

II-076 – ANÁLISE DE RISCOS AMBIENTAIS DE UMA ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ESGOTOS DE ÁGUAS CINZA (ETAC) EM UM PRÉDIO RESIDENCIAL

Rosane Hein de Campos⁽¹⁾

Engenheira Civil - UCPel. Pós-graduada em Enga de Segurança do Trabalho- UCPel. Doutora em Engenharia Ambiental- UFSC. Professora Titular do Centro Universitário São Camilo- ES.

Laila De Oliveira Vaz⁽²⁾

Bióloga - UFES (2004).Doutoranda em engenharia Ambiental; Mestre em Engenharia Ambiental pela Universidade Federal do Espírito Santo – UFES (2009). Doutoranda em Engenharia Ambiental pela Universidade Federal do Espírito Santo – UFES. laila.vaz@gmail.com.

Ricardo Franci Gonçalves⁽³⁾

Engenheiro Civil e Sanitarista - UERJ (1984), pós-graduado em Engenharia de Saúde Pública - ENSP/RJ (1985), DEA Ciências do Meio Ambiente - Universidade Paris XII, ENGREF, ENPC, Paris (1990), Doutor em Engenharia do Tratamento e Depuração de Águas - INSA de Toulouse, França (1993), Prof. Adjunto do DEA e do Programa de Pós Graduação em Engenharia Ambiental - UFES

Endereço⁽¹⁾: Av. Estudante José Júlio de Souza, 1600,apto 604 – Praia de Itaparica - Vila Velha - ES - CEP: 29102-010-. Brasil - Tel: [\(27\) 3389-7097](tel:557133897097) - e-mail: rosanehein@gmail.com

RESUMO

O objetivo deste trabalho foi realizar uma análise de riscos ambientais de uma Estação de Tratamento de Águas Cinzas (ETAC) em um prédio residencial, utilizando a análise qualitativa, através da elaboração de um Mapa de Riscos Ambientais e a análise quantitativa do risco microbiológico do efluente gerado, envolvido nas diferentes etapas de tratamento da ETAC. A análise qualitativa, o Mapa de Riscos Ambientais permitiu fazer um diagnóstico da situação da segurança e saúde, verificando-se que a maior intensidade do risco, foi atribuída aos Riscos Biológicos e intensidade pequena aos Riscos Químicos e Ergonômicos. Quanto aos riscos microbiológicos, concluiu-se que a operação correta da ETAC influencia na existência ou não do fator risco microbiológico.

PALAVRAS-CHAVE: Água cinza, risco ambiental, risco microbiológico.

INTRODUÇÃO

Qualquer atividade de reúso da água implica em considerações relativas à proteção da saúde. Para Jordão (2006), nos casos de reúso de maior porte uma análise de riscos pode ser aplicada, a fim de avaliar os riscos envolvidos. Mais do que uma simples análise de riscos, planos de segurança podem ser desenvolvidos, no sentido de se acompanhar e gerenciar as atividades de reúso sob a ótica de minimização de riscos.

Os riscos ambientais são aqueles causados por agentes físicos, químicos ou biológicos que, presentes no ambiente de trabalho, são capazes de causar danos à saúde do trabalhador, em função da natureza, concentração, intensidade ou tempo de exposição. Podem ser representados através de um mapa de riscos, cujo objetivo é o de reunir informações necessárias para estabelecer o diagnóstico da situação de segurança e saúde no trabalho, possibilitando, durante sua elaboração, a troca e divulgação de informações entre os envolvidos, bem como, estimular sua participação nas atividades de prevenção.

A utilização de esgotos sanitários constituiu um risco potencial, porém a “passagem” risco potencial ao risco real depende da combinação de uma série de fatores relativos ao agente transmissor da doença, ao tempo e intensidade da exposição a esse agente e a condição de saúde da população exposta (BASTOS, 2006).

Para que um organismo patogênico presente em um efluente chegue a provocar doença, o mesmo teria que: (1) resistir aos processos de tratamento de esgotos; (2) sobreviver no ambiente em número suficiente, ou se multiplicar no meio ambiente e atingir a dose infectante, para infectar um indivíduo suscetível com quem venha a ter contato (favorecido ou não pelo tipo de exposição); (3) a infecção resultar em doença ou transmissão posterior (casos secundários) (BASTOS, 2006)

O objetivo deste trabalho foi realizar uma análise de riscos ambientais de uma Estação de Tratamento de Águas Cinzas (ETAC) em um prédio residencial, utilizando a análise qualitativa, através da elaboração de um Mapa de Riscos Ambientais e a análise quantitativa do risco microbiológico do efluente gerado, envolvido nas diferentes etapas de tratamento da ETAC.

