

ESTUDO HIDROLÓGICO NA SUB-BACIA DO RIO POXIM E SUA IMPORTÂNCIA PARA A CAPITAL ARACAJU

Anderson Nascimento do VASCO (1); Ana Paula Sousa PEREIRA (1); Fábio Brandão BRITTO (2) Arisvaldo Vieira MELLO JÚNIOR (3); Luis Carlos NOGUEIRA (4)

(1) Universidade Federal de Sergipe - UFS, Avenida Marechal Rondon, s/n, São Cristóvão, SE, CEP: 49100-000 Tel: (79)-(99692185), e-mail: andervasco@yahoo.com.br,

(2) Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Sergipe – IFS, Rua C, nº 81, Anexo V, Conj. Santa Lúcia, Aracaju/SE, CEP 49095550,, e-mail: brandaobritto@hotmail.com

(3) Universidade de São Paulo - USP, e-mail: arimello@gmail.com

(4) Embrapa Tabuleiros Costeiros Avenida Beira Mar 3250, Aracaju,SE, 49025-040, lcnogueira@gmail.com

RESUMO

O Rio Poxim é um importante manancial do estado de Sergipe, abastece com água grande parte da capital Aracaju. Supre o consumo humano e animal, além do uso na irrigação e, mais recentemente, o uso industrial. Tal trabalho justifica-se pela necessidade de se conhecer as vazões e a influência da precipitação pluvial na Sub-bacia hidrográfica do rio Poxim a partir de uma análise temporal. A sub-bacia esta situada entre as coordenadas geográficas 11°01' e 10°47' de latitude sul e 37°01' e 37°24' de longitude oeste, inserida na região metropolitana da Grande Aracaju. O calculo de vazão foi realizado através do método indireto, com auxilio de um molinete (Modelo Global Water). Os dados pluviométricos foram fornecidos pela SEMARH (Secretaria do Meio Ambiente e dos Recursos Hídricos). Os resultados mostram uma grande redução da vazão, influenciada por uma menor precipitação pluvial na “estação seca”, comparada com a “estação chuvosa”, em ambos os rios. No período de janeiro a dezembro 2009, as vazões variaram de 1,019 m³.s⁻¹ a 0,068 m³.s⁻¹, de 4,393 m³.s⁻¹ a 0,530 m³.s⁻¹ no rio Poxim-Açu e 5,412 m³.s⁻¹ a 0,598 m³.s⁻¹ no rio Poxim, nas estações chuvosa e seca, respectivamente. O período crítico de quantidade da água ocorre entre os meses de (janeiro a março) e (de Setembro a Dezembro). Através do estudo das vazões é possível antecipar acontecimentos e apontar alternativas que conduzam a soluções ou previsões de um possível impacto ambiental, assim como reconhecer o potencial hídrico de uma determinada região.

Palavras-chave: precipitação pluviométrica, monitoramento de vazão, água para abastecimento publico

1. INTRODUÇÃO

O aproveitamento, controle e proteção dos recursos hídricos em uma bacia hidrográfica baseiam-se na avaliação da demanda frente à disponibilidade de água na bacia. Para uma gestão adequada, notadamente nas atividades de administração, a disponibilidade hídrica na bacia, bem como sua distribuição temporal precisa ser bem conhecida (ANDRADE, 2008).

O monitoramento da vazão de cursos de água é importante para quantificar o volume de água em uma determinada bacia hidrográfica. Dessa forma, as diversas atividades desenvolvidas em bacias hidrográficas, com alteração do uso e ocupação do solo, interferem diretamente no regime temporal e espacial da vazão e na qualidade da água. Seu monitoramento pode, então, fornecer informações importantes sobre o gerenciamento da bacia (MAFFIA, 2009).

