

Environnement et géomatique : approches comparées France-Brésil. Rennes, 12-15 novembre 2014

ANÁLISE DAS PRECIPITAÇÕES PLUVIOMÉTRICAS E AVALIAÇÃO DE MUDANÇAS CLIMÁTICAS NA BACIA DO RIO PARANÁ, BRASIL

ACQUAOTTA F. (1), FRATIANNI S. (1,2), ZANDONADI L. (3), ZAVATTINI J. A. (3)

(1) Dipartimento di Scienze della Terra, Università di Torino, via Valperga Caluso 35 - 10125, Torino, Italia. fiorella.acquaotta@unito.it; simona.fratianni@unito.it

(2) Centro di Ricerca sui Rischi Naturali in Ambiente Montano e Collinare (NatRisk), via Leonardo da Vinci 44 - 10095 Grugliasco (TO), Italia.

(3) Programa de Pós-Graduação em Geografia, Universidade Estadual Paulista – UNESP, Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Avenida 24-A, número 1515, CEP 13506-900, Rio Claro, São Paulo, Brasil. le_zandonadi@yahoo.com.br; zavattini@rc.unesp.br

Resumo - Esta pesquisa aborda aspectos relacionados às alterações ocorridas nos valores de chuvas durante o período de 1986 a 2011 na bacia hidrográfica do rio Paraná, Brasil, visando identificar quais foram as tendências destas alterações através da interpretação de 11 índices climáticos criados pelo ETCCDMI (RX1day; RX5day; SDII; R10mm; R20mm; R95mm; CDD; CWD; R95p; R99p; PRCPTOT), ambos aplicados para 32 estações meteorológicas pertencentes ao Instituto Nacional de Meteorologia do Brasil (INMET). Com os resultados podemos afirmar que realmente está havendo aumento no número de dias úmidos em boa parte da bacia, pois se constatou aumento nas precipitações totais (PRCPTOT) em praticamente todas as estações analisadas, sendo que as chuvas consideradas extremas (R95p e R99p) foram as principais colaboradoras para tais acréscimos.

Palavras-chave : precipitações pluviométricas, índices climáticos, mudança climática, Bacia do Rio Paraná (BR).

Résumé – Analyse des précipitations et évaluation du changement climatique dans le bassin du fleuve Paraná, Brésil. Cette recherche aborde les questions liées à l'évolution des quantités de précipitations au cours de la période 1986-2011 dans le bassin du fleuve Paraná, au Brésil, pour identifier les tendances de ces changements par l'interprétation des 11 indices climatiques créés par ETCCDMI (RX1day; RX5day; SDII; R10mm; R20mm; R95mm; CDD; CWD; R95p; R99p; PRCPTOT), appliqué pour 32 stations météorologiques appartenant à l'Institut National de Météorologie du Brésil (INMET). Les résultats obtenus montrent qu'il y a effectivement une augmentation du nombre de jours de pluie dans une grande partie du bassin, car il a été constaté une augmentation des précipitations totales (PRCPTOT) dans presque toutes les stations analysées ; les précipitations extrêmes (R95p et R99p) ont été les principaux contributeurs à ces changements. Mots-clés : précipitations, indices climatiques, changement climatique, bassin fleuve Paraná (BR).

Abstract – Analysis of precipitation and assessment of climate change in the Paraná river basin. This research addresses issues related to changes in the amounts of rainfall during the period 1986-2011 in the Paraná River basin, Brazil, to identify the trends of these changes through 11 climate indices created by ETCCDMI (RX1day; RX5day; SDII; R10mm; R20mm; R95mm; CDD; CWD; R95p; R99p; PRCPTOT), both applied for 32 meteorological stations belonging to the National Meteorology Institute of Brazil (INMET). We can observe an increase in the number of wet days in the most part of the basin, and an increase in total precipitation (PRCPTOT) in almost all the stations analyzed, and the extreme rainfall (R95p and R99p) were the main contributors to such additions.

Key-words : precipitation, climate indices, climate change, Paraná river basin (BR).

