

**IV-096 - CARACTERIZAÇÃO DA QUALIDADE DA ÁGUA APÓS PASSAGEM POR TELHADO NO AEROPORTO INTERNACIONAL DE SÃO PAULO (AISP)****Elaine Nolasco Ribeiro⁽¹⁾**

Bióloga pela Universidade Federal do Espírito Santo – UFES (1999). Mestre em Engenharia Ambiental pela Universidade Federal do Espírito Santo – UFES (2002). Doutora em Biotecnologia Industrial pela Universidade de São Paulo – USP (2008). Bolsista de pós-doutorado da CAPES no Programa de Engenharia de Infra-Estrutura do Instituto Tecnológico de Aeronáutica – ITA.

Wilson Cabral de Sousa Júnior⁽¹⁾

Oceanólogo pela Fundação Universidade Federal do Rio Grande – FURG (1996). Mestre em Sensoriamento Remoto pelo Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais – INPE (1999). Doutor em Economia Aplicada pela Universidade Estadual de Campinas (2003) e Phd Sandwich pelo Institute Of Latin American Studies - University of London (2002). Professor adjunto do Instituto Tecnológico de Aeronáutica (ITA).

Marcelo Antunes Nolasco

Biólogo pela Universidade Federal de São Carlos – UFSC (1988). Mestre em Bioengenharia Interunidades pela Universidade de São Paulo – USP (1993). Doutor em Engenharia Hidráulica e Saneamento pela Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo – USP (1998) e Miami University, EUA (Doutorado 'Sandwich', 1995-97). Professor adjunto na Escola de Artes, Ciências e Humanidades da Universidade de São Paulo - USP.

Wilfredo Milquiades Irrazabal Urruchi

Físico pela Universidad Nacional Mayor de San Marcos (1987). Mestre em Física pelo Instituto Tecnológico de Aeronáutica - ITA (1992). Doutor em Física pelo Instituto Tecnológico de Aeronáutica – ITA (1998). Professor titular da Universidade Braz Cubas, assistente da Universidade de Taubaté, fundador do Instituto de Ciências Aplicadas Vale do Paraíba-São Jose dos Campos, SP.

Vinícius de Sousa Almeida

Aluno de graduação do curso de Bacharelado em Gestão Ambiental da Universidade Federal de São Paulo – USP.

Endereço⁽¹⁾: Instituto Tecnológico de Aeronáutica – Div. de Eng. Civil – Lab. de Geomática, sala 2125 – Prç. Marc. Eduardo Gomes, 50 – Vila das Acácias – CEP 12228-900 – São José dos Campos-SP – Brasil – e-mail: enolasco@ita.br; wilson@ita.br, Brasil - Tel: +55 (12) 3947-6880 - Fax: +55 (12) 3947-6970.

RESUMO

Aeroportos de médio e grande porte possuem elevado consumo de água no local onde se encontram instalados. Na busca de fontes alternativas para o suprimento de água onde os meios convencionais de abastecimento têm mostrado restrições, o aproveitamento da água de chuva surge como uma opção viável e atraente pela relativa facilidade de implantação. O presente trabalho analisou a qualidade das águas coletadas após a realização de uma simulação de chuva no telhado e também após um episódio real de chuva no Aeroporto Internacional de São Paulo (Guarulhos), através da realização de análises físico-químicas e microbiológicas das amostras coletadas. No ensaio de simulação de chuva, obteve-se concentração elevada para a maioria dos parâmetros analisados: pH, turbidez, cor aparente, DBO, nitrato, nitrito, fósforo, sólidos totais em suspensão e sólidos totais dissolvidos, óleos e graxas e coliformes totais e termotolerantes, principalmente na primeira amostragem, logo que as águas começaram a escoar pelo telhado. Análises realizadas num episódio real de chuva apresentaram resultados distintos daqueles obtidos no ensaio de simulação. O pH tendeu a neutralidade, turbidez, cor aparente, DBO, nitrato, STD, STS, coliformes totais e termotolerantes apresentaram valores bem inferiores aos observados no ensaio de simulação. Nitrito, P e óleos e graxas não foram nem mesmo detectados. Os resultados sugerem que as águas coletadas em situação real de chuva possuem boa qualidade, após um descarte inicial das primeiras águas escoadas, e poderiam ser utilizadas para fins não potáveis em atividades como: descarga sanitária, rega de áreas verdes, lavagem de piso e veículos. No entanto, mesmo para essas atividades seria necessária a adoção de algum tipo de tratamento para garantir a segurança dos usuários dessas águas.

PALAVRAS-CHAVE: água de chuva, aeroportos, aproveitamento



INTRODUÇÃO

A crescente demanda por mananciais para abastecimento público e industrial, somada a descontrolada ocupação urbana e a degradação dos recursos hídricos, tornando-os impróprios para diversos usos, criaram um problema mundial de escassez de água que poderá comprometer abastecimento das gerações futuras. Mediante este cenário faz-se necessário ações que visem buscar alternativas para garantir o suprimento de água a população, principalmente em locais onde este vem se mostrando comprometido.

