



XVI SIMPÓSIO DE RECURSOS HÍDRICOS DO NORDESTE
15º SIMPÓSIO DE HIDRÁULICA E RECURSOS HÍDRICOS DOS PAÍSES
DE LÍNGUA PORTUGUESA

**AVALIAÇÃO DOS ÍNDICES DE EXTREMOS CLIMÁTICOS NO AGRESTE
CENTRAL DE PERNAMBUCO**

Maendra Pollinne Arcoverde Soares¹ ; Freds Fernando Alves de Almeida² ; Werônica Meira de Souza³

RESUMO – Os eventos extremos têm se tornando cada vez mais presentes, provocando uma série de desastres naturais, tais como, episódios de estiagens e secas, enchentes e inundações, afetando os recursos hídricos e causando impactos de âmbito social e econômico. O objetivo do trabalho foi avaliar as tendências climáticas dependentes da precipitação pluviométrica no Agreste Central de Pernambuco a partir dos índices climáticos. Foram selecionados dados de precipitação pluviométrica de 9 dos 71 municípios do Agreste de Pernambuco no período de 1963 a 2017, obtidos no site da APAC. Os dados foram processados através do software RClimdex, e gerados os índices climáticos PRCPTOT, DCS, Rx1day e R25mm. Os resultados mostraram uma tendência de diminuição da Precipitação Total Anual para todas as localidades exceto Barra de Guabiraba e Cachoeirinha. Para os Dias Consecutivos Secos observou-se um equilíbrio entre as localidades. Quanto à Quantidade Máxima de Precipitação em Um Dia, somente as cidades de Brejo da Madre de Deus e Cachoeirinha indicaram leves tendências negativas não significativas, as demais apontaram diminuição. Números de dias com Precipitação acima de 25mm apresentaram tendências negativas para todas as cidades, porém, valores não significativos. Portanto, concluímos que há tendência de diminuição na quantidade de chuva para região.

ABSTRACT– Extreme events have become increasingly present, causing a series of natural disasters, such as episodes of droughts and floods, affecting water resources and causing social and economic impacts. The objective of this work was to evaluate the climatic trends dependent on rainfall in the Agreste Central of Pernambuco from the climatic indices. Rainfall data from 9 of the 71 municipalities in Agreste de Pernambuco were selected from 1963 to 2017, obtained from the APAC website. Data were processed using RClimdex software, and climatic indices PRCPTOT, DCS, Rx1day and R25mm were generated. The results showed a downward trend in Total Annual Precipitation for all locations except Barra de Guabiraba and Cachoeirinha. For the Consecutive Dry Days, a balance was observed between the locations. As for the Maximum Amount of Precipitation in One Day, only the cities of Brejo da Madre de Deus and Cachoeirinha showed slight negative trends that were not significant, the others showed a decrease. Numbers of days with Precipitation above 25mm showed negative trends for all cities, however, non-significant values. Therefore, we conclude that there is a tendency to decrease the amount of rain for the region.

Palavras-Chave – Aquecimento Global, Mudanças climáticas, Precipitação pluviométrica.

¹) Mestranda, UFAPE, maendra.arcoverde@gmail.com

²) Bolsista PDCTR (Pós-doutorado) Dr., UFAPE, fredsfernando@gmail.com

³) Professora Dra., UFAPE, weronica.meira@gmail.com

INTRODUÇÃO

A presença de eventos extremos vem sendo cada vez mais evidente em todas as áreas do mundo. São vários os processos que levam a ocorrência de mudanças climáticas, como o aumento das concentrações dos gases como o dióxido de carbono (CO₂), metano (CH₄) e óxido nitroso (N₂) na atmosfera, causando o aumento da temperatura global, elevação do nível dos oceanos e intensificação da variabilidade espacial e da magnitude dos valores de precipitação.

Segundo o Quarto Relatório de Avaliação do Grupo de Trabalho I do “Intergovernmental Panel on Climate Change” (IPCC AR4) divulgado em fevereiro de 2007, é sugerido que é muito provável, que a maior parte do aumento na temperatura global média observada no planeta, desde meados do século XX possa ser explicada pelo aumento nas concentrações de gases de efeito estufa (IPCC, 2007a), associada às atividades antrópicas. Neste contexto, pode-se observar mudanças significativas no clima e extremos climáticos, e os seus impactos nos diversos sistemas físicos e biológicos devido a elevação da temperatura do ar como apresentados no relatório do Grupo de Trabalho II (IPCC, 2007a).

