

ANÁLISE COMPORTAMENTAL DOS REGIMES DE PRECIPITAÇÃO E VAZÃO DA ESTAÇÃO CAMAÇARÍ NO RIO CORURIFE, NO MUNICÍPIO DE CORURIFE – AL¹

Darlan Martínez Schmidt¹; Arthur Mattos¹; Marcos Antônio Lima Moura²; Rênio Leite de Andrade¹; Allan Rodrigues Silva¹; Antônio Marcos Delfino de Andrade²

Resumo - Avaliou-se a correlação entre dados de precipitação e vazão do Rio Coruripe, no Município de Coruripe – AL. Utilizaram-se dados de vazão do período de 1978 até 2008, 30 anos portanto, e de precipitação do período de 1990 a 2008 cedidos pela Rede Hidrometeorológica Nacional da Agência Nacional de Águas (ANA). Observando os principais sistemas meteorológicos que interferem no regime de chuvas no nordeste brasileiro (NEB), sendo eles o deslocamento da Zona de Convergência Intertropical (ZCIT), à maior atividade de brisas que advectam bandas de nebulosidade para o continente e à ação das frentes frias, ou seus remanescentes, que se propagam ao longo da costa. Ainda, que o máximo de chuvas pode estar relacionado à máxima convergência dos ventos Alísios com a brisa terrestre, mais intensa durante as estações de outono e inverno quando o contraste de temperatura entre a terra e o mar é maior. Objetivando a análise do comportamento desses regimes, precipitação e vazão em separado e a dependência entre eles se existisse. Concluindo que o comportamento da vazão apresentou uma resposta diretamente dependente do regime de precipitação e fatores físicos e geomorfológicos da área estudada.

Palavras-Chave – ciclo hidrológico, correlação, sistemas meteorológicos atuantes.

Abstract – We evaluated the correlation between rainfall and flow data Coruripe River in the city of Coruripe - AL. We used flow data from 1978 to 2008, 30 years hence, and precipitation for the period 1990 to 2008 donated by the National Hydrometeorological Network National Water Agency (ANA). Noting the major weather systems that interfere with rainfall in northeast Brazil (NEB), and they shift the Intertropical Convergence Zone (ITCZ), the largest activity of breezes that advected cloud bands to the mainland and the action of cold fronts Or their remnants, which spread along the coast. Still, the maximum rainfall may be related to the maximal convergence of trade winds to the land breeze, the more intense during the autumn and winter when the temperature contrast between land and sea is greatest. Aiming to analyze the behavior of these regimes, precipitation and flow separately and dependence between them existed. Concluding that the flow behavior of response was directly dependent on rainfall patterns and physical and geomorphological factors in the study area.

Key words - the hydrological cycle, correlation, active weather systems.

¹ Universidade Federal do Rio Grande do Norte – UFRN – Programa de Pós-Graduação em Ciências Climáticas (PPGCC) - Campus Universitário – Lagoa Nova – Rio Grande do Norte – RN – Brasil. darlanmartines@yahoo.com.br, renioleite@yahoo.com.br

² Universidade Federal de Alagoas, Instituto de Meteorologia

INTRODUÇÃO

O Estado de Alagoas tem um regime pluviométrico irregular, onde há má distribuição temporal e espacial das chuvas, ou seja, as precipitações ocorrem por no máximo seis meses ao longo do ano, podendo chover de forma considerável em um determinado local e período do ano e praticamente nada no outro.

Atualmente, a crescente escassez dos recursos hídricos, impôs a necessidade da busca pela minimização do uso da água. Em 1997 foi instituída em Alagoas a Lei nº 5.965 que determina a Política Estadual de Recursos Hídricos e o Sistema Estadual de Gerenciamento de Recursos Hídricos. No entanto, ainda, não existem diretrizes de ações que efetivem a legislação, o que torna o estado carente de informações que propiciem esta instrumentação. A bacia hidrográfica do rio Coruripe foi à primeira, no estado, a implantar o seu Plano Diretor de Recursos Hídricos (PDRH, 2001).

No ciclo hidrológico a distribuição temporal e espacial da precipitação e evapotranspiração são variáveis de entrada na bacia, que podem produzir alterações nas estatísticas das séries de vazões, entre outras variáveis de resposta da bacia (Tucci, 2002).

