Revista Brasileira de Geografia Física

Homepage: www.ufpe.br/rbge

Alteração da precipitação e do número de dias sem chuva na região Sul Fluminense no estado do Rio de Janeiro

Henderson Silva Wanderley¹, Andre Cleber da Silva Bunhak²

¹ Departamento de Ciências Ambientais, Instituto de Floresta, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro. e-mail : henderson@ufrj.br (autor correspondente). ² Instituto de Agronomia - Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro. e-mail: cleber.bunhak@hotmail.com

Artigo recebido em 12/10/2016 e aceito em 28/11/2016

RESUMO

O objetivo deste estudo foi identificar alteração na precipitação e no número de dias sem chuva na região Sul fluminense no estado do Rio de Janeiro. Para esse fim, foi analisado o total mensal dos dias sem chuvas ($P=0$) e a média mensal das chuvas ocorridas entre 1938 a 2011. O total mensal de dias sem chuva foi submetido a análise de regressão simples, para identificar alteração na distribuição das séries temporais, a e regressão segmentada utilizada para identificar períodos com características distintas na distribuição temporal dos dias sem chuva. Os segmentos das séries de dias sem chuva, indicadas pelo ponto de interrupção, foram submetidas ao teste t de Student para verificar se nas séries mensais de dias sem chuva existe. Os resultados mostraram que as mudanças apresentadas pelo total mensal dos dias sem chuvas ocorreram em sua maior parte nas décadas de 40, 60 e 80, com um intervalo de aproximadamente 20 anos, o que pode indicar repostas da precipitação a uma oscilação climática com modulação de aproximadamente 20 anos como a Oscilação Decadal do Pacífico (ODP). O total médio precipitado para os meses do período chuvoso e alguns do período seco apresentou redução, com aumento do número de dias sem chuva para quase todos os meses, quando comparados os segmentos.

Palavras-chave: regressão linear segmentada, teste t de Student, oscilação decadal do Pacífico.

Alteration in precipitation and number of days without rain in the southern region of Rio de Janeiro state

ABSTRACT

The objective of this study was to identify alteration in precipitation and number of days without rain in the southern region of Rio de Janeiro state. We analyzed in the monthly total days without rain ($P=0$) and the monthly average rainfall occurred between 1938-2011. The monthly total of days without rain were subjected to simple regression analysis to identify changes in the distribution of time-series and the segmented regression used to identify periods with different characteristics in the temporal distribution of number of days without rain. The segments of the series days without rain indicated by the point of interruption was subjected to Student's t test to identify if the monthly series of days without rain there is alteration with statistical significance. The results showed that the changes made by the monthly total days without rain occurred mostly in the decades 40, 60 and 80 at an interval of about 20 years which may indicate precipitation responses a climate oscillation with modulation about 20 years with the Pacific Decadal Oscillation (PDO). The results showed reduction in rainfall for the months of the rainy and dry season with increasing number of days without rainfall for almost every month when compared segments when segments compared.

Keywords: segmented linear regression, Student's t test, Pacific decadal oscillation.

Introdução

A precipitação pluviométrica é um dos elementos meteorológicos mais importantes para a conservação e equilíbrio da biodiversidade, agricultura, abastecimento urbano, diagnosticar índices de risco de incêndios e manutenção da vida no planeta. No entanto, a sua distribuição espacial e temporal pode sofrer alterações significativas em função da mudança no clima. Espera-se que com as

mudanças climáticas, a chuva apresente redução em seus dias de ocorrência com aumento substancial da frequência de eventos extremos (Maynard et al., 2014).

Segundo IPCC (2013) não existe consenso sobre o aumento da frequência de inundações ligada a eventos extremos de precipitação em uma escala global. Entretanto, espera-se que com as

mudanças no clima, a frequência de eventos de precipitação extremos em uma escala local aumente, embora mudanças em eventos meteorológicos e climáticos extremos têm sido observadas desde 1950. Algumas dessas mudanças observadas incluem a intensificação do ciclo hidrológico, o qual vai ser responsável pelo aumento do contraste na precipitação entre as regiões úmidas e secas e entre estações chuvosa e seca; maior ocorrência de tempestades severas e inundações.

