



ISSN = 1980-993X – doi:10.4136/1980-993X

www.ambi-agua.net

E-mail: ambi-agua@agro.unitau.br

Tel.: (12) 3631-8004



## Variação da precipitação por método de interpolação geostatística

doi: 10.4136/ambi-agua.997

Glauber Epifanio Loureiro\*; Lindemberg Lima Fernandes

Universidade Federal do Pará – Belém, Pará, Brasil

Departamento de Engenharia Sanitária Ambiental

FAESA Area de recursos hídricos

\*Autor correspondente: e-mail: epfanio@ufpa.br,

glaub.amb@hotmail.com

### RESUMO

Este artigo analisa a variação da precipitação na bacia hidrográfica Tocantins-Araguaia no período de duas décadas, tomando como base as estações pluviométricas do banco de dados HidroWeb, da Agência Nacional de Águas, nos anos de 1983, 1993 e 2003. As informações foram sistematizadas e tratadas a partir de métodos hidrológicos como método de contorno e interpolação por krigagem ordinária. O tratamento considerou a consistência dos dados das estações e os períodos de estudo. Os resultados demonstraram que o volume total de água precipitada anualmente não se alterou significativamente nos 20 anos estudados, ocorrendo, no entanto, uma significativa variação em sua distribuição espacial. Analisando-se as isoietas e o volume precipitado constatou-se que houve deslocamento da precipitação, no sentido Tocantins Baixo (TOB) aproximadamente de 10% do volume total precipitado. Tal deslocamento pode estar ligado a mudanças globais e/ou pode ser causado por atividades antrópicas ou fenômenos naturais regionais, cuja análise foge ao escopo deste trabalho.

**Palavras-chave:** Bacia hidrográfica Tocantins-Araguaia, isoietas.

### Rainfall variation by geostatistical interpolation method

### ABSTRACT

This article analyses the variation of rainfall in the Tocantins-Araguaia hydrographic region in the last two decades, based upon the rain gauge stations of the ANA (Brazilian National Water Agency) HidroWeb database for the years 1983, 1993 and 2003. The information was systemized and treated with Hydrologic methods such as method of contour and interpolation for ordinary kriging. The treatment considered the consistency of the data, the density of the space distribution of the stations and the periods of study. The results demonstrated that the total volume of water precipitated annually did not change significantly in the 20 years analyzed. However, a significant variation occurred in its spatial distribution. By analyzing the isohyet it was shown that there is a displacement of the precipitation at Tocantins Baixo (TOB) of approximately 10% of the total precipitated volume. This displacement can be caused by global change, by anthropogenic activities or by regional natural phenomena. However, this paper does not explore possible causes of the displacement.

**Keywords:** Tocantins-Araguaia hydrographic region, isohyet.

## 1. INTRODUÇÃO

Atualmente os recursos hídricos têm sido bastante estudados e discutidos pela sua importância para a existência da vida na Terra e para a engenharia. Seu valor estratégico como para a geração de energia, a partir da construção de enormes reservatórios ou hidroelétricas a fio d'água, do poder socioeconômico sobre sistema hidroviário, a partir da construção de eclusas e hidrovias em geral; a importância para a agricultura, na condição da água virtual; ao abastecimento público de grandes cidades e núcleos urbanos; a indústria e mesmo para o lazer do ser humano.

Sendo que muitas dessas atividades são geradoras de grandes impactos ambientais sobre a fauna e a flora, enfim, o meio ambiente como um todo.

Entretanto, pouco se houve falar em soluções para o fim dessa relação desarmoniosa entre o homem e o meio ambiente. Assim sendo, perdura a degradação do habitat natural que só é percebido quando as ações antrópicas impactam as questões econômicas e, de alguma forma, geram conflitos ou problemas de ordem social. Por exemplo: aumento da temperatura (aquecimento global, local ou regional); secas extremas; alterações nos regimes de chuvas; inundações entre tantos outros (Dahamsheh e Askoy, 2007).

Talvez porque seja necessário se estudar e investigar os fenômenos e as ações antrópicas para compreender os processos naturais e suas alterações, podendo estabelecer grandezas e quantificá-las para definir indicadores e parâmetros que subsidiem e promovam análises racionais e decisões com maiores possibilidades de serem corretas (Mirás-Avalos et al., 2009).

Para subsidiar o entendimento e melhor compreender o mecanismo da precipitação em uma bacia hidrográfica por meio da definição do valor numérico ou quantificação da chuva é que este artigo foi desenvolvido.

Apresenta-se uma análise da variação da precipitação na região hidrográfica do Tocantins-Araguaia com base em dados correspondentes aos anos de 1983, 1993 e 2003. Para tanto foram utilizados métodos hidrológicos baseados na Geoestatística e na Hidrologia, tais como cálculo de médias aritméticas, Interpoladores de Krigagem e Método dos Contornos para calcular o volume precipitado no referido ano.

