



## XI SIMPÓSIO DE RECURSOS HÍDRICOS DO NORDESTE

### **AValiação Qualitativa da Porosidade/Permeabilidade de Aquíferos em Função da Dinâmica Sazonal das Precipitações e dos Caudais em Região Semiárida Cárstica.**

*MSc Mário Jorge de Souza Gonçalves<sup>1</sup>; MSc Edna Cristina de Lucena Marques<sup>2</sup>*

**RESUMO** - As vazões dos rios em regiões semiáridas estão diretamente relacionadas às precipitações pluviométricas nestas regiões, a maneira como estas águas chegam até as drenagens, seus volumes, tempo de retardo e suas consequências devem ser estudadas e avaliadas para que se evitem catástrofes naturais ou para que se possa tirar um maior proveito das águas superficiais e subterrâneas existentes nestas regiões tão carentes de recursos hídricos. Este trabalho procura demonstrar a importância do estudo do tempo de retardo para avaliar qualitativamente a porosidade/permeabilidade, em bacias hidrográficas em regiões semiáridas, visando a prevenção de desastres naturais e disponibilidade hídrica, tendo em vista que nestas regiões as precipitações acontecem de maneira concentrada num curto espaço de tempo. Para este estudo foram utilizados dados de precipitações médias históricas e vazões médias históricas mensais, como resultados das médias de várias estações Pluviométricas e Fluviométricas existentes numa bacia hidrográfica em região semiárida. O rio Verde possui suas nascentes na Chapada Diamantina e foi utilizada neste estudo, pois consegue expressar didaticamente os resultados da porosidade/permeabilidade. Os maiores valores de precipitação foram correlacionados com as maiores vazões, por se entender que os primeiros parâmetros são diretamente responsáveis pelos segundos.

**ABSTRACT** - The PFC of rivers in semi-arid regions are directly related to precipitation in these regions, the way these waters reach the drainages, their volumes, time of delay and its consequences must be studied and evaluated to prevent natural disasters or make a greater benefit from surface water and groundwater existing in these regions so needy of water resources. This work seeks to demonstrate the importance of the study of time of delay to qualitatively evaluate the porosity/permeability, in river basins in semi-arid regions, aiming at the prevention of natural disasters and availability of water, with a view that in these regions the precipitation occurs so concentrated in a short space of time. For this study we used data from historical average rainfall and monthly average historical flows, as a result of the average number of existing gauging stations and rainfall in a watershed in the semiarid region. The Green River has its headwaters in the Chapada Diamantina and was used in this study; it can express didactically the results of the porosity / permeability. The highest values of precipitation were correlated with higher flow rates, which are seen as the first parameters are directly responsible for the seconds.

1

- 1) INEMA: Rua Rio São Francisco, nº 1, Monte Serrat, Salvador, BA, Brasil. CEP: 40425-060. Tel.: (71)3117-1202. Fax: (71)3117-1204. [inemal@inema.ba.gov.br](mailto:inemal@inema.ba.gov.br)  
UFBA/CPGG: Rua Barão de Geremoabo S/N. Instituto de Geociências, sala 312-C - Campus Universitário de Ondina, Salvador, BA, Brasil. CEP: 40170-280. Tel.: (71)3283-8534. Fax: (71) 3283-8501. [pgeol@cpgg.ufba.br](mailto:pgeol@cpgg.ufba.br)  
UEFS/GEOTRÓPICOS: Avenida Transnordestina, s/n, Bairro Novo Horizonte, Departamento de Ciências Humanas e Filosofia, Feira de Santana, BA, Brasil. CEP: 44.036-900. Tel.: (75) 31618097. [geotropicos@yahoo.com.br](mailto:geotropicos@yahoo.com.br)
- 2) GEOATIVA: Rua Walter J. T. Alves, nº 130, Sala 118, Centro. Simões Filho-BA., Brasil CEP: 43700-000. Tel.: (71)3329-4342. Fax: (71) 3017-5678. [geoativa2@ig.com.br](mailto:geoativa2@ig.com.br)



Palavras-chave - Fator Hidrológico, Excedente Hídrico, Déficit Hídrico.

