

## VARIABILIDADE ESPACIAL DA PRECIPITAÇÃO NAS SUB-BACIAS DO RIO NEGRO (AM) E RIO BRANCO (RR).

Rogério Ribeiro Marinho<sup>1</sup>, Irma Ayes Rivera<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Universidade Federal do Amazonas – UFAM, Departamento de Geografia, Av. General Rodrigo Octávio, 6200, Coroado I - 69077-000 Manaus-AM, Brasil. rogeo@ufam.edu.br; <sup>2</sup>Programa de Pós-graduação em Clima e Ambiente – INPA/UEA, Av. André Araújo, 2936, Petrópolis, 69067-375 - Manaus, AM, Brasil, ayesrivera@hotmail.com

### RESUMO

A variabilidade espacial da precipitação pluviométrica no período de 1981 a 2016 foi analisada na bacia do rio Negro. Foram utilizados dados de estimativa de precipitação do projeto CHIRPS v.2 com resolução espacial de 0.05 graus. Observamos um elevado contraste espacial na precipitação sobre as áreas de drenagens dos rios Negro e Branco. Foi identificada maior influência do relevo sobre a climatologia de precipitação na área de drenagem dos escudos das Guianas, principalmente nos tributários do alto rio Branco e na região de formação do rio Negro (Canal do Casiquiare). Observamos uma baixa variabilidade espacial entre a razão de precipitação máxima e mínima nas 25 sub-bacias avaliadas. Os dados utilizados se mostraram adequados para estudos climatológicos de regiões pobremente monitoradas na bacia Amazônica.

**Palavras-chave** — Climatologia, Regime de precipitação, Escudo das Guianas, Amazônia.

### ABSTRACT

*The spatial variability of rainfall from 1981 to 2016 was analyzed in the Negro river basin. Precipitation estimation data from the CHIRPS v.2 project with spatial resolution of 0.05 degrees were used. The results indicated a high spatial contrast of precipitation over the drainage areas of the rivers Negro and Branco. It was identified a greater influence of the relief on precipitation climatology in the drainage area next to the Guiana shields, mainly in the tributaries of the upper Branco river and in the region of formation of the Negro river (Casiquiare channel). A low spatial variability was observed between the maximum and minimum precipitation ratio in the 25 sub-basins evaluated. The data used are useful for climatic studies of poorly monitored regions in the Amazon basin.*

**Keywords** — Climatology, rainfall regime, Guiana shield, Amazon.

### 1. INTRODUÇÃO

O noroeste Amazônico é uma região de clima tropical úmido com elevados valores de precipitação (>2.000 mm ano). Esta precipitação é escoada principalmente pela bacia

rio Negro, o segundo principal tributário de descarga líquida para o rio Amazonas [1]. A elevada quantidade de precipitação, sobre uma área de aproximadamente 712.000 km<sup>2</sup> nesta bacia, produz um valor de escoamento superficial específico de 51 l/s/km<sup>2</sup> [2]. No entanto, esta bacia possui uma grande variabilidade espacial na distribuição da precipitação [3]. A região oeste do rio Branco, por exemplo, possui valor médio anual de 1.200 mm [4].

A estimativa da precipitação é de grande importância para o monitoramento de eventos climáticos extremos, bem como para a caracterização do potencial de áreas para diferentes usos e projetos (agricultura, energia, transporte, entre outros). Por outro lado, a Rede Hidrometeorológica Nacional apresenta poucas estações pluviométricas disponíveis sobre a bacia do rio Negro, que possui uma densidade média de 0,14 estações por 1.000 km<sup>2</sup> [2], enquanto que a Organização Meteorológica Mundial (OMM) recomenda uma estação pluviométrica para cada 3.000 km<sup>2</sup> de área monitorada [4]. Porém nos últimos anos diversos projetos passaram a disponibilizar estimativas de precipitação a partir de dados de satélites [5 e 6], com grande importância para estudos em regiões com baixa densidade de estações de campo.