Introdução

Diversos trabalhos e investigações têm sido realizados visando identificar quais elementos do clima poderiam provocar maiores impactos naturais e sociais, além de compreender como estes elementos estão causando tais impactos e quais são as suas intensidades e frequências de ocorrências. Atualmente, um dos temas que os cientistas do clima têm empenhado mais atenção é o das variações extremas nos valores de temperatura e precipitação. E dentre as diversas pesquisas já realizadas, muitas já comprovaram, para diversas regiões do planeta, alterações reais nos valores destes elementos, como podemos verificar nas pesquisas de Acquaotta (2012), Aguilar et al. (2005), Alexander et al. (2006 e 2009), Besselaar et al. (2012), Klein Tank et al. (2002, 2003 e 2006), Moberg et al. (2006), Mueller e Seneviratne (2012), Sen Roy e Rouault (2013), Terzago et al. (2013), Vincent e Mekis (2006), Vincent et al. (2005), Wang et al. (2013).

Com a intenção de colaborar na melhoria do entendimento das alterações pluviométricas que tem ocorrido no Brasil, nesta pesquisa concentramos nossos esforços sobre as chuvas caídas numa grande bacia hidrográfica, a do rio Paraná (Zandonadi, 2009), considerada, em

termos socioeconômicos, a mais importante das grandes regiões hidrográficas brasileiras, pois apresenta a maior densidade populacional do país (32% da população), concentrada principalmente em grandes e importantes cidades (ANA, 2013). A bacia do rio Paraná também possui o maior parque hidroelétrico brasileiro (176 usinas hidrelétricas) e a maior capacidade de produção de energia do país (59,3% do total nacional). Devido à alta taxa de industrialização a bacia possui a maior demanda de energia do país, utilizando praticamente 75% do consumo nacional (ANEEL, 2013a). É, evidentemente, uma bacia hidrográfica extremamente dependente das chuvas e qualquer alteração na dinâmica deste elemento climático pode acarretar grandes impactos para a população.

O principal objetivo desta pesquisa é, portanto, apresentar as alterações que vem ocorrendo na dinâmica pluviométrica de toda a bacia hidrográfica do rio Paraná, visando contribuir para melhores planejamentos socioeconômicos da área. Almeja-se também dar suporte para que outras pesquisas venham a ser produzidas através do uso do elemento chuva como principal norteador de suas discussões, principalmente para regiões de climas tropicais e equatoriais, onde a influência pluviométrica é sempre muito intensa.

1. A bacia hidrográfica do rio Paraná

A bacia hidrográfica do rio Paraná localiza-se no Brasil, entre as coordenadas geográficas 15° 25' 47'' e 26° 50' 55'' de latitude Sul e 43° 34' 55'' e 55° 55' 53'' de longitude Oeste (Figura 1). É a segunda maior região hidrográfica brasileira e sua área (879.860 Km²) ocupa 10% do território nacional, distribuída entre os Estados de São Paulo, Paraná, Mato Grosso do Sul, Minas Gerais, Goiás, Santa Catarina e Distrito Federal. Faz divisa com outras cinco grandes regiões hidrográficas brasileiras: ao Norte, com a bacia do Tocantins-Araguaia; a Noroeste, com a bacia do Paraguai; a Nordeste, com a bacia do São Francisco; a Sudeste, com a bacia do Atlântico Leste; e ao Sul, com a bacia do Uruguai (ANEEL, 2013b e ANA, 2013).