A água que atinge o solo através da chuva segue diversos caminhos dependendo do tipo do solo, declividade do terreno, cobertura vegetal, umidade entre outros. O escoamento superficial converge para os rios que formam a drenagem principal das bacias hidrográficas.

A bacia hidrográfica consiste em uma área delimitada topograficamente, drenada por um curso de água ou um sistema conectado de cursos de água, tal que toda a vazão efluente seja descarregada em uma única seção (Viessman *et al.* 2003). Dentro do sistema de bacia hidrográfica, está inserido o ciclo hidrológico que é o processo de recirculação contínua e infinita da água entre a atmosfera, continentes e oceanos (Honberger *et al.* 1998). O ciclo hidrológico não é um fenômeno isolado, ele resulta de uma interação entre processos hidrológicos, geomorfológicos e biológicos, tendo como agentes dinâmicos a água e o clima. Cada processo interfere e sofre a interferência dos demais processos interagidos (Kobiyama *et al.* 1998).

Tucci (2002) acrescenta que o processo chuva-vazão de uma bacia é complexo e engloba não somente a influência hidrológica, mas também a influência da geologia e da biologia, o que demonstra as relações ambientais que compõem o meio. A água distribui-se de maneira irregular no

tempo e no espaço e, em função desta distribuição, observa-se que a vazão média de uma bacia hidrográfica sofre variações sazonais e anuais significativas.

O conhecimento do processo de interação chuva-vazão pode ser determinado através de modelos de simulação hidrológica, que são classificados conforme a necessidade e complexidade do estudo (Tucci, 2006). Dentro desse contexto, justifica-se a realização de estudos que permitam caracterizar a interação chuva-vazão da bacia do rio Coruripe em estudo.

O objetivo do presente trabalho foi analisar a dependência entre os regimes de precipitação e vazão do Rio Coruripe na seção da Estação Pluvio-Fluviométrica de Camaçari, no Município de Coruripe – AL.

METODOLOGIA

O estudo foi realizado a jusante da barragem Coruripe – I, no Rio Coruripe, Município de Coruripe – AL, parte da bacia hidrográfica do rio Coruripe. A bacia hidrográfica está situada no centro-sudeste alagoano e sua foz dista ao sul, aproximadamente 130 quilômetros da capital do Estado. Sua porção mais alta está inserida na zona fisiográfica do semi-árido e sua foz na Mata Atlântica e a seção de coleta de dados pertence à Rede Hidrometeorológica Nacional, Convênio ANA/CPRM, estação Pluvio-Fluviométrica de Camaçari, conforme pode ser visto na Figura 1. A bacia hidrográfica do Rio Coruripe, que atravessa a porção central do Estado de Alagoas, tendo como principais tributários os Riachos: Francisco Alves, Estiva, Açude Velho, Correnteza, Tamanduá, Draga e das Pedras.