A Região em estudo foi escolhida tendo em vista a enorme importância estratégica de suas águas (com ênfase em suas chuvas) para o país como um todo, seja no tocante a manutenção dos volumes de reserva para geração de energia hidroelétrica (UHE de Tucuruí, Lajeado, entre outras), na produção de alimentos (agricultura e pecuária), na exploração de enormes riquezas naturais como minérios e produtos florestais.

Na área de estudo ocorreram grandes intervenções humanas, principalmente a partir da década de 1960, com a construção da rodovia Belém – Brasília, intervenções estas extremamente ampliadas e intensificadas a partir da década de 1980 com a implantação de grandes projetos e programas na região, como grandes áreas de pastagens, monoculturas intensivas, extração de minérios em larga escala e construção de grandes usinas hidroelétricas. Outro elemento importante é que a bacia Hidrográfica do Araguaia-Tocantins é totalmente brasileira, isto é, está inserida de maneira integral do território nacional e não extrapola as fronteiras como outras importantes bacias hidrográficas (ANA, 2006).

A bacia hidrográfica do Tocantins – Araguaia apresenta seus limites entre parte Centro-Oeste e Norte do território brasileiro, com uma área de 967.059 km<sup>2</sup>, abarcando os Estados do Mato Grosso (14,7%), Maranhão (3,3%), Distrito Federal (0,1%), Tocantins (30,2%), Goiás (21,3%) e o Pará (30,3%) da região hidrográfica, sendo que grande parte está localizado na região Centro-Oeste, onde se encontra as nascentes dos rios Araguaia e Tocantins e a jusante, parte na região Norte, até a sua foz (Figura 1) (ANA, 2005).