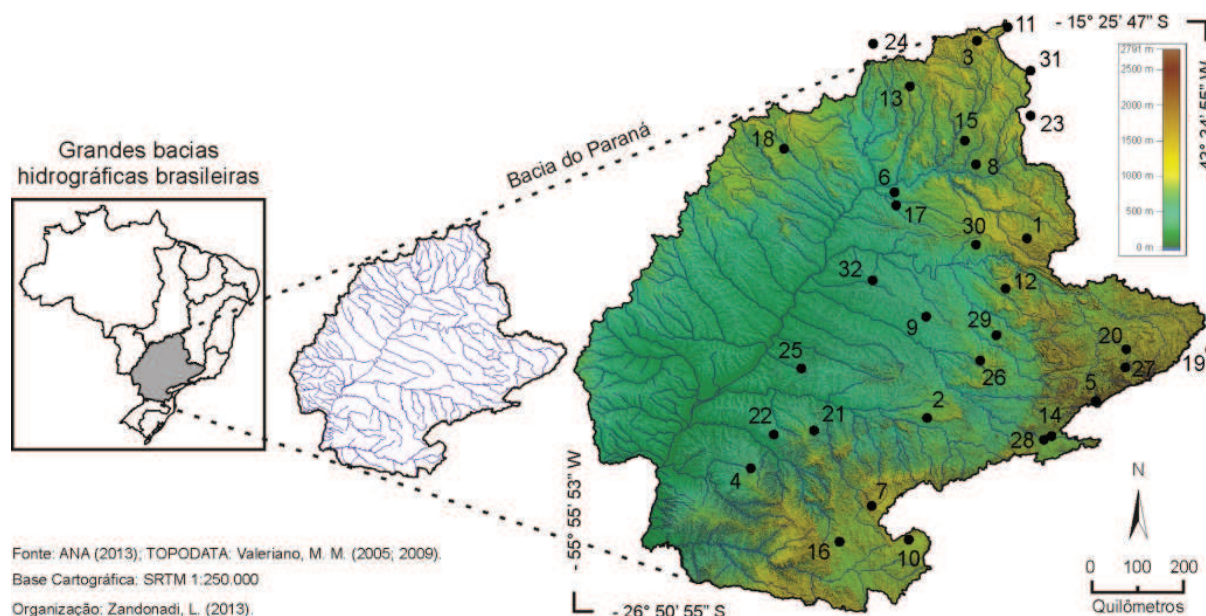


Figura 1: Bacia do rio Paraná: rede de drenagem e altimetria.

2. Dados utilizados e controle de qualidade

Os dados pluviométricos diários utilizados para as observações e análises nesta pesquisa foram obtidos inicialmente de 44 estações meteorológicas pertencentes ao Instituto Nacional de Meteorologia (INMET), um órgão do governo brasileiro. As estações encontravam-se

distribuídas ao longo de toda a bacia hidrográfica do rio Paraná e abrangiam o período histórico de 1961 a 2011.

O primeiro processo de análise e controle de qualidade dos dados foi o da verificação das possíveis lacunas existentes nos dados diários de chuvas daquelas 44 estações iniciais, momento em que se observou que algumas continham grandes falhas, em alguns casos anuais, principalmente durante os anos de 1979 a 1985, o que impossibilitou, para este período, qualquer tipo de verificação para obtenção de resultados. Este relato culminou na impossibilidade de se utilizar nas análises a longa série anteriormente descrita (1961 a 2011), sendo então selecionada uma nova série histórica, desta vez mais curta e correspondente ao período de 1986 a 2011. Portanto, além de forçar a utilização de uma série histórica mais curta, a má qualidade dos dados conduziu também à diminuição no número de estações de coleta de dados a serem utilizadas na análise, passando de um total de 44 para apenas 32 estações (Figura 1), as quais têm suas informações demonstradas em detalhe na Tabela 1.

	Estações pluviométricas	Código (OMM)	Latitude (S)	Longitude (W)	Elevação (m)
1	Araxá	83579	19° 34' 00"	46° 56' 00"	1023,6
2	Avaré	83773	23° 06' 00"	48° 55' 00"	813,0
3	Brasília	83377	15° 47' 24"	47° 55' 22"	1159,5
4	Campo Mourão	83783	24° 03' 00"	52° 22' 00"	616,4
5	Campos do Jordão	83714	22° 44' 00"	45° 35' 00"	1642,0
6	Capinópolis	83514	18° 41' 00"	49° 34' 00"	620,6
7	Castro	83813	24° 47' 00"	50° 00' 00"	1008,8
8	Catalão	83526	18° 10' 13"	47° 57' 27"	840,5
9	Catanduva	83676	21° 08' 00"	48° 58' 00"	570,0
10	Curitiba	83842	25° 43' 00"	49° 26' 00"	923,5
11	Formosa	83379	15° 32' 56"	47° 20' 17"	935,2
12	Franca	83630	20° 33' 00"	47° 26' 00"	1026,2
13	Goiânia	83423	16° 40' 25"	49° 15' 50"	741,5
14	Guarulhos	83075	23° 26' 00"	46° 28' 00"	735,0
15	Ipameri	83522	17° 43' 27"	48° 10' 16"	773,0
16	Iratí	83836	25° 28' 00"	50° 38' 00"	837,0
17	Ituiutaba	83521	18° 58' 00"	49° 21' 00"	560,0
18	Jataí	83464	17° 55' 23"	51° 43' 00"	662,9
19	Juiz de Fora	83692	21° 46' 02"	43° 18' 49"	940,0
20	Lavras	83687	21° 14' 00"	45° 00' 00"	918,8
21	Londrina	83766	23° 19' 00"	51° 09' 00"	566,0
22	Maringá	83767	23° 04' 00"	51° 58' 00"	542,0
23	Paracatu	83479	17° 13' 00"	46° 52' 00"	712,0
24	Pirenópolis	83376	15° 51' 16"	48° 57' 57"	740,0
25	Presidente Prudente	83716	22° 07' 00"	51° 23' 00"	435,6
26	São Carlos	83726	22° 01' 00"	47° 54' 00"	856,0
27	São Lourenço	83736	22° 06' 00"	45° 01' 00"	953,2
28	São Paulo (Mirante de Santana)	83781	23° 30' 00"	46° 37' 00"	792,1
29	São Simão	83669	21° 29' 00"	47° 33' 00"	617,4
30	Uberaba	83577	19° 46' 00"	47° 56' 00"	737,0
31	Unai	83428	16° 22' 00"	46° 53' 00"	460,0
32	Votuporanga	83623	20° 25' 00"	49° 59' 00"	502,5

