REDE
ISSN:1982-5528
Revista Eletrônica do PRODEMA
Journal Homepage: www.revistarede.ufc.br
D.O.I:10.22411/rede2018.1203.10

IMPACTO DAS MUDANÇAS CLIMÁTICAS NOS RECURSOS HÍDRICOS NO SUBMÉDIO DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO SÃO FRANCISCO – BRASIL

Impact of climate change on water resources in the subdom of the São Francisco River Basin - Brazil

Maria do Carmo Sobral[1]
Janaina Maria Oliveira de Assis[2]
Claudia Ricardo de Oliveira[3]
Gérsica M. Nogueira da Silva[4]
Manuela Morais[5]
Renata Mª Caminha Carvalho[6]

RESUMO:

A variabilidade da precipitação na região Nordeste do Brasil, atribui ao semiárido irregularidades na distribuição pluviométrica, tanto em nível espacial como temporal. Faz-se importante a análise do comportamento da precipitação, visando detectar alterações climáticas e seus efeitos na disponibilidade hídrica. O objetivo deste trabalho é avaliar o impacto das mudanças climáticas nos recursos hídricos no Submédio São Francisco e identificar as mudanças no uso e ocupação do solo no entorno do reservatório de Sobradinho, também localizado no Submédio. Como metodologia, foi calculado o índice de Anomalia de Chuva (IAC) para caracterizar os anos de extremos climáticos secos e chuvosos e a intensidade desses eventos. A classificação do uso e ocupação do solo no reservatório de Sobradinho e entorno foi feita utilizando o software Spring-5.4.3. Os resultados mostraram uma tendência de diminuição dos totais pluviométricos, que se tornou mais frequente a partir da década de 1990, onde passaram a predominar os anos secos, tanto em quantidade de ocorrência quanto em relação à intensidade desses eventos. As alterações climáticas agregadas às constantes modificações no uso e ocupação do solo estão associados a disponibilidade hídrica, logo são de grande importância na mediação de conflitos.

Palavras-chave: Semiárido; Escassez hídrica; Usos múltiplos; Reservatório.

ABSTRACT:

Precipitation variability in the Northeast region of Brazil, attributes to the semiarid irregularities in the pluviometric distribution, both spatially and temporally. It is important to analyze the precipitation behavior in order to detect climate changes and their effects on water availability. The aims of this work is to evaluate the climate change impact on water resources in the Sub-middle São Francisco and to identify the changes in land use around the Sobradinho reservoir, also located in Sub-middle. As methodology, the rainfall anomaly index (IAC) was calculated to characterize the dry and rainy years of the climatic extremes and the intensity of these events. The soil use and occupation classification in the Sobradinho reservoir and surrounding area was done using Spring-5.4.3 software. The results showed a tendency to decrease rainfall totals, which became more frequent in the 1990s, where the dry years predominated, both in the amount of occurrence and in relation to the intensity of these events. Climate change aggregated with constant changes in land use and occupation are associated with water availability, so they are of great importance in the conflict mediation.

Keywords: Semiarid; Watershortage; Multiple uses; Reservoir.

[1]Universidade Federal de Pernambuco. msobral@ufpe.br
[2]Universidade Federal de Pernambuco. jmoassis@gmail.com
[3]Universidade Federal de Pernambuco. cacaldeoliver@hotmail.com
[4]Universidade Federal de Pernambuco. msobral@ufpe.br
[5]Universidade de Évora, Portugal. mmorais@uevora.pt
[6]Universidade Federal de Pernambuco. ren.carvalho@hotmail.com

REDE Revista Eletrônica do PRODEMA
Journal Homepage: www.revistarede.ufc.br
ISSN: 1982 - 5528
D.O.I:10.22411/rede2018.1203.10

1. INTRODUÇÃO

A atenção e preocupação com o gerenciamento dos recursos hídricos tem se tornado frequente em inúmeras áreas do globo terrestre, sobretudo nas áreas que são dependentes desse recurso para atender os usos múltiplos. Dentre as regiões condicionadas a cenários de escassez de água se destaca a região semiárida do Nordeste do Brasil, onde as taxas de evapotranspiração são elevadas e a distribuição irregular da precipitação é marcada por sua variabilidade espaço temporal, permitindo a ocorrência de períodos prolongados de estiagens, e acentuando os déficits hídricos.

O semiárido nordestino tem como característica marcante a grande variabilidade climática, sobretudo relacionada à precipitação pluviométrica. Esta variabilidade e a ocorrência de eventos extremos de secas caracterizam os níveis de vulnerabilidade aos quais estão expostos a população, gerando incertezas associadas a uma potencial mudança climática. De acordo com Souza Filho (2003), o gerenciamento de recursos hídricos é parte de uma solução que seja sustentável e que consiga gerenciar os riscos associados às incertezas.

No Nordeste, a variabilidade espacial e temporal da precipitação é determinante para caracterizar o clima local, além de ser a principal entrada no sistema hidrológico, desta forma, as alterações nos padrões pluviométricos, induzidas pelas mudança do clima, são as que interferem diretamente na vazão. Diante disso, Farias e Nóbrega (2010) assegura que o clima, o uso do solo e as características pluviométricas são os processos chave, que regulam os processos hidrológicos das bacias hidrográficas, como a vazão, durante os eventos de precipitação.
Os estudos de mapeamento do uso e ocupação do solo exercem também influência marcante sobre os recursos hídricos, uma vez que, representam importante instrumento para o planejamento e administração da ocupação do meio físico, possibilitando a avaliação e o monitoramento do mesmo, a fim de garantir a conservação de seus recursos naturais

Um dos grandes desafios para a gestão das águas da bacia hidrográfica do Rio São Francisco, objeto de estudo do presente trabalho, está no gerenciamento de reservatórios no semiárido. Essa região é considerada extremamente seca e nos últimos anos vêm sofrendo com a diminuição no volume de água. Além disso, com o aumento da população e crescimento da agricultura, os problemas inerentes ao manejo inadequado do uso solo se intensificaram no entorno desses reservatórios, comprometendo a quantidade e qualidade hídrica.