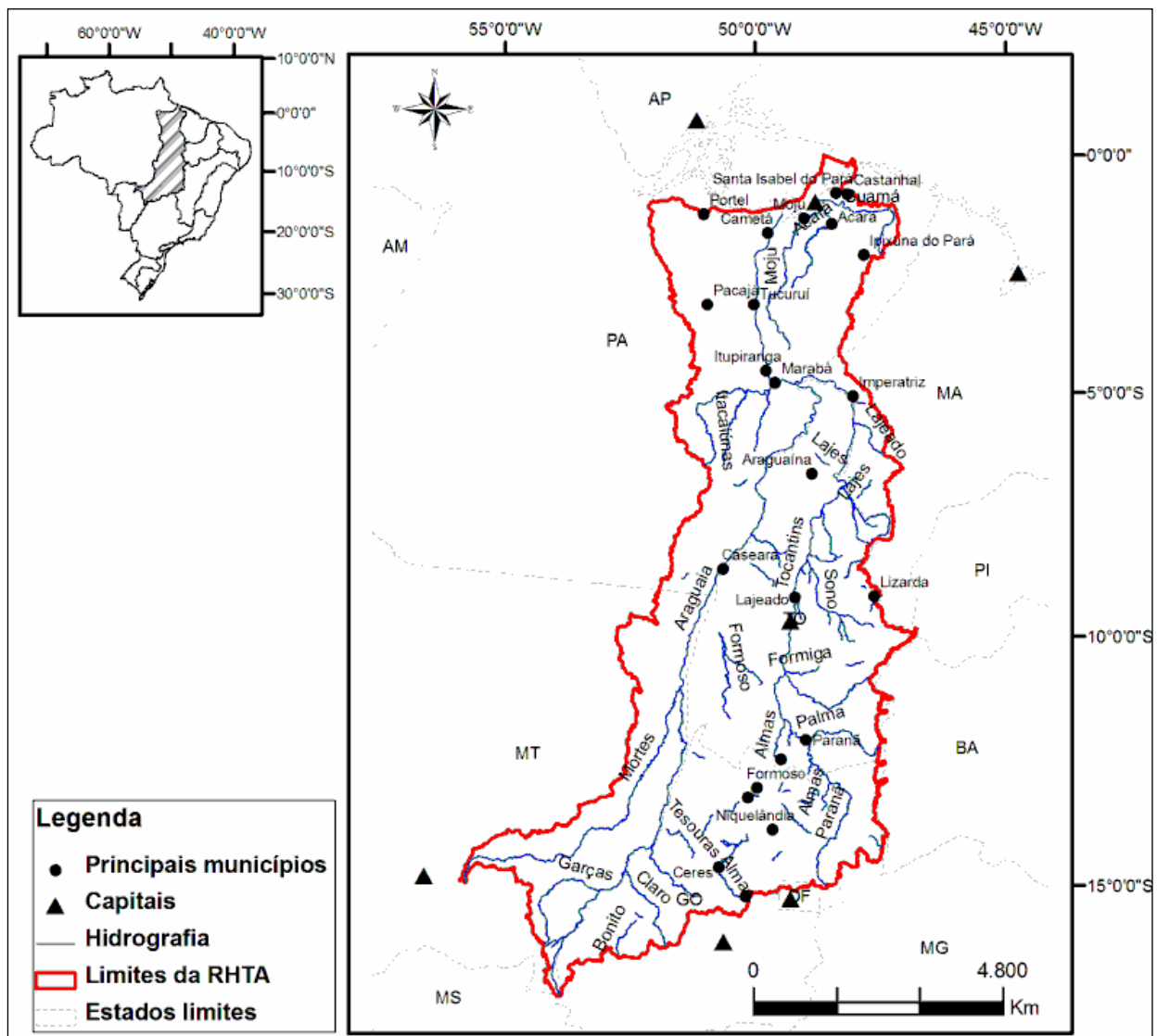


Figura 1. Bacia Hidrográfica Tocantins-Araguaia.

## 2. MATERIAIS E MÉTODOS

Foram identificadas oitenta e cinco 85 estações pluviométricas integrantes do Banco de Dados disponibilizados no HidroWeb - Sistema de Informações Hidrológicas da Agência Nacional de Águas que estão ou estavam inseridas nos limites da bacia objeto deste trabalho.

Deste total, 24 estações não apresentavam consistência, principalmente no tocante a falta de dados, regularidade ou integralidade de informações referentes aos períodos 1983, 1993 e 2003, então foram utilizadas efetivamente apenas 61 estações, pois estas apresentavam informações consideradas consistentes e completas nos períodos de estudo.

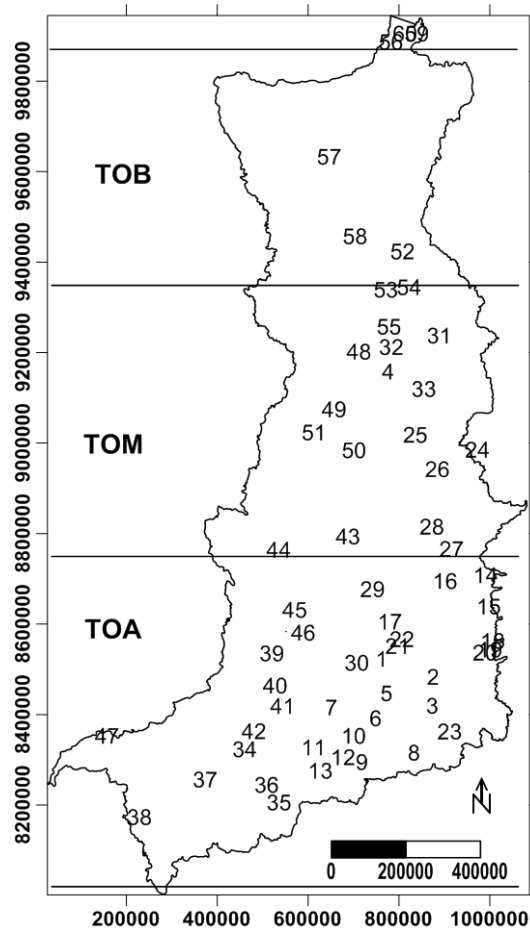
Também foram identificadas 4 estações pluviométricas consistidas externas a área de estudo com intuito de formação do mapa de isoietas para avaliação quantitativa. A Tabela 1 demonstra as estações pluviométricas internas e externas à área de estudo.

As sessenta e cinco estações finais foram então plotadas (Figura 2), através de suas coordenadas geográficas e por questões didáticas para análise da bacia hidrográfica, esta foi dividida em Tocantins Baixo (TOB), Tocantins Médio (TOM) e Tocantins Alto (TOA) adaptando a proposta de Pfafstetter (1989).