Tabela 1 : Estações pluviométricas utilizadas.

Finalizado este processo de escolha das estações e do período a ser utilizado, os dados pluviométricos diários de cada estação foram organizados em planilhas, as quais foram submetidas a um intenso trabalho de análise e verificação de qualidade, visando à identificação das lacunas ainda existentes nos dados do novo período selecionado. Para acelerar o processo de identificação das lacunas foi utilizado o software RClimDex (Zhang et al., 2004).

Foi então realizado um controle de qualidade para saber se as 32 estações escolhidas apresentavam ao menos 90% dos dados diários com qualidade para serem analisados ao longo de um ano, porém, utilizando-se desta porcentagem os resultados se mostraram inviáveis, já que a quantidade de estações rejeitadas seria muito grande devido às lacunas nos dados. Os mesmos testes foram então novamente realizados, desta vez considerando-se apenas 80% dos dados (Klein Tank et al. 2002) válidos para o período de análise, chegando-se a um resultado mais positivo. Portanto, foi esta a porcentagem empregada na seleção das melhores estações, as quais foram utilizadas posteriormente na obtenção dos índices climáticos.

Sobre cada série considerada completa aplicou-se um controle de qualidade para identificar os eventuais erros de transcrição dos dados e os valores anômalos (outliers). Os valores incorretos e os outliers são transcritos e guardados pelo software RClimDex em tabelas para que se possa analisar os dados e corrigi-los posteriormente, se necessário.

3. Aplicação dos índices climáticos e cálculo dos percentuais

Uma vez selecionadas as estações e o período histórico da análise, foram então obtidos os índices necessários para a verificação do comportamento pluviométrico da área de estudo. São, no total, 11 índices criados e organizados pelo Expert Team for Climate Change Detection Monitoring and Indices - ETCCDMI (2003) para se realizarem os cálculos aplicados a estudos sobre os dados de chuvas (Tabela 2).

ID	Nome Indicador	Definições	Unid.
RX1day	Max. 1 dia de quantidade de chuva	Máximo de 1 dia de precipitação mensal	mm
RX5day	Max. 5 dias de quantidade de chuva	Máximo de 5 dias consecutivos de precipitação mensal	mm
SDII	Índice de intensidade diária simples	Precipitação total anual, dividido pelo número de dias chuvosos (definido com precipitação ≥ 1.0 mm) no ano	mm/dia
R10mm	Número de dias de chuva intensa	Contagem de dias anual em que a precipitação é ≥ 10 mm	dias
R20mm	Número de dias de chuva muito intensa	Contagem de dias anual em que a precipitação é ≥ 20 mm	dias
Rnn	Número de dias superiores a <i>nn</i> mm	Contagem de dias anual em que a precipitação é ≥ 1.0 mm	dias
CDD	Dias secos consecutivos	Número máximo de dias consecutivos com chuvas diárias < 1 mm	dias
CWD	Dias chuvosos consecutivos	Número máximo de dias consecutivos com chuvas diárias $> = 1$ mm	dias
R95p	Dias muitos úmidos	Precipitação total anual quando as chuvas diárias forem > 95 por cento	mm
R99p	Dias extremamente úmidos	Precipitação total anual quando as chuvas diárias forem > 99 por cento	mm
PRCPTOT	Total anual de dias chuvosos	Precipitação total anual em dias úmidos (chuvas diárias $> = 1$ mm)	mm

Tabela 2 : Índices utilizados.

Para cada índice pluviométrico foram calculadas também as tendências através do método da regressão linear. A significância estatística das tendências calculadas foi verificada utilizando-se o coeficiente de determinação R^2 , de acordo com Aguilar et al. (2003). Posteriormente esta mesma classificação cromática foi utilizada nos mapas para indicar as localizações de cada índice na bacia, possibilitando verificar quais áreas apresentaram alterações pluviométricas mais significativas. Os índices em que os *p-values* foram menores ou iguais a 0,05, ou seja, aqueles em que os dados foram considerados mais confiáveis por possuírem mais de 95% de significância foram evidenciados com letras no estilo negrito.

