



RECARGA INDUZIDA ATRAVÉS DO BOMBEAMENTO NAS MARGENS E O PAPEL DA MEIOFAUNA NO LEITO POROSO

Tatiane Barbosa Veras¹; Jaime Joaquim da Silva Pereira Cabral²; Anderson Luiz Ribeiro de Paiva³; Adson de Andrade Carvalho Filho⁴ & Suelen Nascimento dos Santos⁴.

Resumo – A recarga induzida de aquíferos a partir da técnica de Filtração em Margem tem se tornado mais importante em função da necessidade crescente da água subterrânea para fins de abastecimento urbano e/ou industrial. A taxa de recarga e a qualidade da água subterrânea dependem fortemente das características da zona hiporreica, sendo essa região, entre outras coisas, responsável pela modificação da qualidade da água de recarga envolvendo a meiofauna. Um estudo sobre a comunidade da meiofauna hiporreica foi realizado nos sedimentos hiporreicos de dois pontos num trecho do rio Beberibe - PE. Amostras com réplicas e tréplicas foram coletadas em novembro de 2014 e maio de 2015, e realizadas a contagem em laboratório. A meiofauna no rio Beberibe esteve composta por um total de 712 indivíduos, distribuídos em três *taxa*, onde 68% dos organismos foram representados pelos rotíferos. Também foi observado que a maior densidade de organismos foi encontrada no período de estiagem (verão), período de baixas velocidades no rio. O estudo faz parte do projeto piloto de Filtração em Margens instalado nas margens do rio Beberibe, com resultados satisfatórios de qualidade de água bombeada.

Abstract – The induced recharge of aquifers from the bankfiltration technique has become more important due to the growing need of groundwater for the purpose of urban and/or industrial supply. The recharge rate and groundwater quality strongly depends on the characteristics of the hyporheic zone, being this region, among other things, responsible for water quality modification of recharge involving meiofauna. A hyporheic meiofauna community study was conducted in hyporheic sediments for two points in Beberibe river - PE. Samples with two replicates were collected in 2014 November and 2015 May, and the count was carried out in laboratory. The meiofauna in the Beberibe river was composed with a total of 712 individuals, distributed in three *taxa*, where 68% of organisms were represented by rotíferos. It was also observed that the highest density of organisms was found in the dry season (summer), a period of low flux in the river. This study is part of a Bank Filtration pilot project installed on the Beberibe river banks, which satisfactory result of pumped water quality.

Palavras-Chave – filtração em margem, qualidade da água, meiofauna.

1) Pós-Doutoranda do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal de Pernambuco - UFPE, Av. Acadêmico Hélio Ramos, s/n, Cidade Universitária, Recife – PE, Brasil, Fone: (81) 2126-7760, e-mail: tatiane_veras@yahoo.com.br;

2) Prof. Assistente da Universidade de Pernambuco – UPE e Prof. Do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil da UFPE, Av. Acadêmico Hélio Ramos, s/n, Cidade Universitária, Recife – PE, Brasil, Fone: 0 xx (81) 2126-8223, e-mail: jcabral@ufpe.br; jaimejcabral@yahoo.com;

3) Prof. Adjunto do Dept. Engenharia Civil e Ambiental, UFPE, Av. Acadêmico Hélio Ramos, s/n, Cidade Universitária, Recife – PE, Brasil, Fone: 0 xx (81) 2126-8223, e-mail:alrpaiva@yahoo.com;

4) Aluno de Graduação do curso de Ciências Ambientais, UFPE, Acadêmico Hélio Ramos, s/n, Cidade Universitária, Recife – PE, Brasil, Fone: 0 xx (81) 2126-7760, e-mail: adson.carvalhojr@gmail.com, sue-santos@outlook.com;



1 INTRODUÇÃO

Atualmente a água subterrânea contribui de forma bastante ativa no abastecimento da população uma vez que o problema de abastecimento público de água advém não só da quantidade, mas principalmente da qualidade de água disponível. Normalmente as fontes hídricas subterrâneas têm uma melhor qualidade quando comparadas com as águas superficiais, pois, durante a recarga do aquífero diversos contaminantes são removidos de forma eficiente pelos processos naturais de atenuação. A água subterrânea é reconhecida como reserva estratégica e tem apresentado uso crescente nas últimas décadas (ALBUQUERQUE *et al.*, 2015).

Nesse panorama, a busca por fontes hídricas mais confiáveis, potencializada pelo déficit no abastecimento de água gera um aumento na exploração dos aquíferos. A recarga de aquíferos a partir das águas de rios e lagos tem se tornado cada vez mais importante em função da necessidade crescente da água subterrânea para fins de abastecimento urbano e/ou industrial. Quando a recarga de água ocorrer através de indução de poços de bombeamento próximos aos mananciais superficiais, este processo é conhecido por Filtração em Margem (FM).