**Tabela 1.** Estações Pluviométricas da Bacia Hidrográfica do Tocantins - Araguaia dos períodos de 1983, 1993 e 2003.

N°	Código	Precipitação (mm)			N°	Código	Precipitação (mm)		
		1983	1993	2003			1983	1993	2003
02	1447000	1622,4	1241,8	1138,9	35	1650000	1809,5	1347,4	1471,5
03	1447002	1699,3	885,7	1126,5	36	1650002	2293,1	1565,1	1560,3
04	1448000	1775,6	1651,0	1464,1	37	1652000	2206,2	1262,7	1577,9
05	1448001	1962,1	1085,8	1164,9	38	1653004	1546,5	1526,8	1375,8
06	1448002	1686,5	1021,6	1304,1	39	1350000	1938,0	1314,6	1519,3
07	1449000	2052,1	1412,2	1295,7	40	1450000	1634,8	1397,7	1283,4
08	1547010	1868,2	1142,6	1254,3	41	1450001	1943,6	1344,2	1555,2
09	1548003	2116,4	1391,9	1579,0	42	1551000	1889,2	1342,8	1581,5
10	1549001	1998,9	1290,4	1124,9	43	1149000	1518,2	1632,9	1890,9
11	1549002	2076,1	1439,0	1568,4	44	1150001	1656,2	1442,3	1571,1
12	1549003	2151,4	1319,7	1563,8	45	1250000	1828,8	1306,4	1302,2
13	1649007	2101,7	1419,0	1520,6	46	1350002	1574,0	1275,8	1358,6
14	1246000	1704,3	879,7	1442,6	47	1554005	1769,0	1547,7	2085,3
15	1246001	1839,5	1044,7	1495,9	48	749000	1545,8	2005,5	1766,0
16	1247000	1339,5	918,5	1291,2	49	849002	1750,3	2075,8	1736,0
17	1248003	1541,7	1246,6	1302,3	50	949000	2183,1	1779,8	1854,4
18	1346000	1340,8	917,5	1116,0	51	950000	1499,6	1934,1	1849,7
19	1346002	1332,1	785,2	1179,2	52	548000	1439,6	2228,3	1687,2
20	1346005	1259,3	1028,2	1130,0	53	648000	1320,2	1614,7	1706,6
21	1348001	1745,3	1078,6	1169,6	54	648001	1321,6	1534,3	1626,8
22	1348002	1695,1	994,9	1220,2	55	748003	1380,4	1669,5	1752,9
23	1547001	1826,5	1094,0	1187,8	56	349000	2187,6	3168,6	2749,4
24	946003	1402,9	1140,4	1369,6	57	549001	1693,0	2424,1	2121,2
25	948001	1662,1	1402,2	1493,6	58	148013	1580,7	2322,3	1890,5
26	1047000	1501,7	1573,7	1310,9	59	148003	1981,3	3076,0	2516,9
27	1147000	1360,4	1029,2	1460,5	60	251000	2301,4	2983,3	2682,4
28	1147002	1602,2	1177,4	1373,4	61	350000	1836,2	2927,5	2646,5
29	1248001	1595,8	1219,0	1344,5	62*	1145013	1771,9	817,3	1109,3
30	1349000	1783,8	1256,4	1288,5	63*	152001	1476,5	2317,6	2393,4
31	747000	1465,3	1515,0	1432,6	64*	1555005	1856,9	1695,5	1974,3
32	748002	1738,2	1753,6	1468,2	65*	1853000	1893,6	1300,2	1378,4
33	847001	1433,0	1620,2	1678,6					

\*Estações pluviométricas externas a área de estudo.



**Figura 2.** Distribuição espacial das estações pluviométricas da bacia hidrográfica Tocantins-Araguaia.

Após análise da distribuição espacial, foram traçadas, por meio de interpolação, linhas que definissem alturas ou lâminas d'água de grandezas inteiras, não fracionárias, denominadas isoietas para cada ano de estudo, tendo sido definida uma equidistância de 150 milímetros.

A construção do mapa de isoietas é procedida por meio de uma interpolação realizada de modo discreto entre pontos sucessivos. Dentre os métodos de interpolação a geostatística se destaca por ser um método que busca a variância mínima com uma rede de dados de baixa densidade e irregularmente espaçada (Luo et al., 2007).

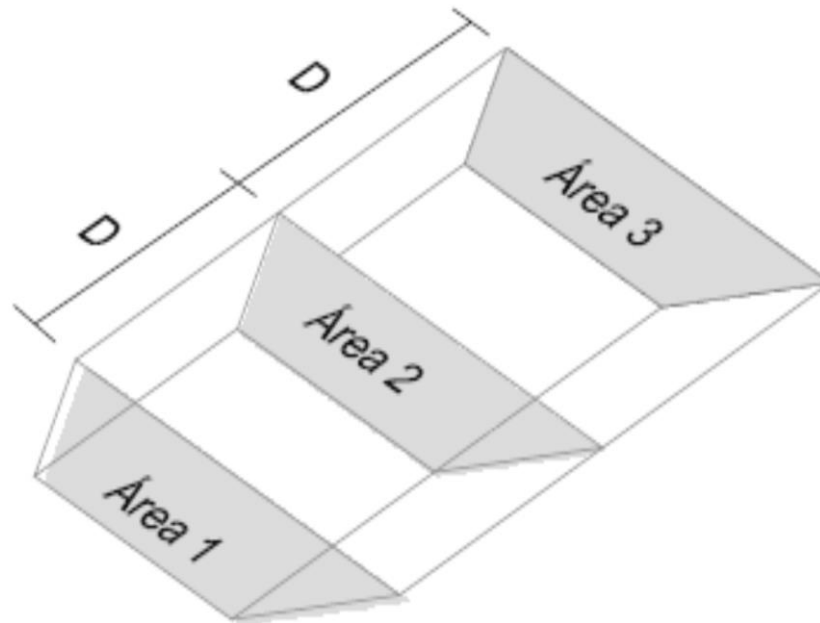
A geostatística, conhecida como Krigagem, método de interpolação geostatístico, não tendencioso, mínima variância, se baseia na análise e modelagem da variabilidade espacial de um atributo, a partir de um conjunto de amostras (Goovaerts, 2000). No caso, a variável em estudo é a precipitação em milímetros de cada estação para os referidos anos de estudo (Tabela 1).

