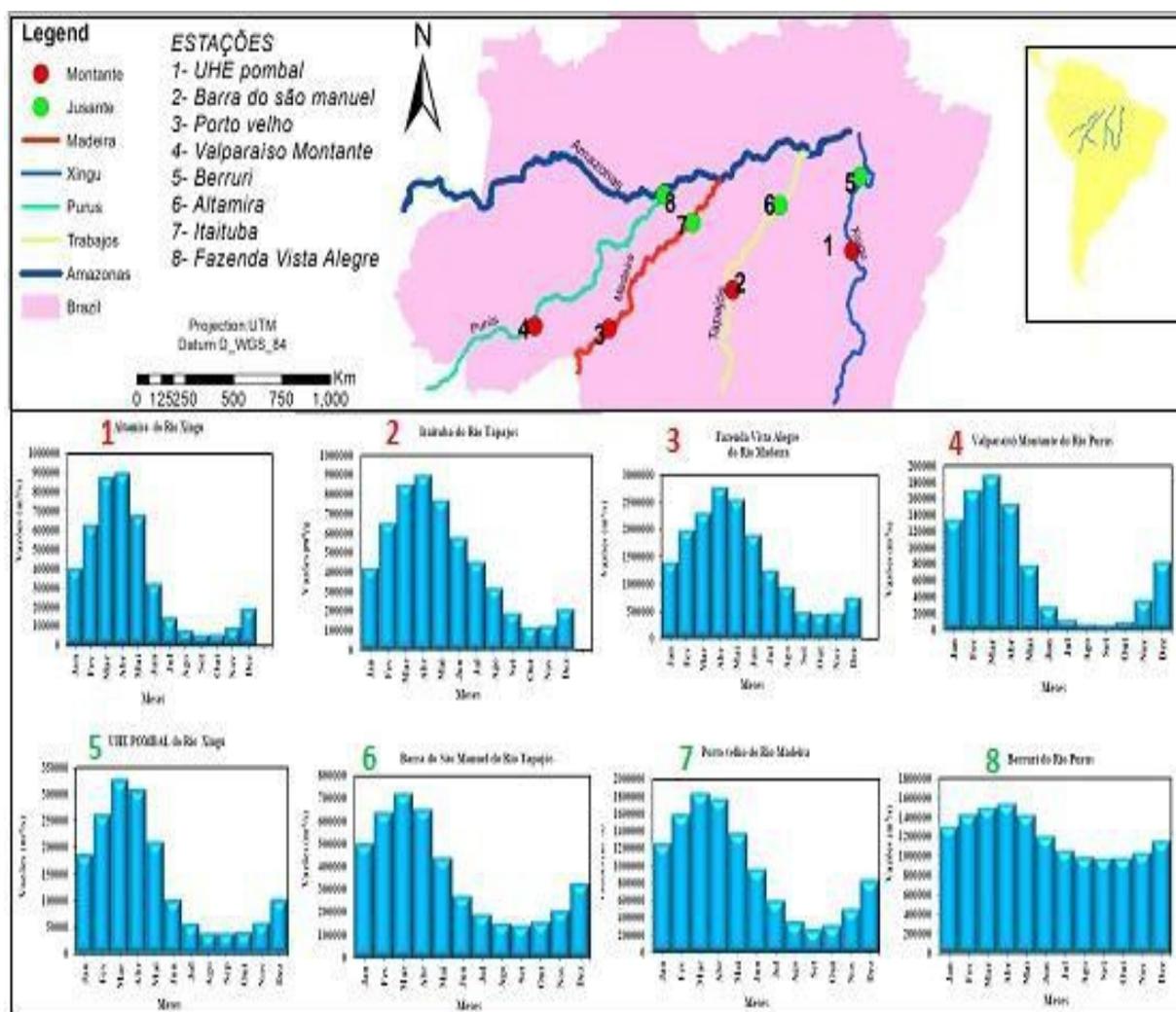
Em geral, as contribuições da margem esquerda da Bacia apresentam comportamento heterogêneo. Cada bacia hidrográfica possui um comportamento hidrológico próprio que está ligado aos processos naturais de produção e deposição de sedimentos, fortemente influenciados pela fisiografia (geologia, relevo, solos, vegetação, clima) Ao mesmo tempo, a análise dos hidrograma nos mostra um comportamento regular a jusante do rio Negro e no trecho da estação Balbina do rio Uatumã.

4.1.2- Variabilidade semestral das vazões dos sistemas fluviais do sul

A análise dos hidrogramas a montante das grandes influências (Xingu, Madeira, Purus, Tapajós) apresenta um semestre de cheia iniciando no final de setembro e terminando entre março e abril com um máximo extremo em março, transitar pelo período de vazante durante o mês de abril e estender até o início de setembro. Por outro lado, a análise de hidrogramas na parte a jusante desses mesmos grandes rios do sul apresenta padrões comportamentais que são ligeiramente diferentes ao longo do ano hidrológico. Dito isto, na parte baixa, Xingu e Purus apresentam um semestre de cheias começando tímido no final de setembro que termina no final de março para a transição para um semestre de baixa de água que começa durante o mês de abril até o final no início de setembro com um máximo extremo registrado no primeiro de abril. O Tapajós e Madeira a jusante apresentam um semestre de cheias com início gradual no final

de outubro a terminar no início de abril e transitando no final deste mesmo mês em período de baixo caudal para terminar durante a primeira quinzena do mês de outubro com um máximo extremo registrado em abril (Figura 16).

Figura 16 - Hidrograma do comportamento das vazões médias mensais a montante e jusante dos rios Purus, Madeira, Xingu e Tapajós, respectivamente nas estações; UHE Ponbal, Barra do São Manuel, Porto Velho, Valparaíso Montante, Berruri, Altamira, Itaituba e Fazenda Vista Alegre

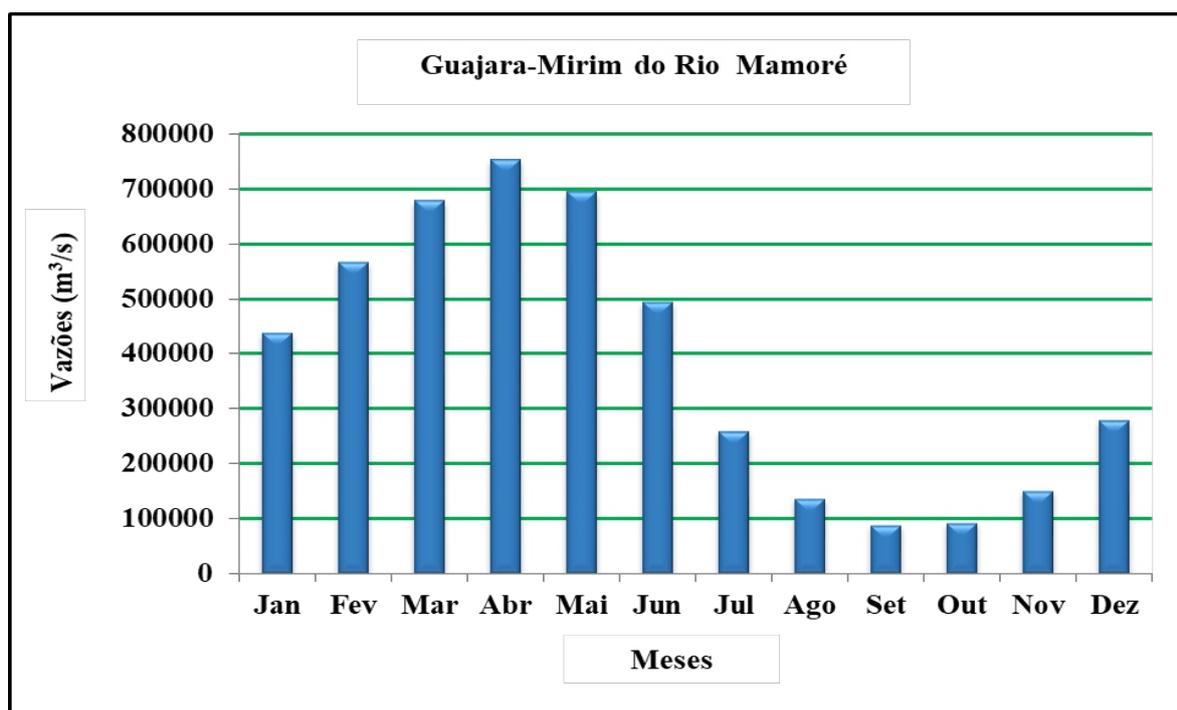


Fonte: ANA (2020).

O rio Mamoré, contribuindo de forma importante para a margem direita, converge com o rio Beni para constituir o rio Madeira. Nasceu na Cordilheira Real dos Andes Bolivianos, próximo a Santa Cruz de La Sierra, com o nome de Grande La Plata. Com um longo e regular curso de curvas entre as montanhas da citada cordilheira, recebe vários afluentes que aumentam seu fluxo de montante para jusante.

No trecho de travessia, a estação de monitoramento Guajará-Mirim, o semestre de cheia começa a evoluir a partir do final de setembro e se estende até abril com um máximo extremo registrado em abril. Entre o final de agosto e a primeira parte de setembro é o período de menor vazão durante o semestre de baixa vazão a partir do final de abril nesta seção (Figura 17).

Figura 17- Hidrograma do comportamento das vazões médias mensais do rio Mamoré, na estação Guajará-Mirim



Fonte: ANA (2020).

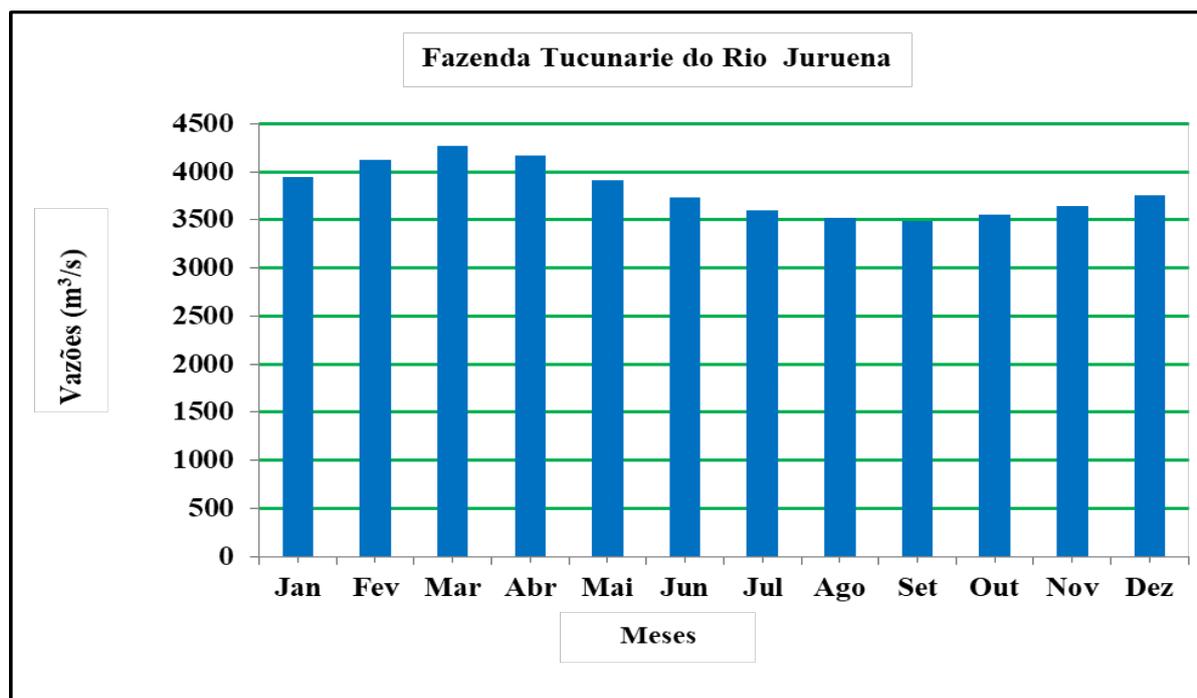
A bacia hidrográfica do rio Juruena caracterizada pelo clima tropical de monções, faz parte da bacia do rio Tapajós (KOTTEK et al., 2006). Por seu comportamento regular em sua parte superior (a montante), possui um forte potencial para a construção de usinas hidrelétricas ou outra exploração de água que atenda aos padrões de mitigação ambiental.

Segundo especialistas da Academia de Mato Grosso, os aspectos organolépticos da água desse rio se assemelham a água destilada limpa. São adequados para o consumo humano e são essenciais para a biodiversidade de rara composição presente nestas paisagens.

Apesar de seu padrão regular se apresentar a montante mais especificamente no trecho que atravessa a estação de monitoramento da Fazenda Tucuarie, porém a jusante, antes de sua confluência com o rio Teles Pires para formar o rio Tapajós, no trecho da estação Foz de Juruena é quase diferente. Só que a análise dos hidrogramas a montante apresenta um período de cheia começando no mês de setembro e se estendendo até o mês de abril para passar pelo período de

vazante até o início de setembro. Deve-se notar que ao longo do ano civil, os fluxos mensais estão acima da média com um máximo extremo em março (Figura 18).

Figura 18- Hidrograma do comportamento das vazões médias mensais do rio Juruena na estação Fazenda Tucunarie



Fonte: ANA (2020).

A jusante, o hidrograma mostra um período idêntico de enchente e vazante durante o ano civil, exceto que a diferença é levada a um máximo muito alto em abril em comparação com a parte superior da bacia. O rio Juruena é importante para os habitantes do estado de Mato Grosso e grande contribuinte do rio Tapajós. Pois, de acordo com o estudo realizado por Coe et al. (2002) a descarga da bacia do rio Juruena colaboraria com cerca de 58% da descarga total do Tapajós.

Por sua vez, o rio Juruá, (denominado Yuruá no Peru) nasce nas escarpas da cordilheira dos Andes, na encosta oriental da cordilheira de Contamana. Seu aspecto e / ou interesse geomorfológico apresenta muita sinuosidade. Possui uma das maiores áreas de várzea da região amazônica e muitos lagos em suas margens, sendo circundada por milhões de quilômetros de densas áreas, floresta equatorial de difícil acesso, distribuída por toda a região amazônica. Seus principais afluentes são, pela margem direita, os rios Humaitá, Valparaíso, Gregório, Eiru e Xiruí; e, pela margem esquerda, os rios Ouro Preto, Juruá-Mirim, Moura e Ipixuna. Sua

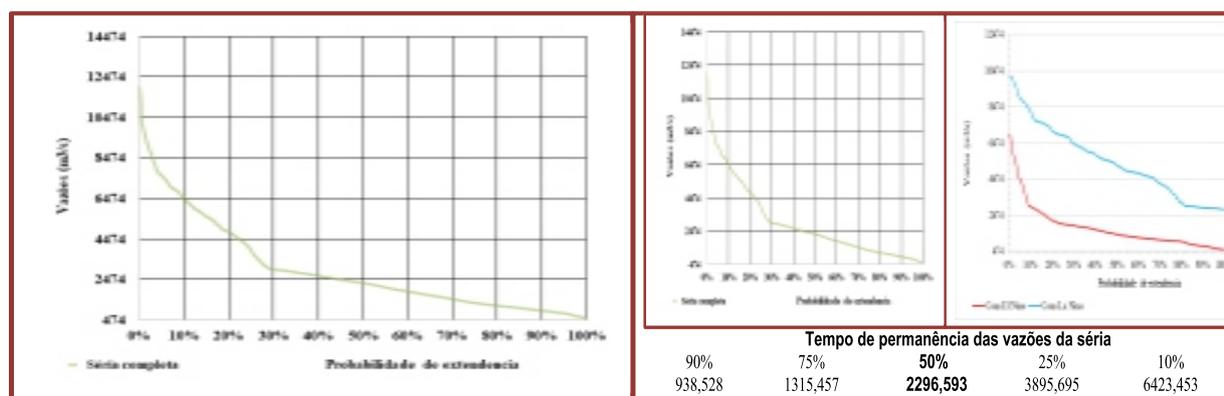
resposta hidrológica, em particular seu regime de vazão em períodos de cheia ou vazante ao longo de seu curso é idêntica ao do Xingu e do Purus.

As condições comportamentais dos regimes hidrológicos do tropical sul, que inclui os rios da parte direita da bacia amazônica, são quase idênticas entre si em termos das principais características relacionadas ao semestre alto e baixo fluxo durante o ano hidrológico.

4.1.3- Variabilidade semestral das vazões sistemas fluviais ocidentais

Seus sistemas fluviais incluíam o regime do rio Solimões que entra no Brasil pelo município de Tabatinga (AM) e após a confluência com o rio Negro perto da cidade de Manaus, que se transforma em outro sistema hidrológico denominado Amazonas que por sua vez é um regime equatorial alterado que sob a influência de três regimes de acordo com a classificação estabelecida por Jean Rodier (1964). Geralmente, o rio Solimões é resultado de vários afluentes, como os rios Javari, Japurá e Juruá. Em sua parte superior, no nível de São Paulo de Olivença, suas características relacionadas ao mês de menor vazão não são necessariamente diferentes daquelas da parte superior dos afluentes do hemisfério sul. O período de cheias vai do final de setembro até o início de maio, mês de máximo extremo que ocorre durante este mesmo quinto mês do ano civil em período de vazante regressivamente até setembro (Figura 19).

Figura 19- Hidrograma do comportamento das vazões médias mensais a montante e jusante do rio Solimões nas estações São Paulo de Olivença e Manacapuru



Tempo de permanência das vazões da série

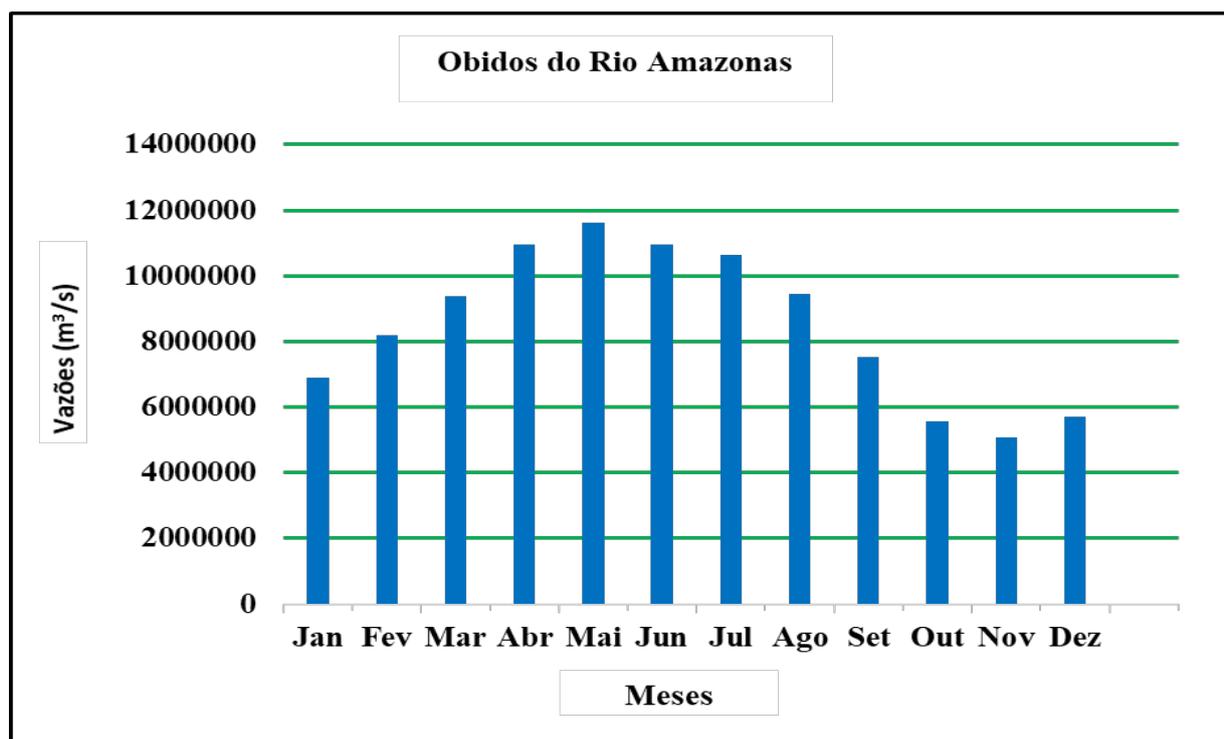
90%	75%	50%	25%	10%
101649,352	127083,17	174192,98	210333,86	226941,18

Fonte: ANA (2020).

À jusante, na estação Manacapuru, o hidrograma é um pouco mais regular, com pico de cheia em junho. O período de cheias começa a progredir a partir do final de novembro e se estende até o décimo sexto mês do ano calendário e os fluxos diminuem regressivamente até o início de novembro.

Adicionalmente, o período de enchente do rio Amazonas, medido na estação de óbidos, evolui durante o mês de novembro até ao final de maio com pico registado no primeiro dia de maio e trânsito em vazante durante o mês de junho até o início de novembro. Assim, o pico máximo na estação de monitoramento em óbidos é um mês antes do pico no trecho que atravessa a estação de monitoramento do rio Manacapuru Solimões. maio – junho (Figura 20).

Figura 20- Hidrograma do comportamento das vazões médias mensais do rio Amazonas na estação óbidos



Fonte: ANA (2020).

4.2- DESCARGAS PRODUZIDAS POR ÁREA

A Tabela 3 abaixo mostra a descarga produzida por área drenagem dos rios Norte e Oeste.

Tabela 3- Descargas produzidas por área de drenagem dos sistemas fluviais Setentrionais e Ocidentais

Estação	Código	Rio	Área de Drenagem (km ²)	Q média (m ³ /s)	Q produzida m ³ /s /km ²)
São Gabriel da Cachoeira	14320000	Negro	193000	5038.22	0.026
Manaus	14990000	Negro	712000	22802.19	0.032
Caracarái	14710000	Branco	126000	2971.79	0.023
Balbina p-8 (Uhe Balbina)	16080000	Uatumã	18900	591.94	0.031
Perimetral Norte	16370000	Trombetas	20300	849.43	0.041
Tabuleiro-Rebio Trombetas	16661000	Trombetas	79000	2970.67	0.037
São Paulo de Olivença	11400000	Solimões	1010000	46999.25	0.046
Manacapuru	14100000	Solimões	2200000	102265.32	0.046
Óbidos	17050001	Amazonas	4670000	168709.98	0.036

Fonte: ANA (2020).

A relação entre vazão e área drenada apresenta variações e tendências regionais semelhantes e isso é verificado em vários aspectos. Do ponto de vista ecológico, é quando se leva em conta a intensidade da variabilidade interanual que permite avaliar a variabilidade global dos fluxos durante todo o período de observação (Este parâmetro é definido por meio do coeficiente de variação) que é a razão entre o desvio padrão e a média da série. Para se referir às crônicas de vazão interanuais ao longo de 20 a 40 anos relacionados a estudos climatológicos ou fenômenos climáticos do tipo ENOS₇, deve se ter cuidado especialmente com a maioria dos Rios andinos indicando picos anuais a montante que divergem a jusante.

Com efeito, na mesma lógica de características e setorização dos sistemas fluviais da bacia amazônica, observa-se que as áreas de drenagem dos afluentes (tabela 4.3) variam de 18.900 a 4.670.000 km² e as vazões médias das crônicas hidrológicas variando de 141.086 a 168.709,99m³/s que produzem descargas oscilam entre 0,023 a 0,041m³/s/km²) para contribuições da margem esquerda (Negro, Branco, Trombetas e Uatumã).

Na parte central, no trecho de São Paula Olivença a relação entre a área de drenagem que é de 1.010.000 km² e a vazão média da série 46.999,25 m³ / s para *uma crônica hidrológica de 45 anos* dá um dado específico fluxo de 0,046m³ / km². A jusante em Manacapuru, o trecho produz a mesma vazão específica que a montante pelo resultado de uma relação entre uma área de drenagem de 2.200.000 km² e uma vazão média de 102.265.317m³/s de uma série histórica de 46 anos. A área drenada da parte a jusante do rio Solimões é 2,17 vezes maior do que a montante. Além disso, o módulo interanual a jusante é 2,17 vezes estendida do que o a jusante para diferentes comprimentos de observação, no entanto produz as mesmos descargas (m³/km²).

Este, entre outros, que justifica uma tendência regional sem sequer levar em conta o efeito da bacia hidrográfica, ou seja, todas as características (geométricas, geológicas, fisiográficas, humanas ou antropogênicas) que são importantes não apenas na resposta hidrológica de a bacia delas (altitude, exposição etc.), diretamente no processo de formação de chuva.

O troço de óbidos que recebe e deixa passar as contribuições de outros regimes, a razão entre uma área de 4.670.000 km² (1071 vezes maior que o trecho Fazenda tucunaré, a jusante do rio Juruena) e uma vazão média de 168.709.983 m³/s de uma série histórica de 49 anos produz uma vazão específica de 0,036 m³/s/km².

Para os rios da margem direita, a relação entre áreas de drenagem que variam de 4.360 km² a 976.000 km² e vazões médias variam entre 141,086 a 2.9137,786 km² produz vazões específicas variam de 0,013 a 0,053 m³/s/km². Ao nível do rio Xingu, a área drenada do trecho da parte a jusante (Altamira) é 1,68 vezes maior do que a montante (UHE Pombal). A vazão média da série histórica da parte à jusante também é 1,69 vezes superior à do montante. Porém, produz o mesmo fluxo específico a montante e a jusante para diferentes crônicas hidrológicas (Tabela 4).

