

INFLUÊNCIA DO USO E COBERTURA DA TERRA ASSOCIADOS A EVENTOS CLIMÁTICOS EM SISTEMAS HIDROMETEOROLÓGICOS

INFLUENCE OF LAND USE AND COVER ASSOCIATED WITH CLIMATE EVENTS IN HYDROMETEOROLOGICAL SYSTEMS

INFLUENCIA DEL USO Y COBERTURA DE LA TIERRA ASOCIADA A EVENTOS CLIMÁTICOS EN SISTEMAS HIDROMETEOROLÓGICOS

Dênis José Cardoso Gomes

Universidade Federal do Pará (UFPA) – Faculdade de Meteorologia
Rua Augusto Corrêa, 01, Guamá, CEP 66075-110, Belém, Pará
deniss.feg@gmail.com

Aline Maria Meiguins de Lima

Universidade Federal do Pará (UFPA) – Faculdade de Meteorologia
Rua Augusto Corrêa, 01, Guamá, CEP 66075-110, Belém, Pará.
ameiguins@ufpa.br

Camila do Socorro Teixeira Soares

Universidade Federal do Pará (UFPA) – Faculdade de Meteorologia
Rua Augusto Corrêa, 01, Guamá, CEP 66075-110, Belém, Pará.
ca.milasoares@outlook.com.br

Nedilson Sanches Ferreira

Universidade Federal do Pará (UFPA) – Faculdade de Meteorologia
Rua Augusto Corrêa, 01, Guamá, CEP 66075-110, Belém, Pará.
nedilsonlive@gmail.com

RESUMO

A dinâmica de uso e ocupação da terra apresenta um padrão de impacto coincidente com áreas de maior vulnerabilidade hídrica (cabeceiras de bacias hidrográficas). O objetivo deste trabalho é investigar as características que influenciam a disponibilidade hídrica da Amazônia Oriental, associando as informações hidrológicas e as características de uso e cobertura da terra. A Região Hidrográfica do Atlântico Nordeste Ocidental (RHANO) possui uma área de aproximadamente 274.300 km². Adquiriu-se os dados de Temperatura da Superfície do Mar (TSM) da *National Oceanic Atmospheric Administration*; hidrometeorológicos da Agência Nacional das Águas; de interpolação pluviométrica do *Global Precipitation Climatology Center* e de uso e cobertura da terra do Ministério do Meio Ambiente. As anomalias de TSM apresentaram tendência de aquecimento do Atlântico e características térmicas alternadas para o Pacífico com relações identificadas nos extremos pluviométricos anuais. A RHANO apresentou o período chuvoso (Dez-Mai) e estiagem (Jun-Nov) bem definidos, com as maiores pluviosidades (noroeste) e os menores volumes pluviais (nordeste). A variabilidade pluviométrica apresentou 1 mês de defasagem em relação a precipitação. A estatística mostrou a relação mais forte entre as variáveis hidrológicas na bacia do rio Itapecuru e correlação mais fraca na bacia do rio Guamá-Capim, indicando possível influência da mudança do uso e ocupação desta região, apresentando

alta heterogeneidade nas formas de cobertura. As informações obtidas indicaram forte tendência que as formas de uso e cobertura da terra estejam contribuindo para variar o grau de correlação das variáveis hidrológicas, além de serem impactadas pelas condicionantes climáticas, principalmente o ENOS.

Palavras – chave: Ações antrópicas. Clima. Hidrologia.

ABSTRACT

The dynamics of land use and occupation presents an impact pattern correlated with areas of greater water vulnerability (headwaters of hydrographic basins). The objective of this work is to investigate the characteristics that influence the water availability of the Eastern Amazon, associating the hydrological information and the characteristics of land use and land cover. The Hydrographic Region of the Western Northeast Atlantic (RHANO) has an area of approximately 274,300 km². The data adopted was: National Oceanic Atmospheric Administration (NOAA) Sea Surface Temperature (SST); hydro-meteorological services of the National Water Agency; rainfall interpolation of the Global Precipitation Climatology Center; and use and land cover of the Ministry of Environment. The SST anomalies showed an Atlantic heating trend and alternating thermal characteristics for the Pacific with relationships identified at annual rainfall extremes. The RHANO presented the well-defined rainy season (Dez-Mai) and dry season (Jun-Nov), with the highest rainfall (northwest) and the lowest rainfall (northeast). The Fluvimetric variability presented 1 month of lag in relation to precipitation. The statistic showed strongest relationship between the hydrological variables in the Itapecuru river basin and the weaker correlation in the Guamá-Capim river basin, indicating a possible influence of the change in the use and occupation of this region, presenting a high heterogeneity in the forms of coverage. The obtained information indicated a strong tendency that the forms of use and coverage of the earth are contributing to vary the degree of correlation of the hydrological variables, besides being impacted by the climatic conditions, mainly the ENSO.

Password: Anthropic actions. Climate. Hidrology.

RÉSUMEN

La dinámica de uso y ocupación de la tierra presenta un patrón concomitante con áreas de mayor vulnerabilidad hídrica (cabeceras de cuencas hidrográficas). El objetivo de este trabajo es investigar las características que influyen la disponibilidad hídrica de la Amazonia Oriental, asociando las informaciones hidrológicas y las características de uso y cobertura de la tierra. La Región Hidrográfica del Atlántico Nordeste Occidental (RHANO) posee un área de aproximadamente 274.300 km². Se adquiere los datos de Temperatura de la Superficie del Mar (TSM) de la National Oceanic Atmospheric Administration; hidrometeorológicos de la Agencia Nacional de las Aguas; de interpolación pluviométrica del Global Precipitation Climatology Center y de uso y cobertura de la tierra del Ministerio del Medio Ambiente. Las anomalías de TSM presentaron tendencia de calentamiento del Atlántico y características térmicas alternas hacia el Pacífico con relaciones identificadas en los extremos pluviométricos anuales. La RHANO presentó el período lluvioso (Dez-Mai) y sequía (Jun-Nov) bien definidos, con las mayores pluviosidades (noroeste) y los menores volúmenes pluviales (noreste). La variabilidad fluviométrica presentó 1 mes de desfase en relación a la precipitación. La estadística mostró la relación más fuerte entre las variables hidrológicas en la cuenca del río Itapecuru y correlación más débil en la cuenca del río Guamá-Capim, indicando posible influencia del cambio del uso y ocupación de esta región, presentando alta heterogeneidad en las formas de cobertura. Las informaciones obtenidas indicaron fuerte tendencia que las formas de uso y cobertura de la tierra

están contribuyendo a variar el grado de correlación de las variables hidrológicas, además de ser impactadas por las condicionantes climáticas, principalmente el ENOS.

Palabras-clave: Acciones antropológicas. Clima. Hidrología.

1. INTRODUÇÃO

A dinâmica de uso e cobertura da terra na Amazônia Oriental apresenta um padrão que coincide com as áreas de maior vulnerabilidade hídrica, como as cabeceiras das bacias hidrográficas (ROS-TONEN, 2007); estas representam ambientes frágeis responsáveis pela recarga hídrica dos sistemas superficiais e subterrâneos (ABELL et al, 2007).

Um fator que contribui de forma positiva para reduzir o efeito das alterações no balanço hídrico em função das mudanças de cobertura da terra é a distribuição pluviométrica, que associada a densidade de drenagem observada na região garante uma “segurança” hídrica (LIMBERGER; SILVA, 2012). Porém, a quantificação dos efeitos e principalmente da sua resiliência aos extremos climáticos demanda por um monitoramento sistemático (AKKALA et al, 2010; COE et al, 2011).

Porém, as bacias que compõe a faixa de transição da Amazônia Oriental com o semiárido, apresentam um quadro diferenciado, com uma redução do volume de chuvas e manutenção dos mesmos elementos de intervenção associados ao uso da terra (ANA, 2015), apresentando maior probabilidade de alteração das condições associadas ao balanço hídrico de suas bacias hidrográficas.

