

VARIAÇÕES PLUVIOMÉTRICAS EM MICROBACIAS NO VALE DO JAGUARIBE – CE

Rosilene Aires¹
Flávio Rodrigues do Nascimento²

RESUMO

O clima semiárido do Nordeste brasileiro apresenta singularidades advindas do comportamento dos sistemas atmosféricos que o regulam. É marcado por irregularidades pluviométricas no tempo e no espaço, cujas médias anuais, comumente, variam entre 400 e 1000 mm. Este trabalho discute alguns aspectos das variações pluviométricas tendo por base o comportamento das chuvas e da temperatura nas microbacias de Muquém (Ibicuitinga e Morada Nova), Neblina (Morada Nova) e riacho das Pedras (Jaguetama), contribuintes da Bacia do rio Jaguaribe, no Ceará, durante o período de 1974 a 2008.

Palavras- chave: Semiárido. Variações pluviométricas. Microbacias hidrográficas.

RAINFALL VARIATIONS IN THE MICROBASINS OF JAGUARIBE RIVER BASIN IN CEARÁ

ABSTRACT

The semi-arid climate of Northeastern Brazil presents singularities coming from the behavior of atmospheric systems that regulate it. It is characterized by irregular rainfalls in weather and space. Its annual averages usually range between 400 and 1000 mm. This paper discusses some aspects of rain gauge variations based on the behavior of rainfall and temperature in the microbasins of Muquém (Ibicuitinga and Morada Nova), Neblina (Morada Nova) and Riacho das Pedras (Jaguetama), belonging to Jaguaribe River Basin, in Ceará, from 1974 to 2008.

Key words: Semi arid. Rainfall variations. Microbasins.

1 INTRODUÇÃO

O tempo é um elemento natural que evidencia os diferentes estados da atmosfera e caracteriza o clima de um determinado local. O clima, por sua vez, é composto por vários atributos quantificáveis (temperatura, pressão atmosférica, ventos, radiação solar, umidade do ar, entre outros) que permitem, quando estudados, revelar seu comportamento e as suas formas de atuação na dinâmica dos componentes naturais do ambiente (regime hidrológico dos rios, na elaboração das feições de relevo, na formação dos solos, nos padrões fisionômicos da vegetação etc.).

¹ Mestra em Geografia pela Universidade Estadual do Ceará (Uece). Rua Pedro Aguiar, 1150, Passaré, CEP: 60742-220, Fortaleza-Ceará. E-mail: rosileneaires@yahoo.com.br.

² Professor do departamento e do programa de pós-graduação em Geografia da UFF/RJ.
E-mail: flaviogeo@bol.com.br.

Os vários tipos climáticos possuem suas singularidades. Para entendê-las torna-se imprescindível conhecer e discutir o comportamento de seus sistemas atmosféricos reguladores, observando o seu desempenho direto nas condições de tempo, que são mais imediatas, com curtos períodos de atuação, e nas condições climáticas, que são sentidas em um período de tempo mais longo. Além disso, o pressuposto básico à compreensão dos conjuntos atmosféricos produtores do tempo e do clima é considerá-los sistemas abertos, complexos e dinâmicos, os quais podem ser de pequena, média ou de grande escala.

Como também considerar que, ao longo de sua atuação, trocam matéria e energia em meio aos eventos interativos atmosfera-superfície-oceanos, influenciando, por exemplo, os tipos de tempo e o clima no Nordeste. Em especial no Ceará, zona de convergência intertropical-ZCIT, ventos alísios ou ondas de leste, linhas de instabilidade, oscilações de temperatura da superfície dos oceanos Pacífico e Atlântico, bem como os sistemas de brisas, são responsáveis pela dinâmica do quadro hidrológico semiárido regional, influenciando sobremaneira a reposição de águas superficiais em bacias hidrográficas.

Nesse sentido, este trabalho discute as condições de tempo atmosférico em microbacias hidrográficas inseridas no domínio do clima semiárido no Nordeste do Brasil, destacando a atuação de alguns sistemas atmosféricos de grande escala, como o El Niño e a La Niña, e suas influências na dinâmica hidrológica.

As análises tiveram por base o comportamento dos parâmetros de temperatura e precipitação mensais e anuais nas microbacias de Muquém (Ibicuitinga e Morada Nova), Neblina (Morada Nova) e riacho das Pedras (Jaguaretama); todos são contribuintes da bacia hidrográfica do rio Jaguaribe (Figura 1).

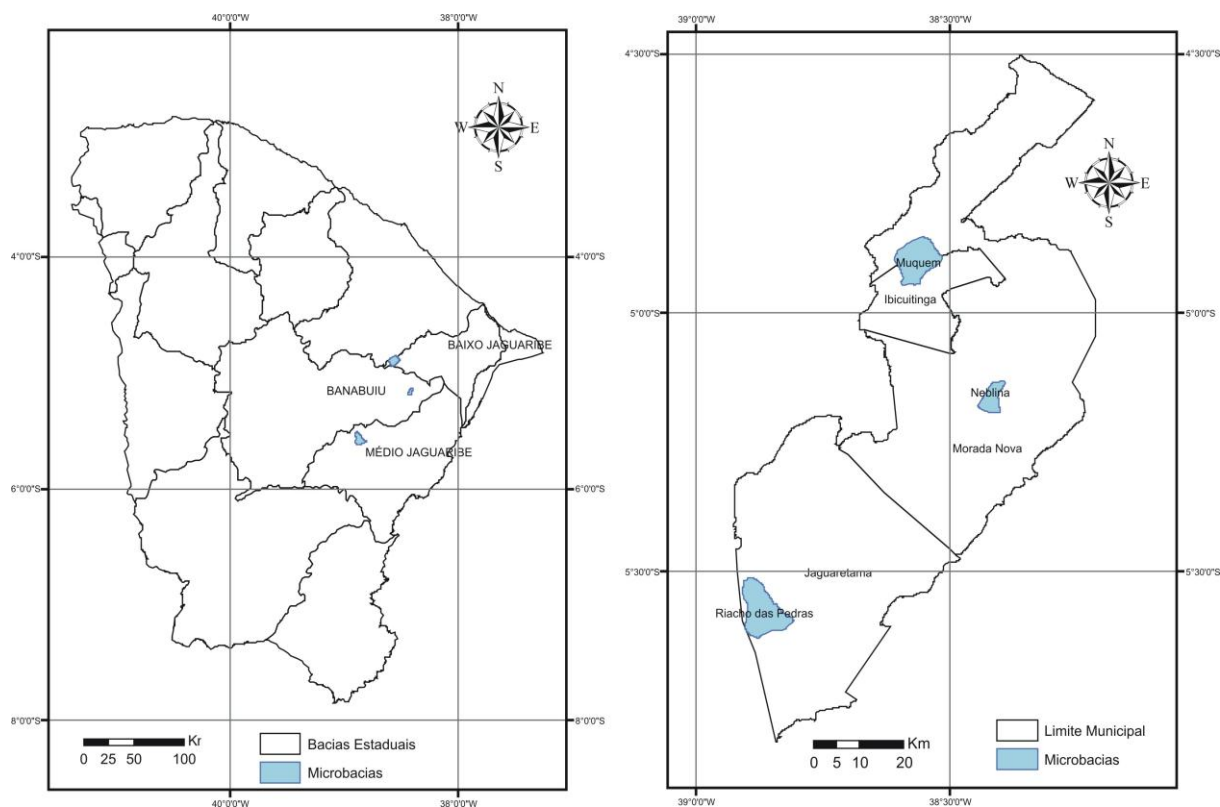


Figura 1: Localização das microbacias de Muquém, Neblina e riacho das Pedras.