Dentre as fontes alternativas está o aproveitamento da água de chuva, isto é, a captação das águas pluviais e sua utilização para fins não potáveis. Coletar a água de chuva pode trazer benefícios como minimizar ou prevenir problemas de abastecimento de águas, reduzir gastos com fornecimento, além de ser uma prática favorável à proteção dos recursos hídricos. A captação das águas de chuva podem ocorrer a partir de vários tipos de estruturas: coberturas de prédios, galpões, residências, ou ainda áreas pavimentadas como estradas, estacionamentos ou pátios em geral, desde que estas propiciem um volume considerável de água a ser captado, o suficiente para justificar o investimento em coletores, reservatório e redes de distribuição. Assim sendo, os aeroportos possuem estruturas ideais para captação de água de chuva, devido às extensas áreas de cobertura, telhados, e de superfícies pavimentadas como pátios de manobra das aeronaves, estacionamentos e pistas.

Conforme a qualidade das águas captadas, elas podem ser utilizadas para reservas de incêndio, descarga em bacias sanitárias, regas de áreas verdes, efeito decorativo, lavagem de ruas e pátios, usos esses compatíveis com águas de qualidade inferior. No entanto, a aplicação das águas para os usos previstos acima, fica condicionada a um padrão mínimo de qualidade que não ofereça risco aos usuários. Em função disso, torna-se necessário o estabelecimento de critérios de qualidade para o aproveitamento da água de chuva e a escolha de um tratamento que permita atender a esses padrões. O presente trabalho teve por objetivo caracterizar a qualidade das águas coletadas após passagem por telhado, e propor o seu aproveitamento para usos não potáveis no do Aeroporto Internacional de São Paulo (AISP). O tema deste trabalho faz parte de um projeto maior, o HIDROAER - Uso Eficiente de Águas em Aeroportos.

METODOLOGIA

O presente estudo foi desenvolvido no Terminal 2 do Aeroporto Internacional de São Paulo, em Guarulhos, Brasil. Esse aeroporto foi inaugurado em 1985 e ocupa uma área de aproximadamente 11.9 milhões de m². Ele foi originalmente concebido para operar com um volume de passageiros de 15 milhões/ano, mas opera atualmente, com 17 milhões/ano. Esse aeroporto é abastecido por nove poços artesianos distribuídos no sítio aeroportuário e possui um consumo anual médio de água em torno de 658.000 m³ por ano (média 2000-2008) (Vitalux, 2006).

O primeiro ensaio a ser realizado foi o de simulação de chuva, sob condições controladas, no telhado. A simulação de chuva foi realizada em julho de 2008, quando se utilizou 5.000 L de água para aspersão de um telhado com área de 54 m², na Central de Gás, Terminal 2 do AISP. A água utilizada para esse ensaio era proveniente de poço e estava livre de cloro. Três amostras de 20 L cada foram coletadas com cinco minutos de intervalo: tempo zero (T0) coletado no início do experimento, tempo cinco (T5) com cinco minutos e tempo 10 com dez minutos após início do experimento. Após a definição das condições de amostragem com a simulação de chuva, realizou-se a amostragem das águas pluviais após escoamento pelo telhado, em um episódio de chuva real. Esse experimento foi realizado em janeiro de 2009, no mesmo local do ensaio de simulação. Foram coletados 20 L de amostras após 25 minutos de chuva. O descarte das primeiras águas teve por objetivo limpar o telhado e obter águas com melhor qualidade. Em ambos os ensaios, logo após a coleta, as amostras foram mantidas sob refrigeração até o início das análises. Uma empresa contratada realizou as análises físico-químicas e microbiológicas das amostras coletadas de acordo com APHA (2005). Os parâmetros analisados e as metodologias empregadas são apresentados na tabela 1.

**Tabela 1: Parâmetros analisados e métodos analíticos empregados nos experimentos.**

PARÂMETROS	TÉCNICA ANALÍTICA	UNIDADE
pH	SMWW 4500H ⁺ A e B	-
Turbidez	SMWW 2130 A e B	UT
Cor aparente	SMWW 2120 A e C	PtCo
Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO)	SMWW 5210 A e B	mg/L
Nitrato	SMWW 4500-NO ₃ A e E	mg/L
Nitrito	SMWW 4500-NO ₂ A e B	mg/L
Fósforo (P)	SMWW 4500P A	mg/L
Sólidos Totais em Suspensão (STS)	SMWW 2540 A, B, C, D, E, F e G	mg/L
Sólidos Totais Dissolvidos (STD)	SMWW 2540 A, B, C, D, E, F e G	mg/L
Óleos e graxas	SMWW 5520-óleos e graxas A e D	mg/L
Coliformes termotolerantes	SMWW 9222 B, D e G	NMP/100 mL
Coliformes totais		NMP/100 mL

RESULTADOS OBTIDOS

As Tabelas 2 e 3 apresentam os resultados das análises físico-químicas e microbiológicas realizadas nos ensaios de simulação de chuva e em condições reais de chuva em telhados, respectivamente.