Pode-se observar, em diversas regiões do Brasil, que a ocorrência de eventos extremos é cada vez mais presente. Em regiões áridas e semiáridas há o risco de desertificação e em regiões como Sul e Sudeste, grandes enchentes até grandes períodos de estiagem, causando assim grandes impactos sociais.

A disponibilidade hídrica per capita na região atualmente é insuficiente nos Estados do Rio Grande do Norte, Paraíba, Pernambuco, Alagoas e Sergipe, sem contar as variações regionais, que tornam a situação ainda mais insustentável para os oito milhões de habitantes do semiárido.

Grande parte da região do semiárido nordestino enfrenta um problema, já crônico, de falta de água, devido à irregularidade das chuvas e aos baixos índices pluviométricos. Principal obstáculo ao desenvolvimento das atividades agrárias e agropecuárias (MARENCO, 2011a).

O Estado de Pernambuco é uma região que apresenta grande variabilidade climática, como irregularidades no regime de chuvas. A vegetação característica é a caatinga hipoxerófila, apresentando médias de precipitação pluviométrica anuais oscilando entre 500 e 800 mm, e áreas com precipitação média anual variando entre 600 e 900 mm (RODRIGUES, 2008).

Possuindo 24.394 Km², o Agreste, representa uma área de transição entre o litoral e o sertão, situa-se totalmente no planalto da Borborema. Recebem umidade das massas de ar dos sistemas meteorológicos que atuam sobre a mesorregião: Zona de Convergência Intertropical (ZCIT), Ondas de Leste, Vórtice Ciclônico de Atmosfera Superior (VCAS). O Agreste corresponde à bacia leiteira

do Estado, e que teve essa posição graças à pecuária sendo uma atividade acessória ao cultivo da cana-de-açúcar na Zona da Mata (AMORIN, 2006).

A Região Nordeste caracteriza-se naturalmente como de alto potencial para evaporação da água, em função da enorme disponibilidade de energia solar e altas temperaturas. Aumentos de temperatura associados à mudança de clima decorrente do aquecimento global, independente do que possa vir a ocorrer com as chuvas, já seriam suficientes para causar maior evaporação de lagos, açudes e reservatórios e grande evaporação das plantas. Ou seja, se não houver aumento no volume de chuvas, a água se tornará um bem mais escasso, com sérias consequências para a sustentabilidade do desenvolvimento regional. (MARENCO, 2010).

Portanto, o objetivo deste trabalho foi avaliar as tendências climáticas dependentes da precipitação pluviométrica no Agreste Central de Pernambuco a partir dos índices climáticos.

MATERIAL E MÉTODOS Caracterização da área de estudo

A região Agreste de Pernambuco é subdividida em três Regiões de Desenvolvimento (RD's): Agreste Central, Agreste Meridional e Agreste Setentrional, sendo estas regiões compostas por: 26, 26 e 19 municípios, respectivamente, totalizando 71 municípios (Figura 1).

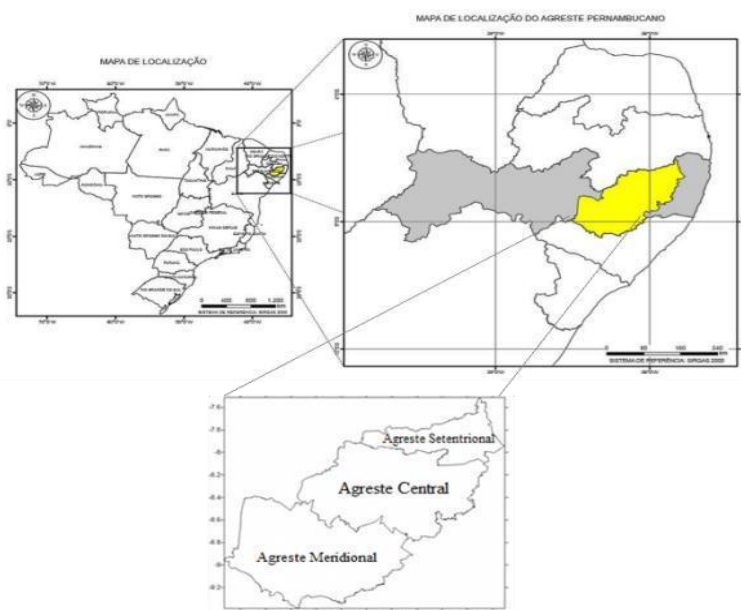


Figura 1. Mapa de localização do Brasil, com identificação do estado de Pernambuco e destaque para as regiões do Agreste Setentrional, Central e Meridional. Fonte: ITEP (2017).

