



## **Análise química e bacteriológica da água de irrigação utilizada na Comunidade Agrícola Nova Esperança, Manaus - AM<sup>1</sup>**

### *Chemical and bacteriological assessment of irrigation water used in the Agricultural Community Nova Esperança, Manaus - AM*

**Katiuscia dos Santos de Souza<sup>2\*</sup>, Mauro Célio da Silveira Pio<sup>3</sup>, Genilson Pereira Santana<sup>4</sup>**

**Resumo** - A avaliação da qualidade da água utilizada para a irrigação no meio agrícola é relevante tanto para o meio ambiente, quanto para a saúde humana. O uso contínuo de água contaminada acarreta poluição ao solo e às culturas cultivadas, transmitindo doenças por meio do consumo de hortaliças contaminadas. Desse modo, objetivou-se com esse trabalho avaliar a qualidade da água de irrigação de três corpos hídricos: poço, cacimba e igarapé, utilizada na Comunidade Agrícola Nova Esperança, localizada entre uma área urbana periférica e uma floresta nativa na cidade de Manaus – AM. Foram avaliados os metais potencialmente tóxicos (MPT): Cd, Cu, Co, Fe, Ni, Mn, Pb e Zn, utilizando espectrometria de absorção atômica por chama e medidas bacteriológicas (coliformes totais e fecais) pelo método de membrana filtrante. Os resultados indicam altos índices de coliformes totais e fecais, 89,3% nas amostras de água coletadas nos três corpos hídricos: poço, cacimba e igarapé da área de estudo, assim como elevados níveis de MPT, com destaque para Cd e Pb extremamente tóxicos. Os testes estatísticos mostraram que há influência do período sazonal sobre as concentrações médias dos MPT e que não existem diferenças significativas destes contaminantes, entre os diferentes corpos hídricos, durante todo o período estudado.

**Palavras-chaves** - Coliformes. Contaminação. Metais pesados.

**Abstract** - The evaluation of the quality of the water used for irrigation in agriculture is of great importance for the environment and human health. The continuous use of contaminated water causes pollution to soil and cultivated crops, causing various diseases associated with consumption of contaminated vegetables. Thus, the objective of this study was to evaluate the quality of irrigation water of three water bodies: artesian wells, cacimbas (kind of graves that collect water from swampy lands) and streams, used in the Nova Esperança Agricultural Community, located between a peripheral urban area and a native forest in Manaus - AM. Potentially toxic metals (PTM): Cd, Cu, Co, Fe, Ni, Mn and Zn were evaluated using atomic absorption spectrometry by flame and bacteriological analyses (total and faecal coliforms) by filter membrane method. The results showed high levels of total and faecal coliforms, 89,3% in water samples collected in the three water bodies, as well as high levels of TPM, especially Cd and Pb extremely toxic. Statistical tests showed the influence of the seasonal period on the average concentrations of the PTM and there is not meaning difference of these contaminants on the different water bodies during the period of this study.

**Key words** - Coliforms. Contamination. Heavy metals.

\*Autor para correspondência

<sup>1</sup>Enviado para publicação em 29/06/2012 e aprovado em 03/12/2012

<sup>2</sup>Professora e Doutoranda na Universidade Federal do Amazonas, Instituto de Ciências Exatas, Departamento de Química, Programa de Pós-Graduação em Química (PPGQ), Manaus, Amazonas, Brasil, Autora para correspondência - katy\_souza@yahoo.com.br

<sup>3</sup>Doutorando da Universidade Federal do Amazonas, Instituto de Ciências Exatas, Departamento de Química, Programa de Pós-Graduação em Química (PPGQ), Manaus, Amazonas, Brasil, mcpio@bol.com.br

<sup>4</sup>Prof. Dr. da Universidade Federal do Amazonas, Instituto de Ciências Exatas, Departamento de Química, Programa de Pós-Graduação em Química (PPGQ), Manaus, Amazonas, Brasil, gsantana2005@gmail.com

## Introdução

A contaminação das águas superficiais e subterrâneas tem severas implicações para a saúde humana, sendo considerado um caso de calamidade pública mundial (GRIFFITHS *et al.*, 2012; GULER *et al.*, 2012). Segundo a Organização Mundial da Saúde, até 2015, cerca de 605 milhões de pessoas não terão água de qualidade e 2,4 bilhões consumirão água inadequada.

Em áreas de produção agrícola, destacam-se como fatores que reduzem a qualidade das águas superficiais e subterrâneas, o cultivo e manejo do solo e o uso sucessivo de agrotóxicos, fertilizantes, despejos residuais urbanos e industriais e adubos orgânicos, que causam acúmulo de metais potencialmente tóxicos (MPT) e contaminação bacteriológica por (coliformes totais e fecais) nos ecossistemas aquáticos e terrestres (CHEN *et al.*, 2006; FONSECA *et al.*, 2011; HANI; PAZIRA, 2011).