Essas alterações podem decorrer do aumento da emissão de gases de efeito estufa, que por sua vez, contribui para modificar quase todas as componentes do sistema climático de forma significativa, impactando de forma direta na disponibilidade hídrica urbana e agrícola. Devido à agricultura ser a atividade humana mais dependente das condições meteorológicas, a redução da disponibilidade hídrica acarretará impactos profundos na produção mundial de grãos. Ao analisar as mudanças já ocorridas até o momento, o IPCC (2013) afirma que as três últimas décadas foram as mais quentes, em comparação com as anteriores desde 1850, e que a primeira década do século XXI foi a mais quente dos últimos 1.400 anos.

O aumento na temperatura do ar pode ser desastroso para algumas culturas, já que muitas variedades atuais não conseguirão se adaptar e produzir sob condições extremas de temperatura e precipitação. Uma das consequências da mudança da variabilidade da precipitação é a intensificação dos eventos de secas no século XXI devido à redução da precipitação e/ou aumento da evapotranspiração para regiões como o Sul da Europa, Mediterrâneo, Europa Central, região central da América do Norte, América Central e no México, Nordeste do Brasil, e África do Sul (IPCC, 2014). A seca é um fator ambiental responsável pela diminuição da produtividade das culturas e qualidade de grãos, especialmente quando ocorre durante a fase de enchimento de grãos.

A escassez de água e alimento poderá se estabelecer sobre o sistema populacional global nas próximas décadas, uma vez que a produção agrícola terá que aumentar significativamente para suprir o crescimento populacional. Diversos estudos ratificam que a produção agrícola poderá sofrer perdas progressivas em seu rendimento nos próximos cem anos, em virtude da mudança no clima (Lobell et al., 2008; Challinor et al., 2010; Thornton et al., 2011; Berg et al., 2013). Esse desafio será maior para países em desenvolvimento econômico e crescimento populacional, como alguns países da América do Sul, África e Ásia. Para a África Austral, um estudo mostra que a área

plantada poderá ser reduzir em cerca de 20%, até 2030 (Villegas et al., 2013).

A análise realizada por Marengo et al. (2009) mostrou que em regiões como o Sudeste e o Sul do Brasil, foi observado aumento na precipitação nos últimos 50 anos. No entanto, estudos como de Santos et al. (2009), Pinheiro et al. (2013) e Wanderley et al. (2014), ratificam que a distribuição das chuvas, para algumas regiões do Brasil vêm apresentando modificação. Nesses estudos, as séries mensais analisadas apresentaram tendências estatisticamente significativas ao nível de 5%, que dependendo da região analisada essa tendência pode ser de aumento ou redução das chuvas. Associadas a essas mudanças, as projeções realizadas para as chuvas no Brasil mostram redução até 2100 (Marengo et al., 2012).

Deste modo, o conhecimento sobre mudanças no regime pluviométrico de uma região, como possível resultado das mudanças climáticas, é essencial na gestão de políticas públicas que venham conduzir ações sobre gerenciamento dos recursos hídricos e possibilitem mitigar seus impactos sobre a agricultura e abastecimento urbano. Baseado no exposto, o objetivo deste estudo foi identificar alteração na precipitação e no número de dias sem chuva na região Sul fluminense no estado do Rio de Janeiro.

Material e métodos

A análise foi realizada com informações do município de Visconde de Mauá, localizado na região Sul do estado do Rio de Janeiro, distrito do município de Resende. A área do município em análise abrange a região entre os municípios de Resende e Itatiaia, estes localizados no estado do Rio, e Bocaina de Minas, em Minas Gerais. Segundo Alvares et al. (2013), pela classificação de Köppen, o clima da região é classificado como Clima Oceânico Tropical de Altitude - Cwb, com invernos seco e verões amenos.

Os dados de chuva utilizados foram coletados por estação meteorológica convencional, com informações pluviométricas diárias compreendidas entre o período de 1938 a 2011. Os dados foram organizados em uma distribuição mensal, com a contabilização mensal dos dias sem chuvas ($P=0$) e da média mensal das chuvas. Essa abordagem foi utilizada para identificar e compreender possíveis alterações na distribuição das chuvas e do número de dias sem chuva na região Sul Fluminense no estado do Rio de Janeiro.

Os totais mensais de dias sem chuvas foram ajustado a análise de regressão simples e segmentada. A análise de regressão simples foi utilizada para os totais mensais de dias sem chuvas

para identificar possíveis alterações na distribuição da série temporal, enquanto que a regressão segmentada foi utilizada para identificar períodos com características distintas na distribuição da série temporal de dias sem chuva.