A quantificação dos volumes precipitados num certo período de tempo pode ser realizada de diversas maneiras, por distintos métodos, dependendo de extensão ou tamanho da bacia em estudo, do número de estações pluviométricas disponíveis, das formas ou tendências das isoietas, e ainda de outros fatores.

Existem inúmeros métodos para se proceder ao cálculo de volumes, mas, em termos gerais, todos são derivados de duas principais, os quais serão a seguir relacionados (Uren e Price, 1978) e (Borges, 1992):

a) Por Áreas ou Seções Extremas (Fórmulas de Prisma e Prismoidal)

Fundamenta-se na aproximação do espaço real no qual se necessita calcular o volume em um sólido em que se calculam as áreas no plano vertical dos limites e se conhece a distância no plano horizontal que separa estes limites. Geralmente a distância (D) que separa as seções extremas é constante (Figura 3).



**Figura 3.** Representação do método prismoidal.

**Fonte:** Adaptado de Uren e Price (1978).

As fórmulas matemáticas que efetuam o cálculo do volume de cada prisma é dado pelas Equações 1 e 2:

$$V = \left(\frac{S_1 + S_2}{2}\right) \times D \quad [1]$$

ou ainda:

$$(S_1 + S_2 + (S_1 + S_2) \times \frac{1}{2}) \times \frac{D}{3} \quad [2]$$

em que,

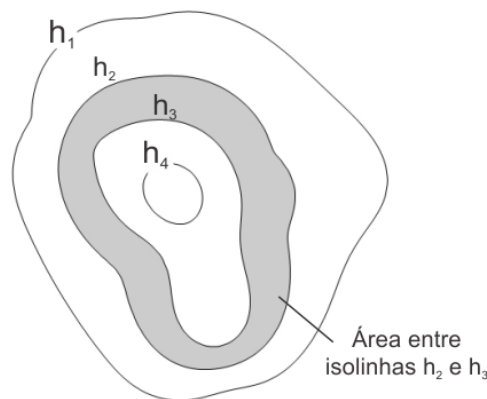
$V \rightarrow$  corresponde ao volume do prisma

$S_1$  e  $S_2 \rightarrow$  correspondem as áreas (secções extremas) do prisma

$D \rightarrow$  distância entre as duas seções extremas

b) Por Contornos

Este método se pauta em um raciocínio oposto ao das seções extremas, pois, calcula-se pelo produto da área no plano horizontal e a altura média (distância na vertical) entre as linhas ou contornos que delimitam o espaço (Figura 4).



**Figura 4.** Representação do método dos contornos pela área entre as isolinhas  $h_2$  e  $h_3$ .

Pelo método das isoietas a precipitação média sobre uma área é calculada ponderando-se a precipitação entre isoietas sucessivas, isto é, normalmente fazendo a média dos valores de duas isoietas ( $P_1, P_2, \dots, P_n$ ) pela área ( $a_1, a_2, \dots, a_{n-1}$ ) entre as isoietas totalizando-se esses produtos e dividindo-se pela área total da bacia, conforme dado pela Equação 3 (Subramanya, 2008):

$$\bar{P} = \frac{1}{A_t} \cdot \left[ a_1 \left( \frac{h_1 + h_2}{2} \right) + a_2 \left( \frac{h_2 + h_3}{2} \right) + \dots + a_{n-1} \left( \frac{h_{n-1} + h_n}{2} \right) \right] \quad [3]$$

Neste estudo, o resultado gráfico da matriz gerado no interpolador de Krigagem ordinária é o mapa de isoietas de precipitação do ano de 1983, 1993 e 2003. Assim, a partir do mapa de isoietas, foi realizado o cálculo do volume precipitado em quilômetros cúbicos ( $\text{km}^3$ ) utilizando o método dos contornos para se calcular o volume precipitado, sendo que as alturas “h” correspondem à altura pluviométrica (mm) expressa no mapa de isoietas. Adaptando a Equação 3 para o cálculo do volume em  $\text{km}^3$  tem-se a Equação 4:

$$V_{pa} = \sum_{i=1}^n A_i \cdot A_{i+1} \cdot \left( \frac{h_i + h_{i+1}}{2} \right) \cdot 10^{-9} \quad [4]$$

em que:

$V_{pa}$  – volume precipitado anual ( $\text{km}^3$ );

$A_i, A_{i+1}$  – Área ( $\text{m}^2$ ) entre isolinhas de ordem  $i$ ; e

$h_i, h_{i+1}$  – Altura da lâmina precipitada (m) de isolinha de ordem  $i$ .