Tabela 4-Descargas produzidas em relação à área de drenagem dos sistemas fluviais da margem direita

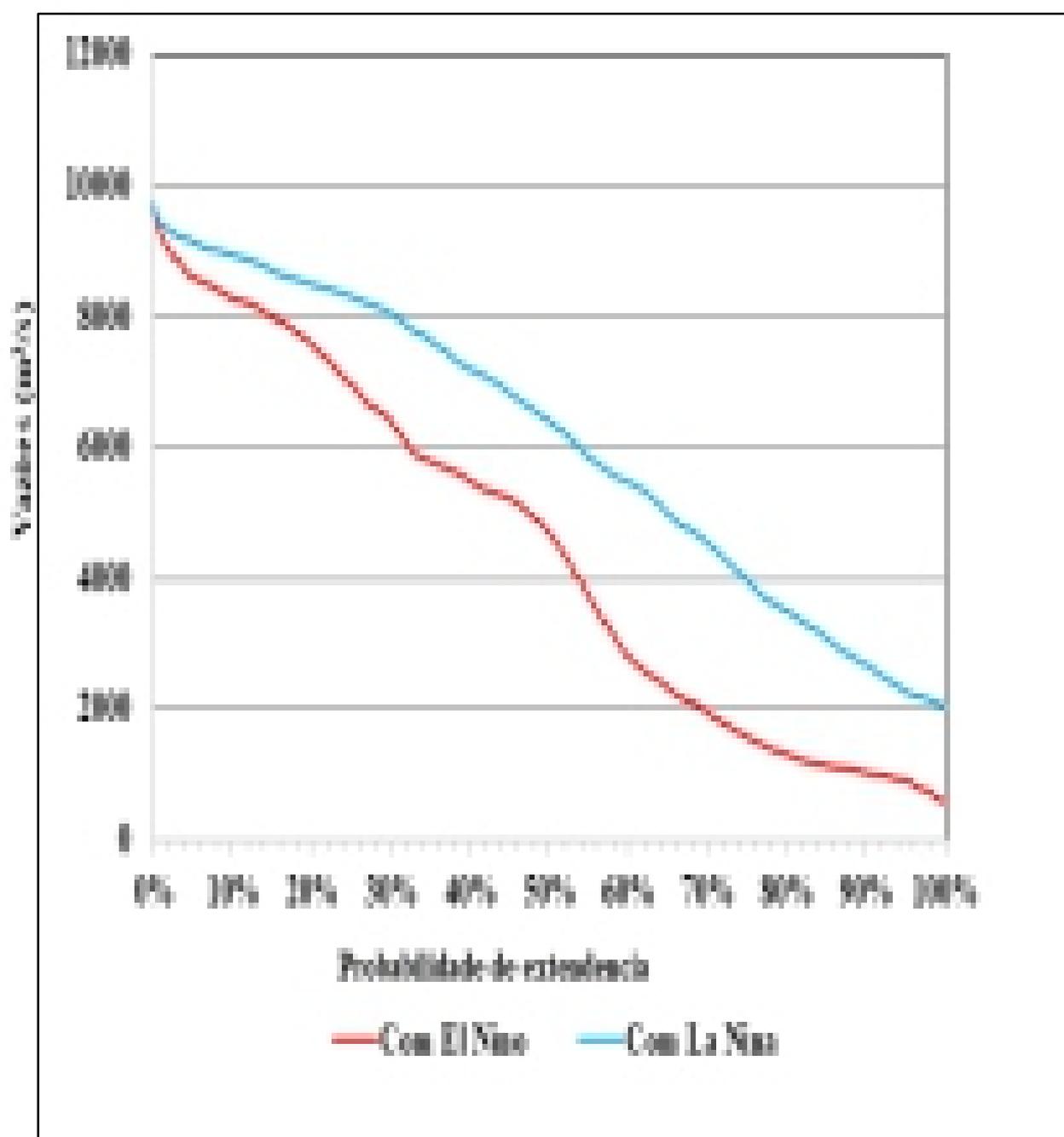
Estação	Código	Rio	Área de Drenagem (Km ²)	Q média (m ³ /s)	Q produzida m ³ /S /km ²)
Foz do Juruena	17130000	Juruena	182000	4450.14	0.024
Fazenda tucunaré	17091000	Juruena	4360	141.09	0.032
Porto velho	15400000	Madeira	976000	18978.89	0.019
Fazenda Vista Alegre	15860000	Madeira	1310000	29137.79	0.022
Valparaíso - Montante	13710001	Purus	105000	2082.23	0.019
Beruri	13990000	Purus	378000	20125.28	0.053
Cruzeiro do sul	12500000	JURUÁ	37800	921.15	0.024
Gavião	12840000	JURUÁ	164000	4704.15	0.028
Itaituba	17730000	Tapajós	458000	13231.24	0.029
Barra do são Manuel	17730000	Tapajós	333000	8397.15	0.025
UHE Pombal	17430000	Xingu	266000	4778.92	0.018
Altamira	18514000	Xingu	448000	8015.92	0.018
Puerto siles	18850000	Mamoré	227000	4717.96	0.020
Guajará-mirim	15242000	Mamoré	609000	8026.34	0.013

Fonte: ANA (2020).

4.3- DINÂMICA DOS SISTEMAS FLUVIAS E O EFEITO DO ENOS

Ao analisar as figuras 21 a 24 a seguir, perceber-se-á que o resultado deste estudo mostra que as variações climáticas afetam os processos hidrológicos na bacia amazônica, ou seja, há uma forte correlação com a ocorrência de episódios de El Niño e La Niña nos principais sistemas fluviais amazônicos.

Figura 21- Valores acumulados de desvios da média, sucessão dos períodos hidroclimáticos e sua relação com a dinâmica dos sistemas fluviais Solimões e Amazonas nas



Fonte: ANA (2020)

Em primeiro lugar, nossa observação da sub-bacia do Solimões, durante o período analisado, fornece fortes evidências de uma ligação entre o ENOS e os modelos de fluxo dos rios da Bacia Amazônica. Considerando as últimas quatro (4) décadas, as duas últimas décadas (2000-2020) são mais marcadas pelos anos de maior umidade (curva ascendente) do que as duas primeiras.

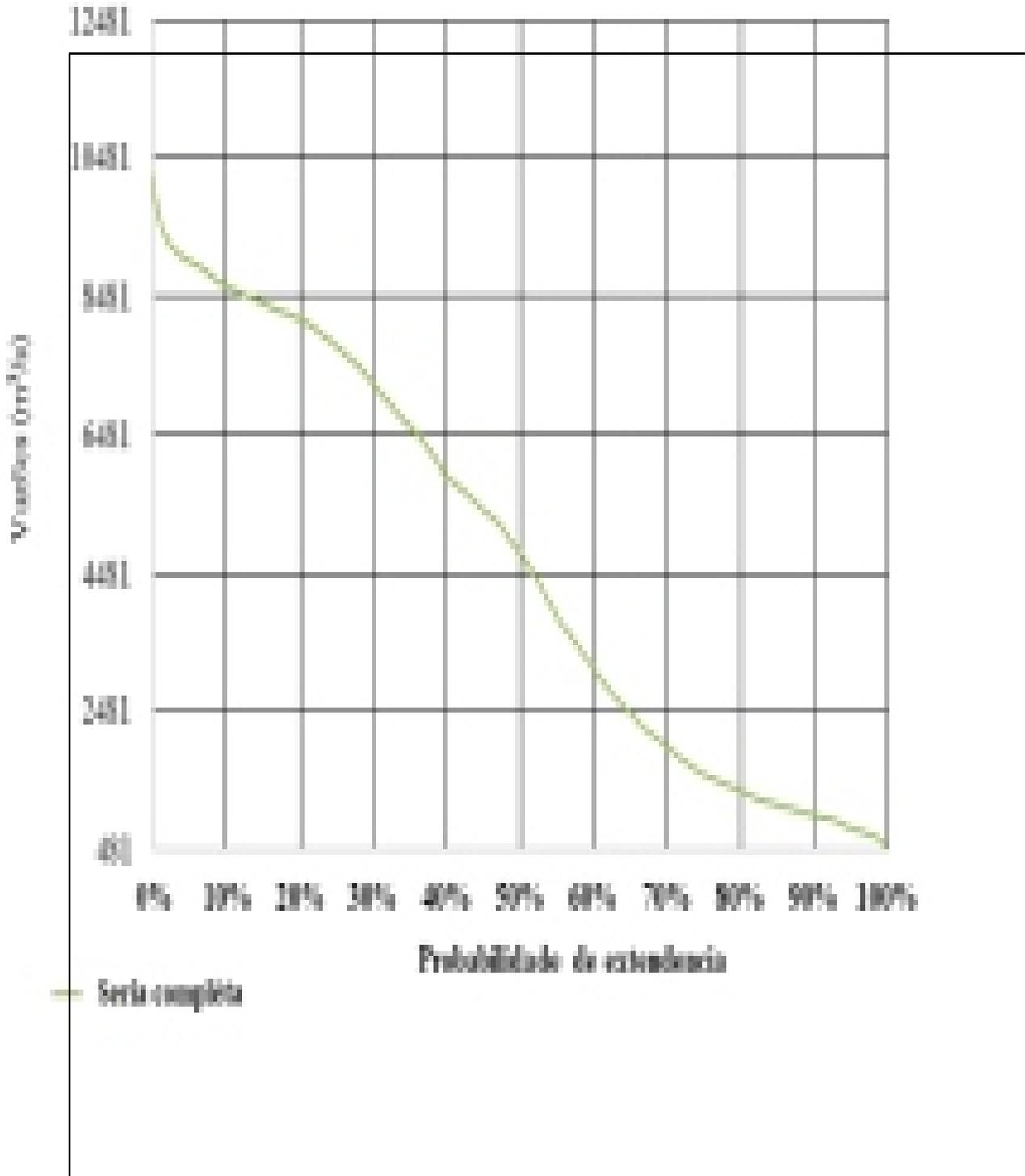
Durante os 9 anos durante a primeira década, {1980 (1982-1989) 1990}, há um equilíbrio entre os anos de seca e de cheia. Mas, 75% dos anos umidades coincidiram com os anos de La Niña (1984, 1988 e 1989). Ressalta-se que a segunda década, 1992 é o ano de menor vazão da série histórica. Este é provavelmente o fato de que as duas estações mais importantes do ano hidrológico foram influenciadas pelo desempenho do El Niño durante a primeira metade do ano civil. Para a década de 1990-2000, também observamos 50% de anos de seca, 40% de anos de umidade e 10% "normal" entre os dois longos períodos de seca e umidade. Assim, 80% dos anos de seca são coincidentes com os anos de El Niño (1995, 1997-1998 e 1992). Por anos de umidade, quase 50% deles estão em harmonia com a ocorrência do fenômeno La Niña.

Dentre os eventos da série, 25 de outubro de 2010 foi a data mais significativa da crônica hidrológica ao nível do sistema fluvial do Solimões a Manacapuru, a sub-bacia com sua menor vazão diária e corresponde ao fenômeno El Niño.

De acordo com Espinoza et al. (2011), a seca de 2010 foi a mais severa, portanto para o período 2000-2010, o que parece concordar com a Figura 21 deste estudo que apresentou uma anomalia extremamente marcada. Se o impacto do ENOS no balanço hídrico é mais notável durante a temporada umidade, mas através de nossa observação neste estudo, a ocorrência de La Niña no início do segundo semestre de 2010 não foi muito influente no aumento do nível da água em 2011 em comparação com o normal no nível do rio Solimões em Manacapuru.

No sistema Amazonas em óbidos, os fluxos são mais variados da média em comparação com Trombetas e Solimões. Durante toda a série histórica (1982-2019), ou seja, quase 4 décadas, a sub-bacia experimentou apenas 10,81% do período de seca e moderadamente correlacionada com ENOS. Percebe-se que 75% dos anos de seca ocorreram entre as duas primeiras décadas, ou seja, entre os anos de 1982 a 1998, um recorde quase idêntico ao da maioria dos demais sistemas fluviais da margem esquerda, mais especialmente Trombetas (Figura 22).

Figura 22- Valores acumulados de desvios da média, sucessão dos períodos hidro
is estações



Fonte: ANA (2020)

Pelos 33 anos que constituem a série hidrológica (1986-2019) da sub-bacia de Trombetas, apenas 35% não sofreram seca e 71.42% deles estão timidamente correlacionados com a ocorrência de La Niña durante os primeiros 20 anos da série histórica, (1986-2006). Para

os anos de seca durante as primeiras 2 décadas (1986-2006), enumera-se 69.23% dos anos de seca (curva descendente) está correlacionada com o fenômeno El Niño.

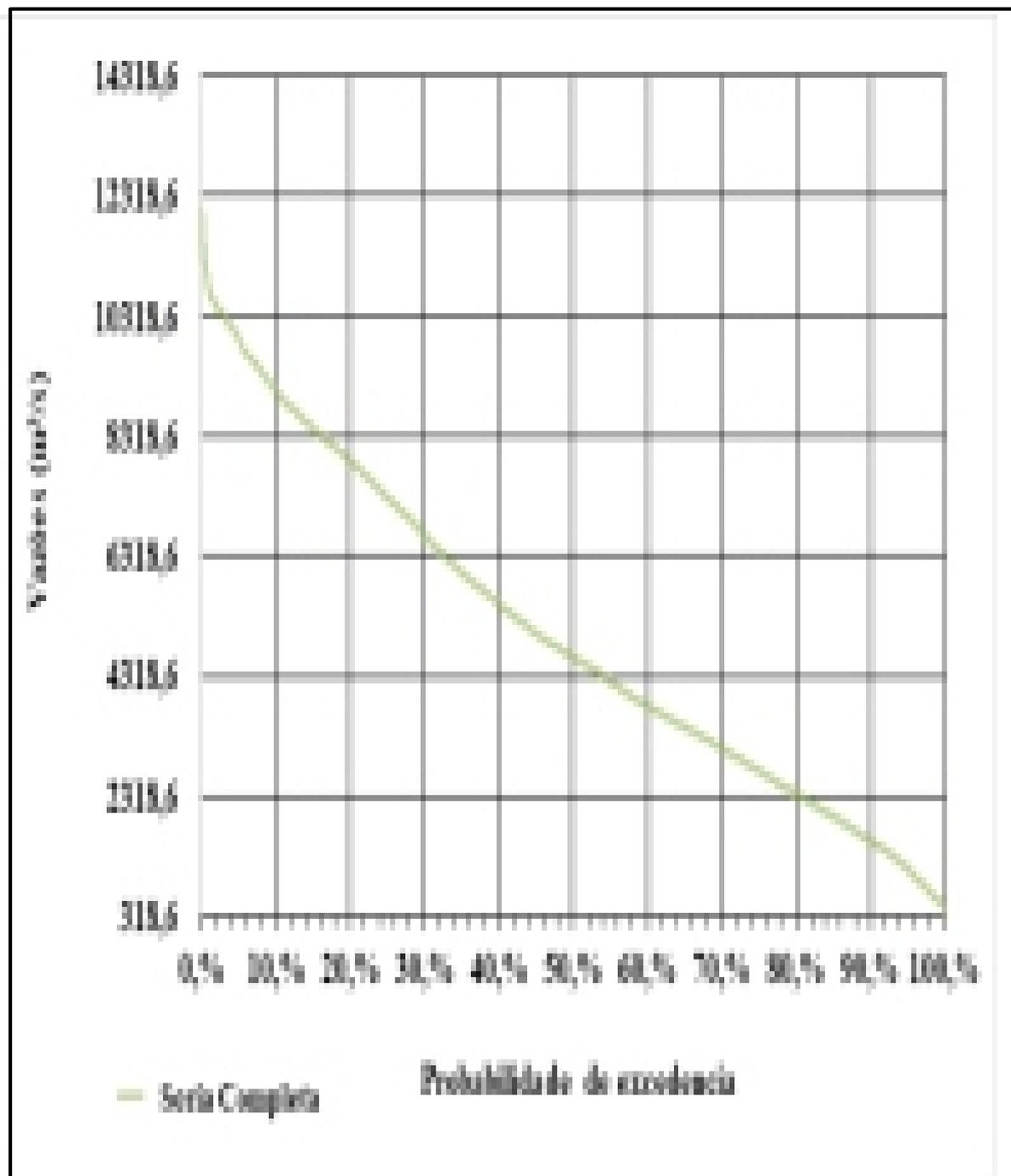
Porém, ao nível do rio Negro em Manaus, observando os primeiros 24 anos (1982-2006) 62,5 deles sofreram anos de seca (curvas descendentes) e 60% deles estão correlacionados com El Niño. Para anos úmidos, 55,55% estão correlacionados com fenômenos climáticos La Niña. Mas entre 2006-2019, a sub-bacia do Negro experimentou mais anos de umidade, ou seja, um total de 76,92% e 70% deles estão correlacionados com La Niña.

A variabilidade climática é muito acentuada no Tabuleiro Rebio Trombetas da sub-bacia do Trombetas. De 1999 a 2019, pode-se observar que a sub-bacia experimentou mais anos úmidos do que anos secos. Os fluxos ficaram ligeiramente acima da média (curva ascendente) e, quase 85% do La Niña se correlacionou com eles. 75% dos anos de seca estão correlacionados com o El Niño. Molion e Moraes (1987) descobriram que a descarga no Rio Trombetas (na parte norte da bacia) e Ji-Paraná (na parte sudoeste da bacia) estão fortemente correlacionadas com ENOS.

Na margem esquerda da Bacia, este estudo não observou ou correlacionou fenômenos climáticos com os rios Branco e Uatumã a jusante, mas outra pesquisa realizada por Berlato et al (2005); Higuchi et al (2011); INPE (2014) citado por Sander (2015) ligando das 6 maiores e 6 menores enchentes na série histórica do rio Branco mostraram forte relação com os fenômenos ENOS.

Na sub-bacia do Negro, visto que o rio recebe da sua margem esquerda, a jusante de São Gabriel e a montante de Manaus, a contribuição do rio Branco, um regime com pico máximo é bem acentuado na segunda metade do ano civil. Para isso, procuramos comparar a parte a montante e a jusante das sub-bacias, para melhor compreender a ligação entre a ocorrência dos fenômenos El Niño, La Niña e a dinâmica do rio em quase todas as suas dimensões (Figura 23).

Figura 23- Diferença na sucessão de períodos hidro climáticos entre a parte a jusante e a montante das sub-bacias do Negro



Fonte: ANA (2020).

Ao analisar a Figura 23 acima, 63% e 68,42% dos anos umidades foram respectivamente correlacionados com Niña na parte superior e inferior da sub bacia. Além disso, essas duas partes do sistema do rio Negro, o trecho a jusante (Manaus) experimentou mais anos com vazões abaixo da média do que o a montante (São Gabriel da Cachoeira) e 83% dos anos

localizados na curva descendente estão moderadamente correlacionados com El Niño para a parte inferior. Nessa mesma lógica, notamos que o primeiro quinquênio da série hidrológica (1982-2019) foi convictamente caracterizado por vazões anuais abaixo da média. Digamos que apenas 20% dos anos na primeira década (1982-1991) foram caracterizados por anos de enchente acima da média.

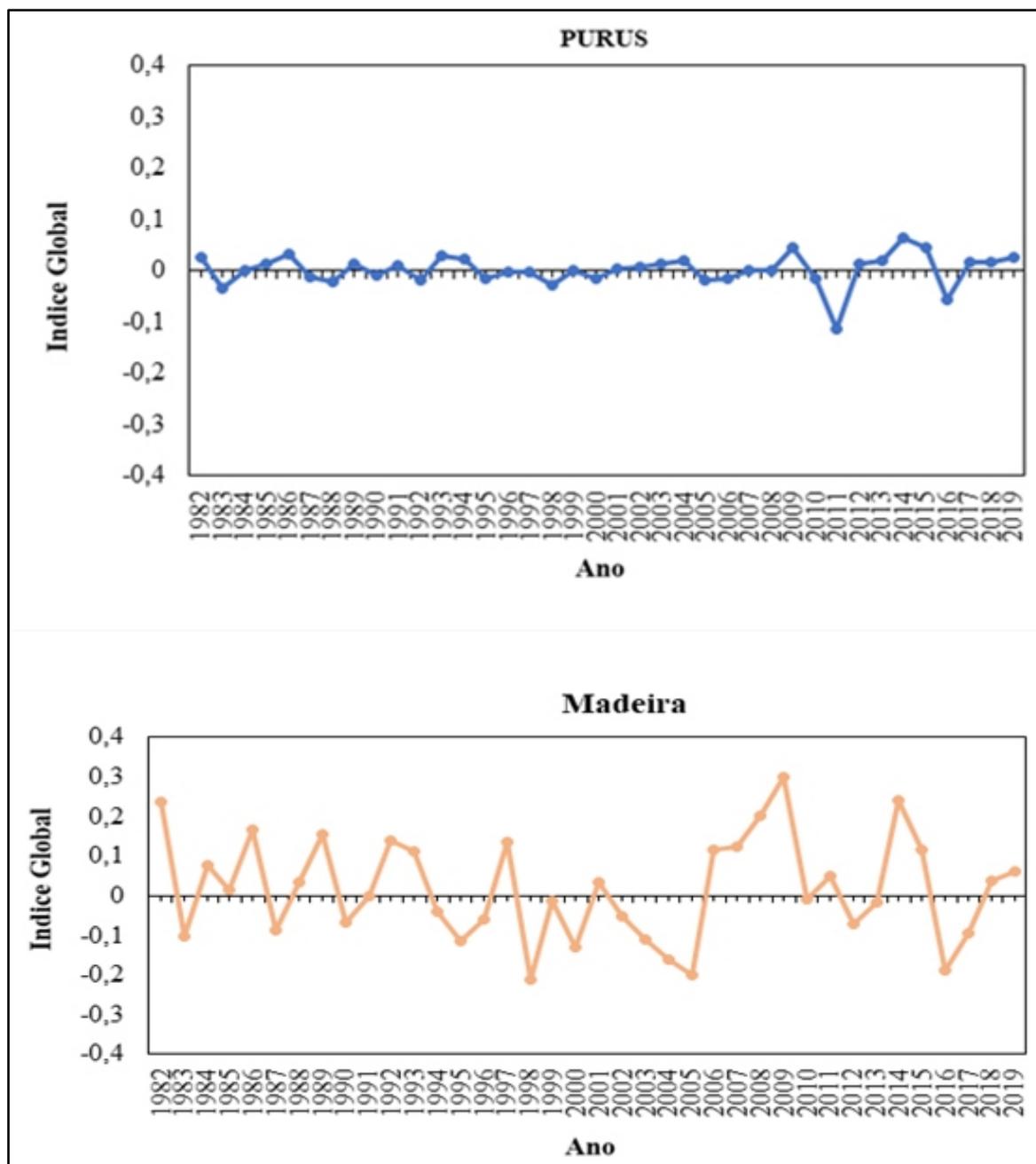
Na segunda década, vemos que, respectivamente, 1994 e 1998 foram caracterizados por fluxos anuais ligeiramente acima da média na parte superior da sub-bacia do Negro, embora na seção a jusante seja completamente diferente. É possível que as outras grandes influências da margem esquerda do escudo guianense, mais especialmente o rio Branco, que são muito sensíveis ao ENOS, estivessem obviamente sob a influência do forte episódio do El Niño de 1997 até o final do primeiro semestre de 1998. Durante nesses anos, os rios da margem esquerda do rio Negro viviam críticos períodos de vazante.

Existem vários outros fatores que podem destacar esse contraste, digamos, essa variabilidade ao longo da sub-bacia do Negro. Fatores topográficos, pedológicos, vegetativos, geomorfológicos e antrópicos de todas as demais sub-bacias contribuintes a montante da rede de drenagem de Manaus. Ao nível do rio Branco, Grande afluente e influenciador da parte a jusante, estudo realizado por Sander (2015); Cutrim et al. (2000) observaram um pequeno pico anual em 1997 coincidindo com períodos sob a influência de episódios do El Niño.

Todas essas questões mostram a complexidade existente na sub-bacia do Negro que recebe contribuições de outras sub-bacias com regimes diversos e completamente sensíveis às mudanças nos ciclos hidrológicos, fenômenos climáticos e atividades antrópicas. Os problemas das principais sub-bacias contribuintes do Norte a montante de São Gabriel da Cachoeira têm grandes impactos na parte inferior do sistema do rio Negro.

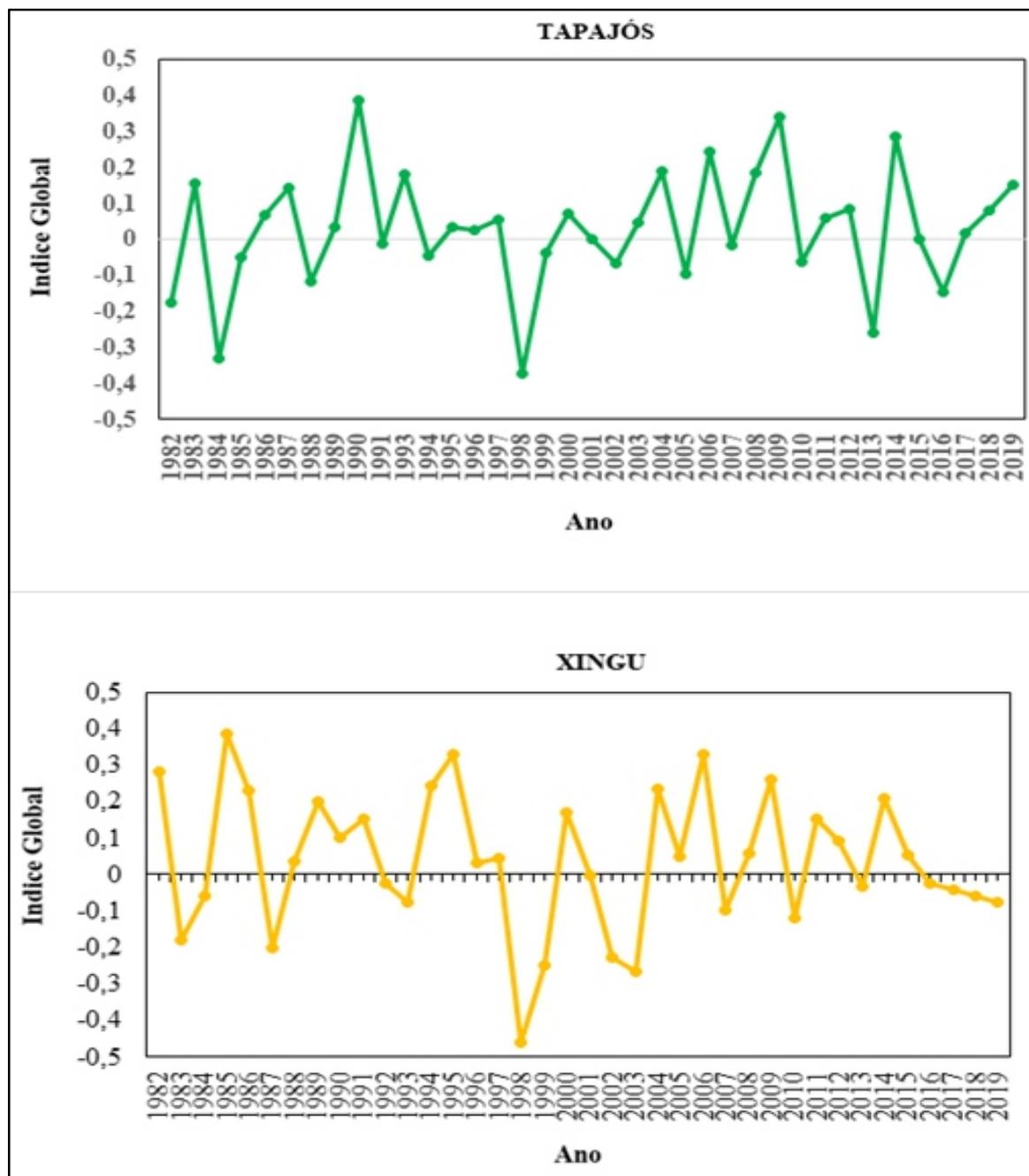
Na parte sul da bacia (Purus, Madeira, Tapajós e Xingu), ao se analisar o comportamento hidrológico de cada sub-bacia, as variações interanuais das vazões dos sistemas fluviais dessa região apresentam uma ligeira diferença, para não dizer um pequeno contraste em particular ao nível dos rios Madeira e Purus (Figura 24 e 25).