A escolha destas microbacias se justifica por apresentarem drenagens intermitentes sazonais, enquanto resposta hidrológica às condições de semiaridez na região centro-leste do Ceará (AIRES, 2009, p.37). A exemplo disso são percebidas médias pluviométricas anuais entre 400 e 800 mm, com períodos de chuvas torrenciais seguidos de períodos longos de seca. Somam-se ainda: intermitência sazonal de seus cursos d' água; ocorrência de solos rasos e pedregosos, apresentando de baixa a média fertilidade; o predomínio das caatingas de porte arbustivo.

2 SISTEMAS FORMADORES DE CHUVAS

Considera-se, com base em diversos trabalhos, dentre eles o de Brasil (1994), Souza Filho (2003) e Ferreira e Mello (2005), que os principais sistemas reguladores do regime climático regional (NE) e cearense são: a zona de convergência intertropical – ZCIT; os ventos alísios ou ondas de leste, as linhas de instabilidade – LI, as frentes frias, as oscilações da temperatura da superfície dos oceanos Pacífico e Atlântico e as brisas marítimas e terrestres. Esses mecanismos possuem cada um suas peculiaridades, atuando com intensidade variada, e provocam precipitações em quantidades e períodos distintos.

Segundo Brasil (1994, p. 9) “a região Nordeste possui três regimes de chuvas”, devido à presença de distintos sistemas atmosféricos que, conseqüentemente, determinam seus três tipos climáticos. Quais sejam:

- O clima tropical, com chuvas de verão abrange o oeste, centro-sul e leste da Bahia e o sul do Maranhão e Piauí. Essa área apresenta estação chuvosa de novembro a fevereiro, e está associada principalmente à penetração de frentes frias provenientes de latitudes altas do hemisfério sul.
- A porção leste da região nordestina compreende a zona da mata e agreste do Rio Grande do Norte, Paraíba, Pernambuco, Alagoas, Sergipe e litoral norte da Bahia, tem o período chuvoso que se estende de maio a julho e está relacionado com a interação entre os alísios de sudeste e o sistema de brisa continental ao longo do litoral leste. Configura o clima tropical com chuvas de inverno.
- Por fim, destaca-se o tipo climático tropical semiárido que abrange a porção regional mais seca, representada pelo o norte e leste do Piauí, quase todo o Ceará e Rio Grande do Norte, sertões da Paraíba, Pernambuco, Alagoas, Sergipe e região nortenordeste da Bahia. A estação chuvosa sobre essa região se concentra nos meses de fevereiro a maio, em decorrência principalmente da zona de convergência intertropical (ZCIT), que neste período encontra-se sobre o Atlântico equatorial.

A despeito do que defendem Ferreira e Mello (2005), acredita-se que as oscilações da temperatura da superfície dos oceanos Pacífico e Atlântico e a ocorrência dos fenômenos climáticos El Niño e La Niña influenciam sobremaneira o comportamento anual das chuvas no Nordeste, em especial no Ceará.

O El Niño Oscilação Sul (ENOS) se manifesta pelo aquecimento acima da média da temperatura da superfície do mar (TSM) do Pacífico associada ao dipolo positivo do Atlântico (norte e sul), não favorecendo a atuação dos ventos, com o deslocamento da ZCIT ao norte do equador, podendo configurar assim anos secos ou muito secos no Nordeste semi-árido. Já o fenômeno climático La Niña se manifesta quando há o resfriamento das águas do Pacífico associada ao dipolo negativo do Atlântico (norte e sul), favorecendo a ocorrência da atuação dos ventos e do deslocamento da ZCIT ao sul do equador e, possivelmente, são anos normais ou chuvosos na região.

Além desses sistemas, o Sistema de Alta Pressão do Atlântico Norte (AAN) e do Sul (AAS), denominado Dipolo do Atlântico, associado à temperatura da superfície do mar, influenciam os demais sistemas atmosféricos, promovendo ou inibindo a atividade convectiva segundo suas interações, as quais são pontuadas na Figura 2.

Considerando que estes fenômenos representam os anos de chuvas pronunciadas (La Niña) e de fases de estiagens (El Niño) para o Nordeste seco, a intensidade da sua atuação corrobora a ocorrência de anos mais chuvosos ou mais secos, com reflexos nítidos nas microbacias estudadas.

A partir dos dados de precipitações nas microbacias e dos períodos em que ocorreram os fenômenos climáticos El Niño e La Niña, foi possível inferir alguns aspectos do comportamento pluviométrico e das variabilidades das chuvas nas três unidades de estudo. Tais variabilidades podem ser percebidas ao longo da série correlacionando os totais anuais à atuação forte, fraca ou moderada desses fenômenos climáticos de forma seletiva ao longo da série histórica es-

tudada, de acordo com as classificações feitas por Souza et al. (1998), Ferreira e Mello (2005) e Barreto et al. (2009).

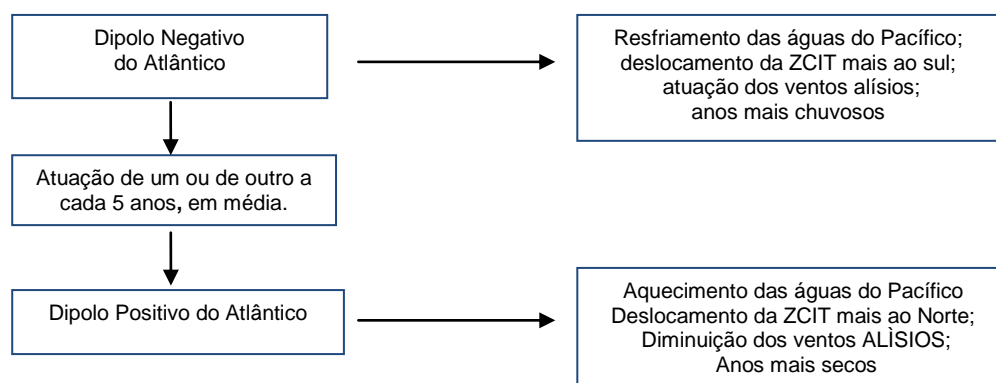


Figura 2 - Influência dos oceanos Atlântico e Pacífico e suas repercussões para o clima nordestino (Elaboração da autora, com base em FERREIRA; MELLO, 2005)

O regime climático semiárido é regulado pela junção de sistemas de circulação atmosférica que, segundo Nimer (1977, p. 336), torna a climatologia desta região diferenciada e complexa tanto do ponto de vista térmico quanto pluviométrico. Essa diversificação climática se deve, entre outros fatores, às saliências locais de relevo, que abreviam o período seco, enquanto as depressões o prolongam.

Sendo assim, as áreas elevadas, segundo Nimer (*op cit*, p. 336), “concentram maior pluviosidade, enquanto no sertão as médias anuais não ultrapassam 1000 mm de chuvas e em 50% desta área os índices são inferiores a 750 mm.” Por essa razão, os sertões são considerados por AB’Saber (1974, p. 4) como sendo “uma região seca, muito quente, possuindo precipitações irregulares no tempo e no espaço, cujas médias anuais, apenas para efeitos de referência, variam entre 400 e 800 mm”.

Em se tratando das condições térmicas desta área, para AB’ Saber (*op cit*), estas variam em função da latitude e da altitude e, apesar de a região semiárida se estender para a zona tropical (15° - 17° lat. sul) e possuir áreas elevadas, como a Chapada do Araripe (800 a 1000m) e o Planalto da Borborema (670 a 1100m), grande parte de seu vasto território localiza-se nas proximidades do equador (3° - 5° lat. sul), onde predominam os terrenos da depressão sertaneja com altitudes modestas, configurando assim “médias térmicas muito elevadas e constantes, oscilando entre 25° a 29°C, e a insolação é elevada, com totais anuais da ordem de 2800 horas de sol (AB’SABER *op cit*, p. 8).