A quantificação do balanço hídrico está ligada também a avaliação da oferta hídrica (COLLISCHONN; TUCCI, 2001). De forma geral, as bacias hidrográficas componentes da Região Hidrográfica Atlântico Nordeste Ocidental (Resolução n.º 32/2003 do Conselho Nacional de Recursos Hídricos), que compõem um conjunto fluvio-marinho de características Amazônicas e de transição, são monitoradas por postos fluviométricos, com uma distribuição insuficiente para suas dimensões; e as estações pluviométricas são irregularmente distribuídas com muitas falhas de medição, necessitando da complementação das informações por outros meios. Os estados do Pará e Maranhão estão ainda em um processo de construção de seus sistemas de gestão de recursos hídricos, logo, tais informações são na sua maioria subestimadas, pela falta ou insuficiência de mecanismos aferição (VAL et al., 2010).

Tal fragilidade de informação confronta a forte vocação hídrica da região Atlântico Nordeste Ocidental e sua relação com as atividades produtivas e de ocupação territorial. Estas indicam que a base do planejamento deve estar associada ao melhor entendimento do comportamento dos sistemas hidrológicos locais que permitam mecanismos de avaliação qualitativos que adéquem a espacialização das informações a percepção da bacia hidrográfica como unidade de planejamento do território e limítrofe para o zoneamento ecológico voltado à manutenção dos ecossistemas amazônica (TUNDISI, 2003; PORTO; PORTO, 2008).

A unidade de paisagem definida pelas bacias hidrográficas componentes da Região Atlântico Nordeste Ocidental, destacam-se principalmente pelos seguintes aspectos ambientais (ANA, 2015): degradação dos solos, devido ao uso com finalidades que extrapolam a capacidade de sustentação do sistema, sobretudo nas áreas de intensa atividade agrícola; alteração da qualidade da água pelo uso inadequado das áreas marginais e das planícies de inundação; além de intervenções com obras de engenharia inadequadamente planejadas, favorecendo a ocorrência de processos erosivos; e as modificações na cobertura florestal, devido à exploração não-sustentável da vegetação primária e secundária.

A importância para os estados do Pará e Maranhão das bacias que drenam o Atlântico Nordeste Ocidental dá suporte a investigação das características que influenciam da

disponibilidade hídrica destas, considerando a adoção de indicadores que associem as informações fornecidas pelas estações pluviométricas e fluviométricas, e as características de uso e cobertura da terra.

2. MATERIAL E MÉTODOS

A Região Hidrográfica do Atlântico Nordeste Ocidental (RHANO) possui uma área de aproximadamente 274.300 km² (3% do território brasileiro), abrangendo a maior parte do estado do Maranhão e porção do Pará, contando com 235 municípios e está dividida em cinco Unidades Hidrográficas: Guamá-Capim, Gurupi, Itapecuru, Litorânea MA, Litorânea MA/PA e Mearim; onde os principais rios da região são o Gurupi, Mearim, Itapecuru e Munim com vazão média da bacia hidrográfica em torno de 2.608 m³/s (ANA, 2015).

O clima da região é tropical úmido/seco com precipitações anuais de cerca de 1750 mm (abaixo da normal climatológica 1760 mm), temperaturas do ar máximas anuais atingem 35 °C e mínimas de 24 °C, umidade relativa do ar anual média de 78% e evapotranspiração anual de 2200 mm (INMET, 2019).

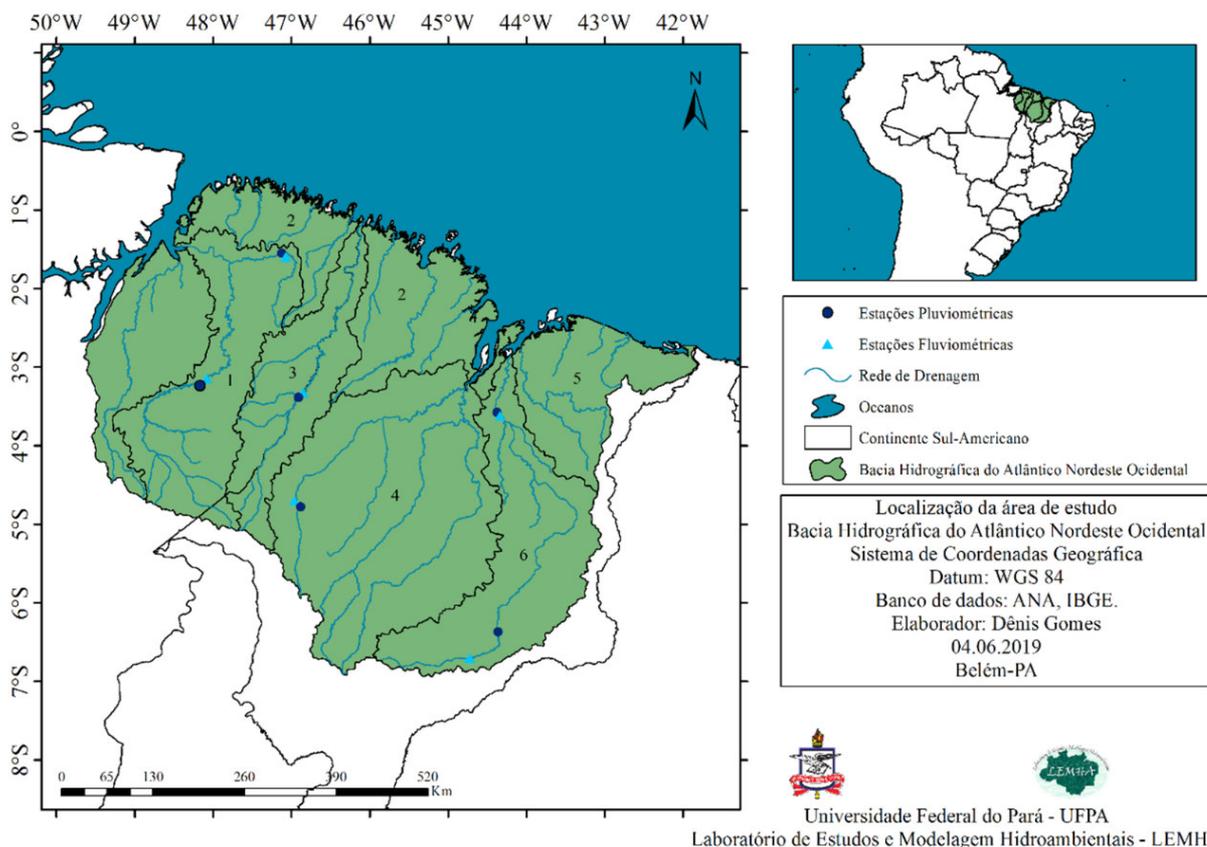


Figura 01 - Região Hidrográfica do Atlântico Nordeste Ocidental (RHANO) e Sub-bacias: Guamá-Capim (1), Litorânea MA/PA (2), Gurupi (3), Mearim (4), Litorânea (5) e Itapecuru (6).

A base de informações da RHANO foi estruturada em SIG (Sistema de Informações Geográficas), sendo processada e analisada segundo procedimentos já adotados em Souza et al. (2014), Santos e Silva (2016), SANTOS et al. (2017):

- Os dados de Temperatura da Superfície do Mar (TSM) foram adquiridos no site da *National Oceanic Atmospheric Administration* (NOAA, 2019).

- Dados dos pluviômetros e fluviômetros (precipitação, cota e vazão) dispostos no banco de dados da série histórica no sistema Hidroweb da Agência Nacional das Águas (ANA, 2019).
- Dados de interpolação disponíveis no sistema GPCC *Visualiser* pela NOAA através do sistema do *Global Precipitation Climatology Center* (GPCC, 2019), com série histórica de 1988 a 2017.
- Os dados de uso e cobertura da terra foram adquiridos no site do Ministério do Meio Ambiente (MMA, 2019).