A sub-bacia hidrográfica do Rio Poxim, na qual está inserida a área metropolitana de Aracaju, vem apresentando, ao longo da última década, intenso processo de ocupação, em grande parte desordenada, trazendo intervenções que afetam enormemente o meio ambiente. Esses impactos ambientais provocam uma grave diminuição na oferta hídrica, causada tanto pelo decréscimo da vazão do Rio Poxim quanto pelo aumento da poluição, comprometendo a sua quantidade e qualidade para abastecimento público (SILVA, et al. 2004). Atualmente, o Rio Poxim contribui com apenas 30% para o suprimento de água em Aracaju, já tendo contribuído com 70%, e havendo perspectivas de diminuir ainda mais esse percentual. Por outro lado,

o crescimento da grande Aracaju também vem ocasionando o acréscimo progressivo na demanda de água, não só pelo aumento populacional, mas também pela expansão do parque industrial do Estado, que está concentrado em suas proximidades.

O objetivo do presente trabalho foi estudar a influência das variações sazonais da precipitação pluvial sobre as variações sazonais de vazão nos Rios Poxim-Mirim, Poxim-Açu e Poxim, de forma a compreender melhor esse processo e contribuir com informações para subsidiar ações a serem implementadas pelos governos estadual e municipais na bacia hidrográfica do Rio Poxim.

2. REFERENCIAL TEÓRICO

As alterações climáticas se refletem nas modificações das variáveis: precipitação, temperatura, vento, radiação, umidade, ou seja, variáveis representativas do clima. 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, 2006).

A água que atinge o solo através da chuva segue diversos caminhos dependendo do tipo do solo, cobertura vegetal, umidade entre outros. O escoamento superficial converge para os rios que formam a drenagem principal das bacias hidrográficas. A bacia hidrográfica pode ser considerada um sistema físico onde a entrada é o volume de água precipitado e a saída é o volume de água escoado pelo exutório, considerando-se como perdas intermediárias os volumes evaporados e transpirados e também os infiltrados profundamente (TUCCI, 2001). Em um evento isolado pode-se considerar estas perdas e analisar a transformação de chuva em vazão feita pela bacia.

Para cada seção de um rio existirá uma bacia hidrográfica. Considerando esta seção, a bacia é toda área que contribui por gravidade para os rios até chegar a seção que define a bacia. Para Tucci (2006), esta área é definida pela topografia da superfície, no entanto, a geologia do sub-solo pode fazer com que a parte do escoamento que infiltra no solo escoe para fora da área delimitada superficialmente.

A adoção da bacia hidrográfica como unidade de planejamento é de aceitação universal (SANTOS, 2004). Estudos que visem oferecer subsídios ao planejamento de ações que tenham por objetivo a promoção do desenvolvimento regional sustentável, necessariamente devem levar em consideração a questão dos recursos hídricos e, assim, são indispensáveis as pesquisas que tenham por base analisar as bacias hidrográficas como unidade de estudo, uma vez que a bacia se constitui numa unidade física bem caracterizada, tanto do ponto de vista da integração, como da funcionalidade dos seus componentes.

Vazão é o volume de água que passa por uma determinada seção de um rio dividido por um intervalo de tempo. Para determinar a vazão, é necessário estabelecer a relação entre a vazão e o nível (TUCCI, 2006). Esta relação é obtida com a medição da vazão e a leitura do nível. Assim, se o volume é dado em litros, e o tempo é medido em segundos, a vazão pode ser expressa em unidades de litros por segundo ($L.s^{-1}$). No caso de vazão de rios, entretanto, é mais usual expressar a vazão em metros cúbicos por segundo ($m^3.s^{-1}$), sendo que $L.m^3.s^{-1}$ corresponde a $1000 L.s^{-1}$ (litros por segundo).

A medição de vazão em cursos d'água é realizada, normalmente, de forma indireta, a partir da medição de velocidade ou de nível. Os instrumentos mais comuns para medição de velocidade de água em rios são os molinetes, que são pequenos hélices que giram impulsionados pela passagem da água. Em situações de medições expeditas, ou de grande carência de recursos, as medições de velocidade podem ser feitas utilizando flutuadores, com resultados muito menos precisos (PAULA et al, 2009).

