

# ANÁLISE CLIMÁTICA DA PRECIPITAÇÃO NO SUBMÉDIO DA BACIA DO RIO SÃO FRANCISCO COM BASE NO ÍNDICE DE ANOMALIA DE CHUVA

CLIMATE ANALYSIS OF THE RAINFALL ON SUB-MEDIUM PART  
OF THE SÃO FRANCISCO RIVER BASIN BASED ON THE RAIN ANOMALY INDEX

## *Janaina Maria Oliveira de Assis*

Doutoranda do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil na Universidade Federal de Pernambuco (UFPE) – Recife (PE), Brasil.

## *Werônica Meira de Souza*

Professora da Unidade Acadêmica de Garanhuns (UAG) na Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRPE) e do Programa de Pós-Graduação em Desenvolvimento e Meio Ambiente (Prodema) na UFPE – Garanhuns (PE), Brasil.

## *Maria do Carmo Sobral*

Professora do Programa de Pós-Graduação do Departamento de Engenharia Civil da UFPE e do Prodema/UFPE – Recife (PE), Brasil.

### **Endereço para correspondência:**

Janaina Maria Oliveira de Assis – Rua Ares, 487, – Pau Amarelo – 53429-560 – Recife (PE), Brasil.  
E-mail: jmoassis@gmail.com

## **RESUMO**

O semiárido do Nordeste do Brasil é uma das regiões mais vulneráveis às mudanças do clima, sendo necessárias ferramentas para o monitoramento dos períodos seco e chuvoso na região, pois auxiliam na gestão dos recursos hídricos, como abastecimento das cidades e projetos de irrigação. Assim, este trabalho teve como objetivos analisar a variabilidade espaço-temporal da precipitação climática e caracterizar os períodos seco e úmido no trecho submédio da bacia hidrográfica do Rio São Francisco. Foram utilizados totais anuais de precipitação de 36 postos pluviométricos espacialmente distribuídos na área de estudo, no período de 1964 a 2014, fornecidos pela Agência Pernambucana de Águas e Clima (Apac) e pela Agência Nacional de Águas (ANA). Utilizou-se a técnica do índice de anomalia de chuva (IAC) para determinar os períodos seco e úmido. Pode-se observar a variação de anos seco e chuvoso na região ao longo do período estudado, assim como sua intensidade. Os resultados mostraram tendência de diminuição dos totais pluviométricos, que se tornou mais frequente a partir da década de 1980, caracterizando um ponto de inversão entre a primeira e a segunda metade da série histórica, predominando os anos secos.

**Palavras-chave:** clima; extremos climáticos; semiárido.

## **ABSTRACT**

The semi-arid Northeast Brazil is one of the most vulnerable regions to climate changes, being necessary tools for monitoring the dry and rainy seasons in the region, as aid in the management of water resources, as supply of cities and irrigation projects. This work aimed to analyze the space-temporal variability of climate rainfall and characterize the dry and wet periods in the lower-middle stretch of the São Francisco River basin. Total annual precipitation of 36 stations spatially distributed rainfall in the study area was used during the period from 1964 to 2014, provided by Pernambuco Agency for Waters and Climate and the National Water Agency. We used the technique of rain anomaly index (IAC) to determine the dry and wet periods. It's possible to observe the variation of dry and wet years in the region over the study period, as well as its intensity. The results showed a downward trend in rainfall totals, which became more frequent from the 1980s, featuring a turning point between the first and second half of the series, predominantly dry years.

**Keywords:** climate; climatic extreme; semiarid.

## INTRODUÇÃO

As mudanças do clima têm intensificado cada vez mais a problemática da escassez hídrica, sobretudo em áreas áridas e semiáridas do planeta. A região semiárida do Nordeste do Brasil encontra-se inserida nesse contexto, uma vez que apresenta grande tendência à aridização, acompanhada de diminuição da oferta hídrica em função da alteração nos padrões pluviométricos, com diminuição da frequência e da intensidade das chuvas.

Diante da problemática da escassez hídrica, o monitoramento de períodos seco e chuvoso e da variabilidade espaçotemporal da precipitação no Nordeste brasileiro é de grande importância, por conta principalmente da existência de inúmeros projetos de irrigação e do abastecimento de água das grandes cidades. Vale ressaltar que a maioria das culturas agrícolas depende exclusivamente da regularidade das chuvas, e a possibilidade de água subterrânea é pequena quando comparada à da água superficial (FREITAS, 1998).

De acordo com o *Intergovernmental Panel on Climate Change* (IPCC, 2007), as projeções futuras associadas aos impactos das mudanças climáticas apontam para o aumento da frequência dos eventos extremos nessas regiões, provocando secas mais prolongadas. Reforçando essa afirmação, pesquisadores do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (Inpe) desenvolveram modelos regionais para cenários futuros, com maior resolução espacial. Tais modelos sugerem que a temperatura poderá aumentar, em função do cenário, de 1,5 a 2,5°C e em até 3 a 5,5°C até o fim do século XXI. Com o aquecimento, haverá aumento na evaporação e diminuição da disponibilidade hídrica (LIMA *et al.*, 2011).

Conforme o Painel Brasileiro de Mudanças Climáticas (PBMC, 2013), as mudanças do clima e a consequente alteração do ciclo hidrológico evidenciam-se não apenas nos padrões pluviométricos, como também nas taxas de recarga de águas subterrâneas. Do mesmo modo, a elevação de temperatura tem efeito significativo no aumento da evaporação, o que poderá prejudicar a eficiência de armazenamento nos reservatórios superficiais.

Em estudo recente, Assis *et al.* (2012) identificaram tendência média de diminuição para a precipitação e aumento do número de dias secos consecutivos em bacias hidrográficas do semiárido de Pernambuco,

por meio de metodologia recomendada pela Organização Meteorológica Mundial (OMM).

Do mesmo modo, o IV Relatório do IPCC (IPCC, 2007) demonstra que, em média, na maioria dos modelos existe maior probabilidade de redução das chuvas no Nordeste brasileiro, como consequência das mudanças climáticas globais. As projeções apresentadas no Relatório do Clima do Inpe (CPTEC/INPE, 2007) mostram que, pelo fato de praticamente todos os modelos convergirem numa situação de clima mais seco, se consideram essas projeções como um grau de certeza grande.

Levando em conta o modelo do Centro Climático Britânico, o HadCM3, e o cenário pessimista, relata-se tendência de extensão da deficiência hídrica para a região Nordeste do Brasil, particularmente para a região semiárida, que sofre forte tendência de aridização até o fim do século XXI.

Um importante registro de escassez hídrica na região semiárida nordestina é observado na situação crítica de armazenamento de água dos reservatórios de Sobradinho e Itaparica, localizado no Rio São Francisco, que se encontram operando com menos de 30% da capacidade (ONS, 2012). Essa situação de escassez hídrica no Rio São Francisco tem provocado conflitos entre os múltiplos usos, particularmente em relação à redução da vazão à jusante dos reservatórios, que tem contribuído para a diminuição da qualidade da água nesse corpo hídrico.

O índice de anomalia de chuva (IAC) é uma metodologia que vem sendo aplicada e difundida no Nordeste do país para caracterizar os períodos extremos (seco e chuvoso), assim como as diferentes intensidades desses eventos no tempo e no espaço. Um ponto crucial no emprego de um índice como tal, assim como de qualquer outro índice climático, reside na escolha do patamar a ser estabelecido para a definição de um período de seca. Nesse sentido, Freitas (1998; 2004) observou que com base nesse índice é possível fazer a comparação das condições atuais de precipitação quanto aos valores históricos, servindo ainda para avaliar a distribuição espacial do evento, consoante a sua intensidade.

O monitoramento de períodos de seca ou períodos chuvosos é particularmente útil, uma vez que auxilia na gestão dos recursos hídricos, como abastecimento de água de grandes cidades e projetos de irrigação, por exemplo.