Vários processos ocorrem durante FM e o sucesso dessa técnica, entre outras coisas, depende das características do ambiente hiporreico que é responsável pela sustentabilidade do tratamento da água para o abastecimento público.

O fluxo de água que ocorre no ambiente hiporreico e as características dessa região favorecem o estabelecimento de algumas espécies, onde destaca-se a meiofauna. Esses organismos tem um papel significativo na atenuação de contaminantes durante a passagem da água na interação das águas superficiais e águas subterrâneas.

Nesse contexto, além de fornecer informações importantes a respeito da recarga induzida através da técnica FM, o presente trabalho tem como objetivo prover conhecimentos básicos sobre a caracterização da meiofauna hiporreica num trecho do rio Beberibe.

2 FILTRAÇÃO EM MARGEM E RECARGA INDUZIDA

A Filtração em Margem, conhecida como Bank Filtration, consiste na utilização de poços próximos às margens de rios ou reservatórios, utilizando os materiais sedimentares do leito e das margens do manancial superficial como meio filtrante. Com a ação do bombeamento através dos poços, cria-se uma diferença de carga hidráulica entre o manancial e o lençol freático, ocorrendo uma indução da água do manancial superficial, através do meio poroso, até o poço (TUFENKJI *et al.*, 2002).

A água bombeada pelos poços de produção submetidos às condições de FM é uma mistura da água infiltrada do manancial superficial e da água subterrânea presente no aquífero (GRISCHEK *et al.*, 2010). A proporção dessa mistura é que nem sempre é a mesma, pois depende de alguns fatores como: a distância do poço até a margem e de algumas características (vazão bombeada, condições hidrogeológicas locais, etc.).

A Filtração em Margem pode ocorrer de forma natural quando o nível do lençol freático for inferior ao nível d'água do manancial superficial ou por meio de indução através do uso de poços localizados próximos às margens de rios ou reservatórios (Figura 1).



Figura 1 - Esquema simplificado da técnica de Filtração em Margem.

Fonte: Freitas (2014).



De acordo com Paiva *et al.* (2010), a FM induzida é utilizada como uma técnica na indústria de abastecimento de água. A recarga induzida através do bombeamento nas margens provoca a percolação das águas dos mananciais superficiais para o subsolo e durante esse processo vários contaminantes potenciais presentes na água do rio são filtrados e atenuados, devido a processos físico-químicos e biológicos envolvidos. Consequentemente, a água fica com uma melhor qualidade, desde que não existam contaminantes nas águas subterrâneas ou se estiverem presentes em baixas concentrações.

Muitos benefícios são visualizados com a utilização da FM, pois se trata de uma tecnologia de tratamento de água natural, aproveitando a ação purificadora da natureza; é uma técnica de relativo baixo custo; e, pode ser no mínimo utilizada como um pré-tratamento da água para abastecimento público. Diante disso, diminui o consumo de produtos químicos na desinfecção e na coagulação das águas, assim como, amortece os custos de operação das estações de tratamento de água.

Por ser reconhecida como um eficiente processo de atenuação da poluição, assegurando sustentabilidade no fornecimento de água potável a um custo mais baixo, a FM tem sido utilizada em várias partes do mundo principalmente na Europa, em países como Alemanha, França, Suíça, Holanda e Hungria, assim como também nos Estados Unidos, Índia, China entre outros. No Brasil a técnica vem sendo desenvolvida em termos de pesquisa pela Universidade Federal de Pernambuco, pela Universidade Federal de Santa Catarina e mais recentemente pela Universidade Federal de Viçosa.

3 MEIOFAUNA HIPORREICA E QUALIDADE DE ÁGUA DE RECARGA

A troca entre as águas superficiais e subsuperficiais que ocorre durante o processo de Filtração em Margem pode ser um importante regulador da atividade biológica no ambiente hiporreico. Como uma zona de transição, a zona hiporreica forma um ecossistema dinâmico e único, onde ao mesmo tempo que é influenciado pode influenciar significativamente o fluxo e a qualidade da água subterrânea (LAWRENCE *et al.*, 2013), beneficiando algumas espécies como a meiofauna.



Geralmente classificada como protistas e invertebrados entre 50 e 1000 μm (MARE, 1942), a meiofauna representa um grupo ecologicamente heterogêneo e possui curtos ciclos de vida (1 a 3 meses), o que faz com que mudanças na estrutura da comunidade possam ser observadas em estudos de curto prazo.

De acordo com Hakenkamp & Palmer (2000), a meiofauna pode ser extremamente importante para transmitir o funcionamento do ecossistema quando as taxas de fluxo intersticiais são baixas, podendo estar envolvida no transporte de solutos, servir de alimento para peixes e macroinvertebrados e ainda, em condições anóxicas, estimular processos microbianos. A colonização microbiana pode acarretar no aumento da resistência do fluxo, ou seja, a formação de biofilmes, minimizando a ocorrência ou o tamanho dos poros.