A série histórica de dados pluviométricos e fluviométricos empregada foi de 1999 a 2016, em função da melhor consistência e continuidade destes, tendo como base as estações:

- Pluviométricas: Fazenda Maringá (Cód. 00348001), Fazenda Rural Zebu (Cód. 00346001), Ourém (Cód. 00147016), Cantanhede (Cód. 00344004), Mirador (Cód. 00644007) e Vale do Pindaré (Cód. 00446002).
- Fluviométricas: Cantanhede (Cód. 33680000, bacia hidrográfica do rio Itapecuru Mirim - Bacia do rio Itapecuru), Fazenda Maringá (Cód. 31680000, bacia hidrográfica do rio Capim - Bacia do rio Guamá), Fazenda Rural Zebu (Cód. 32540000, bacia hidrográfica do rio Gurupi), Marambaia (Cód. 31600000, bacia hidrográfica do Ig. da Prata - Bacia do rio Guamá), São Felinho (Cód. 33410000, bacia hidrográfica do rio Itapecuru) e Vale do Pindaré (Cód. 33025000, bacia hidrográfica do rio Pindaré - Bacia do rio Mearim).

3. RESULTADOS E DISCUSSÕES

As anomalias de TSM são mecanismos atuante na interação oceano-atmosfera que podem causar interferências em sistemas meteorológicos que regulam o regime pluviométrico na região norte e nordeste como a ZCIT (Zona de Convergência Intertropical) e ZCAS (Zona de Convergência do Atlântico Sul), sendo classificadas como fases quentes e frias, e eventualmente impactando na dinâmica hídrica das bacias hidrográficas (SOUZA et al., 2004; SILVA et al., 2011; NÓBREGA; SANTIAGO, 2014; ALMEIDA et al., 2015; SILVA et al., 2017).

A Figura 02a ilustra as anomalias de TSM dos oceanos Atlântico e Pacífico, onde observou-se aquecimento anômalo do Pacífico em 2002 (0,63 °C) e 2015 (1,49 °C), favorecendo a ocorrência de fenômenos de El Niño e consequente redução da precipitação para a RHANO. A fase La Niña é observada nos anos de 1999 (- 1,23 °C) e 2011 (- 0,83 °C), contribuindo para o aumento das chuvas na RHANO.

As anomalias de TSM do oceano Atlântico podem ser verificadas na Figura 02a, onde no Atlântico Norte os anos de maiores aquecimentos foram 2005 (0,67 °C) e 2010 (1,01°C), assim como no Atlântico Sul que apresentou às mais altas anomalias positivas em 2010 (0,59 °C) e 2016 (0,52°C). No entanto, nesta mesma bacia oceânica observa-se resfriamento fraco nos anos de 2000 (- 0,05 °C), para a região Norte, e 2012 (- 0,09°C), para a região Sul, assim como um aquecimento (0,20 °C e 0,31 °C) destas águas superficiais para os respectivos anos e regiões oceânicas, configurando-se como um dipolo negativo (Atlântico Norte) e dipolo positivo (Atlântico Sul).

Os efeitos de tais anomalias de TSM na RHANO podem ser identificados na Figura 02b, no qual ilustra a variabilidade interanual pluviométrica (1999 a 2016). O ano de menor pluviosidade foi 2015, com um acumulado médio anual de 1086,5 mm, onde o forte aquecimento (El Niño) das águas do Pacífico tropical favoreceram este déficit hídrico. Entretanto, em 2009 (2157,0 mm) foi marcado como o ano de maior montante pluviométrica, no qual possivelmente está relacionado com o aquecimento do Atlântico Sul, sobrepujando o El Niño registrado naquele ano.

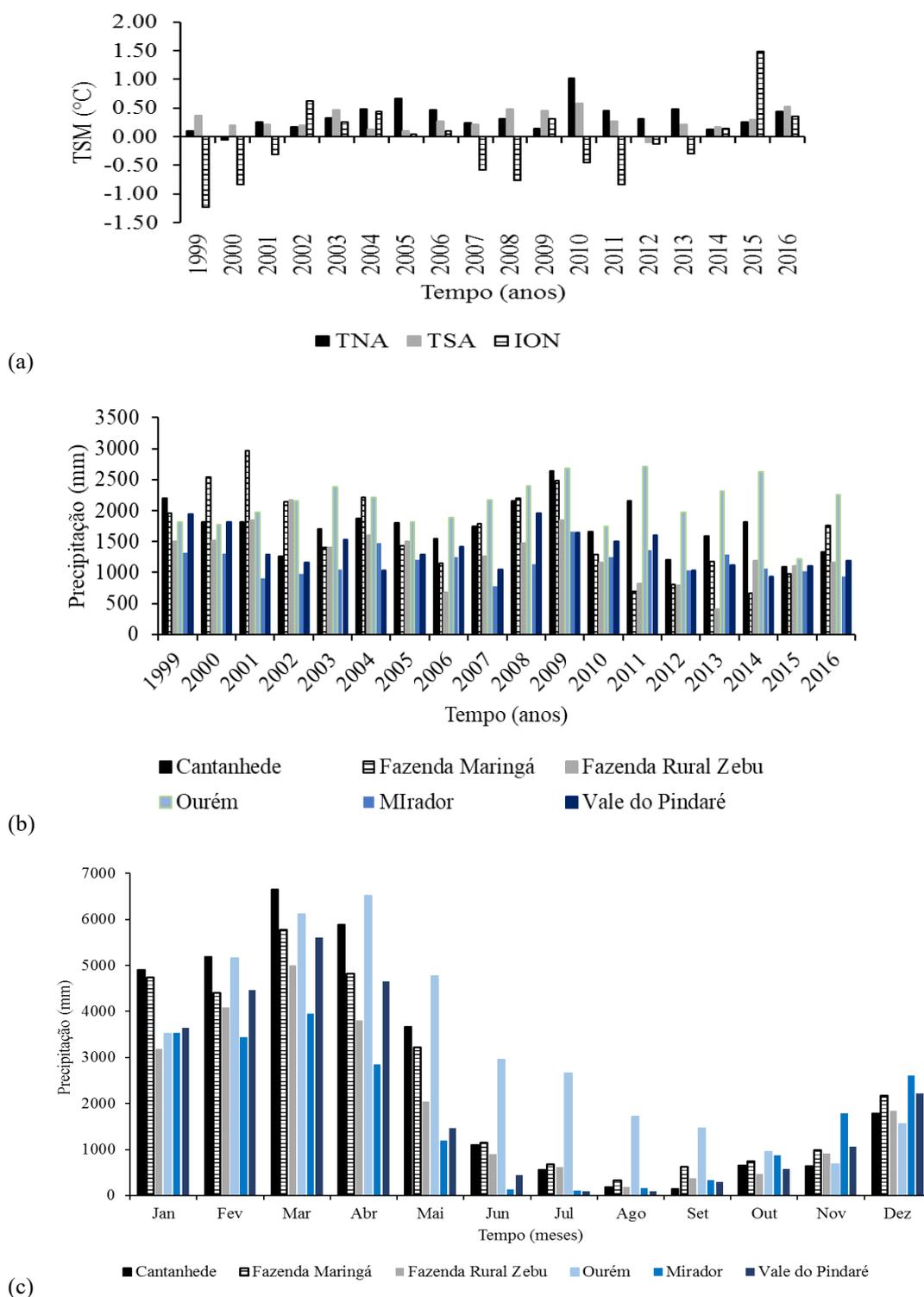


Figura 02 - (a) Anomalias de Temperatura da Superfície do Mar no período de 1988 a 2017: Oceano Pacífico (ION), Atlântico Norte (TNA) e Atlântico Sul (TSA). Distribuição da precipitação pluviométrica (b) anual e (c) mensal, na RHANO segundo a série histórica de 1999 a 2016. Fonte: (a) NOAA (2019), (b) e (c) ANA, adaptado por autor.