A determinação da vazão e o hidrograma, resultante de precipitações ocorridas ou com possibilidade de ocorrer, podem ser divididas em duas classes: representação de um evento específico e dimensionamento. No primeiro caso, as vazões são obtidas com base na precipitação da bacia e nas condições de umidade do solo e perdas iniciais reais. Segundo Tucci (2001), esta simulação é utilizada para retratar condições ocorridas para a análise operacional de obras, extrapolação de dados e previsão em tempo real.

3. METODOLOGIA

A sub-bacia hidrográfica do Rio Poxim está situada entre as coordenadas geográficas 11°01' e 10°47' de latitude sul e 37°01' e 37°24' de longitude oeste, inserida na região metropolitana da Grande Aracaju. O principal rio da sub-bacia hidrográfica em estudo é o rio Poxim e tem como afluentes os rios Poxim-Mirim, Poxim-Açu e Pitanga.

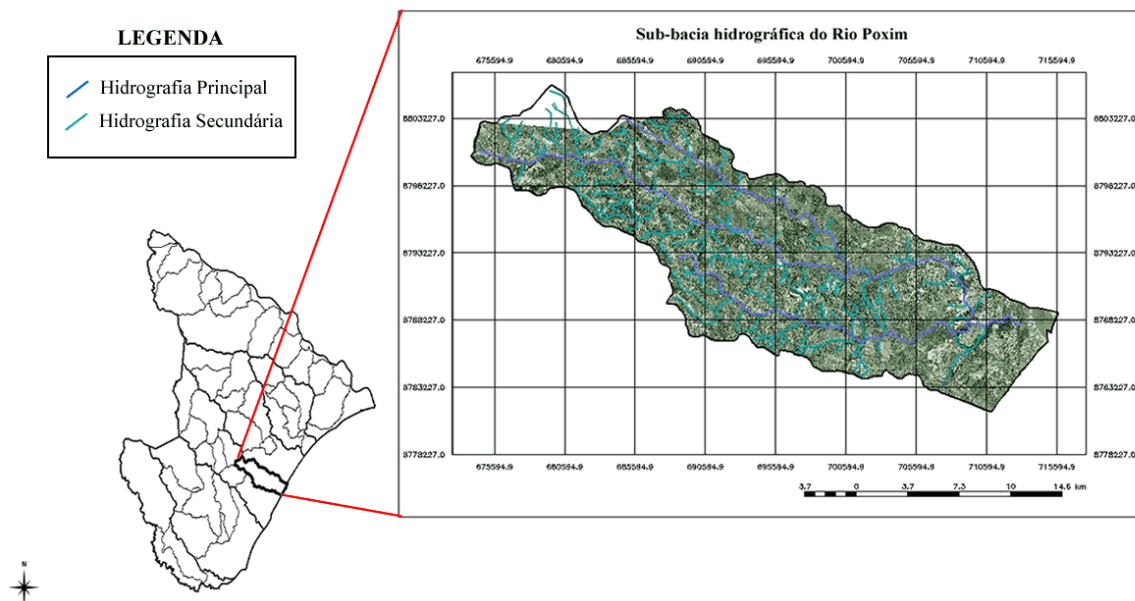


Figura 1 – Mapa do Estado de Sergipe com destaque para a Sub-bacia hidrográfica do rio Poxim.
FONTE: SERGIPE (2004a).

Segundo ANA (2001), a sub-bacia hidrográfica do Rio Poxim (Figura 1), ocupa uma área de cerca de 460 km² e faz parte da bacia hidrográfica do Rio Sergipe, que drena uma superfície de cerca de 3.670 km², a qual é considerada a mais importante do Estado, em termos de número de habitantes, de demanda de água e de concentração de indústrias.

A determinação da vazão foi realizada, mensalmente, através do método indireto, onde vazão é igual velocidade de uma secção vezes a área de contribuição ($Q = VA$), em 2 pontos de monitoramento de janeiro a dezembro de 2009, nos rios Poxim-Mirim e Poxim-Áçu que juntos formão o rio Poxim.