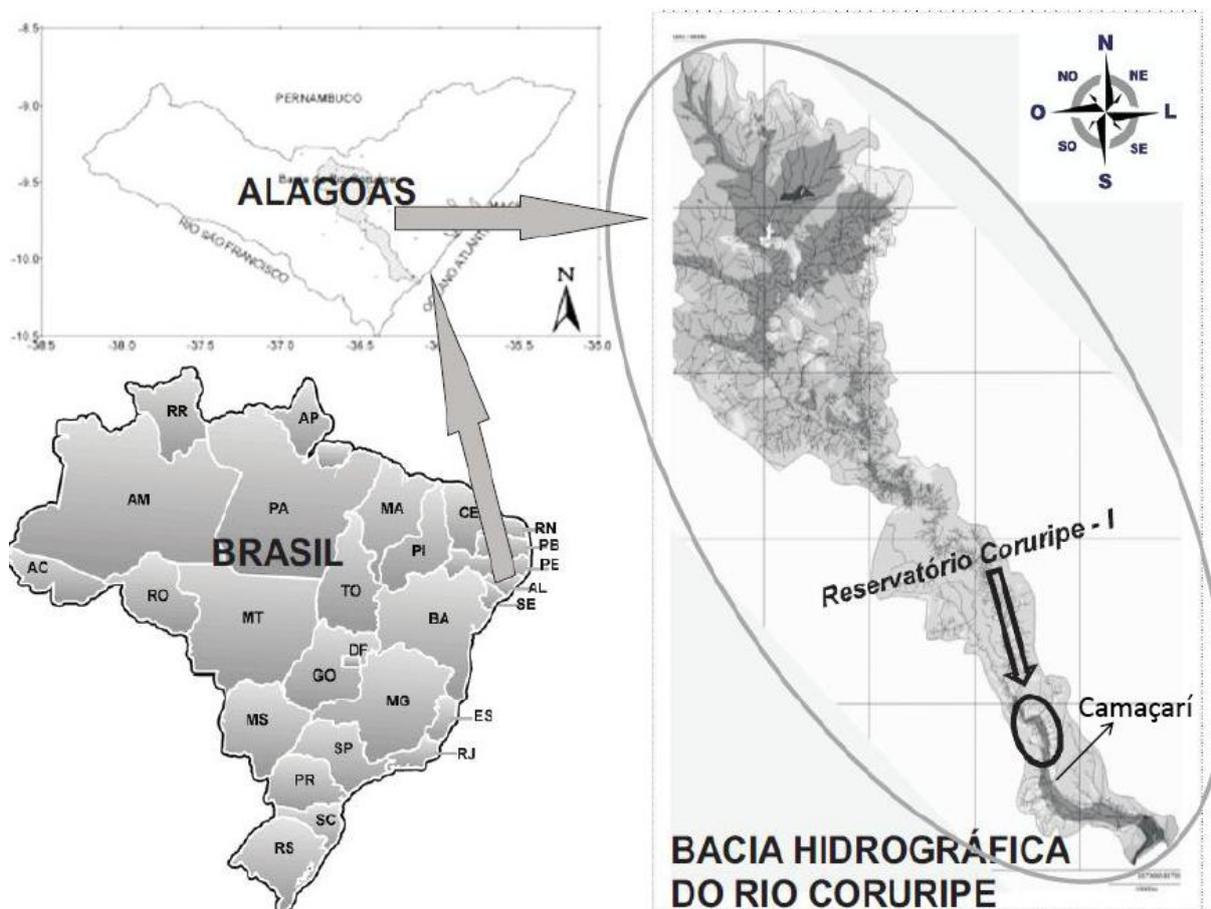


Figura 1- Localização da área de estudo

Com uma área de drenagem de aproximadamente 1.562 km² (SEMARH, 2003; Valladares, 2004), a maior parte desta bacia encontra-se sob domínio do clima tropical úmido, com transições para um clima tropical no extremo leste, sob influência da zona litorânea, passando para um clima semi-árido na parte noroeste. O regime pluviométrico da bacia do rio Coruripe caracteriza-se por uma precipitação média anual da ordem de 1.400 mm, porém com grande variação espacial, oscilando entre um mínimo de 650 mm/ano na região de Arapiraca no oeste, parte alta da bacia, e um máximo de até 1.640 mm/ano na região de Pindorama, na faixa litorânea. Entretanto, no centro da faixa litorânea do Leste alagoano, encontram-se os valores mais elevados de precipitação, podendo atingir médias anuais na ordem de 1800 mm (Figueiredo, 2002). Como pode ser visto na Figura 2. Especificamente sobre a região de Coruripe verifica-se precipitação média anual de 1634 mm segundo o Projeto Cadastro de Fontes de Abastecimento por Água Subterrânea do estado de Alagoas - *Diagnóstico do Município de Coruripe* de 2005.