A atividade microbiana pode diminuir a permeabilidade da interface águas superficiais com as águas subterrâneas, o que afeta a taxa de infiltração, como resultado da formação do biofilme (TUFENKJI *et al.*, 2002). Quando ocorre o acúmulo de biofilme em um sistema de transporte de fluidos o atrito entre o fluido em movimento e o biofilme será maior em relação a um sistema sem biofilme. Porém, durante a percolação da água pelo ambiente hiporreico, quanto mais lenta for à percolação maior será a atenuação dos poluentes. Sendo assim, entende-se que um dos pontos positivos da presença do biofilme em relação a técnica FM é o aumento na eficiência da filtragem.

Nesse cenário, o aprofundamento do conhecimento sobre a meiofauna é importante, pois ao influenciar as taxas de processos microbianos, a comunidade da meiofauna hiporreica indiretamente contribui na depuração dos micropoluentes presentes na água superficial que ao percolar pelo meio poroso desencadeiam alguns processos biogeoquímicos influenciando a qualidade da água de recarga para aquíferos.

4 ESTUDO DE CASO: RIO BEBERIBE-PE

4.1 Local de estudo

A área experimental da presente pesquisa esta inserida na Região Metropolitana do Recife (RMR), na divisa entre as cidades de Recife e Olinda, na bacia hidrográfica do rio Beberibe em seu trecho médio.

O rio Beberibe é caracterizado, pela Agência Estadual de Meio Ambiente de Pernambuco (CPRH, 2015), como um rio poluído em alguns locais, incluindo a área da estação experimental de FM.

Ao longo do rio Beberibe foram analisados 2 pontos, sendo o Ponto 1 (PT1) localizado numa área urbanizada que sofre com a poluição e falta de saneamento, já o Ponto 2 (PT2) está localizado numa área ainda preservada. Além disso, existe um projeto piloto de Filtração em Margem instalado nas margens do rio Beberibe, no bairro de Caixa d'Água, na cidade de Olinda, no terreno da Companhia Pernambucana de Saneamento - COMPESA (Figura 2).

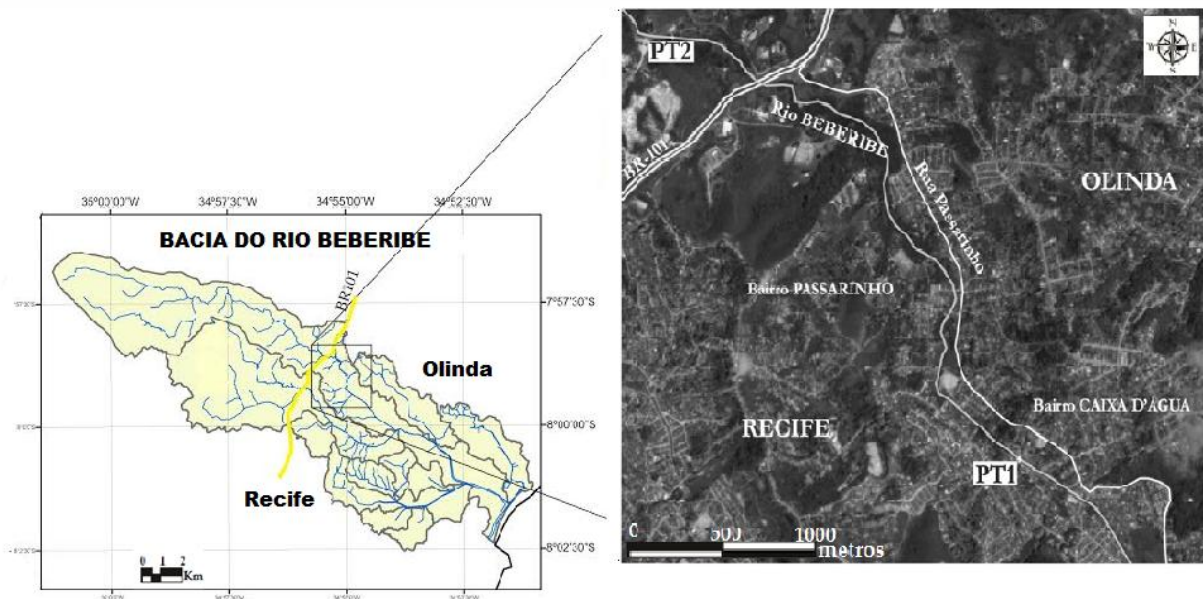


Figura 2 - Localização da Bacia Hidrográfica do rio Beberibe e dos dois pontos de amostragem.

4.2 Projeto Piloto de FM

Atualmente o projeto piloto de FM conta com 4 poços de produção (P1, P2, P3 e P4) e sete poços de observação (SP1, SP2, SP3, SP4, SP5, SP7 e SP8). A vazão média de operação dos poços pode ser observada na Tabela 1.