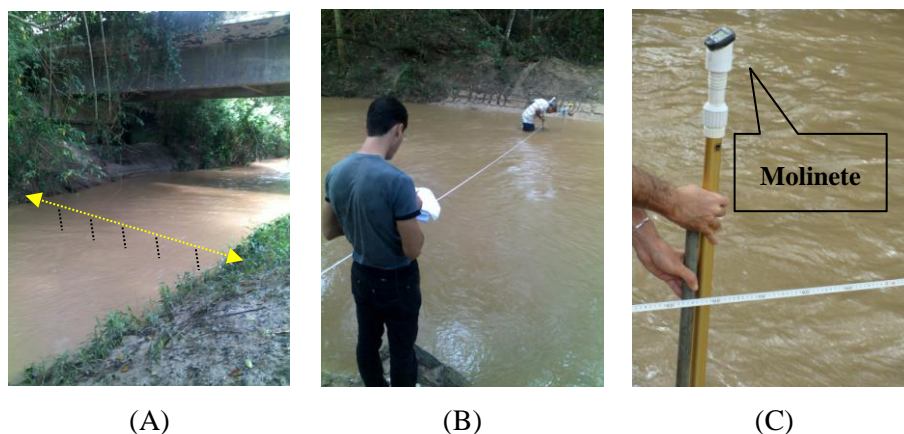


Figura 2 – Medição da largura do rio e divisão das seções de largura (A) para a anotação da profundidade e velocidade do fluxo de água (B) com ajuda de trena régua graduada e molinete (C). (Fotos: Anderson Nascimento do Vasco).

Em cada ponto, foi medida a largura do rio, que foi dividida em setores verticais para medição da velocidade do fluxo, na unidade de m.s^{-1} , indicada pelo molinete (Modelo Global Water) para o cálculo da área foi usado o programa AutoCAD. Em cada setor vertical da seção transversal do rio, foi medida a velocidade a 60 % da profundidade da água (Figura 2). A vazão de cada setor vertical foi determinada e somada para integrar a vazão total do rio naquele ponto (Figura 3). Os dados pluviométricos diários e mensais foram cedidos pela SEMARH (Secretaria do Meio Ambiente e dos Recursos Hídricos).

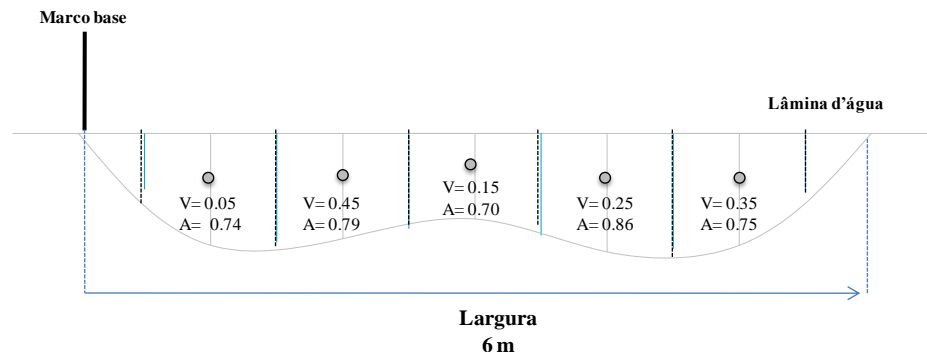


Figura 3 – Perfil da seção formadas com a largura e as profundidades para a determinação da vazão no rio Poxim-Mirim para o mês de julho de 2009 no programa AutoCad.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A variabilidade anual da distribuição espacial e temporal de chuvas no Nordeste Brasileiro está relacionada com as mudanças nas configurações de circulação atmosférica de grande escala e a interação oceano atmosfera no Pacífico e no Atlântico (ARAÚJO, 2006). Conforme Molion & Bernardo (2000), em anos chuvosos, 60 a 70% das chuvas que caem no período mais úmido (abril, maio, junho e julho) são devidas ao deslocamento da zona de convergência do leste do nordeste, alimentada pela convergência de umidade dos alísios.