A análise de regressão segmentada admite que a variável independente, série temporal de dias sem chuva, pode ser dividida em segmentos de linha separados por intervalo, ou ponto de interrupção (P_i). A regressão segmentada é utilizada quando a variável independente apresenta mudança em sua distribuição temporal, podendo ser agrupados em grupos distintos, ou seja, a variável independente apresenta diferentes relações entre sua distribuição temporal. A presença de ponto de interrupção pode ser indício de mudança na distribuição da variável independente.

A análise de regressão segmentada foi ajustada a distribuição temporal dos totais mensais de dias sem chuvas, em que Y é a variável dependente e X a variável independente. Na análise de regressão segmentada o método dos mínimos quadrados é aplicado separadamente à cada segmento, para o cálculo dos coeficientes da regressão, resultando nas Eq. (1) e Eq. (2).

$$Y_i = \alpha_1 + \beta_1 X \quad \text{para} \quad X \leq P_i \quad (1)$$

$$Y_j = \alpha_2 + \beta_2 X \quad \text{para} \quad X > P_i \quad (2)$$

em que:

Yn - variável em análise

X - tempo

α_n e β_n - coeficientes da regressão calculados pelo método dos mínimos quadrados

P_i - ponto de interrupção

Segundo Robbins (1986), o ponto de interrupção é determinado pelo ponto de interseção quando $X = P_i$, nas Eq. (1) e Eq. (2). Assim, o ponto de interrupção é definido pela Eq. (3).

$$P_i = \frac{\alpha_2 - \alpha_1}{\beta_2 - \beta_1} \quad (3)$$

em que:

α_n e β_n - coeficientes da regressão calculados pelo método dos mínimos quadrados

P_i - ponto de interrupção

Os segmentos das séries de dias sem chuva, indicadas pelo ponto de interrupção, decorrente da análise de regressão segmentada, foram submetidas ao teste t de Student para o coeficiente angular da

reta. O teste foi realizado para verificar se nas séries mensais de dias sem chuva existe alteração com significância estatística em sua distribuição temporal (tendência), considerando a regressão linear de Y com variável aleatória no tempo X, Eq.(4).

$$Y = \alpha + \beta X \quad (4)$$

em que:

Y- variável em análise

X -tempo

α e β - coeficientes da regressão calculados pelo método dos mínimos quadrados

O teste t de Student foi utilizado para avaliar se o coeficiente angular da reta β é significantemente diferente de zero. A hipótese nula (H_0) de que não existe alteração, ou seja, $\beta = 0$, foi testada por meio do teste t de Student com n-2 graus de liberdade, Eq. (5). A hipótese de que não há alteração (tendência) é rejeitada quando o valor de t calculado é maior, em valor absoluto, do que valor crítico $t_{\alpha/2, n-2}$, tabelado, a um determinado nível de significância α_0 , sendo para esse teste adotado nível de significância de 0,05.

$$t = \frac{r\sqrt{n-2}}{\sqrt{1-r^2}} = \frac{\beta}{s/\sqrt{SS_x}} \quad (5)$$

em que:

n - tamanho da amostra

r - coeficiente de correlação de Pearson

s - desvio padrão dos resíduos

β - coeficiente angular da reta

SS_x - soma dos quadrados da variável independente.

Resultados

A distribuição das chuvas na região em análise apresentou o início do período chuvoso no mês de outubro, para ambos os segmentos, o que caracteriza o início do ciclo hidrológico na região em análise. Os meses de outubro e novembro, normalmente, marcam o início do plantio de algumas culturas na região sudeste do Brasil. O período chuvoso na região em análise estende-se até o mês de abril, o qual pode ser considerado como mês de transição entre o período chuvoso para o seco. Nos meses compreendidos no período chuvoso foram observados quase 90% do total anual precipitado (Figura 1).

Figura 1. Distribuição mensal da precipitação em Visconde de Mauá – RJ.

O ajuste da regressão linear segmentada aos totais mensais de dias sem chuva mostrou um padrão para ponto de interrupção. Foi observado que as mudanças apresentadas pela segmentação ocorreram em sua maior parte nas décadas de 40, 60 e 80, com um intervalo de aproximadamente 20 anos entre as segmentações. No entanto, foi observada ainda segmentação na década de 50 e outra na de 90.