METODOLOGIA

A pesquisa foi desenvolvida em um edifício residencial de alto padrão, onde se encontra construída a Estação de Tratamento de Águas Cinza (ETAC) e o sistema de reuso, localizada na cidade de Vitória - ES. A edificação foi construída com 20 pavimentos, totalizando 8.427,03 m² de área de construção.

A Estação de Tratamento de Águas Cinza (ETAC) localiza-se no pavimento técnico e era composta por um Reator Anaeróbio Compartimentado (RAC) de três câmaras (RAC1, RAC2 e RAC3), Filtro Biológico Aerado Submerso (FBAS), Decantador (DEC), Tanque de Equalização de Vazão (TQE), Filtro Terciário (FT) e um reservatório inferior de água de reuso com Cloração (CLOR). A água cinza entrava pela parte superior do primeiro compartimento do RAC e era encaminhada por meio de tubulação vertical até 10 cm do fundo, fluxo ascendente, até a parte superior da segunda câmara. O efluente seguia para as demais câmaras da mesma forma.

A vazão de alimentação variava de acordo com os usos dos lavatórios e chuveiros dentro do prédio, com uma vazão média de 12 m³.dia⁻¹ e a população atendida média era de 70 pessoas dia⁻¹. Foi utilizado conduítes elétricos corrugados de 1" como material suporte no FBAS, cortados em pedaços de aproximadamente 2 cm e área superficial específica de 202 m².m⁻³.

ANÁLISE DOS RISCOS AMBIENTAIS:

1) *Avaliação Qualitativa:* Para analisar os riscos ambientais qualitativamente, utilizou-se um questionário e entrevista com a colaboração de todos os pesquisadores envolvidos na ETAC. Estes instrumentos serviram como embasamento para a elaboração do Mapa de Riscos Ambientais. O Mapa de Riscos foi construído como base a planta baixa do local de trabalho e os riscos caracterizados graficamente por cores e círculos padronizados, que informam o tipo de gravidade do risco em um ambiente de trabalho. Os mesmos foram desenhados na planta baixa. Os tipos de riscos e a representação de sua gravidade são apresentados nas Tabelas 1 e 2. As principais etapas de elaboração do Mapa de Riscos são:

- Conhecer o processo de trabalho no local analisado.
- Identificar os riscos ambientais existentes no local.
- Estabelecer as medidas de controle existentes e sua eficácia.
- Identificar os indicadores de saúde.
- Verificar os levantamentos ambientais já realizados no local.
- Elaborar o Mapa de Riscos, sobre a planta baixa ou croqui do ambiente de trabalho, indicando os tipos de riscos por meio de círculos.

Tabela 1 – Tipos de Riscos Ambientais baseados nos Agentes Ambientais Ocupacionais. Fonte: Lei 6.514/77

TIPO DE RISCO	Químico	Físico	Biológico	Ergonômico	Mecânico ou Acidente
COR	Vermelho	Verde	Marrom	Amarelo	Azul
Agentes Causadores	Fumos metálicos e vapores	Ruído e/ou som muito alto	Microorganismos (virus, bactérias, protozoários)	Má postura do corpo em relação ao posto de trabalho	Equipamentos inadequados, defeituosos ou inexistentes
	Gases asfixiantes: H, He, N e CO ₂	Oscilações e vibrações mecânicas	Lixo hospitalar, doméstico e de animais	Trabalho estafante e/ou excessivo	Máquinas e equipamentos sem proteção e/ou manutenção
	Pinturas e névoas em geral	Ar rarefeito e/ou vácuo	Esgoto, sujeira, dejetos	Falta de orientação e treinamento	Risco de queda de nível, lesões por impacto de objetos
	Solventes (em especial os voláteis)	Pressões elevadas	Objetos contaminados	Jornada dupla e/ou trabalho sem pausas	Mau planejamento do layout e/ou espaço físico
	Ácidos, bases, sais, álcoois, éters, etc.	Frio e/ou calor e radiação	Contágio pelo ar e/ou insetos	Movimentos repetitivos	Cargas e transportes em geral
	Reações químicas	Picadas de animais (cães, insetos, répteis, roedores, aracnídeos, etc.)	Lixo em geral, fezes e urina de animais, contaminação do solo e água	Equipamentos inadequados e não ergonômicos	Risco de fogo, detonação de explosivos, quedas de objetos
	Ingestão de produtos durante pipetagem	Aerodispersóides no ambiente (poeiras de vegetais e minerais)	Alergias, intoxicações e queimaduras causadas por vegetais	Fatores psicológicos (não gosta do trabalho, pressão do chefe, etc.)	Risco de choque elétrico (corrente contínua e alternada)