Os resultados mostram uma grande influência da precipitação pluvial na vazão dos rios Poxim-Mirim, Poxim-Açu e Poxim. Os Períodos (chuvoso e seco) foram definidos usando como base a média mensal da precipitação pluviométrica no período entre 1999 e 2009 da bacia do rio Poxim (estação de laranjeiras) com média mensal 140,3 mm. Observando os dados pluviométricos da Figura 4, verifica-se que o período chuvoso, com valores de precipitação maior que a media dos últimos dez anos ocorreu entre os meses de abril a agosto, já o período seco com valores de precipitação menor que a media dos últimos dez anos ocorreu entre os meses de (janeiro a março) e (setembro a dezembro).

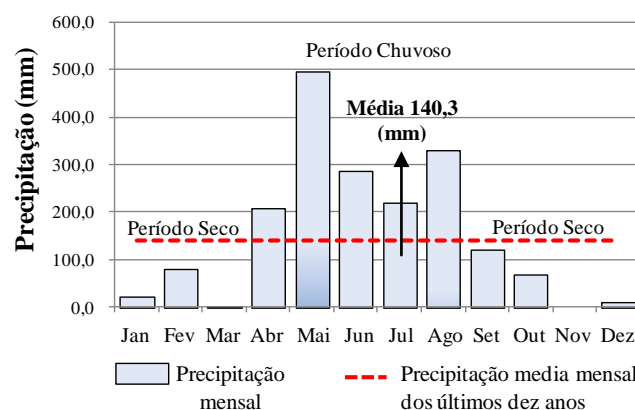


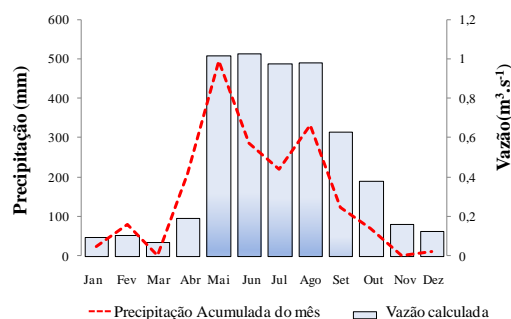
Figura 4 – Pluviograma da Sub-bacia do rio Poxim referente ao ano de 2009, com dados da estação de laranjeiras e precipitação media mensal entre os anos de 1999 e 2009.

Os resultados na Tabela 1 mostram a variação sazonal das vazões no rio Poxim-Mirim, Poxim-Açu e Poxim entre os meses de janeiro a dezembro. É possível observar que não existe uma regularidade anual no regime das vazões, estando estas diretamente relacionadas ao volume de chuvas precipitado. O Período de maior vazão nos rios Poxim-Mirim, Poxim-Açu e Poxim ($1,019 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$, $4,393 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ e $5,412 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$) foram acompanhados do maior resultado de precipitação sendo ele respectivamente 495,2 mm. O Período de menor vazão nos rios Poxim-Mirim, Poxim-Açu e Poxim ($0,068 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$, $0,530 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ e $0,598 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$) foram acompanhados um dos menor resultado de precipitação sendo ele respectivamente 1,7 mm.. Esses valores indicam que a sazonalidade da precipitação pluvial influi diretamente na sazonalidade das vazões desses rios.

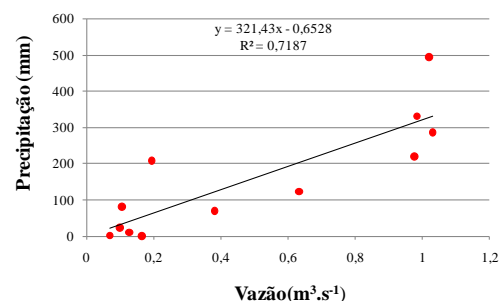
Tabela 1 - Vazão dos rios Poxim-Mirim, Poxim-Açu, Poxim e precipitação pluvial ocorridas de janeiro a dezembro de 2009, Sergipe.