A problemática do acúmulo de MPT na água de irrigação ocorre devido à presença de alguns metais pesados como, por exemplo, Cd, Co, Cu, Pb, Fe, Mn, Ni e Zn nos defensivos agrícolas e fertilizantes (GÁRCIA *et al.*, 1996). Devido sua não biodegradabilidade, os MPT aumentam sua concentração significativamente no ambiente ao longo do tempo, ocasionando sérios danos ambientais (AHMAD; GONI, 2010; TIWARI *et al.*, 2011).

A acumulação de MPT em partes comestíveis e não comestíveis de hortaliças como alface, coentro, couve, tomate, entre outras (ZHENG *et al.*, 2007; ARORA *et al.*, 2008), ocasionam sérios problemas clínicos a animais e seres humanos via consumo destas plantas ricas em metais. Entre os problemas clínicos estão o decréscimo da defesa imunológica, retardo do crescimento intrauterino, desnutrição e câncer gastrointestinal (ARORA *et al.*, 2008).

Por outro lado, a contaminação bacteriológica da água de irrigação está associada à utilização de fertilizantes orgânicos, geralmente esterco de animais e a falta de saneamento básico. O aumento considerável do número de patógenos nos corpos hídricos na área de produção agrícola ocorre principalmente pelo escoamento de esgotos domésticos e sistemas sépticos, como fossas, ricas em excretas humanas ou pela ação das chuvas (CRAUN *et al.*, 2010; FONSECA *et al.*, 2011).

As metrópoles brasileiras usam cotidianamente águas subterrâneas com perfurações de poços artesianos indiscriminadamente para o consumo humano e muitas vezes para irrigação, segundo a Agência Nacional de Águas ([www.ana.gov.br](http://www.ana.gov.br)). Em Manaus, a Agência Reguladora dos Serviços Públicos do Estado do Amazonas ([www.arsam.am.gov.br](http://www.arsam.am.gov.br)) estima a existência de aproximadamente 20.000 poços artesianos, cujos critérios de perfuração são questionáveis.

Como não há fiscalização rígida no processo de perfuração, há casos de poços em áreas contaminadas, como os perfurados na área do antigo lixão da cidade de Manaus cuja qualidade da água é caracterizada por concentrações extremamente elevadas de MPT (ROCHA; HORBE, 2006).

Considerando aproximadamente 20 anos de atividade agrícola, a Comunidade Agrícola Nova Esperança foi selecionada como área deste estudo, objetivando-se avaliar os níveis de MPT, coliformes totais e fecais na água de irrigação de três corpos d'água.