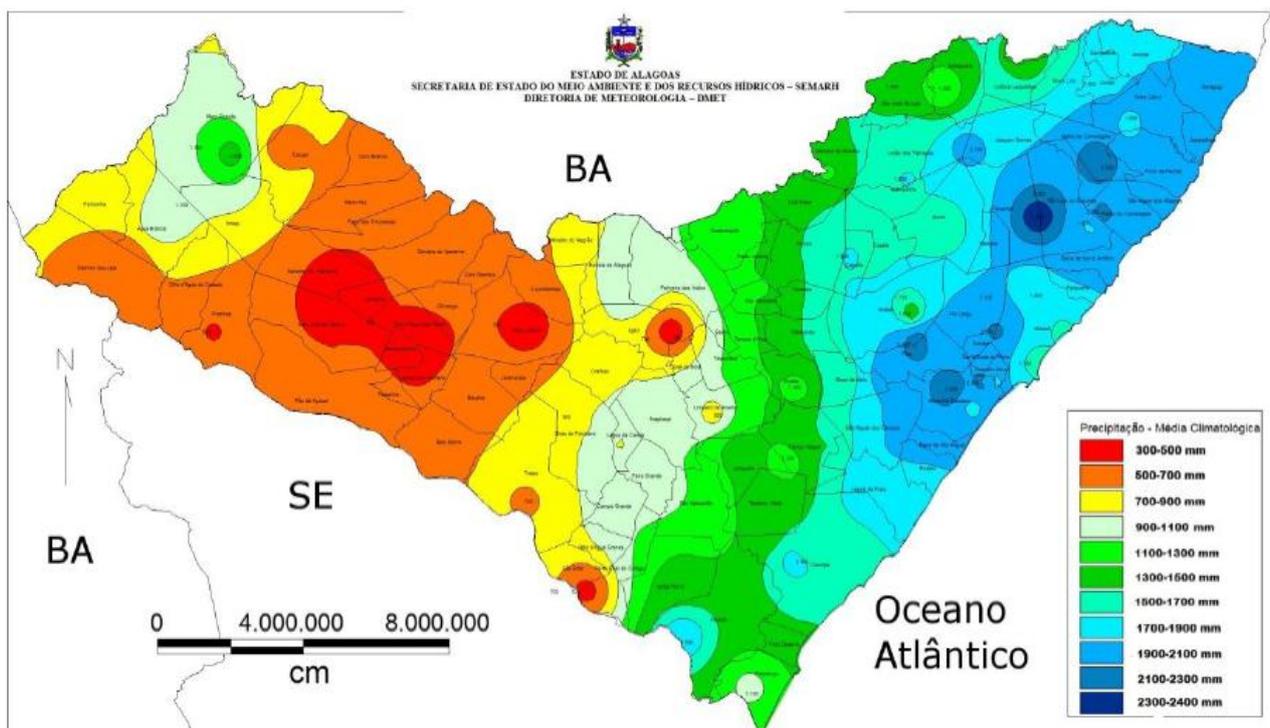


Figura 2 - Distribuição média anual da precipitação (intervalo de 200 mm), para o estado de Alagoas. Fonte: SEMARH/DMET-AL, 2008.

O trimestre mais chuvoso ocorre entre maio e agosto, em praticamente toda a bacia, enquanto os meses menos chuvosos concentram-se no período do verão, entre os meses de novembro a fevereiro (PDRH, 2001).

A região de Coruripe encontra-se geologicamente inserida na Província Borborema, com rochas cristalinas da nascente até Campo Alegre e Bacia Sedimentar até a foz, representada pelos litólitos do complexo Coruripe e Barreiras e pelos Depósitos de Pântanos e Mangues, Depósitos Flúvio-lagunares e Depósitos Litorâneos (BRASIL, 2005).

Os dados de precipitação utilizados nesta pesquisa foram obtidos da Rede Hidrometeorológica Nacional, ANA/CPRM disponíveis no site www.hidroweb.ana.gov.br, referem-se diretamente a uma série de dados verificada no período de 1990 a dezembro de 2009, período desde que se têm dados confiáveis e armazenados para se extrair a precipitação média mensal, coletados na estação Hidrometeorológica Pluviométrica de Camaçari (1036062). Já os dados de vazão utilizados foram obtidos também da Rede Hidrometeorológica Nacional, ANA/CPRM, porém referindo-se diretamente ao período de dados existentes, sendo de 1978 até 2008, dados de 30 anos, que

possibilitou a extração da normal climatológica da vazão média mensal, coletados da estação Hidrometeorológica Fluviométrica de Camaçari (39980000).

A vazão ecológica regional determinada a partir da legislação estadual em torno de $0,89 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$ é muito inferior às vazões mínimas históricas e as vazões médias mensais, significando que o rio em questão não apresenta com frequência períodos com estresse hídrico (Farias Júnior, 2006).

De modo geral, um coeficiente de determinação (R^2) variando de 0,70 a 0,80 indica um ajuste satisfatório (Krysanova *et al.* 1998). No entanto, na prática, se utiliza mais comumente o coeficiente de correlação (r), que é extraído pela raiz quadrada do coeficiente de determinação. O valor coeficiente e sua correlação são apresentados na Tabela 1.