4. Os resultados obtidos

Podemos afirmar que realmente está havendo aumento no número de dias úmidos em boa parte da bacia. Esse aumento é indicado pelo índice SDII (Índice de Intensidade Diária Simples), que mostra a intensidade de ocorrências de dias com chuvas durante o período analisado, pois apenas 6 das 32 estações analisadas apresentaram tendências com valores negativos, ou seja, diminuição dos dias chuvosos (Figura 2). Um fato importante é que os maiores valores de tendências de ocorrências de dias chuvosos têm sido provocadas principalmente por chuvas mais intensas, gerando aumento significativo dos volumes precipitados no ano, porém, não quer dizer que as chuvas tenham sido bem distribuídas temporalmente. O elevado número de estações pluviométricas com tendências positivas (indicando aumento no número de dias com chuvas) para os índices R1mm, R10mm, R20mm e R95mm demonstram claramente esse comportamento. Desse modo, enquanto que para o índice R1mm (indicativo dos dias com chuvas menos volumosas) o número de estações com tendências negativas e positivas é praticamente equivalente (18 negativas, 12 positivas e 2 sem alterações), nos índices R10mm, R20mm e R95mm os números de estações com tendências positivas de chuvas aumentam significativamente.

Estações pluviométricas	CDD	CWD	RX1day	RX5day	SDII	R1mm	R10mm	R20mm	R95p	R99p	PRCPTOT
Araxá	-0,61	0,08	0,21	0,06	0,09	0,00	0,12	0,18	8,52	2,20	8,86
Avaré	-0,09	-0,11	-0,14	-0,67	0,03	-0,32	0,00	0,01	-1,68	3,77	-1,97
Brasília	1,10	0,07	0,18	1,73	0,02	0,00	0,04	0,07	3,37	-0,70	1,59
Campo Mourão	-0,15	-0,06	-0,21	-0,29	0,05	-0,46	0,04	0,08	-0,75	-0,54	-1,98
Campos do Jordão	-0,02	0,04	0,14	1,17	0,09	0,57	0,63	0,44	10,37	0,64	19,14
Capinópolis	0,15	-0,02	-0,35	0,67	0,01	-0,05	0,18	0,05	0,74	1,04	1,02
Castro	-0,07	-0,07	1,06	0,23	0,05	0,29	0,29	0,28	1,61	0,81	10,28
Catalão	0,66	-0,08	-0,31	-0,66	0,06	0,07	0,26	0,20	2,75	1,29	6,78
Catanduva	0,13	-0,03	-1,03	-1,61	-0,04	-0,15	-0,32	-0,20	0,90	-3,02	-5,72
Curitiba	-0,22	-0,03	0,69	0,27	0,08	0,20	0,39	0,22	7,32	2,04	11,96
Formosa	0,86	-0,01	-0,18	-0,30	-0,03	-0,08	-0,26	-0,07	1,50	0,20	-3,51
Franca	-0,11	-0,05	-0,32	-0,40	0,03	0,39	0,18	0,22	2,18	-1,24	8,86
Goiânia	0,59	-0,02	0,91	0,55	0,07	-0,18	0,11	0,04	3,00	4,39	5,38
Guarulhos	0,23	0,04	-0,01	0,02	0,01	-0,15	-0,18	0,02	3,67	2,31	-1,24
Ipameri	0,61	0,06	-0,07	0,02	0,02	-0,12	0,05	0,20	-1,47	0,14	1,09
Itatí	-0,19	0,01	-1,10	0,52	0,02	0,18	0,14	0,22	-0,27	-0,12	4,73
Ituiutaba	-1,10	0,10	-0,34	-1,01	-0,02	0,45	0,11	-0,02	4,22	-0,09	5,26
Jataí	0,03	-0,09	0,19	0,81	0,02	-0,20	-0,15	-0,11	4,03	1,60	-1,77
Juiz de Fora	0,12	0,17	0,71	0,56	0,11	0,57	0,58	0,43	11,29	6,37	19,79
Lavras	-0,88	0,12	-0,48	-0,09	0,04	-0,18	-0,13	0,10	0,75	-2,10	0,66
Londrina	-0,94	0,15	1,54	2,57	0,03	0,50	0,18	0,19	5,04	3,90	12,45
Maringá	-0,23	-0,05	0,31	0,06	0,04	-0,11	0,05	0,08	-2,82	2,79	1,85
Paracatú	1,41	0,05	-0,37	0,63	0,09	-0,11	0,06	0,21	5,16	-0,68	5,16
Pirenópolis	0,41	-0,08	-0,15	-0,45	0,05	-0,13	-0,04	0,09	1,88	-0,30	2,41
Presidente Prudente	0,30	-0,09	-0,33	1,62	0,03	0,03	0,04	0,08	3,48	-1,99	3,47
São Carlos	-0,22	-0,11	0,08	-1,47	-0,01	-0,04	-0,13	-0,12	2,76	-0,10	-1,30
São Lourenço	0,42	0,01	0,40	1,83	-0,01	0,04	-0,05	0,08	-0,35	-1,34	-0,76
São Paulo (Mirante de Santana)	0,40	0,02	0,17	-0,16	0,09	-0,46	-0,08	0,08	3,17	-0,16	2,84
São Simão	-0,05	0,01	0,18	1,18	0,03	-0,11	-0,27	0,11	10,02	2,70	1,94
Uberaba	0,07	-0,08	-0,47	0,13	0,10	-0,08	0,20	0,31	3,65	-0,75	9,19
Unai	0,56	0,04	-0,08	-1,90	-0,05	-0,41	-0,11	-0,06	-8,60	-2,12	-11,25
Votuporanga	0,64	0,15	0,77	2,61	0,03	0,15	0,02	-0,05	9,16	3,42	5,63