Vale destacar as regiões localizadas as estações Fazenda Rural Zebu (sub-bacia do rio Gurupi) onde registrou-se os menores volumes d’águas em 2013 (2306,6 mm) e Fazenda Maringá (sub-bacia Guamá-Capim) que apontou os maiores extremos de precipitação em 2001 (2966,6 mm).

Observa-se na Figura 02c a variação da precipitação mensal da RHANO nas 6 estações pluviométricas em análise, onde o trimestre mais chuvoso é Fevereiro, Março e Abril, período que a ZCIT desloca-se meridionalmente ao sul e contribui para esta montante de chuvas. O trimestre menos chuvoso é marcado em Julho, Agosto e Setembro, no qual o sistema sinótico precipitante mais influente da RHANO migra para o norte favorecendo a estiagem e queda de até 96 % do volume d'água.

A Figura 03 ilustra a distribuição da precipitação pluviométrica segundo dados interpoladores oriundos do GPCC em toda RHANO, com precipitações mínimas ao Sul/Sudeste variando de 693,7 mm a 1087,7 mm, possivelmente sofrendo influência do clima semiárido nordestino. Na área central, constata-se uma pluviosidade a cerca de 1481,6 mm a 1875,6 mm, refletindo um ambiente de transição edafoclimático. Na região ao Norte/Noroeste a precipitação oscila de 2269,5 mm a 2671,2 mm, estando de acordo com estudos de Gomes et al. (2018), sendo impactada pelo clima úmido da Amazônia ocidental.

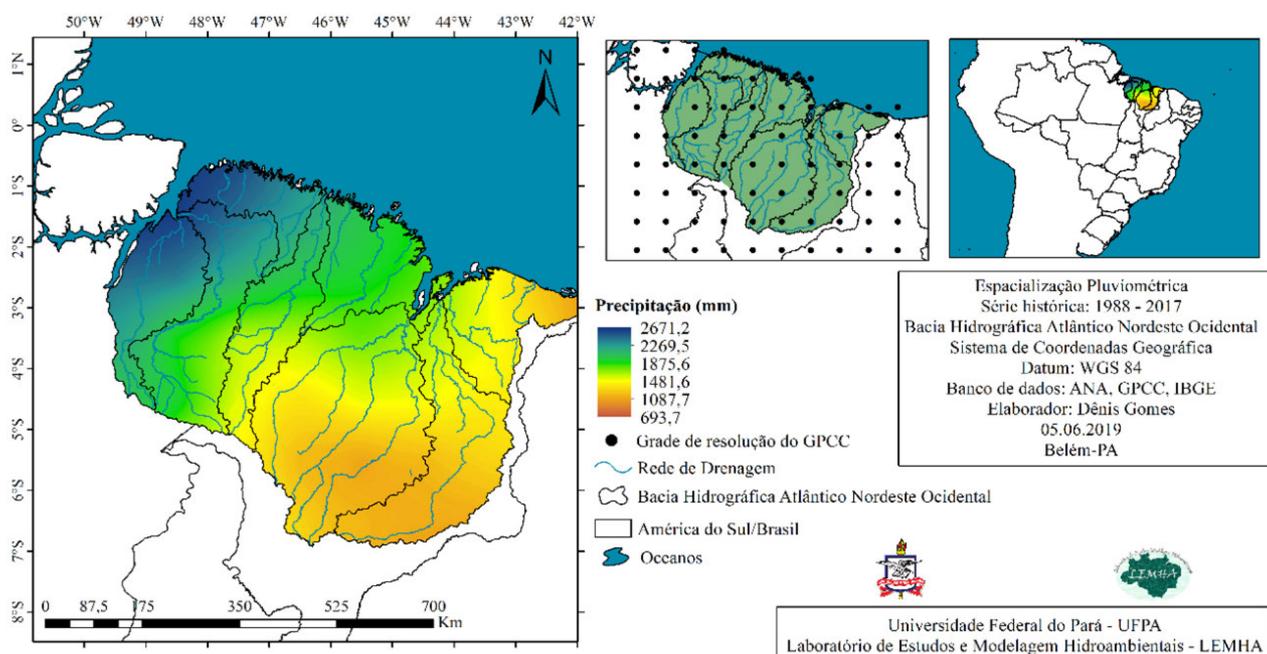


Figura 03 - Espacialização pluviométrica na Bacia hidrográfica do Atlântico Nordeste Ocidental segundo os dados do GPCC (1988 a 2017).

Como a RHANO representa uma faixa de transição entre ambiente Amazônico e o semiárido, destacam-se como sistemas atmosféricos dinâmicos e indutores de precipitação que influenciam esta região, além da ZCIT e da ZCAS, os Sistemas Frontais (SF), Vórtices Ciclônicos de Altos Níveis (VCAN), bandas de nebulosidades associadas a Frente Frias (FF), Distúrbios Ondulatórios de Leste (DOL), Oscilação 30-60 dias, de mesoescala as brisas marítimas e continentais, de microescala como as circulações orográficas (FERREIRA; MELLO, 2005; GALVÍNCIO et al., 2010; SANTOS et al., 2012; DINIZ et al., 2014).

A variabilidade do comportamento de cotas e vazões na RHANO é apresentada na Figura 04. As maiores variações de nível são observadas em Abril, apresentando uma defasagem de 1 mês em relação as chuvas. As menores cotas são marcadas em Novembro com uma defasagem de 3 meses e diminuição de até 86 % na lamina d'água na estiagem. O comportamento das vazões é similar com os maiores valores registrados em Abril; e as menores descargas hídricas

em Novembro, com defasagem idêntica a cota e redução de até 92 % da vazão, caracterizando os reflexos da resposta a recarga pluvial.