Tabela 1- Níveis do índice de correlação para análise estatística

Valor	Correlação
$r = 0$	<i>nula</i>
$0 < r < 0.30$	<i>fraca</i>
$0.30 < r < 0.60$	<i>média</i>
$0.60 < r < 0.90$	<i>forte</i>
$0.90 < r < 1$	<i>fortíssima</i>
$r = 1$	<i>perfeita</i>

Fonte: (Carvalho, 1994).

Com os dados normalizados de vazão, foi possível ajustar as curvas desse comportamento aos valores médios mensais de precipitação, através da reta de regressão linear, assim como, apresentar a equação aproximada da reta característica desses comportamentos e os referidos coeficientes de determinação.

RESULTADOS E DISCUSSÕES

A precipitação na região tropical é a variável meteorológica de maior importância, pois apresenta maior variação em termos de mudanças sazonais, sendo também o principal fator na utilização da subdivisão do clima numa região (Moraes, 2003). Segundo Ribeiro (2001) a precipitação é também um dos principais componentes do balanço hídrico.

A distribuição sazonal da normal climatológica para a região leste do estado alagoano, segundo a Secretaria de Estado de Recursos Hídricos e Irrigação (SERHI, 2003), é comprovada pelos dados analisados, apresenta um período chuvoso compreendido nos meses de abril, maio, junho e julho, enquanto o período seco se caracteriza em outubro, novembro, dezembro e janeiro, destacando-se o mês de maio responsável pelos maiores índices de precipitação, enquanto o período mais seco compreende o período de outubro a fevereiro.

Kousky (1979) sugeriu que o máximo de chuvas no Nordeste Brasileiro (NEB) estaria ligado ao deslocamento da Zona de Convergência Intertropical (ZCIT), à maior atividade de brisas que advectam bandas de nebulosidade para o continente e à ação das frentes frias, ou seus remanescentes, que se propagam ao longo da costa. Comenta, ainda, que o máximo de chuvas poderia estar relacionado à máxima convergência dos Alísios com a brisa terrestre, mais forte durante as estações de outono e inverno quando o contraste de temperatura entre a terra e o mar é maior.

Fedorova (2001) conclui que as estações chuvosas, freqüentemente desastrosas nas regiões tropicais, estão associadas com o deslocamento da ZCIT.

Baseando – se no banco de dados históricos de vazão normalizada da Rede Hidrometeorológica Nacional, no período entre 1979 e 2008, foi possível elaborar a Figura 3:

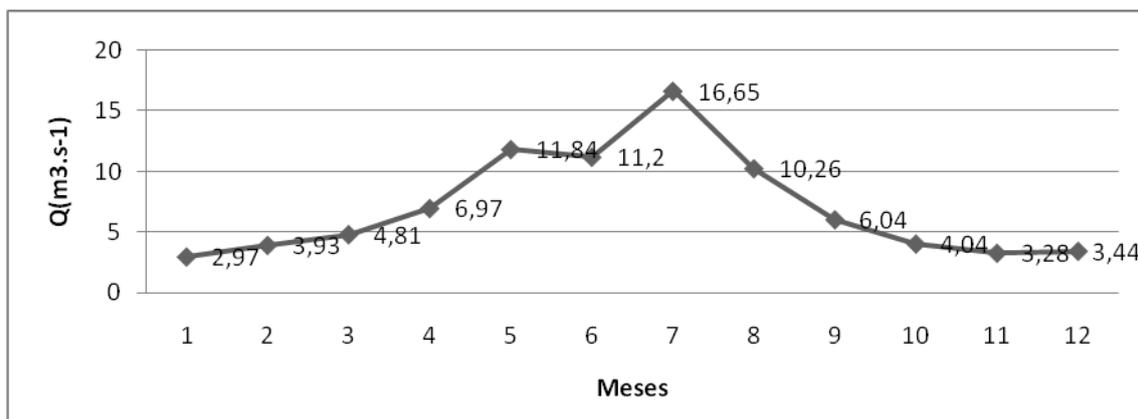


Figura 3 – Vazão média mensal histórica Q ($\text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$) do Rio Coruripe de acordo com os dados da ANA/CPRM

De acordo com as séries históricas de dados verificada, observando a correlação entre os valores mensais das variáveis precipitação e vazão, vê-se que a mesma foi positiva, apresentando um coeficiente de determinação (R^2) de 0,82 correspondendo a uma correlação (r), ($r = ((R^2)^{1/2})$) em torno de 0,91, esse o qual mede o grau da correlação ou dependência entre duas variáveis relacionadas. Índice este refere-se a uma correlação considerada *fortíssima*, conforme a Figura 4.