Percebe-se assim uma necessidade de estudos que envolvam dados climatológicos e as técnicas disponíveis nas geotecnologias para análise de dados espacialmente distribuídos sobre áreas pobremente monitoradas, como na bacia Amazônica.

Este trabalho tem como objetivo analisar a variabilidade espacial da precipitação estimada pelo projeto *Climate Hazards group Infrared Precipitation with Stations* (CHIRPS) sobre a bacia do rio Negro e seus principais tributários.

### 2. MATERIAIS E MÉTODOS

#### 2.1 Área de estudo

A bacia do rio Negro (Figura 1) situa-se entre as latitudes 5° 8' N e 3° 13' S, e entre as longitudes 58° 16' e 72° 57 Oeste. Estende-se sobre o Brasil (81%), Colômbia (10%), Guiana (2%) e Venezuela (7%). No Brasil a bacia do rio Negro localiza-se nos estados do Amazonas e Roraima (rio Branco). A bacia do rio Negro possui mais de 20 importantes tributários com área de captação média de 26.061 km<sup>2</sup>, variando de 9.040 (rio Jufari) a 64.475 (rio Uaupés).

O rio Branco é o principal tributário de descarga líquida e sólida para o rio Negro. É o principal sistema fluvial do estado de Roraima, com maior densidade populacional em relação à bacia do rio Negro.

As maiores altitudes estão localizadas na região nortordeste da bacia (Escudo das Guianas), com valores que chegam a 2.800 metros no monte Roraima e a 2.900 metros no Pico da Neblina. Na planície as elevações variam entre 100 e 20 metros no médio e baixo curso desta bacia, respectivamente.

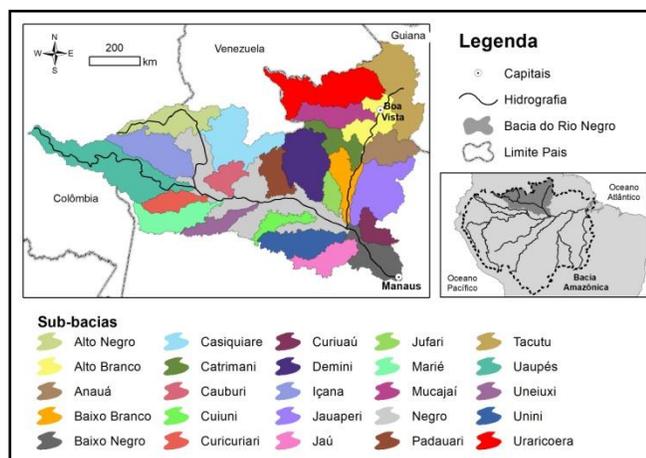


Figura 1. Localização da bacia do rio Negro e sub-bacias.

A precipitação é o principal fator determinante das características climáticas na bacia do rio Negro, com uma intensidade média anual superior a 2.000 mm por ano, e valores que aumentam na direção noroeste (3.500 mm por ano na fronteira com a Colômbia). Nas áreas de savanas os valores são menores que 1.800 mm ao ano. No alto rio Negro os meses mais chuvosos são maio, junho e julho, sem uma estação seca bem definida, de acordo com a posição mais ao norte da Zona de Convergência Intertropical [3]. Na bacia do rio Branco o regime de precipitação é mais definido, com maior volume entre abril e setembro, e estação seca ocorrendo entre outubro e março [7]. Na região do baixo rio Negro o máximo de precipitação ocorre entre os meses de março e abril.

## 2.2 Dados, processamentos e análises

Neste trabalho foi utilizado o dado de precipitação do CHIRPS v.2 estimado para o período 1981-2016 disponibilizado em formato tiff no site [8]. A resolução espacial deste produto é de 0.05 graus, o que corresponde a células de aproximadamente 5.3 km<sup>2</sup> [6]. Para análise da precipitação nas sub-bacias dos rios Negro e Branco foi utilizado a base cartográfica disponibilizada por [09]. O CHIRPS oferece estimativas espacializada da precipitação em intervalo temporal anual a diário sobre as latitudes 50° S e 50° N. A qualidade deste conjunto de dados já foi avaliado no estudo de [10] sobre o nordeste do Brasil e utilizados no

trabalho de [11] na modelagem de eventos de cheias e seca na bacia Amazônica.