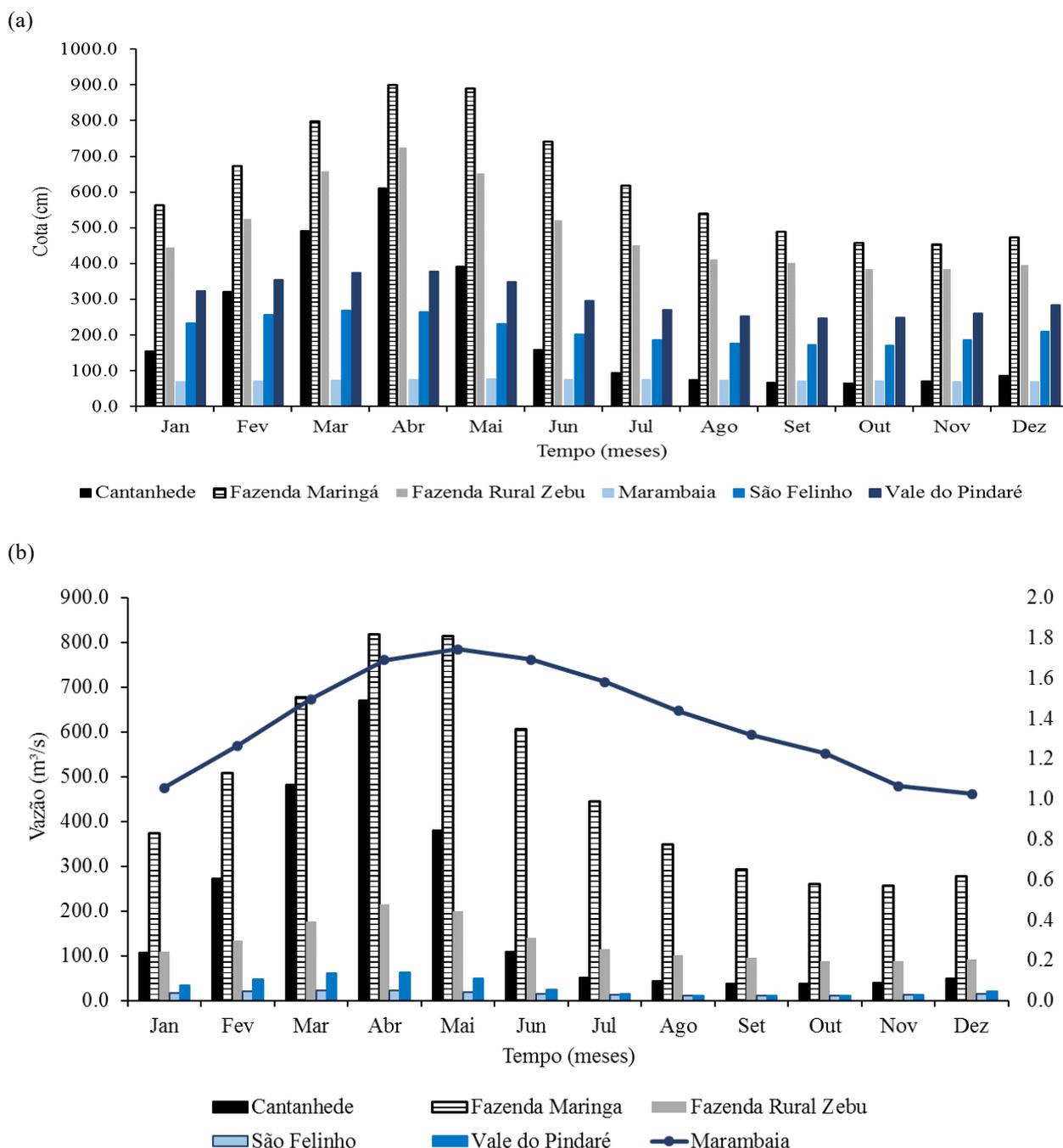


Figura 04 - Variabilidade mensal do comportamento das (a) cotas e (b) vazões, nas estações avaliadas na RHANO, segundo dados da ANA (Série histórica: 1999-2016).

Pereira et al. (2017) e Franco et al. (2018) discutem sobre a importância do estudo da relação entre variáveis hidrometeorológicas (precipitação, cota e vazão), onde o comportamento fluvial é impactado diretamente pela distribuição espacial da precipitação; os períodos e cheias e estiagem são claros exemplos desta interrelação e em eventos extremos podem causar desastres naturais como enchentes, inundações, enxurradas e erosões fluviais. Silva (2013) complementa

que a variação de cotas e vazões dos rios é dependente da climatologia, assim como de outras variáveis ambientais.

As Figuras 05 e 06 apresentam a correlação das variáveis precipitação (P), cota (C) e vazão (V) adotando os coeficientes de Pearson (R) e de Determinação (R^2).

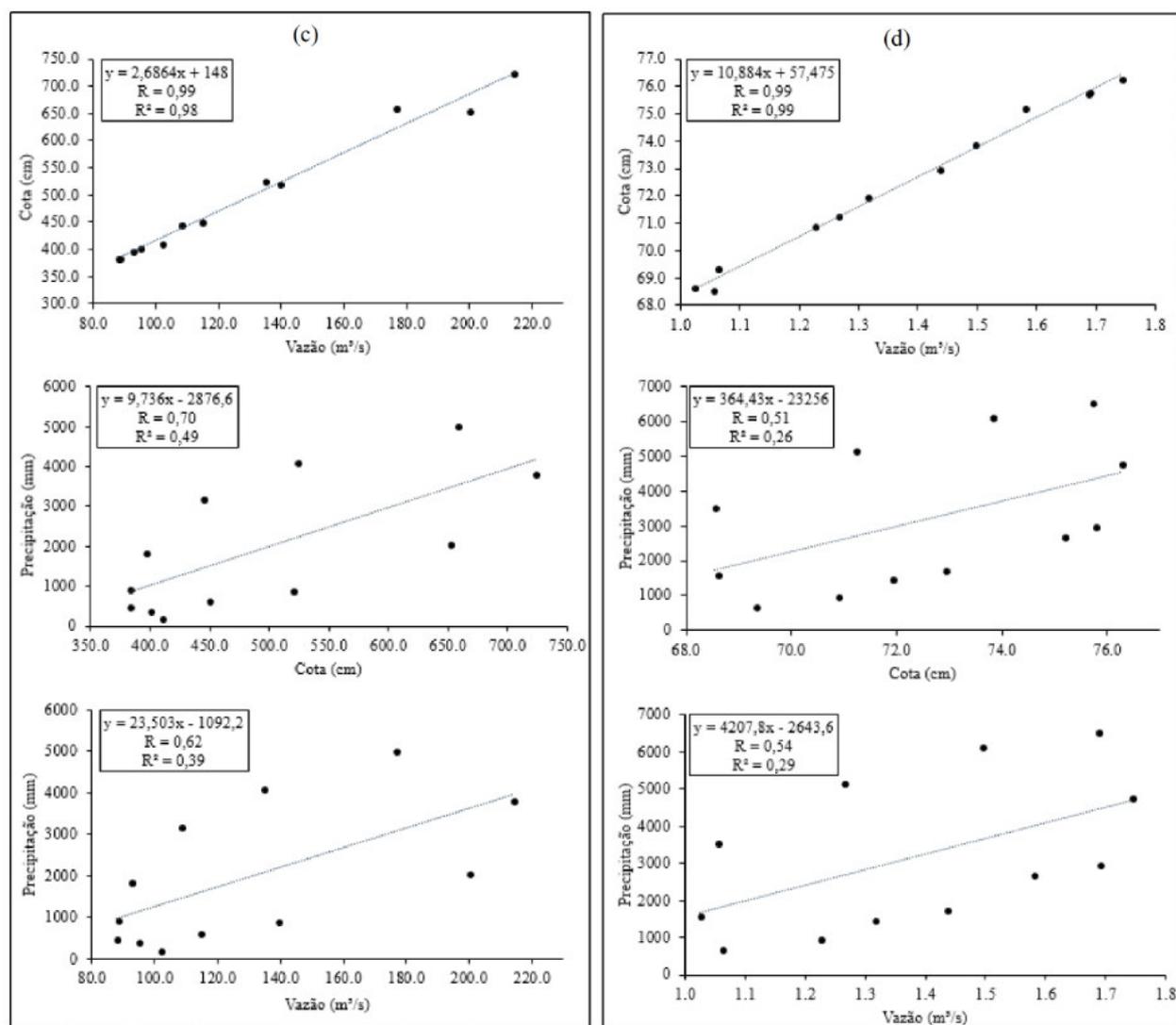


Figura 05 - Avaliação de correção nas estações pluvio/fluviométricas: (a) Cantanhede, (b) Fazenda Maringá; (c) Fazenda Rural Zebu; e (d) Ourém/Marambaia.

As estações apresentaram as seguintes relações: (a) Cantanhede: C x V ($R = R^2 = 0,99$), P x C ($R = 0,86$ e $R^2 = 0,74$) e P x V ($R = 0,83$ e $R^2 = 0,69$); (b) Fazenda Maringá: C x V ($R = R^2 = 0,99$), P x C ($R = 0,61$ e $R^2 = 0,37$) e P x V ($R = 0,60$ e $R^2 = 0,36$); (c) Fazenda Rural Zebu: C x V ($R = 0,99$ e $R^2 = 0,98$), P x C ($R = 0,70$ e $R^2 = 0,49$) e P x V ($R = 0,62$ e $R^2 = 0,39$); (d) Ourém/Marambaia: C x V ($R = R^2 = 0,99$), P x C ($R = 0,51$ e $R^2 = 0,26$) e P x V ($R = 0,54$ e $R^2 = 0,29$); (e) São Felinho: C x V ($R = R^2 = 0,99$), na relação P x C ($R = 0,82$ e $R^2 = 0,68$) e P x V ($R = 0,79$ e $R^2 = 0,63$); (f) Vale do Pindaré: C x V ($R = 0,99$ e $R^2 = 0,98$), P x C ($R = 0,87$ e $R^2 = 0,75$) e P x V ($R = 0,87$ e $R^2 = 0,75$).