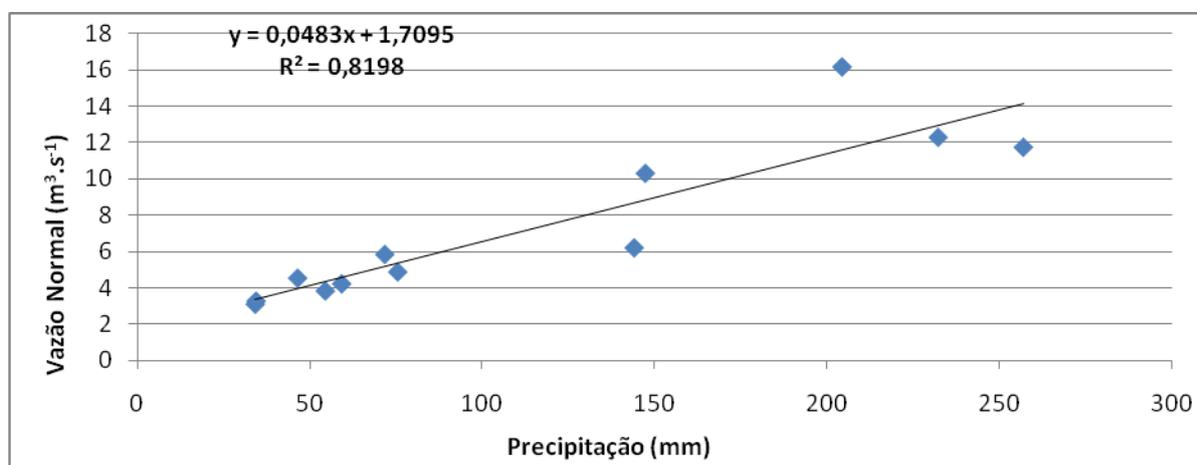


Figura 4 - Dispersão dos dados de precipitação / vazão normalizadas climatologicamente, com a referida reta de regressão linear e o coeficiente de determinação (R^2) para a estação de Camaçari.

A resposta que se espera do regime das vazões é decorrente diretamente do comportamento do regime de precipitação. Enquanto, parte da precipitação pode ser interceptada pela vegetação, se existir, infiltrando no solo, outra parte ao entrar em contato com o solo, inicia o processo de infiltração. Enquanto o solo encontra-se em processo de saturação, inicia-se o escoamento superficial. O tempo que leva para a água, precipitar até chegar à calha do rio que drena a área

vertente, depende de algumas características do solo e da região, como declividade, tipo de solo, composição e granulometria, condições de cobertura vegetal e uso do solo. Portanto, quanto maior o nível de cobertura vegetal e conservação do solo e menor declividade, maior é o tempo de resposta até a calha do rio por escoamento subterrâneo.

Pode se observar na Figura 5 as médias mensais normalizadas de vazão e as médias mensais de precipitação, apresentando um valor máximo da vazão em torno $16 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$ no mês de junho, portanto, com retardo (C) em relação ao pico de precipitação pela contribuição do escoamento subterrâneo que ocorreu em maio. Isso ocorre devido à precipitação ao entrar em contato com a vegetação e com o solo, primeiramente se infiltra, percola e demora um determinado período para escoar até a calha principal do rio por escoamento superficial ou subterrâneo. Verifica-se também que o tempo de resposta observado para os maiores índices foi de dois meses, portanto, ocorrendo o pico da precipitação em maio e a resposta, ou pico das vazões em julho. O que explica o retardo no pico da vazão, no mês de julho, em relação ao pico da precipitação em maio, é a contribuição proveniente do escoamento subterrâneo, que se soma a partir desse período com o escoamento superficial.