Diante do exposto, este trabalho tem como objetivo avaliar os impactos das mudanças climáticas nos recursos hídricos no trecho Submédio da bacia hidrográfica do rio São Francisco. Para este fim, calculou-se os anos de eventos extremos secos e chuvosos, através do Índice de Anomalia de Chuva (IAC) e correlacionou-se com a classificação do uso do solo no entorno do reservatório de Sobradinho, inserido no Submédio São Francisco.

2. MATERIAIS E MÉTODOS

2.1 Localização da área de estudo

O trecho Submédio da bacia hidrográfica do rio São Francisco está localizado na porção semiárida do Nordeste brasileiro, no oeste do estado de Pernambuco e norte do estado da Bahia, entre os meridianos 43ºW e 37ºW e paralelos 7ºS e 12ºS. O Submédio corresponde a 17% da área total da bacia do São Francisco e estende-se da barragem de Sobradinho até a barragem de Xingó. As principais cidades do Submédio são Petrolina e Serra Talhada, em Pernambuco e Juazeiro e Paulo Afonso, na Bahia. Nesse trecho do São Francisco destacam-se as represas de Paulo Afonso I, II, III e IV, Xingó, Itaparica e Moxotó (CBHSF, 2015).

REDE Revista Eletrônica do PRODEMA
Journal Homepage: www.revistarede.ufc.br
ISSN: 1982 - 5528
D.O.I:10.22411/rede2018.1203.10

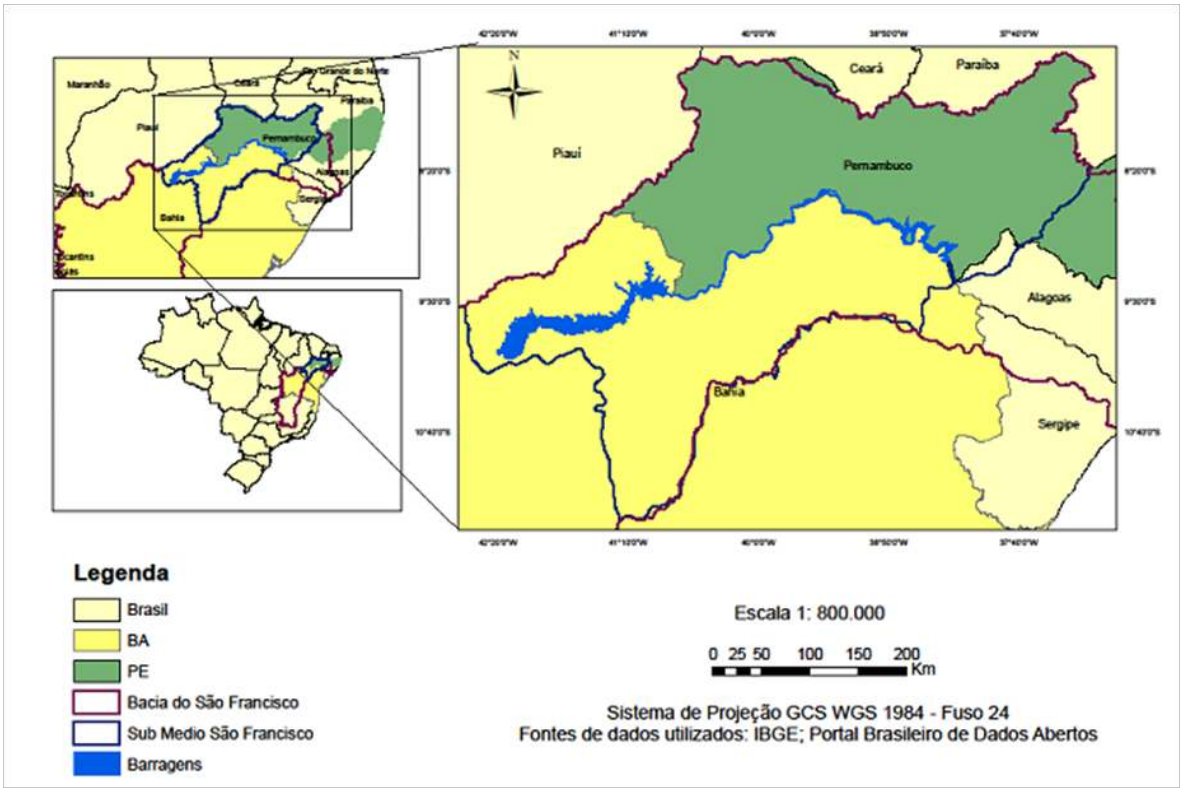

Figura 1: Localização do Submédio São Francisco nos estados de Pernambuco e Bahia.
Fonte: Elaboração dos autores.