### 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Analisando a Figura 5 e a Tabela 2, observa-se que a distribuição espacial da precipitação tem variado muito ao longo dos últimos 20 anos entre as regiões, mas o volume precipitado médio de  $1.569,72 \text{ km}^3$  da bacia hidrográfica tem se mantido praticamente o mesmo dentro o período estudado.

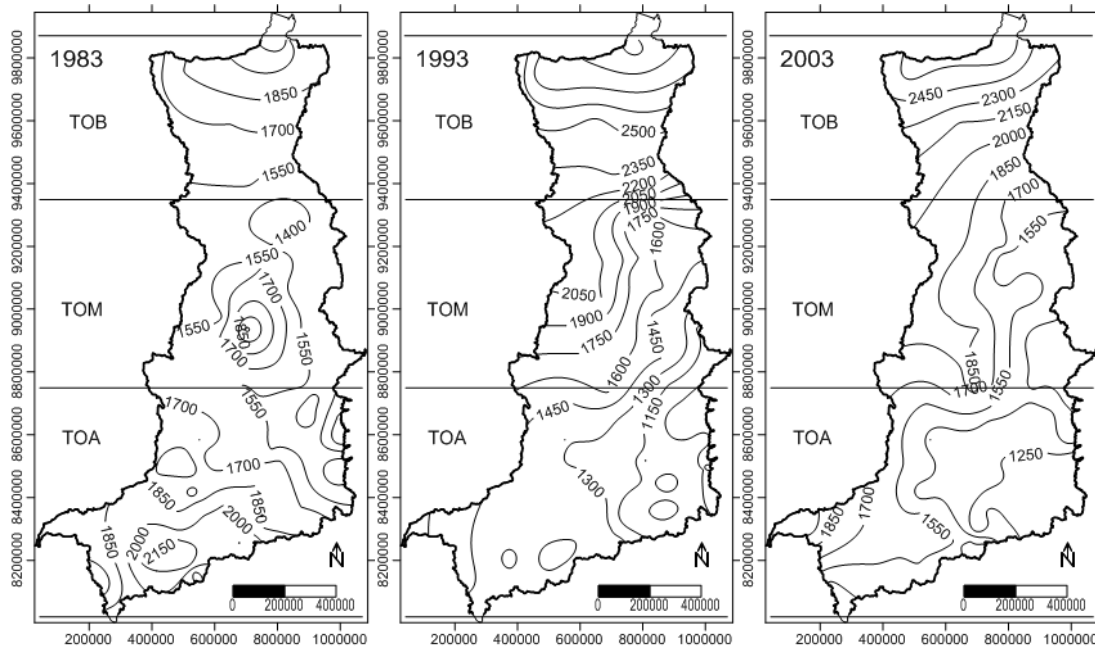
Pela Tabela 2, o TOB apresenta volume médio precipitado de  $550,02 \text{ km}^3$  e nota-se ao longo dos anos um deslocamento da precipitação para esta região com incremento em relação

ao ano de 1983 de quase 5% no ano de 1993 e de quase 10% no ano de 2003. O TOM com volume médio precipitado de 568,41 km<sup>3</sup> teve uma pequena variação (2%) comparativamente aos demais anos, permanecendo praticamente o mesmo. Já para TOA com volume médio precipitado de 451,29 km<sup>3</sup> houve um decréscimo em relação ao ano de 1983 de um pouco mais de 7% no ano de 1993 e de mais de 10% no ano de 2003.

Comparativamente encontraram autores encontraram possíveis explicações naturais e antrópicas que explicam e corroboram estes resultados.

Costa e Foley (1998) corroboram o comportamento irregular da precipitação em seus estudos, na qual compararam o resultado da variabilidade da precipitação estimada por satélite e por estações pluviométricas na região Amazônica na ocorrência de El Niño no período de 1988 a 1992. Ambos demonstram uma diminuição da precipitação no norte (TOA e TOM) e a no período de El Niño.

Souza et al. (2000) também em seus trabalhos encontraram resultados semelhantes. Realizaram estudo sobre a ocorrência simultânea da anomalia da TSM no Oceano Pacífico e Atlântico e concluíram que ação do El Niño e Dipolo Positivo acarretam anomalias negativas de precipitação estendendo-se sobre a Amazônia centro-leste (TOA e porção leste do TOB), contribuindo assim para a distribuição anômala da precipitação.