Tabela 1 - Vazão média de operação dos poços de produção da estação experimental de FM.

POÇOS	01	02	03	04
VAZÃO (m ³ /h)	12,60	9,57	9,13	9,80

O poço de produção 01 opera em bombeamento contínuo desde março de 2009, o bombeamento do poço de produção 03 foi iniciado em março de 2013 e os poços 02 e 04 começaram a bombear em setembro de 2014.

Antes da perfuração dos poços o subsolo da área foi devidamente caracterizado através da perfuração de furos de sondagem por percussão. Posteriormente, os furos de sondagem foram transformados em poços de observação. Na Figura 3 é possível observar a disposição dos poços na estação piloto de FM.

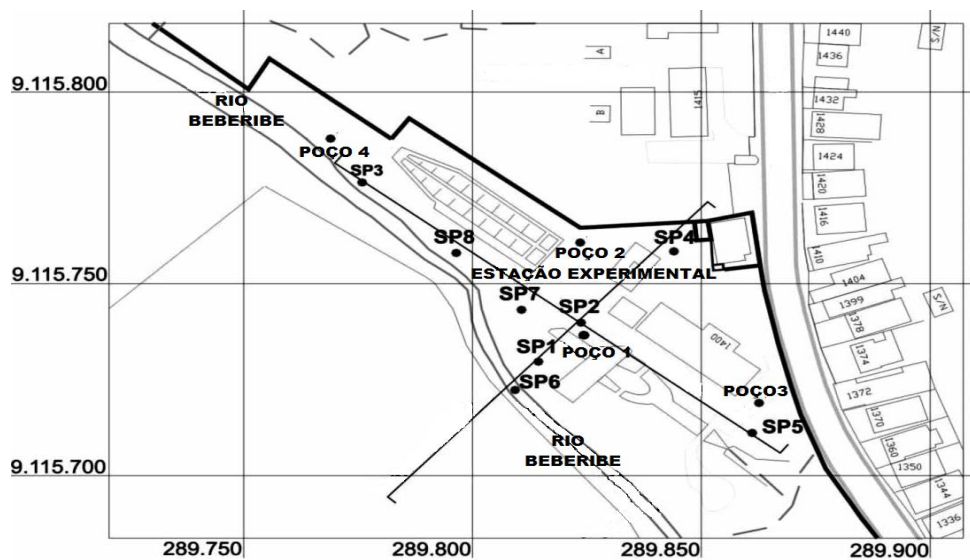


Figura 3 - Localização dos piezômetros e dos poços de produção na área experimental de Filtração em Margem no Rio Beberibe – PE.

Entre as atividades desenvolvidas na estação experimental está o monitoramento quantitativo através da leitura de níveis piezométricos, níveis de água dos poços de produção, dos poços de observação e a lâmina d'água do rio Beberibe. Através do monitoramento piezométrico, Freitas *et al.* (2012) conseguiram evidenciar a conexão hidráulica entre os poços de produção e o rio Beberibe, caracterizando assim uma interação rio-aquífero, característica premissa para o uso da técnica FM. Na mesma área de pesquisa, Paiva *et al.* (2013) utilizando o software Visual Modflow constataram que a contribuição do rio Beberibe para o aquífero duplica durante as estações chuvosas.



Através do monitoramento qualitativo realizado periodicamente, Paiva *et al.* (2010), Cabral *et al.* (2011) e Freitas (2014) comprovaram a eficiência da técnica de FM nas margens do rio Beberibe na atenuação de poluentes e micro-organismos patogênicos. Todos os resultados foram relacionados com as portarias do Ministério de Saúde vigentes (portaria 518/04 e 2914/11 do Ministério da Saúde) que dispõe sobre os procedimentos de controle e de vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade no Brasil.

Além dessas atividades, estudos vêm sendo desenvolvidos para uma melhor análise das características do ambiente hiporreico e da dinâmica do fluxo de água nessa interface, pois acredita-se que a melhor compreensão desses aspectos são de grande importância para uma melhor aplicação da técnica de Filtração em Margem.

4.3 Análise da meiofauna hiporreica

A análise da meiofauna hiporreica foi realizada em dois pontos (PT1 e PT2) ao longo do rio Beberibe nos meses de novembro de 2014 e maio de 2015. Nos últimos 10 anos, o período mais chuvoso na área de estudo foi entre os meses de março e agosto, com o período mais seco de setembro a fevereiro (APAC, 2015). Esses meses foram selecionados numa tentativa de representar períodos secos (novembro) e períodos chuvosos (maio), lembrando que a presente pesquisa foi realizada no nordeste do país, onde as estações do ano praticamente se resumem a inverno (chuvoso) e verão (seco).