O Agreste central da região do presente estudo, é composto pelos seguintes municípios: Agrestina, Alagoinha, Altinho, Barra de Guabiraba, Belo Jardim, Bezerros, Bonito, Brejo da Madre

Deus, Cachoeirinha, Camocim de São Félix, Caruaru, Cupira, Gravatá, Ibirajuba, Jataúba, Lagoa dos Gatos, Pannels, Pesqueira, Poção, Riacho das Almas, Sairé, Sanharó, São Bento do Una, São Caetano, São Joaquim do Monte e Tacaimbó.

MATERIAL E MÉTODOS

Foi realizado o levantamento dos dados mensais de precipitação pluviométrica existentes no período de 1963 a 2017, dos 26 municípios que compreendem a região do Agreste Central de Pernambuco. Após a análise dos dados foram selecionados apenas 9 postos pluviométricos, com séries climatológicas que constituíssem um período de dados maior ou igual a 30 anos. Esses dados das estações pluviométricas foram fornecidos gratuitamente pela Agência Pernambucana de Águas e Clima (APAC). Na tabela 1 estão as referências dos postos, as cidades e a série de dados de cada posto (início-fim).

É importante ressaltar que muitos desses dados apresentam falhas de informação em determinados períodos, por isso foi necessária a utilização de dados de mais um posto de observação para que a série de informações diárias estivesse mais completa possível.

Tabela 1: cidades utilizadas no estudo

Referência	Cidade	Início-fim
140	Alagoinha	1963-2017
58	Barra de Guabiraba	1963-2006
459	Barra de Guabiraba	2010-2017
	Belo Jardim	1963-2012
20	Belo Jardim	2013-2017
67	Bezerros	1963-2017
	Brejo da Madre de Deus	1963-2012
113	Brejo da Madre de Deus	2013-2017
	Caruaru	1963-2012
211	Caruaru	2013-2017
58	Gravatá	1963-2017
21	São Bento do Una	1963-2017

É importante ressaltar que muitos desses dados apresentam falhas de informação em determinados períodos, por isso foi necessária a utilização de dados de mais um posto de observação para que a série de informações diárias estivesse mais completa possível.

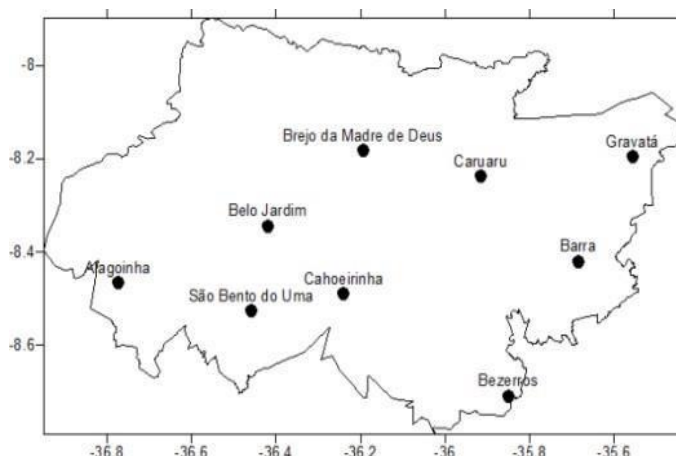


Figura 2. Distribuição espacial das estações pluviométricas na região do Agreste Central.
Fonte: Elaborado pelo autor.

Para o desenvolvimento da pesquisa foi utilizado o software RCLimindex que é um programa usado no cálculo de índices de extremos climáticos para monitorar e detectar mudanças climáticas.

O RCLimindex foi desenvolvido por Byron Gleason do National Climate Data Centre (NCDC) da NOAA, e tem sido usado em oficinas CCI/CLIVAR (International Research Programme on Climate Variability and Predictability) desde 2000. O software calcula todos os 27 índices básicos, derivados da precipitação e da temperatura, recomendados pela equipe de peritos do CCI/CLIVAR para “Climate Change Detection Monitoring and Índices” (ETCCDMI). O pacote RCLimindex 2.9.0 é de distribuição gratuita e está disponível no sítio: <http://ccma.seos.uvic.ca/ETCCDMI/>.