De forma geral, as condições de semiaridez existentes e a desigual distribuição das precipitações influenciam na disposição e no acesso à água e na produtividade agrícola no estado do Ceará, pois a maior parte do seu território tem, segundo Souza (2000, p. 34),

estação chuvosa de menor duração de 3 a 4 meses (fevereiro a maio). Salvo exceções que ocorrem devido a fatores geográficos locais, como a proximidade com o mar, a altitude e a disposição dos compartimentos do relevo elevado, os quais são expostos a ventos úmidos que promovem chuvas orográficas, aumentando assim as médias normais e a durabilidade dos meses de chuva.

Sobre este assunto, Souza Filho (2003, p. 72) ressalta que “a irregularidade das chuvas não se apresenta apenas nos totais anuais, mas ao longo dos meses durante um único ano pode ocorrer essa variabilidade temporal e espacial, denominada intrasazonal.”

3 METODOLOGIA

Para se traçar considerações relevantes e coerentes sobre o regime climático, é importante analisar a sucessão habitual de seus parâmetros meteorológicos ao longo de séries históricas

de pelo menos 30 anos. Os parâmetros selecionados para as análises das microbacias foram o comportamento de temperatura e das precipitações interanuais e intra-aneais das chuvas ao longo da série histórica representada pelo período de 34 anos entre os anos de 1974 a 2008, dos postos pluviométricos mais próximos das unidades de estudo, os quais são mostrados na Tabela 1.

Tabela 1- Localização dos postos pluviométricos

Microbacia	Latitude	Longitude	Nome do posto	Altitude (m)
Muquém	4° 58'	38° 38'	Ibicuitinga	200
Neblina	5° 06'	38° 22'	Morada Nova	89
Riacho das Pedras	5° 37'	38° 44'	Jaguaretama	150

Fonte: Ceará (2008)

No caso de Muquém, estudou-se a série histórica referente ao período de 1998 a 2008, totalizando apenas 20 anos, devido à não disponibilidade de dados mais abrangentes. Com isso, foram traçadas considerações apenas sobre o comportamento e a distribuição interanuais das chuvas nesta microbacia.

Os dados de precipitação foram obtidos junto a Fundação Cearense de Meteorologia e Recursos Hídricos (Funceme), enquanto os dados de temperatura das microbacias de Muquém e riacho das Pedras foram gerados a partir da inserção dos dados sobre latitude, longitude e altitude dos postos selecionados no software de Sales e Oliveira (1985). Este software se caracteriza por possuir um pacote de programas que permitem gerar informações climáticas em escala local, fazer balanço hídrico, calcular erodibilidade dos solos, entre outros artifícios para estudos físico-ecológicos.

Foram discutidas também as variações intra e interanuais das chuvas e as variações intra-aneais de temperatura, as quais foram expressas em tabelas e gráficos representativos. Os valores de referência de chuva utilizados para indicar a classificação climática dos anos em Muito Chuvoso (MC), Muito Seco (MS), Normal (N), Chuvoso (C) e Seco (S) nas microbacias constam em Brasil (1994), Ferreira e Mello (2005). Observe-se que foram feitas as devidas adaptações dessas classificações à área de estudo.

Segundo estes trabalhos, quando as precipitações estão abaixo de 500 mm, o ano é considerado muito seco, entre 500 e 700 configura-se um ano seco e quando a ocorrência de chuvas estiver dentro da média, entre 700 a 850 mm, o ano é considerado normal. Para valores acima dessa média anual, entre 850 e 950, o ano pode ser considerado chuvoso, e acima de 950 mm considera-se o ano como muito chuvoso.

De acordo do Fill et al. (2005, p. 60), o balanço hídrico é importante para os estudos climáticos porque “permite avaliar a variação no tempo da quantidade de água armazenada (superficial e subterrânea), e dos respectivos fluxos (precipitação, escoamento e evapotranspiração).” Dessa forma, os totais mensais de precipitação e de temperatura da série histórica selecionada, a altitude, a latitude e longitude dos postos representativos foram os dados utilizados para gerar o balanço hídrico de cada unidade de estudo, de acordo com a metodologia de Thorntwaite e Mather, obtidos nos trabalhos de Sales e Oliveira (1985) e Costa (2006).

Por fim, os balanços hídricos das microbacias foram gerados no software *Hidrocel*, de Costa (*op. cit.*), os quais são mostrados em tabelas e gráficos que, juntamente com as análises, possibilitam visualizar o comportamento do regime climático semiárido presente nas microbacias.

4 COMPORTAMENTO DAS CHUVAS E DAS CONDIÇÕES TÉRMICAS NO CLIMA SEMIARIDO DAS MICROBACIAS

A discussão dos resultados encontrados mostra tanto as variações intra-aneais de chuvas, as quais se relacionam às diferentes quantidades de chuvas que ocorrem ao longo do ano, quanto às variações interanuais, que se relacionam aos volumes totais de chuvas anuais ao longo

da série histórica nas microbacias. Estas variações são estudadas tendo como base os dados de precipitação e temperatura referentes ao período de 1974 a 2008.

Em virtude de o clima semiárido sofrer influência dos princípios da circulação atmosférica discutida, percebeu-se sua marca em relação ao Ceará com as influências de fenômenos globais climáticos, como o El Niño e a La Niña, nas condições de tempo e clima das microbacias aqui tratadas. Em especial, foram relacionadas às influências desses fenômenos climáticos globais, destacando os anos de sua ocorrência com as variações interanuais das precipitações na série estudada.

4.1 Variações intra-anuais

Os totais médios mensais e as variações intra-anuais foram marcantes nas microbacias. Perceberam-se nitidamente os meses concentradores das chuvas e o trimestre seco.

Apontam-se os meses de fevereiro, março, abril e maio como concentradores das chuvas, somando mais de 80% das precipitações, e o trimestre mais seco do ano, composto pelos meses de setembro, outubro e novembro não chegou a somar 2% das chuvas nas microbacias.

Em Riacho das Pedras, o período chuvoso apresentou-se com 666 mm, equivalente a 83% das chuvas mensais na microbacia. No trimestre mais seco choveu apenas 11 mm, ou seja, 1,3% do total mensal. Desses totais, 199 mm ocorreram somente em abril, considerado o mês mais chuvoso ao longo da série (Tabela 2 e Gráfico 1). Ao longo da série, a maior variação pluviométrica mensal nesta microbacia apresentou tendência ao aumento mensal de 95 mm nas chuvas entre março e abril, seguido de diminuição média de 71 mm nas chuvas que ocorreram entre os meses de maio e julho (Tabela 2 e Gráfico 1). A temperatura se manteve elevada ao longo dos meses, com médias térmicas de 27,3°C ao longo do ano. As variações foram de até 2,5°C, com máximas de até 28,5°C em novembro e dezembro e mínimas de 26°C em junho e julho (Tabela 2 e Gráfico 2).

Tais variações e as características das condições térmicas nas microbacias podem ser visualizadas logo a seguir, a partir das Tabelas 2, 3 e 4 e dos Gráficos 1, 2, 3, 4, 5 e 6.

Tabela 2 - Médias de precipitações mensais em Riacho das Pedras (Posto Jaguaratama - CE) na série histórica de 1974-2008

Parâmetros	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Total e Média
Precipitações	104	130	105	199	128	58	28	7	2	2	7	24	795
Temperatura	28,3	27,4	26,7	26,4	26,4	26	26	27,2	28	28,5	28,5	28,5	27,3

Fonte: Ceará (2008)

Gráfico 1 - Médias de precipitações mensais em Riacho das Pedras (Posto Jaguaratama - CE) na série histórica de 1974-2008 (Fontes: Ceará, 2008; Sales e Oliveira, 1985).