Foram analisadas estatísticas descritivas dos dados obtidas por meio de operação de sobreposição entre os dados de precipitação e os limites das 25 sub-bacias avaliadas. Para verificar a variabilidade espacial da precipitação nas sub-bacias os dados foram avaliados por meio do índice de regularidade (adimensional), obtido pela razão entre os valores máximos (Pmax) e mínimos (Pmin) de precipitação em cada sub-bacia.

## 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A climatologia de precipitação na bacia do rio Negro no período 1981-2016 é apresentada na Figura 2, onde podemos observar o grande contraste pluviométrico nesta área. A região mais úmida (3.000 mm/ano ou maior) localiza-se a oeste da cidade de São Gabriel da Cachoeira, no estado do Amazonas. Já a região mais seca (1.500 mm/ano ou menor) localiza-se no norte do estado de Roraima, próximo das cidades de Boa Vista e Uiramutã.

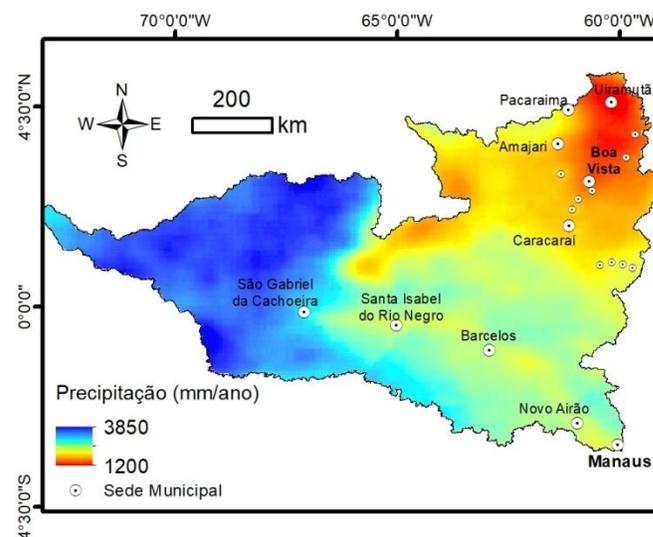


Figura 2. Precipitação média anual para o período 1981-2016.

No estado de Roraima a precipitação média anual ficou em torno de 2.000 mm, com uma clara tendência de aumento dos valores no sentido nordeste-sudoeste e de leste-oeste do estado, como observado nos trabalhos de [3], [7] e [12]. Estes baixos valores de precipitação é relacionado à proteção do escudo das Guianas a entrada do fluxo de ventos úmidos oriundo do oceano Atlântico [13] bem como ao movimento sazonal da Zona de Convergência Intertropical.

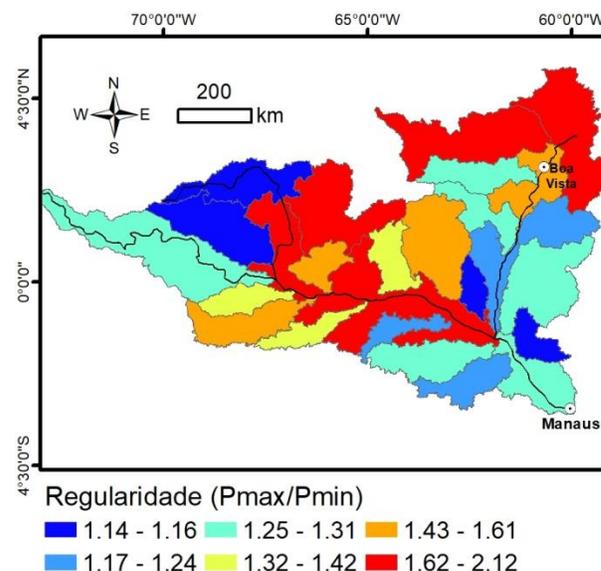
A partir dos limites das sub-bacias foi possível extrair e visualizar a precipitação média anual e sua variabilidade espacial em cada uma das 25 áreas analisadas (Tabela 1).