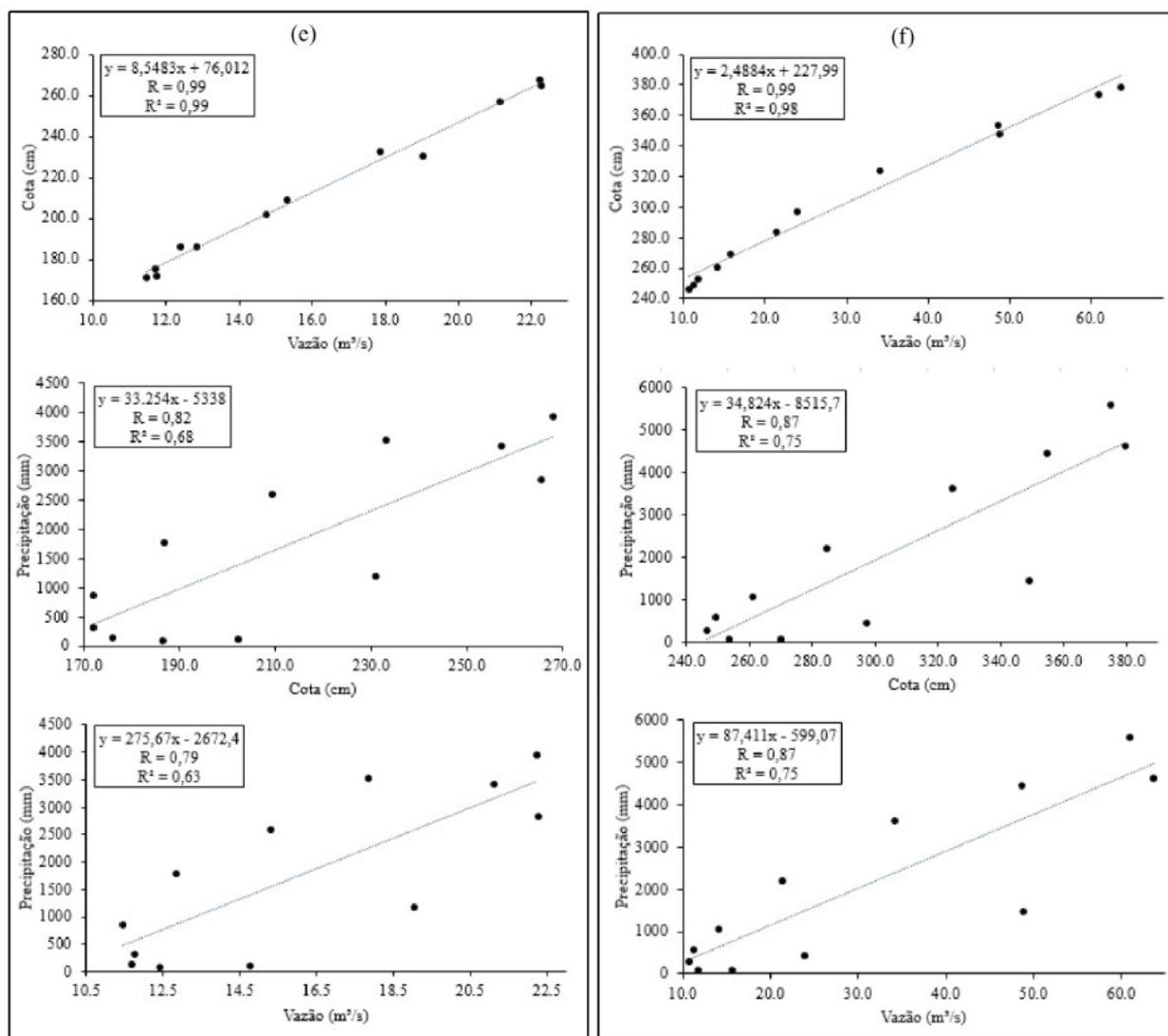


Figura 06 - Avaliação de correção nas estações pluvio/fluviométricas: (e) São Felinho e (f) Vale do Pindaré.

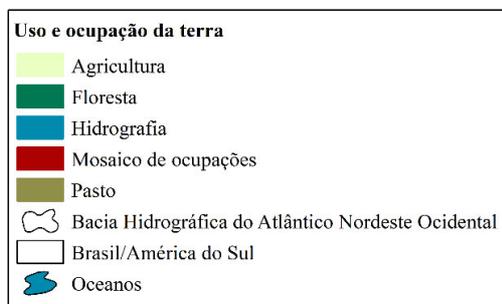
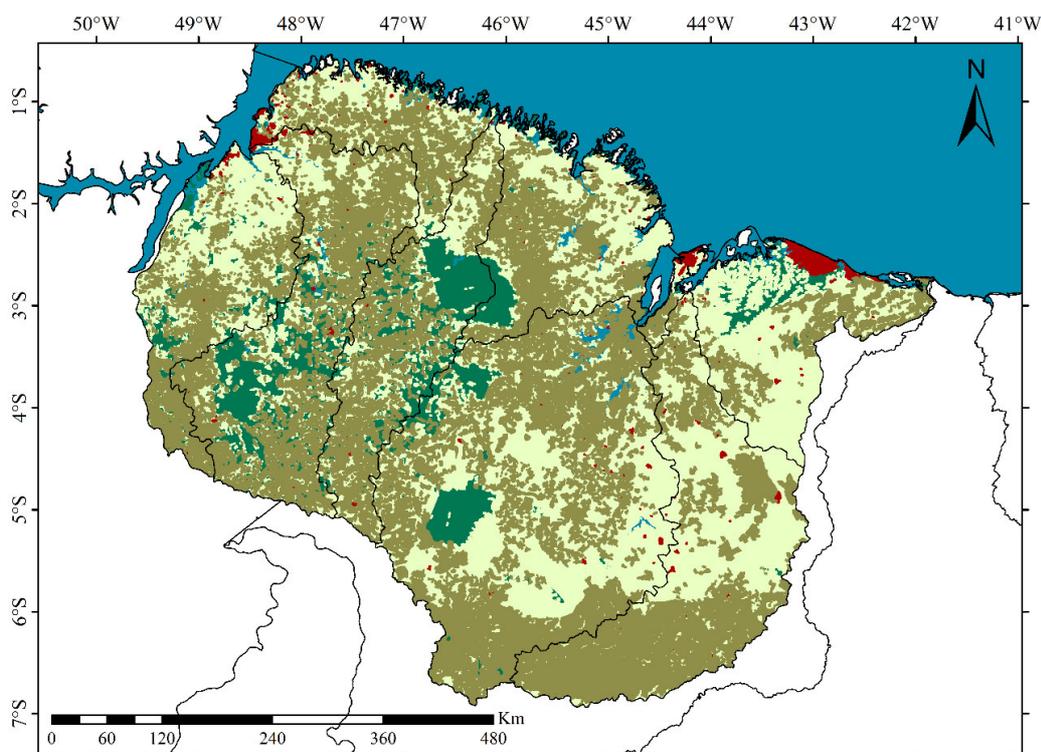
A Tabela 01 apresenta os resultados comparativos por estação analisada, onde observa-se a constante alta correlação entre os valores de cota x vazão; e o comportamento variável entre cota x precipitação e vazão x precipitação.

As bacias dos rios Itapecuru e Pindaré (Bacia do rio Mearim) apresentaram no geral uma correlação superior a 0,6 o que favorece a compreensão da conversão de chuva em vazão; já as bacias dos rios Guamá-Capim e Gurupi obtiveram baixos valores, o que indica uma forte influência de outros fatores (ex.: alteração das formas de cobertura da terra) no balanço hídrico destas bacias.

A Figura 07 e a Tabela 02 apresentam o resultado da distribuição das formas de uso e cobertura da terra para a RHANO, segundo a classificação proposta pelo Ministério do Meio Ambiente (2016): Agricultura, Floresta, Hidrografia, Mosaico de ocupações e Pasto.

Tabela 01 - Comparação entre o grau de correlação obtido por estação: precipitação (P), cota (C) e vazão (V), adotando os coeficientes de Pearson (R) e de Determinação (R²).