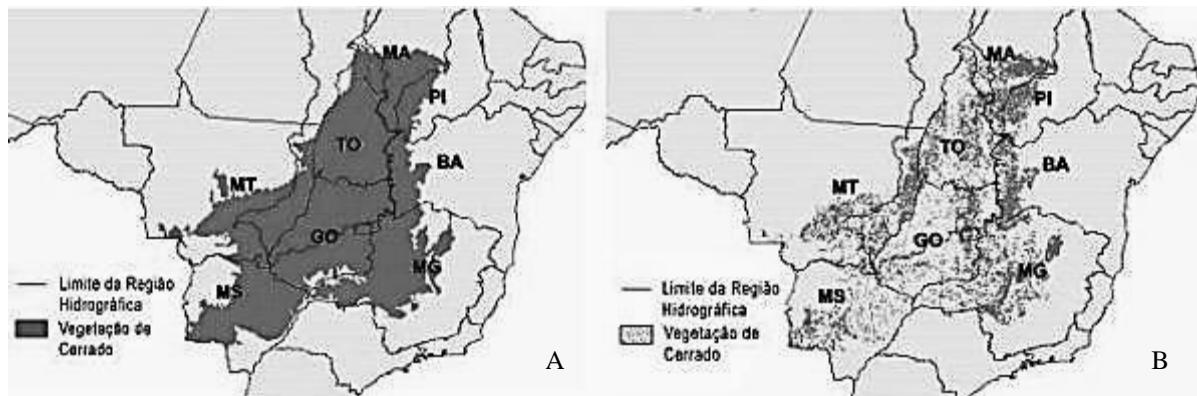
**Figura 5.** Mapa de isoietas para a bacia hidrográfica Tocantins-Araguaia dos anos de 1983, 1993 e 2003.

**Tabela 2.** Volume precipitado (km<sup>3</sup>) na Região Hidrográfica Tocantins - Araguaia.

Regiões	Área km <sup>2</sup>	1983	%	2003	%	Média
TOB	284.033,13	469,62	30,35	625,28	39,42	550,02
TOM	351.208,53	546,11	35,29	568,13	35,82	568,41
TOA	331.831,05	531,69	34,36	392,79	24,76	451,29
<b>Total</b>	<b>967.072,72</b>	<b>1.547,42</b>	<b>100,00</b>	<b>1.586,2</b>	<b>100,00</b>	<b>1569,72</b>



Machado et al. (2004) alertam que entre o período de 1993 e 2002 (Figura 6), a taxa média de desmatamento do Cerrado (especialmente TOM e TOA) foi em média de 0,67% ao ano. Com esse valor a perda anual do cerrado foi de 1,36 milhões de hectares ao ano.



**Figura 6.** Panorama da perda de vegetação do cerrado no TOM e TOA: (A) - Área de distribuição original do Cerrado (1993); (B) - Área remanescente da Vegetação nativa do Cerrado (2002).

**Fonte:** Machado et al. (2004)

Cohen et al. (2007) também chamam atenção para o desmatamento da Amazônia nas últimas três décadas, em que passou por um período intenso de ocupação e acarretou o desmatamento de 14% em sua área. Essa ocupação ocorre no chamado “Arco do Desmatamento”, uma extensa faixa, situada ao longo do limite sul da área de transição entre o cerrado e a floresta, impulsionada pela expansão da fronteira agrícola, que compreende a TOM e TOA.

Assim outros estudos observacionais e estudos de modelagem (como por exemplo: Betts et al., 1997; Chase et al., 2000; Zhao et al., 2001) demonstraram que mudanças na cobertura superficial podem ter um impacto significativo no clima regional e consequentemente no volume precipitado.

Caso se acentue este deslocamento nesta proporção, as mudanças no regime hídrico serão de grande impacto, como diminuição da possibilidade de geração hidroelétrica onde a bacia apresenta maior capacidade instalada ou potencial, enchentes ou inundações as proximidades da foz com maior periodicidade, secas mais frequentes na parte sul (à montante), alterando de maneira geral e intensa a fauna e flora da região.

Essa evidência induz às investigações e pesquisas mais aprofundadas e detalhadas para um maior e melhor entendimento das relações de causas e efeitos relacionados a este fenômeno, causas estas que podem ser de origem natural ou antrópica, para, posteriormente, prever, de forma fundamentada, possíveis consequências.

Portanto, o correto entendimento do ciclo hidrológico da bacia, em especial o seu regime pluviométrico, é de suma importância pela estratégica posição geográfica da região, com enorme potencial de produção de hidroenergia, alimentos e outras riquezas de grandes repercussões econômicas, sociais e ambientais para o país.

## 4. CONCLUSÃO

O volume anual de água precipitada em 1983 foi de 1.547,42 km<sup>3</sup>, em 1993 de 1.575,54 km<sup>3</sup> e em 2003 de 1.586,2 km<sup>3</sup>, logo, este volume tem se mantido aproximadamente constante, ou seja, com uma quantidade de cerca de 1,55 trilhões de litros/ano.

Entretanto, identificou-se uma significativa variação na distribuição espacial das chuvas ao longo da região hidrográfica. Cerca de 10% do volume total, isto é, 155 bilhões de litros

por ano ( $155 \text{ km}^3 \text{ ano}^{-1}$ ) se deslocaram para TOB, ficando praticamente inalterado o volume precipitado no TOM. Uma relação causa-efeito imediata deste fenômeno é o aumento à jusante da vazão do curso d'água principal da bacia, ou seja, o Rio Tocantins (já incluindo o Rio Araguaia) e a redução desta mesma vazão à montante.