Já para os meses seguintes, a vazão apresentou uma resposta muito semelhante ao comportamento da precipitação. A partir do mês de agosto até março vê-se que a resposta é quase que imediata mostrando dependência direta entre essas variáveis (D), possivelmente em decorrência das chuvas anteriores que ocorreram. Como consequência, a vazão aos poucos se reduz, pois ainda existe água armazenada no subsolo, o que mantém a curva da vazão até fevereiro. A partir de março, a vazão começa a aumentar gradativamente como resposta as primeiras chuvas que ocorrem na região.

Ainda na Figura 5 é possível identificar que em abril o índice de precipitação apresentou-se elevada e a vazão aumentou de forma mais lenta e com um pequeno retardo devido ao solo está com déficit de água por consequência da estação seca. Essa subida mais lenta da curva da vazão (A) pode ser explicada pelo solo estar iniciando o armazenamento de água para atingir sua capacidade de campo, sendo que logo após atingir esta condição, a liberação de água por escoamento superficial e sub-superficial para a calha do rio é iniciada, conforme confirmado pelo crescimento da curva de vazão a partir do mês de maio (B) como resposta pelos maiores índices pluviométricos da região vertente e pela liberação de água subterrânea armazenada.

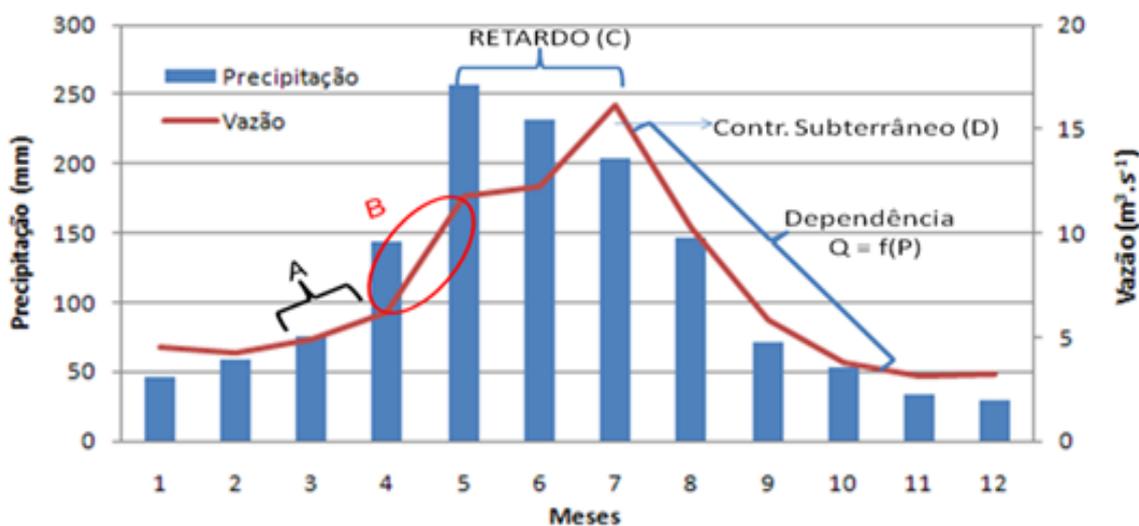


Figura 5 - Histograma de precipitação e Hidrograma de vazão normal climatológica, médias mensais da estação Pluvio-Fluviométrica de Camaçari, Convênio ANA/CPRM. Rio Coruripe, Município de Coruripe – AL

CONCLUSÕES

A correlação ou dependência entre os regimes de precipitação e vazão mostraram-se altíssimas conforme os resultados apresentados.

Com o aumento das chuvas há um aumento significativo da vazão devido à dependência entre as variáveis, com retardo, mas direta no comportamento desta quanto ao regime de precipitação, como esperado. Considerando também fatores locais determinantes na configuração dessa resposta, como geomorfologia e estrutura dos solos declividade da Bacia Hidrográfica e o tipo e formação da cobertura vegetal existente.