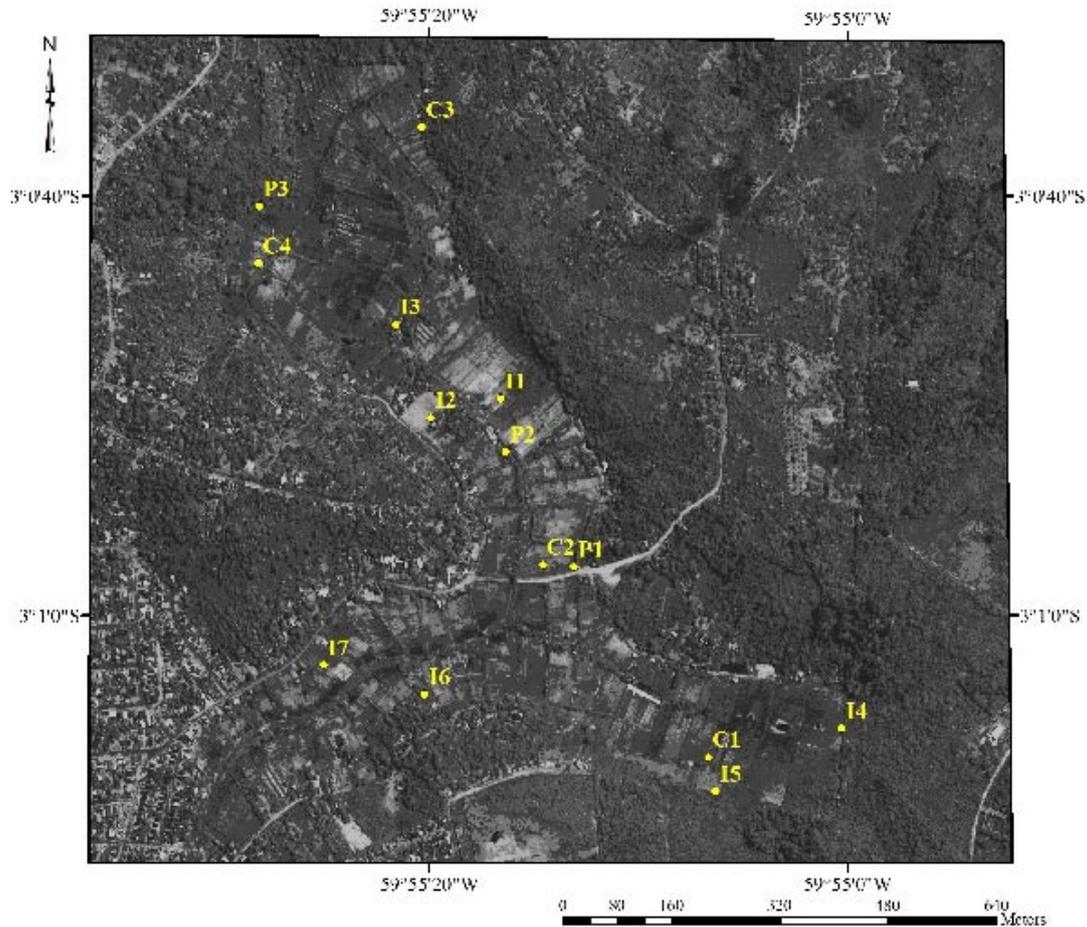
## Material e métodos

A Comunidade Agrícola Nova Esperança está situada entre a zona urbana, a leste da cidade de Manaus (Val Paraíso) e uma área de floresta nativa, é irrigada pela Bacia hidrográfica do São Raimundo, com nascentes do igarapé do Mindú que afloram dentro da área de plantio e escoam da área de floresta nativa, formando os pequenos igarapés que drenam toda a área.

Baseados no estudo do tamanho da área e obedecendo ao critério sistemático conforme a utilização no processo de irrigação das hortaliças e consumo, divididos em três corpos hídricos diferentes, foram selecionados 14 pontos representativos de amostragem (03 poços artesianos, 04 cacimbas e 07 em igarapé), conforme (Figura 1). Os pontos de coleta têm as seguintes características: nascentes do igarapé do Mindú pouco profundas (média < 0,5 m), estreitos (média < 1,0 m) com leitos arenosos e drenam a área de aproximadamente 49,375 ha, os poços artesianos em geral têm entre 30 - 40 m de profundidade e as cacimbas de 2 a 5 m. O solo é classificado como Espodossolo cuja textura é 94,75% areia, 2,80% silte e 2,45% argila. Em geral, muito pobre em fertilidade (SiBCS, 2005).

Foram realizadas quatro coletas de água totalizando cinquenta e seis amostras ao longo do estudo, divididas entre os períodos seco (julho e outubro de 2010) e chuvoso (janeiro e abril de 2011). Em cada ponto de coleta e época, foram coletadas duas amostras sendo: i) 1 L em frascos de polietileno, desmineralizados em banho ácido nítrico 30%, para as análises de MPT e ii) 300 mL para análises bacteriológicas em frascos de vidro com tampa rosqueável, esterilizados em autoclave (120 °C, 1 atm).

Para análise dos MPT, cada amostra foi preparada em triplicata, retirando-se alíquotas de 100,0 mL de água previamente filtrada (Millipore 0,45 µm de poro) para béquero de 250 mL, sendo adicionados também, 10 mL de HNO<sub>3</sub> concentrado bidestilado (Synth). O béquero foi aquecido em banho-maria a 100 °C, até que



**Figura 1** - Local de coleta das amostras de água em poço artesiano (P), cacimba (C) e igarapé (I) na Comunidade Agrícola Nova Esperança.

o volume atingisse cerca de 10 mL, sendo transferido quantitativamente para balão volumétrico de 25,0 mL e o volume aferido com água desmineralizada (SANTANA; BARRONCAS, 2007), brancos também foram preparados nas mesmas condições. Em seguida, as amostras digeridas foram armazenadas em frascos de polietileno previamente esterilizados com solução de  $\text{HNO}_3$  30%. As concentrações de Cd, Co, Cu, Fe, Mn, Ni, Pb e Zn foram medidas em Espectrômetro de Absorção Atômica (GBC, AAS 932 *Plus*, Austrália), utilizando chama ar-acetileno, com modo de medida por integração, modo de calibração - método dos mínimos quadrados com  $R^2 \geq 0,990$ . Os reagentes usados em grau analítico e as soluções estoques dos cátions de metais pesados,  $1.000 \text{ mg L}^{-1}$ , foram preparadas a partir de padrões Specsol rastreáveis ao NIST (National Institute of Standards and Technology).

As análises bacteriológicas para classe de coliformes na água de irrigação foram realizadas como indicadores da presença de outros organismos causadores de problemas para a saúde, pelo método da membrana

filtrante, cujas amostras foram filtradas em membrana de Millipore de acetato de celulose  $0,45 \mu\text{m}$ . Os coliformes totais foram determinados utilizando meio de cultura padrão m-Endo MF Broth (líquido, Difco<sup>TM</sup>) e coliformes fecais (*Escherichia coli*) com meio m-FC Broth base líquida (Difco<sup>TM</sup>). Todas as análises foram feitas segundo recomendação da (APHA, 1985). Com as amostras transportadas do campo ao laboratório em caixa térmica, sob refrigeração e analisadas num tempo médio de 2 a 3 h após a coleta.

Neste trabalho foi utilizado o teste de t-pareado para avaliar as diferenças entre os dois períodos estudados e entre os corpos hídricos. Especificamente para os MPT, foi construído gráfico de *boxplot* no *software* de domínio público R (Development Core Team, USA) como forma de verificar a existência de *outliers*, *bem como a dispersão dos dados e sua simetria*. Os dados são apresentados na forma de média e desvio padrão. Histogramas são apresentados para traçar comparativos entre as concentrações médias do período seco e chuvoso.