Figura 2 : Tendências positivas (células azuis) e negativas (células vermelhas) no período 1986 a 2011. (Obs.: células brancas = índices sem alterações; valores em negrito = *p-value* menor que 0,05).

A partir do índice R99mm (indicativo de dias extremamente úmidos) o número de estações com tendências positivas tende a reduzir, porém, ainda permanece com número maior de estações com tendências positivas em comparação aos índices R1mm. O aumento dos dias chuvosos, em especial aqueles com chuvas mais intensas refletem diretamente no acréscimo dos totais de chuvas anuais, como mostra o índice PRCPTOT, pois a maioria das estações (23 com tendências positivas) se apresentou com aumento no total pluviométrico anual. Em alguns casos, inclusive, o aumento no índice PRCPTOT foi muito significativo, como se pode perceber nas estações de Campos do Jordão (número 5 na tabela 1) e Juiz de Fora (número 19 na tabela 1) que apresentaram tendências positivas igual a 19,1 e 19,8, respectivamente. Apesar de serem valores extremamente elevados, os dados dessas estações foram considerados confiáveis, pois apresentaram mais de 95% de significância. Além do aumento

nos volumes anuais de chuvas, o índice RX5day mostrou também que houveram mais ocorrências de chuvas mensais registradas em dias consecutivos, principalmente em 5 dias. É provável que este acréscimo de dias chuvosos tenha relação direta com o aumento das chuvas intensas registradas.

Com base no índice CDD, por exemplo, é possível notar que toda a região sul da bacia apresentou tendências de decréscimo de dias secos consecutivos, e esse padrão é exatamente o contrário do que ocorre na região norte da bacia, onde as tendências indicam aumento nos dias secos consecutivos. Esses padrões são, de certo modo, compreensíveis, já que o sul da bacia é mais influenciado pela Massa Polar Pacífica e por Sistemas Frontais associados, que ao invadirem a região com mais intensidade ao longo de todo o ano, provocam chuvas que se distribuem de modo mais homogêneo temporalmente, reduzindo as chances de ocorrências de períodos secos prolongados. E no norte, mais influenciado pelas Massas Tropicais e Equatoriais, as chuvas tendem a serem mais volumosas, porém, de curta duração, pois são geradas principalmente pela intensa convecção do ar provocada pelas temperaturas mais elevadas ao longo do ano (Monteiro, 1964; Zavattini e Boin, 2013).