- 1) INEMA: Rua Rio São Francisco, nº 1, Monte Serrat, Salvador, BA, Brasil. CEP: 40425-060. Tel.: (71)3117-1202. Fax: (71)3117-1204. [inemal@inema.ba.gov.br](mailto:inemal@inema.ba.gov.br)  
UFBA/CPGG: Rua Barão de Geremoabo S/N. Instituto de Geociências, sala 312-C - Campus Universitário de Ondina, Salvador, BA, Brasil. CEP: 40170-280. Tel.: (71)3283-8534. Fax.: (71) 3283-8501. [pgeol@cpgg.ufba.br](mailto:pgeol@cpgg.ufba.br)  
UEFS/GEOTRÓPICOS: Avenida Transnordestina, s/n, Bairro Novo Horizonte, Departamento de Ciências Humanas e Filosofia, Feira de Santana, BA, Brasil. CEP: 44.036-900. Tel.: (75) 31618097. [geotropicos@yahoo.com.br](mailto:geotropicos@yahoo.com.br)
- 2) GEOATIVA: Rua Walter J. T. Alves. Nº 130, Sala 118, Centro. Simões Filho-BA., Brasil CEP: 43700-000. Tel.: (71)3329-4342. Fax.: (71) 3017-5678. [geoativa2@ig.com.br](mailto:geoativa2@ig.com.br)



**INTRODUÇÃO** - As vazões dos rios em regiões semiáridas estão diretamente relacionadas às precipitações pluviométricas nestas regiões, a maneira como estas águas infiltram ou chegam até as drenagens, seus volumes, tempo de retardo e suas consequências devem ser estudadas e avaliadas para que se evitem catástrofes naturais ou para que se possa tirar um maior proveito das águas superficiais e subterrâneas existentes nestas regiões tão carentes de recursos hídricos. A bacia hidrográfica do rio Verde possui apenas a barragem Manoel Novaes (Mirorós) a qual atualmente é responsável pelo abastecimento de várias cidades na Bacia e regularização da vazão na calha principal.

**OBJETIVOS** - Este trabalho procura demonstrar a importância do estudo do tempo de retardo para avaliar qualitativamente a porosidade/permeabilidade dos aquíferos, usando este resultado na gestão de bacias hidrográficas em regiões semiáridas, sua ocupação e previsão de enchentes visando à prevenção de desastres naturais e disponibilidade hídrica, tendo em vista que nestas regiões as precipitações acontecem de maneira concentrada num curto espaço de tempo.

**MATERIAIS E MÉTODOS** - Para este estudo foram utilizados dados de precipitações médias históricas e vazões médias históricas mensais, prioritariamente antes da construção de Mirorós, como resultados das médias de várias estações Pluviométricas e das duas estações Fluviométricas existentes. A bacia hidrográfica do rio Verde, totalmente inserida em território baiano, em clima semiárido, com nascentes na Chapada Diamantina, foi utilizada no estudo de caso, pois consegue expressar didaticamente os resultados da porosidade/permeabilidade. Os maiores valores de precipitação devem ser correlacionados com as maiores vazões, por se entender que os primeiros parâmetros são diretamente responsáveis pelos segundos. Este método é utilizado para verificar a presença de grandes tempos de retardos entre a precipitação e o aumento das vazões.

Do ponto de vista qualitativo um bom aquífero possui uma grande quantidade de vazios interconectados e um bom tempo de retardo entre as águas precipitadas e o aumento das vazões nas

- 1) INEMA: Rua Rio São Francisco, nº 1, Monte Serrat, Salvador, BA, Brasil. CEP: 40425-060. Tel.: (71)3117-1202. Fax: (71)3117-1204. [inemal@inema.ba.gov.br](mailto:inemal@inema.ba.gov.br)  
UFBA/CPGG: Rua Barão de Geremoabo S/N. Instituto de Geociências, sala 312-C - Campus Universitário de Ondina, Salvador, BA, Brasil. CEP: 40170-280. Tel.: (71)3283-8534. Fax: (71) 3283-8501. [pgeol@cpgg.ufba.br](mailto:pgeol@cpgg.ufba.br)  
UEFS/GEOTRÓPICOS: Avenida Transnordestina, s/n, Bairro Novo Horizonte, Departamento de Ciências Humanas e Filosofia, Feira de Santana, BA, Brasil. CEP: 44.036-900. Tel.: (75) 31618097. [geotropicos@yahoo.com.br](mailto:geotropicos@yahoo.com.br)
- 2) GEOATIVA: Rua Walter J. T. Alves, Nº 130, Sala 118, Centro. Simões Filho-BA., Brasil CEP: 43700-000. Tel.: (71)3329-4342. Fax: (71) 3017-5678. [geoativa2@ig.com.br](mailto:geoativa2@ig.com.br)