## Resultados e discussão

As concentrações médias de Cd, Cu, Fe, Mn e Zn nos três corpos hídricos estudados apresentam valores acima do recomendado pela resolução 357/05 do CONAMA (Tabela 1), independentemente do período de coleta (seco ou chuvoso) e apenas as concentrações médias de Cu e Zn apresentaram-se abaixo do limite permitido pelo Ministério da Saúde (MS) para controle da qualidade da água.

Entretanto, todos resultados de Ni estiveram abaixo do limite de detecção, 0,04 mg L<sup>-1</sup> (Tabela 1). No caso do Pb houveram oscilações na distribuição, com concentrações médias bem acima das legislações nas amostras de poço e cacimba (período seco) e igarapé (período chuvoso), e resultados abaixo do limite de detecção 0,06 mg L<sup>-1</sup> no

poço e cacimba (período chuvoso) e igarapé (período seco) (Tabela 1). A presença esporádica de Pb nas águas superficiais da área de estudo indica claramente um processo pontual de contaminação pelo MPT, que auxiliado pelo processo de drenagem do período chuvoso para o seco, tem contaminado as águas mais subterrâneas (cacimba e poço).

O Co também apresentou valores de concentração média acima dos valores estipulados pelo CONAMA (2005) e Ministério da Saúde (MS), com exceção das amostras de cacimba no período chuvoso, que apresentaram concentração média abaixo do limite de detecção 0,05 mg L<sup>-1</sup> (Tabela 1).

Os resultados do teste t-pareado, para comparar o comportamento dos MPT entre os períodos estudados,

**Tabela 1** - Concentração de MPT (mg L<sup>-1</sup>) encontrada nas águas da Comunidade Agrícola Nova Esperança (Manaus)

Tipo de água	Metais	Período		CONAMA	Ministério da Saúde
		Seco	Chuvoso		
Poço (n=3)	Cd	0,268±0,193	0,338±0,011	0,001	0,005
	Co	1,759±0,765	0,110±0,126	0,05	-
	Cu	0,451±0,043	0,342±0,105	0,009	2
	Fe	1,215±0,693	0,864±0,483	0,3	0,3
	Mn	1,258±0,347	1,404±0,984	0,1	0,1
	Ni	<LD	<LD	0,025	0,07
	Pb	1,520±1,351	<LD	0,01	0,01
Cacimba (n=4)	Zn	1,099±0,112	0,442±0,687	0,18	5
	Cd	0,249±0,133	0,572±0,149	0,001	0,005
	Co	2,202±0,602	<LD	0,05	-
	Cu	0,661±0,232	0,388±0,140	0,009	2
	Fe	1,872±0,872	0,583±0,426	0,3	0,3
	Mn	1,282±0,361	1,648±0,448	0,1	0,1
	Ni	<LD	<LD	0,025	0,07
Igarapé (n=7)	Pb	0,079±0,157	<LD	0,01	0,01
	Zn	1,210±0,543	0,197±0,394	0,18	5
	Cd	0,345±0,134	0,507±0,110	0,001	0,005
	Co	1,901±0,869	0,133±0,144	0,05	-
	Cu	0,556±0,227	0,304±0,093	0,009	2
	Fe	2,379±0,586	1,575±0,591	0,3	0,3
	Mn	1,739±0,476	1,784±0,499	0,1	0,1
	Ni	<LD	<LD	0,025	0,07
	Pb	<LD	0,420±0,823	0,01	0,01
	Zn	1,371±1,065	0,450±0,498	0,18	5

CONAMA = Conselho Nacional do Meio Ambiente, <LD = abaixo do limite de detecção. Média ± desvio padrão calculados do número n de pontos de coleta.