O intervalo de segmentação apresentada pelos dias sem chuva ocorreu dentro de um período

de 3 a 5 anos, nas décadas de 40 e 60, o que pode indicar reposta da precipitação a uma oscilação climática com modulação de aproximadamente 20 anos com a Oscilação Decadal do Pacífico (ODP). Para as segmentações verificadas nas décadas 80 e 90, o intervalo entre as segmentações foi de 8 anos, o que pode indicar que essa modulação tenha sofrido influência de uma causa exteriorizada, como o aumento da temperatura global (Tabela 1).

Tabela 1. Média mensal da precipitação (P) e dos dias sem chuva (P=0), Teste t de Student (t) e coeficiente angular (β /década), das séries mensais de dias sem chuva ajustada à regressão linear e segmentada

Meses	1938-Pi				Pi+i -2011			
	P (mm)	P=0 (dias)	t	β (déc)	P (mm)	P=0 (dias)	T	β (déc)
Jan	416,2	7	-1,50	-3,60	389,0	8	-1,64	-0,61
Fev	354,0	7	-3,12*	-3,02	300,9	9	-0,22	-0,12
Mar	377,5	8	-2,40*	-8,00	319,4	10	-1,10	-0,40
Abr	144,4	17	1,50	2,01	148,9	15	2,25*	0,90
Mai	61,3	20	-2,34*	-11,15	54,5	23	-1,14	-0,30
Jun	36,2	21	-3,53*	-20,00	37,0	24	0,24	0,05
Jul	27,4	23	-2,75*	-18,00	35,2	25	-0,42	-0,10
Ago	41,3	24	-1,12	-0,42	26,1	25	-2,16*	-2,40
Set	83,5	22	1,95	2,21	87,9	18	0,10	0,04
Out	193,7	13	-0,95	-0,50	147,7	16	-1,72	-2,22
Nov	266,9	10	0,64	0,23	245,5	11	-3,31*	-6,36
Dez	373,8	7	-2,28*	-0,99	356,1	9	-2,62*	-3,26

* estatisticamente significativa a 0,05

A segmentação verificada na década de 40 foi observada no ano de 1946 nos meses de junho e julho, enquanto que nos meses de março e maio

no ano de 1947. Janeiro foi o único mês que mostrou segmentação na década de 50, sendo essa ocorrida no ano de 1951. Registro mostra que na

década de 40, pelo menos dois grandes eventos de chuvas foram observados, mereceram destaque pelos transtornos causados nos janeiro de 1942 e 1944 (Santos, 1999). A pluviometria observada no início da década de 40, principalmente no mês de

janeiro, fez com que o número de dias sem chuva diminuísse, indicando ponto de interrupção depois desses totais pluviométricos (Figura 2).

Figura 2. Regressão linear segmentada ajustada aos dias sem precipitação para os meses de: a) janeiro, b) março, c) maio, d) junho e e) julho.

Figura 2. Regressão linear segmentada ajustada aos dias sem precipitação para os meses de: a) janeiro, b) março, c) maio, d) junho e e) julho.

O ponto de alteração demonstrado pelo número de dias sem chuva entre os anos de 1946 a 1951 pode ser resultado da mudança de fase da Oscilação Decadal do Pacífico (ODP), a qual mudou de fase no ano de 1946, passando da fase quente para a fase fria. A ODP em sua fase quente tende a coincidir com períodos anômalos úmidos no Sudeste do Brasil (Mantua e Hare, 2002).

O número médio de dias sem chuva para o primeiro segmento no mês de janeiro foi de 7 dias mês^{-1} . Para o segundo segmento o número médio de dias sem chuva passou para 8 dias mês^{-1} . O aumento do número médio de dias sem chuva também foi observado nos demais meses que demonstraram ponto de interrupção na década de 40, como: março, maio, junho e julho. No entanto, esses meses apresentaram significância estatística para redução do número de dias sem chuva para o primeiro segmento.

Nos meses de janeiro, março e maio foi observado redução no total médio precipitado para o segundo segmento, com início do ponto de interrupção até o fim da série, quando comparado os segmentos. Para janeiro essa redução foi de -4,37%, em março a redução foi de -15,39% e para maio de -11,09%.

A redução pluviométrica observada, referente ao -15,39% para o mês de março correspondente a um déficit de -58,10 mm, entre os segmentos. Uma redução dessa magnitude nas chuvas do mês de março é relevante devido à elevada reposição hídrica observada neste mês, uma vez que, o mês de março é um dos meses mais chuvoso do estado do Rio de Janeiro. As mudanças observadas no segundo segmento são relevantes, pois mostram o início da última mudança observada nas séries, mudanças essas que nesses meses perdurou até o fim das séries mensais em análise.