Para o índice CDW, que representa a ocorrência de dias chuvosos consecutivos com chuvas acima de 1 mm, o único padrão espacial notado encontra-se na região leste da bacia, justamente onde se encontram os relevos mais acidentados e mais elevados da área de estudo. E por ser também uma região que é influenciada muitas vezes pela Massa Tropical Atlântica, de origem oceânica e que carrega muita umidade, a interação com o relevo pode ser primordial para que haja maiores ocorrências de dias chuvosos. A comprovação das tendências de diminuição de ocorrências de dias secos consecutivos (CDD) apresentados para a região sul, bem como as tendências de aumento de dias chuvosos consecutivos (CDW) para a região leste pode ser feita através da interpretação do índice Rx5day, de tendência de ocorrência de 5 dias consecutivos de chuvas, pois mostra que as duas regiões tiveram diminuição nos números de dias secos e aumento de dias chuvosos. O índice SDII, que mostra a intensidade de ocorrência de dias chuvosos, também comprova esta afirmação, que, aliás, mostrou aumento nos valores de tendências não somente para as regiões sul e leste, mas para praticamente toda a área de estudo.

Conclusões

Este artigo é fruto do convênio firmado entre a Universidade Estadual Paulista, campus de Rio Claro, Brasil e a Università degli Studi di Torino, Itália. Os resultados obtidos refletem, por um lado, a experiência de pesquisadores italianos no uso de técnicas de pesquisa desenvolvidas pelos grupos MEditerranean climate DAta REscue – MEDARE (2013) e Advances in Homogenisation Methods of Climate Series – ACTION COST-ES0601 (2013), que se dedicam à criação de um teste estatístico de valor internacional para homogeneização de séries climáticas (Acquaotta, 2012; Acquaotta et al., 2009; Acquaotta e Fratianni, 2013; Venema et al., 2012). E, por outro lado, o interesse de pesquisadores dedicados à Climatologia Geográfica na aplicação desses recursos a dados climáticos do Brasil.

Os resultados obtidos na pesquisa serão muito úteis para a gestão e planejamento do território brasileiro que, devido à sua grande extensão, apresenta climas diversos e muitos problemas causados pela ampla variabilidade climática nele existente. Os índices climáticos calculados para a bacia hidrográfica do rio Paraná mostraram que em algumas regiões as tendências de aumento nos volumes de chuvas foram significativas. Ainda que não haja padrão espacial na distribuição destas tendências, é possível afirmar que em grande parte da bacia está havendo aumento significativo nos totais anuais de chuvas e que esse aumento está correlacionado principalmente a chuvas mais intensas.

Entende-se que apesar dos resultados terem apontado claramente para aumento das chuvas na maior parte da bacia, a pesquisa deva ser melhorada, pois a falta de estações pluviométricas em algumas regiões pode influenciar na identificação de um padrão espacial das tendências apresentadas pelos índices climáticos analisados. Além disso, os dados utilizados apresentaram lacunas que podem influenciar as análises, e a melhoria destes dados seria essencial para que as próximas pesquisas comprovem ou não os resultados obtidos.

Referências Bibliográficas

Acquaotta F., Fratianni S., Cassardo C and Cremonini R., 2009: On the Continuity and Climatic Variability of Meteorological Stations in Torino, Asti, Vercelli and Oropa. *Meteorology and Atmospheric Physics*, **103**, 279–287. doi: 10.1007/s00703-008-0333-4.

Acquaotta, F., 2012: Analisi delle Serie Storiche di Temperatura e Precipitazione in Piemonte: peculiarità e variabilità climatica. *Tesi di Dottorato in Scienza e Alta Tecnologia, indirizzo in Scienze della Terra, Università degli Studi di Torino*, pp. 178.

Acquaotta F., Fratianni S., 2013: Analysis on long precipitation series in Piedmont (North-West Italy). *American Journal of Climate Change*, **02**:14–24. doi: 10.4236/ajcc.2013.21002.

ACTION COST-ES0601 - *Advances in homogenisation methods of climate series: an integrated approach HOME*, 2013. (Available at http://www.homogenisation.org/v_02_15/).

Aguilar E., Auer I., Brunet M., Peterson T.C., and Wieringa J., 2003: *Guidelines on Climate Metadata and Homogenization*. WCDMP 53, WMO-TD 1186, World Meteorol. Org., Geneva, Switzerland, pp. 55.

Aguilar E., Peterson T.C., Ramírez Obando P. et al., 2005: Changes in precipitation and temperature extremes in Central America and Northern South America, 1961-2003. *Journal of Geophysical Research*, **110**. D23107.

Alexander L.V., Zhang X., Peterson T.C. et al., 2006: Global observed changes in daily climate extremes of temperature and precipitation. *Journal of Geophysical Research*, **111**: D05109. doi: 10.1029/2005JD006290.