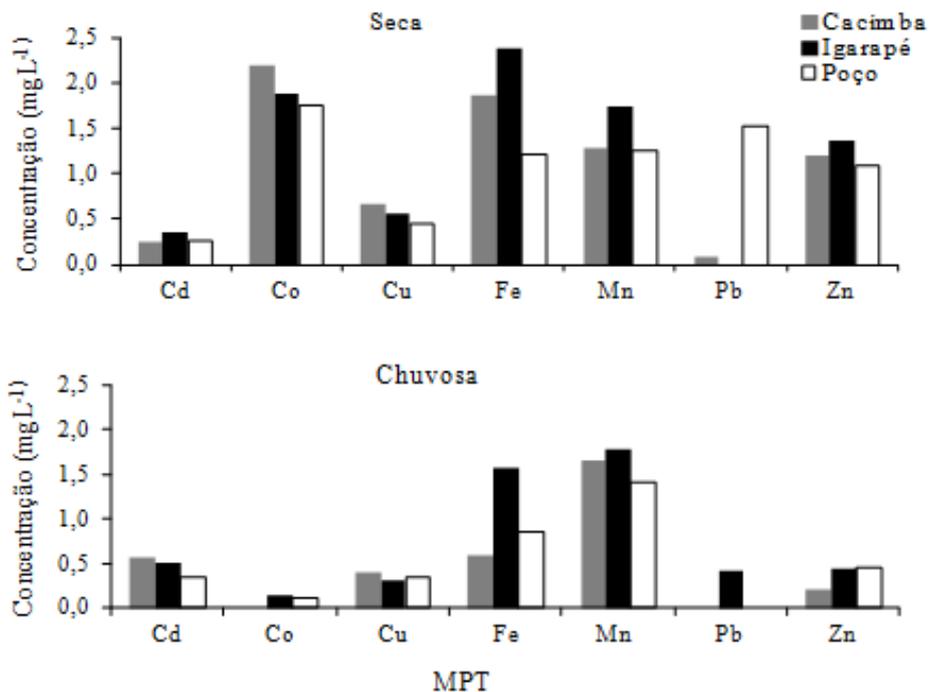
são: Cd ( $p=0,008$ ), Cu ( $p=0,001$ ), Co ( $p=9,11 \times 10^{-7}$ ), Fe ( $p=0,005$ ), Zn ( $p=0,002$ ), Mn ( $p=0,388$ ) e Pb ( $p=0,146$ ). Esses resultados demonstram que estatisticamente há diferenças na concentração média, para a maioria dos metais do período seco para o chuvoso, com exceção ao Mn e Pb. No caso do Pb, o número reduzido de amostras em que foi detectado, dificultou a análise global. Já para o Mn as concentrações são muito próximas nos dois períodos.

Aplicado também para comparar o comportamento dos MPT entre os corpos hídricos, o teste t-pareado apresentou ao nível de significância de 5%, valores de  $p > 0,05$  para todas as correlações: Cd ( $p=0,228$ , 0,551, 0,880), Co ( $p=0,398$ , 0,654, 0,764), Cu ( $p=0,721$ , 0,364, 0,073), Fe ( $p=0,151$ , 0,751, 0,199), Mn ( $p=0,074$ , 0,439, 0,315), Pb ( $p=0,671$ , 0,500, 0,617) e Zn ( $p=0,481$ , 0,770, 0,140), indicando que não há diferenças estatísticas entre os corpos hídricos. As concentrações médias de Cd, Co, Cu, Pb e Zn variaram consideravelmente, do período seco para o chuvoso (Figura 2), independentemente do local amostrado. Como a distribuição de metais está diretamente ligada ao logaritmo da concentração e a distância (LIN *et al.*, 2012), aliado ao fato do solo da área ser de textura arenosa (94,75% areia), a água de toda a região se encontra com contaminação por MPT, independente do corpo hídrico e com variações significativas entre os períodos amostrados, muito provavelmente em decorrência do

processo de lixiviação ocasionado pelas chuvas ou pela solubilização ocasionada pelo maior volume de água e possíveis variações de pH (AZEVEDO *et al.*, 2003).

Os dados de MPT apresentam *outliers* (valores fora do conjunto de dados) apenas para o Cu (0,871 mg L<sup>-1</sup>) e Pb (1,730; 0,158; 0,420; 5,166; 0,627; 3,951 mg L<sup>-1</sup>), cujos seis valores encontrados configuraram como *outliers* frente a não detecção nas demais amostras, os demais metais possuem caixa com medianas localizadas no centro (Figura 3). Os dados do *boxplot* mostram grande diferença nos valores de máximos e mínimos, que sugerem uma variação considerável no grau de contaminação por alguns metais ao longo dos períodos estudados. A alta dispersão de Co indica que na área existe alguma fonte de contaminação rica neste metal. As medianas de todo período amostrado, para os dados dos três corpos hídricos juntos, mostram a seguinte ordem de concentração dos metais: Mn > Fe > Zn > Co > Cu > Cd > Pb.

De acordo com a literatura, altas concentrações de MPT em águas de irrigação podem causar menor crescimento e baixa atividade metabólica nas hortaliças cultivadas, havendo de modo geral, hiperacumulação dos MPT, na parte aérea, comestível, em espécies como cebolinha, coentro e alface (SOUDEK *et al.*, 2009; VERKLEIJ *et al.*, 2009; ZHUANG *et al.*, 2009; GUPTA *et al.*, 2011; BHARGAVA *et al.*, 2012).