Quando a comparação entre a pluviometria média entre os segmentos foi realizada para os meses de junho e julho, observou-se aumento nos totais pluviométrico de 2,20% e 28,46%, respectivamente, no segundo segmentos. Os resultados obtidos para esses meses mostram aumento nos totais pluviométrico e do número de dias sem chuva, os quais passaram de 21 para 24 dias em junho, e de 23 para 25 dias em julho. Esses resultados indicam aumento da intensidade de precipitação diária, que para os meses do período sem chuvas são essenciais. Em média, o aumento pluviométrico diário para esses meses corresponde a 2,14 e 2,43 mm dia^{-1} , respectivamente para junho e julho.

O ajuste linear para o primeiro segmento mostrou mudança estaticamente significativa para o número de dias sem chuva nos meses de março, maio, junho e julho. Na comparação entre os dois segmentos para esses meses, número de dias sem chuva foi sempre maior para o segundo segmento, sendo esse aumento de 3 dias para os meses de maio e junho e 2 dias para março e julho.

Na década de 60 foi observada segmentação no número de dias sem chuva no mês de abril no ano de 1963, e nos meses de fevereiro e setembro nos anos de 1965 (Figura 3). As mudanças ocorridas na década de 60 merecem uma atenção especial, pois nessa década, encontram-se dois dos três anos mais chuvosos da história do Rio de Janeiro, 1966 e 1967 (Cambra e Neto, 1997). O evento que ocorreu no ano de 1966 foi classificado como a maior chuva que se tem registro. Associada com a chuva ocorrida em fevereiro de 1967, ocasionaram a morte de cerca de 320 pessoas.

Figura 3. Regressão linear segmentada ajustada aos dias sem precipitação para os meses de: a) fevereiro, b) abril e c) setembro.

A mudança observada no número de dias sem chuva na década de 60 também pode ser resposta a mudanças observadas no Atlântico subtropical, o qual apresentou variações significativas em sua escala entre as décadas de 50 e 60 (Kayano e Sansígolo, 2009). Mudanças no Atlântico subtropical são importantes, pois provocam anomalia de precipitação no Sul e Sudeste do Brasil em relação ao ENOS (El Niño e Oscilação Sul), mudando sua distribuição.

O mês de fevereiro apresentou média precipitada por período analisado superior a 300 mm, sendo classificado como um mês importante na pluviometria da região Sul do Rio de Janeiro. Os meses de abril e setembro, embora não apresente os totais pluviométricos apresentados por fevereiro, são meses que merecem uma análise crítica por se tratar de meses de transição entre o período chuvoso-seco e seco-chuvoso, e qualquer mudança observada nesses meses podem indicar mudança no ciclo hidrológico.

O mês de fevereiro mostrou para o primeiro e segundo segmento tendência de redução nos dias sem chuvas. No entanto, apenas para o primeiro segmento foi observada significância estatística para esse decréscimo. A redução do número de dias sem chuva no segundo segmento, para o mês de fevereiro, só foi identificada depois de década de 80, mas mesmo assim, o número médio de dias sem chuva, no segundo segmento de fevereiro, foi de 2 dias sem chuva a mais do que o primeiro segmento.

A precipitação média para o primeiro segmento no mês de fevereiro foi de 354 mm, quando comparado à precipitação observada entre os dois segmentos, foi verificada redução no segundo, com relação ao primeiro segmento. A redução na média pluviométrica foi de -17,65%, o que corresponde a 53,1 mm. Essa redução na precipitação chega a ser relevante, principalmente para o período atual de crise hídrica, já que redução da mesma magnitude também foi observada no mês de janeiro.

Os meses de transição, abril e setembro, mostrou padrão semelhante aos meses de junho e julho, com o maior total pluviométrico para o segundo segmento. No entanto, a pluviosidade média para esses meses, nos períodos em análise, não apresentou mudanças expressiva no comportamento da distribuição, apresentando mudança inferior a 5 mm entre as médias dos segmentos.

Uma análise crítica no comportamento do total médio da precipitação e na tendência no número de dias sem chuva no mês de abril pode indicar que esse mês está apresentando mudança na distribuição das chuvas. Este fato é verificado com

a tendência de aumento dos dias sem nos segmentos, onde para o segundo segmento, a alteração foi estatisticamente significativa, mostrando aumento dos dias sem chuva principalmente na década de 90. O aumento do número de dias sem chuva no mês de abril corrobora a antecipação do período sem chuvas, assim como para a redução do período com chuva.