Mese Ano 2009	Poxim-Mirim	Poxim-Açu	Rio Poxim	Precipitação (mm) Estação de Larajeiras
	Vazão ($\text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$)	Vazão ($\text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$)	Vazão ($\text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$)	
Jan	0,098	0,627	0,725	22,6
Fev	0,105	0,624	0,729	80,2
Mar	0,068	0,530	0,598	1,7
Abr	0,193	1,870	2,063	209,2
Mai	1,019	4,393	5,412	495,2
Jun	1,010	3,136	4,146	286,4
Julho	0,975	2,416	3,391	220,3
Agosto	0,983	2,501	3,484	331,2
Setembro	0,632	2,064	2,696	122,6
Outubro	0,381	0,912	1,293	68,6
Novembro	0,163	0,535	0,698	0,0
Dezembro	0,126	0,635	0,761	9,8

A Figura 5A mostra o gráfico comparativo de variação da vazão de janeiro a dezembro de 2009 para o rio Poxim-Mirim e a variação da precipitação pluvial ao longo do período estudado. A correlação é mostrada na Figura 5B, os dados apresentaram uma correlação linear positiva de 71% indicando que quanto maior é a precipitação na bacia maior é vazão, esses dados podem ser úteis para o gerenciamento da bacia, pois a mesma vem sofrendo graves problemas relacionados a escassez de água para abastecimento publico.



(A)

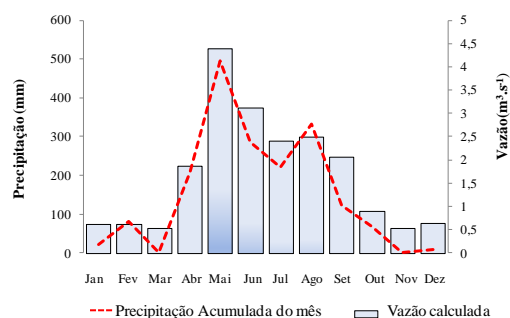


(B)

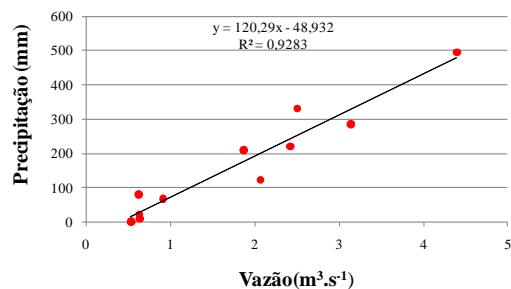
Figura 5 – Relação entre a Precipitação e a vazão do rio Poxim-Mirim no período de 2009 (A) Correlação entre dados de precipitação e vazão (B).

O rio Poxim-Açu, constitui-se no principal corpo d'água da sub-bacia hidrográfica do rio Poxim e apresenta as principais nascentes da unidade de planejamento em estudo. A Figura 6A mostra o gráfico comparativo de variação da vazão de janeiro a dezembro de 2009 para o rio Poxim-Açu e a variação da precipitação pluvial

ao longo do período estudado. A correlação é mostrada na Figura 6B, os dados apresentaram uma correlação linear positiva de 92% indicando uma grande correlação entre a precipitação e a vazão.



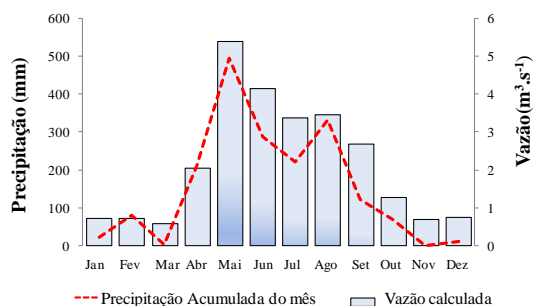
(A)



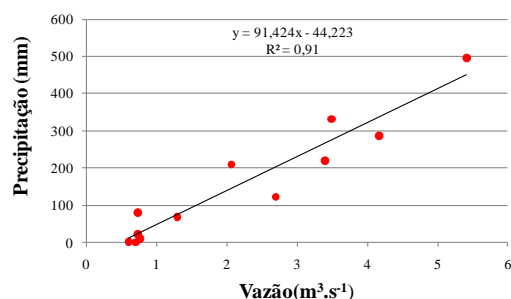
(B)

Figura 6 – Relação entre a Precipitação e a vazão do rio Poxim-Açu no período de 2009 (A) Correlação entre dados de precipitação e vazão (B).