**Tabela 1. Precipitação média anual nas sub-bacias do rio Negro no período 1981-2016.**

Sub-bacia	Área Drenagem (km <sup>2</sup> )	Pmédia (mm)	Pmax/Pmin
Alto Branco	22.812	1.799	1,58
Baixo Branco	18.762	2.463	1,21
Anauá	19.953	1.997	1,24
Catrimani	16.535	2.145	1,30
Mucajaí	20.240	1.941	1,28
Tacutu	45.864	1.568	1,72
Uraricoera	49.079	1.996	1,80
Baixo Negro	24.950	2.497	1,26
Casiquiare	41.773	2.798	2,12
Cauburi	12.658	2.621	1,61
Cuiuni	11.079	2.671	1,23
Curicuriari	13.846	3.286	1,36
Curiuáú	11.639	2.551	1,14
Demini	38.833	2.347	1,47
Içana	35.427	3.492	1,14
Jaú	18.275	2.614	1,22
Jauaperi	40.179	2.392	1,31
Jufari	9.040	2.552	1,15
Marié	25.220	3.290	1,48
Alto Negro	29.209	3.473	1,16
Padauari	16.282	2.451	1,42
Uaupés	64.265	3.376	1,26
Uneiuxi	12.962	2.961	1,34
Unini	26.594	2.709	1,27
Negro	91.039	2.754	1,75

A maior e menor precipitação média foi observada nas sub-bacias dos rios Içana e Tacutu, respectivamente tributários dos rios Negro e Branco. De forma geral, na região mais úmida a precipitação média nas sub-bacias foi de 3.380 mm/ano, já na região mais seca a precipitação média foi de 1.826 mm/ano. A maior amplitude espacial foi observada na sub-bacia do Casiquiare (1.908 mm) e a menor na sub-bacia do rio Jufari (342 mm), um tributário da margem esquerda do rio Negro.

A respeito da variabilidade espacial da precipitação nas sub-bacias observamos um comportamento heterogêneo nos tributários dos rios Negro e Branco. A Figura 3 mostra o índice de regularidade espacial da precipitação em cada sub-bacia analisada.

**Figura 3. Espacialização dos índices de regularidade da precipitação nas sub-bacias.**

Os dados derivados do CHIRPS permitem observar que a precipitação nas sub-bacias dos rios Negro e Branco possui valores de baixa ordem nas razões entre os extremos (Pmax/Pmin), variando de 1,14 a 2,12. Os maiores valores foram observados nas sub-bacias que drenam o escudo das Guianas (Casiquiare no rio Negro, Tacutu e Uraricoera no rio Branco). De forma geral, as sub-bacias com amplitudes altimétricas superiores a 1.500 metros apresentaram maior regularidade na distribuição da precipitação, ou seja, áreas de elevado contraste na quantidade de precipitação.

## 5. CONCLUSÕES

O presente estudo apresentou a variabilidade espacial da precipitação estimada pelo projeto CHIRPS sobre a bacia rio Negro e seus principais tributários. Apesar do elevado volume de chuva nesta bacia observamos um elevado contraste espacial na climatologia de precipitação, principalmente nas sub-bacias que drenam diretamente o escudo das Guianas. A climatologia de precipitação estimada pelo CHIRPS no período 1981-2016 indica elevados valores médios (> 3.000 mm/ano) para as sub-bacias dos rios Curicuriari, Içana, Marié e Uaupés. Por outro lado, as sub-bacias que drenam para o rio Branco possuem os menores valores médios de precipitação (< 2.145 mm/ano). Destacamos necessidade de validar a variabilidade espacial e temporal com dados observados nas estações hidrometeorológicas. No entanto, acreditamos que a climatologia de precipitação do CHIRPS v.2 é uma valiosa base de dados para a caracterização climática de regiões pobremente monitoradas da bacia Amazônica.