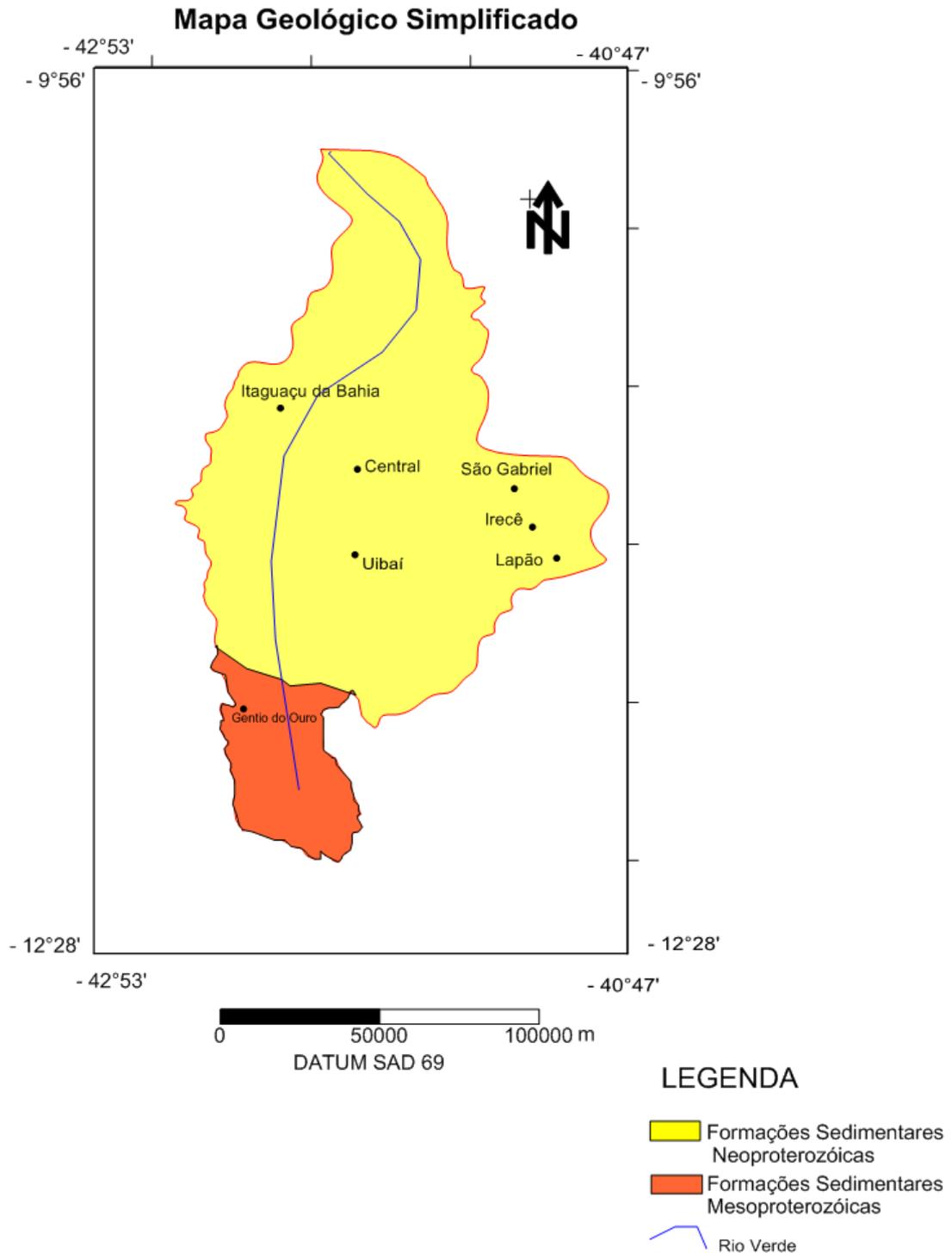


calhas dos rios a ele associados. Desta maneira um tempo de retardo muito pequeno implica que as águas não conseguem ser armazenadas, seja por falta de permeabilidade ou excesso da mesma. No caso de tempo de retardo grandes, implica que as águas conseguem ser armazenadas, por excesso de porosidade, mas que a permeabilidade tem problemas para conduzi-la até as drenagens e formar os caudais. Neste caso também, se combinada com a geologia da área o problema do armazenamento será compreendido mais facilmente.