AGRADECIMENTOS

Ao Prof. e amigo Dr. Marcos Antônio Lima Moura, orientador da dissertação, pela colaboração, apoio e paciência na realização desse estudo;

A Agência Nacional de Águas (ANA), por ter cedido os dados Hidrometeorológicos;

Ao Instituto de Ciências Atmosféricas, pela oportunidade a mim concedida para a realização do mestrado;

A CAPES pelo apoio e financiamento da pesquisa;

À Professora Dra. Rochana Campos de Andrade Lima (IGDEMA) e ao Professor Msc. Luíz Tarcísio (IGDEMA) pela ajuda como também ao Laboratório de Ciências do Mar e Naturais - UFAL;

A S.A.Usina Coruripe Álcool e Açúcar por ter disponibilizado a área de estudo, funcionários e suas instalações para o desenvolvimento desta pesquisa;

Ao amigo e Prof. Dr. Ricardo Amorim pela ajuda concedida em algumas etapas;

Ao Programa de Pós Graduação em Ciências Climáticas – UFRN, pelo apoio e auxílio concedidos;

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico - CNPQ pelo auxílio financeiro concedido.

BIBLIOGRAFIA

BRASIL. (2005). “*MINISTÉRIO DAS MINAS E ENERGIA*”. Projeto cadastro de fontes de abastecimento por água subterrânea no estado de Alagoas, Co-parcerias: Ministério de Minas e Energia, Secretaria de Planejamento e Desenvolvimento Energético, Secretaria de Geologia, Mineração e Transformação Mineral, Programa Luz Para Todos, Programa de Desenvolvimento Energético dos Estados e Municípios – PRODEEM, Serviço Geológico do Brasil – CPRM, Diretoria de Hidrologia e Gestão Territorial, Recife.

CARVALHO, N. O. (1994). “*Hidrossedimentologia Prática*”. CPRM: Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais. Rio de Janeiro, RJ: ELETROBRÁS/Centrais Elétricas Brasileiras S.A, pp. 600.

FARIAS JÚNIOR, J. E. F. DE. (2006). “*Análise de metodologias utilizadas para a determinação da vazão ecológica. Estudo de caso: Rio Coruripe/Al e Rio Solimões/Am*”. Rio de Janeiro, RJ – Brasil. pp. 150.

FEDOROVA, N. (2001). “*Meteorologia Sinótica. 1 ed*”. Pelotas, RS, Editora Gráfica Universitária. pp. 242.

HORNBERGER, G.M. et al. (1998). “*Elements of physical hydrology*”. Baltimore: The John Hopkins University Press.

KOBYAMA, M. et al. Geo-Bio-Hidrologia. (1998). “*Estudo em Vertentes e Microbacias Hidrográficas, I*” In: FÓRUM GEO – BIO – HIDROLOGIA:, Curitiba. Anais... Curitiba: Universidade Federal do Paraná, pp. 1-25.

KOUSKY, V. E. (1979). “*Frontal Influences on Northeast Brazil*”. Monthly Weather Review, v. 107, pp. 1140-1153.

KRYSAKOVA, V.; MÜLLER-WOHLFEIL, D. & BECKER, A. (1998). “*Development and Test of a Spatially Distributed Hydrological/Water Quality Model for Mesoscale Watersheds*”. Ecol. Model, pp. 261-289.

MORAES, M. C. S.; (2003). “*Distribuição de Gotas e a Relação Z-R para Radar na Costa Leste do Nordeste do Brasil*”. Dissertação de Mestrado em Meteorologia, Universidade Federal de Alagoas. Maceió-AL, pp.10-36.

PDRH – (2001). “*Plano diretor de recursos hídricos do Rio Coruripe*”, pp. 126.

SEMARH – (2003). “Secretaria Estadual de Meio ambiente e Recursos Hídricos”. Comitê de Bacia da região Hidrográfica Coruripe. Disponível em <http://www.semarh.al.gov.br/comitesdebacias/coruripe>. Acessado em dezembro de 2009.

SEMARH/DMET-AL - (2008). “*Diretoria de Meteorologia do Estado de Alagoas/ Secretaria Estadual de Meio ambiente e Recursos Hídricos*”. Alagoas.

TUCCI, C.E.M. (2002). “*Hidrologia: ciência e aplicação 2 ed*”. Porto Alegre: Ed. Universidade/UFRGS: ABRH, PP. 944.

TUCCI, C.E.M. (2006). “*Modelos hidrológicos*”. Porto Alegre: UFRGS/ABRH, PP. 678.

VISSMAN Jr. et al. (2003). “*Introduction to hydrology*”. New York, Intext Educational, pp. 776.