O Submédio São Francisco abrange toda a mesorregião do Sertão de Pernambuco e grande parte da mesorregião do Agreste. Na parte localizada no estado de Pernambuco, está limitada na porção leste com o trecho Baixo da bacia do São Francisco. Já na parte localizada no estado da Bahia, o Submédio São Francisco abrange grande parte da mesorregião do Vale do São Francisco e pequena parcela do Centro Norte, se limitando ao sul com o trecho Médio da bacia do São Francisco, no município de Remanso. No total, o Submédio São Francisco abrange 83 municípios, sendo 59 localizados 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 janeiro a abril. Os totais pluviométricos anuais oscilam, em média, entre 300 e 1200mm, com maiores valores observados no Alto Sertão pernambucano com valores acima de 600 mm, e os menores no Sertão de São Francisco de Pernambuco e 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, próximo ao rio São Francisco, que apresenta o maior número de anos consecutivos secos.

2.2 Dados climáticos

Foi realizado o levantamento das séries históricas anuais de precipitação pluviométrica de 83 postos pluviométricos no Submédio São Francisco, no período de 1964 a 2016. Estes dados foram obtidos na Agência Pernambucana de Águas e Clima (APAC), através do banco de dados online e na Agência Nacional de Águas (ANA), em seu sistema de informações hidrológicas - HIDROWEB.

Foram analisados para a área de estudo os dados de precipitação de estações pluviométricas localizadas nos 83 municípios do Submédio São Francisco, (59 municípios em Pernambuco e 24 na Bahia). Entretanto, muitos dos postos pluviométricos não tinham uma série de dados com o período mínimo de 30 anos e muitos dos que tinham não passaram pelo controle de qualidade, uma vez que apresentavam falhas e/ou dados duvidosos. Após a avaliação da qualidade e homogeneidade dos dados foram selecionados 36 postos pluviométricos em diferentes municípios, sendo 26 no estado de Pernambuco e 10 na Bahia, os quais apresentaram dados com uma boa quali-

ISSN: 1982 - 5528
D.O.I:10.22411/rede2018.1203.10

dade e representaram a região de estudo.

2.3 Índice de Anomalia de Chuva – IAC

Para caracterizar os anos extremos secos e chuvosos no Submédio da bacia hidrográfica do rio São Francisco, utilizou-se o Índice de Anomalia de Chuva (IAC), que analisa a frequência que ocorrem anos secos e anos chuvosos e a intensidade do evento. A partir da metodologia de Rooy (1965) e adaptado para o Nordeste do Brasil por Freitas (2004), avalia-se a variabilidade climática através 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 será feita através do cálculo do índice IAC (FREITAS 2004 e 2005), obtido a partir das equações 1 e 2:

$$IAC = 3\left[\frac{(N-\bar{N})}{(\bar{M}-\bar{N})}\right], \text{para anomalias positivas (1)}$$

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

Sendo:
N = precipitação anual (mm);
N= precipitação média anual da série histórica (mm);
M= média das 10 maiores precipitações anuais da série histórica (mm);
X= média das 10 menores precipitações anuais da série histórica (mm).

Anomalias positivas são valores acima da média histórica e anomalias negativas são valores abaixo da média histórica de precipitação. A partir da metodologia proposta por Freitas (2004 e 2005) e Araújo et al. (2007), foi utilizada a classificação de anos secos e úmidos como indicador climático para a intensidade destas anomalias, conforme mostra a Tabela 1.

	Faixa do IAC	Classe de Intensidade
Índice de Anomalia de Chuva (IAC)	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

Tabela 1: Classes de Intensidade do índice de Anomalia de Chuva
Fonte: Freitas (2004 e 2005)

2.4 Classificação de imagens

A partir da identificação dos anos de extremos climáticos,obtidos pelo cálculo do IAC, foram selecionados imagens TM/LANDSAT – 5 e 8, para a análise do uso e ocupação do solo no entorno do reservatório de Sobradinho. Entretanto, devido à indisponibilidade de dados para os anos classificados com eventos climáticos extremos pelo IAC, ou pela predominância de nuvens, foram selecionados, para a análise do solo, os anos de 1985, 2001 e 2016, sendo o ano de 1985 classificado com IAC Extremamente Chuvoso e os anos de 2001 e 2016 com IAC Muito Seco.

Para isto foram utilizadas imagens de satélite TMLANDSAT- 5 referentes aos meses de setembro de 1985 e novembro 2001 e imagens TMLANDSAT- 8 para agosto de 2016. Todos esses períodos caracterizam a estação seca. Essas imagens foram obtidas junto ao United StatesGeologicalSurvey(USGS).

Foi utilizada a ferramenta mosaico do Software Erdas 9.2. Após a composição das cenas, foi determinado um raio de 40 km no entorno do reservatório de Sobradinho. A delimitação do raio foi feita por meio da ferramen-

ISSN: 1982 - 5528
D.O.I:10.22411/rede2018.1203.10

ta (ArcToolbox - Analys Tools- Buffer) do Software ArcMap 10.4.1, e o melhoramento das bandas.

A classificação do uso do solo foi feita utilizando o Método da Máxima Verossimilhança no Spring- 5.4.3, que é um software brasileiro de Sistemas de Informações Geográficas (SIG), desenvolvido pelo Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE). Neste método, a distribuição espectral das classes de uso do solo é considerada quando os objetos pertencentes à mesma classe apresentarem resposta espectral próxima à média de valores para aquela classe. O método considera a ponderação das distâncias médias, utilizando parâmetros estatísticos de distribuição dos pixels dentro de uma determinada classe (Crósta, 1993).

Para utilização desse método foi necessário a coleta de um número relevante de amostras, que são agrupamentos de pixels pertencentes à uma determinada classe. Para tanto, foram criadas cinco classes diferentes de uso do solo: agricultura, área urbana, caatinga, água e solo exposto. Para avaliar o desempenho do método de classificação em questão foi utilizado o índice de Kappa (K) como uma medida da acurácia da classificação em relação à verdade terrestre: se $K \leq 0,4$ é pobre em acurácia, se $0,4 < K \leq 0,8$ é razoável e se $K \geq 0,8$ é excelente.