Figura 24- Pequena dissimilaridade ligada ao comportamento hidro climático das sub-bacias do hemisfério sul



Fonte: ANA (2020).

Figura 25- Pequena dissimilaridade ligada ao comportamento hidro climático das sub-bacias do hemisfério sul



Fonte: ANA (2020).

Ao analisar a Figura 24 acima, o diagrama comportamental e morfodinâmica do rio Purus ao longo das três décadas (1982-2010) apresentou um sistema fluvial quase 97% estável durante a ocorrência do El Niño, com exceção de 1983 e 1998 ou esta sub-bacia sofreu secas extremas e isto se deve ao fato de que a ocorrência do El Niño se realizou ao longo dos anos anteriores (1997 e 1982) e afetou as duas importantes estações do ano hidrológico nesta zona.

Durante esta última década (2010-2020) observa-se que durante a ocorrência de La Niña em 2010-2011, a curva apresentou um comportamento descendente o que explica que esta sub-bacia experimentou um ano de vazante em 2011 em comparação com os demais da margem direita (Madeira, Xingu e Tapajós) que tiveram um ano quase úmido em 2011 e fracamente correlacionados com a ocorrência de La Niña.

O sistema do rio Madeira também apresenta comportamento próprio em comparação com os demais sistemas da zona sul da bacia amazônica. Por outro lado, a ação do ENOS é mais marcante neste último em comparação com a dinâmica do rio Purus. Porque durante os 37 anos hidroclimáticos estudados ao nível do regime do rio Madeira, 90,90% dos anos de vazante estão ligeiramente correlacionados com El Niño e 58,33% dos anos úmidos estão correlacionados com La Niña. Nota-se um contraste neste sistema fluvial, pois a maioria dos períodos de ENOS como durante a ocorrência do El Niño respectivamente em 1982, 1992, 1997 aumentam a vazão deste rio, enquanto durante a ocorrência do Niña em determinados períodos, diminui a vazão deste mesmo rio em comparação com a maioria dos outros sistemas fluviais da margem esquerda, como trombetas e parte inferior do rio Negro, onde a ocorrência de El Niño diminui e La Niña aumenta sua vazão.

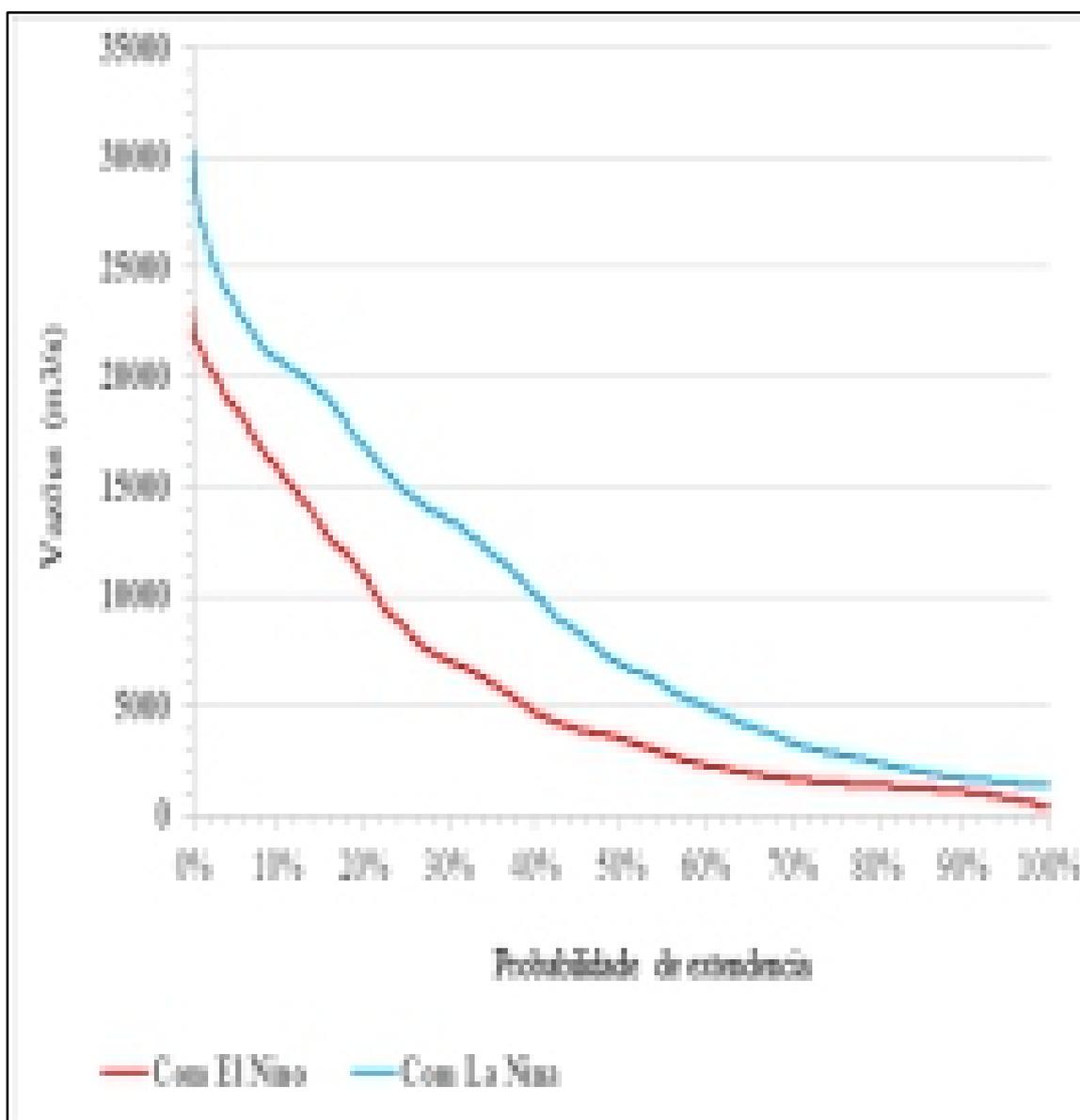
Se vários estudos como este admitem que as sub-bacias do litoral sul estão no mesmo regime, e experimentam os mesmos semestres de vazante e e alta vazão, mas tanto quanto o estudo da crônica hidrológica é realizado em um longo escala, isso dá uma melhor compreensão da variabilidade interanual, do comportamento hidrológico de cada sub-bacia e uma boa clareza sobre os efeitos dos fenômenos climáticos, em particular El Niño e La Niña no balanço hídrico. Porque, em relação ao ENOS e outros fenômenos climáticos, os tipos de precipitações são distintos e os seus efeitos podem variar de um local para outro de acordo com a sua frequência e a situação topográfica, morfológica digamos o zoneamento geográfico em questão.

O resultado deste estudo também nos mostra que cada sub-bacia apresenta particularidades ao longo da série hidrológica. Se o ENOS tem mais impacto no rio Xingu, mas é o único sistema fluvial na margem sul que conheceu anos planos desde 2016 para a análise de 1982 a 2019. Os impactos do El Niño são mais consequentes no rio Madeira a partir de 1998, e Purus durante a última década (2010-2020), mas timidamente correlacionado em 1998. Purus também é o único rio estudado que apresenta uma curva descendente (níveis de água baixos) durante o ano de La Niña em 2011. Este pequeno estudo é uma pista para encoraje mais pesquisas aprofundadas sobre esse comportamento.

4.4 ESTUDO DO TEMPO DE PERMANÊNCIA DO FLUXO E AS RELAÇÕES Q

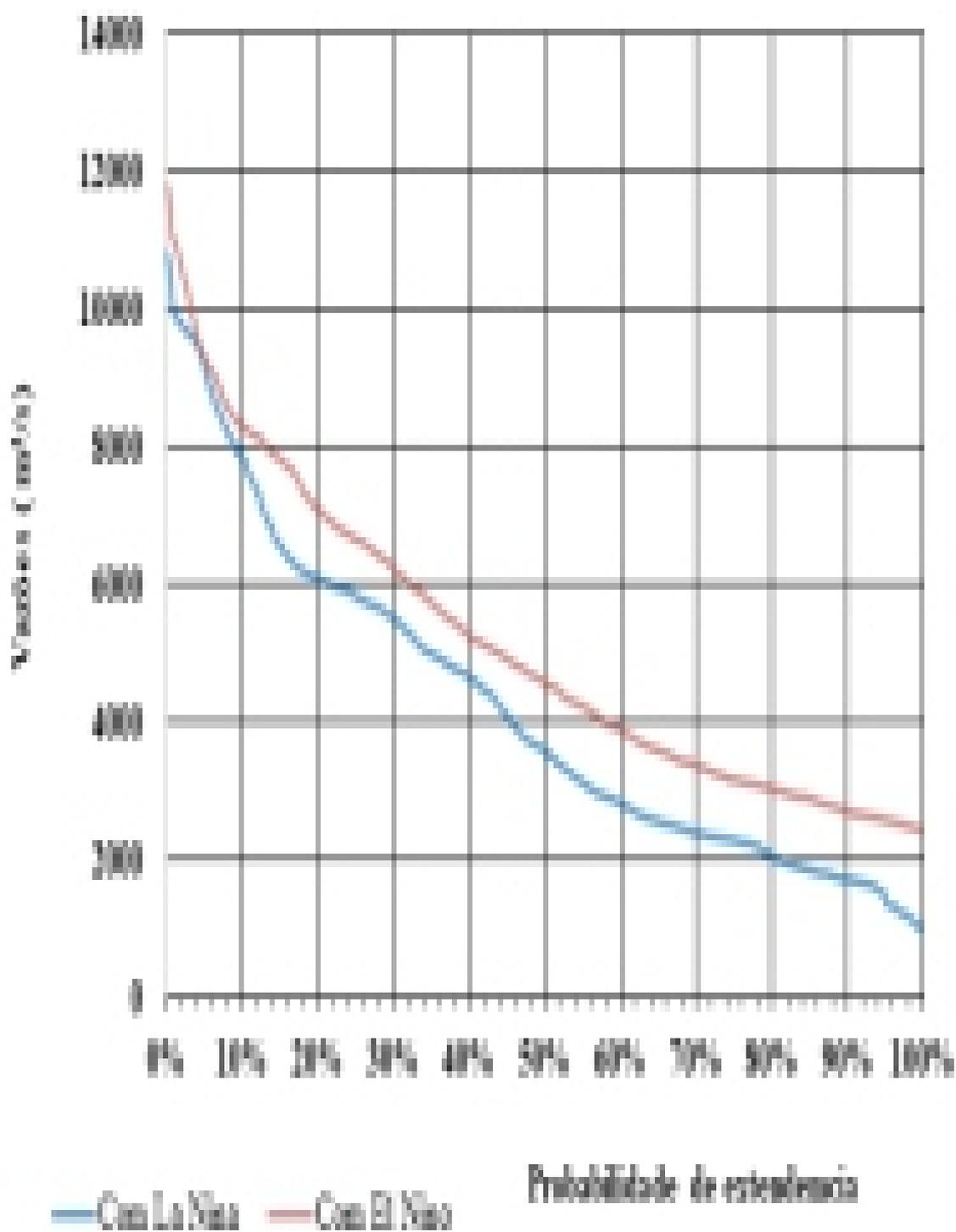
O tempo de permanência das vazões abaixo e acima da média histórica em cada uma das duas estações de monitoramento dos cursos d'água pertencentes das sub-bacias hidrográficas são mostradas nas tabelas 5 e 6.

Tabela 5- Tempo de permanência das vazões abaixo e acima da média histórica dos afluentes da parte esquerda e principal da Bacia Amazônica



Fonte: ANA (2020).

Tabela 6- Tempo de permanência das vazões abaixo e acima da média histórica dos afluentes da margem direita da Bacia Amazônica.



Fonte: ANA, (2020).

Para os regimes de rios analisados na tabela 5 acima, o Rio Amazonas apresentou um valor 57% acima da média e 47% abaixo. Isso indica que essa sub-bacia drena regiões que se beneficiam de um tipo de clima que traz temperaturas quentes e úmidas para a densa floresta amazônica, onde chove a maior parte do ano. A sub-bacia do Solimões, por sua vez, em toda a sua extensão mostra um comportamento equilibrado (acima 50%, baixo 50% e quase comparável com a sub-bacia do Negro (acima = 45%, baixo = 55%) e sub-bacia do Uatumã a Balbina P8 (acima de 45%, abaixo de 55%).

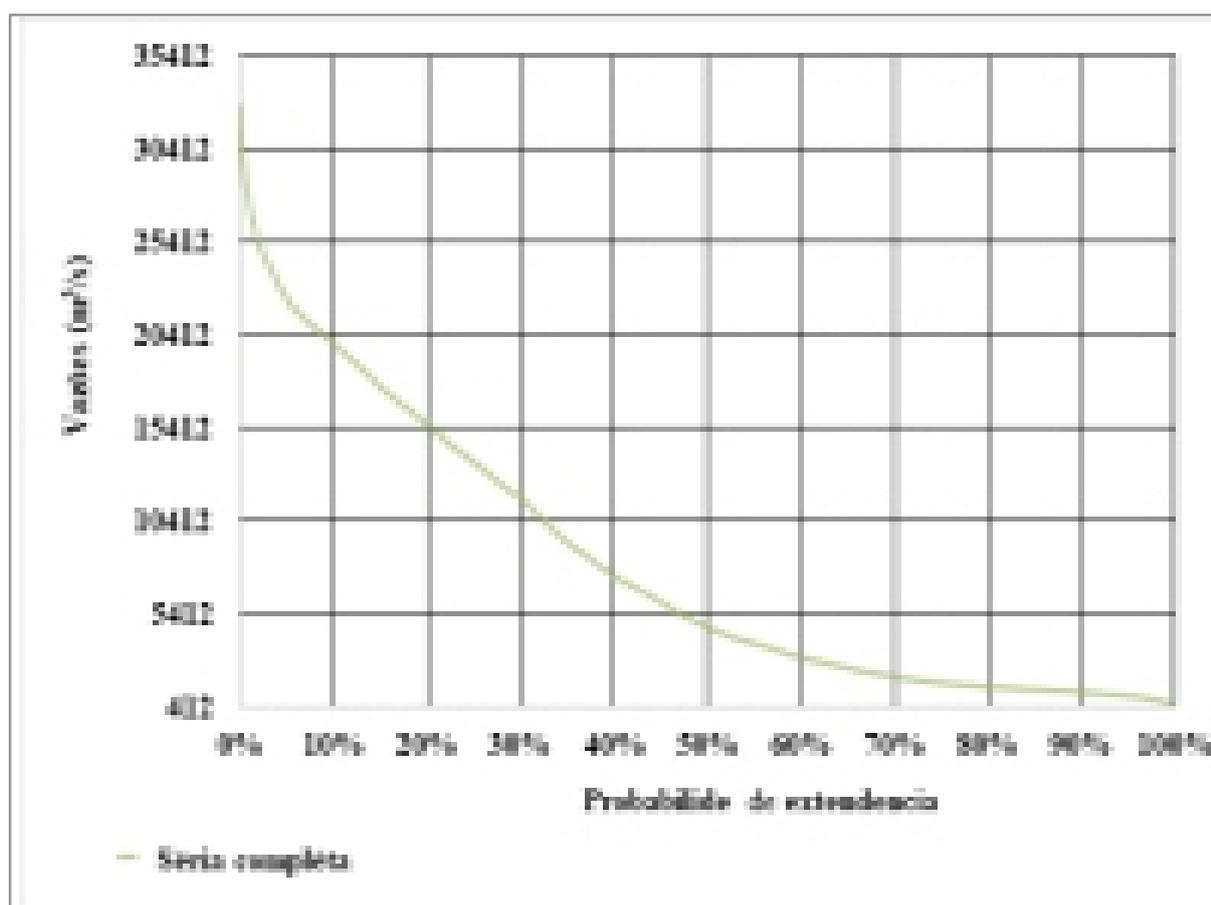
As demais sub-bacias do Escudo Guianês, como Branco e Trombetas, apresentam percentuais que estão respectivamente 64 e 70% de permanência das vazões abaixo da média, esta instabilidade no nível desses regimes fluviais se deve ao fato de estarem localizados em áreas com condições climáticas mais quente e vários outros fatores, especialmente a questão de uma cobertura florestal menos densa que domina a maioria de suas áreas de drenagem em comparação com o Negro e Uatumã.

Os regimes fluviais da margem direita apresentam ligeiros desequilíbrios quase semelhantes aos do Negro. Com exceção das sub-bacias do Juruá, apresentando uma estabilidade nítida comparável à do Solimões. (acima de 50,3%, baixa 49,7%). Note-se que, para além da existência de parâmetros físicos desenvolvendo vários fatores (geologia, clima, declividade do terreno) que influenciam o escoamento da água, a forma como uma sub-bacia reage ao escoamento e a sua contribuição para a hidrologia da bacia, outros parâmetros geomorfológicos são favorecidos porque o relevo é o fator que melhor reflete a partição da bacia entre o curso superior nas terras altas, o curso médio no relevo médio (altitudes médias) e o curso inferior no relevo regiões de planície (baixas altitudes) (FAYE, 2014). Além disso, a pedologia (porosidade, compactação e espessura dos solos), a vegetação (maior ou menor poder de interceptação das chuvas, volume de água da chuva evapotranspirada), a atividade antrópica que atua principalmente dentro mudanças no uso do solo (favorecimento a formação de escoamento superficial, erosão, impermeabilização do solo), alteração e ampliação da densidade de drenagem (drenagem de áreas pantanosas, construção de rede de drenagens pluviais, retificação de canais, entulhamento de mananciais). Todos estes fatores podem ser responsáveis ainda pela alteração de parâmetros físico-químicos da água (EVANGELISTA et al., 2008; SANDER 2015; SANDER et al., 2016).

4.5 IMPACTOS DO EL NIÑO OSCILAÇÃO SUL NO TEMPO DE PERMANÊNCIA DO FLUXO FLUVIAL

A Tabela 7 apresenta os valores do tempo de permanência das vazões dos sistemas fluviais das margens esquerda e central, durante a presença dos fenômenos El Niño e La Niña.

Tabela 7- Valores comparativa do tempo de permanência das vazões abaixo e acima da média dos sistemas fluviais das margens esquerda e central, durante a vigência dos fenômenos El Niño e La Niña.



Fonte: ANA (2020).

Ao nível do sistema do rio Negro, na sua parte alta mais precisamente no trecho de São Gabriel da Cachoeira, analisando os dados, a duração do tempo de permanência dos fluxos abaixo da média durante a ocorrência do fenômeno La Niña aumentou em 13,1%. No entanto, durante o El Niño, aumentou apenas 1,72%. Em Manaus, o tempo de duração do fluxo abaixo da média para este trecho tem um aumento, ou seja, um valor respectivo de 29,13% durante a ocorrência de La Niña e 11,82% com El Niño.

Em Caracará, o ENOS tem grande impacto na dinâmica do rio, o tempo de permanência das vazões acima da média é aumentado em 5,71%, aqueles abaixo da média em 38,37% no período Niña. Quando ocorre o El Niño, a duração dos fluxos acima da média é reduzida em 17,16% e a duração dos fluxos abaixo são aumentados em 17,56%, este cenário explica um escoamento bem equilibrado ao nível do trecho a jusante do rio Branco durante a atuação do ENOS.

No caso do rio Uatumã em Balbina, observa-se que a duração dos fluxos é bem-marcada durante as ocorrências de Niña com um aumento de 17,06% para aqueles abaixo da média e 4,88% para aqueles acima da média. Enquanto, durante o El Niño, ocorre uma ligeira diminuição no tempo de permanência dos fluxos abaixo da média, é uma bacia com melhor regulação a partir de 10% das vazões completas da série, pequenas variações durante a ocorrência de El Niño e More bem variaram durante a ocorrência de La Niña quando se compara os fluxos durante o período ENOS com aqueles da crônica hidrológica.

Ao nível do rio Trombetas, o tempo de permanência dos fluxos abaixo da média no período La Niña é amplamente variado em comparação com os dados da série histórica completa. Ou seja, um aumento de 41,3% e notavelmente reduzido no Período El Niño. Esta bacia é obviamente vítima de solos quase nus e de uma posição geográfica em condições climáticas secas. Além disso, observações via Google Earth evidenciaram a hipótese de uma topografia ruim localizada em um ar contributivo, há também a questão de superfícies saturadas na gênese dos fluxos de inundação, a geomorfologia, geologia e paleotopografia.

Na parte central, ao nível dos sistemas fluviais do Solimões e Amazonas, os impactos do ENOS na duração dos fluxos são apresentados de forma diferente em comparação com os sistemas fluviais do Norte. Além disso, a bacia do rio Solimões vê sua recarga hídrica modulada por diversos sistemas atmosféricos, sendo a parte setentrional mais influenciada pela zona de convergência intertropical (ITIC) e a parte do hemisfério sul também influenciada pela zona de convergência do Atlântico Sul (CASZ). como por aglomerados convectivos e sistemas frontais que operam nesta região (EVALDO et al., 2015).

Assim, ao analisar os dados, observa-se que em São Paulo de Olivença, a duração dos débitos durante a ocorrência do ENOS é mais moderada. Com os fluxos durante o período de La Niña, verifica-se uma ligeira variação, ou seja, diminuições respectivas de 7,35 e 3,83% entre os fluxos acima e abaixo da média em relação às vazões completas da série. Enquanto no

período El Niño, o tempo de permanência das vazões acima e abaixo da média são variados com acréscimos de 1,29 e 0,22%.

Em Manacapuru e Óbidos, os tempos de duração do fluxo acima da média em comparação com os dados da série variam de 4,26 a 4,66% durante a ocorrência de La Niña e aqueles abaixo da média de 1,48 a 7,98%. Mas, no período El Niño, aqueles acima da média variam de 12,68 a 13,14%. No entanto, para os que estão abaixo da média, em Manacapuru crescem 2,5% e diminuem 4,64% em Óbidos. Apesar que ao longo da travessia da planície brasileira, o Rio Solimões-Amazonas se caracteriza por um regime bastante regular quase da mesma característica, ao analisar os registros do conjunto de dados climáticos de longo prazo, esta parte central da Bacia Amazônica pela sua complexidade afirma que os efeitos do ENOS, os modelos climáticos parecem se manifestar ou variar muito de década a década, para não dizer de um ano a outro no tempo de permanência dos fluxos.

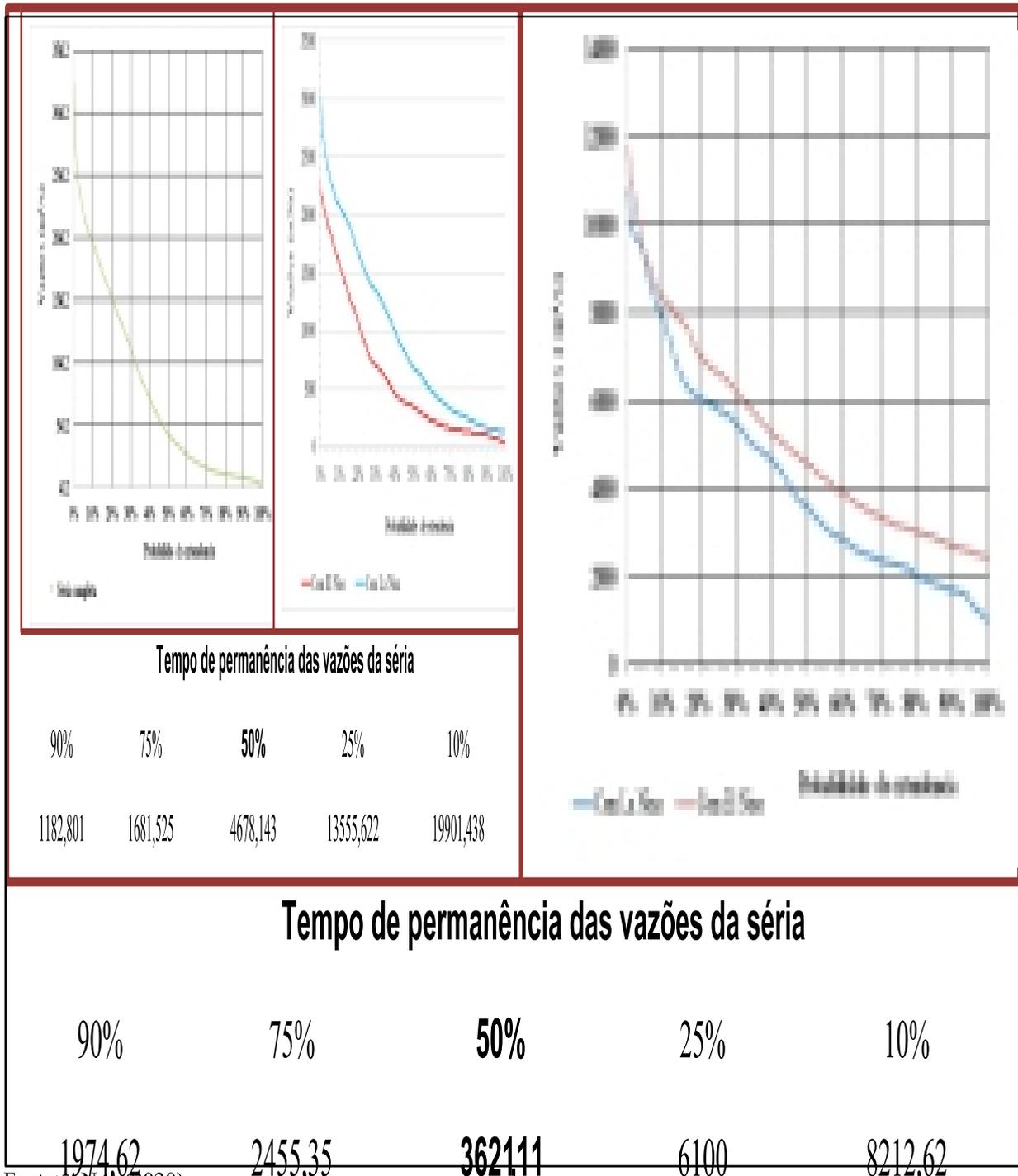
Outros elementos importantes que foram analisados neste estudo, porque os períodos do El Niño são mais secos e quentes, enquanto o La Niña é mais úmido e frio, pode haver uma inter-relação entre os fenômenos climáticos e as geleiras tropicais dos Andes. E, essa interação teria causado mudanças nos níveis glaciais na cordilheira oriental da Bolívia e Peru, que por sua vez sofreu um declínio sem precedentes nas últimas décadas (VUILLE et al., 2008; RABATEL et al., 2013; VEETTIL et al., 2017c; VUILLE et al., 2018).