Quando comparado o total médio precipitado em abril foi observado que mesmo com a tendência estatística de aumento nos dias sem chuva, a média precipitada observada no segundo segmento foi maior. A característica demonstrada na distribuição das chuvas no mês de abril é semelhante à encontrada em eventos extremos de precipitação, com elevado total pluviométrico em intervalos curto de dias.

A análise dos segmentos para o mês de setembro mostrou dois períodos distintos com relação ao número de dias sem chuva neste mês, ambos indicando aumento do número de dias sem chuva. O inicial correspondente ao primeiro segmento mostrando alteração mais acentuada até a metade da década de 60, onde foi verificado aumento decadal de quase 2 dias sem chuva para esse período.

A alteração observada no segundo segmento em setembro, quando comparados os segmentos, mostra que a mesma mudança só seria igualada em função da mudança demonstrada pelo primeiro segmento em quase 5 décadas. O resultado dessa discrepância entre a alteração do número de dias sem chuva no mês de setembro foi a maior diferença no número de dias sem chuva entre os segmentos dos meses em análise, com 4 dias de diferença.

As alterações observadas nos meses de agosto, outubro, novembro e dezembro são as alterações mais recentes, as quais ocorreram nas últimas décadas. Nessas décadas foram observados dois eventos de chuva que causaram transtorno ao Rio de Janeiro e o menor registro na frequência dos dias chuvosos do século XX (Brandão, 1992). Esses eventos ocorreram em 1988 e 1996, onde o de 1988 ocasionou mais de 270 mortes em 78 municípios Fluminenses.

A importância da análise para os meses de outubro a dezembro se dá devido esses meses estarem inserido no período onde são observados os maiores totais pluviométricos no estado do Rio de Janeiro. Assim, qualquer que seja a alteração observada na distribuição das chuvas, seja no número de dias ou no total precipitado pode trazer transtornos diversos à sociedade em geral, como observado no verão 2014/15, por exemplo.

Mudanças como essas na precipitação já foram observadas por Cukur (2011).

Os meses de outubro e dezembro mostraram alteração no ano de 1983 (Figura 4), onde nessa década, segundo Brandão (1992), foi uma das décadas mais chuvosa e mais quente observada no estado do Rio de Janeiro nos últimos 140 anos. Essa década apresentando ainda o ano de 1988, um dos três anos mais chuvoso, que se tem registro no

Estado (Ferreira e Cunha, 1996). A tendência de dias sem chuva para os meses de outubro e dezembro foi de redução. Essa tendência foi observada no primeiro e no segundo segmento. No entanto, apenas no mês de dezembro foi observada significância estatística para a redução dos dias sem chuva nos dois segmentos.

Figura 4. Regressão linear segmentada ajustada aos dias sem precipitação para os meses de: a) agosto, b) outubro, c) novembro e d) dezembro.

Em outubro e dezembro também foi observado aumento dos dias sem chuva e redução do total médio precipitado para o segundo segmento, quando comparados os dois segmentos. Para o primeiro segmento, esses meses apresentaram média de 13 dias mês^{-1} e 7 dias mês^{-1} dias sem chuva, respectivamente para outubro e dezembro. O total de dias sem chuva de dezembro, janeiro e fevereiro foi de 7 dias mês^{-1} , o menor total dos meses analisados. No entanto, a análise para o segundo segmento mostrou aumento no número médio de dias sem chuva para outubro e dezembro, assim como janeiro e fevereiro.

O número de dias sem chuva em outubro aumentou para 16 dias mês^{-1} . Dezembro e fevereiro totalizaram 9 dias mês^{-1} , enquanto e janeiro

apresentou 8 dias mês^{-1} . A análise mostrou que o menor aumento do número médio de dias sem chuva para o segundo segmento foi observado no mês de janeiro.

O total médio precipitado também apresentou redução para os meses de outubro e dezembro, quando comparado ao primeiro segmento. Para outubro foi observado a segunda maior redução no total precipitado. A redução da precipitação observada para o segundo segmento em outubro foi -23,75%, quando comparado ao primeiro segmento. Para dezembro essa redução foi de -4,73%.

A maior redução no total precipitado foi observada para o mês de agosto, que assim como o mês de novembro demonstraram ponto de

interrupção nas séries de dias sem chuva no ano de 90 (Figura 3). Mudança ocorrida na precipitação na década de 90 também foi identificada por Wanderley et al. (2013).