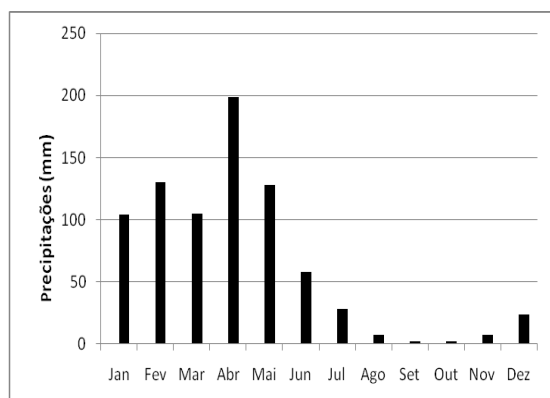
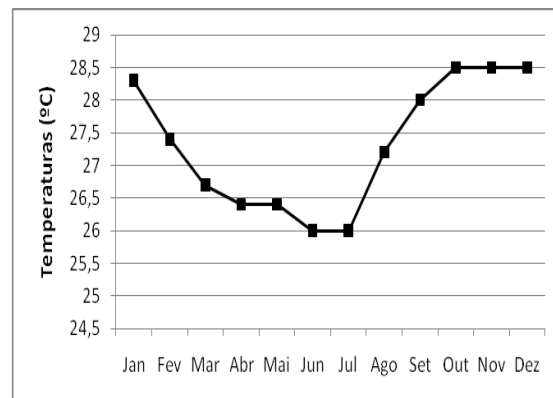


Gráfico 2 - Médias das temperaturas mensais em Riacho das Pedras (Posto Jaguaratama - CE) na série histórica de 1974-2008 (Fontes: Ceará, 2008; Sales e Oliveira, 1985).



Em Neblina, o período chuvoso concentrou 656 mm, equivalendo a 86,6% das suas médias mensais históricas, e os meses secos somaram 5 mm, equivalentes a 0,7% das chuvas totais mensais. Desses totais, 175 mm ocorreram somente no mês de março, considerado o mais chuvoso na série analisada (Tabela 3 e Gráfico 3).

De um mês para outro, a variação média mensal foi perceptível. Naquela bacia, entre os meses de fevereiro e março ocorreu a maior variação pluviométrica mensal, com tendência a aumento mensal de 61 mm. Entre os meses de abril e maio, a média mensal diminuiu em 69 mm (Tabela 3 e Gráfico 3). A temperatura apresentou médias térmicas de 27,5°C ao longo do ano. As variações foram de até 3°C, com máximas de 29°C em janeiro e mínimas de 26°C no mês de junho (Tabela 3 e Gráfico 4).

Tabela 3 - Médias de precipitações mensais em Neblina (Posto Morada Nova - CE) na série histórica de 1974-2008

Parâmetros	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Total e Média
Precipitações	89	114	175	173	104	57	16	5	3	1	1	16	757
Temperatura	29	28,9	28,3	27,8	26,7	26	26,8	27,6	27,4	27,3	27,9	27,7	27,6

Fonte: Ceará (2008)

Gráfico 3 - Médias de precipitações mensais em Neblina (Posto Morada Nova - CE) na série histórica de 1974-2008 (Fontes: Ceará, 2008; Sales e Oliveira (1985))

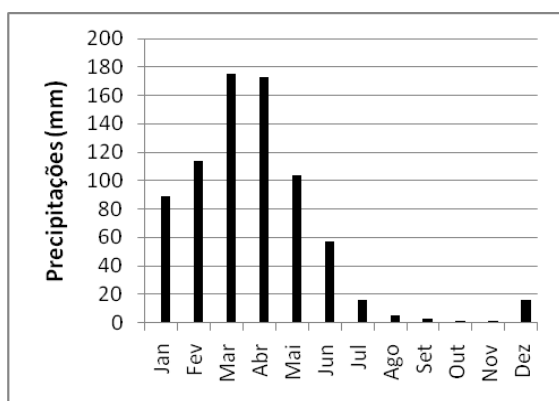
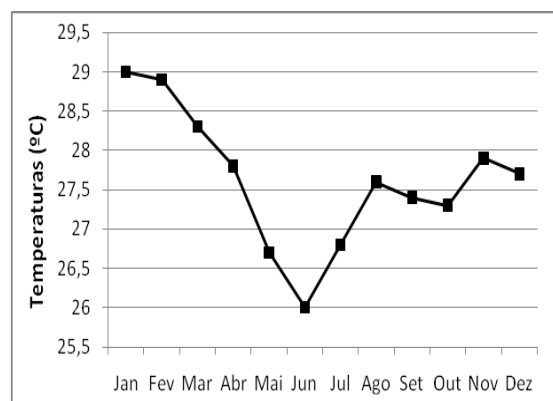


Gráfico 4 - Médias das temperaturas mensais em Neblina (Posto Morada Nova - CE) na série histórica de 1974-2008 (Fontes: Ceará, 2008; Sales e Oliveira (1985))



Já em Muquém, os meses mais chuvosos concentraram 646 mm, o equivalente a 86,4% das chuvas totais. O trimestre mais seco somou apenas 0,8 mm, o que correspondeu a 0,1% do total mensal. O mês de março foi o mais chuvoso dessa microbacia, concentrando 182 mm (Tabela 4 e Gráficos 5 e 6).

Destaca-se que, de um mês para outro, a variação média mensal foi significativa. No segundo semestre ocorreu maior variação, especialmente entre os meses de maio e setembro. Neste período, a tendência da média mensal do volume de chuva apresentou redução em cerca de 50%, chegando à ausência de chuvas no mês de setembro (Tabela 4 e Gráfico 5). Por seu turno, a temperatura se manteve com médias térmicas de 26,5°C ao longo do ano. As variações foram de até 2°C, com máximas de 27,5°C em dezembro e mínimas de 25,4°C no mês de julho (Tabela 4 e Gráfico 6).

Tabela 4 - Médias de precipitações mensais em Muquém (Posto Ibicuitinga – CE) na série histórica de 1988-2008.

Parâmetros	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Total e Média
Precipitações	91	86	182	176	110	53	23	9	0	0,4	0,4	15	748
Temperatura	27,4	26,7	26,1	25,9	25,9	25,6	25,4	26,3	26,9	27,1	27,4	27,5	26,5

Fonte: Ceará (200)

Gráfico 5 - Médias de precipitações mensais em Muquém (Posto Ibicuitinga – CE) na série histórica de 1988-2008. (Fontes: Ceará, 2008; Sales e Oliveira (1985))

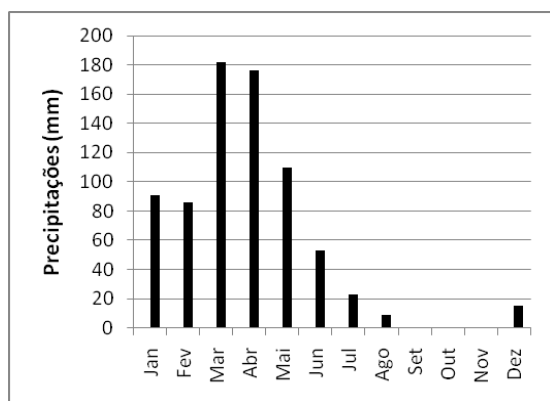
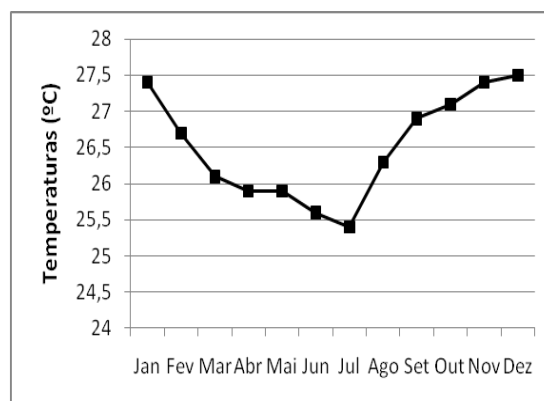


Gráfico 6 - Médias das temperaturas mensais em Muquém (Posto Ibicuitinga – CE) na série histórica de 1988-2008. (Fontes: Ceará, 2008; Sales e Oliveira (1985))



4.2 Variações inter-anuais

As maiores secas registradas na série ocorreram nos anos de 1976, 1980, 1993 e 1998. Estes foram considerados os anos mais secos na série porque expressaram valores de menos de 500 mm anuais em Riacho das Pedras, Neblina e Muquém. Destaque para os anos de 1993 e 1998 como anos em que ocorreu El Niño, ou seja, o fenômeno desfavorável à ocorrência de chuvas. Pode-se afirmar que estes dois anos foram os mais secos de toda a série observada nos totais anuais das três microbacias.