Além disso, este estreitamento ou encolhimento ao nível das geleiras teria tido uma influência espontânea, ou seja, contribui livremente e sem constrangimentos para os sistemas fluviais da bacia amazônica (RIBEIRO et al., 2017; VEETTIL e SOUZA, 2017). Dito isto, durante a ocorrência do El Niño, principalmente quando este fenômeno tem uma frequência elevada, percebeu-se que um derretimento das massas de gelo que contribui para o aumento das vazões e do período de Niña especialmente com uma frequência muito alta, áreas de grande altitude, as águas mudam de estado e se solidificam em neve ou geleira e diminuem o fluxo dos rios que se formaram na Cordilheira dos Andes (VEETTIL et al., 2014; VEETTIL et al., 2016a; 2017c;).

Então, é obviamente esta complexidade que explica este estranho comportamento ligado ao impacto do ENOS no tempo de permanência dos fluxos ao nível da maioria dos sistemas fluviais da bacia amazônica que têm suas nascentes na cordilheira oriental da Bolívia do Peru

e do Equador. A Tabela 8 abaixo apresenta os valores do tempo de permanência das vazões dos sistemas fluviais da margem direita durante a presença dos fenômenos El Niño e La Niña.

Tabela 8 -Valores comparativa do tempo de permanência das vazões abaixo e acima da média dos sistemas fluviais das margens do hemisfério sul durante a vigência dos fenômenos El Niño e La Niña



Fonte: ANA (2020).

A análise ao redor do sistema do rio Juruena mostra uma pequena diferença entre sua parte superior, mais precisamente no trecho Foz do Juruena, e sua parte inferior no nível do trecho Fazenda Tucunaré. A montante, o tempo de permanência dos fluxos abaixo da média durante a ocorrência do fenômeno La Niña aumentou 13,45% e 1,77 acima. E, durante a ocorrência de El Niño, aumentou, respectivamente, 1% acima e 19,61 abaixo quando se compara as vazões do ENOS com os dados da crônica hidrológica.

Na parte jusante, na Fazenda Tucunaré, o tempo de permanência das vazões abaixo da média para este trecho acrescentou para um valor respectivo de 5,45% durante a ocorrência de La Niña e de 18,56% com El Niño. Enquanto, aqueles acima aumentaram ligeiramente 1,81% durante a ocorrência de La Niña e 2,92% com o El Niño.

No nível da seção Valparaíso Montante do sistema do rio Purus, os dados acima variam em 0,12% durante a ocorrência de La Niña e 1,81% durante o El Niño. Aqueles abaixo aumentam gradualmente em 18,14% com El Niño e 19,94% com La Niña.

O impacto do ENOS no tempo de permanência das vazões do sistema do rio Juruá se manifesta de forma diferenciada a montante e a jusante. Em Cruzeiro do Sul, na parte alta, durante a ocorrência de La Niña, os dados variam positivamente de 0,35% acima, e 20,31% abaixo. Quando ocorre El Niño, aumenta 19,72% abaixo e diminui ligeiramente 1,28% acima. No entanto, na parte baixa do Gavião há um ligeiro aumento abaixo de 1% durante a ocorrência de La Niña, e a outra fase diz El Niño, o tempo de permanência do fluxo reduziu ligeiramente em 3,48% abaixo e 1% acima.

Tapajós por sua vez, com os dados de La Niña, o tempo de permanência dos fluxos acima da média diminuiu 1% e diminuiu 10,76% abaixo. Durante a ocorrência do El Niño, a tabela mostra um aumento de 1,27% no abaixo e redução de 11,61% no Itaituba. Enquanto na Barra de São Manuel, durante a ocorrência de La Niña, exibição da tabela mostra uma progressão respectiva de 3,09% acima e 17,55% abaixo da média. Com as vazões daquele El Niño, o tempo de permanência da vazão diminuiu 5,71% acima e aumentou 16,99% abaixo quando examinado com os dados completos da série histórica.

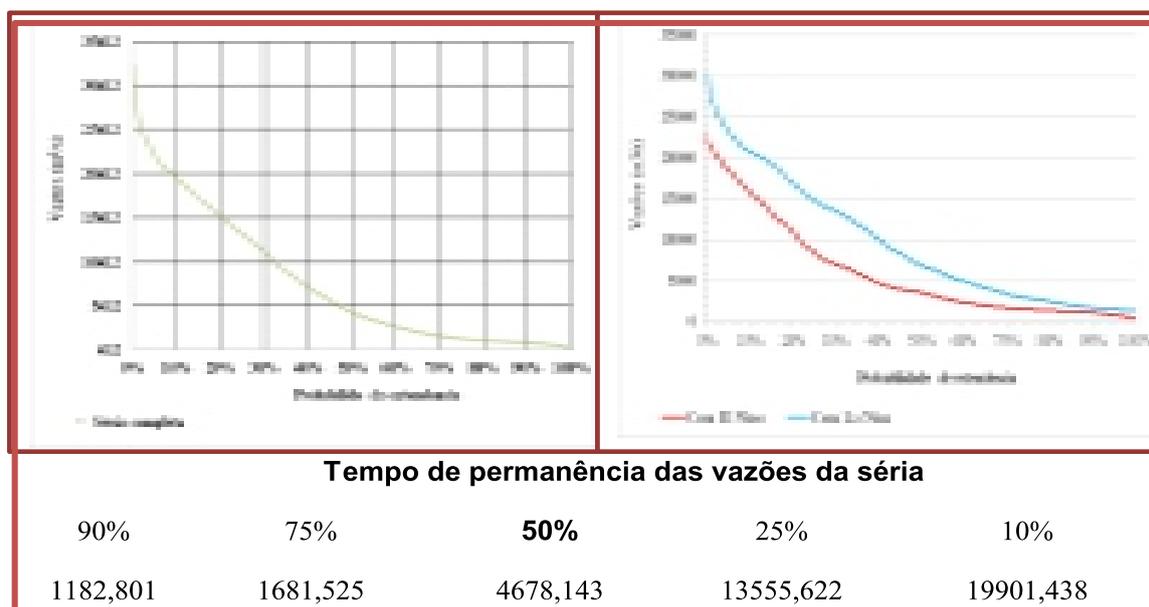
Ao analisar o sistema do rio Mamoré a jusante e a montante, não há grandes variações nos dados durante a ocorrência de La Niña e El Niño. Na parte superior, os dados de La Niña abaixo da média aumentam 7,59% e diminuem 4,37%. Com os do El Niño, aumento de 8,13% abaixo e redução de 3,79% acima. No entanto na parte inferior, a de La Niña aumenta 5,4 abaixo e diminui 4,26 acima. Na ocorrência de La Niña, os dados abaixo se amplificam em 4,19% abaixo e diminuem timidamente em 2,77% acima.

A observação ao redor do sistema do rio Madeira a montante até Porto Velho mostra um aumento de 6,37% abaixo durante a ocorrência do Niña e uma redução de 4,77% acima. Durante o El Niño, os dados aumentam 5,39% abaixo e diminuem 3,27% acima. Ao passo que a jusante, no nível do trecho que atravessa a Fazenda Vista Alegre, o tempo de permanência do fluxo varia com um aumento de 8,85% abaixo e uma redução de 7,48% acima durante a ocorrência de La Niña. Mas na ocorrência do El Niño, aumenta ligeiramente em 4,32% abaixo e diminui 5,79% acima.

O sistema fluvial do Xingu, por outro lado, apresenta uma pequena diferença em relação aos outros sistemas fluviais da margem direita na análise dos dados. A jusante, no trecho que atravessa a UEH pombal, durante a ocorrência de La Niña o seu impacto influencia a variação de um aumento de 14,32% abaixo e fracamente a 1% acima. Durante a ocorrência do El Niño, ele varia com um aumento de 21,82% abaixo e diminuição de 8,56% acima. Porém, em Altamira na parte inferior, com dados de La Niña, é moderadamente mais variado com um aumento de 23,33% abaixo. Já na ocorrência do El Niño, há um aumento de 19,4% abaixo e uma redução de 9,88% acima quando comparados com os dados de toda a série histórica.

Assim, as Figuras 26 a 41 apresentam as curvas de permanência das vazões da série histórica completa observadas nas estações fluviométricas analisadas em comparação com as vazões diárias sob influência de eventos El Niño, La Niña e os valores das vazões Q10, Q25, Q50, Q75 e Q90 diário.

Figura 26- Os valores das vazões Q10, Q25, Q50, Q75 e Q90 diários e Comparação entre curvas de permanência dos fluxos da série histórica completa observada na estação fluviométrica em Caracaraí e aquelas diários sob influência dos eventos El Niño, La Niña.

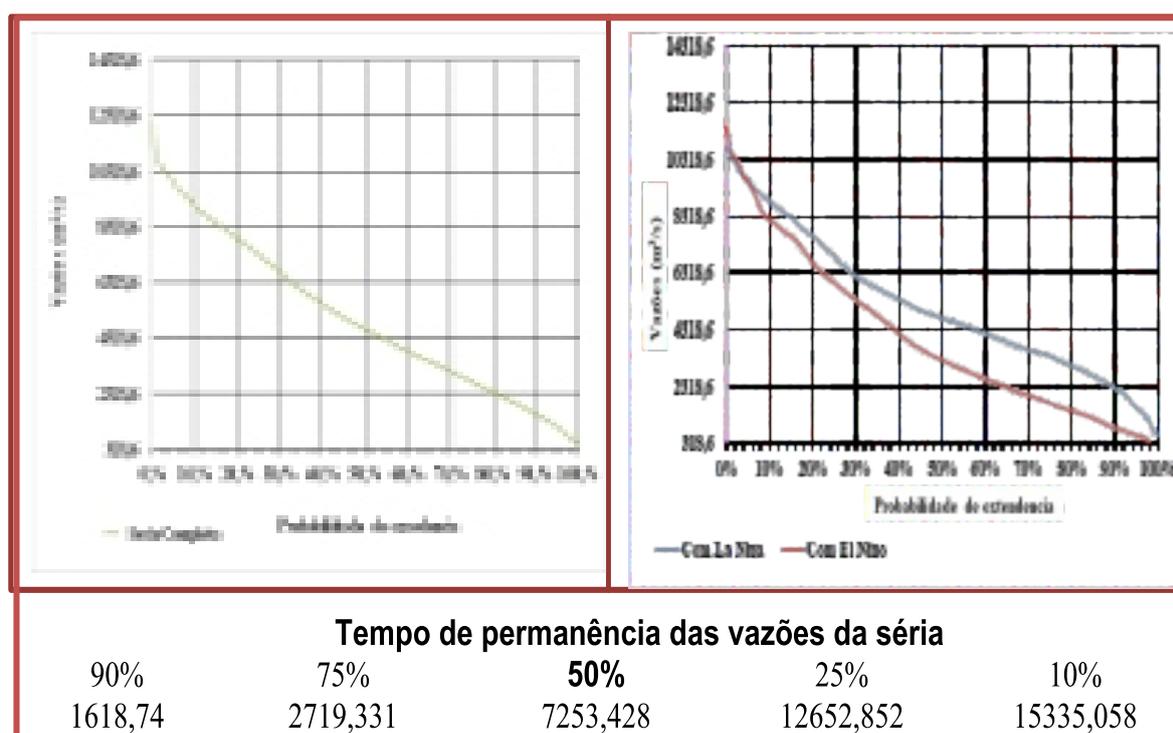


Fonte: ANA (2020).

Observando a Figura 26, com os dados da série completa, a curva de permanência apresenta a sub-bacia do rio Branco em sua parte inferior como uma pequena bacia com pouca regularização natural. Os valores das vazões Q10, Q25, Q50, Q75 e Q90 são respectivamente 7222,6 m³/s, 4215,54 m³/s, 1957,9 m³/s, 988,3 m³/s e 546,8 m³/s. A vazão máxima e mínima tem respectivos valores iguais a 16085,612 m³/s e 168,877 m³/s. A vazão máxima é 5.41 vezes maior que a média, ou seja, uma diferença de 13113.82 m³/s, e a média de retorno é 1.52 vezes maior da mediana (Q50), ou seja, um valor de 1013.8 m³/s de diferença.

Estima-se também que a distribuição comportamental dos fluxos sob a influência do La Niña ao longo do tempo tem uma inclinação mais acentuada do que a curva de duração dos fluxos diários durante a ocorrência do El Niño. No entanto, ao nível da parte superior da sub-bacia do rio Negro, aqueles do El Niño ao longo do tempo tem uma inclinação mais acentuada do que a curva de duração dos fluxos diários durante a ocorrência de La Niña (Figura 27).

Figura 27- Os valores das vazões Q10, Q25, Q50, Q75 e Q90 diários e Comparação entre curvas de permanência dos fluxos da série histórica completa observada na estação fluviométrica em São Gabriel da cacheirora do rio Negro e aquelas diários sob influência dos eventos El Niño , La Niña.

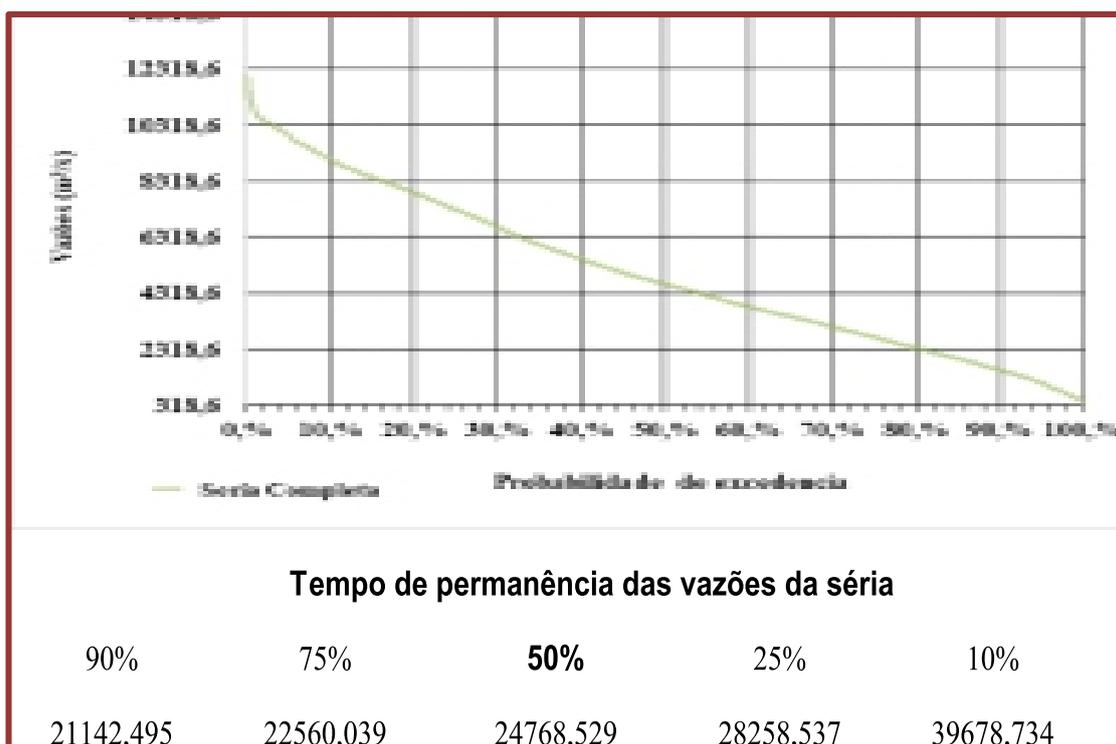


Fonte: ANA (2020).

Os valores das vazões Q10, Q25, Q50, Q75 e Q90 são respectivamente 9058,9 m³/s, 7282,42 m³/s, 4647,9 m³/s, 2745,8 m³/s e 157,8 m³/s. A vazão máxima e mínima tem respectivos valores iguais a 12125,075 m³/s e 318,626 m³/s. A vazão máxima é 2.41 vezes maior que a média, ou seja, uma diferença de 7097,76 m³/s, e a média de retorno é 1.08 vezes maior da mediana (Q50), ou seja, um valor de 379.356 m³/s de diferença.

Na parte inferior da sub-bacia mais precisamente em Manaus, a partir de 12% das vazões, a curva de duração apresenta a sub-bacia como Bacias grandes com maior regularização natural (Figura 28).

Figura 28- Os valores das vazões Q10, Q25, Q50, Q75 e Q90 diários e Comparação entre curvas de permanência dos fluxos da série histórica completa observada na estação fluviométrica em Manaus do rio Negro e aquelas diários sob influência dos eventos El Niño , La Niña



Fonte: ANA (2020).

Os valores das vazões Q10, Q25, Q50, Q75 e Q90 são respectivamente 39678,734 m³/s, 28258,537 m³/s, 24768,529 m³/s, 22560,039 m³/s e 21142,495 m³/s. A vazão máxima e mínima tem respectivos valores iguais a 77523,277 m³/s e 13041,64 m³/s. A vazão máxima é 2.79 vezes maior que a média, ou seja, uma diferença de 49754,42 m³/s, e a média de retorno é 1.12 vezes maior da mediana (Q50), ou seja, um valor de 3000.32 m³/s de diferença.

A distribuição comportamental dos fluxos sob a influência de La Niña ao longo do tempo tem uma inclinação mais acentuada do que a curva de duração dos fluxos diários durante a ocorrência do El Niño. Enquanto, no caso de Uatumã e efetivamente diferente. Porque aqueles do El Niño ao longo do tempo tem uma inclinação mais acentuada do que a curva de permanência dos fluxos diários durante a ocorrência de La Niña (Figura 29).

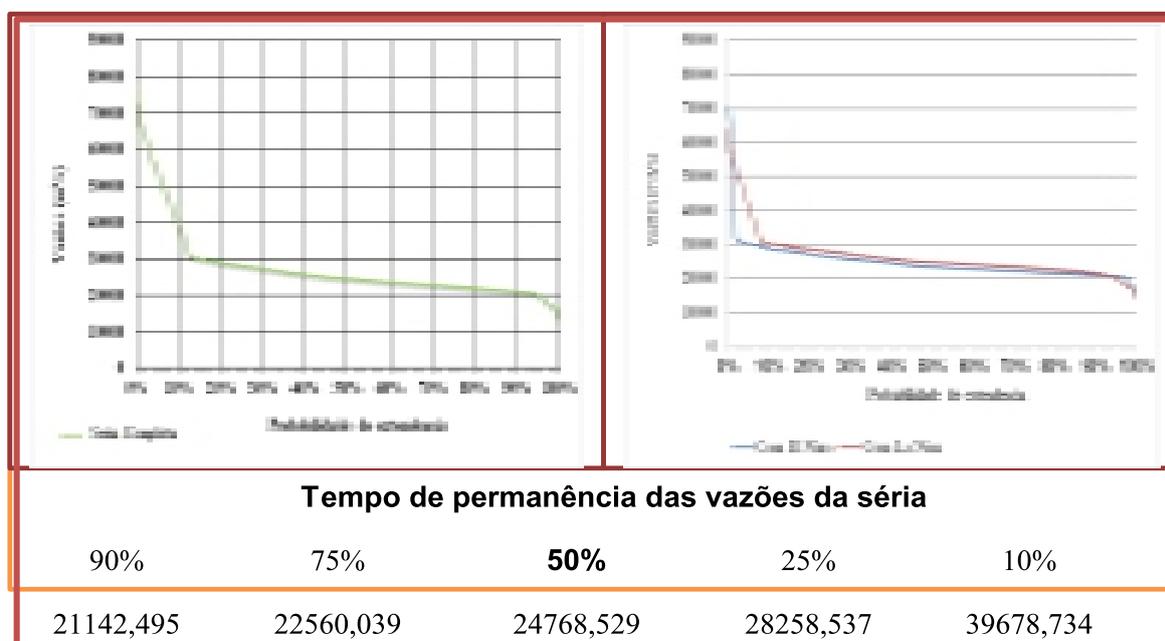
Figura 29- Os valores das vazões Q10, Q25, Q50, Q75 e Q90 diários e Comparação entre curvas de permanência dos fluxos da série histórica completa observada na estação fluviométrica em Balbina 8 do rio Uatumã, e aquelas diários sob influência dos eventos El Niño, La Niña

Vazões de Permanência em Período de La Niña (m ³ /s)						
RIO	ESTAÇÃO	90%	75%	50%	25%	10%
Juruena	Foz do Juruena	1702,54	2268,90	3618,16	5865,86	7902,24
	Fazenda tucunaré	120,49	129,65	138,61	147,94	156,33
Purus	Valparaíso montante	134,35	263,13	1234,74	3688,95	5342,88
	Beruri	987,06	1513,16	3977,61	9587,28	11534,31
Juruá	Cruzeiro Sul	131,58	266,33	639,29	1413,05	2010,56
	Gavião	927,25	1668,33	4426,08	7575,75	8764,22
Tapajós	Itaituba	3006,15	5348,40	11602,02	20114,29	26775,61
	Barra do São Manuel	3017,57	3677,545	6908,47	12575,82	16510,78
Mamoré	Puerto Siles	813,6	1332	3460	7357	8912
	Guajará-mirim	1298,57	2215,18	6137,11	12171,72	14799,23
Xingu	UHE Pombal	941	1359	3226	6999	9535
	Altamira	1027,08	1580,17	4604,49	13341,55	20334,05
Madeira	Porto Velho	4386,20	7018,27	15064,87	28691,58	34606,62
	Fazenda Vista Alegre	7455,62	10369,20	20536,13	43440,39	54691,09

Fonte: ANA (2020).

Com os dados completos da série histórica, a figura representativa do sistema do rio Uatumã expressa os respectivos valores das vazões Q10, Q25, Q50, Q75 e Q90 seguintes 1061,3 m³/s, 788,885 m³/s, 548,09 m³/s, 326,046 m³/s e 204,381 m³/s. A vazão máxima da série é 3383,376 m³/s e foi um fluxo durante a ocorrência de La Niña em 19 de maio de 2020 a mínima é igual a 0,916 m³/s. A vazão máxima é 5.72 vezes maior que a média, ou seja, uma diferença de 2791,435 m³/s, e a média de sua parte é 1.08 vezes maior que a mediana (Q50), ou seja, um valor de 43.85 m³/s de diferença. A sub-bacia do rio Uatumã apresenta comportamento com melhor regularização natural do que a de Trombetas (Figura 30).

Figura 30- Os valores das vazões Q10, Q25, Q50, Q75 e Q90 diários e Comparação entre curvas de permanência dos fluxos da série histórica completa observada na estação fluviométrica em Tabuleiro Rebio Trombetas e aqueles diários sob influência dos eventos El Niño, La Niña



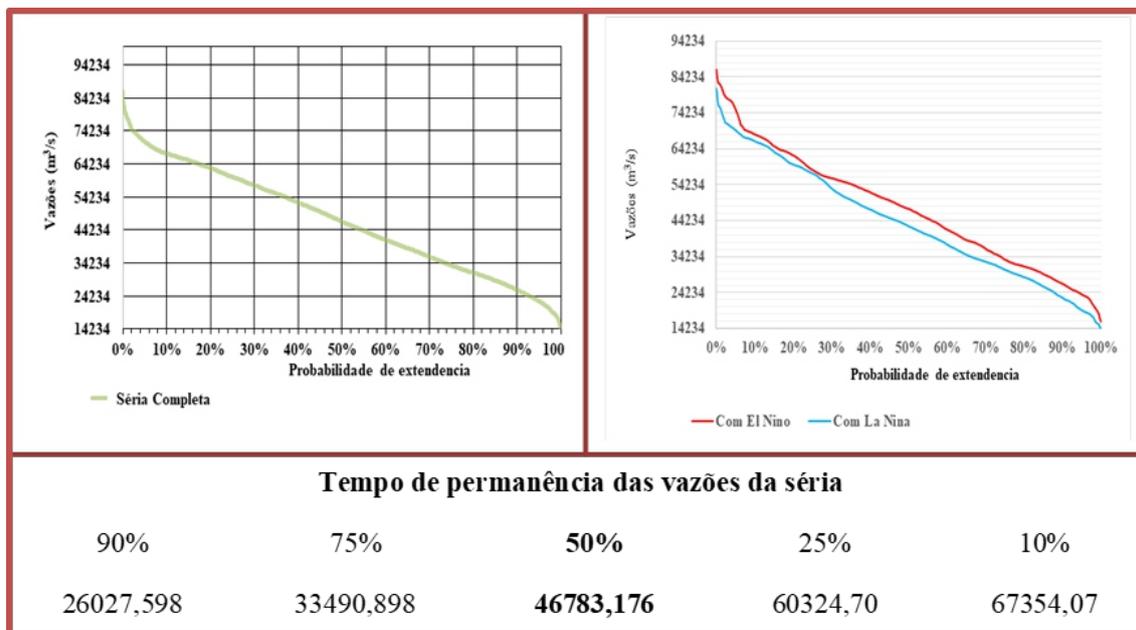
Fonte: ANA (2020).

No caso do Rio Trombetas, a distribuição comportamental dos fluxos sob a influência de La Niña ao longo do tempo tem maior inclinação do que a curva de permanência duração dos fluxos diários durante a ocorrência do El Niño. Os respectivos valores das vazões Q10, Q25, Q50, Q75 e Q90 são seguintes; 6423,453 m³/s, 3895,695 m³/s, 2296,593 m³/s, 1315,457 m³/s e 938,528 m³/s. A vazão máxima da série é 11985,515 m³/s a mínima é igual a 474,267 m³/s.

A vazão máxima é 4 vezes maior que a média, ou seja, uma diferença de 9014,845 m³/s, e a média de sua parte é 1.29 vezes maior que a mediana (Q50), ou seja, um valor de 674.1 m³/s de diferença. Pela observação geral do comportamento da distribuição das vazões dos sistemas fluviais da margem esquerda, vemos que alguns deles que sob condições climáticas secas e de pequena regularização natural apresentam curvas de duração de menor inclinação e em geral valores extremos menores do que as do contrário.