Ressalta-se que dos 27 índices básicos recomendados pela equipe do ETCCDMI (Zhang e Yang, 2004), serão utilizados quatro índices identificados na Tabela 2, em virtude dos objetivos propostos neste trabalho.

Tabela 2 – Índices climáticos dependentes da precipitação, com suas definições e unidades.

ID	Nome do indicador	Definição	Unidade
PRCPTOT	Precipitação total anual nos dias úmidos	Precipitação total anual nos dias úmidos ($RR \geq 1\text{mm}$)	mm
DCS	Dias consecutivos secos	Número máximo de dias consecutivos secos ($RR < 1\text{mm}$)	dias
Rx1day	Quantidade máxima de precipitação em um dia	Máximo anual de precipitação em um dia	mm
R25mm	Número de dias com precipitação acima de 25mm	Número de dias em um ano em que a precipitação foi igual ou maior que 25mm	dias

A seguir estão apresentadas as definições dos 4 índices utilizados nesse trabalho.

1. PRCPTOT (Precipitação total anual nos dias úmidos) [mm]: Seja RR_{ij} a quantidade diária de precipitação num dia i num período j . Se I representa o número de dias em então:

$$PRCPTOT_j = \sum_{i=1}^I RR_{ij} \quad (1)$$

2. CDD (Dias consecutivos secos) [dias]: Seja RR_{ij} a quantidade diária de precipitação num dia i num período j . Conte o maior número de dias consecutivos onde:

$$RR_{ij} < 1mm \quad (2)$$

3. RX1day (Quantidade máxima de precipitação em um dia) [mm]: Seja RR_{ij} o total diário de precipitação num dia i num período j . Então, os valores máximos de 1 dia para o período j são:

$$Rx1day_j = \max(RR_{ij}) \quad (3)$$

4. Rnn (Número de dias acima de nn mm) [dias]: Seja RR_{ij} a quantidade diária de precipitação num dia i num período j . Se nn representa qualquer valor razoável de precipitação diária, então, conte o número de dias em que:

$$RR_{ij} \geq nn \text{ mm} \quad (4)$$

Procurou-se fazer um levantamento o mais preciso possível dos dados climatológicos de precipitação pluviométricas diários de 9 das 71 cidades que compõem o Agreste de estado Pernambuco.

Devido ao fato de todos os postos não apresentarem todos os períodos de informações completos, foram utilizados dados da mesma data e cidade, porém de postos meteorológicos diferentes, para obtenção de uma planilha final de séries de dados diárias utilizada no Rclimindex, e que as falhas nas informações fossem reduzidas ao máximo.

Para a avaliação das tendências foram utilizados os dados corrigidos e padronizados ao máximo para o período de 1963 a 2017.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os dados obtidos através do programa serão mostrados a seguir nas figuras 3, 4, 5 e 6, cada uma com seu determinado tipo de avaliação.

Pode-se observar na figura 3 que a maioria das localidades apresentam tendência negativa de Precipitação Total Anual com valores significativos no volume de chuvas, com destaque para as cidades de Caruaru, São Bento do Uma, Belo Jardim e Bezerros.