O rio Poxim é formado pelos rios Poxim-Mirim e Poxim-Açu e onde de encontra a captação da Companhia de Saneamento de Sergipe DESO, o sistema de fornecimento de água integrado ao rio Poxim contribui com cerca de 30% do volume total da água ofertada na capital sergipana. Constitui-se no principal corpo d'água da sub-bacia hidrográfica do rio Poxim e apresenta as principais nascentes da unidade de planejamento em estudo. A Figura 7A mostra o gráfico comparativo de variação da vazão de janeiro a dezembro de 2009 para o rio Poxim-Açu e a variação da precipitação pluvial ao longo do período estudado. A correlação é mostrada na Figura 7B, os dados apresentaram uma correlação linear positiva de 92% indicando uma grande correlação entre a precipitação e a vazão.



(A)



(B)

Figura 7 – Relação entre a Precipitação e a vazão do rio Poxim no período de 2009 (A) Correlação entre dados de precipitação e vazão (B).

Segundo dados da Companhia de Saneamento de Sergipe (DESO, 2010), A captação fluvial necessária para abastecer Aracaju é de 1.100 litros por segundo, mas devido à escassez de chuvas, no período seco do ano o “Sistema Poxim”, localizado no rio Poxim, contribui com apenas $(0,580 \text{ m}^3.\text{s}^{-1})$. Esses valores estão um pouco abaixo dos valores de vazão determinados no mês de janeiro, fevereiro, março, outubro, novembro e dezembro. É provável que isto esteja relacionado aos problemas de racionamento ocorridos em alguns bairros da região metropolitana.

Para atividades de planejamento e gestão de recursos hídricos é importante a análise do comportamento sazonal das vazões, que apresentam, em alguns meses, valores nove vezes superiores no trimestre dezembro/janeiro/fevereiro em relação ao trimestre maio/junho/Julho. Este período de vazões mais baixas merece atenção especial dos órgãos gestores, pois como o consumo continua aumentando, é preciso encontrar formas de regularizar estes fluxos e controlar o consumo, para que as vazões não atinjam valores abaixo do que é considerado como ideal para o curso d'água, isto é, abaixo da vazão ecológica determinada.

Devido aos graves problemas enfrentados pela escassez de água a o governo do estado está construindo um reservatório no rio Poxim-Açu que permitirá ampliar o aproveitamento da água que circula na Bacia do rio Poxim, responsável por 30% do fornecimento para a Grande Aracaju. Uma construção de 1,35 km de comprimento e 25 metros de altura ira assegurar um armazenamento de 32 milhões de metros cúbicos de água e com isso minimizarem os problemas relacionados à escassez de água.

4. CONCLUSÕES

A sazonalidade da precipitação reflete no comportamento temporal da vazão dos rios Poxim-Mirim, Poxim-Açu e, conseqüentemente, do Rio Poxim.

A redução no volume de água nos rios, em função direta da precipitação pluvial que ocorre na área de captação da bacia, pode explicar alguns racionamentos no abastecimento público de água ocorrida na região.

O monitoramento de variáveis hidrológicas são de grande importância, pois através delas é possível antecipar acontecimentos e apontar alternativas que conduzam a soluções ou previsões de um possível impacto para a sociedade, assim como reconhecer o potencial hídrico de uma determinada região.