Diante do exposto, este trabalho teve como objetivos investigar, por intermédio de séries temporais de precipitação, como se dá a variabilidade espaço-temporal das

chuvas no trecho submédio da bacia hidrográfica do Rio São Francisco e caracterizar os períodos seco e chuvoso, além de sua intensidade, fundamentado no IAC.

## MATERIAIS E MÉTODOS

### Área de estudo

Este artigo teve como objeto de estudo o trecho submédio da bacia hidrográfica do Rio São Francisco localizado na porção semiárida do Nordeste brasileiro, no oeste do estado de Pernambuco e norte da Bahia,

entre os meridianos 43°W e 37°W e paralelos 7°S e 12°S. Compreende uma área de aproximadamente 122 mil km<sup>2</sup>, abrangendo municípios de dois estados nordestinos do país (Figura 1). A região é composta pe-

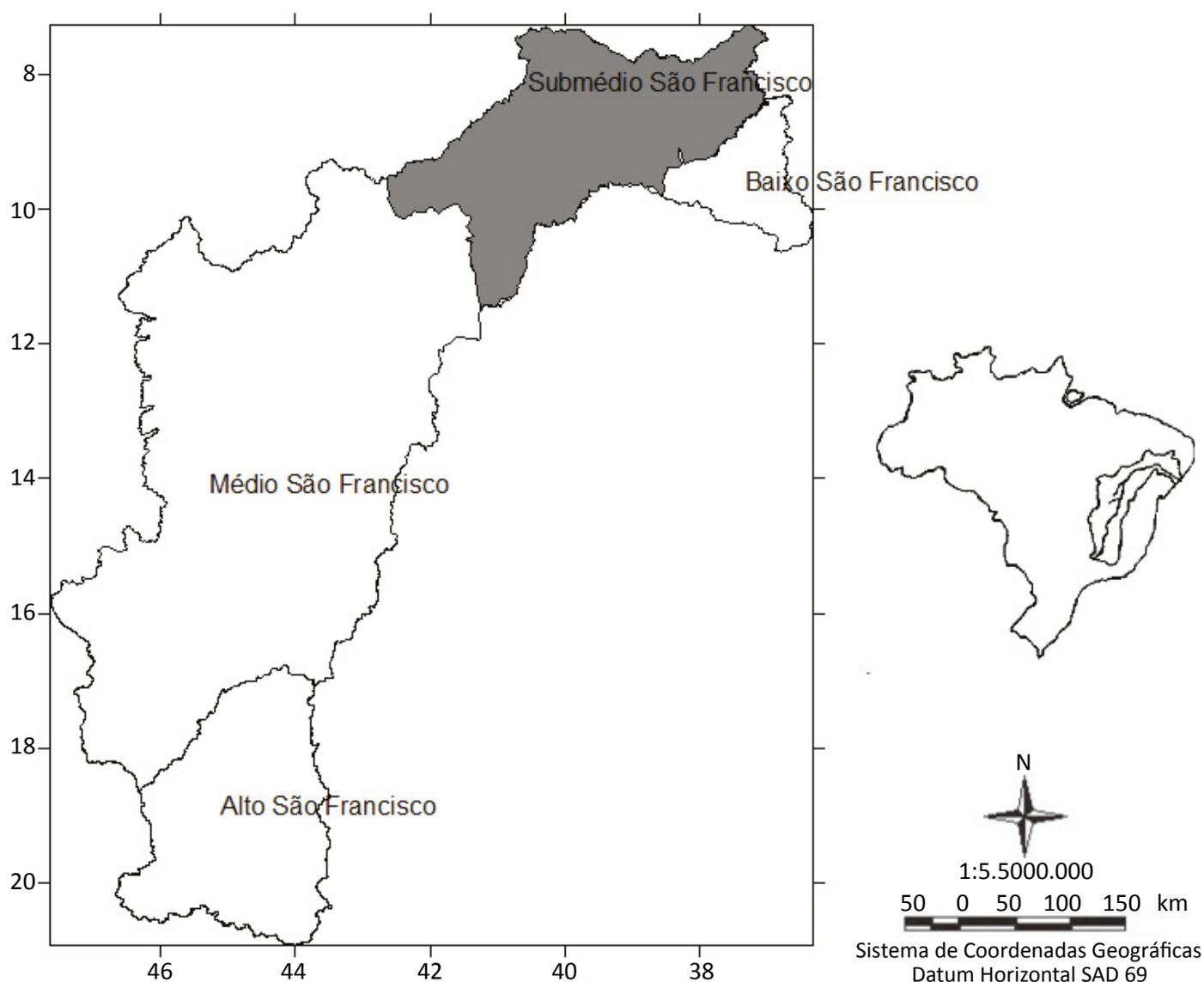


Figura 1 – Localização espacial do trecho submédio do Rio São Francisco.

las sub-bacias dos rios Pontal, Garças, Brígida, Pajeú, Moxotó e Xingó, pela margem esquerda. À margem direita, ficam as sub-bacias de Tourão, Salgado, Vargem, Curaçá, Macuru e Poço Comprido (EMBRAPA, 2009).

O submédio São Francisco engloba toda a mesorregião do Sertão de Pernambuco e grande parte da mesorregião do Agreste. Na parte situada no estado pernambucano, está limitado na porção leste com o trecho baixo da bacia do São Francisco. Já na parte localizada na Bahia, o submédio São Francisco abrange grande parte da mesorregião do Vale do São Francisco e pequena parcela do Centro-Norte, limitando-se ao sul com o trecho médio da bacia do São Francisco, no município de Remanso (BA). No total, o submédio São Francisco envolve 83 municípios, sendo 59 em Pernambuco e 24 na Bahia.

Do ponto de vista climático, a área do submédio São Francisco é caracterizada pela grande irregularidade das precipitações pluviométricas e apresenta como principal período chuvoso os meses de janei-

## Dados pluviométricos

Utilizaram-se nesta pesquisa os totais anuais de precipitação de 36 postos pluviométricos localizados no trecho submédio da bacia hidrográfica do Rio São Francisco, compreendendo o período de 1964 a 2014. Esses dados foram obtidos na Agência Pernambucana de Águas e Clima (Apac), mediante o banco de dados *online* disponível

## Índice de anomalia de chuva

Para caracterizar os anos extremos secos e chuvosos no submédio da bacia hidrográfica do Rio São Francisco, utilizou-se o IAC, que analisa a frequência em que ocorrem anos secos e anos chuvosos e a intensidade do evento. Com base na metodologia de Rooy (1965), adaptada para o Nordeste do Brasil por Freitas (2004), avaliou-se a variabilidade climática por intermédio da confecção dos índices climáticos espacializados no tempo e no espaço, detectando períodos considerados extremamente úmidos ou secos.

A avaliação do grau de severidade e duração dos períodos secos e úmidos foi realizada pelo cálculo do IAC (FREITAS, 1998; 2004), obtido mediante as Equações 1 e 2:

$$IAC = 3 \frac{(N - \bar{N})}{(M' - \bar{N})}, \text{ para anomalias positivas} \quad (1)$$

ro a abril. As chuvas que ocorrem no Sertão têm sua origem nas frentes frias, nos vórtices ciclônicos de ar superior (VCAS) e na zona de convergência intertropical (ZCIT). O início da pré-estação chuvosa ocorre em dezembro (extremo oeste) e está associado às instabilidades das frentes frias e aos VCAS, que atuam sobretudo nos meses de janeiro e fevereiro. A partir de fevereiro ou março, dependendo do ano, a ZCIT começa em todo o Sertão, que já se encontra em seu principal período chuvoso (SECTMA, 2006).