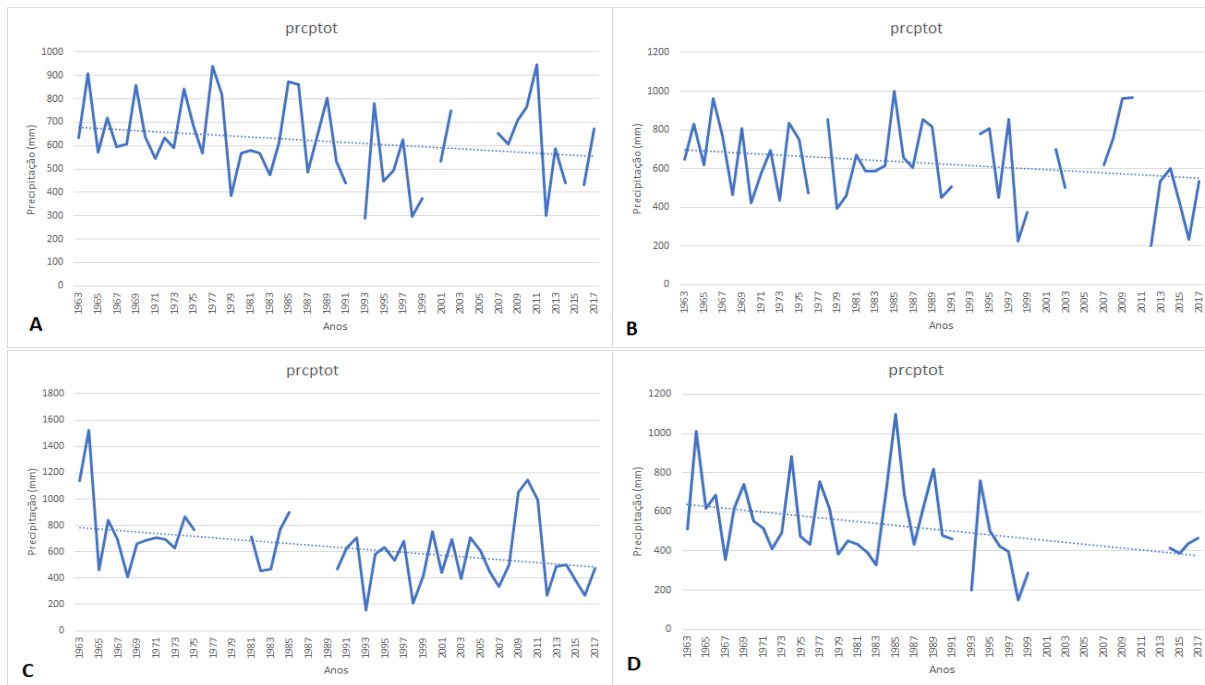


Figura 3. Precipitação Total nos dias úmidos nas localidades de Caruaru (A), São Bento do Una (B), Belo Jardim (C), Bezerros (D) no período de 1963 a 2017.

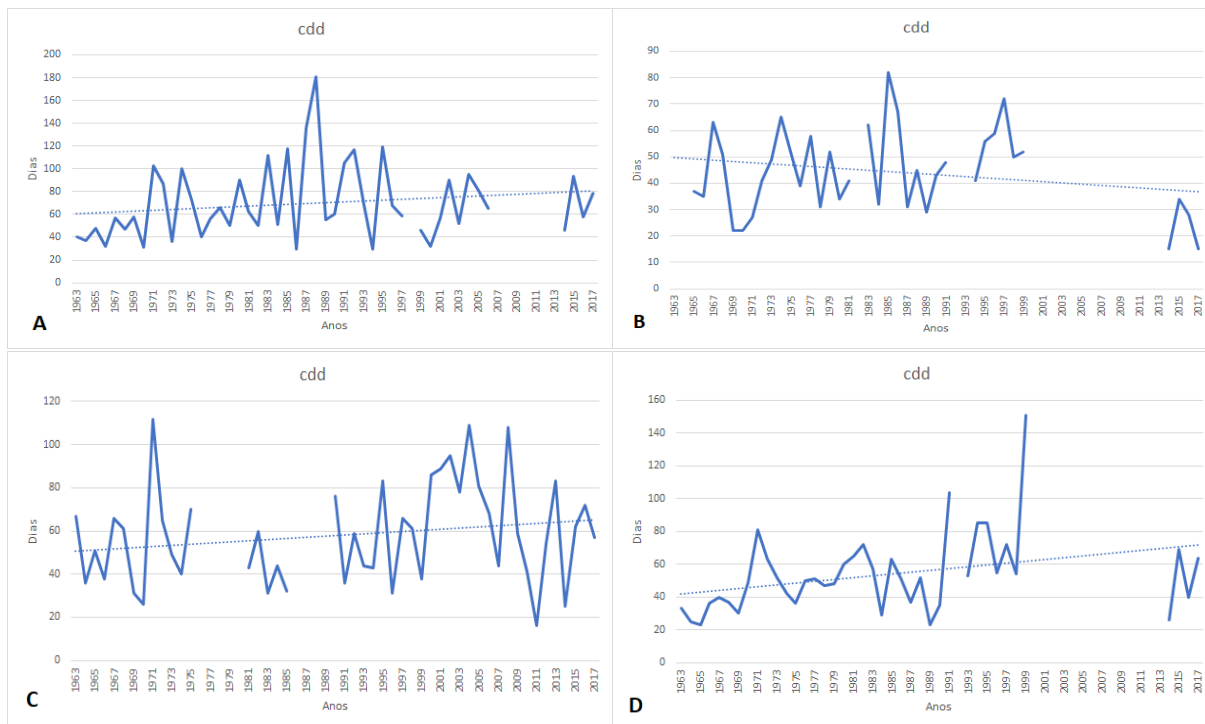


Figura 4. Número de dias consecutivos secos nas localidades de Alagoinha (A), Barra de Guabiraba (B), Belo Jardim (C), Bezerros (D) no período de 1963 a 2017.