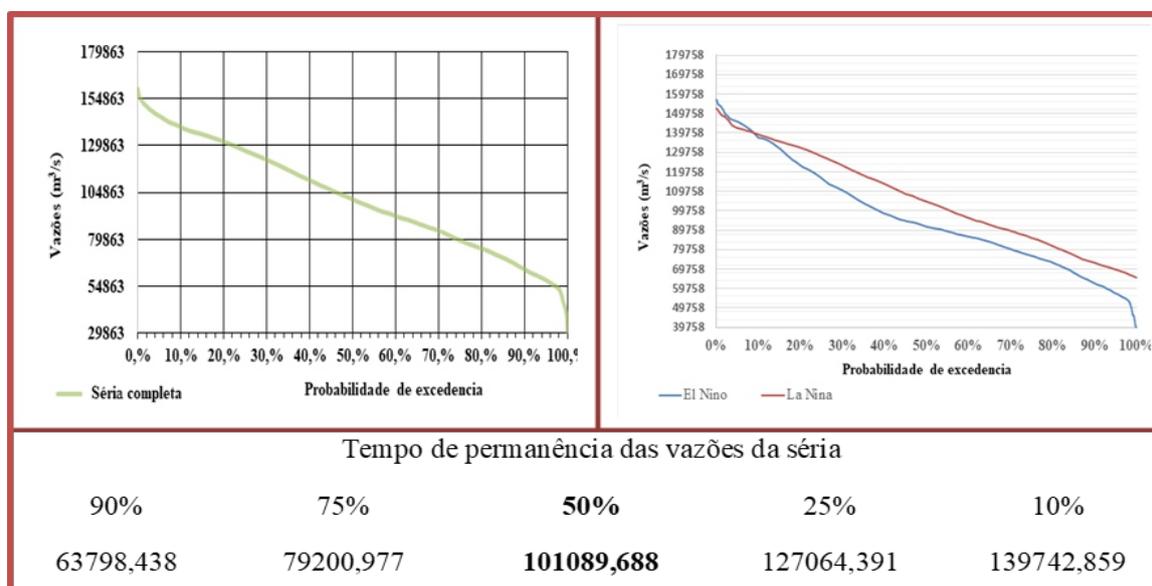
Para os sistemas fluviais da parte oeste, as inclinações das curvas de cada figura da distribuição comportamental dos fluxos sob a influência de La Niña e El Niño ao longo do tempo não são muito diferentes entre si quando comparadas com as do Norte (Figura 31 a 33).

Figura 31- Os valores das vazões Q10, Q25, Q50, Q75 e Q90 diários e Comparação entre curvas de permanência dos fluxos da série histórica completa observada na estação fluviométrica em São Paulo de Olivença do rio Solimões e aquelas diários sob influência dos eventos El Niño , La Niña



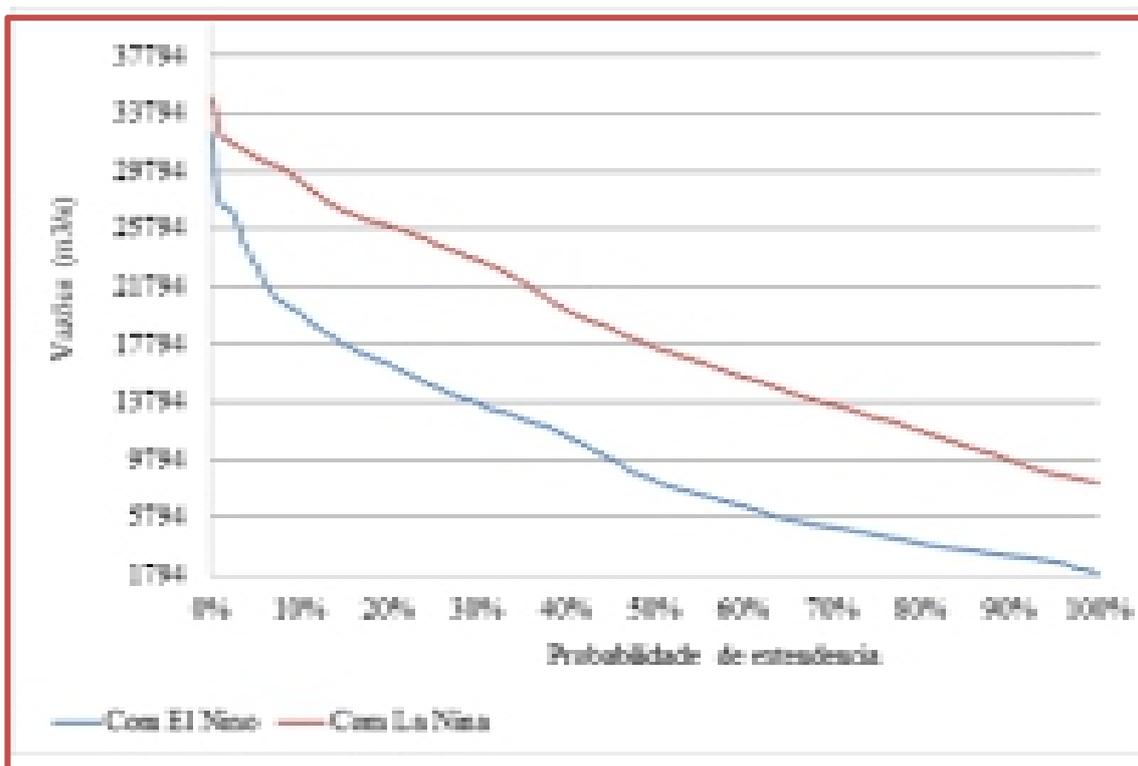
Fonte: ANA (2020).

Figura 32- Os valores das vazões Q10, Q25, Q50, Q75 e Q90 diários, comparação entre curvas de permanência dos fluxos da série histórica completa observada na estação fluviométrica em Manacapuru do rio Solimões e aquelas diários sob influência dos eventos El Niño, La Niña



Fonte: ANA (2020).

Figura 33- Os valores das vazões Q10, Q25, Q50, Q75 e Q90 diários, comparação entre curvas de permanência dos fluxos da série histórica completa observada na estação fluviométrica em óbidos do rio Amazonas e aquelas diários sob influência dos eventos El Niño, La Niña



Fonte: ANA (2020).

Ao analisar as figuras, a curva feita com os fluxos sob a influência do El Niño apresenta uma inclinação um pouco melhor quando se comparada com aqueles de La Niña, no nível de São Paulo de Olivença. Enquanto, em Manacapuru, observa-se uma luta entre seus dois fenômenos durante os primeiros 10% dos fluxos para obter a melhor inclinação. E, esta observação é quase uma realidade espelhada no trecho que atravessa óbidos. O que se pode deduzir, geralmente ao longo do rio Solimões até à travessia do sistema fluvial em óbidos, têm quase as mesmas características.

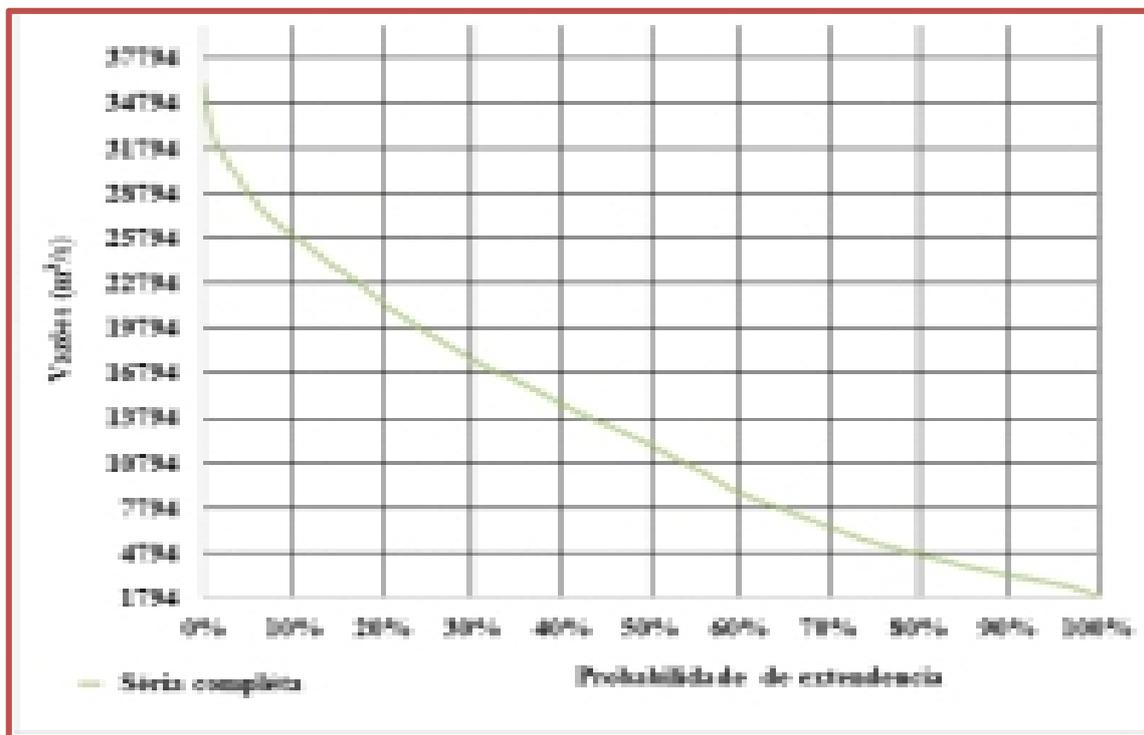
Observou-se que os valores de vazões são mais elevados ao nível da estação de monitorização de óbidos, estação muito importante no controle da descarga fluvial desse rio. Localiza-se a jusante das demais estações na parte central da bacia amazônica. Sendo também um trecho transversal, as vazões dessa estação (óbidos) são resultantes da soma das vazões contribuintes dos rios tributários. Geralmente, à medida que se afasta da fonte, a zona de

influência da estação aumenta e o valor da vazão tende a aumentar também. Assim, a área de drenagem é um fator que contribui proporcionalmente com a vazão.

O valor da mediana em óbidos é igual a 174192,98 m³/s é respectivamente 0,17 et 4 vezes maior que a mediana da estação de monitoramento de Manacapuru e São Paulo de Olivença. Observa-se também que a mediana das vazões da série completa no nível da estação Manacapuru é 2,16 vezes maior que a de São Paulo de Olivença.

Ao nível das sub-bacias da margem direita, a distribuição comportamental dos fluxos sob a influência da ENOS ao longo do tempo distingue-se uma da outra. Cada sistema fluvial apresenta um comportamento diferente do seguinte (Figure 34 a 39).

Figura 34- Os valores das vazões Q10, Q25, Q50, Q75 e Q90 diários, comparação entre curvas de permanência dos fluxos da série histórica completa observada na estação fluviométrica em Foz de Juruena do rio Juruena e aquelas diários sob influência dos eventos El Niño, La Niña



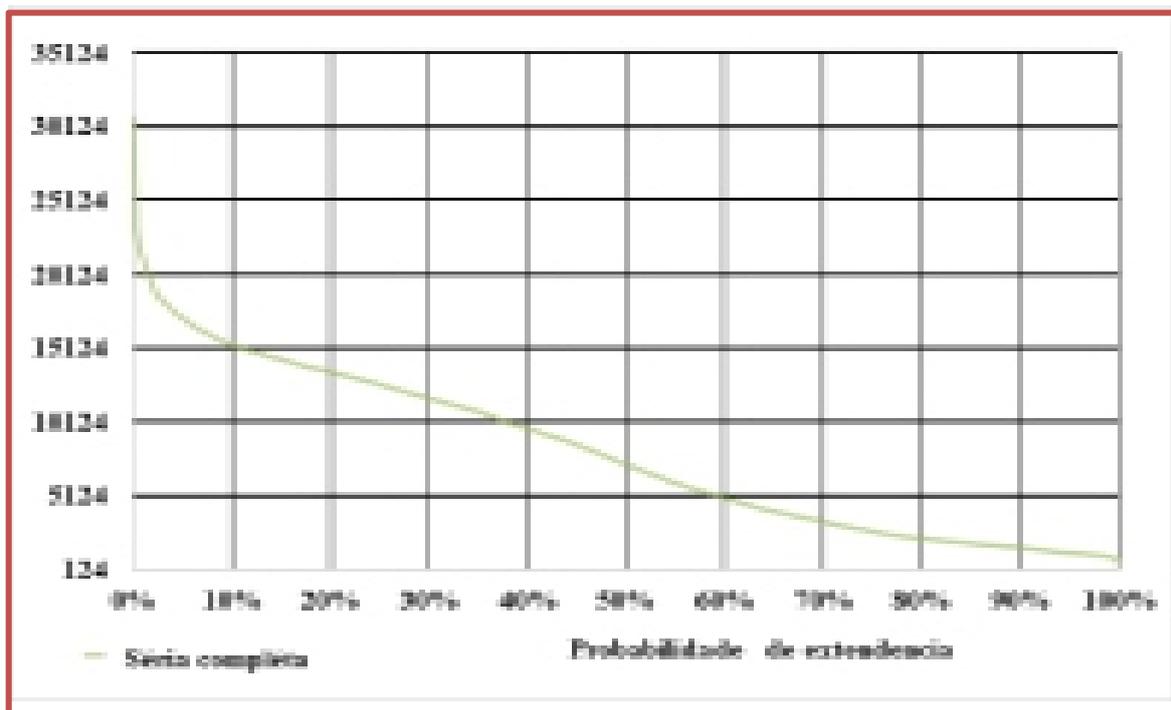
Fonte: ANA (2020).

Em Foz de Juruena, a distribuição comportamental dos fluxos sob a influência de La Niña ao longo do tempo tem menor inclinação do que a curva de duração dos fluxos diários durante a ocorrência do El Niño. Com os dados completo da seria histórica, Uatumã se comporta como uma bacia pequena com pouca regularização natural.

No caso de Gavião do rio Juruá a distribuição comportamental dos fluxos sob a influência de La Niña ao longo do tempo tem maior inclinação do que a curva de duração dos fluxos diários durante a ocorrência do El Niño. Com os dados completo da seria histórica, Gavião do rio Juruá se comporta como uma bacia muito maior com melhor regularização natural do que Foz Juruena.

Com os dados da série completa, a curva de permanência apresenta o rio Madeira em sua parte inferior como sub-bacia pequena com pequena regularização natural. Os valores das vazões Q10, Q25, Q50, Q75 e Q90 são respectivamente 8764,22 m³/s, 7575,75 m³/s, 4426 m³/s, 1668,34 m³/s e 927,25 m³/s (Figura 35).

Figura 35- Os valores das vazões Q10, Q25, Q50, Q75 e Q90 diários e Comparação entre curvas de permanência dos fluxos da série histórica completa observada na estação fluviométrica em Gavião do rio Juruá e aquelas diários sob influência dos eventos El Niño, La Niña

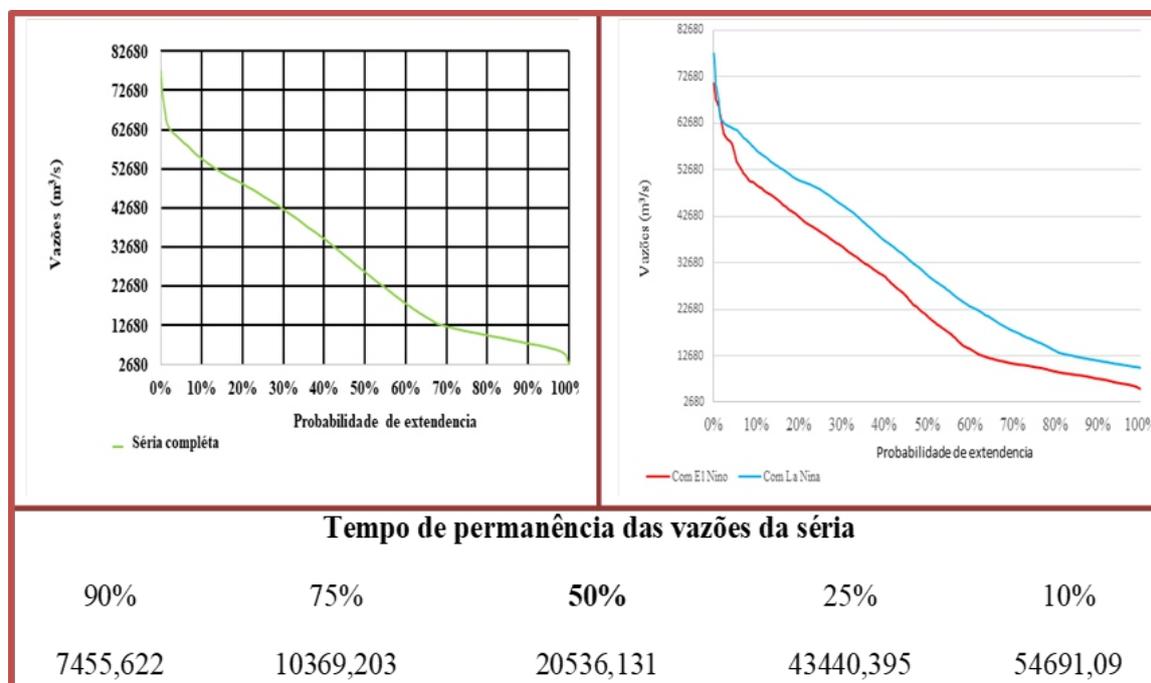


Fonte: ANA (2020).

Em Fazenda vista a montante do rio Madeira, a situação seria semelhante do que de Gavião do rio Juruá. A distribuição comportamental dos fluxos sob a influência de La Niña ao longo do tempo tem maior inclinação do que a curva de duração dos fluxos diários durante a ocorrência do El Niño.

Com os dados da série completa, a curva de permanência apresenta o rio Madeira em sua parte superior como sub-bacia pequena com pequena regularização natural. Os valores das vazões Q10, Q25, Q50, Q75 e Q90 são respectivamente 54691,09 m³/s, 43440,4 m³/s, 20536,13 m³/s, 10369,2 m³/s e 7455,62 m³/s (Figura 36).

Figura 36- Os valores das vazões Q10, Q25, Q50, Q75 e Q90 diários e Comparação entre curvas de permanência dos fluxos da série histórica completa observada na estação fluviométrica em Fazenda vista Alegre do rio Madeira e aquelas diários sob influência dos eventos El Niño, La Niña

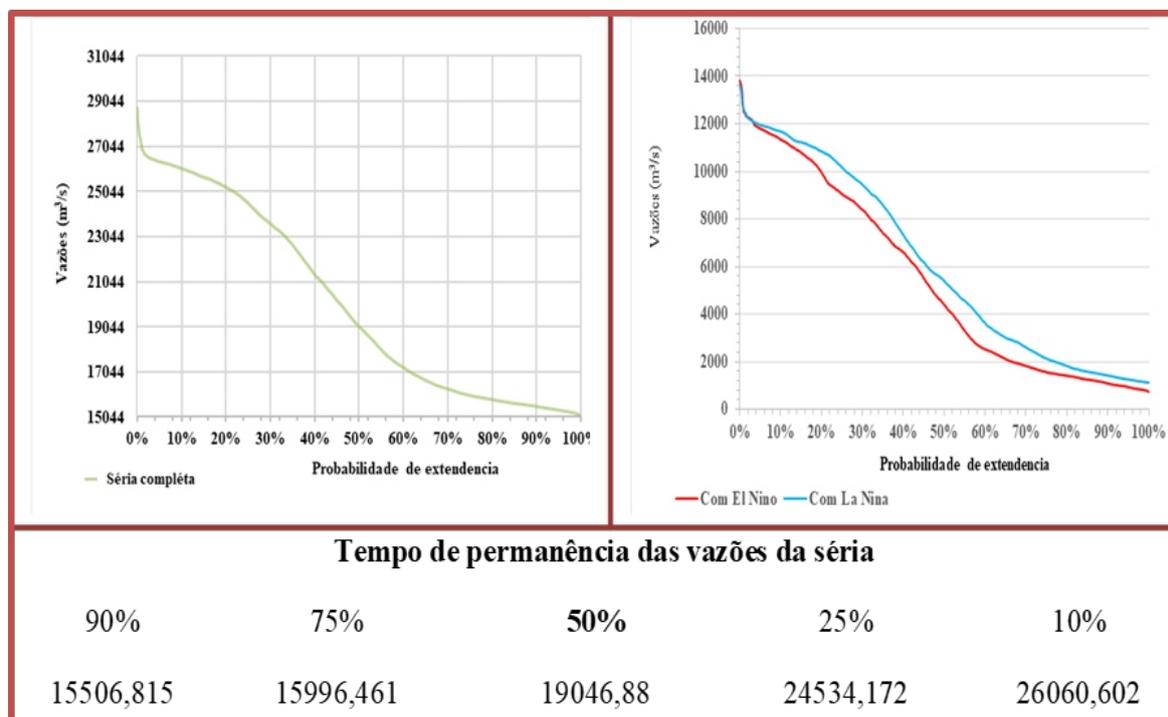


Fonte: ANA (2020).

Ao nível de rio Purus em Berruri, entre os cinco (5) primeiros porcentagens a inclinação parece idêntica sob influência os dois fenômenos El Niño, La Niña, mas depois a distribuição comportamental dos fluxos sob a influência de La Niña ao longo do tempo tem maior inclinação do que a curva de duração dos fluxos diários durante a ocorrência do El Niño.

Os valores das vazões Q10, Q25, Q50, Q75 e Q90 são respectivamente 26060,60 m³/s, 24534,17 m³/s, 19046,88 m³/s, 15996,46 m³/s, e 15506,81 m³/s. A vazão máxima e mínima tem respectivos valores iguais a 28741.64 m³/s e 15044.36 m³/s. A vazão máxima é 1.4 vezes maior que a média, ou seja, uma diferença de 8616.35 m³/s e a média de retorno é 1 vezes maior da mediana (Q50), ou seja, um valor de 1078.4 m³/s de diferença (Figura 37).

Figura 37- Os valores das vazões Q10, Q25, Q50, Q75 e Q90 diários e Comparação entre curvas de permanência dos fluxos da série histórica completa observada na estação fluviométrica em Berruri do rio Purus e aquelas diários sob influência dos eventos El Niño, La Niña



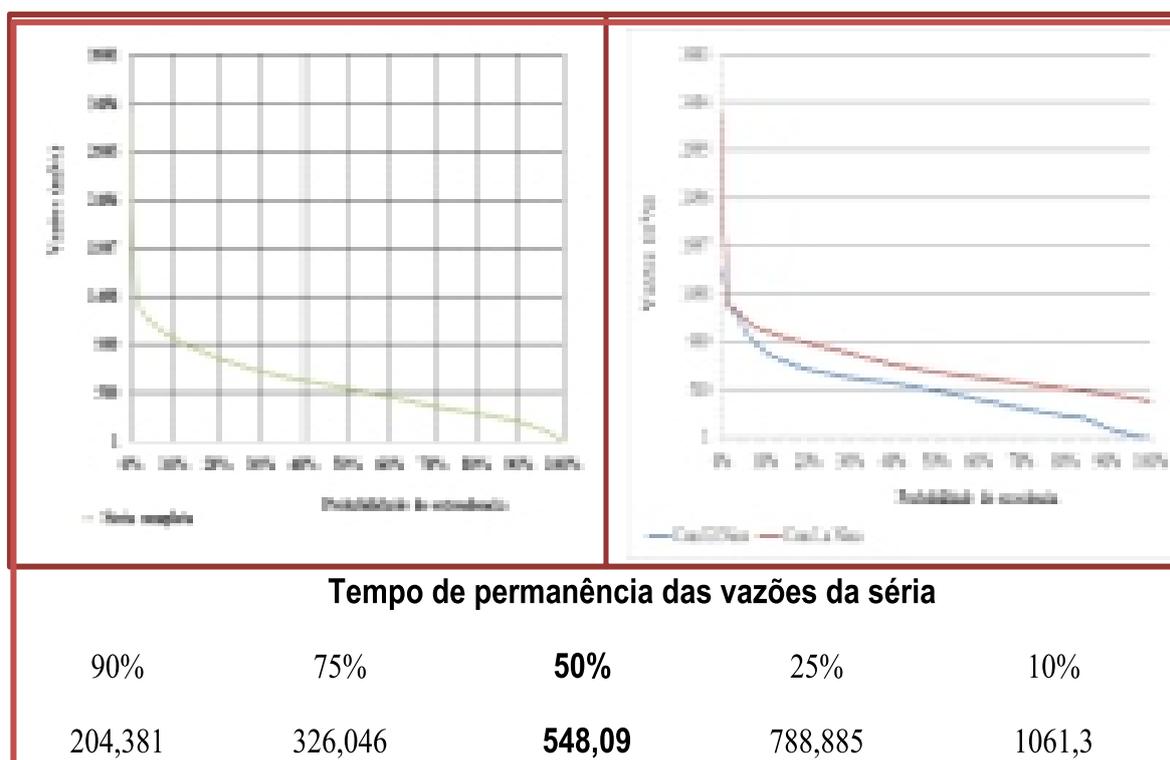
Fonte: ANA (2020).

Do lado do sistema do rio Xingu, em Altamira, o mesmo cenário ocorre em relação ao Gavião do rio Juruá. A distribuição comportamental dos fluxos sob a influência de La Niña ao longo do tempo tem maior inclinação do que a curva de duração dos fluxos diários durante a ocorrência do El Niño. No entanto, com todos os dados completos da série histórica, a curva de duração apresenta este sistema como uma sub-bacia pequena com pequena regularização natural.

Com os dados da série completa, os valores das vazões Q10, Q25, Q50, Q75 e Q90 são respectivamente 19901,438 m³/s, 13555,62 m³/s, 4678,14 m³/s, 1681,525m³/s e 1182,80 m³/s. A vazão máxima e mínima tem respectivos valores iguais a 32676.52 m³/s e 412.8 m³/s.

A vazão máxima é 4 vezes maior que a média, ou seja, uma diferença de 24660.7 m³/s. E a média de retorno é 1.7 vezes maior da mediana (Q50), ou seja, um valor de 3337.8 m³/s de diferença. A vazão máxima é 79 vezes maior que a vazão mínima da série, ou seja, um valor de 32263.7 m³/s de diferença (Figura 38).