Determinando qualitativamente a porosidade/permeabilidade do aquífero em função do tempo de retardo das precipitações para formar o caudal nos rios, obtemos também a qualidade do aquífero para armazenamento.

**RESULTADOS E DISCURSÕES** – A bacia hidrográfica do rio Verde está inserida entre às coordenadas 9°56' e 12°28' de latitude sul e 40°47' e 42°53' de longitude oeste (MAPA 1), estando situada na região centro-norte do Estado da Bahia, numa região com clima semiárido. A bacia está ocupando áreas da Depressão Sanfranciscana, Platô de Irecê e da Chapada Diamantina, totalizando uma superfície de 14.110 Km<sup>2</sup>. O curso do rio Verde segue margeando os povoados de Nanique, Macaco, Mirorós, Rio Verde e Lagoa da Palha, correndo no sentido Sul-Norte até sua foz na margem direita do rio São Francisco e apresentando um regime intermitente, principalmente em sua porção central. Sendo na nascente da bacia existem rochas quartzíticas e no restante rochas calcárias.

- 1) INEMA: Rua Rio São Francisco, nº 1, Monte Serrat, Salvador, BA, Brasil. CEP: 40425-060. Tel.: (71)3117-1202. Fax: (71)3117-1204. [inemal@inema.ba.gov.br](mailto:inemal@inema.ba.gov.br)  
UFBA/CPGG: Rua Barão de Geremoabo S/N. Instituto de Geociências, sala 312-C - Campus Universitário de Ondina, Salvador, BA, Brasil. CEP: 40170-280. Tel.: (71)3283-8534. Fax: (71) 3283-8501. [pgeol@cpgg.ufba.br](mailto:pgeol@cpgg.ufba.br)  
UEFS/GEOTRÓPICOS: Avenida Transnordestina, s/n, Bairro Novo Horizonte, Departamento de Ciências Humanas e Filosofia, Feira de Santana, BA, Brasil. CEP: 44.036-900. Tel.: (75) 31618097. [geotropicos@yahoo.com.br](mailto:geotropicos@yahoo.com.br)
- 2) GEOATIVA: Rua Walter J. T. Alves, Nº 130, Sala 118, Centro. Simões Filho-BA., Brasil CEP: 43700-000. Tel.: (71)3329-4342. Fax: (71) 3017-5678. [geoativa2@ig.com.br](mailto:geoativa2@ig.com.br)



MAPA 1: Localização com geologia simplificada da bacia hidrográfica do rio Verde. **Fonte:** Adaptado de **GONÇALVES**, 2004.

Utilizando os dados da bacia do rio Verde, para exemplificar o método utilizado, temos os seguintes resultados para as correlações nas Tabelas 2, 3 e 4 para a bacia do rio Verde. Sendo que na Tabela 2 podemos ver a precipitação e sua respectiva resposta de vazão na calha do rio Verde para o período analisado, sem o tempo de retardo e na Tabela 4 os tempos de retardo foram adicionados. Os valores em Verde representam as maiores precipitações e/ou vazões e em vermelho os menores valores.

Tabela 2 - Precipitações e vazões médias mensais na bacia hidrográfica do rio Verde – BA. Período de coleta de dados de precipitação 1943 a 1990, média das estações 107, 109, 110, 111, 163, 164, 165, 166, 167, 168, 169, 170, 171, 172, 173, 174, 176 e 252 do INMET, e de vazão 1977 a 1995, médias das estações 47236000 e 47249000 da ANA.