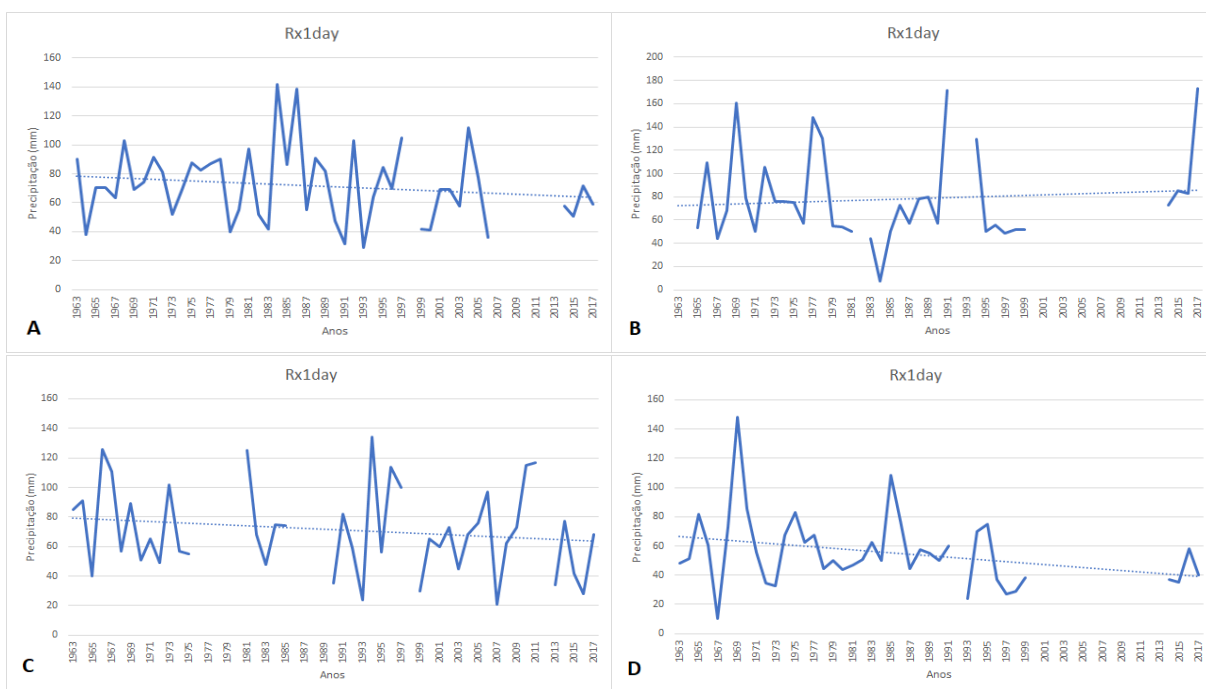


Figura 5. Quantidade máxima de precipitação em um dia de chuva nas localidades de Alagoinha (A), Barra de Guabiraba (B), Belo Jardim (C), Bezerros (D) no período de 1963 a 2017.

A respeito da Quantidade Máxima de Chuva em Um Dia (Figura 5), com exceção para as cidades de Brejo da Madre de Deus e Cachoeirinha, todas apontaram uma forte diminuição, principalmente, Barra de Guabiraba, Bezerros e Gravatá, com expressivas diminuições no máximo de chuva em um dia.