As amostras do sedimento hiporreico foram coletadas com um amostrador cilíndrico (*corer*) feito de acrílico liso e transparente, enterrado a 10 cm de profundidade no sedimento hiporreico. Além das amostras, foram coletadas réplicas e trélicas para uma melhor avaliação da comunidade meiofaunística. Após a extração dos sedimentos, todas as amostras foram acondicionadas e imersas no formaldeído a 4% para sua preservação até o momento da triagem em laboratório.

As amostras foram devidamente analisadas no Laboratório de Dinâmica de Populações da UFPE (LABDIN), no Departamento de Zoologia do Centro de Ciências Biológicas (CCB). Foram usadas peneiras geológicas de aberturas de malha de 500, 200, 100 e 45 μm para extração e lavagem dos organismos e posteriormente o material retido em cada peneira foi corado com Rosa

de Bengala e triado sob um microscópio estereoscópio. A identificação se deu a nível de grandes grupos.

As densidades foram calculadas através da média aritmética simples das réplicas e trélicas, sendo usada a área referente ao círculo do *corer* (11,33 cm²), e apresentada como uma densidade por área de 10 cm².

A estrutura da comunidade da meiofauna foi investigada mediante a utilização da análise PERMANOVA. Para discriminar diferenças espaciais nas comunidades entre os tratamentos e substratos, utilizou-se a ordenação por escalonamento multidimensional (MDS) e uma matriz de similaridade de Bray-Curtis.

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A Figura 4 representa uma amostra dos sedimentos hiporreicos do rio Beberibe devidamente corados e um destaque para os organismos dos principais *taxa* da meiofauna encontrados nas amostras analisadas.

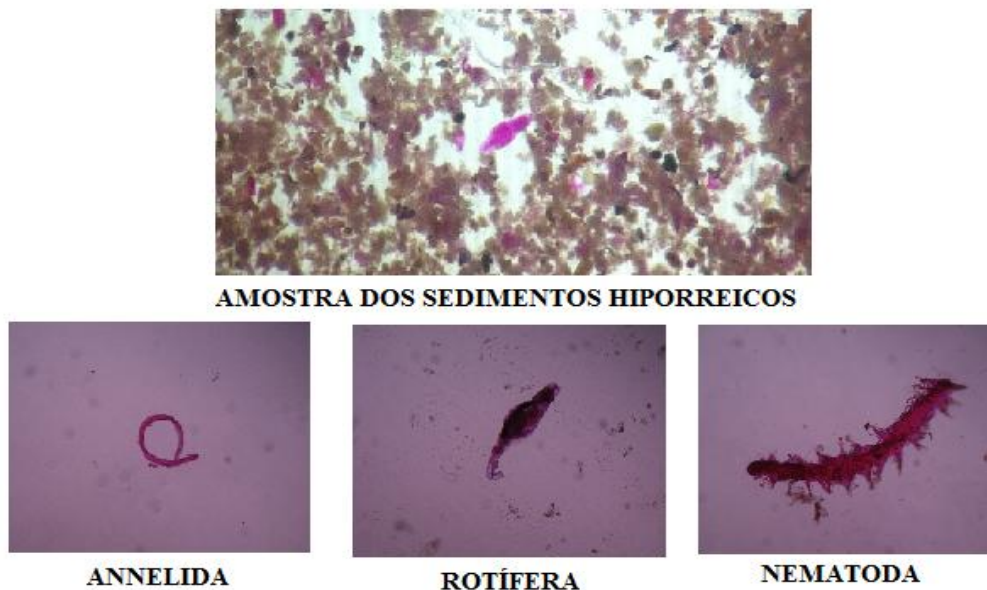


Figura 4 - Amostra devidamente corada da meiofauna hiporreica dos sedimentos do rio Beberibe, com o aumento de 4x com auxílio do microscópio estereoscópio e destaque aos grupos mais representativos com aumento de 10x com auxílio do microscópio.

A estrutura da comunidade da meiofauna hiporreica, do trecho estudado do rio Beberibe, nos períodos de estiagem e chuvosos, esteve composta por um total de 712 indivíduos, distribuídos em três diferentes *taxa* (grupos), sendo rotíferos, nematódeos e anelídeos.

Na meiofauna dos pontos analisados do rio Beberibe o grupo taxonômico dos rotíferos foi amplamente dominante, representando 68% do total de indivíduos contados, em seguida os nematódeos com 18% e anelídeos com 14% (Tabela 2).

Tabela 2 - Abundância média (média de 3 contagens) e desvio padrão (DP) dos grandes grupos da meiofauna encontrados nas diferentes estações do ano (verão / inverno) dos dois pontos de coleta.