A redução pluviométrica observada no mês de agosto foi de -36,80%, para novembro a redução foi de -8,20%, quando comparado o primeiro e o segundo segmento. O número de dias sem chuva para os meses de agosto e novembro mostraram redução estatisticamente significativa. Entretanto, a média do número de dias sem chuva, para o segundo segmento foi maior do o primeiro segmento.

A mudança ocorrida no ano de 83 nos meses outubro e dezembro podem ser em reflexo a ODP ter entrado novamente em uma nova fase fria no fim da década de 70. Outras possíveis indicações as mudanças observadas, principalmente as ocorridas no ano de 90, pode ser em decorrência intensificação de ENOS, que quase dobrou nas últimas três décadas e ao aumento da temperatura do planeta, pois o período iniciado em 1983 até 2012 foi, provavelmente, o mais quente dos últimos 800 anos (Yeh et al., 2009, IPCC, 2013).

Conclusões

A análise realizada no número de dias sem chuva e no total médio da precipitação na região Sul fluminense no estado do Rio de Janeiro mostrou por maio da aplicação da regressão segmentada, que o total médio precipitado para os meses do período chuvoso, compreendidos de outubro a março, apresentou redução. Para os meses do período chuvoso também foi identificado aumento do número de dias sem chuva para o segundo segmento. Resultado esse obtido quando comparados os segmentos.

Os meses do período seco, que se estende de maio a agosto, também apresentaram aumento do número de dias sem chuva para o segundo segmento. No entanto, o total médio precipitado apresentou aumento para os meses de junho e julho, com redução em maio e agosto. Para os meses de abril e setembro, meses de transição entre o período chuvoso-seco e seco-chuvoso, respectivamente, foi observado aumento do total médio precipitado e redução do número de dias sem chuva para o segundo segmento em comparação ao primeiro segmento.

Referências

- Alvares, C. A., Stape, J. L., Sentelhas, P. C., Gonçalves, J. L. M., Sparovek, G., 2013. Köppen's climate classification map for Brazil. *Meteorologische Zeitschrift* 22, 711–728.
- Berg, A., Ducoudré, N. N., Sultan, B., Lengaigne, M., Guimberteau, M., 2013. Projections of climate change impacts on potential C4 crop productivity over tropical regions. *Agricultural and Forest Meteorology* [online] 170. Disponível: <http://dx.doi.org/10.1016/j.agrformet.2011.12.003>. Acesso: 05 mar. 2016.
- Brandão, A. M. P. M., 1992. As alterações climáticas na área metropolitana do Rio de Janeiro: uma provável influência do crescimento urbano. In: Abreu, M. A. (Org.), *Natureza e Sociedade no Rio de Janeiro*. Prefeitura da Cidade do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, pp.143-191.
- Cambra, M. F. E., Neto, A. L. C., 1997. A cidade do Rio de Janeiro e as chuvas de março/93: (des) organização urbana e inundações. *Anuário do Instituto de Geociências* 20, 55-74.
- Challinor, A. J., Simelton, E. S., Fraser, E. D. G., Hemming, D., Collins, M., 2010. Increased crop failure due to climate change: Assessing adaptation options using models and socio-economic data for wheat in China. *Environmental Research Letters* [online] 5. Disponível: <http://dx.doi.org/10.1088/1748-9326/5/3/034012>. Acesso: 23 nov. 2015.
- Cukur, H., 2011. Daily precipitation variations of selected meteorological stations in Turkey. *Procedia Social and Behavioral Sciences* [online] 19. Disponível: <http://dx.doi.org/10.1016/j.sbspro.2011.05.177>. Acesso: 11 jun. 2016.
- Ferreira, F. P. M., Cunha, S. B., 1996. Enchentes no Rio de Janeiro: Efeito da urbanização no rio Grande (Arroio Fundo) - Jacarepaguá. *Anuário de Instituto de Geociências* 19, 79-92.
- Kayano, M. T., Sansígolo, C., 2009. Interannual to decadal variations of precipitation and daily maximum and daily minimum temperatures in southern Brazil. *Theoretical and Applied Climatology* 97, 81-90.
- IPCC. Intergovernmental panel on climate change, 2013. *Climate Change. The Physical Science Basis*. Disponível: <http://www.ipcc.ch/report/ar5/wg1/>. Acesso: 13 ago. 2016.
- IPCC. Intergovernmental panel on climate change, 2014. *Climate Change. Synthesis Report Summary for Policymakers*. Disponível: <https://www.ipcc.ch/report/ar5/syr/>. Acesso: 21 ago. 2016.
- Lobell, D. B., Burke, M. B., Tebaldi, C., Mastrandrea, M. D., Falcon, W. P., Naylor, R. L., 2010. Prioritizing climate change adaptation needs for food security in 2030. *Science* 319, 607-610.