## 6. REFERÊNCIAS

- [1] Latrubesse, E.M.; Stevaux, J.C.; Sinha, R. Tropical rivers. *Geomorphology*, v. 70, n. 3-4, pp. 187-206, 2005.
- [2] Getirana, A.C.V. Contribuições da Altimetria Espacial à Modelagem Hidrológica de Grandes Bacias na Amazônia. Tese de doutorado UFRJ/COPPE/Programa de Engenharia Civil, 2009.
- [3] Ronchail, J.; Cochonneau, G.; Molinier, M.; Guyot, J.L.; de Miranda, A.; Guimarães, V.; de Oliveira, E.: Interannual rainfall variability in the Amazon basin and sea-surface temperatures in the equatorial pacific and the tropical Atlantic oceans. *International Journal of Climatology*, n. 22, p. 1663-1686, 2002.
- [3] Sander, C.; Wankler, F.L.; Carvalho, T.M. Dinâmica fluvial do sistema do Alto Rio Branco, Estado de Roraima. In: Holanda, E.C.; Beserra Neta, L.C. (org.) Geociências na Pan-Amazônia. Boa Vista: editora da UFRR, 2016.
- [4] Oliveira, D.; Santos, A.L.M.R.; Marmos, J.L. Recursos Hídricos Superficiais. In: Holanda, J.L.R.; Marmos, J.L.; Maia, M.A M. Geodiversidade do estado de Roraima. Manaus: CPRM, 2014.
- [5] Karger, D.N.; Conrad, O.; Böhrer, J.; Kawohl, T.; Kreft, H.; Soria-Auza, R.W.; Zimmermann, N.E.; Linder, H.P.; Kessler, M. Climatologies at high resolution for the earth's land surface areas. *Scientific Data* 4:170122, 2017.
- [6] Funk, C.; Peterson, P.; Landsfeld, M.; Pedreros, D.; Verdin, J.; Shukla, S.; Michaelsen, J. The climate hazards infrared precipitation with stations - a new environmental record for monitoring extremes. *Scientific Data* 2:150066, 2015.
- [7] Evangelista, R.A.O.; Wankler, F.L.; Sander, C. Hydrological regime and hydrogeochemistry characteristics of the basin of the Branco river high course, Roraima State, Brazil. In: Bilibio, C.; Hensel, O.; Selbach, J. F. Sustainable water management in the tropics and subtropics - and case studies in Brazil VI. 3. Jaguarão/RS: Fundação Universidade Federal do Pampa. UNIKASSEL - PGCUI-UFMA, 2012.
- [8] The CHIRPS dataset website. Disponível em <<http://chg.geog.ucsb.edu/data/chirps/>>. Acesso em: 17/05/2018.
- [9] Venticinque, E.; Forsberg, B.; Barthem, R.B.; Petry, P.; Hess, L.; Mercado, A.; Cañas, C.; Montoya, M.; Durigan, C.; Goulding M. An explicit GIS-based river basin framework for aquatic ecosystem conservation in the Amazon. *Earth Syst. Sci. Data*, v, 8, PP. 651-661, 2016.
- [10] Paredes-Trejo, F.; Barbosa, H.; Lakshmi, T.; Validating CHIRPS-based satellite precipitation estimates in Northeast Brazil. *Journal of Arid Environments*, n. 139, p. 26-40, 2017.
- [11] Correa, S.; Dias de Paiva, R.; Espinoza, J.C.; Collischonn, W.; Multi-decadal hydrological retrospective: case study of Amazon floods and droughts. *Journal of Hydrology*, n. 549, p. 667-684, 2017.
- [12] Nimmer, E. *Climatologia do Brasil*. Rio de Janeiro: IBGE, Departamento de Recursos Naturais e Estudos Ambientais, 1989.
- [13] Espinoza, J.C.; Ronchail, J.; Guyot, J.L.; et al., Spatio-temporal rainfall variability in the Amazon basin countries (Brazil, Peru, Bolivia, Colombia, and Ecuador). *International Journal of Climatology*, v. 29, n. 11, p. 1574-1594, 2009.