O ano de 1993 foi considerado muito seco, pois os totais pluviométricos apresentaram índices menores que 350 mm nas três microbacias. Em 1998 a situação também foi de seca, com índices pluviométricos de até 443 mm de chuva em Riacho das Pedras e Muquém, enquanto em Neblina, no mesmo ano, as precipitações atingiram somente 390 mm de chuva (Tabela 5).

Os anos mais chuvosos da série superaram os períodos de seca, evidenciando assim uma tendência à maior ocorrência de anos normais, chuvosos e muito chuvosos nas microbacias evidenciados em quatro períodos chuvosos com diferentes níveis de precipitações nas microbacias.

O primeiro período chuvoso ocorreu entre 1984 e 1986, ocasionando valores anuais da ordem de mais de 1000 mm somente nas microbacias Riacho das Pedras e Neblina, pois não se tem dados desse período em Muquém, conforme a Tabela 5.

Nas microbacias de riacho das Pedras e Neblina, o ano de 1974 foi muito chuvoso, com totais acima 1200 mm. Já o ano de 1985 se apresentou como ano mais chuvoso de toda a série das microbacias citadas, com totais anuais, respectivamente, de 1842 mm e 1723 mm (Tabela 5).

No segundo período chuvoso, observou-se aumento de precipitações nas três microbacias, o qual é representado pelos anos de 1988 e 1989. Cabe ressaltar que estes anos foram marcados pela ocorrência de La Niña, que é o fenômeno climático favorável a ocorrência de precipi-

tações. Em riacho das Pedras, estes anos foram considerados muito chuvosos, ultrapassando os 1000 mm/ano.

Nas demais microbacias, os valores pluviométricos anuais ficaram abaixo de 950 mm, sendo classificados como anos chuvosos, totalizando cerca de 900 mm em Neblina e 940 mm em Muquém. Convém destacar que este período foi considerado um dos maiores picos de chuvas de toda a série histórica estudada da microbacia Muquém.

Situação semelhante ocorreu no terceiro período chuvoso, notadamente marcado por valores acima de 950mm em Riacho das Pedras, configurando-se assim em ano muito chuvoso, e ano classificado como chuvoso por apresentar os valores médios em torno de 850 a 950mm em Neblina e Muquém. Entretanto, algumas exceções foram notáveis, como a do ano de 1999. Este foi de ocorrência de La Niña, porém os valores de precipitações anuais variaram em cada uma das microbacias. Os dados demonstraram que foi um ano seco, com índices em torno de 550 mm em Neblina e Muquém; porém se mostrou chuvoso, com até 947 mm de chuvas em Riacho das Pedras.

O último período chuvoso ocorreu no intervalo entre os anos de 2000 e 2008, sendo intercalado por anos secos em 2001, 2005 e 2007. O ano 2000 foi mais representativo na microbacia de Muquém, na qual os índices pluviométricos atingiram o maior pico de sua série, com 1.032 mm, sendo, portanto, ano muito chuvoso. Já em Riacho das Pedras e em Neblina, o pico das chuvas desse ciclo ocorreu no ano de 2004, considerado muito chuvoso nessas microbacias, com totais de 1400 mm e 1000 mm, respectivamente. Neste ano, as chuvas foram tão intensas que provocaram o rompimento da barragem do reservatório Santa Bárbara, causando enchentes na localidade rural homônima e nas comunidades a jusante do reservatório.

Os totais anuais de Riacho das Pedras demonstram as maiores médias anuais, de 862 mm, e comportamento semelhante aos totais mensais de Neblina (735 mm anuais), com acentuadas variações interanuais ao longo da série, ao passo que os totais anuais de chuvas em Muquém demonstram que essa área se apresentou entre as áreas com menores médias anuais, com 705 mm. A seguir estão destacados nos Gráficos 7, 8 e 9 e na Tabela 5 os volumes totais anuais das precipitações e os respectivos anos de ocorrência de El Niño e de La Niña.

Gráfico 7 - Totais anuais de precipitação na microbacia Riacho das Pedras no período 1974-2008 (Fonte: Ceará, 2008)

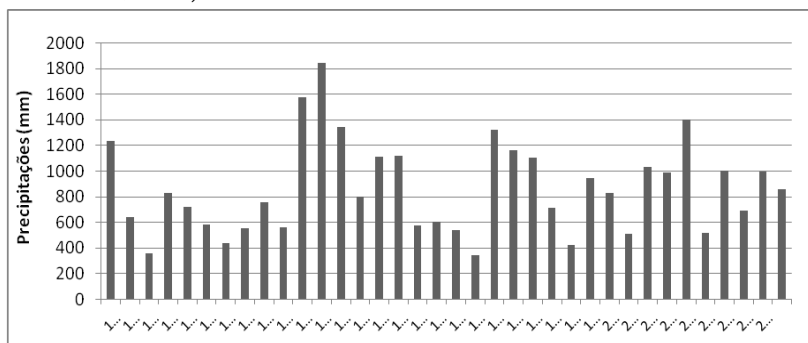


Gráfico 8 - Totais anuais de precipitação na microbacia Neblina no período 1974-2008 (Fonte: Ceará, 2008)

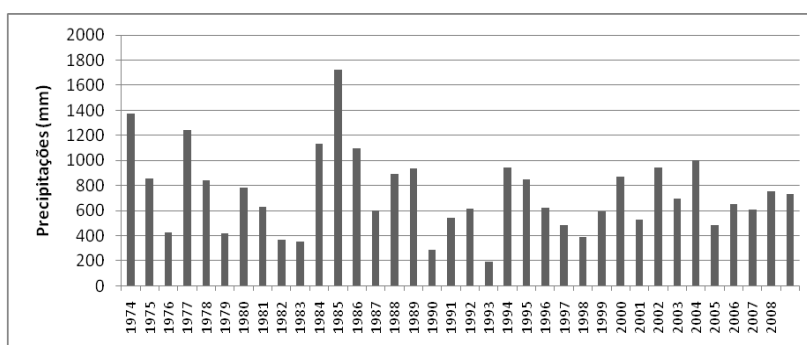


Gráfico 9 - Totais anuais de precipitação na microbacia Muquém no período 1988-2008.
(Fonte: Ceará, 2008)

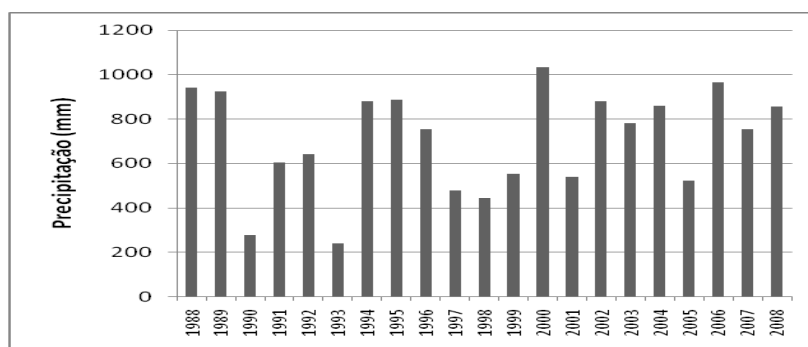


Tabela 5 - Totais anuais das precipitações em riacho das Pedras (Posto Jaguaratama-CE na série histórica de 1974-2008)