GRUPOS	VERÃO		INVERNO	
	PT1	PT2	PT1	PT2
Nematoda	29,0	3,7	3,7	7,0
DP +/-	3,6	2,1	2,9	2,6
Annelida	32,3	0,7	0,0	0,0
DP +/-	8,0	0,6	0,0	0,0
Rotífera	153,3	0,0	5,0	2,3
DP +/-	7,8	0,0	1,0	0,6
TOTAL	214,7	4,3	8,7	9,3

Os dados da Tabela 2 indicam que 94% dos organismos presentes nos sedimentos hiporreicos encontram-se no Ponto 1 e apenas 6% foram localizados no Ponto 2. Como já foi citado anteriormente o Ponto 1 da presente pesquisa encontra-se situado numa área urbanizada que sofre com a poluição local, sendo este um ponto que pode ser um dos motivos da maior presença da comunidade meiofaunística. O lançamento de esgoto doméstico no manancial de superfície aumenta a disponibilidade alimentar desses organismos.

A densidade média de organismos foi de 197,1 indivíduos/ 10 cm² no Ponto 1 a 12,1 indivíduos/ 10 cm² no Ponto 2. No Ponto 1 o grupo taxonômico mais abundante foi dos rotíferos representando 71% dos organismos, em seguida os nematódeos e anelídeos representando 14,6 e 14,4% respectivamente. No Ponto 2 foi encontrado um número bem menor de organismos, sendo os nematódeos o grupo mais encontrado representando 78% dos organismos, depois os rotíferos e anelídeos com 17 e 5%.

Em relação as estações do ano analisadas na presente pesquisa, observou-se que no total para os dois pontos foram encontrados mais organismos no período seco do que no período de estiagem, sendo encontrada uma densidade média de 200,3 e 18,8 indivíduos/ 10 cm², respectivamente. Porém, no Ponto 1 o período de estiagem apresentou uma quantidade de organismos bem maior do que no período chuvoso, sendo encontrados uma densidade média de 191,4 indivíduos/ 10 cm² no verão e 4,4 indivíduos/ 10 cm² no inverno. Já no Ponto 2, praticamente não houve diferença entre a densidade de organismos encontrada nas diferentes estações do ano, sendo encontrados 8,9 indivíduos/ 10 cm² no verão e 8,4 indivíduos/ 10 cm² no inverno (Figura 5).

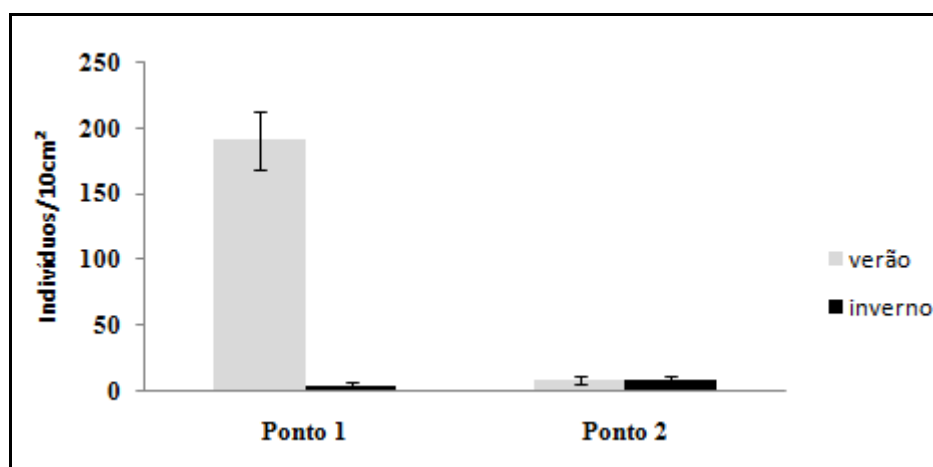


Figura 5 - Densidades médias da meiofauna presente nos sedimentos hiporreicos dos três pontos relacionadas, por estações do ano e local analisado. As barras representam a média \pm intervalo de confiança de 95%.

As diferenças entre as características pluviométricas durante o período seco e o período de chuva pode ser um dos principais motivos de ter sido encontrada alterações nas densidades dos organismos do sedimento hiporreico do rio Beberibe. Nas amostras coletadas no mês de novembro foram encontradas maiores densidades de organismos e no mês de maio as menores. De acordo com a Agência Pernambucana de Água e Clima (APAC, 2015), a média histórica pluviométrica (período de 2005 - 2015) do posto mais próximo da área de estudo (Olinda 199), no mês de novembro ocorreu o menor volume de chuvas do ano (25 mm) e o mês de maio encontra-se entre os meses que apresentaram maiores médias de precipitação total mensal (312 mm) na região de estudo.

Silva (1996) e Moellmann *et al.* (2001) reportaram em estudos que no inverno ocorre uma redução bastante significativa da densidade da meiofauna. Combinações de fatores climatológicos e físico-químicos são fatores responsáveis por variações sazonais na estrutura da comunidade da meiofaunística (SANTOS *et al.*, 1996).

É preciso levar em consideração que durante períodos chuvosos ocorre uma perturbação física mais intensa nos sedimentos hiporreico e conseqüentemente uma maior desestabilidade da comunidade hiporreica.