Figura 38- Os valores das vazões Q10, Q25, Q50, Q75 e Q90 diários e Comparação entre curvas de permanência dos fluxos da série histórica completa observada na estação fluviométrica em Altamira do rio Xingu e aquelas diários sob influência dos eventos El Niño, La Niña



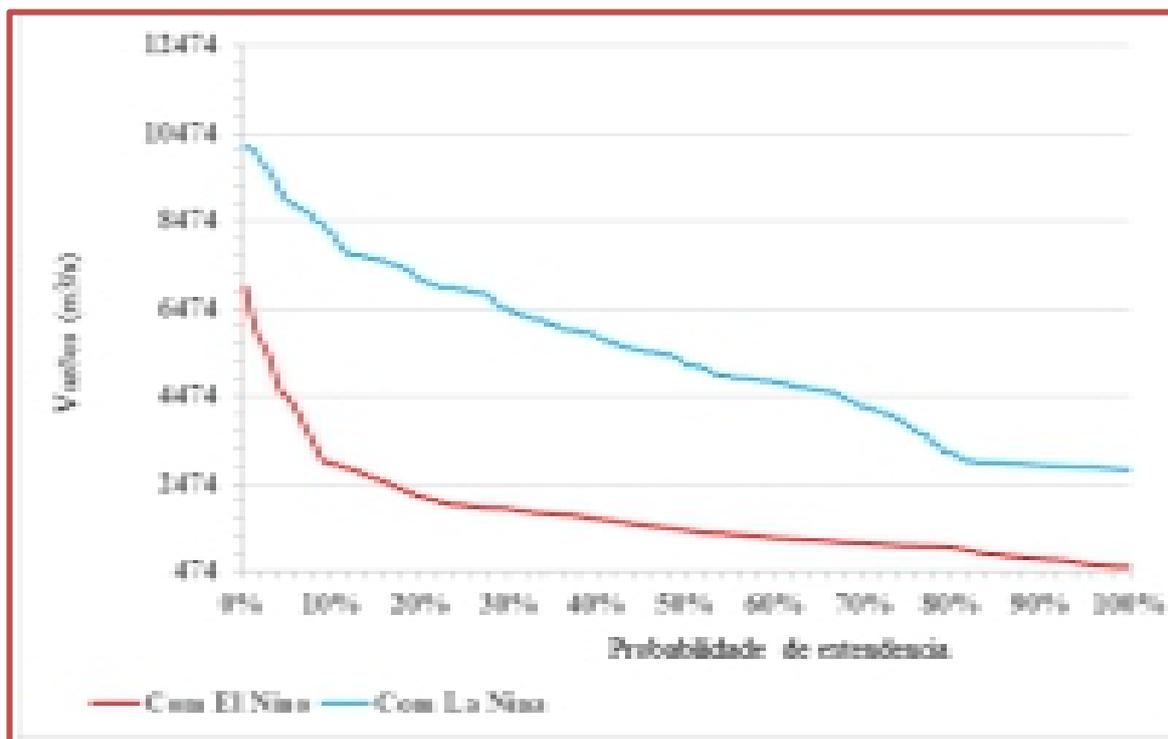
Fonte: ANA (2020).

No caso do rio Mamoré, ao nível de trecho que atravessa Guajará-mirim, A distribuição comportamental dos fluxos sob a influência de La Niña ao longo do tempo tem maior inclinação do que a curva de duração dos fluxos diários durante a ocorrência do El Niño.

Com os dados da série completa, a curva de permanência apresenta a sub-bacia do rio Mamoré em Guajará-mirim como uma pequena sub-bacia com pouca regularização natural. Os valores das vazões Q10, Q25, Q50, Q75 e Q90 são respectivamente 15335 m³/s, 12652,8 m³/s, 7253,42 m³/s, 2719,3 m³/s e 1618,74 m³/s. A vazão máxima e mínima tem respectivos valores iguais a 30719.326 m³/s e 124.22 m³/s.

A vazão máxima é 4 vezes maior que a média, ou seja, uma diferença de 22692.98 m³/s, e a média de retorno é 1 vez maior da mediana (Q50), ou seja, um valor de 772.9 m³/s de diferença (Figura 39).

Figura 39– Os valores das vazões Q10, Q25, Q50, Q75 e Q90 diários e Comparação entre curvas de permanência dos fluxos da série histórica completa observada na estação fluviométrica em Guajará-mirim do rio Mamoré e aquelas diários sob influência dos eventos El Niño, La Niña



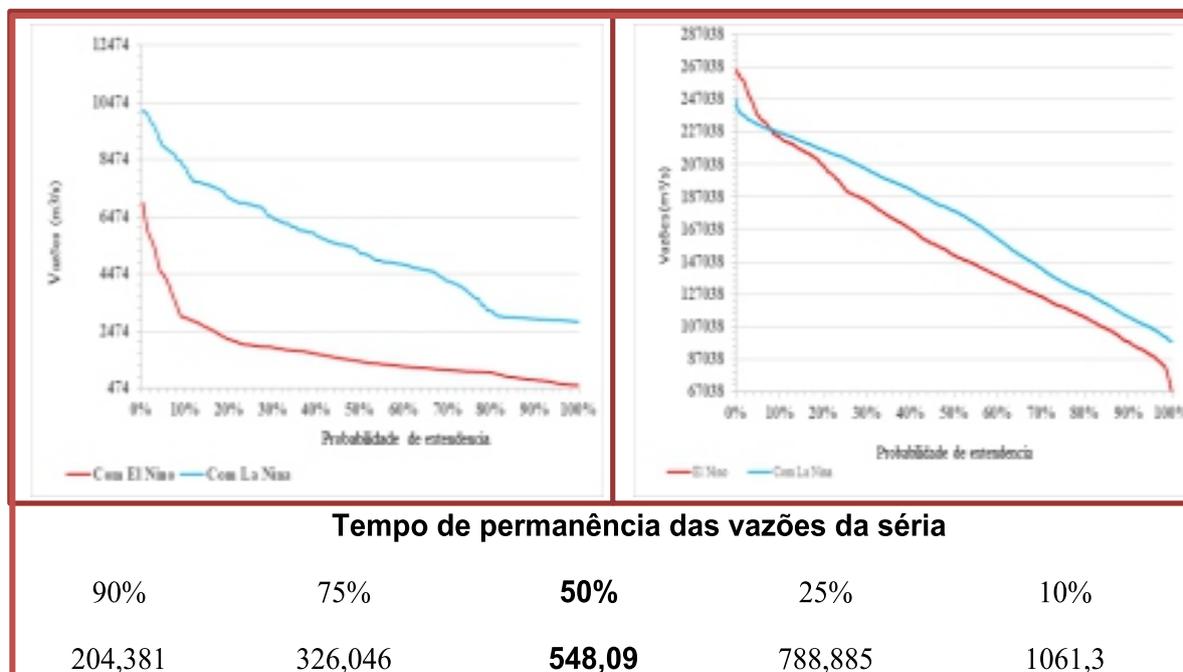
Fonte: ANA (2020).

No trecho que atravessa Itaituba do rio Tapajós, a figura mostra um comportamento diferente. A distribuição comportamental dos fluxos sob a influência de El Niño ao longo do tempo tem muito maior inclinação do que a curva de duração dos fluxos diários durante a ocorrência de La Niña

Com os dados da série completa, os valores das vazões Q10, Q25, Q50, Q75 e Q90 são respectivamente 25896,48 m³/s, 19437,51 m³/s, 11973,63 m³/s, 5478,84 m³/s e 3294 m³/s. A vazão máxima e mínima tem respectivos valores iguais a 35943.80 m³/s e 1794.64 m³/s ou seja, uma diferença de 34149.17 m³/s.

A vazão máxima é 2.71 vezes maior que a média, ou seja, uma diferença de 1794.63 m³/s, e a média de retorno é 1.1 vezes maior da mediana (Q50), ou seja, um valor de 1257.6 m³/s de diferença. A mediana de dados da série completa é respectivamente 1.03 e 1.4 maior que a mediana dos fluxos diários durante a ocorrência de La Niña e aquelas diários sob influência dos eventos El Niño (Figura 40).

Figura 40- Os valores das vazões Q10, Q25, Q50, Q75 e Q90 diários e Comparação entre curvas de permanência dos fluxos da série histórica completa observada na estação fluviométrica em Itaituba do rio Tapajós e aquelas diários sob influência dos eventos El Niño, La Niña



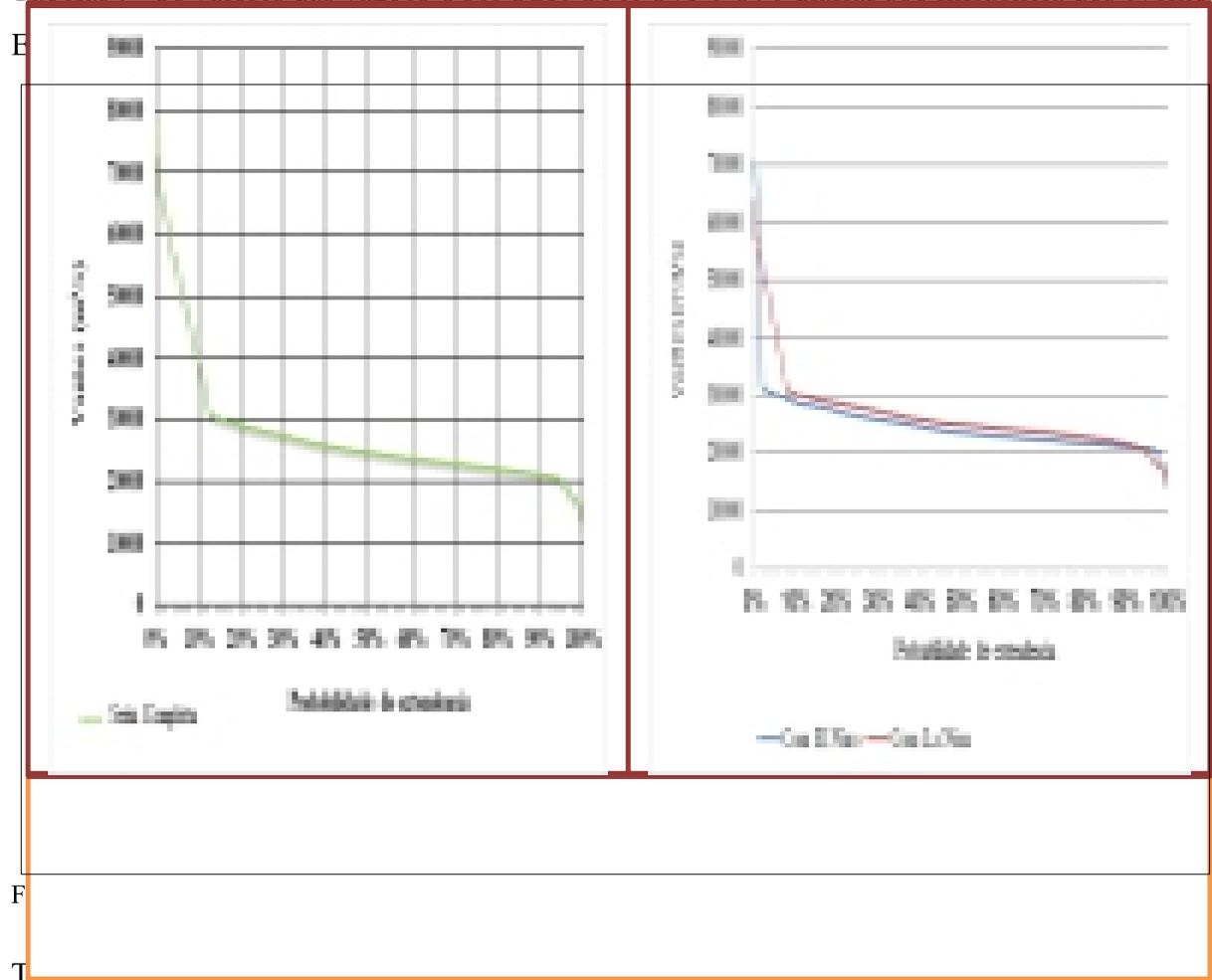
Fonte: ANA (2020).

Observa-se que as sub-bacias da parte ocidental da Bacia Amazonica apresentam um comportamento como grandes bacias com maior regularização natural em comparação com as da margem sul e norte. A sub-bacia do rio Uatumã na estação monitoramento Balbina 8, apresenta comportamento com melhor regularização natural à partir de Q5. E, o rio Negro do seu lado não é diferente, pois na estação de monitoramento de Manaus, apresenta-se como uma sub-bacia com melhor regulação natural a partir do Q 14.

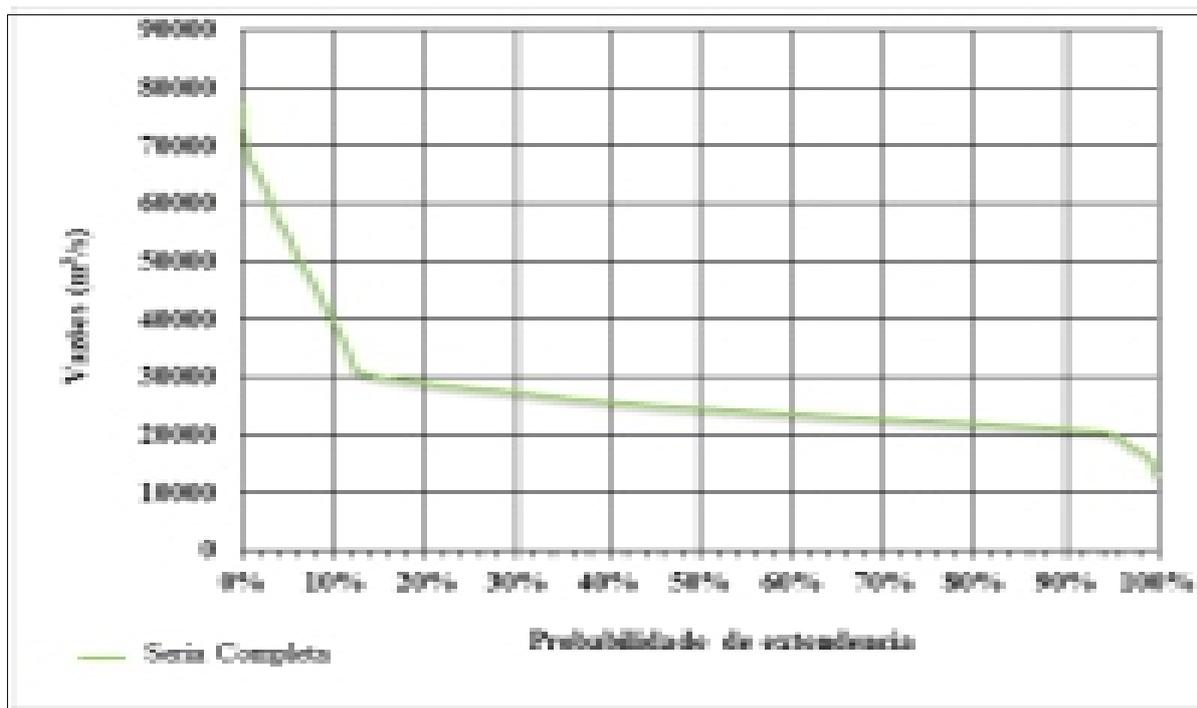
Na margem direita, com exceção do rio Xingu em toda a sua extensão das duas estações estudadas, os valores da mediana são maiores no nível dos rios no período de El Niño do que no período de La Niña. Ao mesmo tempo, para os rios da margem esquerda e central, os valores medianas são maiores durante a ocorrência de La Niña do que os do El Niño, exceto no caso do rio Solimões na estação de São Paulo Olivença, observa-se também que a mediana das vazões de permanência no período El Niño é maior do que no período La Niña.

As tabelas 9 a 11 mostram os valores das vazões Q10, Q25, Q50, Q75 e Q90 diários sob influência dos eventos El Niño, La Niña para sistemas fluviais norte, hemisfério sul e da parte ocidental.

Tabelas 9– Os valores das vazões O10, O25, O50, O75 e O90 diárias sob influência dos eventos

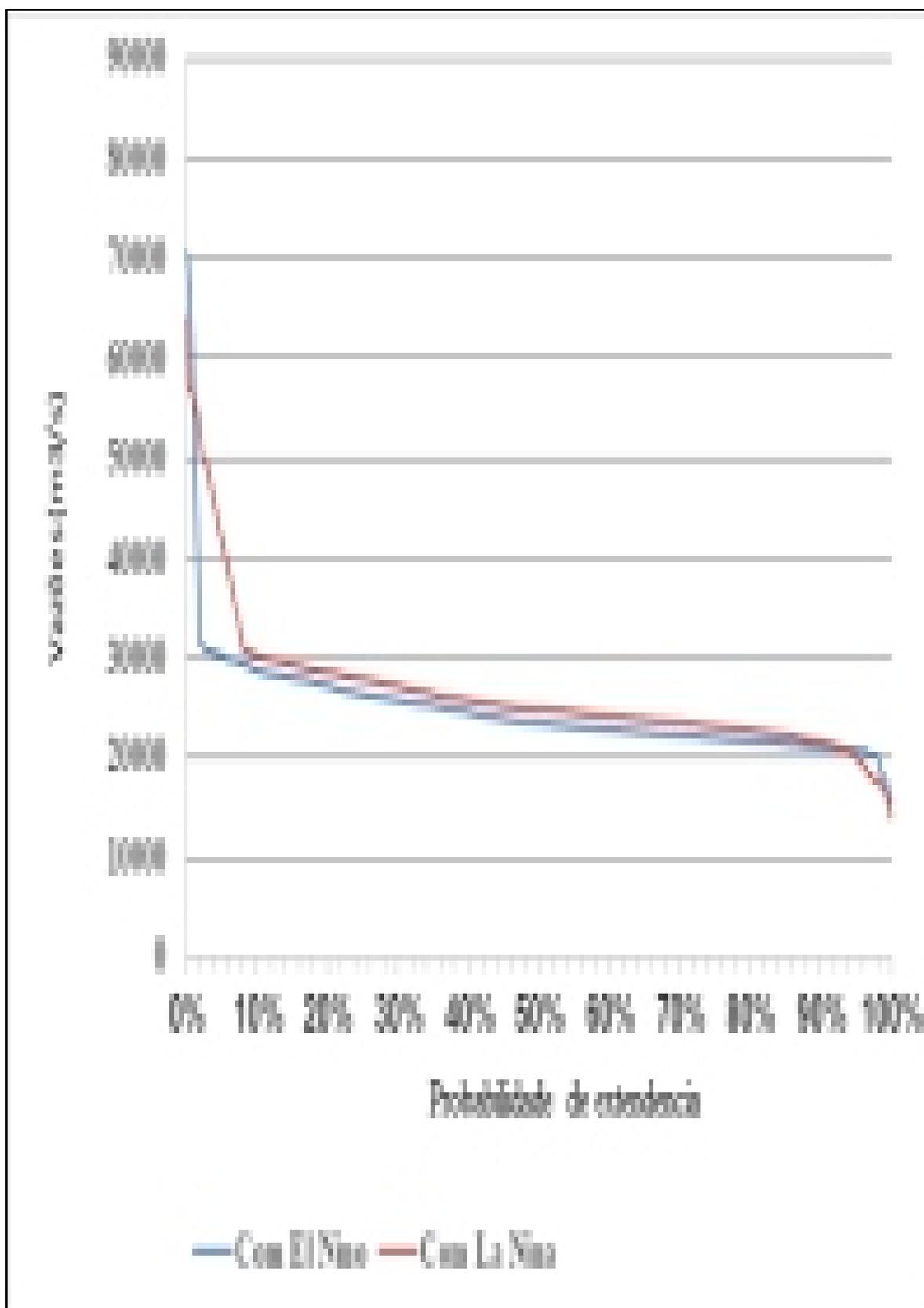


La Niña na margem esquerda e Oeste



Fonte: ANA (2020).

Tabela 11- Os valores das vazões Q10, Q25, Q50, Q75 e Q90 diários sob influência dos eventos El Niño na margem direita



Fonte: ANA (2020).

Tabela 12- Os valores das vazões Q10, Q25, Q50, Q75 e Q90 diários sob influência dos eventos La Niña na margem direita

Vazões de permanência em período El Niño (m³/s)						
RIO	ESTAÇÃO	90%	75%	50%	25%	10%
Juruena	Foz do Juruena	2190,16	2556,45	3646,97	6039,43	8080,96
	Fazenda tucunaré	126,74	129,65	137,29	147,94	160,96
Purus	Valparaíso montante	195,76	346,33	1349,3	3341,82	5072,38
	Beruri	1088,37	1567,15	4393,2	9054,77	11344,94
Juruá	Cruzeiro do sul	154,14	297,04	645,53	1261,19	1989,01
	Gavião	1034,45	1590,246	4685,86	6967,84	8282,95
Tapajós	Itaituba	3201,16	4667,82	8551,91	15050,46	20227,93
	Barra do são Manuel	3247,36	3824,14	5788,2	10792,18	14464,05
Mamoré	Puerto siles	1085	1696	3577	6892	9127
	Guajará-mirim	1710,30	2696,93	6470,46	11430,96	14615,19
Xingu	UHE pombal	1215	1466	2738	5978	9925
	Altamira	1140,57	1519,10	3602,65	8757,40	16059,75
Madeira	Porto velho	4726,14	7750,57	16002,318	26295,639	33793,91
	Fazenda vista alegre	7836,67	10383,80	21724,02	39712,92	49832,10

Fonte: ANA (2020).

Através das análises das tabelas 9 e 10, observa-se que ao nível do rio Solimões através das estações analisadas (São Paulo de Olivença e Manacapuru) que as Q10, Q25, Q75 e Q90 são mais conseqüentes ou seja, seu valor é maior no período de El Niño do que no período de La Niña. Enquanto, para os demais rios da margem esquerda como Negro, Trombetas, Branco e Uatumã, os valores de Q10, Q25, Q75 e Q90 são melhores no período de La Niña do que no período de El Niño. Com os fluxos durante a ocorrência de La Niña, o rio Trombetas na parte a jusante e a montante do rio Negro, especialmente na seção de São Gabrielle da Cachoreira, apresentam uma melhor regularização do que com os fluxos durante o El Niño.

Ao nível do rio principal (Amazonas) é um pouco diferente. Porque, no período de La Niña, observa-se que o Q75, Q25 e Q10 apresentam valores mais elevados em comparação com os do período El Niño. Os valores de diferença são respectivamente; 1037,41, 12213,97 m³/s, 508,06 m³/s. No entanto, o valor de Q90 no período El Niño é maior do que no período La Niña. Isso é uma diferença de 2598,28 m³/s.

Além disso, comparando os dados do período El Niño com os do La Niña através das tabelas 9 a 11 entre os rios das margens esquerda e direita, verifica-se que o valor dos Q90 durante o período de La Niña é melhor do que o Q90 durante a ocorrência do El Niño bem como o valor de Q90 com os dados completos para rios na margem esquerda. Portanto, o valor dos Q90 no período de El Niño para os rios ocidental e a maioria do hemisfério sul se origina da cordilheira dos Andes, mais especificamente aqueles que sob a influência das mudanças dos níveis glaciais na cordilheira oriental de Bolívia e Peru são melhores do que o Q90 no período de La Niña.

Observa-se também que o valor de Q90 com os dados completos são iguais ao valor dos Q90 no período de La Niña para os rios Madeira e Juruá respectivamente nos trechos Fazenda Vista Alegre e Gavião. Por meio de outras observações, pode-se deduzir que a zona de drenagem é um dos fatores que contribui proporcionalmente para a vazão e estimula essa grande diferença ao nível das vazões e da curva de permanência calculada entre os períodos de El Niño, La Niña e com os dados completos das séries hidrológicas nos principais regimes hidrológicos da bacia amazônica. Porque, tanto a área de drenagem é importante, é óbvio que o fator de redução devido ao déficit do geo-espaçador (Território, características e distúrbios antrópicos). É o mais alto de todos os fatores que afetam o fluxo de um sistema fluvial. Implica uma queda na capacidade de vazão ou/e escoamento ligada ao seu tamanho e à saúde de suas redes hidrográficas.

4.6-A INFLUÊNCIA DO ENOS E SUAS CONSEQUÊNCIAS EM VÁRIAS PARTES DA BACIA AMAZÔNICA

Através do estudo da variabilidade climática hidrológica é certo que a bacia amazônica tem vivenciado períodos hidrológicos de excesso e déficit que tiveram repercussões significativas na planície fluvial. Inundações e reduções nos sistemas fluviais durante o ENOS são os principais distúrbios naturais nas planícies (Figura 41).

Figura 41 Imagens deploráveis mostrando perda de pesca, desmatamento, mudanças no uso da terra causada por fenômenos climáticos do tipo ENOS



Fonte: NATUREZA, 2005; adaptado por Monteiro Da Silva (2012)

Essas áreas conhecidas como "sistemas de inundação de planície fluvial", são compostas por planícies. Elas são caracterizadas por uma grande diversidade de habitats, como lagoas permanentes, lagoas temporárias, pântanos, canais e sites de transição que permanecem secos em certos períodos do ano e inundados em outros.

Os eventos ENOS são diferentes uns dos outros. Durante a última década, o “mega” El Niño de 2014-2016 causou fortes aumentos de temperatura e o tornou responsável por colocar a maior parte da bacia em condições de seca aguda o que em contrapartida reduz deploravelmente as vazões dos rios. Episódios de queima intensa de biomassa associados a incêndios florestais causados por El Niño foram observados (Figure 42).

Figura 42- Imagens simuladas mostram o efeito El Niño na floresta amazônica



Fonte: NICK (2019).

Geralmente, outros impactos importantes estão associados à relação infiltração escoamento devido à perda da cobertura vegetal e atividades antrópicas (ROCHA e ANDRADE, 2012). Essas mudanças na dinâmica dos regimes hidrológicos naturais da bacia amazônica também resultaram perdas na infraestrutura viária, nos fluxos de produção agrícola, na distribuição de água potável, no aumento de doenças, na dificuldade de acesso às escolas e no reassentamento de famílias durante as enchentes, erosão costeira, destruição de habitats e deslocamento ou desaparecimento de zonas ecológicas.

De acordo com vários pesquisadores e instituições, as emissões de gases de efeito estufa aumentaram nos últimos 10 anos mais do que durante todo o período entre 1970 e 2000. Isso significa que, se não controlarmos nossas emissões de gases, provavelmente enfrentaremos:

consequências devastadoras mais delicadas. O aumento da temperatura média do planeta pode desencadear longos períodos de seca no futuro.

Nessas situações, a pecuária e a agricultura podem ser prejudicadas, assim como a sobrevivência de diversas espécies. Além disso, algumas áreas podem sofrer com a grande quantidade de chuva, o que causará deslizamentos de terra constantes e aumento das inundações. Outro ponto alarmante relacionado às áreas costeiras, que sofrerão com a elevação do nível do mar, em relação ao derretimento das geleiras causado por esses fenômenos ou mudanças climáticas.

As áreas secas do planeta sofrerão ainda mais com a falta de água. Assim, a água potável, já escassa em algumas regiões, pode ser causa de morte e conflito político. Além disso, com o aumento da seca, a ocorrência de incêndios pode ser mais frequente, levando à perda da biodiversidade e ameaçando a vida da população. Diante desse quadro assustador, não é difícil concluir que várias espécies de plantas e animais desaparecerão.