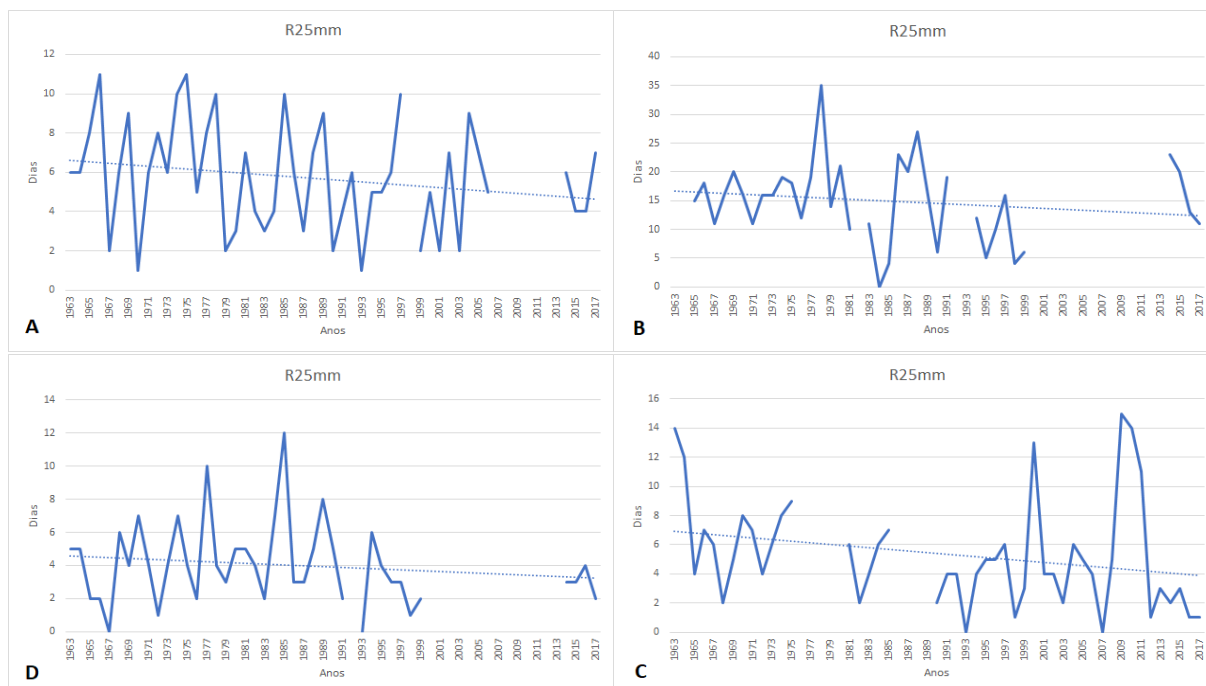


Figura 6. Número de dias com precipitação acima de 25 mm nas localidades de Alagoinha (A), Barra de Guabiraba (B), Belo Jardim (C), Bezerros (D) no período de 1963 a 2017.

Foi possível constatar que houve uma diminuição na frequência de chuvas acima de 25mm (Figura 6), para todas as localidades, mesmo não sendo tendências tão acentuadas. A cidade de Cachoeirinha foi a que não apresentou valores significativos quanto a alteração no seu volume de chuvas.

A saída do RCLimindex para todos os índices, fornecem dados estatísticos, tais como: tendência linear calculada pelo método de mínimos quadrados; nível de significância estatística da tendência (valor p); coeficiente de determinação (r^2) e erro padrão de estimativa; assim como, os gráficos das series anuais. Foram consideradas como possíveis tendências climáticas os índices que apresentaram tendência linear (positiva ou negativa) superior ao erro padrão de estimativa e estatisticamente significativa ($p < 0,05$: alta significância estatística; $p < 0,1$: boa significância estatística), obtidos pelo teste “t” Student, gerado pelo software (SOUZA, 2012).

A maioria das localidades apresentaram tendência de diminuição do Rxday e da Precipitação total anual, com exceção da precipitação diária acima de 30 mm (R30mm), onde todos os municípios indicam redução dos dias chuvas cima de 30 mm. A maior parte dos municípios analisados apontaram aumento dos dias consecutivos secos (cdd). O município de São Bento do Una destacou-se com maior significância em todos os parâmetros. Ressalta-se que os valores marcados em negrito apresentam significância estatística.

Tabela 3 - Tendências dos índices de extremos climáticos dependentes da precipitação pluvial para o Agreste Central pernambucano. ($p < 0,05$: alta significância estatística; $p < 0,1$: boa significância estatística).

	rxlday	R30mm	cdd	prcptot
Alagoinha	-0.274	-0.033	0.384	-2.865
Barra	0.255	-0.079	-0.24	7.512
Belo Jardim	-0.136	-0.047	0.372*	-4.992**
Bezerros	-0.497	-0.025	0.547*	-4.781*
Brejo da Madre de Deus	0.097	-0.018	0.492	-3.361*
Cachoeirinha	0.015	-0.011	-0.802	2.287
Caruaru	-0.166	-0.034	-0.116	-3.292*
Gravatá	-0.43	-0.047	-0.354	-1.505
São Bento do Una	-0.303	-0.053*	0.187*	-3.207*

A distribuição espacial dos índices de extremos climáticos no Agreste Central está representada na Figura 7. Apesar da maioria dos parâmetros avaliados não possuírem tendências com significância

estatística, observa-se uma diminuição na quantidade de chuva para região e aumento dos dias consecutivos secos.