Os totais pluviométricos anuais oscilam, em média, entre 300 e 1.200 mm, com maiores valores observados no Alto Sertão pernambucano, com valores acima de 600 mm, e os menores no Sertão de São Francisco em Pernambuco e na Bahia, com totais entre 300 e 600 mm, em média. Na área de estudo a estação seca pode se prolongar por 7 a 10 meses. A semiaridez é bem acentuada na parte mais baixa, próxima ao Rio São Francisco, que apresenta o maior número de anos consecutivos secos, com precipitações abaixo do esperado.

no endereço <<http://www.apac.pe.gov.br/meteorologia/monitoramento-pluvio.php>>, e na Agência Nacional de Águas (ANA), em seu sistema de informações hidrológicas chamado de HidroWeb, pelo endereço eletrônico <<http://hidroweb.ana.gov.br/>>. A Figura 2 apresenta a distribuição espacial dos postos pluviométricos usados.

$$IAC = -3 \frac{(N - \bar{N})}{(\bar{X} - \bar{N})}, \text{ para anomalias negativas} \quad (2)$$

Em que:

IAC = índice de anomalia de chuva;

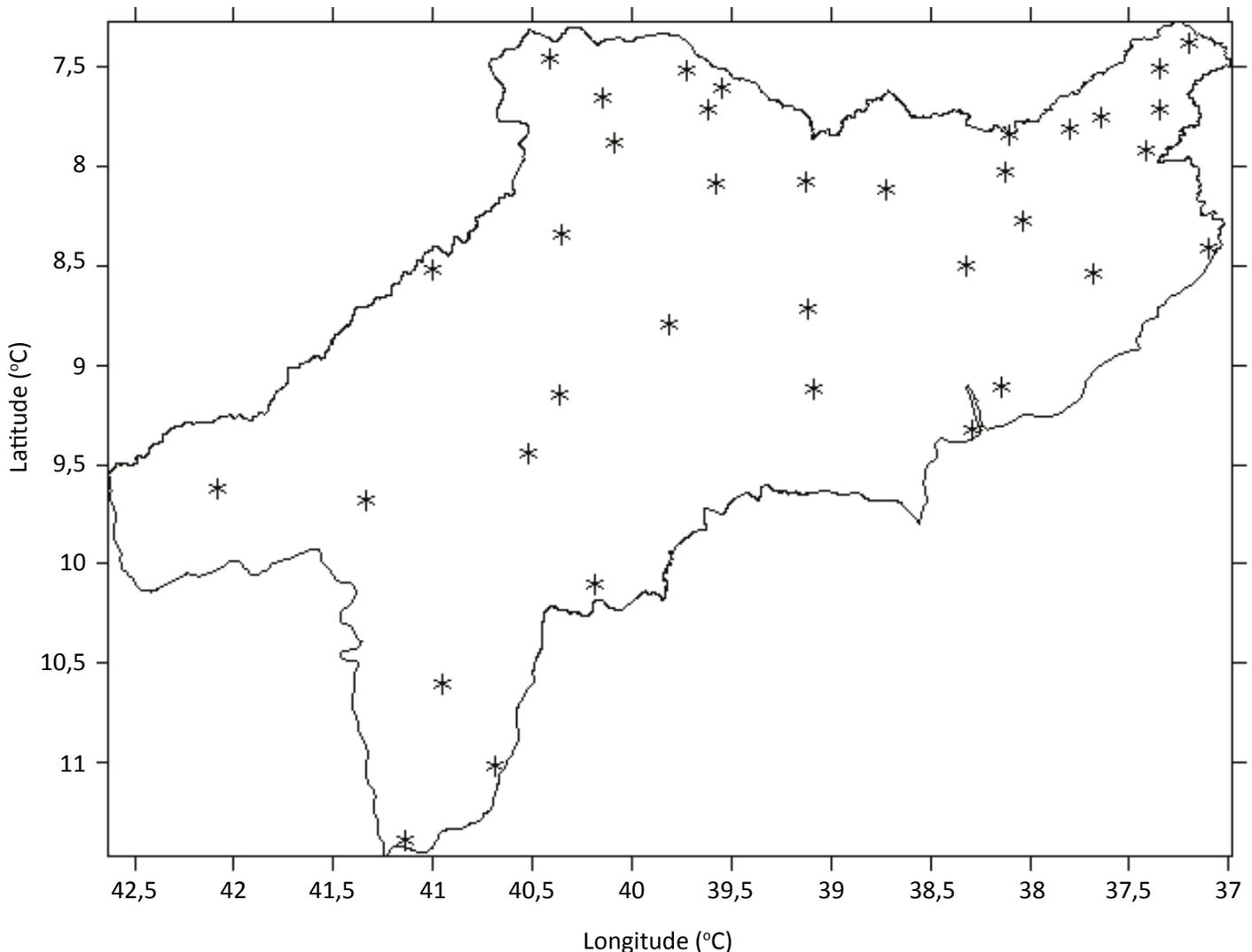
$\underline{N}$  = precipitação anual (mm);

$\bar{N}$  = precipitação média anual da série histórica (mm);

$M'$  = média das 10 maiores precipitações anuais da série histórica (mm);

$\bar{X}$  = média das 10 menores precipitações anuais da série histórica (mm).

Anomalias positivas são valores acima da média histórica de precipitação, e anomalias negativas,



**Figura 2 – Distribuição espacial dos postos pluviométricos no submédio do Rio São Francisco.**

valores abaixo de tal média histórica. Aplicando a metodologia proposta por Freitas (1998; 2004) e Araújo *et al.* (2007), foi utilizada a classificação

de anos secos e úmidos como indicador climático para a intensidade dessas anomalias, conforme mostra a Tabela 1.