Mês	PRECIPITAÇÃO MÉDIA MENSAL (mm)	Mês	VAZÃO MÉDIA MENSAL (m <sup>3</sup> /s)
JAN	120,765	JAN	3,033
FEV	90,09	FEV	9,713
MAR	97,1	MAR	4,125
ABR	62,72	ABR	3,5495
MAI	10,865	MAI	1,6795
JUN	3,7	JUN	1,07
JUL	3,26	JUL	0,867
AGO	1,51	AGO	0,8065
SET	10,335	SET	0,9145
OUT	47,845	OUT	0,8235
NOV	133,235	NOV	0,72
DEZ	113,405	DEZ	2,728

Fonte: (Adaptado de GONÇALVES, 2004).

Na Tabela 3, deslocando as maiores vazões para coincidir com as menores precipitações, observamos que existe uma coerência nos resultados obtidos.

Tabela 3 - Deslocamento da coluna de vazão para realização de correlação entre as Precipitações e vazões média mensais na bacia hidrográfica do rio Verde – BA. Período de coleta de dados de precipitação 1943 a 1990, média das estações 107, 109, 110, 111, 163, 164, 165, 166, 167, 168, 169, 170, 171, 172, 173, 174, 176 e 252 do INMET, e de vazão 1977 a 1995, médias das estações 47236000 e 47249000 da ANA.

		Mês	VAZÃO MÉDIA MENSAL (m <sup>3</sup> /s)
		JAN	3,03
Mês	PRECIPITAÇÃO MÉDIA MENSAL (mm)	FEV	9,71
		MAR	4,12
JAN	120,76	ABR	3,55
FEV	90,09	MAI	1,68
MAR	97,10	JUN	1,07
ABR	62,72	JUL	0,87
MAI	10,86	AGO	0,81
JUN	3,70	SET	0,91
JUL	3,26	OUT	0,82
AGO	1,51	NOV	0,72
SET	10,33	DEZ	2,73
OUT	47,84		
NOV	133,23		
DEZ	113,40		

Fonte: Adaptado de GONÇALVES, 2004.

Na Tabela 4, deslocando os meses restantes, para debaixo do mês de dezembro, a coerência nos resultados obtidos continua, ou seja, as maiores vazões coincidem com as maiores precipitações.

Tabela - 4: Correlação corrigida entre as Precipitações e vazões médias mensais na bacia hidrográfica do rio Verde – BA. Período de coleta de dados de precipitação 1943 a 1990, média das estações 107, 109, 110, 111, 163, 164, 165, 166, 167, 168, 169, 170, 171, 172, 173, 174, 176 e 252 do INMET, e de vazão 1977 a 1995, médias das estações 47236000 e 47249000 da ANA (Adaptado de **GONÇALVES**, 2004).

Mês	PRECIPITAÇÃO MÉDIA MENSAL (mm)	Mês	VAZÃO MÉDIA MENSAL (m <sup>3</sup> /s)
JAN	120,76	ABR	3,55
FEV	90,09	MAI	1,68
MAR	97,10	JUN	1,07
ABR	62,72	JUL	0,87
MAI	10,86	AGO	0,81
JUN	3,70	SET	0,91
JUL	3,26	OUT	0,82
AGO	1,51	NOV	0,72
SET	10,33	DEZ	2,73
OUT	47,84	JAN	3,03
NOV	133,23	FEV	9,71
DEZ	113,40	MAR	4,12

Fonte: (Adaptado de **GONÇALVES**, 2004).

A Figura 1 mostra a distribuição da precipitação e da vazão sem correção do tempo de retardo existente. Onde fica claro que existe uma discrepância entre as precipitações e sua resposta na calha do rio Verde. Enquanto que a Figura 2 mostra a distribuição da precipitação e da vazão com correção do tempo de retardo. Evidenciando que a discrepância existente praticamente deixa de existir.