Tabela 2 – Representação da Gravidade dos Riscos

Símbolo	Proporção	Tipos de Riscos
	4	Grande
	2	Médio
	1	Pequeno

MONITORAMENTO MICROBIOLÓGICO DA ETAC

O monitoramento das características biológicas da água cinza foi realizado com base nos parâmetros coliformes totais, *E.coli*, *Salmonella* spp., ovos de helmintos, cistos de *Giardia* sp. e oocistos de *Cryptosporidium* spp.. Amostras foram coletadas semanalmente em frascos estéreis na entrada e na saída de cada etapa de tratamento que compõe o conjunto: água cinza bruta / RAC / FBAS /Decantador/Tanque 6/ FT / Clorador. Para a realização dos testes de Coliformes totais e *E.coli* foi utilizada a metodologia de substrato cromo-fluorogênico conforme Standard Methods (APHA, 2005). O meio comercial utilizado foi o Colilert. A detecção de salmonela foi realizada através da técnica proposta pela CETESB (L5. 218 nov/93). As amostras foram cultivadas em meio seletivo selenito com o antibiótico novobiocina a 42°C e Rappaport a 35°C por 24h, seguido por cultura em meio sólido XLD a 37°C por mais 24h. Com base nas características fenotípicas das colônias crescidas em meio XLD, foram retiradas algumas colônias para identificação bioquímica utilizando caldo peptonado, agar TSI e agar fenilalanina e sorologia (soro flagelar e somático). A detecção de ovos de helmintos foi realizada segundo a técnica de Zerbini & Chernicharo (2001), adaptada para efluentes. A concentração de cistos de *Giardia* sp. e oocistos de *Cryptosporidium* spp. foi realizada segundo a técnica de floculação e precipitação por

carbonato de cálcio segundo Vesey et al.(1993), identificados e quantificados por imunofluorescência direta, utilizando o kit Merifluor para detecção de *Cryptosporidium* /*Giardia* e contagem segundo Palmateer et al.(1996).

TESTE COMPARATIVO DA QUALITATIVA DA ÁGUA DO SELO HÍDRICO COM REÚSO E SEM REÚSO

O teste de comparação qualitativa da água do selo hídrico com reúso e sem reúso foi feito para comparar a qualidade da água em ambos os casos e dar subsídio para o uso da água de reúso em descarga sanitária. Foram realizadas 20 coletas em frasco estéril do selo hídrico do vaso sanitário abastecido com água de reúso e 25 coletas em frasco estéril do selo hídrico do vaso sanitário abastecido com água da concessionária. A densidade de *E.coli* foi utilizada como parâmetro de comparação de contaminação fecal. Para a realização dos testes de Coliformes totais e *E.coli* foi utilizada a metodologia de substrato cromo-fluorogênico conforme Standard Methods (APHA, 2005). O meio comercial utilizado será o Colilert.

AVALIAÇÃO DO RECRESCIMENTO DE *E.COLI* NA ÁGUA DE REÚSO

Para garantir que não ocorreu recrescimento de *E.coli* foram realizados 3 testes. Foram coletadas amostras em frascos estéreis do reservatório inferior de água de reúso e do selo hídrico do vaso sanitário abastecido com água de reúso.

Foi avaliado o recrescimento de *E.coli* durante 10 dias. Para a realização dos testes de Coliformes totais e *E.coli* foi utilizada a metodologia de substrato cromo-fluorogênico conforme Standard Methods (APHA, 2005). O meio comercial utilizado será o Colilert.

AVALIAÇÃO QUANTITATIVA DO RISCO MICROBIOLÓGICO (AQRM)

IDENTIFICAÇÃO DO FATOR DE RISCO

A estrutura para AQRM envolve quatro etapas preliminares: identificação do perigo, avaliação da exposição, avaliação da relação dose-resposta, caracterização do risco. Nessa pesquisa foram utilizados como referência *E.coli*. As potenciais vias de exposição a agentes patogênicos são: 1) inalação dos aerossóis de água cinza contendo agentes patogênicos nas diferentes etapas do tratamento, 2) inalação dos aerossóis de água de reúso contendo agentes patogênicos no momento da descarga do vaso sanitário.