3. RESULTADOS

3.1 Análise dos Índices de Anomalia de Chuva

Com o cálculo e aplicação do IAC foi possível determinar a severidade dos ciclos secos e chuvosos no Submédio São Francisco. Dessa forma, é possível observar valores de IAC positivos, significando que o ano foi chuvoso e os valores de IAC negativos representando os anos secos. Nos dois casos a classificação se estende desde de anos chuvosos ou secos a extremamente chuvosos ou secos. A Figura 2 mostra o IAC entre os anos de 1964 a 2016.

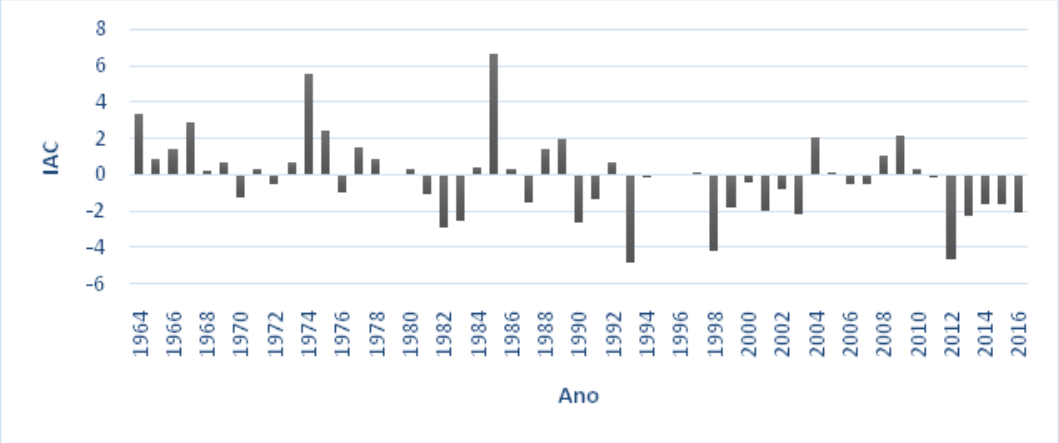

Figura 2: Índice de anomalia de chuva no Submédio São Francisco
Fonte: Elaboração dos autores

Foram observadas algumas distinções no IAC do Submédio São Francisco no decorrer do tempo. Até a década de 80 os valores positivos ocorreram em maior número, com a alternância de apenas dois valores negativos. A partir desta década, ocorreu uma modificação na variação da precipitação, onde os anos secos são mais evidentes, mostrando uma possível variação climática no padrão da precipitação nesta região. Essa variação se tornou mais evidente a partir da década de 90, onde se observa que entre os anos de 1990 a 2003 ocorreram apenas anos secos, sem nenhum índice positivo ou ano úmido/chuvoso.

Entre os anos secos da década de 90, quatro deles se classificaram entre muito secos a extremamente secos, caracterizando que esta 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 registradas no Nordeste do Brasil. O fenômeno El Niño ocorreu duas vezes de forma intensa nos anos de 1990-1993 e 1997-1998. Segundo Marengo (2007), estas estiagens tiveram repercussões adversas na geração de energia elétrica (redução) no nível de reservatórios e aumento na demanda da energia termelétrica, além do aumento do número de queimadas durante o período seco.

REDE Revista Eletrônica do PRODEMA
Journal Homepage: www.revistarede.ufc.br
ISSN: 1982 - 5528
D.O.I:10.22411/rede2018.1203.10

Após esse período de modificação no padrão da precipitação da região, os valores positivos voltam a alternar com os valores negativos, porém em menor evidência. A partir da década de 2000, ocorreram quatro anos úmidos, porém com a classe de intensidade dentro da normalidade, sem apresentar anos Muito ou Extremamente Úmidos. Comparando-se todo o período analisado, verifica-se que ocorreram mais anos secos do que chuvosos, somando-se três eventos extremos nos períodos secos e dois eventos extremos em período chuvoso. Os eventos extremos em período úmido ocorreram nas décadas de 70 e 80 e os eventos extremos em anos secos ocorreram nas décadas de 90 e 2010, conforme mostra a Figura 3 e o histórico de evolução da variabilidade da chuva descrito anteriormente.

Em estudo recente, Assis et. al. (2013) encontrou resultados semelhantes para a bacia do rio Pajeú, Sertão de Pernambuco, em análise dos anos de 1960 a 2012, onde o Índice de Anomalia de Chuva é predominantemente negativo a partir da década de 80. Araújo, Moraes Neto e Souza (2009), em análise da bacia do rio Paraíba, no semiárido paraibano, no período de 1910 a 2003, mostra 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 da década de 80 e 90, apresentando os maiores eventos extremos, nos anos secos, em 1993 e 1998.

Após a análise temporal do Índice de Anomalia de Chuva, verificaram-se cinco eventos extremos. 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 três anos que seguem a classificação de intensidade do IAC, sendo um ano chuvoso, na primeira metade da série de dados (1985) e dois anos secos, na segunda metade da série de dados (1993 e 2012).

A Figura 3 mostra o ano de 1985 como intensamente chuvoso no trecho Submédio da bacia do São Francisco. Este ano apresentou o maior Índice de Anomalia de Chuva de toda a série de dados estudada. No Sertão de Araripina, em Pernambuco, neste ano, a classificação do IAC prevaleceu como Extremamente Úmido, com exceção apenas do município de Ouricuri que teve classificação do 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, ocorreram classificação do IAC como Seco, nos municípios de Jacobina e Morro do Chapéu – BA e Úmido, no município de Tacaratu – PE. Nos demais municípios o IAC foi classificado como Extremamente Úmido, o que classifica o ano de 1985 como intensamente chuvoso.