## RESULTADOS

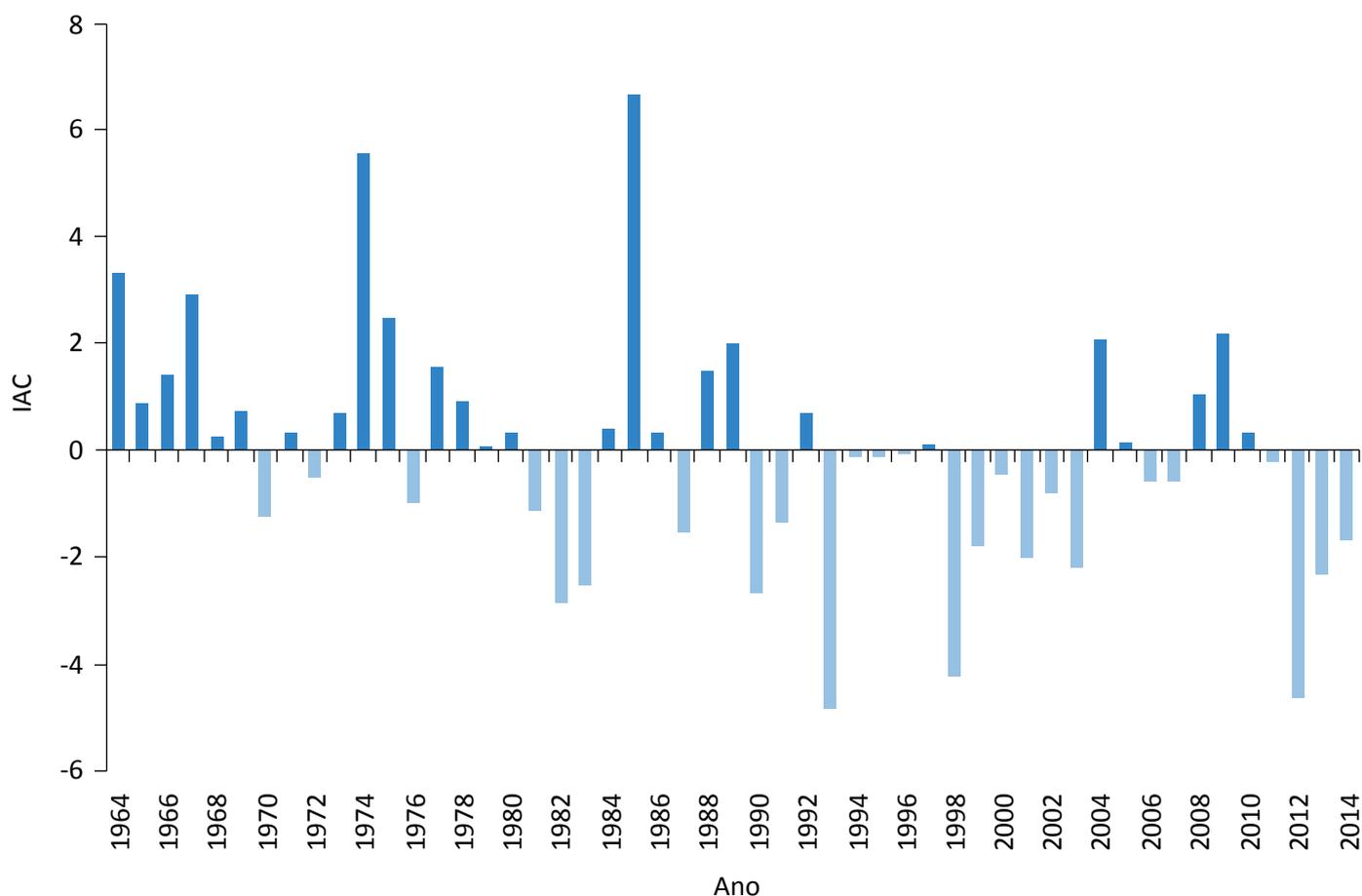
A utilização do IAC permitiu identificar mudanças nos padrões de comportamento da precipitação, além de avaliar a sua distribuição espacial. Com o cálculo e a aplicação desse índice, foi possível determinar a severidade dos ciclos seco e chuvoso no trecho do submédio da bacia do São Francisco. Dessa forma, puderam-se observar valores de IAC positivos, significando que o ano foi chuvoso (úmido). Do mesmo modo, os valores de IAC negativos representam os anos secos. Nos dois casos a classificação se estende desde anos chuvosos ou secos a extremamente

chuvosos ou secos. A Figura 3 mostra o IAC nos anos de 1964 a 2014.

Foram observadas algumas distinções no IAC do submédio São Francisco no decorrer do tempo. Até a década de 1980, os valores positivos ocorreram em maior número, com a alternância de apenas dois valores negativos. A partir dessa década, houve modificação na variação da precipitação, e os anos secos ficaram mais evidentes, mostrando possível variação climática

**Tabela 1 – Classes de intensidade do índice de anomalia de chuva (IAC), de Freitas (2004; 2005).**

Índice de anomalia de chuva (IAC)	Faixa do IAC	Classe de intensidade
	Acima de 4	Extremamente úmido
	2 a 4	Muito úmido
	0 a 2	Úmido
	0 a -2	Seco
	-2 a -4	Muito seco
	Abaixo de -4	Extremamente seco



IAC: índice de anomalia de chuva.

**Figura 3 – Índice de anomalia de chuva no submédio São Francisco.**

no padrão da precipitação nessa região. Essa variação tornou-se mais nítida nos anos 1990 em diante, quando se verificou que de 1990 a 2000 aconteceram apenas anos secos, sem nenhum índice positivo ou ano úmido/chuvoso.

Entre os anos secos dos anos 1990, quatro deles classificaram-se entre muito seco e extremamente seco, mostrando que tal década foi bastante seca em toda a área de estudo. De acordo com o CPTEC/Inpe (2007), a década de 1991–2000 foi uma das mais secas já re-

gistradas no Nordeste do Brasil. O fenômeno *El Niño* deu-se duas vezes de forma intensa nos anos de 1990–1993 e 1997–1998. Segundo Marengo (2007), essas estiagens tiveram repercussão adversa na geração de energia elétrica (redução), no nível de reservatórios e no aumento da demanda da energia termelétrica, além da elevação do número de queimadas durante o período seco.

Após esse período de modificação no padrão da precipitação da região, os valores positivos voltaram a alternar-se com os valores negativos, porém em menor evidência. A partir da década de 2000, ocorreram quatro anos úmidos, mas com a classe de intensidade de acordo com a normalidade, sem apresentar anos muito ou extremamente úmidos. Comparando-se todo o período analisado, verificou-se que houve mais anos secos do que chuvosos, somando-se três eventos extremos no período seco e dois eventos extremos em período chuvoso. Os eventos extremos em período úmido deram-se nas décadas de 1970 e 1980, e os eventos extremos em anos secos, nos anos 1990 e 2010, conforme mostra a Figura 3.

Vale ressaltar que na primeira metade da série histórica estudada aconteceram apenas eventos extremos em período úmido e na segunda metade somente eventos extremos em período seco. Os eventos extremos citados compreendem os anos que foram classificados entre muito secos ou extremamente secos e muito úmidos ou extremamente úmidos.

Assis *et al.* (2013) encontraram resultados semelhantes para a bacia do Rio Pajeú, Sertão de Pernambuco, em análise dos anos de 1960 a 2012, quando o IAC foi predominantemente negativo a partir da década de 1980. Araújo *et al.* (2009), em análise da bacia do Rio Paraíba, no semiárido paraibano, no período de 1910 a 2003, expuseram a grande variabilidade do IAC, com grande alternância entre anos secos e anos úmidos, porém com períodos distintos de predominância de anos secos a partir das décadas de 1980 e 90, apresentando os maiores eventos extremos nos anos secos, em 1993 e 1998. Sanches *et al.* (2014), em estudo sobre o IAC para o município de Alegrete (RS) no período de 1928 a 2009, fizeram uma comparação entre os índices, tanto positivos quanto negativos, e os anos sob ação dos fenômenos *El Niño* e *La Niña*. Comparando-se os anos sob influência desses fenômenos com os valores

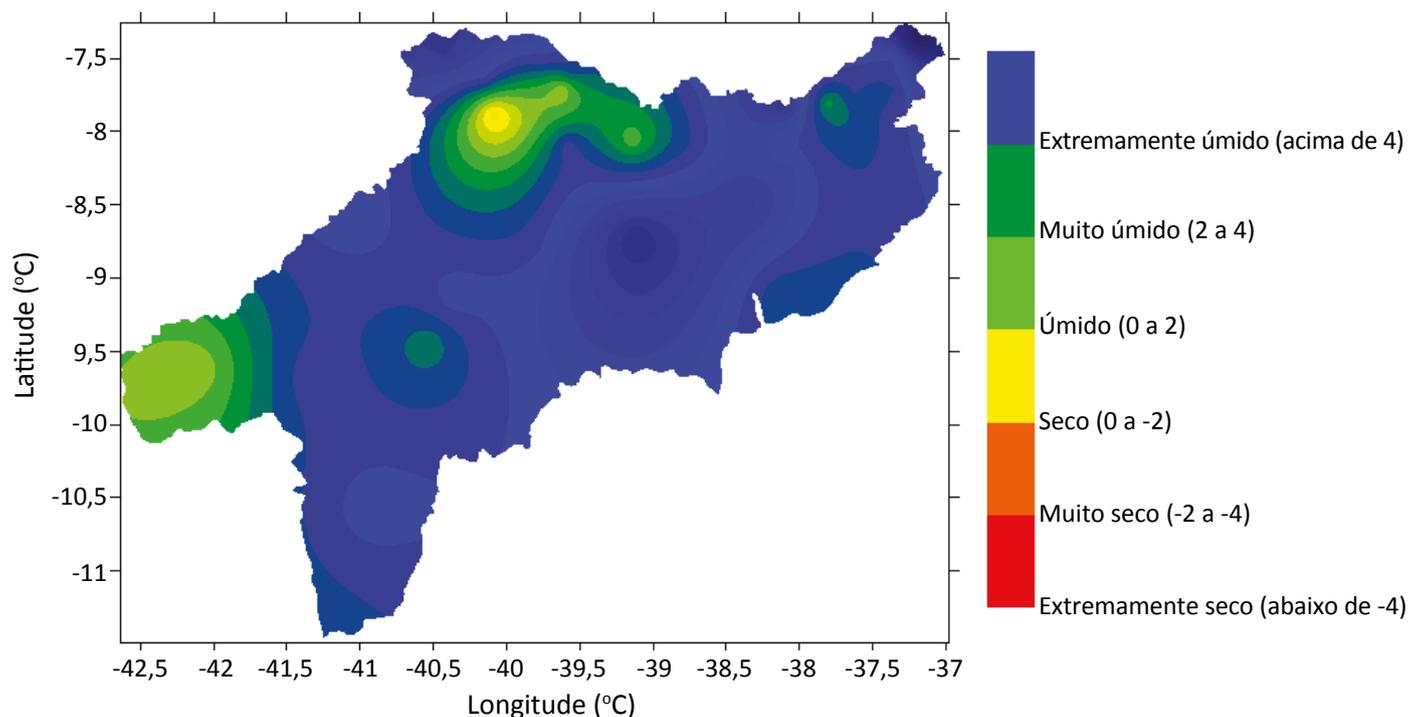
do IAC, verificou-se que houve maior correspondência com os anos sob efeito de *El Niño*.