A estrutura da comunidade de meiofauna dos sedimentos hiporreicos do rio Beberibe pode ser observada nas representações em MDS realizadas para comparar os pontos de coleta para as diferentes estações do ano (Figura 6).

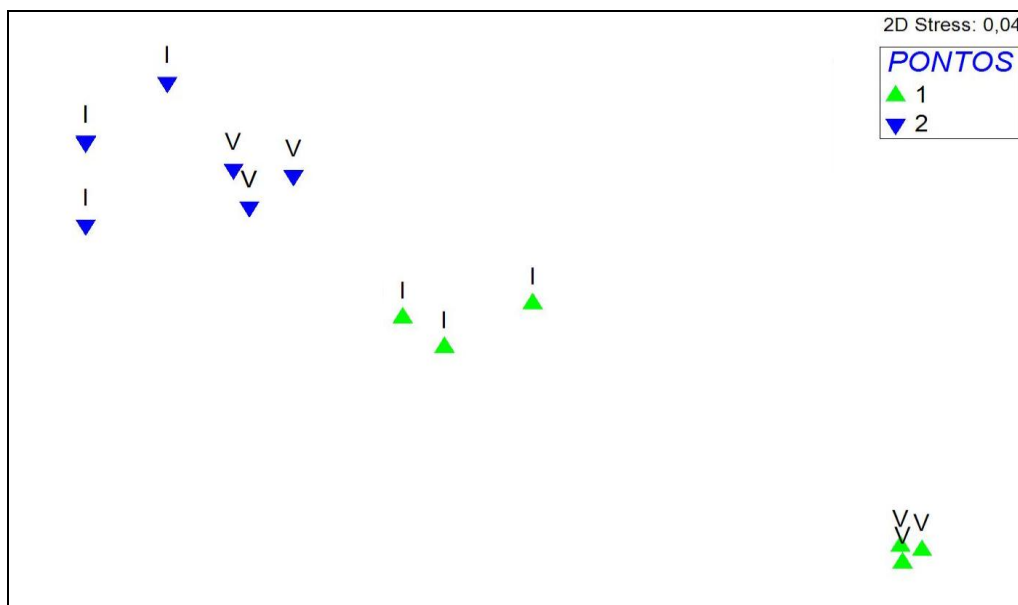


Figura 6 - Escalonamento multidimensional não métrico (MDS) baseado na densidade da estrutura da comunidade de meiofauna para as estações do ano analisadas (verão e inverno) nos dois pontos estudados dos sedimentos hiporreicos do rio Beberibe. (*Não foram colocados nomes nem escala nos eixos porque não representam uma grandeza específica, mas o resultado do escalonamento multidimensional).

A análise multivariada PERMANOVA, comprovou que existe diferença significativa entre os dois pontos estudados nas diferentes estações do ano ($p < 0,05$). Esse resultado fica evidenciado no



MDS da Figura 6, sendo possível apontar diferenças temporais entre os pontos. No Ponto 2 observa-se uma maior similaridade na estrutura da comunidade nas estações do ano estudada na presente pesquisa do que no Ponto 1.

Os resultados apresentados, indicam que a estrutura da comunidade da meiofauna hiporreica do rio Beberibe apresenta diferenças significativas nas densidades dos organismos nas diferentes estações do ano, onde o Ponto 1 apresentou uma maior sensibilidade as mudanças relacionadas ao período seco e ao período chuvoso.

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A recarga induzida a partir da técnica de Filtração em Margem tem sido tema de várias pesquisas no mundo e vem sendo reconhecida como um eficiente processo de atenuação da poluição, assegurando sustentabilidade no fornecimento de água potável a um custo mais baixo e influenciando a qualidade da água de recarga para aquíferos.

O presente estudo apresenta o projeto piloto de Filtração em Margem instalado nas margens do rio Beberibe - PE, relatando os benefícios da técnica que vem respondendo positivamente aos parâmetros analisados, principalmente na atenuação/remoção de contaminantes e patógenos apresentando conformidade com os padrões de potabilidade exigidos.

A densidade média da comunidade de organismos da meiofauna no rio Beberibe esteve composta por um total de 712 indivíduos, distribuídos em três *taxa*, onde o rotífera foi o grupo taxonômico mais abundante, representando 68% da população, em seguida os nemátodos com 18% e anelídeos com 14%.

Diferenças também foram observadas nas densidades da comunidade das diferentes estações do ano estudadas, sendo encontrados 91% do total de organismos no período seco. Provavelmente o hidrodinamismo mais intenso provocado pelos períodos chuvosos seja responsável pela remoção de boa parte dos organismos presentes nos sedimentos hiporreicos.