ANÁLISE DE EXPOSIÇÃO

Para o uso pretendido, descarga em vaso sanitário, a exposição fica caracterizada pelo volume e pela frequência de uso. Foi levado em consideração uma distribuição triangular do volume com mínimo, moda e máximo de 0.01, 0.1e 0.5ml respectivamente, de acordo com a proposta de (ASHBOLT,2005). Para frequência de uso, foi utilizada uma distribuição normal com média de 1460 uso/ano e desvio padrão de 100 usos/ano recomendado pelo mesmo autor.

A dose ingerida em cada exposição é calculada de acordo com a equação 1:
$$\text{dose} = \text{densidade na água cinza (NMP/ml)} \times \text{volume ingerido (equação 1)}$$

CARACTERIZAÇÃO DO RISCO

Para a caracterização do risco foi utilizada uma modelagem estocástica em que cada variável é descrita conforme uma particular distribuição de probabilidade, no caso aqui uma distribuição lognormal. Desse modo, foram geradas séries de 10mil valores através do teste de Monte Carlo para cada ponto da ETAC analisado, utilizando-se o pacote estatístico R versão 2.6.8.

O cálculo do risco seguiu os seguintes passos:

- 1- Análise laboratorial para encontrar as densidades de *E.coli*;
- 2- Cálculo do logaritmo das densidades de *E.coli*;
- 3- Cálculo da média e desvio padrão do log das densidades de *E.coli*;
- 4- Geração das 10mil densidades de *E.coli* para cada ponto analisado através do teste de Monte Carlo;
- 5- Geração da rotina para cálculo do risco e plotagem dos gráficos no programa R (anexo B).

O risco anual fica caracterizado pela equação 2 descrita por HASS (1999):

$$PI_{(A)}(d) = 1 - [1 - PI(d)]^n \quad (\text{equação 2})$$

Onde:

PI (A) = Probabilidade anual de infecção decorrente de n exposições à mesma dose (d)

N = Número de exposições por ano

O modelo de equação e as relações dose-resposta utilizadas para a avaliação do risco estão apresentados na tabela 3.

Tabela 3: Parâmetros de dose-resposta para *E.coli* utilizado na avaliação de risco




Microrganismos	Modelo	Parâmetros	Referencias
<i>E.coli</i> O157:H7	Beta-Poisson	$\alpha = 0.2099$, DI50 = 1 120	CROCKETT et al, (1996)

RESULTADOS E DISCUSSÕES

AVALIAÇÃO QUALITATIVA:

A Tabela 3 apresenta o Relatório de Análise de Riscos Ambientais da Estação de Tratamento de Águas Cinza (ETAC), com o grupo de risco, a fonte causadora do mesmo e a intensidade do risco.

Tabela 3 – Relatório de Análise de Riscos da ETAC.

Grupo de Risco	Fonte	Intensidade do Risco
1. Riscos Biológicos Amostras biológicas Odores Gerados Aerossóis formados	Reatores (ETAC) Coleta de amostras Análises biológicas	
2. Riscos Químicos Sólido	Cloro Ativo	
3. Riscos Ergonômicos Posturas do Trabalho Estresse	Reatores (ETAC)	

Verifica-se pela Tabela 3, que a maior intensidade do risco foi atribuída aos Riscos Biológicos. Devido as suas características e o ambiente de trabalho em questão, os contaminantes biológicos que causam danos à saúde dos trabalhadores, são encontrados na forma de aerossóis formados por gotículas que contenham os microrganismos em condições de umidade adequadas para sua sobrevivência, bem como, pela manipulação de amostras líquidas. As vias de ingresso dos agentes biológicos são: respiratória, percutânea, digestiva e parenteral. Várias doenças podem ser causadas pela contaminação de agentes biológicos.

Desta maneira, tornou-se imprescindível verificar a concentração dos agentes microbianos na água cinza, pelo efluente gerado na ETAC, através de análise quantitativa do risco microbiológico. Vale frisar, que a água cinza é utilizada para regar jardins, descarga do vaso sanitário e lavagem de pisos. Portanto, os funcionários e os habitantes do prédio em questão, estão expostos à água de reuso, ou seja, aos agentes biológicos.

ANÁLISE QUANTITATIVA:

A estatística descritiva do monitoramento microbiológico da ETAC está apresentada na tabela 4.