Alexander L.V., Tapper N., Zhang X. et al., 2009: Climate extremes: progress and future directions. *International Journal of Climatology*, **29**:317–319. doi: 10.1002/joc.1861.

ANA, *Agência Nacional de Águas*, 2013: (<http://www.ana.gov.br/mapainicial/pgMapaL.asp>).

ANEEL, *Agência Nacional de Energia Elétrica*, 2013a: (<http://www.aneel.gov.br/arquivos/PDF/atlas3ed.pdf>).

ANEEL, *Agência Nacional de Energia Elétrica*, 2013b: (http://www.aneel.gov.br/area.cfm?id_area=110).

Besselaar E.J.M. van den, Klein Tank A.M.G. and Buishand T.A., 2012. Trends in European precipitation extremes over 1951–2010. *International Journal of Climatology*, **33** (12): 2682-2689. doi: 10.1002/joc.3619.

Expert Team for Climate Change Detection Monitoring and Indices, 2003: CCI/CLIVAR first team meeting report, Zuckerman Inst./Clim. Res. Unit, E. Anglia Univ., Norwich, UK. (Available at <http://www.clivar.org/organization/etccd/docs/ETCCDMI1stReport.htm>).

Klein Tank A.M.G., Wijngaard J.B., Können G.P. et al., 2002: Daily surface air temperature and precipitation dataset 1901-1999 for European Climate Assessment (ECA). *Int. J. of Climatol*, **22**: 1441–1453.

Klein Tank A.M.G. and Können G.P., 2003: Trends in Indices of Daily Temperature and Precipitation Extremes in Europe, 1946–99. *Journal of Climate*, **16**: 3665-3680.

Klein Tank A.M.G., Peterson T.C., Quadir D.A. et al., 2006: Changes in Daily Temperature and Precipitation Extremes in Central and South Asia. *Journal of Geophysical Research*, **111**, D16105.

MEDARE, *The Mediterranean Climate Data Rescue*, 2013: (<http://www.omm.urv.cat/MEDARE>).

Moberg A., Jones P.D., Lister D. et al., 2006: Indices for daily temperature and precipitation extremes in Europe analyzed for the period 1901–2000. *Journal of Geophysical Research*, **111**, D22106.

Monteiro C.A.F., 1964 : Sobre um índice de participação das massas de ar e suas possibilidades de aplicação à classificação climática. *Revista Geográfica*, **33** (61): 59-69.

Mueller B. and Seneviratne S.I., 2012 : Hot Days Induced by Precipitation Deficits at the Global Scale. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, **109** (31): 12398-12403.

- Sen Roy S. and Rouault M., 2013: Spatial Patterns of Seasonal Scale Trends in Extreme Hourly Precipitation in South Africa. *Applied Geography*, **39**: 151-157.
- Terzago S., Fratianni S., Cremonini R., 2013: Winter precipitation in Western Italian Alps (1926–2010): Trends and connections with the North Atlantic/Arctic Oscillation. *Meteorology and Atmospheric Physics*, **119**:125–136. doi: 10.1007/s00703-012-0231-7.
- Venema V.K.C., Mestre O., Aguilar E. et al., 2012: Benchmarking homogenization algorithms for monthly data. *Clim. Past.*, **8**:89-115. doi: 10.5194/cp-8-89-2012.
- Vincent L.A. and Mekis E., 2006: Changes in Daily and Extreme Temperature and Precipitation Indices for Canada over the Twentieth Century. *Atmosphere-Ocean*, **44** (2): 177-193.
- Vincent L.A., Peterson T.C., Barros V.R. et al., 2005: Observed Trends in Indices of Daily Temperature Extremes in South America 1960–2000. *Journal of Climate*, **18**: 5011-5023.
- Wang W., Shao Q., Yang T. et al., 2013: Changes in Daily Temperature and Precipitation Extremes in the Yellow River Basin, China. *Stoch Environ Res Risk Assess*, **27**: 401-421. doi: 10.1007/s00477-012-0615-8.
- Zandonadi L., 2009: As Chuvas na Bacia do Paraná: aspectos temporais, espaciais e rítmicos. *Mestrado em Geografia. Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”*, Rio Claro, pp.136.
- Zavattini J.A. and Boin M.N., 2013: *Climatologia Geográfica: teoria e prática de pesquisa*. Editora Alínea, Campinas, pp. 150. ISBN 978-85-7516-611-6.
- Zhang X., Yang F., 2004: *RClimDex (1.0) User Guide*. Climate Research Branch Environment Canada: Downsview, Ontario, Canada.