Após a análise temporal do IAC, os cinco eventos extremos que ocorreram em toda a série estudada foram analisados separadamente, com o intuito de estabelecer a variabilidade espacial da precipitação, a intensidade desses eventos e sua área de abrangência tanto positiva quanto negativa. Foram selecionados cinco anos que seguem a classificação de intensidade do IAC, sendo dois anos chuvosos, na primeira metade da série de dados (1974 e 1985) e três anos secos, na segunda metade da série de dados (1993, 1998 e 2012).

A Figura 4 ilustra o ano chuvoso de 1974, o qual obteve o segundo maior IAC positivo. Esse ano classificou-se como um ano úmido/chuvoso em toda a região do submédio São Francisco, intercalando entre anos úmidos e extremamente úmidos, prevalecendo o segundo. Esses valores positivos de IAC são explicados pela atuação do fenômeno *La Niña* de forte intensidade, que teve grande atuação no Nordeste do Brasil entre os anos de 1973 e 1975, que contribuiu para que 1974 obtivesse o maior total pluviométrico em relação aos demais anos.

Apesar de haver predominância na área de estudo de que o ano de 1974 foi de evento extremo de chuva, teve-se exceção na região do Araripe, localizada mais ao norte do submédio. Ela foi a área em que se percebeu menor intensidade das chuvas em 1974. O município de Ouricuri, em Pernambuco, foi o único que apresentou IAC negativo, classificando-se como ano seco. No entorno da referida cidade se encontraram índices que se estabeleceram entre úmidos e muito úmidos. No restante do submédio, no trecho de Pernambuco, a predominância foi de índices classificados entre muito úmidos ou extremamente úmidos, o que caracteriza 1974 como um ano de evento extremo de chuva nessa região.

No sudoeste do submédio São Francisco, no município de Remanso, na Bahia, também foi registrada menor intensidade da chuva em 1974, porém com IAC positivo, sendo este classificado como úmido ou muito úmido. No restante do submédio São Francisco, no trecho da Bahia, houve predominância de IAC classificados entre muito úmidos e extremamente úmidos, determinando 1974 como um ano de evento extremo de chuva.



**Figura 4 – Classificação do índice de anomalia de chuva (IAC) do submédio São Francisco, para o ano de 1974.**

A Figura 5 mostra o ano de 1985 como intensamente chuvoso no trecho submédio da bacia do São Francisco. Esse ano apresentou o maior IAC de toda a série de dados estudada. No Sertão de Araripina, em Pernambuco, no ano citado, a classificação do IAC prevaleceu como extremamente úmido, com exceção apenas do município de Ouricuri, que foi considerado pelo IAC como ano muito úmido. Na mesorregião do Pajeú e Moxotó, em Pernambuco, foi unânime a classificação do IAC como ano extremamente úmido.

No Vale do São Francisco, tanto em Pernambuco como na Bahia, ocorreu classificação do IAC como seco, nos municípios de Jacobina e Morro do Chapéu, ambos no estado baiano, e úmido, na cidade de Tacaratu (PE). Nos demais municípios o IAC foi qualificado como extremamente úmido, o que classifica o ano de 1985 como intensamente chuvoso.

Esses valores positivos de IAC justificam-se em função da atuação do fenômeno *La Niña*, do mesmo modo que o ano de 1974. Entretanto, de acordo com a ocorrência e classificação desse evento (CPTEC/INPE, 2015), em 1985 se deu um *La Niña* de intensidade fraca, que atuou no Nordeste do Brasil nos anos de 1984 e 1985, porém, apesar de se classificar como um fenô-

meno fraco, de baixa magnitude, contribuiu para o aumento da precipitação nessa região nordestina do país.

A Figura 6 traz o ano de 1993, que se classificou como o ano mais seco de toda a série histórica analisada (1964–2014) e apresentou, conseqüentemente, o maior IAC negativo entre todos os anos secos estudados. Conforme se observou, ficou evidente que a maior área da sub-bacia do submédio São Francisco se enquadra como um ano extremamente seco.

No centro-sul do submédio São Francisco, entre Pernambuco e Bahia, e na região mais a oeste, em Pernambuco, houve IAC considerado entre muito seco e extremamente seco. Do mesmo modo, ao sul da sub-bacia, no município de Morro do Chapéu, houve a ocorrência de IAC classificado como muito seco.

No restante do submédio predominou o IAC classificado como extremamente seco, e não se teve nenhum registro de ano úmido/chuvoso, de acordo com a intensidade do IAC. Isso caracteriza que 1993 foi um ano de grande seca na região de estudo, o que se confirma por meio do *El Niño* de intensidade forte, que atuou nos anos de 1990 a 1993, acarretando a diminuição dos índices pluviométricos na Região