Tabela 04: Monitoramento microbiológico da ETAC

Parâmetro	Ponto	N	Média	Mediana	Máx	Min	DP
Coliforme total (NMP/100mL)	AC bruta	20	4,36E+03	2,60E+02	3,16E+07	2,60E+02	1,15E+07
	RAC 3	20	1,25E+04	2,42E+03	3,16E+07	2,60E+02	1,16E+07
	FBAS	20	8,29E+03	2,42E+03	1,00E+07	1,46E+02	3,66E+06
	DEC	20	8,95E+03	2,42E+03	1,00E+07	2,60E+02	3,77E+06
	TQE	20	1,06E+04	2,42E+03	1,00E+08	2,60E+02	3,66E+07
	FT	20	6,25E+03	2,42E+03	1,00E+07	2,60E+02	3,66E+06
	CLOR	20	3,29E+02	2,42E+03	2,42E+03	9,00E-01	1,13E+03
<i>E. coli</i> (NMP/100mL)	AC bruta	20	4,24E+00	5,75E+00	1,00E+02	5,00E-01	3,52E+01
	RAC 3	20	4,75E+00	1,21E+03	2,23E+03	0,00E+00	8,78E+02
	FBAS	20	4,67E+00	7,20E+02	1,20E+03	1,00E+00	5,64E+02
	DEC	20	4,28E+00	9,70E+00	1,00E+04	0,00E+00	4,43E+03
	TQE	20	4,18E+00	7,30E+01	1,00E+04	5,00E-01	4,69E+03
	FT	20	3,38E+00	4,10E+00	6,10E+01	0,00E+00	1,48E+01
	CLOR	20	3,88E+00	5,00E-01	1,00E+00	5,00E-01	1,83E-01

Não ocorreu remoção de CT e *E.coli* na ETAC, tornando-se essencial uma etapa de desinfecção ao final do tratamento. Como esperado, a cloração foi eficiente na remoção de CT e *E.coli* (tabela 1). A água de reúso apresentou valores de $3,3 \times 10^2$ NMP/100mL de CT e < 1 NMP/100mL. Valores próximos foram encontrados por Bazzarella (2005) utilizando a mesma tecnologia de tratamento (tabela 2). Ao longo de um ano de monitoramento não foram detectados *Salmonella spp.*, ovos de helmintos, *Cryptosporidium sp* e *Giardia spp.* na água cinza bruta.

Para alguns limites internacionais (EPA, Padrões Canadenses e Australianos) a densidade de CT na água de reúso está acima dos valores estabelecidos. Para outros limites menos rigorosos, como o padrão Alemão e os estabelecidos pela WHO, a densidade de CT na água de reúso é aceita (figura 1A). Entretanto, densidade de *E.coli* na água de reúso é aceita por todos os padrões internacionais citados acima. No Brasil, segundo a norma NBR 13.969/97, que estabelece limites para reúso em descarga de vaso sanitário, a densidade de *E.coli* também se encontra dentro dos padrões estabelecidos (figura 1B).

A densidade de CT e *E.coli* na água do selo hídrico com reúso manteve-se igual à água de reúso no tanque de cloração, indicando que não ocorreu recrescimento na bacia sanitária, sendo o mesmo observado por Bazzarella (2005).

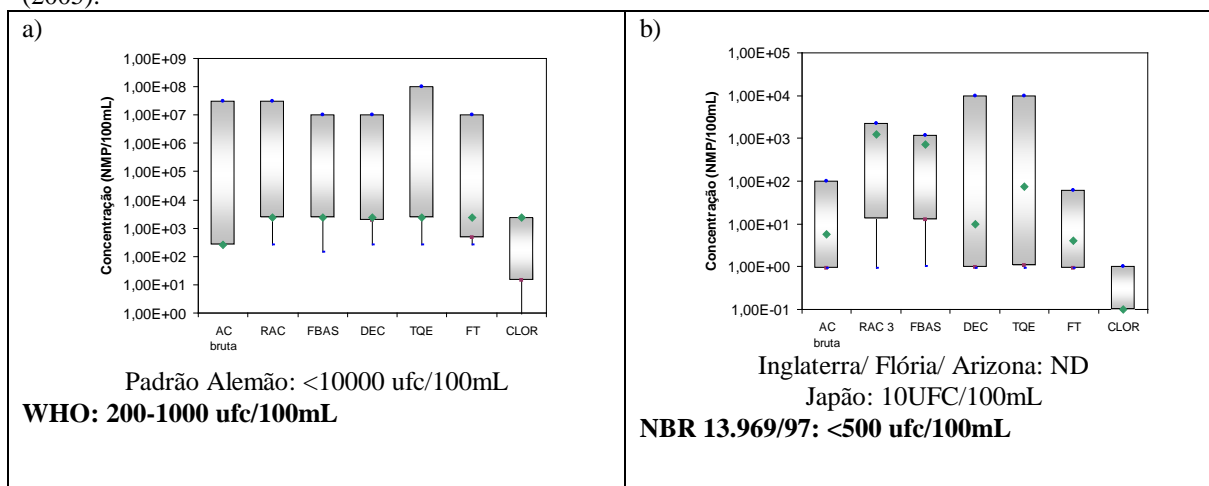


Figura 1: Remoção de Coliformes totais (A) e *E.coli* (B)