Estações pluviométricas	Bacia hidrográfica	C x V		P x C		P x V	
		R	R ²	R	R ²	R	R ²
Cantanhede	Rio Itapecuru Mirim (Bacia do rio Itapecuru)	0,99	0,99	0,86	0,74	0,83	0,69
São Felinho	Rio Itapecuru	0,99	0,99	0,82	0,68	0,79	0,63
Vale do Pindaré	Rio Pindaré (Bacia do rio Mearim)	0,99	0,98	0,87	0,75	0,87	0,75
Ourém/Marambaia	Ig. da Prata (Bacia do rio Guamá-Capim)	0,99	0,99	0,51	0,26	0,54	0,29
Fazenda Maringá	Rio Capim (Bacia do rio Guamá-Capim)	0,99	0,99	0,61	0,37	0,60	0,36
Fazenda Rural Zebu	Rio Gurupi	0,99	0,98	0,70	0,49	0,62	0,39



Uso e ocupação da terra
 Bacia Hidrográfica do Atlântico Nordeste Ocidental
 Sistema de Coordenadas Geográfica
 Datum: WGS 84
 Banco de dados: IBGE, MMA.
 Elaborador: Dênis Gomes
 13.02.2019
 Laboratório de Estudos e Modelagem Hidroambientais (LEMHA)



Figura 07 - Uso e cobertura da terra na Região Hidrográfica do Atlântico Nordeste Ocidental (RHANO).

Tabela 02 - Área total do uso e cobertura da terra.

Área / Uso da terra	Total (Km ²)
Agricultura	164.289,3
Floresta	49.278,1
Hidrografia	7.329,9
Mosaico de ocupações	3.224,2
Pasto	131.042,3

O apresentado pela Figura 07 demonstra uma maior homogeneidade da paisagem nas bacias dos rios Itapecuru Mearim, com a maior cobertura areal de agricultura e pasto; e a maior fragmentação nas bacias dos rios Guamá-Capim e Gurupi, que concentram também o maior percentual de florestas. Assim, a melhor correlação cota x precipitação e vazão x precipitação ficou melhor exemplificada onde fatores como a interceptação florestal foi reduzida e o escoamento superficial potencializado, mesmo com a maior probabilidade de ação da evaporação, pela incidência direta da radiação.

Schneider et al. (2011), Licco e Mac Dowell (2015) e Cornelli et al. (2016) destacam que a intensificação do uso da terra pode influenciar nos sistemas hidrológicos com a redução da infiltração da água pluvial no solo e aumento do escoamento superficial.

Os efeitos da substituição das áreas de florestas pela agropecuária e a ação do desmatamento e das queimadas também são discutidos em Balbinot et al. (2008), Zamberlan et al. (2014) e Schaadt e Vibrans (2015). No geral as abordagens indicam as possíveis alterações nos componentes do balanço hídrico, mas não convergem para uma única saída, uma vez que esta contabilidade depende do grau de fragmentação das áreas e da densidade hidrográfica (correlacionando fatores topográficos, geológicos e de cobertura de solos). Por isto a diferença entre as bacias consideradas mais “Amazônicas” (Guamá-Capim-Gurupi) e as transitórias (Itapecuru-Mearim). Estas últimas com características condicionantes da morfometria e morfodinâmica da rede hidrográfica diferenciais das primeiras (BANDEIRA, 2013).

A variabilidade da distribuição da precipitação pluviométrica também contribui para a diferenciação de comportamento observada, onde a porção ocidental tem maior variabilidade que a oriental, esta última com a as cabeceiras das bacias dos rios Itapecuru e Mearim marcadas pelos menores índices pluviométricos e com os menores registros durante os meses de menor quantitativo de chuvas. Esta relação é discutida por Accorsi et al. (2017) que destacam a grande influência da sazonalidade das chuvas para o regime hídrico. Coelho et al. (2014) complementam com o destaque para as modificações na região semiárida do nordeste brasileiro, pelas práticas da agricultura e pecuária, que impactam no balanço hídrico, favorecendo a redução da recarga dos sistemas superficiais e subterrâneos, assim como alterações diversas ligadas as perdas de solo na bacia por erosão.

4. CONCLUSÃO

A Região Hidrográfica do Atlântico Nordeste Ocidental apresenta um comportamento transicional entre os biomas característicos dos sistemas Amazônico e do Semiárido Nordestino, que implica na segmentação em duas unidades diferenciadas quanto a distribuição das chuvas e comportamento cota/vazão. A porção ocidental é a mais heterogênea e susceptível as variabilidades decorrentes dos processos de ENOS, por sua vez a oriental é a mais homogênea em termos da paisagem formadora e da distribuição das chuvas, o que tende a agravar o efeito da ocorrência dos ENOS, principalmente a redução de chuvas, o que tornaria o período de estiagem mais rigoroso que o natural existente.

As relações obtidas indicaram que existe forte tendência que as formas de uso e cobertura da terra estejam contribuindo para variar o grau de correlação chuva x cota/vazão, além de serem potencialmente influentes na impermeabilização do solo impondo uma dificuldade no processo de recarga subterrânea, no favorecimento da ocorrência de erosões fluviais, assoreamento dos cursos d'água, entre outros problemas. O que traduz que esta região deva ser considerada estratégia para o gerenciamento dos recursos hídricos dos estados do Pará e Maranhão por concentrarem as capitais dos referidos estados e suas principais regiões metropolitanas, conseqüentemente sendo influentes no PIB do estado e definidoras das condições socioambientais de qualidade de vida das populações residentes.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABELL, R.; ALLAN, J.D.; LEHNER, B. Unlocking the potential of protected areas for freshwaters. **Biological Conservation**. v. 134, p. 48-63, 2007.

ACCORSI, O. J.; LIMA, E. F. P.; ALCOFORADO, L. F.; LONGO, O. C. Estudo do comportamento da cota mínima do rio Acre nos últimos 43 anos e as conseqüências para o assoreamento futuro do rio. **Revista Geociências**. v. 36, n. 2, p. 315-324, 2017.

AKKALA, A.; DEVABHAKTUNI, V.; KUMAR, A. Interpolation techniques and associated software for environmental data. **Environmental Progress and Sustainable Energy**. v. 29, p. 134-141, 2010.

ALMEIDA, C. T.; DELGADO, R. C.; JUNIOR, J. F. O.; GOIS, G. CAVALCANTI, A. S. Avaliação das estimativas de precipitação do produto 3B43-TRMM do Estado do Amazonas. **Revista Floresta e Ambiente**. v. 22, n. 3, p. 279-286, 2015.

ANA. Agência Nacional das águas. Disponível em: <http://www.snirh.gov.br/hidroweb/publico/medicoes_historicas_abas.jsf>. Acessado: 29 de Janeiro de 2019.

ANA. Agência Nacional das águas. **Conjecturas dos recursos hídricos no Brasil: regiões hidrográficas brasileiras**. Ed. Especial. Brasília, 2015.

BANDEIRA, I. C. N. (Org.) **Geodiversidade do estado do Maranhão**. Teresina - PI: CPRM - Serviço Geológico do Brasil, 2013, 294 p.

BALBINOT, R.; OLIVEIRA, N. K.; VANZETTO, S. C.; PEDROSO, K.; VALERIO, A. F. O papel da floresta no ciclo hidrológico em bacias hidrográficas. **Revista Ambiência**. v. 04, n. 01, p. 131 – 149, 2008.

COELHO, V. H. R.; MONTENEGRO, S. M. G. L.; ALMEIDA, C. N.; LIMA, E. R. V.; NETO, A. R.; MOURA, G. S. S. Dinâmica do uso e ocupação do solo em uma bacia hidrografia do semiárido brasileiro. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**. v. 18, n. 01, p. 64-72, 2014.

COE, M. T.; LATRUBESSE, E. M.; FERREIRA, M. E.; AMSLER, M. L. The effects of deforestation and climate variability on the streamflow of the Araguaia River, Brazil. **Biogeochemistry**, p. 1-13, 2011.