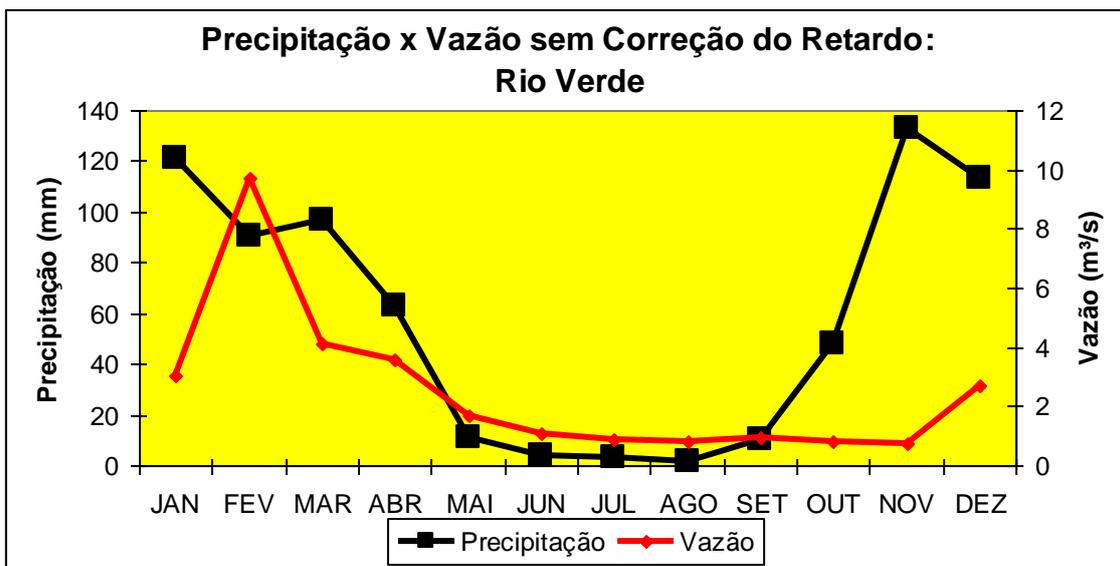


Figura 1: Correlação entre Precipitações e vazões médias mensais na bacia hidrográfica do rio Verde – BA. Período de coleta de dados de precipitação 1943 a 1990, média das estações 107, 109, 110, 111, 163, 164, 165, 166, 167, 168, 169, 170, 171, 172, 173, 174, 176 e 252 do INMET, e de vazão 1977 a 1995, médias das estações 47236000 e 47249000 da ANA

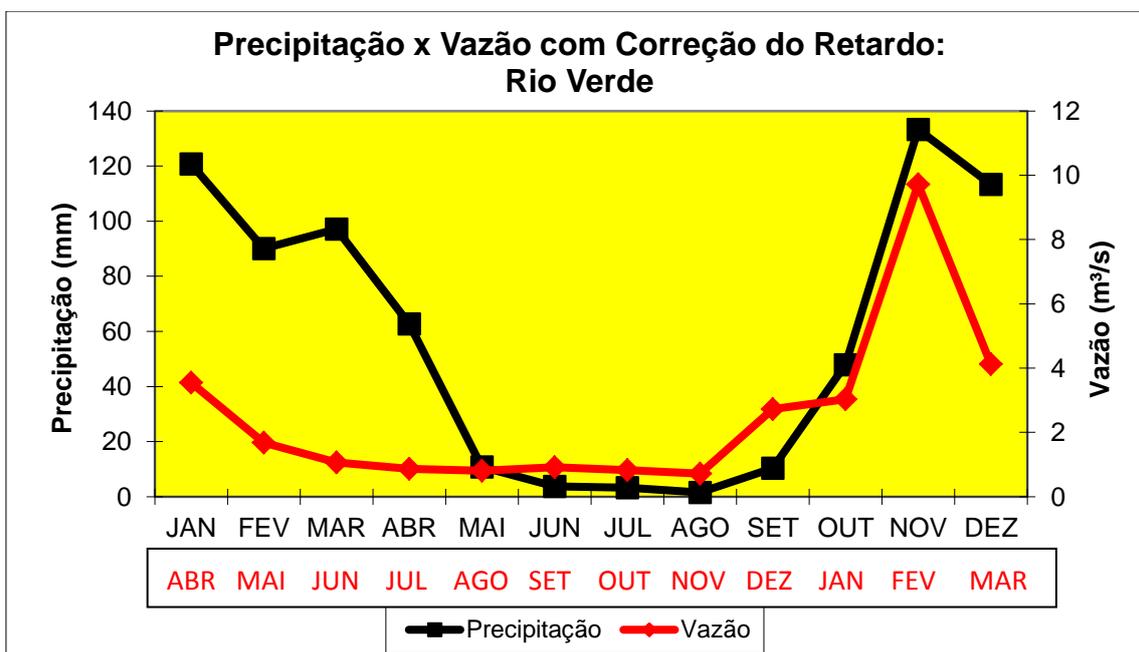


Figura 2: Correlação entre as Precipitações e vazões médias mensais na bacia hidrográfica do rio Verde – BA. Período de coleta de dados de precipitação 1943 a 1990, média das estações 107, 109, 110, 111, 163, 164, 165, 166, 167, 168, 169, 170, 171, 172, 173, 174, 176 e 252 do INMET, e de vazão 1977 a 1995, médias das estações 47236000 e 47249000 da ANA.