- Mantua, N. J., Hare, S. R., 2002. The Pacific Decadal Oscillation. *Journal of Oceanography* 58, 35-44.
- Mantua, N. J., Hare, S. R., Zhang, Y., Wallace, J. M., Francis, R. C., 2007. A Pacific interdecadal climate oscillation with impacts on salmon production. *Bull American Meteorological Society* [online] 78. Disponível: [http://dx.doi.org/10.1175/1520-0477\(1997\)078%3C1069:APICOW%3E2.0.CO;2](http://dx.doi.org/10.1175/1520-0477(1997)078%3C1069:APICOW%3E2.0.CO;2). Acesso: 27 ago. 2016.
- Maynard, T., Beecroft, N., Gonzalez, S., Restell, L., 2014. *Catastrophe Modelling and Climate Change*. Lloyd's, London.
- Marengo, J. A., Jones, R., Alves, L., Valverde, M., 2009. Future change of temperature and precipitation extremes in South America as derived from the PRECIS regional climate modeling system. *International Journal of Climatology* 29, 2241-2255.
- Marengo, J. A., Chou, S. C., Kay, G., Alves, L. M., Pesquero, J. F., Soares, W. R., Santos, D. C., Lyra, A. A., Sueiro, G., Betts, R., Chagas, D. J., Gomes, J. L., Bustamante, J. F., Tavares, P., 2012. Development of regional future climate change scenarios in South America using the Eta CPTEC/HadCM3 Climate Change Projections: Climatology and regional analyses for the Amazon, São Francisco and the Parana river basins. *Climate Dynamics* 38, 1829-1848.
- Pinheiro, A., Graciano, R. L. G., Severo, D. L., 2013. Tendência das séries temporais de precipitação da região sul do Brasil. *Revista Brasileira de Meteorologia* [online] 28. Disponível: <http://dx.doi.org/10.1590/S0102-77862013000300005>. Acesso: 13 fev. 2016.
- Robbins, K. L., 1986. A method, SAS program, and example for fitting the broken-line to growth data. University of Tennessee Agricultural Experiment Station, Tennessee.
- Santos, A. C., Brito, J. I. B., Rao, T. V. R., Menezes, H. E. A., 2009. Tendências dos índices de precipitação no estado do Ceará. *Revista Brasileira de Meteorologia* [online] 24. Disponível: <http://dx.doi.org/10.1590/S0102-77862011000100014>. Acesso: 28 jul. 2016.
- Thornton, P. K., Jones, P. G., Ericksen, P. J., Challinor, A. J., 2011. Agriculture and food systems in sub-Saharan Africa in a 4°C world. *Philosophical Transactions of the Royal Society A: Mathematical, Physical and Engineering Sciences* 369, 117-136.
- Wanderley, H. S., Sediya, G. C., Justino, F. B., Alencar, L. P., Delgado, R. C., 2013. Variabilidade da precipitação no Sertão do São Francisco, estado de Alagoas. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental* 17, 790-795.
- Wanderley, H. S., Carvalho, A. L., Fernandes, R. C., Souza, J. L., 2014. Mudança no Regime Temporal da Temperatura do ar e Precipitação Pluviométrica na região de Rio Largo, Alagoas. *Revista Brasileira de Geografia Física* 07, 662-667.
- Santos, M. P., 1999. O Saneamento frente às Situações Emergenciais motivadas pelas Enchentes: Caso do Município do Rio de Janeiro. Dissertação (Mestrado). Rio de Janeiro, Fundação Oswaldo Cruz.
- Villegas, J. R., Jarvis, A., Läderach, P., 2013. Empirical approaches for assessing impacts of climate changer on agriculture: The Eco Crop model and a case study with grain sorghum. *Agricultural and Forest Meteorology* [online] 170. Disponível: <http://dx.doi.org/10.1016/j.agrformet.2011.09.005>. Acesso: 05 set. 2016.
- Yeh, S. W., Kug, J. S., Kwon, M. H., Kirtman, B. P., Jin, F. F., 2009. El Niño in a changing climate. *Nature* 461, 511-514.