Ou seja, devemos tirar proveito das informações climáticas para melhor gerenciar o risco (IFRC, 2021) porque, as mudanças climáticas e hidrológicas provavelmente modificarão ainda mais no futuro a inundação de várzeas e as condições ecológicas associadas no futuro ecossistemas (MELACK e COE 2013; IFRC, 2021).

Mudanças e variações são assunto de todos, é necessário que o planejamento urbano e os investimentos sejam baseados no conhecimento territorial da população local, leve a sua opinião em consideração nos processos de concepção e execução de projetos utilizando ferramentas vinculadas às instituições e seguindo as últimas tendências urbanas (TATIANA et al., 2021).

Então, foi citado à abordagem da IFRC, (2021) para dizer; O combate às mudanças climáticas envolve a redução das emissões (**mitigação**) a adaptação aos impactos agora inevitáveis (**adaptação**) e a capacidade dos sistemas, comunidades ou sociedades expostas às consequências da mudança de resistir e absorvê-las, de se adaptar aos seus efeitos e de se recuperar deles de forma rápida e eficaz, inclusive preservando e restaurando suas estruturas e funções essenciais (**resiliência**). Medidas para se adaptar à modificação dos riscos também podem ajudar a reduzir os gases de efeito estufa. As medidas de redução de emissões também podem contribuir para a adaptação. O potencial dessas sinergias pode ser considerável em alguns setores (principalmente agricultura e silvicultura, construção e infraestrutura urbana), mas é mais limitado em outros (por exemplo, saúde).

5 CONCLUSÃO

Este estudo sobre a ação dos fenômenos El Niño, La Niña na dinâmica fluvial da Bacia Amazônica nos ajuda a entender melhor sua complexidade, a situação morfodinâmica e geomorfológica de seus principais regimes hidrológicos e os fatores ecológicos desta grande bacia hidrográfica, número (1) um no mundo em termos de redes hidrográficas, fluxos e sua diversidade cultural, reunindo cerca de nove (9) países e pelo menos quatro (4) línguas.

Por meio das análises, vemos que os regimes de fluxo apresentam comportamentos heterogêneos, variabilidade mensal (a montante e a jusante; a maioria dos rios na margem sul), escalas sazonais, interanuais e décadas no nível das três (3) regiões (norte, parte oeste e hemisfério sul) citadas no texto.

Em geral, as condições comportamentais dos regimes hidrológicos do tropical sul, são quase idênticas entre si em termos das principais características relacionadas ao semestre alto e baixo fluxo durante o ano hidrológico. No entanto, na margem esquerda da Bacia Amazonica, cada sub-bacia hidrográfica possui um comportamento hidrológico próprio que está ligado aos processos naturais de produção e deposição de sedimentos, fortemente influenciados pela fisiografia (geologia, relevo, solos, vegetação, clima). Além disso, a análise dos hidrograma nos mostra um comportamento regular a jusante do rio Negro e no trecho da estação Balbina do rio Uatumã.

Na parte central, ao longo do rio Solimões, verificou-se que o trecho que atravessa São Paulo de Olivença a montante produz a mesma vazão específica que jusante em Manacapuru, ou seja, um valor de $0,046 \text{ m}^3/\text{km}^2$ para uma área de drenagem diferente. Esta mesma realidade está ocorrendo na zona sul da Bacia ao nível do sistema fluvial do Xingu, a área drenada do trecho da parte a jusante (Altamira) é 1,68 vezes maior do que a montante (UHE Pombal). A vazão média da série histórica da parte à jusante também é 1,69 vezes superior à do montante. Porém, produz o mesmo fluxo específico a montante e a jusante para diferentes crônicas hidrológicas ou seja, um valor de $0.018 \text{ m}^3/\text{s}/\text{km}^2$.

Quanto ao cálculo da questão do tempo de permanência das vazões, a sub-bacia do Solimões, em toda a sua extensão mostra um comportamento equilibrado (acima 50%, baixo 50% e quase comparável com a sub-bacia do Negro (acima = 45%, baixo = 55%) e sub-bacia do Uatumã a Balbina P8 (acima de 45%, abaixo de 55%). Os regimes fluviais da margem direita apresentam ligeiros desequilíbrios quase semelhantes aos do Negro. Com exceção das sub-bacias do Juruá, apresentando uma estabilidade nítida comparável à do Solimões. (acima de 50,3%, baixa 49,7%).

Episódios de El Niño causam redução considerável das vazões na maioria dos sistemas fluviais da margem direita (exceto aqueles sob a influência de mudanças na cordilheira da Bolívia e Peru o derretimento glacial aumenta os fluxos do rio durante de El Niño e diminui os fluxos devido à transição da água do rio para o estado sólido sob baixa temperatura e alta altitude durante de La Niña e falsificar ou atrasar o tempo de permanência das vazões desses rios da margem direita e da parte central da bacia amazônica).

Além disso, maiores reduções no fluxo ocorrendo na parte norte da bacia durante o El Niño, especialmente os nascidos do Escudo Guianês e que sob a influência de uma condição climática seca, degradação ambiental acelerada (Blanco, Trombetas etc.) e deformação topográfica em alguns trechos (Trombetas etc.).

Por outro lado, os eventos de La Niña causam um aumento do escoamento dos principais rios e afluentes da bacia e mais marcante na margem esquerda. Com os fluxos durante a ocorrência de La Niña, o rio Trombetas na parte a jusante e a montante do rio Negro, especialmente na seção de São Gabrielle da Cachoreira, apresentam uma melhor regularização do que com os fluxos durante o El Niño.

Através das análises, foi observado que ao nível do rio Solimões através das estações analisadas (São Paulo de Olivença e Manacapuru) que a vazão Q50 que é a mediana da distribuição, a Q10, Q25, Q75 e Q90 são mais conseqüentes, ou seja, seu valor é maior no período El Niño do que no período La Niña. Enquanto, para os demais rios da margem esquerda como Negro, Trombetas, Branco e Uatumã, os valores de Q10, Q25, Q 50, Q75 e Q90 são melhores no período Niña do que no período de El Niño.

Além disso, comparando os dados do período El Niño com os do La Niña entre os rios das margens esquerda e direita, verifica-se que o valor dos Q 90 durante o período de La Nina é melhor do que o Q90 durante a ocorrência do El Niño bem como o valor de Q90 com os dados completos para rios na margem esquerda. Portanto, o valor dos Q90 no período de El Niño para os rios ocidental e a maioria do hemisfério sul se origina da cordilheira dos Andes, mais especificamente aqueles que sob a influência das mudanças dos níveis glaciais na cordilheira oriental de Bolívia e Peru são melhores do que o Q90 no período de La Niña.

Então, os resultados deste estudo fornecem uma base importante para dados para avaliação da vulnerabilidade às mudanças climáticas, variabilidade climática e efeitos significativos sobre os regimes hidrológicos, dizer em geral, sobre o ambiente biótico e abiótico da Bacia Amazônica, a fim de incentivar medidas necessárias e adequadas para manter comunidades resilientes.

REFERÊNCIAS

ABE, C. A. et al. Modeling the effects of land cover change on sediment concentrations in a gold-mined Amazonian basin. **Regional Environmental Change** **19**, p1801–181, 2019. Disponível em: <<https://doi.org/10.1007/s10113-019-01513-8>>. Acesso em: 09 abr. 2020.

ABRIL, G. et al. Amazon River carbon dioxide outgassing fuelled by wetlands. **Nature**, v.505 n.7483, p.395–398, 2014. Disponível em: <<https://doi.org/10.1038/nature12797>>. Acesso em: 9 abr.2020.

AB'SÁBER, A. N. **Amazônia: do discurso à práxis**. São Paulo: Edusp, 2004

Agência Nacional das Águas – ANA. **Dados das series históricas**. Hidroweb Sistema de Informações (2020). Disponível em: <<http://hidroweb.ana.gov.br/>> Acesso em: 02 de abril. 2020.

ALMEIDA, F.F.M. A Evolução dos Cratons Amazônicos e do São Francisco comparada com seus homólogos do hemisférico norte. In: *Conor. Bras. Geol.*, 30. Recife, 1978. **Anais..** Recife: SBQ, 1978. v.6. p.2303-2407.

———, ———. Diferenciação tectônica da plataforma brasileira. In: SBG, Congresso Brasileiro de Geologia, 23, Salvador, **Anais...**, p.29-46, 1969.

———, ———.; HASUI, Y.; NEVES, B.B.B.; FUCK, R.A. Brazilian structural provinces: an introduction. **Earth Science Reviews** v.17 n.1, p.1–29, 1981. Disponível em [https://doi.org/10.1016/0012-8252\(81\)90003-9](https://doi.org/10.1016/0012-8252(81)90003-9). Acesso em 3 mar.2020.

———, ———. **Origem e Evolucao da Plataforma Brasileira**. Rio de Janeiro : DNPM/DGM, 1967.

ALVES, L.M.; MARENGO, J. «Assessment of regional seasonal predictability using the PRECIS regional climate modeling system over South America», 2010-. **Theor Appl Climatol [online]** Article in Climatic Change, no 136, Published on 09 march 2016, Disponível em: <https://www.researchgate.net/publication/297675385_Projections_of_climate_change_effets_on_discharge_and_inundation_in_the_Amazon_basin;DOI:10.1007/s00704-009-0165-2>. Acesso em 30 de mayo de 2020.

AMARAL, J. H. F. et al. Carbon dioxide fluxes to the atmosphere from waters within flooded forests in the Amazon basin. **Journal of Geophysical Research Biogeosciences**. **125**, n.3, 2020. Disponível em: <<https://doi.org/10.1029/2019JG005293>>. Acesso em: 7 Jan.2021.

ANDRADE, C.A.C.; CUNHA, F.M. Revisão geológica da bacia paleozóica do Amazonas. In: Congresso Brasileiro de Geologia, São Paulo. **Anais..** São Paulo: SBG, 1971. p. 93-112.

ANDREOLI, Rita Valeria; RODRIGO Augusto Ferreira de Souza; MARY Toshie Kayano; LUIZ Antônio Candido. **Seasonal anomalous rainfall in the central and eastern Amazon and associated anomalous oceanic and atmospheric patterns**. International Journal of Climatology, 2012. 1193–1205 p.

_____. Rita Valéria et al. **The influence of different Niño types on the South American rainfall** *International Journal of Climatology*. v. 37.3, p. 1374–1390. 2017.

_____. _____ . et al. **Effects of two different La Niña types on the South American rainfall** *International Journal of Climatology*. V.39.3. p. 1415–1428. 2019.

ARAGAO, L. E. O. et al. Interactions between rainfall, deforestation and fires during recent years in the Brazilian Amazonia. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences*, 363, p1779–1785, 2008. Disponível em :<<https://doi.org/10.1098/rstb.2007.0026>>. Acesso em: 9 set.2020.

ARIAS, M. E. et al. Impacts of climate change and deforestation on hydropower planning in the Brazilian Amazon. **Nature Sustainability** v.3, n.6, p.430–436, 2020. Disponível em: <<https://doi.org/10.1038/s41893-020-0492-y>>. Acesso em: 2 abr.2021.

BARICHIVICH, Jonathan et al. **Recent intensification of Amazon flooding extremes driven by strengthened Walker circulation** 2018.

BERLATO, M. A.; FARENZENA, H.; FONTANA, D. C. Associação entre El Niño Oscilação Sul e a produtividade do milho no Estado do Rio Grande do Sul. Brasília: **Pesq. agropec. bras.**, 40 (5), p. 423–432, 2005.

BRITO, I.M. **Bacias sedimentares e formações paleozóicas do Brasil** Rio de Janeiro: Interciência, 1979. 179 p.

BORMA, L. S. et al. **Impactos dos eventos extremos de seca e cheia sobre os recursos hídricos amazônicos e ações da defesa civil** WIDBRE, C. A. Secas na Amazônia: causas e consequências. São Paulo: Oficina de Textos, 2013. 305-337 p.

CAMPETELLA, C. M.; VERA, C. S. The influence of the Andes mountains on the South American low-level flow. **Geophysical Research Letters**, 29, n. 17, 7-1 a 7-4, doi: 10.1029/2002GL015451, 2002.

CHRISTOFOLETTI, 1981.A. **Geomorfologia fluvial** São Paulo: Edgard Blücher, 313 p.

CORDANI, U.G.; NEVES, B.B.; FUCK, R.A.; PORTO, R.; THOMAZ FILHO, A.; CUNHA, F.M.B. Estudo preliminar de integração do pré-cambriano com os eventos tectônicos das bacias sedimentares brasileiras. **Série Científica Petróleo** Rio de Janeiro, 1984. n. 15.

_____.; TEIXEIRA, W.; D'AGRELLA-FILHO, M.S.; TRINDADE, R.I. **The position of the Amazonian craton in supercontinents** *South American Res.* v.15 n.3–4, p.396–407, 2009. Disponível em:< <https://doi.org/10.1016/j.gr.2008.12.005>>. Acesso em: 4 fev.2020.

_____.; TASSINARI, C.C.G.; TEIXEIRA, W.; BASEI, M.A.S.; KAWASHITA, K. Evolução tectônica da Amazônia com base nos dados geocronológicos. **II Cong. Geol. Chileno** Arica, Actas, vol. 4, p. 137–148.1979.

COSTA, J.B.S.C.; BEMERGUY, r. I.; HASUI, Y. BORGES, M.S. Tectonics and paleogeography along the Amazon River. **Journal of South American Earth Sciences** 2001. V.14, p. 335-347.

COSTA, J.B.S.; HASUI, Y. O quadro geral da evolução tectônica da Amazônia. In: Simpósio Nacional De Estudos Tectônicos. **Anais**. Rio Claro: UNESP e SBG, 1991. v. 3, p. 142-145.

COSTA, M.L.; BEHLING, H.; SUGUIO, K.; KAEMPF, N.; KERN, D.C. Paisagens Amazônicas sob a Ocupação do Homem Pré- Histórico: Uma Visão Geológica. In: EMBRAPA (org.) **As Terras Pretas de Índio da Amazônia: Sua Caracterização e o Estado do Conhecimento na Criação de Novas Áreas**. Brasília: Embrapa, 2009. p.15-38.

COE, M. T.; COSTA, M. H.; BOTTA, A.; BIRKETT, C. Long-term simulations of discharge and floods in the Amazon Basin. **Journal of Geophysical Research** 107, n. D20, p. 11/1-11/17, 2002.

_____. ; COSTA, M. H.; SOARES-FILHO, B. S. The influence of historical and potential future deforestation on the stream flow of the Amazon River—Land surface processes and atmospheric feedbacks. **Journal of Hydrology** v.369, p.165–174, 2009. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2009.02.043>>. Acesso em: 7 jun.2020.

CUNHA, P.R.C.; GONZAGA, F.G.; COUTINHO, L. F. C.; FEIJÓ, F. J. Bacia Amazonas: **Boletim de Geociências da Petrobras** 94. v.8, p.47-55.

_____. P.; MELO, J.; SILVA, O. **Bacia do Amazonas** Boletim de Geociências - Petrobras. v.15, p.227-251, 2007.

CUTRIM, E. M. C.; MOLION, L. C. B.; NECHET, D. Chuvas na Amazônia Durante o Século XX. In: Xi Congresso Brasileiro De Meteorologia, Rio de Janeiro. Anais Do XI CBMET. Rio de Janeiro, R.J: SBMET, p. 1327–1333. 2000.

DAVIDSON, E. et al. The Amazon basin in transition. 2012.- **Nature**. [online] Article in Climatic Change, nº 136, Published on 09 march 2016. Disponível em: URL:https://www.researchgate.net/publication/297675385_Projections_of_climate_change_effects_on_discharge_and_inundation_in_the_Amazon_basin;DOI:10.1038/nature10717 Acesso em: 30 mayo 2020.

DELOR, C.; LAHONDÈRE, D.; EGAL, E.; LAFON, J.M.; COCHERIE, A.; GUERROT, C., ROSSI, P., TRUFERT, C., THEVENIAUT, H.; PHILLIPS, D.; AVELAR, V.G. Transamazonian crustal growth and reworking as revealed by the 1:500,000-scale geological map of French Guiana (2nd edition). **Géologie de la France** 3–4, 5–57. 2003a.

_____. C.; ROEVER, E.W.F.; LAFON, J.M.; LAHONDÈRE, D.; ROSSI, P.; COCHERIE, A.; GUERROT, C.; POTREL, A. The Bakhuis ultrahigh-temperature granulite belt (Suriname): II. Implications for late Transamazonian crustal stretching in a revised Guiana Shield framework. **Géologie de la France** 3–4, 207–230. 2003b.

DERECZYNSKI, Claudine. **VARIABILIDADE E MUDANÇAS CLIMÁTICAS** . 2013. Instituto de Geociências – CCMN – UFRJ. 14/05/2013. Disponível em

<https://www.if.ufrj.br/~pef/aulas_seminarios/seminarios/2013_1_06_claudine.pdf>. Acesso em: 30 Out 2021.

DUARTE, T. **Geologia, geoquímica e geocronologia do Domínio Vulcânico do Arco Magmático Juruena, SW do Cráton Amazônico**. Aplicações geotectônicas. RG, v.2, n.1, p.1657-3203, 2015.

EIRAS, J.F.; BECKER, C.R.; SOUZA, E.M.; GONZAGA, F.G.; SILVA, J.G.F.; DANIEL, L.M.F.; MATSUDA, N.S.; FEIJÓ, F. Bacia do Amazonas. **Bol. Geoc** Rio de Janeiro, 1994. v.8, n.1, p. 17-45.

ESPINOZA, J.C. et al. <Contrasting regional discharge evolutions in the Amazon basin (1974-2004). > 2009a. **J Hydrol**[online] Article in Climatic Change, n° 136, Published on 09 march 2016. Disponível em :< https://www.researchgate.net/publication/297675385_Projections_of_climate_change_effects_on_discharge_and_inundation_in_the_Amazon_basin; Doi:10.1016/j.jhydrol.2009.03.004>. Acesso em : 30 mayo.2020.

—————. J.C., RONCHAIL, J.; GUYOT, J.L.; JUNQUAS, C.; VAUCHEL, P.; LAVADO, W.; DRAPEAU, G. E POMBOSA R. **Climate variability and extreme drought in the upper Solimões River (western Amazon Basin): Understanding the exceptional 2010 drought** Geophysical Research Letters, v.38, 2011.

EVANGELISTA, R. A. O.; SANDER, C.; WANKLER, F. L. **Estudo Preliminar da distribuição pluviométrica e do regime fluvial da bacia do rio Branco, estado de Roraima** In: Paulo Rogério Freitas Silva; Rafael da Silva Oliveira. (Org.). Roraima 20 anos: as Geografias de um novo Estado. 1 ed. Boa vista: Editora da Universidade Federal de Roraima, v. 1,p. 142-167 .2008.

FAYE, C. **Méthode d'analyse statistique de données morphométriques** corrélation de paramètres morphométriques et influence sur l'écoulement des sous-bassins du fleuve Sénégal. Cinq Continents, v.4., p. 80-108.2014.

FEIJÓ, F.J. & SOUZA, R.G. Bacia do Acre. **Boletim de Geociências da Petrobras**, 8(1):9-16.

FELIX NETO, J. C.; SOUZA, L. J. A.; ABREU, C. H. M.; BÁRBARA, V. F.; CUNHA, H. F. A.; DIAS, M. T.; CUNHA, A. C.. Impactos hidroclimáticos de curto prazo no padrão hidrodinâmico de Rio de Estuário Amazônico, Amapá (AP), Brasil. **Revista Ibero Americana de Ciências Ambientais**,v.12, n.1, p.161-179, 2021. Disponível em:<DOI: <http://doi.org/10.6008/CBPC2179-6858.2021.001.0014>> Acesso em: 7 dec. 2022.

FERREIRA, J. et al. Combining ALOS/PALSAR derived vegetation structure and inundation patterns to characterize major vegetation types in the Mamirauá Sustainable Development Reserve, Central Amazon floodplain, Brazil>.2014.- **Wetl Ecol Manag. [online]** Article in Climatic Change, n° 136, Published on 09 march 2016. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/297675385_Projections_of_climate_change_effets_on_discharge_and_inundation_in_the_Amazon_basin;DOI:10.1007/s11273-014-9359-1.> Acesso em 4 fev. 2020.

FILIZOLA, J.N.P. **O Fluxo de Sedimentos em Suspensão nos Rios da Bacia Amazônica Brasileira**. 1ed., Brasília, ANEEL. 1999.

_____. N.; GUYOT, J-L. Fluxo de sedimentos em suspensão nos rios da Amazônia. *Revista Brasileira de Geociências*. Vol. 41, N. 4, 2011, p. 566-576.

_____. N.P; SILVA, A.; SANTOS, M.; OLIVEIRA, M. Cheias e secas na Amazônia breve abordagem de um contraste na maior bacia hidrográfica do globo. **T&C Amazônia** 2006. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rbepid/a/JvFc9R4KMKkxFSTqKKBC6FC/?format=html>. Acesso em 05 de novembro de 2021.

_____. N. **O fluxo de sedimentos em suspensão nos rios da Bacia Amazônica brasileira**. Publ. ANEEL: Brasília, 1999. 63 p.

_____. N.; GUYOT, J. L.; MOLINIER, M.; GUIMARÃES, V.; DE OLIVEIRA, E.; DE FREITAS, M. A. V. Caracterização Hidrológica da Bacia Amazônica. In: Rivas & Freitas (Org.) **Amazônia uma perspectiva interdisciplinar**. Manaus: Ed. EDUA, 2002. p.33-53.

_____. N. P.; GUYOT, J. L. Suspended sediment yields in the Amazon basin: an assessment using the Brazilian national data set. **Hidrological Processes** 23, p. 3207 – 3215. 2009.

_____. N. **Transfert sédimentaire actuel par les fleuves amazoniens**. Thèse, UPS, Toulouse III, Toulouse: 2003. 273p.

FORSBERG, B. R et al. **The potential impact of new Andean dams on Amazon fluvial ecosystems**. PLoS One, v.12, n.8, 2017. Disponível em: <<https://doi.org/10.1371/journal.pone.0182254>>. Acesso em 7 jul.2020.

FREIRE, J. L. M; LIMA, J. R. A; CAVALCANTE, E. P. Análise de Aspectos Meteorológicos Sobre o Nordeste do Brasil em Anos de El Niño e La Niña. **Revista Brasileira de Geografia Física** v.4, p.429 – 444, 2011.

FREITAS, C. E.C.; RIVAS, A. A. F. A Pesca e os Recursos Pesqueiros na Amazônia Ocidental. **Ciência e Cultura** SBPC São Paulo, 2006.

FREITAS, M. A. V. “**Vulnerabilidades Climáticas e Antrópicas da Bacia Amazônica: Desafios para a Gestão Integrada da Água**” In: 2nd Meeting of National Coordinators of the Project "Integrated and Sustainable Management of the Transboundary Water Resources in the Amazon River Basin", Quito, EC, 18 jun. 2006.

GALL, Joana. **Friagem é um fenômeno climático que pode afetar as plantações**. Instituto Federal Catarinense em Santa Catarina. Meio Ambiente, consultou o 03 Nov 202. Disponível em <https://agro20.com.br/friagem/> Friagem é um fenômeno climático que pode afetar as plantações (agro20.com.br)

GEDNEY, N.; COX, P.M.; HUNTINGFORD, C. **Climate feedback from wetland methane emission**. *Geophys Res Lett* 41.

GLOOR M. et al. Intensification of the Amazon hydrological cycle over the last two decades. 2013. **Geophys Res Lett** [online] Article in Climatic Change, nº 136, Published on 09 march 2016. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/297675385_Projections_of_climate_change_effets_on_discharge_and_inundation_in_the_Amazon_basin;DOI:10.1002/grl.50377 Acesso em: 2 jun.2020.

GOULDING, M.; BARTHEM, R.; FERREIRA, E. **The Smithsonian Atlas of the Amazon**. Smithsonian Books, Washington and London, USA and UK, 2003.

GOUVEIA, N.A.; GHERARDI; LEOC Aragão. **The Role of the Amazon River Plume on the Intensification of the Hydrological Cycle**, *Geophysical Research Letters*.v. 46.21. p. 12221–12229. 2019.

GUILHEN, J. et al. Denitrification and associated nitrous oxide and carbon dioxide emissions from the Amazonian wetlands. **Biogeosciences** 17, n.16, p.4297–4311, 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.5194/bg-17-4297-2020>. Acesso em : 3 jun.2021.

GUYOT, J.L.; CALLÈDE, J.; MOLINIER, M.; GUIMARÃES, V.; OLIVEIRA, E. **La variabilité des débits des principaux fleuves du bassin amazonien**. 286–293. In *Climatic and hydrological effects of the El Niño Southern Oscillation (ENSO) events at the regional and local scales*, Quito, Nov. 1997.

GRUAU, G.; MARTIN, H.; LEVEQUE, B.; CAPDEVILLA, R. **Rb–Sr and Sm–Nd geochronology of Lower Proterozoic granite terrain in French Guiana**, *South America. Precambrian Research*, v.30, p.63–80, 1985.

GUTIERREZ-CORI, O. et al. **On the hydroclimate-vegetation relationship in the Southwestern Amazon during the 2009 period** *Frontiers in Water*. 3, p1–20. 2021. Disponível em: < <https://doi.org/10.3389/frwa.2021.648499> >. Acesso em 3 fev. 2022.

HIGUCHI, N.; SANTOS, J.; LIMA, A. J.N.; HIGUCHI, F.G.; CHAMBERS, J. Q. A Floresta amazônica e a água da chuva. **Revista Floresta**. 4, p. 427 – 434, 2011.

HUBBELL, Stephen P et al. “How many tree species are there in the Amazon and how many of them will go extinct?” **Proceedings of the National Academy of Sciences** v.105. Supplement 1, p. 11498–11504. 2008.

INPE – Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais. **Frequência dos fenômenos de El Niño e La Niña**. 2014 Disponível em: <http://www.enos.cptec.inpe.br/>. Acessado em out. 2020.

IPCC. Climate Change 2013. **The Physical Science Basis** Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Stocker, T.F.; D. QIN, G.-K.; PLATTNER, M. T.; S.K. ALLEN, J. B.; NAUELS, Y. X. V.; BEXAND, P.M; MIDGLEY (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA, 1535p. 2013.

JIMENEZ, J. C et al. The role of ENSO flavours and TNA on recent droughts over Amazon forests and the Northeast Brazil region. **International Journal of Climatology** 1–20. 2019. Disponível em: < <https://doi.org/10.1002/joc.6453> >. Acesso em 8 out.2021.

JUNK, W. Freshwater fishes of the Amazon River basin: their biodiversity, fisheries, and habitats. 2007.- **Aquat Ecosyst Health Manag** [online] Article in Climatic Change, n° 136, Published on 09 march 2016. Disponível em :< https://www.researchgate.net/publication/297675385_Projections_of_climate_change_effets_on_discharge_and_inundation_in_the_Amazon_basin ; DOI:10.1080/14634980701351023>. Acesso 30 mar.2020.