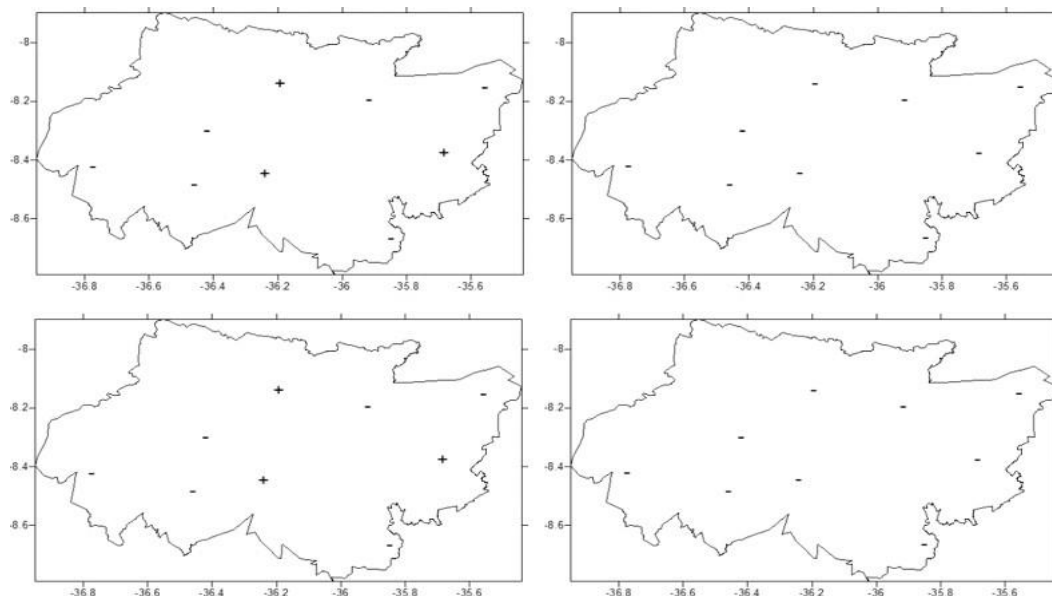


Figura 7 – Distribuição espacial dos índices de extremos climáticos no Agreste Central.

CONCLUSÕES

De forma geral, identificou-se diminuição na quantidade de chuva para a região do Agreste Central, redução da precipitação total, de dias com precipitação acima de 25 mm e aumento da frequência de dias secos na região. Porém, o município de São Bento do Una foi o que mais se destacou, apresentando valores significativos.

REFERÊNCIAS

AMORIN, G.R.S., SANTOS JÚNIOR, E.A.G., FERREIRA, V.S., CARVALHO, S.R.P., GALVÍNIO, J.D. Estimativa do Balanço Hídrico no Agreste de Pernambuco, Congresso Brasileiro de Meteorologia, Edição XIV, Florianópolis – SC, 2006, 7 p. (em meio digital).

INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE – IPCC. Climate change 2007: the physical science basis summary for policymakers. [S.l.], 2007a. Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change.

MARENGO, J.A.; Alves, L.M.; BESERRA, E. A.; LACERDA, F. F. Variabilidade e Mudanças Climáticas no Semiárido Brasileiro, 2011a.

MARENGO, Jose A. "Vulnerabilidade, impactos e adaptação à mudança do clima no semiárido do Brasil." *Parcerias estratégicas* 13.27 (2010): 149-176.

RODRIGUES, P. C. G., CHAGAS, M. G. S., SILVA, F. B. R., PIMENTEL, R. M. M. Ecologia dos Brejos de Altitude do Agreste Pernambucano, *Revista de Geografia*. Recife: UFPE – DCG/NAPA, v. 25, n. 3, set/dez. 2008.

ZHANG, X., YANG, F. (2004). RCLimDex. User Guide. Climate Research Branch Environment Canada. Downsview (Ontario, Canada), 22p.