(Continua)

Anos	Totais de precipitação			Ocorrências de El Niño e La Niña		
	Riacho das Pedras (mm)	Muquém (mm)	Neblina (mm)	Souza <i>et al.</i> (1998). Período 1912-1989	Ferreira e Mello (2005). Período 1995-2003	Barreto <i>et. al.</i> (2009). Período 1950-1999
1974	1235		1373			La Niña
1975	640		856	La Niña		
1976	356		428	El Niño		La Niña
1977	833		1243			
1978	719		843			
1979	586		419			
1980	439		780			
1981	551		630			
1982	760		369	El Niño		El Niño
1983	563		351			El Niño
1984	1575		1132			
1985	1842		1724			
1986	1343		1097	El Niño		
1987	804		602	El Niño		El Niño
1988	1111	941	895	La Niña		La Niña
1989	1123	923	934			La Niña
1990	576	278	288			
1991	603	603	543			El Niño
1992	540	642	612			El Niño
1993	345	241	193			El Niño
1994	1.321	880	940			
1995	1.162	886	849		El Niño	
1996	1.108	753	626			
1997	713	477	487			El Niño
1998	426	443	390		El Niño	El Niño
1999	947	552	590		La Niña	La Niña
2000	827	1.032	871		La Niña	
2001	512	539	525		La Niña	

Tabela 5 - Totais anuais das precipitações em riacho das Pedras (Posto Jaguaratama-CE na série histórica de 1974-2008)

(Conclusão)

Anos	Totais de precipitação			Ocorrências de El Niño e La Niña		
	Riacho das Pedras (mm)	Muquém (mm)	Neblina (mm)	Souza <i>et al.</i> (1998). Período 1912-1989	Ferreira e Mello (2005). Período 1995-2003	Barreto <i>et. al.</i> (2009). Período 1950-1999
2002	1031	882	940	El Niño		
2003	992	783	694			
2004	1400	860	1000			
2005	518	523	481			
2006	1001	966	653			
2007	691	753	608			
2008	997	858	757			
Média Anual	862	705	735			

4.3 Balanço hídrico das microbacias

De modo geral, nas unidades analisadas predominaram déficits hídricos entre os meses de julho e dezembro. Já entre os meses de março e maio, bimestre chuvoso, os déficits hídricos foram menores. Tais aspectos influenciam sobremaneira a reposição de águas nas bacias hidrográficas, evidenciando a sazonalidade das águas superficiais e subsuperficiais, indicando assim os melhores períodos à realização, dentre outras atividades, das práticas agrícolas.

O balanço hídrico de Riacho das Pedras mostrou que os meses de abril e maio são os que apresentaram índices térmicos em torno de 26^oC, e os maiores índices de precipitação de até 199 mm, justificando assim a ausência de déficit hídrico apenas nesse bimestre, conforme visto na Tabela 6.

Tabela 6 - Balanço hídrico da microbacia Riacho das Pedras no período de 1974 a 2008

Mês	T (°C)	EP (mm)	Corr (q)	ETP (mm)	P (mm)	P-ETP (mm)	NegAc (mm)	ARM (mm)	ALT (mm)	ETR (mm)	DEF (mm)	EXC (mm)	R (mm)
Jan	28,3	170,7	1,05	179,0	104	-75,0	-75,0	233,64	-66,36	170,0	9,0	0,0	170,0
Fev	27,4	149,9	0,95	142,0	129	-13,0	-88,0	223,73	-9,91	139,0	3,0	0,0	139,0
Mar	26,7	135,1	1,04	141,0	104	-37,0	-125,0	197,77	-25,96	130,0	11,0	0,0	130,0
Abr	26,4	129,1	1,00	129,0	199	70,0	0,0	300,00	102,23	129,0	0,0	0,0	231,2
Maio	26,4	129,1	1,03	133,0	128	-5,0	-5,0	295,04	-4,96	133,0	0,0	0,0	133,0
Jun	26,0	121,4	0,98	119,0	57	-62,0	-67,0	239,95	-55,09	112,0	7,0	0,0	112,0
Jul	26,0	121,4	1,01	123,0	28	-95,0	-162,0	174,82	-65,13	93,0	30,0	0,0	93,0
Ago	27,2	145,6	1,02	148,0	7	-141,0	-303,0	109,27	-65,56	73,0	75,0	0,0	73,0
Set	28,0	163,5	0,99	162,0	2	-160,0	-463,0	64,10	-45,17	47,0	115,0	0,0	47,0
Out	28,5	175,6	1,03	181,0	0	-181,0	-644,0	35,06	-29,04	29,0	152,0	0,0	29,0
Nov	28,5	175,6	1,01	177,0	0	-177,0	-821,0	19,44	-15,63	16,0	161,0	0,0	16,0
Dez	28,5	175,6	1,05	184,0	15	-169,0	-990,0	11,06	-8,37	23,0	161,0	0,0	23,0
Méd.	27,3	-	-	-	64,4	-	-	-	-	-	-	-	-

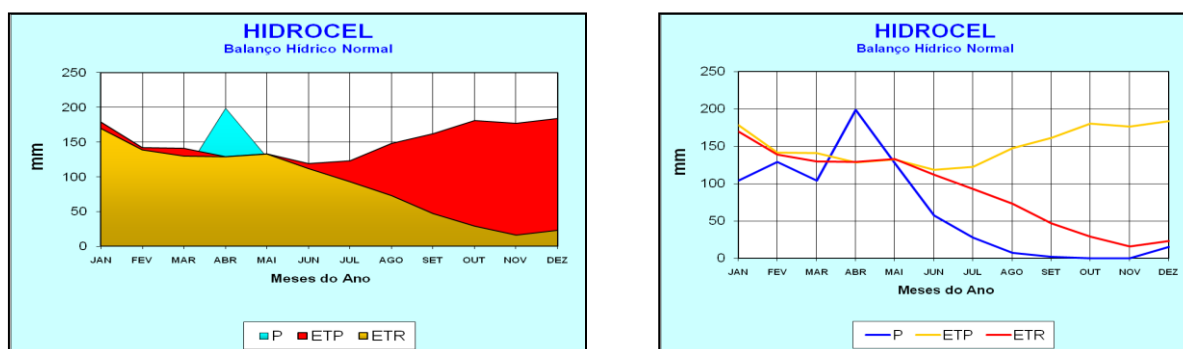
Já entre os meses de agosto e dezembro observaram-se os maiores índices térmicos (28^oC) em razão da intensa radiação solar. Em relação aos índices de evapotranspiração potencial (ETP) para o mesmo período, estes se elevam significativamente em até 184 mm. Os índices elevados de evapotranspiração potencial podem ser relacionados também à ocorrência de

solos rasos e pedregosos, portanto pouco permeáveis, com tendência ao maior escoamento superficial em detrimento da infiltração, como também pela existência de reduzida cobertura vegetal de caatingas de porte arbustivo, o que não atenua o escoamento superficial existente nem promove a retenção de umidade no solo.

O referido período apresentou o semestre de maior déficit hídrico, 161 mm, entre meses de novembro e dezembro, denotando a presença de acentuada semiaridez e longo período de seca, o que dificulta a recarga de nascentes e das reservas hídricas subterrâneas e superficiais.