Foram realizadas análises na água do selo hídrico de um vaso sanitário abastecido com água potável, com o objetivo de comparar a contaminação com o selo hídrico de um vaso abastecido com água de reúso. Observou-se que a água do selo hídrico abastecido com água potável apresentou em média $1,34 \times 10^1$ NMP/100mL de *E.coli*, mostrando-se mais contaminada que a água do selo hídrico abastecido com água de reúso (figura 2), isso se deve principalmente ao elevado teor de cloro residual na água cinza tratada após a cloração. A concentração de cloro residual encontrada nas duas amostras foi de 0,5mg/L.

A contaminação por coliformes termotolerantes em bacia sanitária já havia sido comprovada por Ornelas (2004), que em seu estudo mostrou que mesmo utilizando água potável nas descargas dos vasos sanitários, é possível encontrar densidade de coliformes termotolerantes na ordem de 10^3 a 10^5 .

Não foi observado o recrescimento de *E.coli* nas amostras do reservatório inferior de cloração e nas amostras do selo hídrico da bacia sanitária com reúso.

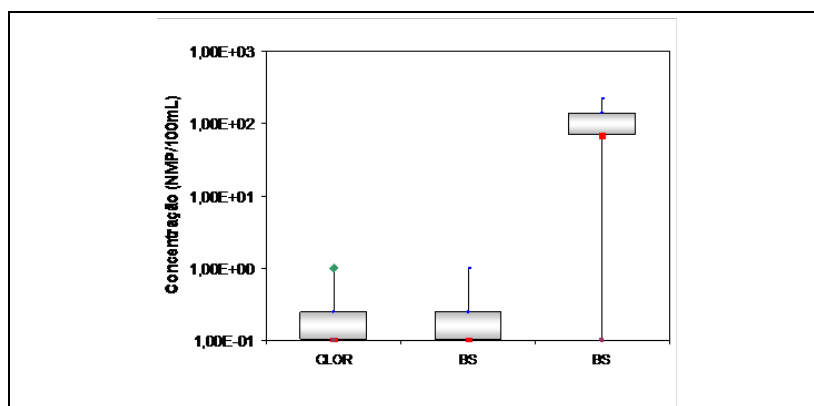


Figura 2: Comparação entre a água do selo hídrico de reúso e potável

De acordo com a metodologia aplicada para AQRM, verificou-se que o risco anual para o cenário de exposição a aerossóis de água cinza no RAC, FBAS, TQE, e FT está acima do risco aceitável de 1 caso de infecção em 1000 para diarreias leves (10^{-3} - valor estabelecido pela WHO) tornando imprescindível o processo de desinfecção.

No reservatório inferior de cloração foi observado um problema operacional durante o tratamento onde no período anterior a troca da pastilha de cloro ocorria recrescimento bacteriano devido à queda do cloro residual elevando a concentração de *E.coli*. Por isso para a água de reúso no CLOR existem dois cenários de exposição ao risco: cenário1) período anterior à troca da pastilha de cloro, onde o cloro residual estava abaixo de 0,5mg/L; cenário 2) período após a troca da pastilha de cloro, onde o cloro residual estava $\geq 0,5$ mg/L.

Além da avaliação do risco nesses dois cenários, é preciso levar em consideração também o limite de detecção da metodologia aplicada para quantificação de *E.coli*. No período em que o cloro residual se mantinha $\geq 0,5$ mg/L na água de reúso não foi detectada a presença de *E.coli*, mas de acordo com a metodologia aplicada para quantificação desse microrganismo, não se pode afirmar que a água de reúso não apresentou contaminação, pois a metodologia não detecta valores menores que 1NMP/100mL de *E.coli*. Mesmo que fosse utilizada a técnica de membrana filtrante para detecção de *E.coli*, também não seria possível a detecção de valores mais baixos, pois, ambas as técnicas não apresentam diferenças estatísticas significativas de detecção. Devido a esse fato, a probabilidade de risco foi calculada levando-se em consideração os dois cenários de exposição e o limite de detecção da técnica de quantificação de *E.coli*. Para isso foi realizada uma curva de risco utilizando o intervalo entre zero e 1NMP/100mL de *E.coli* para a caracterização do risco. O resultado está apresentado no gráfico da figura 3.