**Figura 2** - Histograma comparativo das concentrações de MPT presente nas águas da Comunidade Nova Esperança

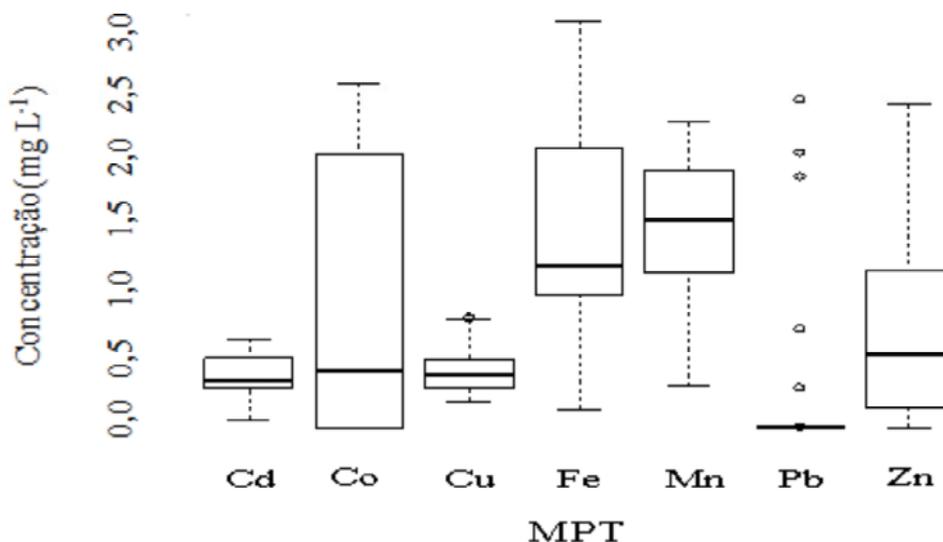


Figura 3 - Boxplot relativo à concentração geral dos MPT em todo o período amostrado

Segundo Huang *et al.* (2008) e Arora *et al.* (2008) altas concentrações de MPT em água de irrigação representam risco para saúde dos consumidores que vão se alimentar das hortaliças irrigadas em áreas contaminadas, sendo a água e a alimentação os principais meios de obtenção de nutrientes, bem como, a maior via de exposição a vários MPT. Além disso o trabalho de Arora *et al.* (2008) comprova que a absorção de metais por plantas irrigadas com água contaminada é maior.

Os resultados das análises bacteriológicas são caracterizados pela presença de coliformes fecais e totais em praticamente todas as amostras de água coletadas (Figura 4), constando ausência de coliformes fecais (*Escherichia coli*) apenas em águas de alguns poços.

Assim, 89,3% das águas dos três corpos hídricos, da Comunidade Nova Esperança, utilizadas na irrigação são consideradas impróprias para uso na cultura de hortaliças, pois a presença de coliformes fecais (*Escherichia coli*), segundo o Ministério da Saúde implica em perda de um padrão microbiológico, violando a Portaria N° 2.914/2011 que regulamenta ausência em 100 mL de água.

O teste t-pareado realizado entre os corpos hídricos confirma que não há diferenças significativas de contaminação entre poço, cacimba e igarapé, cujos resultados são:  $p = 0,363, 0,098$  e  $0,109$ . Assim apesar de óbvia a recomendação de se procurar estabelecer associação entre água contaminada e a ocorrência de agravos na população, uma vez que é muito bem

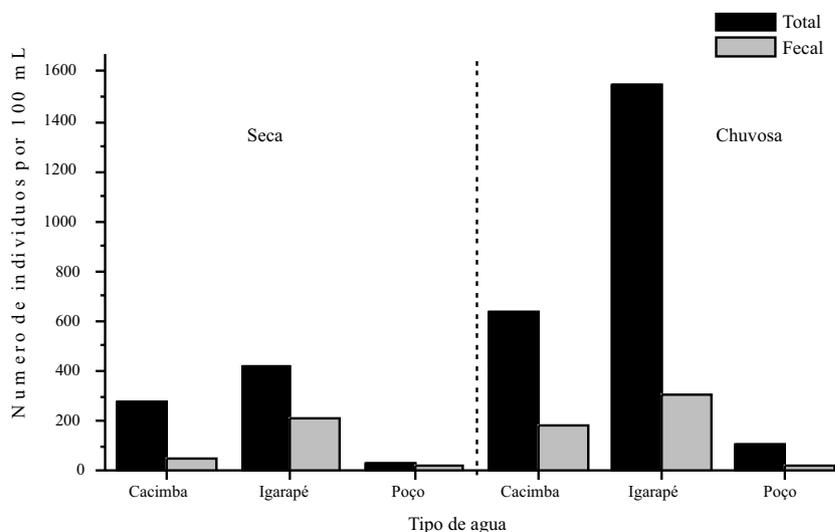


Figura 4 - Coliformes fecal e total em igarapé, poço e cacimba das águas de irrigação da comunidade Nova Esperança.

reconhecida a relação causal entre água contaminada e doenças, os três corpos hídricos estudados disseminam por toda a região, contaminação bacteriológica, não podendo ser desconsiderado os processos naturais de transporte de água.

Os resultados preocupam em virtude de estudos como de Fonseca *et al.* (2011); Ndiaye *et al.* (2011) e Rosas *et al.* (2012), mostrarem a entrada de *Escherichia coli* na cadeia alimentar, via hortaliças irrigadas com água contaminada, associado à falta de padrão sanitário em decorrência do manuseio, transporte e pós-colheita das hortaliças. Essa prática aumenta significativamente os valores de coliformes nas hortaliças folhosas como alface e coentro, consumidas cruas.

A Figura 4 mostra um aumento significativo na dispersão das quantidades de coliformes totais e fecais do período seco para o chuvoso na água da cacimba e igarapé. Para as amostras coletadas no poço, observa-se o inverso; ou seja, do período seco para o chuvoso ocorreu uma redução. Apesar dessa dispersão o teste de t-pareado indica que não há diferença significativa no poço ( $p = 0,35$ ) e igarapé ( $p = 0,08$ ) de um período para outro no nível de contaminação bacteriológica. Por outro lado, a água da cacimba tem seu nível de contaminação diferenciado do período seco para o chuvoso ( $p = 0,003$ ).