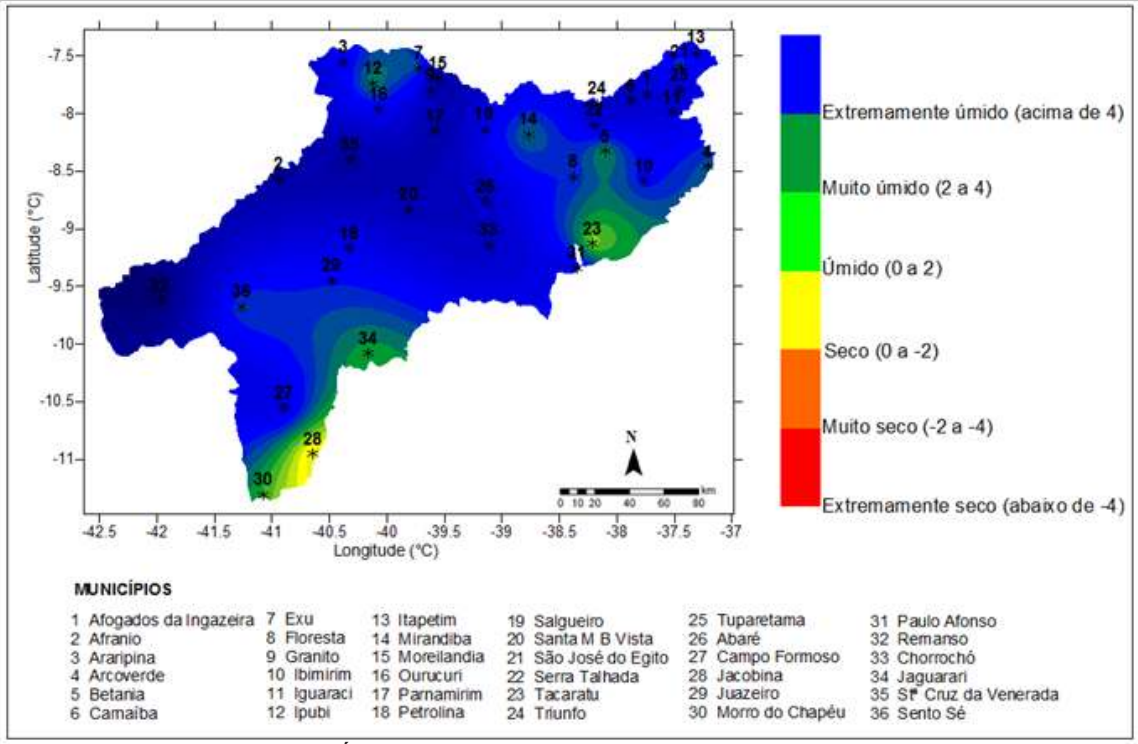

Figura 3: Classificação do Índice de Anomalia de Chuva do Submédio São Francisco – 1985.
Fonte: Elaboração dos autores

REDE Revista Eletrônica do PRODEMA
Journal Homepage: www.revistarede.ufc.br
ISSN: 1982 - 5528
D.O.I:10.22411/rede2018.1203.10

A Figura 4 apresenta o ano de 1993, que se classificou como o ano mais seco de toda a série histórica analisada (1964 – 2016) e, apresentou, consequentemente, o maior IAC negativo entre todos os anos secos estudados. Conforme se observa, fica evidente que a maior área do Submédio São Francisco se enquadra na classificação de ano Extremamente Seco.