———. W. et al. A classification of major naturally-occurring amazonian lowland wetlands. **Wetlands**, v.3, n. 4, p623–640, 2011. Disponível em :< <https://doi.org/10.1007/s13157-011-0190-7>> Acesso em :29 mar.2020.

———. W. et al. Amazonian floodplain forests: ecophysiology, biodiversity and sustainable management 210. **Springer Netherlands, London, 2011.** [online] Article in Climatic Change, n° 136, Published on 09 march 2016. Disponível em :< https://www.researchgate.net/publication/297675385_Projections_of_climate_change_effets_on_discharge_and_inundation_in_the_Amazon_basin; DOI:10.1007/978-90-481-8725-6. Acesso em 2 fev 2020.

KAYANO, Mary Toshie, VADLAMUDI, Brahmananda; Rao; ANTONIO, Divino Moura. **Tropical circulations and the associated rainfall anomalies during contrasting years** Journal of Climatology. V.8.5. p. 477–488.1988.

KIRSCHKE, S. et al. Three decades of global methane sources and sinks. **Nature Geoscience** v.6, p.813–823,2013. Disponível em:< <https://doi.org/10.1038/ngeo1955>> Acesso em 2 nov.2020.

KOTTEK, M.; GRIESER, J.; BECK, C.; RUDOLF, B.; RUBEL, F. World map of the Köppen-Geiger climate classification updated. **Meteorologische Zeitschrift**, 15, n. 3, p. 259-263, 2006.

L. A. BIZZI, C.; SCHOBENHAUS, R. M.; VIDOTTI E J. H. G. (eds.) CPRM, Brasília, Bacias Sedimentares Paleozóicas e Meso-Cenozóicas Interiores Paleozoic and Meso-Cenozoic Sedimentary Basins. Geologia, Tectônica e Recursos Minerais do Brasil. 2003. Disponível em:< http://www.cprm.gov.br/publique/media/recursos_minerais/livro_geo_tec_rm/capII.pdf >. Acesso em: 5 jul .2020.

LATRUBESSE, E. M. et al. Damming the rivers of the Amazon basin. **In Nature** Nature Publishing Group. 2017. Disponível em:< <https://doi.org/10.1038/nature22333>> Acesso em: 13 nov.2020.

LEAL, Rafael; LAFON, Jean-Michel; COSTA, LÚCIA DANTAS, Elton. Orosirian magmatic episodes in the erepecuru-trombetas domain (southeastern Guyana shield): Implications for the crustal evolution of the Amazonian craton. **Journal of South American Earth Science** J. James, v.85, n.10.p.1016, nov. 2018.

LEDRU, P.; JOHAN, V.; MILÉSI, J.P.; TEGYEY, M. **Markers of the last stages of the Paleoproterozoic collision: evidence for a 2 Ga continent involving South Atlantic provinces** Precambrian Research, v.69, p.169–191,1994.

LEITE, C. C. et al. Historical land use change and associated carbon emissions in Brazil from 1940 to 1995. **Global Biogeochemical Cycles**, 26, n.2. 2012. Disponível em :<<https://doi.org/10.1029/2011GB004133>>. Acesso em: 3 mayo 2021.

LEITE-FILHO, A. T.; COSTA, M. H.; FU, R. The southern Amazon rainy season: The role of deforestation and its interactions with large-scale mechanisms. **International Journal of Climatology**, 40, n.4, p2328–2341, 2020. Disponível em: <<https://doi.org/10.1002/joc.6335>>. Acesso em: 9 jul. 2021.

LIBONATI, R., et al. Twenty-first century droughts have not increasingly exacerbated fire season severity in the Brazilian Amazon. **Scientific Reports**, 11, n.1, p4400. 2021. Disponível em :<<https://doi.org/10.1038/s41598-021-82158-8>>. Acesso em: 2 dec. 2021.

LIMBERGER, L.; SILVA, M. E. S. Precipitação na bacia amazônica e sua associação à variabilidade da temperatura da superfície dos oceanos Pacífico e Atlântico: uma revisão. **Geosp- Espaço e Tempo (Online)**, 20, n. 3, p. 657-675, mês. 2016. ISSN 2179-0892.

MALHI, Y. et al. Climate Change, Deforestation, and the Fate of the Amazon. **Science**, 319, n. 5860, p. 169-172, 2008.

MARENGO, J.A. ; AMBRIZZI, T. ; ROCHA, R.P. ; ALVES, L.M. ; CUADRA, S.V. ; VALVERDE, M.C. ; TORRES, R.R. ; SANTOS, D.C. ; FERRAZ, S.E., 2010. Future change of climate in South America in the late twenty-first century: intercomparison of scenarios from three regional climate models. *Climate Dynamics*.v.35. P.1073–1097. Doi: 10.1007/s00382-009-0721-6

_____. J. A. Condições climáticas e os recursos no norte brasileiro. In: TUCCI, C. E. M. BRAGA, B(org.). **Clima e recursos hídricos no Brasil**. Porto Alegre. ABRH. p. 117-161. 2003.

_____. J.A.; ESPINOZA, J.C. Review: extreme seasonal droughts and floods in Amazonia: causes, trends and impacts, 2015. *Int J Climatol*. [online] **Article in Climatic Change** n° 136, Published on 09 march 2016, consultou o: 30 mayo 2020. Disponível em: <https://www.researchgate.net/publication/297675385_Projections_of_climate_change_effct_s_on_discharge_and_inundation_in_the_Amazon_basin>= DOI:10.1002/joc.4420>.

_____. J. A. et al. Changes in climate and land use over the Amazon region: **Current and future variability and trends. Frontiers of Earth Science**, 2018. Disponível em :<<https://doi.org/10.3389/feart.2018.00228>>. Acesso em: 2 fev. 2020.

_____. J. HASTENRATH S. 1993. Case studies of extreme climatic events in the Amazon basin. *Journal of Climate*, 6, 617-627. MARENGO J. Variations and change in South American streamflow. **Climatic Change**, 31, p. 99-117. 1995.

MEADE R.H., NORDIN C.F., CURTIS W.F., COSTA RODRIGUES F.M., DO VALE C.M., EDMOND J.M. 1979. **Sediment loads in the Amazon River. Nature** 278 - 163.

MEEHL, G.A. et al. Global climate projections in climate change 2007: the physical science basis. Contribution of working group I to the fourth assessment report of the intergovernmental

panel on climate change. **In:** SOLOMON, S. et al. (eds). Cambridge University Press, Cambridge.2007.

MELACK, J.M.; COE, M.T. Climate change and the Floodplain Lakes of the Amazon Basin. **In:** GOLDMAN, C.R. et al.(eds) Climatic change and global warming of inland waters: impacts and mitigation for ecosystems and societies. 2013. [online] Article in Climatic Change, nº 136, Published on 09 march 2016, Disponível em: <https://www.researchgate.net/publication/297675385_Projections_of_climate_change_effcts_on_discharge_and_inundation_in_the_Amazon_basin; DOI:10.1002/9781118470596.ch17>. Acesso em 12 jul. 2020.

—————. J.M.; HESS, L.L. Remote Sensing of the distribution and extent of wetlands in the Amazon Basin. **In:** JUNK, W.J.; PIEDADE, M.T.F.; WITTMANN, F.; SCHÖNGART, J.; PAROLIN, P. (Eds.). **Amazonian Floodplain Forests** Ecophysiology, Biodiversity and Sustainable Management. Ecological Studies, Springer Dordrencht, Heidelberg, London, New York,2010 p.43- 60.

MENIN, Marcelo. **Amazônia diversidade biológica e história geológica**. Trabalho de Conclusão de Curso (Especialização em biologia) –Instituto de Ciências Biológicas, Universidade Federal do Amazonas (UFAM), São Paulo,2021.

MOLINIER, M., GUYOT J.L., OLIVEIRA E., GUIMARÃES V. 1996. **Les régimes hydrologiques de l’Amazone et de ses affluents**. In L’hydrologie tropicale: géoscience et outil pour le développement, Paris, IAHS Publ. v.238. p. 209-222. Mai 1995.

—————. M.; GUYOT, J.L., DE OLIVEIRA, E., GUIMARÃES, V.; CHAVES, A. **Hydrologie du bassin de l’Amazone**. In: Grands Bassins Fluviaux Périatlantiques, 335 – 344, PEGI, Paris,1995.

—————. M. **Regionalisation des débits du bassin amazonien**. In Journées Flydrologiques. Régionalisation en hydrologie et application au développetnent. ORSTOM, Montpellier. 1992.

MOLION, L. C. B.; MORAES, J.C. de. Oscilação do sul e descarga de rios na America do Sul Tropical. **Revista Brasileira de Engenharia. Caderno de Recursos Hídricos** 35,63, 1987.

MONTEIRO DA SILVA, Jéssica. O Risco da Seca na Amazônia. **Natureza**.2012. Meio Ambiente. Disponível em:<<https://meioambiente.culturamix.com/natureza/o-risco-da-seca-na-amazonia>>. Acesso em: 5 fev.2020.

MOREIRA, S. F.; CONCEIÇÃO, C. S.; CRUZA, M. C. S.; PEREIRA JÚNIOR, A. A influência dos fenômenos El Niño e La Niña sobre a dinâmica climática da região Amazônica. **Multidisciplinary Reviews**sp.1-8, 2018. Disponível em: < <http://doi.org/10.29327/multi.201801> >. Acesso en: 8 jul.2020.

NICK, Almasan.**Dramatic images show the devastating effect of the Amazon rainforest fires**[S.l.:s.n.],2019.

NOAA. Cold and a Warn Episodes by Season. Adaptado de Oceanic Niño Index (ONNI) **in:** disponível em:<www.cpc.ncep.noaa.gov/products/analysis_monitoring/ensostuff/ensoyears.shtml>.Acessado em: 3 jun 2021.

OLIVEIRA, N. L. et al. Influência do El Niño e La Niña no número de dias de precipitação pluviométrica. **Ciência e Natura** Estado do Mato Grosso, v. 37 p. 284 – 297 2015.

OKI, T.; KANAE, S. Global hydrological cycles and world water resources, **Science** v.313.p. 1068–1072. 2006.

ONSTOTT, T.C.; HARGRAVES, R.B. Proterozoic transcurrent tectonics: paleomagnetic evidence from Venezuela and Africa. **Nature** v. 289, p131–136. 1981.

———. T.C.; HARGRAVES, R.B.; YORK, D.; HALL, C.M. Constraints on the motions of South American and African Shields during the Proterozoic: I. $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ and paleomagnetic correlations between Venezuela and Liberia. **Geological Society of America Bulletin**, p.1045–1054. 1984.

PAPA, F.; PRIGENT, C.; AIRES, F.; et al. Interannual variability of surface water extent at the global scale, 1993–2004, **J. Geophys. Res.** 010.

PAN, Y. et al. “A large and persistent carbon sink in the world’s forests”. **Science** v.333, n. 6045, p.988–993. 2011.

PANGALA, S. R., et al. Large emissions from floodplain trees close the Amazon methane budget. **Nature** v.552 p.230–234, 2017. Disponível em: < <https://doi.org/10.1038/nature24639> >. Acesso em: 7 Jul 2020.

PENA, Rodolfo F. Alves. "O que é bacia hidrográfica?"; Brasil Escola. Disponível em: <https://brasilecola.uol.com.br/o-que-e/geografia/o-que-e-bacia-hidrografica.htm>. Acesso em 4 jun.2020.

PEÑA, A. P. Floresta Nacional Saracá-Taquera (**Relatório Técnico Anual**). IBAMA (Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis, Oriximiná, Brazil. 2002.

PETRI, S.; FÚLFARO, V.J. **Geologia do Brasil** fanerozóico. São Paulo: Edusp. v.9, p.631. 1988.

PIELOU, E.C. Freshwater. Chicago, The University of Chicago Press, 1998. **Plano Estadual de Recursos Hídricos do Estado do Rio Grande do Sul** Alegre, 2006.

PISON, I. et al. Stable atmospheric methane in the 2000s: Key-role of emissions from natural wetlands. **Atmospheric Chemistry and Physics** n., 23, p.11609–11623, 2013. Disponível em : <<https://doi.org/10.5194/acp-13-11609-2013>>. Acesso em: 7 abr.2020.

RABATEL, A.; FRANCOU, B.; SORUCO, A. et al. Current state of glaciers in the tropical Andes: a multi century perspective on glacier evolution and climate change. **The Cryosphere** v.7. p.81–102. 2013.

RAYMOND, P. A. et al. Global carbon dioxide emissions from inland waters. **Nature** v.503 p.355–359, 2013. Disponível em: <<https://doi.org/10.1038/nature12760>>. Acesso em: 19 abr.2020

REBOITA, M.S.; GAN, M.A.; ROCHA, R.P. AMBRIZZI, T. **Regimes de precipitação na América do Sul: uma revisão bibliográfica**. Revista Brasileira de Meteorologia, 2010. 185 – 204p.

REIS, N.J.; ALMEIDA, M.E.; RIKER, S.R.L., FERREIRA, A.L. **Geologia e Recursos minerais do Estado do Amazonas**. BRM, Manaus (Convênio CPRM/CIAMA). 2006. Escala 1:1.000.000. 125 p.

———. N.J.; FRAGA, L.M.; FARIA, M.S.G.; ALMEIDA, M.E. **Geologia do Estado de Roraima, Brasil** Geology of France and Surrounding Areas - Special Guiana Shield. 2- 3-4, 121-134. 2003.

———. V. characterizing seasonal dynamics of Amazonian wetlands for conservation and decision making. **Aquatic Conservation** Marine and Freshwater Ecosystems, v.29, n.7, p1073–1082, 2019. Disponível em: <<https://doi.org/10.1002/aqc.3051>>. Acesso em 9 jul. 2020.

RIBEIRO, R.R; SIMÕES, J.C.; RAMIREZ, E.; **The Amazon Glaciers** In Godone D (ed) Glacier Evolution in a Changing World, 1st edn.p. 61–76. In Tech, Rijeka. 2017

RICHEY J.E.; MEADE, R.H.; SALATI, E.; Devol A.H., NORDIN, C.F.; DOS SANTOS, U. Water discharge and suspended sediment concentrations in the Amazon river. **Water Resources Research**, 22(5). p756-764. 1986.

ROCHA, P. C.; ANDRADE, L. F. O regime interanual de rios na região oeste de São Paulo (Brasil). In: Universidade de Coimbra-PT. (Org.). **Para conhecer a terra** ed. Coimbra, Portugal: ed da Univers Coibra, v. 1, p. 351-358, 2012.

ROCHE, M.A., JAUREGUI, C.F, RIVERA, A.A. et al., **Balance hídrico de Bolivia** ed. UNESCO-PHICAB, La Paz, 1992. 16p.

RODIER, J. **Régimes hydrologiques de l'Afrique à l'Ouest du Congo** Mém. Orstom 6. Orstom, Paris. 1964.

ROSA-COSTA, L.T.; LAFON, J.M.; DELOR, C. Zircon geochronology and Sm–Nd isotopic study: further constraints for the Archean and Paleoproterozoic geodynamical evolution of the southeastern Guiana Shield, **north of Amazonian Craton, Brazil** Gondwana Res, v.10, p.277–300, 2006. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.gr.2006.02.012>>. Acesso em: 2 jun. 2020.

SANDER, C. **Geomorfologia de planície aluvial do alto rio branco em Roraima: dinâmica e processos evolutivos** 2015. Tese (Doutorado em Geografia) - Programa de pós-graduação em geografia da faculdade de ciências humanas, letras e artes, Universidade Estadual de Maringá, MARINGÁ – PR, 2015.

———. C.; WANKLER, F. L. **Avaliação dos picos de cheias do rio Branco em Boa Vista RR sob olhar dos eventos ENSO** Roraima 30 anos: Prof. Rafael da Silva Oliveira, ideário e pluralidade geográfica da Amazônia Setentrional. 1 ed. Boa Vista: Editora da UFRR, 2019, v.3, p. 255-275.

———. C.; WANKLER, F. L.; CARVALHO, T. M.; GASPARETTO, N. V. L.; SANTOS, M. L. D.O.S. Avaliação hidroclimática da bacia do alto rio Branco, Roraima, segundo as

condições de tempo de permanência de fluxo In: **Contribuições à Geologia da Amazônia** ed.Belem: SBG/Núcleo Norte, 2016, v.10, p. 99-108.

SANTOS, J.O.S. Geotectônica dos Escudos da Guiana e Brasil Central. In: L.A. Bizzi, C. SCHOBENHAUS, R.M. VIDOTTI, J.H. GONÇALVES (Eds.) **Geologia, tectônica e recursos minerais do Brasil**. Texto, mapas e SIG. CPRM-Serviço Geológico do Brasil, 2003. p.169-226.

———. J.O.S.; HARTMANN, L.A.; FARIA, M.S.; RIKER, S.R.; SOUZA, M.M.; ALMEIDA, M.E.; MCNAUGHTON, N.J.A compartimentação do cráton amazonas em províncias: avanços ocorridos no período 2000–2006. In: **9th Simpósio de Geologia da Amazônia** Belém, 2006. (Short Papers).

———. A.C.M. **A Educação Ambiental e a Construção da Participação Popular: abordagem na Gestão dos Recursos Hídricos**. Dissertação (Mestrado) – UNEB/Universidade Estadual da Bahia, 2001.

———. B.A. **Amazônia: potencial mineral e perspectiva de desenvolvimento**. São Paulo: Queroz, 1981. p. 31-71.

———. C.A; SERRÃO, E.A.O; GONÇALVES, L.J.M; WANZELER, R.T.S; LIMA, A.M.M.Zoneamento da distribuição da precipitação pluviométrica na bacia hidrográfica do rio Tapajós. **Enciclopédia Biosfera** 10. p. 3092 – 3107, 2014.

———. C.A.C.; SATYAMURTY, P.; SANTOS, E.M. Tendências de índices de extremos climáticos para a região de Manaus-AM. **Acta Amazonica**.42.p. 329 – 336, 2012.

———. I.; FILL, H.D.; SUGAI, M. R.; BUBAH; KISHI, R.T.; MARONE, E. et al. **Hidrometria aplicada** Curitiba: Instituto de Tecnologia para o Desenvolvimento; 2001.

———. J.O.S.; HARTMANN, L.A.; GAUDETTE, H.E.; GROVES, D.I.; MCNAUGHTON, N.J.; FLETCHER, I.R. **A new understanding of the provinces of the Amazonian Craton based on integration of field mapping and Rb-U and Sm-Nd geochronology** Gondwana Research, v.3, p.453–488,2000.

———. J.O.S. Geotectônica dos Escudos da Guiana e Brasil Central. In: L.A. Bizzi, C. SCHOBENHAUS, R.M. VIDOTTI, J.H. GONÇALVES (Eds.) **Geologia, tectônica e recursos minerais do Brasil**. Texto, mapas e SIG. CPRM-Serviço Geológico do Brasil, 2003. p.169-226.

———. O.S.; HARTMANN, A.; GAUDETTE, D.I.G.; MCNAUGHTON, N.J.; FLETCHER, I.R. A New Understanding of the Provinces of the Amazon Craton Based on Integration of Field Mapping and U-Pb and Sm-Nd Geochronology. **Gondwana Research** 2000. v: 3, n. 4, p. 453-488.

———. S.R.Q.; SILVA, R.B.C.; BARRETO, P.N.B. NUNES, H.G.C.; RODRIGUES, R.S. CAMPOS, T.L.O.B. Regime térmico e hídrico do solo para área de floresta tropical em anos de El Niño e La Niña, Caxiuanã – PA: estudo de caso. **Revista Brasileira de Meteorologia** 367 – 374, 2011.

SILVA, A.J.P. et al. Bacias Sedimentares Paleozóicas e Meso-Cenozóicas Interiores. In: Bizzi, L.A., Schobbenhaus, C., Vidotti, R.M., Gonçalves, J.H. (Eds.) **Geologia, tectônica e recursos minerais do Brasil**. Texto, mapas e SIG. CPRM-Serviço Geológico do Brasil, p. 55-85. 2003.

———. D. A.; SANDER, CARLOS; ARAUJO JUNIOR, A. C. R.; WANKLER, F. L. ANÁLISE DOS CICLOS DE PRECIPITAÇÃO NA REGIÃO DE BOA VISTA - RR NOS ANOS DE 1910 A 2014. *Revista Geográfica Acadêmica.*, v.9, p.35 - 49, 2015.

SIOLI, H. Studies in Amazonian waters, 9-50. In: **Atas do Simposio sobre a Biota Amazônica**, Volume 3 (Limnologia), Belem.1967.

SIOLI, H. (ED.) **The Amazon: Limnology and Landscape Ecology of a Mighty Tropical River and its Basin** (Monographiae Biologicae). Pub. Junk, Dordrecht. 1984.p.800.

SOUSA, A.C. et al. Variabilidade Interanual da Precipitação e Fluxo de Umidade Sobre a Amazônia Usando o QTCM. **Revista Brasileira de Meteorologia** 33,p.41-56, 2018. Disponível em :< <http://dx.doi.org/10.1590/0102-7786331015>>. Acesso em: 20 jul. 2020.

TASSINARI, Colombo Celso Gaeta; MACAMBIRA, MOACIR José Buenano. A evolução tectônica do Craton Amazônico. **Anais...** S.l.: SBG,, 2004. Disponível em: . <<https://repositorio.usp.br/item/001407316>>. Acesso em: 23 jul. 2020.

STERNBERG, H.O. R. **The Amazon river of Brazil. Geographische Zeitschrift** 1915. 74 p.

TEIXEIRA, L.B. Evidência geofísica de rifts precursores nas bacias paleozóicas do Amazonas, Paraná, Parecis, Parnaíba, Solimões e Alto Tapajós. In: MELO, J.H.G., TERRA, G.J.S. (eds.). **Correlação de Sequências Paleozóicas Sul-americanas**. Rio de Janeiro, PETROBRAS, 7 p. (Ciência-Técnica-Petróleo. Seção Exploração de Petróleo, 2001. (20 min), 1 CD-ROM.

TORRENCE, Christopher; GILBERT, P. C. **A practical guide to wavelet analysis**. Bulletin of the American Meteorological society, v.79, n.1, p.61-78.1998.

TUCCI, C.E.M.; BERTONI, J. C. (org). **Inundações Urbanas na América do Sul**. Porto Alegre. Associação Brasileira de Recursos Hídricos, 2003. p. 471

———. C.E.M.; CLARKE, R.T. Environmental Issues in the la Plata Basin. **Water resources development** 4, n.2, p.157-173. 2004.

———. C. E. M. **Hidrologia ciência e aplicação**. 2 ed. Rio Grande do Sul, UFRGS/ABRH, 2007.

———. C. E. M. **Modelos Hidrológicos**. Porto Alegre: Editora da Universidade Federal do Rio Grande do Sul – ABRH, 2005. 669 p. **Hidrologia: Ciência e Aplicação**. Porto Alegre: ABRH, 2009. 655 p.

———. C. E. M. **Regionalização de vazões**. Rio Grande do Sul: Ed. Universidade/UFRGS, 2002. p.14.

_____. C.E.M., **Regionalização de vazões**. 1ª ed, Porto Alegre, EDUSP, ABRH, Coleção ABRH de Recursos Hídricos, 2002, p. 573-611.

TOCANTINS, L. **O rio comanda a vida**. Uma interpretação da Amazônia. Rio de Janeiro: Record, 1988.

UVO, C.B.; TÖLLE, U.; BERNDTSSON, R. Forecasting discharge in Amazonia using artificial neural networks. **International Journal of Climatology** 20, p. 1495-1507, 2000. Disponível em: < [https://doi.org/10.1002/1097-0088\(200010\)20:12<1495:AID-JOC549>3.0.CO;2-F](https://doi.org/10.1002/1097-0088(200010)20:12<1495:AID-JOC549>3.0.CO;2-F)>. Acesso em: 9 jul.2020.

VANDERHAEGHE, O.; LEDRU, P.; THIÉBLEMONT, D.; EGAL, E.; COCHERIE, A.; TEGYEY, M.; MILÉSI, J.J. **Contrasting mechanism of crustal growth Geodynamic evolution of the Paleoproterozoic granite-greenstone belts of French Guyana. Precambrian Research**.92, p. 165–193,1998.

VASQUEZ, M.L.; ROSA-COSTA, L.T. **Mapa Geológico e de Recursos Minerais do Estado do Pará**. Projeto Geologia e Recursos Minerais do Pará–Sistema de Informações Geográficas. CPRM-Serviço Geológico do Brasil Escala 1:1.000.000. Texto-explicativo, 2008. 328 p.

VEETIL B.K. ; Wang, S. ; Souza,S.F. ; Bremer, U.F. ; Simões, J.C ; Glacier monitoring and glacier climate interactions on the tropical Andes: **A review** Journal of South American Earth Sciences, 77., 2017c. p.218–46.

VEETIL, B.K.; PEREIRA, S. F.R.; WANG, S. et al. **Un análisis comparativo del retroceso glaciar en los Andes Tropicales usando teledetección** [Comparative analysis of glacier retreat in the Tropical Andes using remote sensing]. Investigaciones Geográficas–Universidad de Chile. 51. p. 3–36. 2016b.

VEETIL, B.K.; MAIER, E.L.B.; BREMER.; U.F, SOUZA S.F. Combined influence of PDO and ENSO on northern Andean glaciers: a case study on the Cotopaxi ice-covered volcano, Ecuador. **Climate Dynamics**.43.p 34–48. 2014

VEETIL, B.K. Identificação da influência do El Niño-Oscilação sul e oscilação decenal do Pacífico sobre as geleiras andinas tropicais usando sensoriamento remoto e parâmetros climáticos [Identification of the influence of El Niño-Southern Oscillation on tropical Andean glaciers using remote sensing and climatic parameters]. PhD Thesis, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, Brazil. 2017

VEETIL, B.K.; WANG, S.; SOUZA, S.F.; BREMER, U.F.; SIMÕES, J.C. Glacier monitoring and glacier climate interactions on the tropical Andes: **A review**.Journal of South American Earth Sciences. v.77.p 218–46. 2017c.

VUILLE, M.; CAREY, M.; HUGGEL, C. et al. Rapid decline of snow and ice in the tropical Andes– Impacts, uncertainties and challenges ahead. Earth-Science. **Reviews**.v.176. p. 195–213. 2018.

VUILLE, M.; FRANCOU, B.; WAGNON, P. et al. Climate change and tropical Andean glaciers: Past,present and future. Earth-Science. **Reviews**. v.9.p 79–96. 2008.