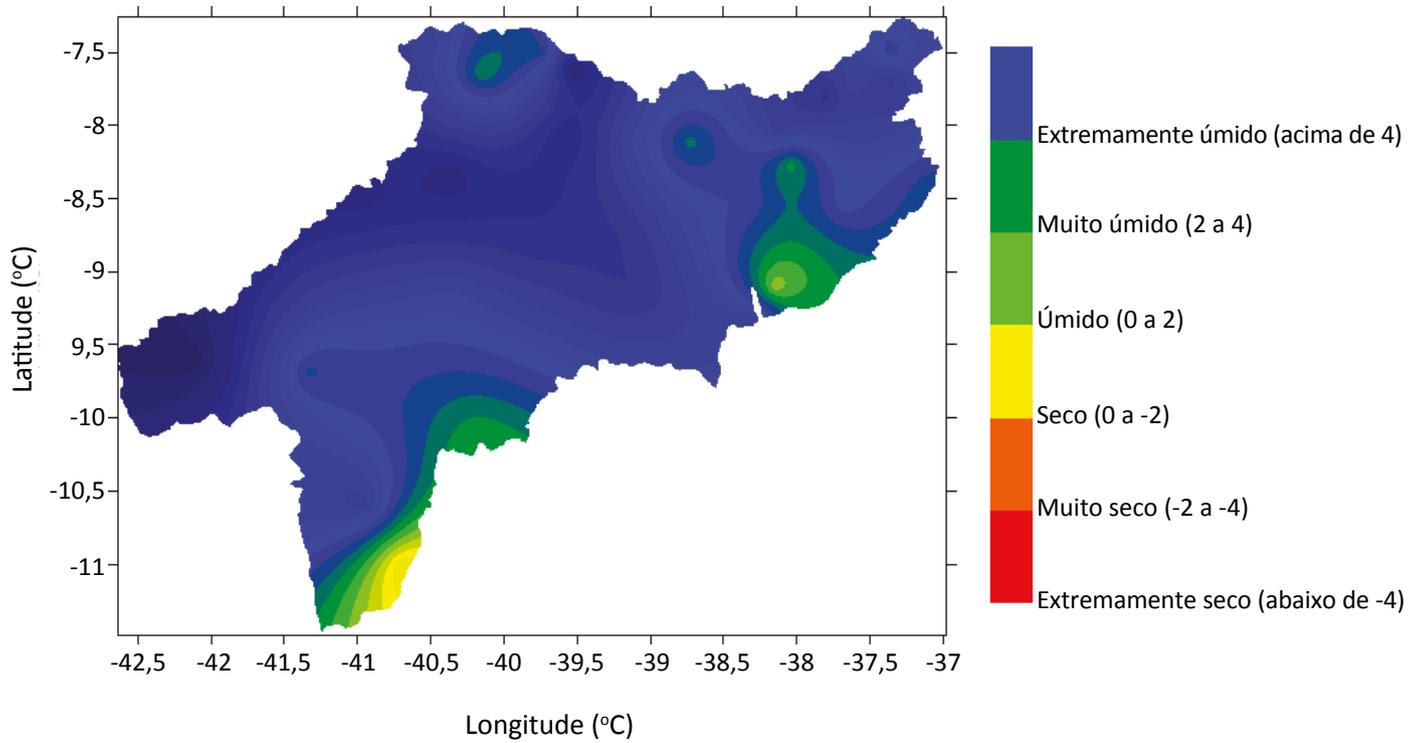


Figura 5 – Classificação do índice de anomalia de chuva (IAC) do submédio São Francisco, para o ano de 1985.

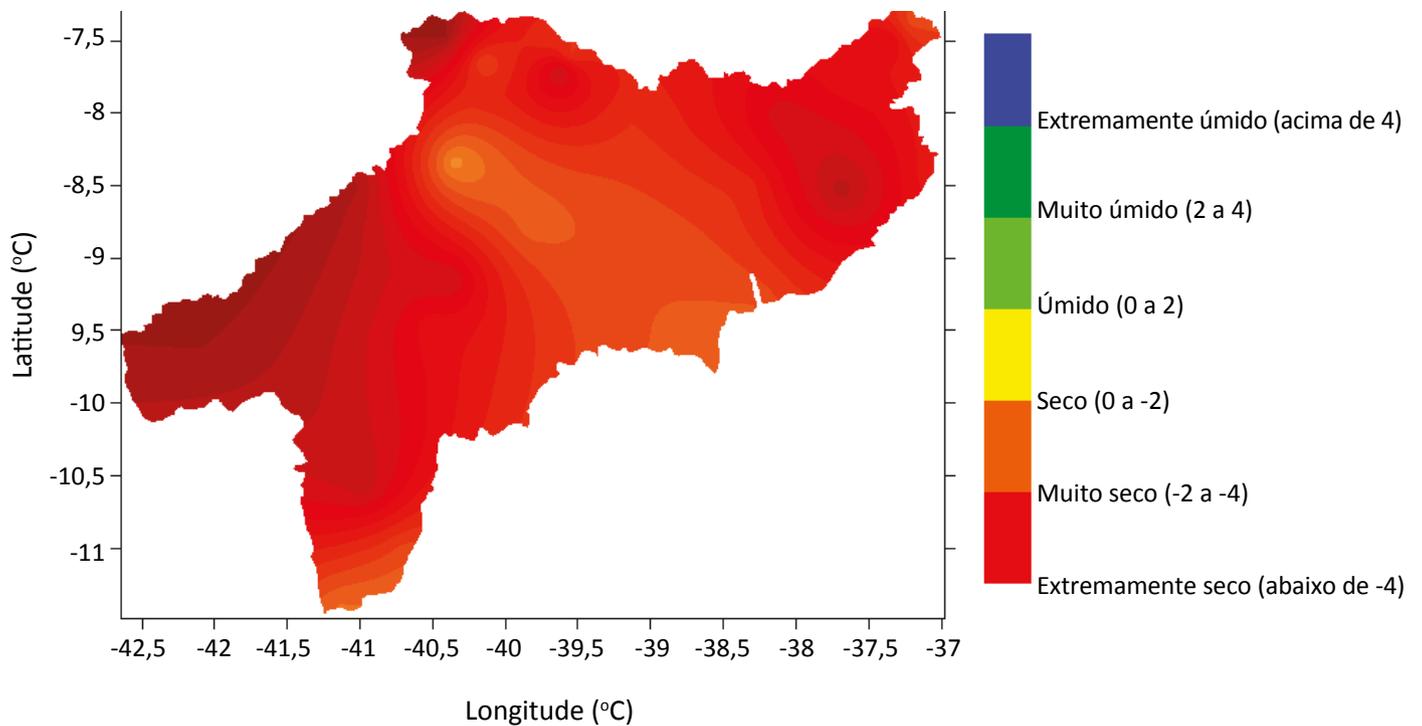


Figura 6 – Classificação do índice de anomalia de chuva (IAC) do submédio São Francisco, para o ano de 1993.

Nordeste do Brasil, sobretudo no último ano de sua ocorrência. Estudos de Da Silva (2009) corroboram essa análise, uma vez que afirmam que o principal sistema de grande escala causador dessa variabilidade negativa foi o intenso *El Niño* desse ano de 1993.

A Figura 7 mostra o ano de 1998, que similarmente a 1993 foi extremamente seco, mas com menor intensidade em suas classificações espaciais de IAC. A região leste da sub-bacia do submédio São Francisco quase que totalmente se classifica como extremamente seco, com exceção do município de Serra Talhada (PE), que possui IAC seco.

O ano de 1998 foi atingido por um *El Niño* também de intensidade forte, que provocou diminuição das chuvas no Nordeste do Brasil, entretanto é notável que sua influência se deu mais no centro-leste, ficando as regiões centro-sul e oeste com maiores índices pluviométricos e, dessa forma, com menor grau de escassez hídrica e maiores IAC. Não ocorreram, nesse ano, IAC positivos; mesmo nas regiões oeste e sul esses índices se classificam entre Seco, nos extremos sul e oeste da sub-bacia do submédio São Francisco, mais precisamente em Remanso, Morro do Chapéu e Jacobina, e muito seco, nas demais áreas localizadas na região centro-oeste da sub-bacia.

A Figura 8 apresenta o ano de 2012, que se classificou entre seco e extremamente seco. Apesar de esse ano não ter tido ocorrência nem influência do *El Niño*, 2012 marcou o início de uma seca severa na Região Nordeste brasileira, que foi atribuída a uma anomalia da temperatura da superfície do mar (TSM), no Oceano Pacífico equatorial, central e leste. Essa anomalia indicou aumento da TSM, indicando evolução nas condições oceânicas favoráveis a uma configuração de fase positiva do fenômeno *El Niño*-Oscilação Sul (Enos) com o episódio *El Niño* (SANTOS *et al.*, 2012). De acordo com a ANA (2014), o triênio 2012–2014 destacou-se pela situação extremamente crítica no semiárido brasileiro, onde na maior parte das estações pluviométricas o ano foi classificado como seco ou muito seco.