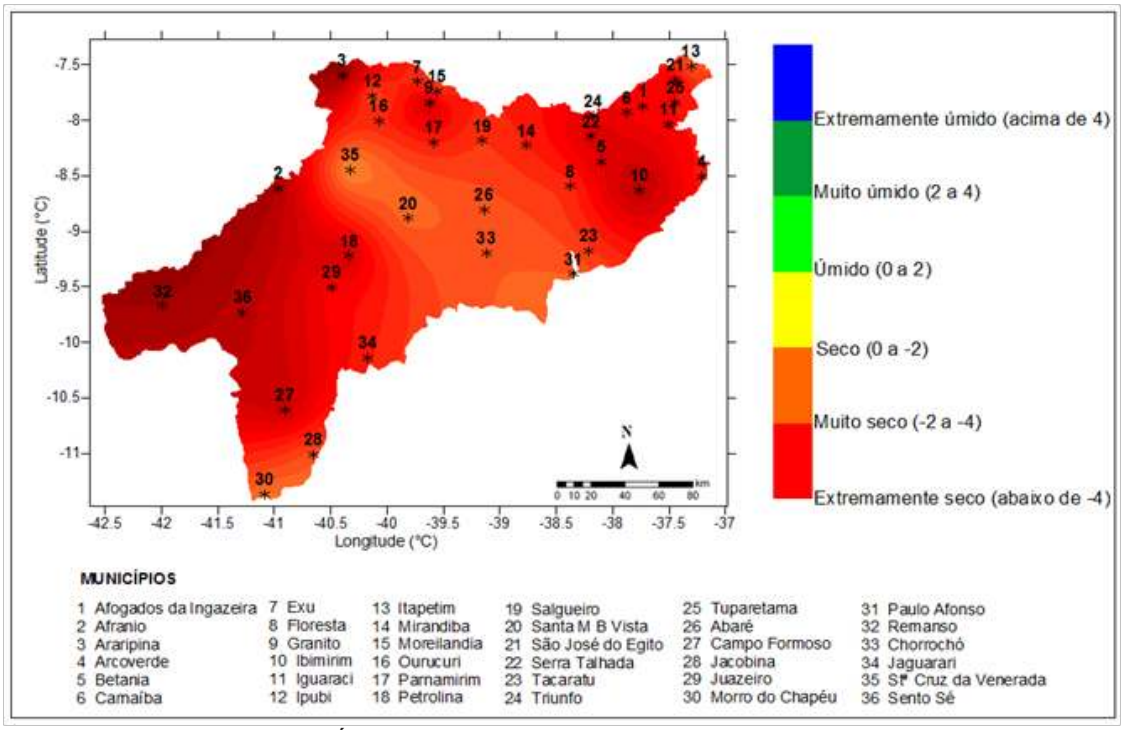

Figura 4: Classificação do Índice de Anomalia de Chuva do Submédio São Francisco– 1993.
Fonte: Elaboração dos autores

A Figura 5 apresenta o ano de 2012, que se classificou entre Seco à Extremante Seco. Apesar de deste ano não ser um ano de ocorrência e nem influência de El Niño, o ano de 2012 marcou o início de uma seca severa na região Nordeste do Brasil, que foi atribuída a uma Anomalia da Temperatura da Superfície do Mar (TSM), no Oceano Pacífico equatorial, central e leste. Essa anomalia indicou um aumento na TSM, indicando uma evolução nas condições oceânicas favoráveis a uma configuração de fase positiva do fenômeno ENOS com o episódio El Niño (SANTOS et. al., 2012). De acordo com a ANA (2015), O triênio 2012 a 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 à extremamente secos. Na região mais ao sul do Submédio São Francisco e na região mais ao norte os Índices encontrados de Anomalia de Chuva foram classificados como Secos. No restante das região, prevaleceu o IAC Extremamente Seco, o que significa que os totais de precipitação pluviométrica para este ano ficaram bem abaixo da média histórica na maior parte da região de estudo.

Diante do exposto, observa-se que houve uma tendência de diminuição dos totais pluviométricos, que se tornou mais evidente a partir da década de 80. Na primeira metade da série histórica os IACs positivos predominavam, no entanto, houve uma inversão e, a partir de 1980 os IACs negativos foram mais abundantes tanto em quantidade de ocorrência quanto em relação à intensidade desses eventos, ao contrário do que ocorria na primeira metade da série histórica. Vale ressaltar que a década de 1990 se destacou como a mais seca de todo o período, com a ocorrência de dois El Niños de forte intensidade e não apresentou nenhum evento de IAC positivo.

Desta forma, vale ressaltar que ocorreu uma modificação importante no padrão da precipitação média do Submédio do rio São Francisco, o qual passou a ocorrer mais períodos de anos secos do que úmidos, mostra-se assim a importância da gestão e adequação das águas na bacia, pois se essa tendência de crescimento de anos secos se configurarem como padrão, o problema do abastecimento se consolidará, ou seja, a demanda não será atendida como desejada.

REDE Revista Eletrônica do PRODEMA
Journal Homepage: www.revistarede.ufc.br
ISSN: 1982 - 5528
D.O.I:10.22411/rede2018.1203.10

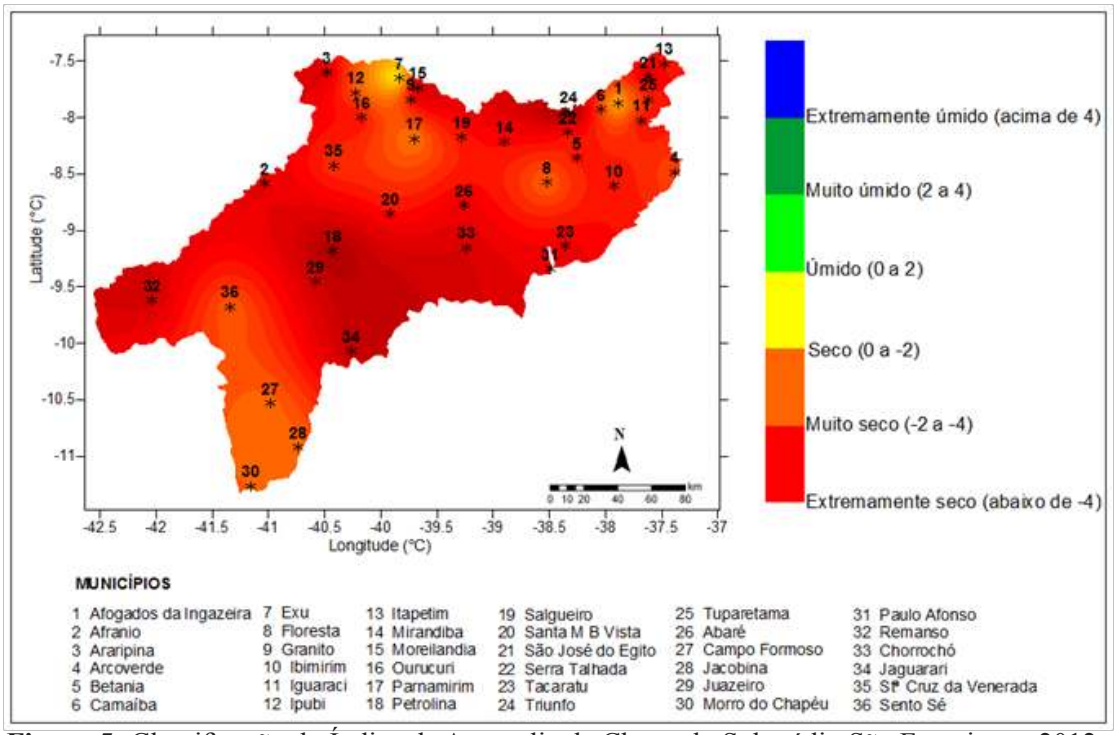

Figura 5: Classificação do Índice de Anomalia de Chuva do Submédio São Francisco - 2012.
Fonte: Elaboração dos autores