A água de reúso apresenta risco mínimo, médio e máximo de zero, 5 probabilidades de infecção em 1000 e 25 probabilidades de infecção em 1000 respectivamente. Foi verificado que em 80% das amostras de água de reúso no CLOR não foi detectado presença *E.coli*. Essas amostras correspondem ao período após a troca da pastilha de cloro (cloro residual $\geq 0,5$ mg/L). Admitindo-se que essas amostras não apresentam contaminação pode-se afirmar que em 80% dos casos a água de reúso apresenta uma PI inferior ao permitido pela OMS. No entanto, no período anterior a troca da pastilha de cloro, onde ocorre a queda de cloro residual, foi detectada uma contaminação de 1NMP/100mL de *E.coli*, que corresponde aos 20% das amostras de água de reúso contaminadas. Nesse caso, a água de reúso apresenta PI de 2 probabilidades de infecção em 100.

O risco máximo ocorre na ingestão diária de 0,5 ml de água de reúso o que resulta na ingestão média de 730ml de água de reúso por ano provocando um risco acima do permitido pela OMS.

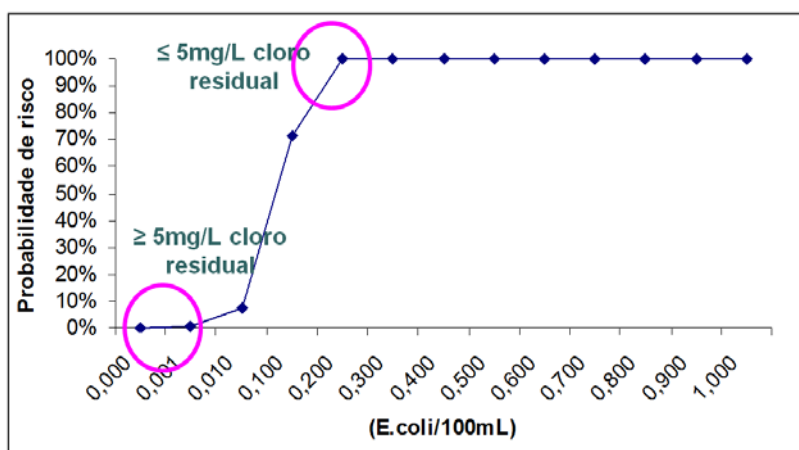


Figura 3: Probabilidade de risco para a água de reúso

A contaminação da água do selo hídrico abastecida com água de reúso apresenta a mesma contaminação da água de reúso no CLOR. Nesse caso, o que foi descrito para a caracterização do risco na água de reúso é válido também para a água do selo hídrico abastecida com água de reúso. Entretanto, o mesmo não ocorre quando se compara o risco entre a água do selo hídrico do vaso sanitário abastecida com água de reúso e a água do selo hídrico do vaso sanitário abastecida com água potável. A figura 4 apresenta o risco anual da água do selo hídrico de um vaso sanitário abastecida com água potável.

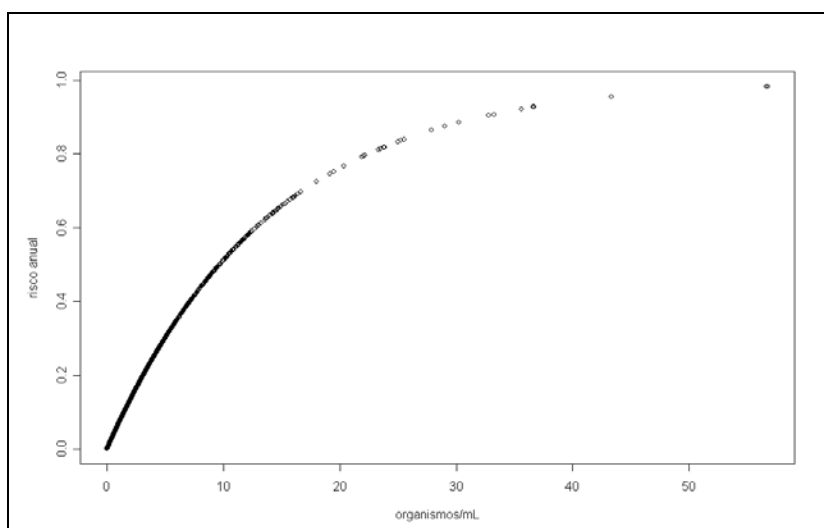


Figura 4: Probabilidade de risco anual no selo hídrico da bacia sanitária abastecida com água potável

O risco médio, levando-se em consideração a média da contaminação das amostras, para o água do selo hídrico é de 0,1, ou seja, 1 caso de infecção em cada 10. O risco existente apresentado pela água do selo hídrico das bacias sanitárias abastecidas com água potável fortalece a discussão que os limites para a qualidade mínima aceitável da água de reúso para uso em bacia sanitária são muito restritivos.