No caso dos igarapés a falta de saneamento básico explica a alta diferença e dispersão dos dados, por se tratar de contaminação direta. Entretanto, os valores máximos e mínimos relativos às cacimbas e poços são estreitos, demonstrando a baixa dispersão dos valores de coliformes fecais e totais. No período das chuvas, com o aumento do volume de água, o contato direto entre as águas de cacimba e igarapé, causa um aumento na contaminação das cacimbas, em virtude da alta contaminação das águas dos igarapés por fatores como lixo, lixiviação entre outras, explicando o resultado do teste t-pareado. No caso dos poços o resultado confirma a contaminação das águas subterrâneas.

## Conclusões

As concentrações de MPT, nas águas de irrigação da Comunidade Nova Esperança, estão acima do recomendado pelo CONAMA em todos os corpos hídricos estudados, independente do período sazonal (seco ou chuvoso), com destaque para a detecção de cádmio e pontualmente chumbo, metais extremamente tóxicos sendo que apenas Cu e Zn apresentaram níveis conforme o recomendado pelo Ministério da Saúde;

Há contaminação bacteriológica em todo manancial, devido à presença de coliformes totais e fecais

(*Escherichia coli*) nas águas subterrâneas dos poços artesianos, cacimbas e com contaminação acentuada nas águas de igarapé;

Os resultados obtidos demonstram que a água dos três corpos hídricos, usada para a irrigação de hortaliças e consumo na Comunidade Nova Esperança é imprópria.

## Agradecimentos

Os autores agradecem aos seguintes órgãos financiadores: CNPq, CAPES e FAPEAM pela concessão da bolsa de doutorado, bem como suporte financeiro para as medidas de absorção atômica e ao CPRH/INPA pelo apoio de infraestrutura.

## Literatura científica citada

AHMAD, J. U.; GONI, A. Heavy metal contamination in water, soil, and vegetables of the industrial areas in Dhaka, Bangladesh. **Environmental Monitoring Assessment**, v.166, p.347-357, 2010.

ANA - Agência Nacional de Águas – Notícias – Disponível em <[www.ana.gov.br](http://www.ana.gov.br)>. Acesso: em 20 de Junho de 2012.

APHA - AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION - American Water Work Association – AWWA; Water Pollution Control Federation – WPCF. **Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater**, 14 ed., New York. 1268p, 1985.

ARORA, M.; KIRAN, B.; RANI, S.; RANI, A.; KAUR, B.; MITTAL, N. Heavy metal accumulation in vegetables irrigated with water from different sources. **Food Chemistry**, v.111, p.811-815, 2008.

ARSAM - Agência Reguladora dos Serviços Públicos do Estado do Amazonas - Notícias. Disponível em <[www.arsam.am.gov.br](http://www.arsam.am.gov.br)>. Acesso em: 09 de Outubro de 2012.

AZEVEDO, F. A. de; CHASIN, A. A. da M. **Metais – Gerenciamento da Toxicidade**. Editora Atheneu – InterTox, 2003. 554p.

BHARGAVA, A.; CARMONA, F. F.; BHARGAVA, M.; SRIVASTAVA, S. Review - Approaches for enhanced phytoextraction of heavy metals. **Journal of Environmental Management**, v.105, p.103-120, 2012.

BRASIL, **Resolução n. 357 de 17 de março de 2005**. Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e da outras providências. CONAMA - Conselho Nacional do Meio Ambiente.

BRASIL. **PORTARIA N.º 2.914, de 12 de Dezembro de 2011**. Dispõe sobre os procedimentos de controle e de vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade, MS - Ministério da Saúde.