O conhecimento e compreensão das séries históricas de vazão são fundamentais aos processos de gestão e manejo dos recursos hídricos, não permitindo que sejam outorgados para uso valores acima do que o sistema suportaria. A ausência de séries históricas de medição de vazões para a grande maioria das bacias hidrográficas brasileiras constitui um grande entrave ao processo de regularização dos usos pois, na maioria das vezes, as outorgas são feitas por estimativas, que podem levar a uma compreensão errônea da dinâmica do sistema, como a provocada pelo uso de médias. E erros nestes cálculos e estimativas podem ser fatais para a estabilidade dos sistemas ambientais.

REFERÊNCIAS

ANA. **A gestão dos recursos hídricos no Estado de Sergipe**. Brasília, 2001. 1 CD-ROM. (Série Sistema Nacional de Informações sobre Recursos Naturais, CD Nº 1, versão preliminar, 2001^a).

ANDRADE, N. L. R.; XAVIER, F. V.; ALVES, E. C.R.F. ; SILVEIRA, A ; SANCHES, L; CUNHA, K. L. **Avaliação da Precipitação Média Pelo Método de Thiessen e da Vazão Líquida na Bacia do Rio Manso - MT**. In: xxxi congresso interamericano de ingeniería sanitaria y ambiental, 2008, santiago. anais xxxi Congresso Interamericano de Engenharia Sanitaria Y Ambiental, 2008. v. 1.

ARAUJO, A. E. de M. **Avaliação dos parâmetros físicos, químicos e índice de qualidade da água no rio saúde, em razão da precipitação (maio a dezembro de 2004)** : estudo de caso / Dissertação (mestrado em Meteorologia : Processos de Superfície Terrestre) – Universidade Federal de Alagoas. Instituto de Ciências Atmosféricas. Maceió, 2006.

MAFFIA, V. P.; DIAS, H. C. T.; GAMBA, O. S.; Carvalho, A.P.V. **Monitoramento da precipitação e vazão em uma microbacia com plantio de eucalipto no município de Francisco Dumont, MG**. In: II Seminário de Recursos Hídricos da Bacia Hidrográfica do Paraíba do Sul: Recuperação de Áreas Degradadas, Serviços Ambientais e Sustentabilidade, 2009, Taubaté. Anais do II Seminário de Recursos

Hídricos da Bacia Hidrográfica do Paraíba do Sul: Recuperação de Áreas Degradadas, Serviços Ambientais e Sustentabilidade, 2009.

MOLION, L.C.B. & BERNARDO, S.O. **Dinâmica das chuvas sobre o nordeste do Brasil**, In: Congresso Brasileiro de Meteorologia, 11, 2000, Anais, Rio de Janeiro.

PAULA, M. M. de. ; FARIA, S. M. ; LOPES, R. M. ; MARTINS, A. P. **Análise temporal das precipitações e vazões da Bacia do Rio Doce (1973/2006)**. In: XI EREGEIO, 2009, Jataí. Simpósio Regional de Geografia - A Geografia no Centro-Oeste Brasileiro: Passado, Presente e futuro, 2009.

SERGIPE (Estado). Superintendência de Recursos Hídricos. (2004a). **Atlas Digital sobre os Recursos Hídricos de Sergipe**. ARACAJU: SEPLANTEC-SRH, CD-ROM.

SERGIPE. Companhia de Saneamento de Sergipe (DESO), acesso em 01/03/2010 <http://www.deso-se.com.br/site/modules/tinyd0/index.php?id=17>

SILVA, A. de S; BUSCHINELLI, C.C.A; RODRIGUES, I. A; MACHADO, R. A. **Índice de sustentabilidade ambiental do uso da água (ISA_ÁGUA)**: municípios da região do entorno do rio Poxim, SE. Jaguariúna: Embrapa Meio Ambiente, 2004. 46 p.

SANTOS, R.F. dos. **Planejamento Ambiental**: teoria e prática. São Paulo: Oficina de Textos, 2004.

TUCCI, C.E.M. **Hidrologia**: ciência e aplicação. 2 ed. Porto Alegre: Ed. Universidade/UFRGS: ABRH, 2001.

TUCCI, C.E.M.; MENDES, C.A. **Avaliação ambiental integrada de bacia hidrográfica**. Brasília: MMA, 2006.