No ano de 2012 não ocorreu nenhum IAC positivo; todos os índices se classificaram entre secos e extremamente secos. Na região mais ao sul da sub-bacia do submédio São Francisco, nos municípios de Morro do Chapéu, Jacobina e Campo Formoso (todos na Bahia), e na região mais ao norte da sub-bacia, nas cidades de Exu e Moreilândia, ambas em Pernambuco, os IAC encontrados foram classificados como secos. No restante da sub-bacia, prevaleceu o IAC extremamente seco,

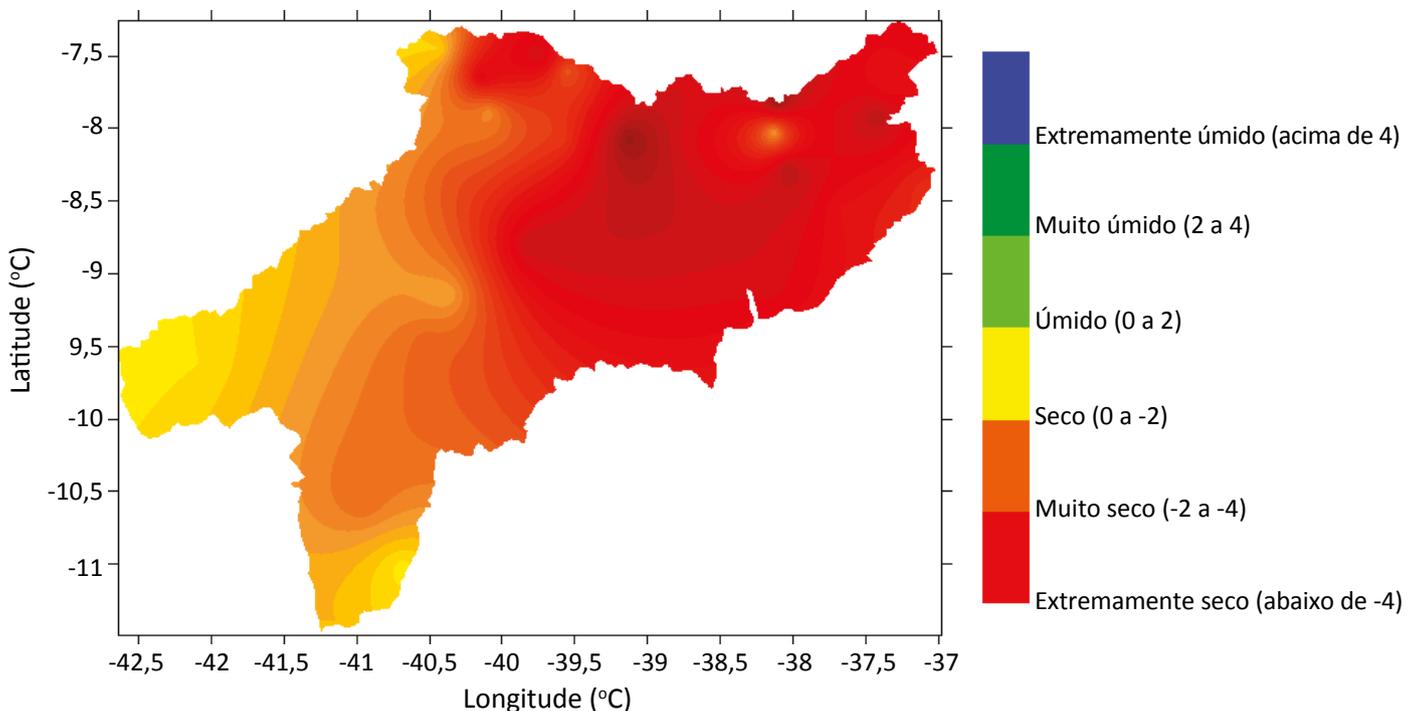
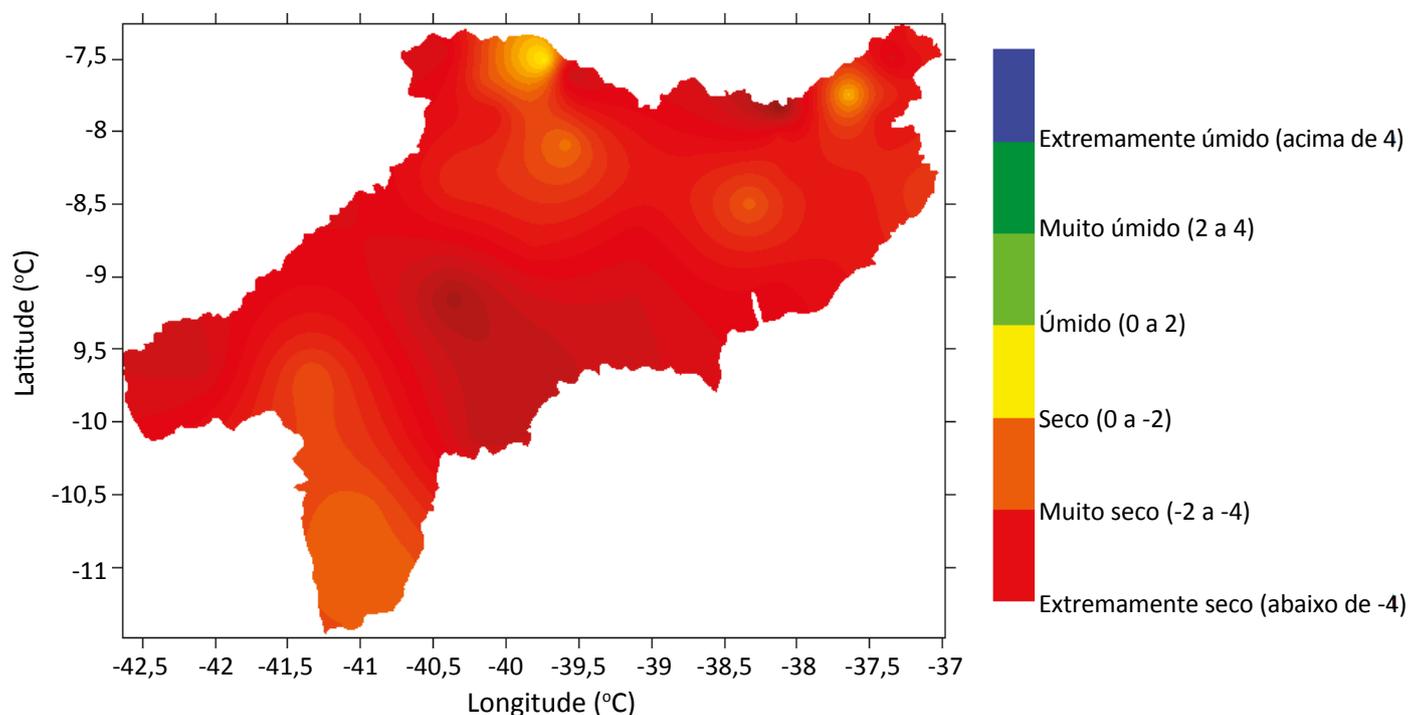


Figura 7 – Classificação do índice de anomalia de chuva (IAC) do submédio São Francisco, para o ano de 1998.



**Figura 8 – Classificação do índice de anomalia de chuva (IAC) do submédio São Francisco, para o ano de 2012.**

o que significa que os totais de precipitação pluviométricos para esse ano ficaram bem abaixo da média histórica na maior parte da região de estudo.

Diante do exposto, observou-se que houve tendência de diminuição dos totais pluviométricos, o que se tornou mais evidente a partir da década de 1980. Na primeira metade da série histórica, os IAC positivos predominaram, no entanto viu-se uma inversão,

e a partir de 1980 os IAC negativos foram mais abundantes tanto em quantidade de ocorrência quanto em relação à intensidade desses eventos, ao contrário do que se encontrou na primeira metade da série histórica. Vale ressaltar que os anos 1990 se destacaram como o período mais seco de toda a série analisada, com a ocorrência de dois casos de *El Niño* de forte intensidade e nenhum evento de IAC positivo.