- CHEN, G. C.; HE, Z. L.; STOFELLA, P. J.; YANG, S. Y.; YANG, J. Y.; CALVERT, D. V.; Leaching potential of heavy metals (Cd, Ni, Pb, Cu and Zn) from acidic sandy soil amended with dolomite phosphate rock (DPR) fertilizers. **Journal of Trace Elements in Medicine and Biology**, v. 20, p. 127-133, 2006.
- CRAUN, G. F.; BRUNKARD, J. M.; YODER, J. S.; ROBERTS, V. A.; CARPENTER, J.; WADE, T.; CADERON, R. L.; ROBERTS, J. M.; BEACH, M. J.; ROY, S. L. Causes of Outbreaks Associated with Drinking Water in the United States from 1971 to 2006. **Clinical Microbiology Reviews**, v. 23, n. 3, p. 507-528, 2010.
- FONSECA, J. M.; FALLON, S. D.; SANCHEZ, C. A.; NOLTE, K. D. Escherichia coli survival in lettuce fields following its introduction through different irrigation systems. **Journal of Applied Microbiology**, v. 110, p. 893-902, 2011.
- GÁRCIA, E. G.; ANDREU, V.; BOLUDA, R. Heavy metals incidence in the application of inorganic fertilizers and pesticides to rice farming soils. **Environmental Pollution**, v. 92, n. 1, p. 19-25, 1996.
- GRIFFITHS, C.; KLEMICK, H.; MASSEY, M.; MOORE, C.; NEWBOLD, S.; SIMPSON, D.; WALSH, P.; WHEELER, W. Policy Monitor U.S. Environmental Protection Agency Valuation of Surface Water Quality Improvements. **Review of Environmental Economics and Policy**, v. 6, n. 1, p. 130-146, 2012.
- GULER, C.; KURT, M. A.; ALPASLAN, M.; AKBULUT, C. Assessment of the impact of anthropogenic activities on the groundwater hydrology and chemistry in Tarsus coastal plain (Mersin, SE Turkey) using fuzzy clustering, multivariate statistics and GIS techniques. **Journal of Hydrology**, v. 414-415, p. 435-451, 2012.
- GUPTA, N.; KHAN, H. D. K.; SANTRA, S. C. Heavy metal accumulation in vegetables grown in a long-term wastewater-irrigated agricultural land of tropical India. **Environment Monitorament Assessment**, 2011, 10p.
- HANI, A.; PAZIRA, E. Heavy metals assessment and identification of their sources in agricultural soils of Southern Tehran, Iran. **Environment Monitorament Assessment**, v. 176, p. 677-691, 2011.
- HUONG, N. T. L.; OHTSUBO, M.; LI, L.; HIGASHI, T.; KANAYAMA, M. Assessment of the water quality of two Rivers in Hanoi City and its suitability for irrigation water. **Paddy Water Environmental**, v. 6, p. 257-262, 2008.
- LIN, Y.; WENG, C.; LEE, S. Spatial Distribution of heavy metals in contaminated agricultural soils exemplified by Cr, Cu, and Zn. **Journal of Environmental Engineering**, v. 3, p. 298-306, 2012.
- NDIAYE, M. L.; NIANG, S.; PFEIFER, H. R.; PEDUZZI, R.; TONOLLA, M.; DIENG Y. Effect of irrigation water and processing on the microbial quality of lettuces produced and sold on markets in dakar (Senegal). **Irrigation and Drainage**, v. 60, p. 509-517, 2011.
- ROCHA, L. C. R. da; HORBE, A. M. C. Contaminação provocada por um depósito de lixo no aquífero Alter do Chão em Manaus - AM. **Acta Amazônica**, v. 36, n. 3, p.307 - 312, 2006.
- ROSAS, J. C.; CORTÉS, J. F. C.; REYES, E. M.; HERNANDEZ, D. L.; ALDAPA, C. A. G.; GARCIA, T. E. Presence of faecal coliforms, Escherichia coli and diarrheagenic E. coli pathotypes in ready-to-eat salads, from an area where crops are irrigated with untreated sewage water. **International Journal of Food Microbiology**, v. 156, p.176-180, 2012.
- SANTANA, G. P.; BARRONCAS, P. de S. R. Estudo de metais pesados (Co, Cu, Fe, Cr, Ni, Mn, Pb e Zn) na Bacia do Tarumã-Açu Manaus – (AM). **Acta Amazônica**, v. 37, n. 1, p.111 – 118, 2007.
- (SiBCS) - Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. 2ª. Edição, Embrapa Solos, 2005, 374p.
- SOUDEK, P.; KOTYZA, J.; LENIKUSOVÁ, I.; PETROVÁ, S.; BENESOVÁ, D.; VANEK, T. Accumulation of heavy metals in hydroponically cultivated garlic (*Allium sativum* L.), onion (*Allium cepa* L.), leek (*Allium porrum* L.) and chive (*Allium schoenoprasum* L.). **Journal of Food, Agriculture & Environment**, v. 7, n. 3-4, p.761-769, 2009.
- TIWARI, K. K.; SINGH, N. K.; PATEL, M. P.; TIWARI, M. R.; RAI, U. N. Metal contamination of soil and translocation in vegetables growing under industrial wastewater irrigated agricultural field of Vadodara, Gujarat, India. **Ecotoxicology and Environmental Safety**, v. 74, p. 1670-1677, 2011.
- VERKLEIJ, J. A. C.; GOLAN-GOLDHIRSHB, A.; ANTOSIEWISZC, D. M.; SCHWITZGUÉBEL, J. P.; SCHRÖDERE, P. Dualities in plant tolerance to pollutants and their uptake and translocation to the upper plant parts. **Environmental and Experimental Botany**, v. 67, p. 10-22, 2009.
- ZHENG, N.; WANG, Q.; ZHENG, D. Health risk of Hg, Pb, Cd, Zn, and Cu to the inhabitants around Huludao Zinc Plant in China via consumption of vegetables. **Science of the Total Environment**, v. 383, p. 81-89, 2007.
- ZHUANG, P.; MCBRIDE, M. B.; XIAA, H.; LIA, N.; LIA, Z. Health risk from heavy metals via consumption of food crops in the vicinity of Dabaoshan mine, South China. **Science of the total Environment**, v. 407, p. 1551-1561, 2009.