CONCLUSÕES

Pela análise qualitativa, o Mapa de Riscos Ambientais foi uma excelente técnica empregada para levantar o maior número de informações sobre os riscos existentes no ambiente laboral. Permite fazer um diagnóstico da situação da segurança e saúde, com a finalidade de estabelecer medidas preventivas. Verificou-se que a maior intensidade do risco, foi atribuída aos Riscos Biológicos e intensidade pequena aos Riscos Químicos e Ergonômicos.

A água de reúso não oferece risco quando o sistema de desinfecção é bem operado. Quando mal operada a etapa de desinfecção do sistema de tratamento torna-se ponto de inserção de risco à água de reúso;

A contaminação do selo hídrico das bacias sanitárias abastecidas com água potável abre a discussão sobre a qualidade mínima aceitável da água de reúso para o mesmo fim, visto que os limites internacionais são muito restritivos, tornando o tratamento mais custoso.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. HAAS, C. N., ROSE, J. B. & GERBA, C. P. Quantitative Microbial Risk Assessment. John Wiley and Sons Inc., New York. 1999
2. LEI 6.514 DE 22 DE DEZEMBRO DE 1977: Segurança e Medicina do Trabalho. 2006.
3. ASHBOLT, N., RIEDY, C. & HAAS, C. N. Microbial health risk at Sidney's coastal bathing beaches. Proc. 17th federal Convention of AWWA, March, Melbourne. 104-111. 1997.
4. APHA, AWWA, WEF. Standard Methods for Examination of Water and Wastewater. 21 ed. Washigton - DC. APHA, 2005.
5. BASTOS, R.K.X.; BEVILACQUA, P D. Normas e critérios de qualidade para reuso da água. In: SANTOS, M.L.F.; BASTOS, R.K.X.; AISSE, M.M. Tratamento e utilização de esgotos sanitários. 1.ed. Rio de Janeiro: ABES, 2006. cap.2, p.17-61. (PROSAB 4, v.2). Título secundário: Reúso das águas de esgoto sanitário, inclusive desenvolvimento de tecnologias de tratamento para esse fim.
6. BAZZARELLA, B. B. Caracterização e aproveitamento de água cinza para uso não potável em edificações. 2005. 165f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental) – Curso de Pós-Graduação em Engenharia Ambiental, Universidade Federal do Espírito Santo, Vitória, 2005.
7. CETESB/L5.218 Salmonella Isolamento e Identificação - Método de Ensaio. São Paulo, Brasil, 1993.
8. CROCKETT, C. S., HAAS, C. N., FAZIL, A., ROSE, J. B. AND GERBA, C. P. Prevalence of shigellosis in the U.S.: consistency with dose-response information. International Journal of Food Microbiology 30: 87-99. 1996.
9. HAAS, C. N., ROSE, J. B. & GERBA, C. P. Quantitative Microbial Risk Assessment. John Wiley and Sons Inc., New York. 1999.
10. ORNELAS, P. Reúso de água em edifícios públicos: o caso da escola politécnica. 2004. Dissertação (mestrado profissional em gerenciamento e tecnologias ambientais no processo produtivo) – Departamento de engenharia ambiental, Universidade Federal da Bahia, Salvador, 2004.
11. PALMATEER, G.; ALDOM, J.; CHAGLA, A.; BOLESZCZUK,P.; BRODSKY, M.; LANGRIDGE, M. UNGER,S. Field investigation for the detection of Cryptosporidium oocysts and Giardia cysts using a membrane filter dissolution method. In: Proccedings 1996 Annual Conference Water Research, vol. C.
12. VESEY, G.; SLADE, J.S.; BYRNE, M.; SHEPHERD. K; FRICKER, C.R. A new method for the concentration of Cryptosporidium oocysts from water. Journal of Applied Bacteriology, v.75, p.82-86, 1993.
13. WESTRELL, T. Microbial risk assessment and its implications for risk management in urban water systems. Faculdade de Artes e Ciências na Universidade de Linköping, Phd tese, capítulo 3, p. 35, 2004
14. WORLD HEALTH ORGANIZATION, 3rd Drinking Water Guidelines, 2004.
15. ZERBINI, A. M.; CHERNICHARO, C.A Análise da influência de sólidos sedimentáveis na contagem de ovos de helmintos pelo método de Bailenger modificado. In: 21 Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental, 2001, João Pessoa. Anais do 21o. .2001.