3.2 Classificação do uso e ocupação do solo

Após a identificação dos anos de extremos climáticos, obtidos através do IAC, foi realizada a análise do uso e ocupação do solo no entorno do reservatório de Sobradinho, porém, devido à indisponibilidade de dados para os anos classificados como Extremamente Secos e também pela predominância de nuvens, foram utilizados nessa análise os anos de 2001 e 2016, que apesar de não se classificarem como Extremamente Secos, estão na faixa de classificação de anos Muito Secos, pelos cálculos do IAC. Para a análise do uso e ocupação do solo de eventos extremos de chuvas, foi utilizado o ano de 1985, classificado como Extremamente Úmido pelo IAC.

Os resultados obtidos a partir da classificação das imagens Landsat 5 e 8, para os anos de 1985, 2001 e 2016 permitiram avaliar mudanças significativas em diferentes classes de uso do solo (Figura 6). De acordo com o IAC, o ano de 1985 foi classificado como extremamente úmido e esse resultado influenciou no surgimento de eventos hidrológicos na bacia. Segundo dados da Chesf (1986), foram registrados grandes enchentes nos efluentes no Sertão de Pernambuco, entre as barragens de Sobradinho e Paulo Afonso, atingindo a cota máxima operacional. Neste sentido, os resultados das imagens mostram um aumento significativo em relação ao volume de água do reservatório de Sobradinho para o ano 1985 em relação aos demais períodos analisados.Por outro lado, os anos de 2001 e 2016, que se classificaram como anos Muito Secos, segundo o IAC, apresentando uma redução alta no volume de água do reservatório de Sobradinho, conforme pode ser observado na Figura 6.

REDE Revista Eletrônica do PRODEMA
Journal Homepage: www.revistarede.ufc.br
ISSN: 1982 - 5528
D.O.I:10.22411/rede2018.1203.10

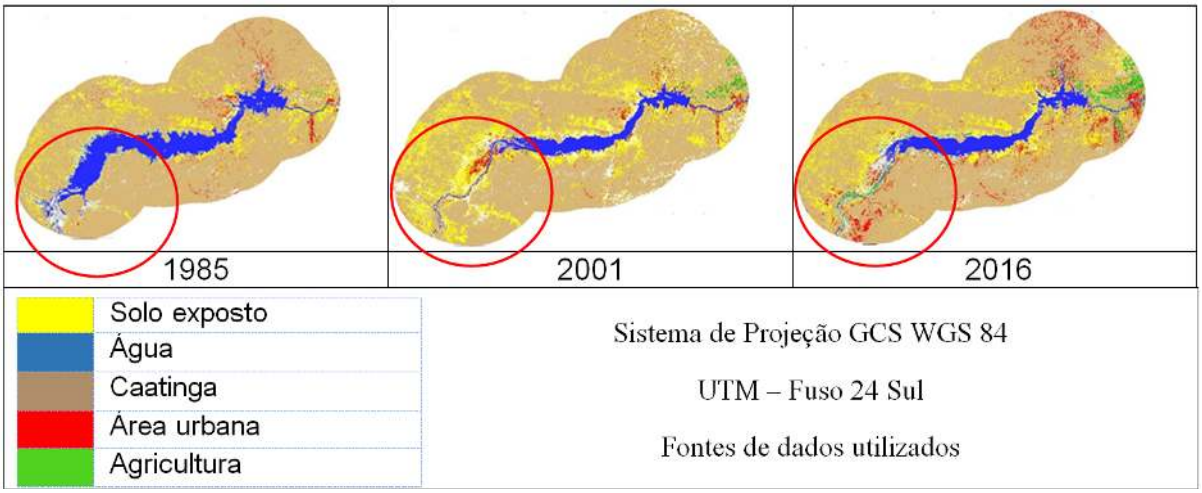

Figura 6: Classificação do uso do solo no entorno do reservatório de Sobradinho.
Fonte: Elaboração dos autores

Observa-se um cenário em que a baixa disponibilidade hídrica reduziu o volume e área do reservatório de Sobradinho e pode comprometer a capacidade de geração de energia. Como alternativa para postergar os seus efeitos, a CHESF tem obtido autorizações da Agência Nacional de Águas (ANA) paraalterar a vazão defluente mínima de 1.300 m³/s, para700 m³/s e 550 m³/s nos meses de fevereiroe julho de 2017, respectivamente, (ANA, 2017a e b).

Enquanto a disponibilidade hídrica tem apresentado padrão de redução, a agricultura, que é a principal atividade econômica no Submédio São Francisco, triplicou sua área de abrangência, passando de 19.866 ha em 1985 para 57.655 ha em 2016 (Tabela 2) principalmente nas áreas a jusante do reservatório de Sobradinho.