COLLISCHONN, W.; TUCCI, C. E. M. Simulação hidrológica de grandes bacias. **R. Bras. de Recursos Hídricos**, v. 6, p. 95-118, 2001.

CORNELLI, R.; SCHNEIDER, V. E.; BORTOLIN, T. A.; CAMIN, G.; SANTOS, G. M. Análise da influência do uso e ocupação do solo na qualidade da água de duas sub-bacias hidrográficas do município de Caxias do Sul. **Revista Scientia Cum Industria**. v. 04, n. 01, p. 1-14, 2016.

DINIZ, M. T. M.; MEDEIROS, S. C.; CUNHA, C. J. Sistema atmosféricos atuantes e diversidade pluviométrica em Sergipe. **Revista Boletim Goiano de Geografia**. v. 34, n. 01, p. 17-34, 2014.

FERREIRA, A. G.; MELLO, N. G. S. Principais sistemas atmosféricos atuantes sobre a região nordeste do Brasil e a influência dos oceanos Pacífico e Atlântico no clima da região. **Região Brasileira de Climatologia**. v. 01, n. 01, 2005.

FRANCO, V. S.; SOUZA, E. B. LIMA, A. M. M.; SOUZA, A. L.; PINHEIRO, A. N.; DIAS, T. S.; AZEVEDO, F. M. Climatologia e previsão hidrológica de cheia sazonal do rio Xingu, Altamira-PA. **Revista Brasileira de Climatologia**. v. 22, 2018.

GALVÍNCIO, J. D.; DANTAS, L. G.; FERNANDES, J. G. Sistemas que favorecem ocorrência de chuva em região semiárida do Nordeste do Brasil: estudo de caso em São José do Sabugá-PA. **Revista de Geografia**. v. 27, n. 01, 2010.

GOMES, D. J. C.; LIMA, A. M. M.; SILVA JUNIOR, J. A.; SERRÃO, E. A. O. Impactos das mudanças de uso da terra e dos eventos climáticos extremos em sistemas hidrológicos da Amazônia Oriental - bacia do rio Capim (PA-MA). **Revista Geográfica Acadêmica**, v. 12, n. 2, p. 153-172, 2018.

GPCC. Global Precipitation Climatology Center. Disponível em: <https://kunden.dwd.de/GPCC/Visualizer>. Acessado em: 17 de janeiro de 2019.

INMET. Instituto Nacional de Meteorologia. Disponível em: <<http://www.inmet.gov.br/portal/index.php?r=clima/normaisClimatologicas>>. Acessado em: 12 de Fevereiro de 2019.

LICCO, E. A.; MAC DOWELL, S. F. Alagamentos, enchentes, enxurradas e inundações: Digressões sobre seus impactos sócio econômicos e governança. **Revista de Iniciação Científica, Tecnológica e Artística**. v. 05, n. 03, 2015.

LIMBERGER, L.; SILVA, M. E. S. Precipitação e vazão mensal na Amazônia. **Revista GEONORTE**, v. 1, n. 5, p. 719-728, 2012.

MMA. Ministério do Meio Ambiente – Brasil. Disponível em: <http://mapas.mma.gov.br/i3geo/datadownload.htm>. Acessado em 22 de Janeiro de 2019.

NÓBREGA, R. S.; SANTIAGO, G. A. C. F. Tendência de temperatura na superfície do mar nos oceanos Atlântico e Pacífico e variabilidade de precipitação em Pernambuco. **Revista Mercator**. v. 13, n. 01, p. 107-118, 2014.

PEREIRA, D. C.; DUARTE, L. R. SARMENTO, A. P. Determinação da curva de intensidade, duração e frequência do município de Ipameri - GO. **Revista Eletrônica de Engenharia Civil**. v. 13, n. 02, p. 233-246.

PORTO, M. F. A.; PORTO, R. L. Gestão de bacias hidrográficas. **Estudos Avançados**, vol. 22, n. 63, p. 43-60, 2008.

ROS-TONEN, M. Novas perspectivas para a gestão sustentável da floresta amazônica: explorando novos caminhos. **Ambiente & Sociedade**, v. X, n. 1, p. 11-25, 2007.

SANTOS, M. A. C. M.; SILVA, D. F. Tendências temporais dos recursos hídricos na sub-bacia hidrográfica do médio Jaguaribe. **Revista Brasileira de Geografia Física**. v. 09, n. 10, p. 2354-2363, 2016.

SANTOS, S. R. Q.; SANSIGOLO, C. A.; NEVES, T. T. A. T.; SANTOS, A. P. P. Variabilidade sazonal da precipitação na Amazônia: validação da série de precipitação mensal do GPCC. **Revista Brasileira de Geografia Física**. v. 10. n. 6, p. 1721-1729, 2017.

SCHAADT, S. S.; VIBRANS, A. C. O uso da terra no entorno de fragmentos florestais: influência a sua composição e estrutura. **Revista Floresta e Ambiente**. v. 22, n. 4, p. 437-445, 2015.

SCHNEIDER, R. M.; FREIRE, R.; COSSICH, E. S.; SOARES, P. S.; FREITAS, F. H.; TAVARES, C. R. G. Estudo da influência do uso e ocupação de solo na qualidade da água de dois córregos da bacia hidrográfica do rio Pirapó. **Revista Acta Scientiarum Technology**. v. 33, n. 03, p. 295-303, 2011.

SILVA, A. P. N.; MOURA, G. B. A.; GIONGO, P. R.; MEDEIROS, S. R. R. Correlação entre as temperaturas da superfície do mar e a quantidade da precipitação na estação chuvosa no nordeste do estado de Pernambuco. **Revista Brasileira de Meteorologia**. v. 26, n. 01, p. 149-156, 2011.

SILVA, D. F. Efeito de José e Noé nas costas do rio São Francisco. **Revista Brasileira de Ciências Ambientais**. v. 66, n. 18, 2013.

SILVA, M. T.; ALCÂNTARA, C. R.; SOUZA, E. P.; OLINDA, R. A.; GONÇALVES, W. A. Influência da temperatura da superfície do mar na ocorrência de linhas de instabilidade na costa norte e nordeste do Brasil. **Revista Brasileira de Meteorologia**. v. 32, n. 02, p. 261-268, 2017.

SOUZA, V. B. R.; ROCHA, P. C.; BARROS, F. M.; CELLIGOI, A. Considerações acerca do regime hidrológico do rio Tibagi-PR e suas relações com o regime pluviométrico. **Revista GeoNorte**. Ed. Especial 4, v. 10, n. 01, p. 233-239, 2014.

SOUZA, E. B.; KAYANO, M. T.; AMBRIZZI, T. The regional precipitation over the eastern Amazon/northeast Brazil modulated by tropical Pacific and Atlantic SST anomalies on weekly timescale. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v. 19, n. 2, p. 113-122, 2004.

TUNDISI, J. G. **Água no século XXI: enfrentando a escassez**. São Carlos: RiMa, 2003. 248p.

VAL, A. L.; VAL-ALMEIDA, V. M. F.; FEARNSSIDE, P. M.; SANTOS, G. M.; PIEDADE, M. T. F.; JUNK, W.; NOZAWA, S. R.; SILVA, S. T.; DANTAS, F. A. C. Amazônia: recursos hídricos e sustentabilidade. In: BICUDO, C. E. M.; TUNDISI, J. G.; SCHEUENSTUHL, M. C.



B. (Orgs.) **Águas do Brasil**: análises estratégicas. São Paulo: Instituto de Botânica/ Academia Brasileira de Ciências. p. 224, 2010.

ZAMBERLAN, J. F.; ZAMBERLAN, C. O.; SHUCH JUNIOR, V. F.; GOMES, C. M.; KNEIPP, J. M. Produção e manejo agrícola: impactos e desafios para sustentabilidade ambiental. **Revista Engenharia Sanitária**. v. especial, p. 95-100, 2014.