A seguir apresenta-se o balanço hídrico das microbacias, sintetizado nas Tabelas 6, 7 e 8 e nos Gráficos 10, 11, 12, 13,14 e 15.

Gráficos 10 e 11- Balanço hídrico da microbacia riacho das Pedras no período de 1974 a 2008.



Fontes: Ceará (2008); Costa (2006).

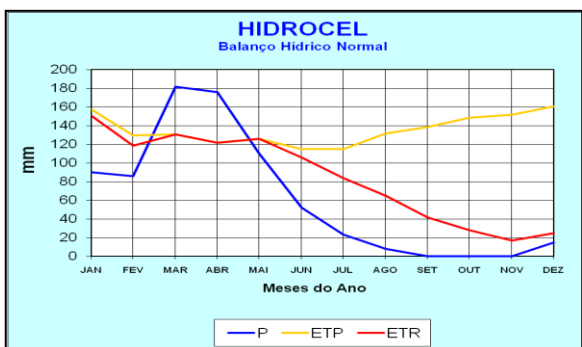
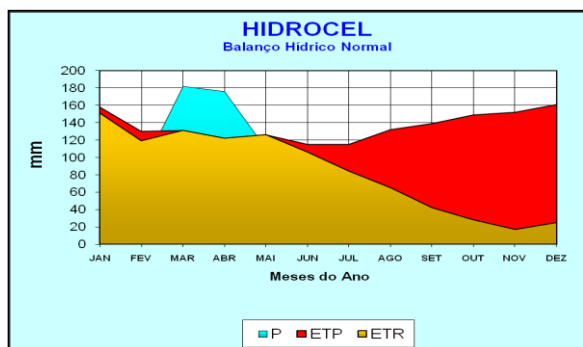
Neblina, por sua vez, apresentou nos meses de março e abril os maiores índices de precipitação chegando até 175 mm, seguidos da ausência de déficit hídrico em abril e valores mínimos em fevereiro e março nesse bimestre, conforme aponta a Tabela 7. Por outro lado, observou-se que os índices de ETP se mantiveram oscilando no primeiro trimestre do ano, com tendência a queda dos índices no segundo semestre do ano. Destaque para o período mais chuvoso, entre os meses de março e junho, no qual foi observada tendência a diminuição da ETP, reduzindo-se a 59 mm no período mencionado. Vale ressaltar que nessa microbacia o mês de janeiro desponta como o mais quente do ano, obtendo assim os maiores índices térmicos, de 29°C, e os maiores índices de ETP, que chegaram a 198 mm.

Já o segundo semestre do ano é mais seco e, por essa razão, configura o período de maior déficit hídrico na microbacia, no qual os índices de ETP apresentam tendência a elevação progressiva, chegando até 164 mm no mês de dezembro, conforme apontado na Tabela 7 e nos Gráficos 12 e 13.

Tabela 7- Balanço hídrico da microbacia de Neblina no período de 1974 a 2008.

Mês	T (°C)	EP (mm)	Corr (q)	ETP (mm)	P (mm)	P-ETP (mm)	NegAc (mm)	ARM (mm)	ALT (mm)	ETR (mm)	DEF (mm)	EXC (mm)	R (mm)
Jan	29,0	188,8	1,05	198,0	89	-109,0	-109,0	208,61	-91,39	180,0	18,0	0,0	180,0
Fev	28,9	186,1	0,95	177,0	113	-64,0	-173,0	168,53	-40,08	153,0	24,0	0,0	153,0
Mar	28,3	170,7	1,04	177,0	175	-2,0	-175,0	167,41	-1,12	176,0	1,0	0,0	176,0
Abr	27,8	158,6	1,00	159,0	173	14,0	0,0	300,00	132,59	159,0	0,0	0,0	291,6
Mai	26,7	134,2	1,03	138,0	104	-34,0	-34,0	267,86	-32,14	136,0	2,0	0,0	136,0
Jun	26,0	120,3	0,98	118,0	57	-61,0	-95,0	218,57	-49,28	106,0	12,0	0,0	106,0
Jul	26,8	136,3	1,01	138,0	16	-122,0	-217,0	145,54	-73,03	89,0	49,0	0,0	89,0
Ago	27,6	153,9	1,02	157,0	5	-152,0	-369,0	87,69	-57,85	63,0	94,0	0,0	63,0
Set	27,4	149,4	0,99	148,0	3	-145,0	-514,0	54,08	-33,61	37,0	111,0	0,0	37,0
Out	27,3	147,1	1,03	152,0	1	-151,0	-665,0	32,69	-21,39	22,0	130,0	0,0	22,0
Nov	27,9	160,9	1,01	163,0	0	-163,0	-828,0	18,99	-13,70	14,0	149,0	0,0	14,0
Dez	27,7	156,2	1,05	164,0	16	-148,0	-976,0	11,59	-7,39	23,0	141,0	0,0	23,0
Médias	27,6	-	-	-	62,6	-	-	-	-	-	-	-	-

Gráficos 12 e 13 - Balanço hídrico da microbacia de Neblina no período de 1974 a 2008



Fontes: Ceará (2008); Costa (2006).

Muquém apresentou ao longo do ano os menores índices térmicos, em torno de 25°C, e de ETP, que chegaram ao máximo de 158 mm se comparada às outras duas microbacias.

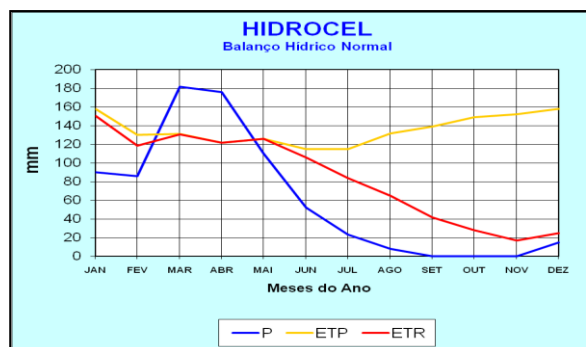
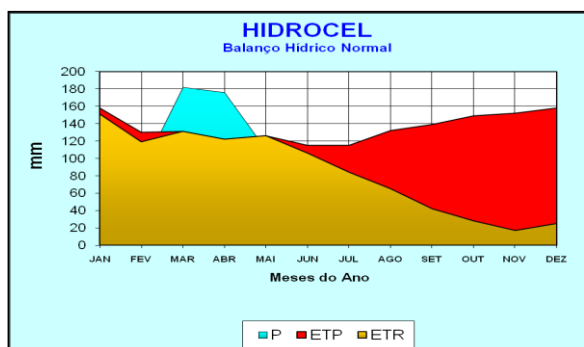
Além disso, o bimestre mais chuvoso que proporcionou pequeno excedente hídrico mensal em Muquém ocorreu no mês de abril, totalizando 54 mm, não ocorrendo, portanto, deficiência hídrica entre os meses de março e maio para esta microbacia. Por outro lado, assim como nas outras unidades de estudo, os maiores déficits hídricos se apresentaram no segundo semestre do ano, chegando a 133 mm no mês de dezembro.

As condições térmicas apresentadas são influenciadas pela presença de serras baixas, que podem proporcionar maior umidade, em virtude de um provável aumento pluviométrico por orografia (AIRES, 2009, p. 97).