Uso do solo	Área (ha)		
	1985	2001	2016
Solo exposto	226.382	462.823	412.085
Água	305.803	136.594	158.516
Caatinga	1.918.585	1.780.481	1.864.389
Área urbana	59.760	70.179	142.031
Agricultura	19.866	17.883	57.655
Não classificado	51.301	13.669	46.465

Tabela 2: Classificação de uso do solo por área (ha) **Fonte:** Elaboração dos autores

Ainda de acordo com a classificação de uso do solo, áreas consideradas como solo exposto tiveram um aumento considerável entre os anos de 1985 e 2001, apresentando uma pequena redução em 2016. Já a área urbana teve um crescimento contínuo, passando de 59.760 ha em 1985 para 142.031 ha em 2016.

Diante da análise realizada, fica nítida a relação entre os anos de extremos climáticos, tanto anos classificados como secos como anos classificados como chuvosos, que o clima exerce uma influência considerável na dinâmica de uso e ocupação do solo, sobretudo na vazão dos reservatórios, com aumento ou diminuição do volume de água dos mesmos. Com esses resultados, busca-se mostrar a importância da gestão e adequação das águas na bacia hidrográfica, pois se essa tendência de crescimento de anos secos se configurarem como padrão, os conflitos pelo uso da água se agravarão.

4. CONCLUSÕES

No Submédio da bacia hidrográfica do rio São Francisco ocorreu uma modificação importante no padrão da precipitação, uma vez que passou a ocorrer mais períodos com anos secos do que úmidos. Diagnosticou-se

ISSN: 1982 - 5528
D.O.I:10.22411/rede2018.1203.10

que até a década de 1980 os anos chuvosos ocorriam em maior número. Este período corresponde a um ponto de inflexão e os anos secos começaram a predominar, se agravando na década de 1990.Constatou-se que o cálculo do IAC pode ser utilizado como uma ferramenta para auxiliar o acompanhamento climático e a variabilidade pluviométrica de uma determinada área, que pode ser uma bacia hidrográfica, auxiliando no gerenciamento dos recursos hídricos e, então empreender ações de adaptação e mitigação.

A partir da classificação das imagens, quanto ao espelho d'água do reservatório de Sobradinho, observou um volume considerável no ano de 1985, esse resultado está associado às condições climáticas desse período, pois segundo os valores obtidos pelo IAC, esse ano foi considerado o mais chuvoso dentre todo período analisado, influenciando no volume de água disponível na bacia. A partir de 2001 o volume de água do reservatório teve uma redução significativa, apresentando um pequeno aumento em 2016, porém ainda configurando uma situação de escassez hídrica no reservatório.

Segundo a classificação de uso do solo, as áreas urbanas cresceram consideravelmente ao longo dos períodos analisados, seguindo da agricultura, principalmente a jusante do reservatório de sobradinho, consequentemente aumentando a demanda de recurso hídrico na região.

ISSN: 1982 - 5528
D.O.I:10.22411/rede2018.1203.10

REFERÊNCIAS

ANA – Agência Nacional e Águas. **Conjuntura dos recursos hídricos no Brasi**l: relatório 2014. Brasília, 2015.

ANA - AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS. **Resolução nº 347, de 06 de março de 2017**. Brasília, 2017a. Disponível em: <http://arquivos.ana.gov.br/resolucoes/2017/347-2017.pdf>. Acesso em: 15/09/2017.

ANA - AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS. **Resolução nº 1.291, de 17 de julho de 2017**. Brasília: ANA. (2017b). Disponível em: <http://arquivos.ana.gov.br/resolucoes/2017/1291-2017.pdf>. Acesso em: 15/09/2017.

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**, v. 24, p 47 a 59, 2007.

ARAUJO, 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**, v. 6, n. 3, p. 508-523, 2009.

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: **XIX Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos**, Bento Gonçalves, 2013.

CHESF – Companhia Hidrelétrica do São Francisco. **Relatório da comissão interministerial de estudos para o controle das enchentes do rio São Francisco**, 1986.

CPTEC/INPE - Centro de Previsão de Tempo e Clima / Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais. Relatório do Clima do INPE. Caracterização do clima atual e definições das alterações climáticas para o território brasileiro ao longo do século XXI. In: **Mudanças Climáticas globais e efeitos sobre a biodiversidade**. São Paulo, 2007.

CRÓSTA, A. P. **Processamento Digital de Imagens de Sensoriamento Remoto**, Campinas, SP, UNICAMP, ed. rev, 1993.

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.

FARIAS, R. F. L.; NÓBREGA, R. S. Tendência Espacial e Temporal da Precipitação Pluviométrica em Pernambuco. In: GALVÍNCIO, J. D (org). **Mudanças climáticas e Impactos ambientais**. Ed. Universitária, UFPE, Recife-PE, Capítulo 15, p. 251-264, 2010.

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**, 2004, Puerto Iguazú. In: Anais do Seminário Internacional sobre Represas y Operación de Embalses. Puerto Iguazú: CACIER, v. 1. p. 1-1, 2004.

FREITAS, M. A. S. Um Sistema de Suporte à Decisão para o Monitoramento de Secas Meteorológicas em Regiões Semi Áridas. **Revista Tecnologia**, Fortaleza, p. 84-95, 2005.

ISSN: 1982 - 5528
D.O.I:10.22411/rede2018.1203.10

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, v.1, 2007. 214p.

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 Iguaçu/Canindé-CE. **Revista GEONORTE**, Edição Especial 2, v.1, n.5, p.819 – 830, 2012.

SOUZA FILHO, F. A. Variabilidade e mudanças climáticas nos semiáridos brasileiros. In: TUCCI, C. E. M; BRAGA B (org). **Clima e recursos hídricos no Brasil**. Porto Alegre: ABRH, 2003.

ROOY, M.P. VAN. **A Rainfall Anomaly Index Independent of Time and Space**, Notes, 14, 43, 1965.