O aprofundamento do conhecimento sobre ambiente hiporreico é essencial para compreensão dos processos que ocorrem durante a FM, inclusive alguns processos biológicos envolvendo a meiofauna que são responsáveis pela modificação da qualidade da água de recarga.



AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem aos Professores Roberto Barcellos e Paulo Santos pela parceria nos ensaios granulométricos e análise da meiofauna, respectivamente. À FACEPE, CAPES e ao CNPq pelo apoio financeiro nas diversas fases do projeto.

BIBLIOGRAFIA

ALBUQUERQUE, C.G.; MONTENEGRO, S.M.C.L.; MONTENEGRO, A.A.A.; JÚNIOR, R.V.P.F. 2015. Recarga de aquífero aluvial sob uso agrícola. **Águas Subterrâneas**, v. 29, n. 1, p. 60-71.

APAC - Agência Pernambucana de Águas e Clima. Dados climatológicos. Disponível em: <http://www.apac.pe.gov.br/>. Acesso em: 20 de setembro de 2015.

CABRAL, J. J.S.P.; FREITAS, D.A.; PAIVA, A.L.R.de; VERAS, T.B. 2011. Bankfiltration for water quality improvement in Beberibe River, Recife Metropolitan Region. In: **Anais do XIV World Water Congress**, 2011, Porto de Galinhas. 6 p.

CPRH - Agência Estadual de Meio Ambiente e Recursos Hídricos. Relatórios de Monitoramento Ambiental das Bacias Hidrográficas do Estado de Pernambuco. Disponível em: <www.cprh.pe.gov.br>. Acesso em: 10 de março de 2015, às 14:15h.

FREITAS, D.A. 2014. **Uso da técnica de filtração em margem para remoção de *cryptosporidium* spp. e *giardia* spp. e outros micro-organismos patogênicos no rio Beberibe – Pernambuco**. Tese (doutorado), Universidade Federal de Pernambuco, Engenharia Civil – Área de Tecnologia Ambiental e Recursos Hídricos. Recife – PE.

FREITAS, D.A.; CABRAL, J.J.S.P.; PAIVA, A.L.R.de; MOLICA, R.J.R. 2012. Application of bank filtration technology for water quality improvement in a warm climate: a case study at



Beberibe River in Brazil. **Journal of Water Supply: Research and Technology - AQUA**, v. 61, n. 5, p. 319-330.

HAKENKAMP, C.C.; PALMER, M.A. 2000. **The ecology of hyporheic meiofauna**. IN: Streams and Ground Waters - Edt. by J. Jones and P. Mulholland. Academic Press,

GRISCHEK, T.; SCHOENHEINZ, D.; SYHRE, C.; SAUPE, K., 2010. Impact of decreasing water demand on bank filtration in Saxony, Germany. **Drinking Water Engineering Science**, v. 3, n. 1, p. 11-20.

LAWRENCE, J.E.; SKOLD, M.E.; HUSSAIN, F.A.; SILVERMAN, D.R.; RESH, V.H.; SEDLAK, D.L.; LUTHY, R.G.; MCCRAY, J.E. 2013. Hyporheic Zone in Urban Streams: A Review and Opportunities for Enhancing Water Quality and Improving Aquatic Habitat by Active Management. **Environmental Engineering Science**, v. 30, n. 8.

MARE, M. F., 1942. A study of marine benthic community with special reference to the microorganisms. **Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom**, v. 25, p. 517-554.

MOELLMANN, M.A.; CORBISIER, T.N.; CURVELO, R. R., 2001. Variação espacial entre verão e inverno da meiofauna do Canal de São Sebastião - SP. **Revista Brasileira de Oceanografia**, v. 49, p. 75-85.

PAIVA, A.L.R.de; CABRAL, J.J.S.P.; DEMETRIO, J.G.A.; SOBRAL, M.C.. 2010. Filtração em margem para indução de recarga e melhoria da qualidade de água – Estudo de caso: rio Beberibe. **Águas Subterrâneas**, v. 24, n. 1, 103-114, 2010.

PAIVA, A.L.R.de; CABRAL, J.J.S.P.; FREITAS, D.A. 2013. Interação rio-aquífero com bombeamento em um poço próximo ao rio num sistema de filtração em margem. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, v. 18, n. 1, p. 235-247, 2013.



SANTOS, P.J.P.; CASTEL, J.; SOUZA-SANTOS, L.P. 1996. Seasonal variability of meiofaunal abundance in the oligo-mesohaline area of the Gironde Estuary, France. **Estuarine, Coastal and Shelf Science**, v. 43, p. 549-563.

SILVA, J., 1996. **Meiofauna da Enseada do Flamengo, Ubatuba-SP**. M.Sc. Tese (doutorado). Universidade de São Paulo, Instituto Oceanográfico. 122 p.

TUFENKJI, N.; RYAN, J.; ELIMELECH, M., 2002. The Promise of Bank filtration. **Environmental Science Technology**, v. 36, p. 422A-428A.