A entrada e saída de água no aquífero segue um modelo no qual, os volumes d'água entram rapidamente no aquífero, em função das dolinas e sumidouros, mas depois esta água armazenada só começa a ser liberada, para as calhas dos rios, quando os vazios se encontram totalmente cheios. A curva que representa este modelo pode ser observada na Figura 3.

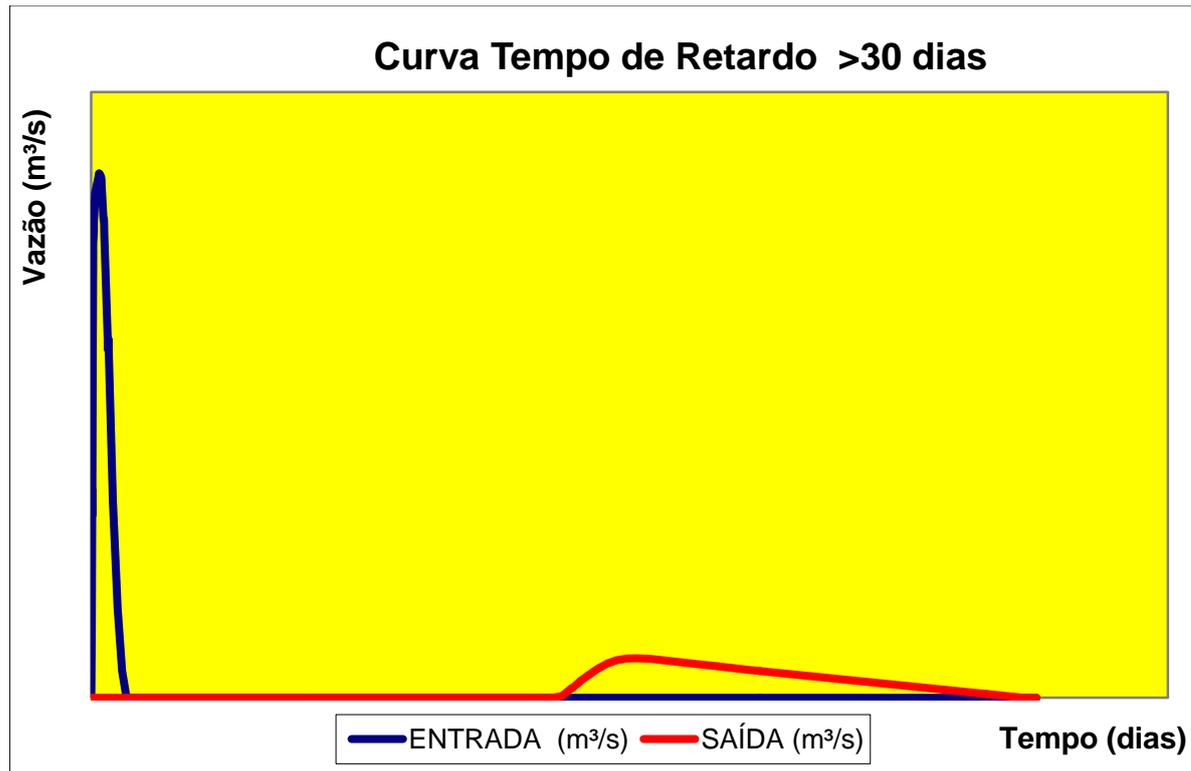


Figura 3: Curva do tempo de retardo maiores que 30 dias, para aquíferos com grande porosidade e baixa permeabilidade.