## 5. REFERÊNCIAS

- AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS - ANA (Brasil). **Aproveitamento do potencial hidráulico para geração de energia**. Brasília, 2005. (Cadernos de Recursos Hídricos).
- AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS - ANA (Brasil). **Caderno da região hidrográfica do Tocantins Araguaia**. Brasília: MMA, 2006. 132 p.
- BETTS, R. A.; COX, P. M.; LEE, S. E.; WOODWARD, F. I. Contrasting physiological and structural vegetation feedbacks in climate change simulations. **Nature**, v. 387, p. 796-799, 1997. <http://dx.doi.org/10.1038/42924>
- BORGES, Alberto C. **Topografia aplicada à engenharia civil**. [S.l.]: Edgard Blucher, 1992. Vol. 2. 320p.
- CHASE, T. N.; PIELKE, R. A.; KITTEL, T. G. F.; NEMANI, R. R.; RUNNING, S. W. Simulated impacts of historical land cover changes on global climate in northern winter. **Climate Dynamics**, v. 16, n. 1/2, p. 93-106, 2000. <http://dx.doi.org/10.1007/s003820050007>
- COHEN, J. C. P.; BELTRÃO, J. DA C.; GANDU, A. W.; SILVA, R. R. da. A influência do desmatamento sobre o ciclo hidrológico na Amazônia. **Ciência e Cultura**, Campinas, v. 59, n. 3, p. 36-39. Jul.-set. 2007. <http://dx.doi.org/10.1590/S0044-596720060>
- COSTA, M. H.; FOLEY, J. A. A comparison of precipitation datasets for the Amazon basin, **Geophysical Research Letters**, v. 25, p. 155-158, 1998. <http://dx.doi.org/10.1175/2008JHM1023.1>
- DAHAMSHEH, A.; ASKOY, H. Structural characteristics of annual precipitation data in Jordan. **Theoretical and Applied Climatology**, v. 88, p. 201-212, 2007. <http://dx.doi.org/10.1007/s00704-006-0247-3>
- GOOVAERTS, P. Geostatistical approaches for incorporating elevation into the spatial interpolation of rainfall. **Journal of Hydrology**, v. 228, n. 1/2, p.113-129, 2000. [http://dx.doi.org/10.1016/S0022-1694\(00\)00144-X](http://dx.doi.org/10.1016/S0022-1694(00)00144-X)
- LUO, W.; TAYLOR, M. C.; PARKER, S. R. A comparison of spatial interpolation methods to estimate continuous wind speed surfaces using irregularly distributed data from England and Wales. **International Journal of Climatology**, v. 28, n. 7, p. 947-959, 2007. <http://dx.doi.org/10.1175/1520-0450>
- MACHADO, R. B.; RAMOS NETO, M. B.; PEREIRA, P. G. P.; CALDAS, E. F.; GONÇALVES, D. A.; SANTOS, N. S. et al. **Estimativas de perda da área do Cerrado brasileiro**. Brasília: Conservação Internacional, 2004. 23 p. (Relatório técnico não publicado).

LOUREIRO, G. E.; FERNANDES, L. L. Variação da precipitação por método de interpolação geoestatística **Ambi-Agua**, Taubaté, v. 8, n. 2, p. 77-87, 2013. (<http://dx.doi.org/10.4136/ambi-agua.997>)

---

MIRÁS-AVALOS, J. M.; MESTAS-VALERO, R. M.; SANDE-FOUZ, P.; PAZ-GONZALEZ, A. Consistency analysis of pluviometric information in Galicia (NW Spain), **Atmospheric Research**, v. 94, p. 629–640, 2009. <http://dx.doi.org/10.1016/j.atmosres.2009.05.011>

PFAFSTETTER, O. **Classificação de bacias hidrográficas – metodologia de codificação**. Rio de Janeiro: Departamento Nacional de Obras de Saneamento (DNOS), 1989. 19 p. Manuscrito não publicado.

SUBRAMANYA, K. **Engineering hydrology**. 3. ed. New Delhi: Mcgraw-Hill, 2008. 452 p.

SOUZA, E.; KAYANO, M. T.; TOTA, J.; PEZZI, L.; FISCH, G.; NOBRE, C. On the influences of the el niño, la niña and atlantic dipole pattern on the amazonian rainfall during 1960-1998. **ACTA Amazônica**, v. 30, n. 2, p. 305–318, 2000. <http://dx.doi.org/10.1590/S0102-77862009000200001>

UREN, J.; PRICE, W. F. **Surveying for engineers**. London: The Macmillan Press, 2010. 816 p.

ZHAO, M.; PITMAN, A. J.; CHASE, T. The impact of land cover change on the atmospheric circulation. **Climate Dynamics**, v. 17, p. 467-477, 2001. <http://dx.doi.org/10.1007/PL00013740>