## CONCLUSÕES

No trecho submédio da bacia hidrográfica do Rio São Francisco, diagnosticou-se que até a década de 1980 os anos chuvosos ocorriam com mais frequência que os anos secos. Esse período corresponde a um ponto de inflexão, e os anos secos começaram a predominar, agravando-se na década de 1990.

Dessa forma, vale ressaltar que aconteceu uma modificação importante no padrão da precipitação média no submédio do Rio São Francisco: mais períodos de anos secos do que de anos úmidos.

Constatou-se que o cálculo do IAC pode ser utilizado como uma ferramenta para auxiliar o acompa-

nhamento climático e a variabilidade pluviométrica de uma determinada área, uma bacia hidrográfica, por exemplo, ajudando no gerenciamento dos recursos hídricos, e então empreender ações de adaptação e mitigação.

Com esses resultados, buscou-se mostrar a importância da gestão e a adequação das águas na bacia hidrográfica, pois, se essa tendência de crescimento de anos secos se configurar como padrão, o problema do abastecimento se consolidará, a demanda não será atendida e os conflitos pelo uso da água se tornaram mais graves.

## REFERÊNCIAS

- ANA – AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS. *Conjuntura dos recursos hídricos no Brasil: relatório 2013*. Brasília: ANA, 2014.
- ARAÚJO, L. E.; DA SILVA, D. F.; MOARES NETO, J. M.; SOUSA, F. A. S. Análise da variabilidade espaço-temporal da precipitação na bacia do Rio Paraíba usando IAC. *Revista de Geografia da UFPE*, Recife, v. 24, p. 47-59, 2007.
- ARAÚJO, L. E.; MORAES NETO, J. M.; SOUSA, F. A. S. Análise climática da bacia do Rio Paraíba – índice de anomalia de chuva (IAC). *Revista de Engenharia Ambiental*, Espírito Santo do Pinhal, v. 6, n. 3, p. 508-523, 2009.
- ASSIS, J. M. O.; SOBRAL, M. C.; SOUZA, W. M. Análise de detecção de variabilidades climáticas com base na precipitação nas bacias hidrográficas do Sertão de Pernambuco. *Revista Brasileira de Geografia Física*, Recife, v. 5, n. 3, 2012.
- ASSIS, J. M. O.; SOUZA, W. M.; SOBRAL, M. C.; MELO, G. L.; IRMÃO, R. A. Índice de anomalia de chuva (IAC) como indicador para análise da variabilidade climática na bacia hidrográfica do Rio Pajeú – PE. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE RECURSOS HÍDRICOS, 20., Bento Gonçalves, 2013. *Anais...*, Bento Gonçalves, 2013.
- CPTEC – CENTRO DE PREVISÃO DE TEMPO E ESTUDOS CLIMÁTICOS/INPE – INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS. Relatório do clima do Inpe. In: MARENGO, J. A. *Mudanças climáticas globais e seus efeitos sobre a biodiversidade: caracterização do clima atual e definição das alterações climáticas para o território brasileiro ao longo do século XXI*. Brasília: Ministério do Meio Ambiente, 2007.
- CPTEC – CENTRO DE PREVISÃO DE TEMPO E ESTUDOS CLIMÁTICOS/INPE – INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS. *El Niño e La Niña*. Disponível em: <<http://enos.cptec.inpe.br/>>. Acesso em: jul. 2015.
- CUNHA, T. J. F.; SILVA, F. H. B. B.; SILVA, M. S. L.; PERERÊ, V. G.; SÁ, I. B.; OLIVEIRA NETO, M. B.; CAVALCANTI, A. C. *Solos do submédio do Vale do São Francisco: potencialidades e limitações para uso agrícola*. Petrolina: Embrapa Semiárido, 2008.
- DA SILVA, D. F. *Análise de aspectos climatológicos, agroeconômicos, ambientais e de seus efeitos sobre a bacia hidrográfica do Rio Mundaú (AL e PE)*. Tese (Doutorado em Recursos Naturais)–Programa de Doutorado Temático em Recursos Naturais, Centro de Tecnologia e Recursos Naturais, Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande, 2009.
- EMBRAPA – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. *Subsídios técnicos para a indicação geográfica de procedência do Vale do Submédio São Francisco*. Organização: Maria Auxiliadora Coelho de Lima. Petrolina: Embrapa Semiárido, 2009.
- FREITAS, M. A. S. A previsão de secas e a gestão hidroenergética: o caso da bacia do Rio Parnaíba no Nordeste do Brasil. In: SEMINÁRIO INTERNACIONAL SOBRE REPRESAS Y OPERACIÓN DE EMBALSES, Puerto Iguazú, 2004. *Anais...* Puerto Iguazú: Cacier, 2004. v. 1.
- FREITAS, M. A. S. Um sistema de suporte à decisão para o monitoramento de secas meteorológicas em regiões semi-áridas. *Revista Tecnologia*, Fortaleza, p. 19-30, 1998. DOI: <http://dx.doi.org/10.5020/23180730.ano.pi>.
- IPCC – INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE. *Climate change 2007: the physical science basis. Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the IPCC*. Cambridge: Cambridge University Press, 2007.
- LIMA, R. da C. C.; CAVALCANTE, A. M. B.; PEREZ-MARIN, A. M. (Orgs.). *Desertificação e mudanças climáticas no semiárido brasileiro*. Campina Grande: Insa-PB, 2011.
- MARENGO, J. A. *Mudanças climáticas globais e seus efeitos sobre a biodiversidade: caracterização do clima atual e definição das alterações climáticas para o território brasileiro ao longo do século XXI*. 2. ed. Brasília: Ministério do Meio Ambiente, 2007. v. 1. 214 p.

ONS – OPERADOR NACIONAL DO SISTEMA ELÉTRICO. *Plano da operação energética 2012/2016: PEN 2012. Relatório executivo*. Rio de Janeiro: ONS, set. 2012. v. 1. Disponível em: <[http://www.ons.org.br/download/avaliacao\\_condicao\\_operacao\\_energetica/PEN%202012\\_VOL1\\_RELATORIO%20EXECUTIVO.pdf](http://www.ons.org.br/download/avaliacao_condicao_operacao_energetica/PEN%202012_VOL1_RELATORIO%20EXECUTIVO.pdf)>. Acesso em: 26 maio 2015.

PBMC – PAINEL BRASILEIRO DE MUDANÇAS CLIMÁTICAS. *Sumário Executivo*. Base científica das mudanças climáticas. Contribuição do Grupo de Trabalho 2 ao Primeiro Relatório de Avaliação Nacional do Painel Brasileiro de Mudanças Climáticas. Rio de Janeiro: PBMC, 2013.

ROOY, M. P. VAN. *A rainfall anomaly index independent of time and space*, Notes, 14, 43, 1965.

SANCHES, F. O.; VERDUM, R.; FISCH, G. O índice de anomalia de chuva (IAC) na avaliação das precipitações anuais em Alegrete/RS (1928-2009). *Caminhos de Geografia*, Uberlândia, v. 15, n. 51, 2014.

SANTOS, E.; MATOS, H.; ALVARENGA, J.; SALES, M. C. L. A seca no Nordeste no ano de 2012: relato sobre a estiagem na região e o exemplo de prática de convivência com o semiárido no distrito de Iguaçú/Canindé-CE. *Revista Geonorte*, Edição Especial 2, v. 1, n. 5, p. 819-830, 2012.

SECTMA – SECRETARIA DE CIÊNCIA, TECNOLOGIA E MEIO AMBIENTE. *Atlas de bacias hidrográficas de Pernambuco*. Recife, 2006. 104 p.