**CONCLUSÕES** - Com a utilização do método foi possível observar que a bacia hidrográfica do rio Verde possui um tempo de retardo de suas águas de aproximadamente três meses, entre a precipitação e a vazão, indicando a presença de grande quantidade de vazios interconectados na bacia, os quais precisam ser preenchidos antes que o excedente das águas possa



chegar à calha principal do rio. Fato este que pode ser facilmente verificado pela presença na bacia de grande quantidade de rochas calcárias do neoproterozoico, que embora não possuam uma permeabilidade primária alta possui cavidades, sumidouros e cavernas, transformando estas rochas num grande reservatório de porosidade/permeabilidade secundária alta.

**GONÇALVES, 2011**, diz que: “a vantagem desta situação é que mesmo após as grandes chuvas a bacia pode operacionalizar um sistema de captação da água armazenada, por meio de poços tubulares”.

Comparando a resposta da vazão em função da precipitação na bacia, observa-se que uma precipitação, aproximada, de 10 mm na bacia do rio verde, produz uma vazão aproximada, de 0,9 m<sup>3</sup>/s, na correlação sem considerar o tempo de retardo. Esta comparação corrobora com os resultados do estudo, onde fica claro que a taxa de infiltração na bacia do rio Verde é muito alta, e desta maneira os caudais são pequenos. A utilização do método nos fortalece dados quantitativos da porosidade/ permeabilidade e ajuda na gestão de bacias como alerta para a escassez ou excedente hídrico, na calha do rio.

**RECOMENDAÇÕES** - A bacia hidrográfica do rio Verde possui uma vocação natural para o uso de poços em detrimento a outras formas de captação, entretanto deve-se reavaliar o sistema de poços tubulares existente na bacia hidrográfica, tendo em vista que a super-exploração do aquífero na região de Irecê, que tem trazido prejuízos aos usuários locais e vem aumentando o tempo de retardo na calha do rio.

A construção de barragens na calha do rio Verde, principalmente nas áreas cársticas, possuem problemas de armazenamento, em função da grande capacidade de infiltração do solo, e por esta razão devem ser desprezadas.



## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

GONÇALVES, M. J. de S. **Avaliação de Risco de Contaminação do Aquífero Fissural Cárstico da Região de Irecê – Bahia.** 2004. Dissertação (Mestrado) - Programa de Pós-Graduação em Geoquímica e Meio Ambiente, Universidade Federal da Bahia, Salvador, 2004.

GONÇALVES, M. J. de S.; Marques, E. C. de L.; Santos, J. M. dos.; Estevam, A. L. D. **Proposta para Gestão das Bacias Hidrográficas dos Rios Verde e Paraguaçu, Através da Avaliação da Porosidade/Permeabilidade de Aquíferos em Função da Dinâmica Sazonal das Precipitações e dos Caudais.** Segunda convencion científica internacional: Geografía, medio ambiente y ordenamiento territorial, Universidad de la Habana, Facultad de geografía. Havana , Cuba, 22 a 26 novembro de 2011. Anais: 1 CD.

- 1) INEMA: Rua Rio São Francisco, nº 1, Monte Serrat, Salvador, BA, Brasil. CEP: 40425-060. Tel.: (71)3117-1202. Fax: (71)3117-1204. [inemal@inema.ba.gov.br](mailto:inemal@inema.ba.gov.br)  
UFBA/CPGG: Rua Barão de Geremoabo S/N.Instituto de Geociências, sala 312-C - Campus Universitário de Ondina, Salvador, BA, Brasil. CEP: 40170-280. Tel.: (71)3283-8534. Fax. :(71) 3283-8501. [pgeol@cpgg.ufba.br](mailto:pgeol@cpgg.ufba.br)  
UEFS/GEOTRÓPICOS: Avenida Transnordestina, s/n, Bairro Novo Horizonte, Departamento de Ciências Humanas e Filosofia, Feira de Santana, BA, Brasil. CEP: 44.036-900. Tel.: (75) 31618097. [geotropicos@yahoo grupos.com.br](mailto:geotropicos@yahoo grupos.com.br)
- 2) GEOATIVA: Rua Walter J. T. Alves. Nº 130, Sala 118, Centro. Simões Filho-BA., Brasil CEP: 43700-000. Tel.: (71)3329-4342. Fax. :(71) 3017-5678. [geoativa2@ig.com.br](mailto:geoativa2@ig.com.br)