Tabela 8 - Balanço hídrico da microbacia de Muquém no período de 1988 a 2008

Mês	T (°C)	EP (mm)	Corr (q)	ETP (mm)	P (mm)	P-ETP (mm)	NegAc (mm)	ARM (mm)	ALT (mm)	ETR (mm)	DEF (mm)	EXC (mm)	R (mm)
Jan	27,4	150,8	1,05	158,0	90	-68,0	-68,0	239,16	-60,84	151,0	7,0	0,0	151,0
Fev	26,7	137,0	0,95	130,0	86	-44,0	-112,0	206,53	-32,63	119,0	11,0	0,0	119,0
Mar	26,1	125,9	1,04	131,0	182	51,0	0,0	300,00	93,47	131,0	0,0	0,0	224,5
Abr	25,9	122,3	1,00	122,0	176	54,0	0,0	300,00	0,00	122,0	0,0	54,0	122,0
Mai	25,9	122,3	1,03	126,0	110	-16,0	-16,0	284,42	-15,58	126,0	0,0	0,0	126,0
Jun	25,6	117,1	0,98	115,0	52	-63,0	-79,0	230,55	-53,87	106,0	9,0	0,0	106,0
Jul	25,4	113,8	1,01	115,0	23	-92,0	-171,0	169,66	-60,89	84,0	31,0	0,0	84,0
Ago	26,3	129,5	1,02	132,0	8	-124,0	-295,0	112,22	-57,44	65,0	67,0	0,0	65,0
Set	26,9	140,8	0,99	139,0	0	-139,0	-434,0	70,61	-41,61	42,0	97,0	0,0	42,0
Out	27,1	144,8	1,03	149,0	0	-149,0	-583,0	42,97	-27,64	28,0	121,0	0,0	28,0
Nov	27,4	150,8	1,01	152,0	0	-152,0	-735,0	25,89	-17,08	17,0	135,0	0,0	17,0
Dez	27,4	150,8	1,05	158,0	15	-143,0	-878,0	16,07	-9,82	25,0	133,0	0,0	25,0
Médias	26,5	-	-	-	61,8	-	-	-	-	-	-	-	-

Gráficos 14 e 15 - Balanço hídrico da microbacia de Muquém no período de 1988 a 2008



Fontes: Ceará (2008); Costa (2006).

5 OBSERVAÇÕES FINAIS

Nas microbacias estudadas, as condições climáticas de semiaridez foram marcantes, tendo em vista as singularidades advindas do comportamento dos seus sistemas atmosféricos reguladores das chuvas, sendo que as mesmas têm ocorrência de modo torrencial e concentrada no espaço, quando não são verificadas estiagens pronunciadas.

Algumas destas singularidades estão presentes nas condições de tempo, as quais são mais imediatas e ditas intra-anuais. As variações intra-anuais das chuvas mostraram os meses mais chuvosos representados pelo intervalo entre fevereiro e maio, evidenciando assim uma curta duração chuvosa. E o trimestre mais seco, representado pelo intervalo entre os meses setembro e novembro, observando-se ao longo do ano oscilações mensais significativas.

Em relação às variações intra-anuais das condições térmicas, existem tendências à diminuição da temperatura entre os meses de janeiro e junho, com tendência a elevação entre os meses de julho e dezembro. As amplitudes térmicas oscilaram em até 3^oC, com destaque no mês de janeiro, que resguardou as máximas térmicas em torno de 29^oC e para o mês de junho, que resguardou as temperaturas mínimas de até 25^oC.

Segundo o que foi apresentado, há nítida influência dos fenômenos climáticos do El Niño e da La Niña nas variações pluviométricas e nos volumes pluviométricos das microbacias. Tais influências foram observadas nos totais anuais das chuvas, evidenciando que alguns considerados muitos secos coincidiram com a ocorrência de El Niño; já durante os anos considerados muitos chuvosos ocorreu La Niña.

A dinâmica das precipitações é peculiar em Riacho das Pedras e Muquém. Nesta última, o volume das chuvas poderia ter sido influenciado pela presença de suas serras baixas, uma vez que estas serras podem proporcionar melhores condições de umidade e de elevar a ocorrência de precipitações a barlavento com chuvas orográficas. No entanto, esta microbacia foi a que apresentou as menores médias chuvosas anuais (703mm) e mensais (747mm).

Em contrapartida, Riacho das Pedras apresentou as maiores médias chuvosas mensais (794 mm) e anuais (862 mm). Contudo, é importante registrar que embora as microbacias estejam inseridas nos sertões semiáridos cearenses, podem ocorrer aguaceiros torrenciais concentrados em poucos meses, caso haja sistemas de formadores de chuvas atuantes, o que é uma das principais características de ambiente semiáridos.

REFERÊNCIAS

AIRES, R. **Análise ambiental integrada de microbacias hidrográficas no Vale do Jaguaribe como subsídio ao Programa Vigilantes Globais da Água**. 2009. 209 f. Dissertação (Mestrado). – Uece, Fortaleza, 2009.

AYOADE, J. O. Variações e mudanças climáticas. In: AYOADE, J. O. **Introdução à climatologia para os Trópicos**. 3. ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 1991. p. 205-223.

AB' SABER. A. N. O Domínio Morfoclimático Semi-árido das Caatingas Brasileiras. In: **Geomorfologia**. São Paulo: Universidade de São Paulo, 1974. p. 1-40.

BRASIL, Secretaria de Planejamento e Coordenação - SEPLAN. **Projeto Áridas**. Grupo de Trabalho I e II. Fortaleza: SEPLAN, 1994.

BARRETO, N. J. C.; SOUZA, A. L. L.; CASAGRANDE, F.; LUCAS, E. W. M.; **Influência dos fenômenos el niño/la niña no balanço hídrico do município de Jacareacanga-PA**. Disponível em: <www.criatividadecoletiva.net>. Acesso em 15 de Agosto de 2009. 6p.

CEARÁ. Fundação Cearense de Meteorologia e Recursos Hídricos- FUNCEME. **Séries históricas das precipitações de Jaguaratama, Ibicuitinga e Morada Nova**. Disponível em: <www.funceme.br>. Acesso em 15/12/2008.

COSTA, F. G. **Software HIDROCEL - Cálculo de balanço hídrico pelo método Thornthwaite e Mather 1995**. Fortaleza, UFC, 2006.

FERREIRA, A. G.; MELLO, N. G. S. Principais sistemas atmosféricos atuantes sobre a região Nordeste do Brasil e a influência dos oceanos Pacífico e Atlântico no clima da região. **Revista Brasileira de Climatologia**. Presidente Prudente, v. 1, n.º. 1. p. 15-27, 2005.

FILL, H. D.; SANTOS, I.; FERNADES, C.; TOCKZEC, A.; OLIVEIRA, M. F. Balanço hídrico da bacia do rio Barigui. **Revista RA'EGA**, Curitiba, n.º9, p. 59-67. 2005.

NIMER, E. **Climatologia do Brasil**. Rio de Janeiro: IBGE, 1977.

SOUZA, E. B.; ALVES, J. M. B.; REPELLI, C. A. Influência dos oceanos Pacífico e Atlântico na estação chuvosa do semi-árido nordestino. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Santa Maria, v. 6, n. 2, p. 277-283. 1998.

SALES, M. C. L.; OLIVEIRA, J.G. **Software para Cálculo de Balanço Hídrico** THORNTHWAITE, C. W. e MATHER, J. R. Fortaleza : UFC, 1985.

SOUZA, M. J. N. Bases geoambientais e esboço do zoneamento geoambiental do estado do Ceará. In: Lima, L. C. (Org). **Compartimentação territorial e gestão regional do Ceará**. Fortaleza: FUNECE, 2000. P. 06-98.

SOUZA FILHO, F. A. S. Variabilidade e mudança climática nos semiáridos brasileiros. In TUCCI, C. E. M; BRAGA, B. **Clima e recursos hídricos no Brasil**. Porto Alegre: ABRH, 2003. p.77-116.

LACAVA, M. A.; OLIVEIRA, A. M. S.; FILHO, A. J. P. Comportamento hídrico de superfície da bacia do rio Cabuçu de Cima, Parque Estadual da Cantareira, Guarulhos-SP. **Revista Brasileira de Geomorfologia**, Uberlândia, v.10, n.º 1, p. 23-30. 2009.