Tabela 2: Ensaio de simulação de chuva sobre telhado – resultados analíticos dos parâmetros físico-químicos e microbiológicos.

PARÂMETROS	TEMPOS DE AMOSTRAGEM			UNIDADES
	T0	T5	T10	
pH	6,58	6,41	5,89	
Turbidez	280	3,82	20,4	UT
Cor aparente	102,0	16,0	73,0	PtCo
DBO	26	10	10	mg/L
Nitrito	0,03	ND	0,05	mg/L
Nitrato	3,52	1,32	5,28	mg/L
Fósforo	2,48	1,27	1,08	mg/L
STD	63	14	65	mg/L
STS	694	34	86	mg/L
Óleos e graxas	14	12	10	mg/L
Coliformes termotolerantes	3,0x10 ³	Não detectado	2,0x10 ⁴	NMP/100 ml
Coliformes totais	7,0x10 ³	2,5x10 ⁴	1,0x10 ⁵	NMP/100 ml

Tabela 3: Ensaio em condições reais de chuva – resultados analíticos dos parâmetros físico-químicos e microbiológicos.

PARÂMETROS	AMOSTRA COLETADA APÓS 25 MIN. DE CHUVA	UNIDADES
pH	7,44	-
Turbidez	1,92	UT
Cor aparente	21,0	PtCo
DBO	10,0	mg/L
Nitrito	Não detectado	mg/L
Nitrato	0,25	mg/L
Fósforo	Não detectado	mg/L
STD	4,0	mg/L
STS	7,0	mg/L
Óleos e graxas	Não detectado	mg/L
Coliformes termotolerantes	4,7x10 ¹	NMP/100 ml
Coliformes totais	5,4x10 ²	NMP/100 ml



No ensaio de simulação de chuva, os valores de pH encontrados foram ligeiramente ácidos. A neutralidade do pH, observada no ensaio com chuva, é um indicativo de boa proporção entre substâncias ácidas e básicas na atmosfera não ocasionando sua alteração. Jaques (2005) ao avaliar águas de chuva escoadas em telhado de fibroamianto na cidade de Florianópolis, Brasil, também encontrou valores de pH variando entre 6,32-8,0. Tordo (2004) relata que os telhados de fibrocimento têm capacidade de neutralizar os ácidos presentes nas chuvas, maior que outros tipos de coberturas como cerâmica e metálica.

A maioria dos parâmetros encontrados em concentrações elevadas no ensaio de simulação de chuva, pode comprometer o aproveitamento dessas águas para diversos usos, caso não haja tratamento prévio. A turbidez pode conferir às águas um aspecto turvo e comprometer alguns processos de desinfecção como luz ultravioleta e ozonização. No ensaio de simulação de chuva foram observados valores elevados de turbidez no T0, no entanto no ensaio em condições de chuva real, esse valor foi bem reduzido, Tabela 3.

O valor de cor aparente detectado no ensaio de simulação de chuva foi elevado, principalmente se comparado ao ensaio em condições de chuva real. A determinação da cor é um critério importante no aproveitamento das águas de chuva porque interfere no aspecto visual e pode ocasionar rejeição por parte dos usuários.

DBO elevada pode consumir todo o oxigênio dissolvido na água, concentrações elevadas de matéria orgânica são responsáveis por tal situação. A maior concentração observada para este parâmetro foi no ensaio de simulação de chuva, T0, sendo reduzida nos demais tempos, T5 e T10. No ensaio com chuva, a concentração desse parâmetro foi menor.

A presença de nitrito e nitrato em águas indica poluição de origem recente. No presente trabalho, esses dois elementos foram encontrados em concentrações mais elevadas na simulação de chuva, Tabela 2, e em concentrações reduzidas no ensaio de chuva real, Tabela 3, sendo que neste ensaio o nitrito nem foi detectado. Segundo Peace et al. (2006) grandes aeroportos podem afetar significativamente a qualidade do ar no local onde estão inseridos. Nos aeroportos há grande emissão de NO_x devido a queima de combustíveis das aeronaves e de veículos que circulam no seu entorno. O dióxido de nitrogênio (NO_2) é um dos principais poluentes associados à poluição em aeroportos. Melidis et al. (2007), também obtiveram elevadas concentrações de nitrato, e atribuíram a origem desse composto a combustão de combustíveis fósseis.

No ensaio de simulação de chuva, os STD e STS foram observados em concentrações elevadas, Tabela 2. Os STS fornecem transporte para os constituintes e metais pesados, reagem com desinfetantes e reduzem a sua efetividade na desinfecção por ozônio ou luz ultravioleta. Os STD podem ainda reduzir a aplicação da água de reuso para propósitos de irrigação. Chuvas fortes tendem a remover materiais depositados nos telhados ocasionando elevadas concentrações de sólidos nos primeiros minutos de chuva. No ensaio realizado em condições reais de chuva, as concentrações de sólidos foram bem inferiores àquelas observadas no ensaio de simulação, Tabela 2 e 3.

A presença de óleos e graxas foi detectada apenas no ensaio de simulação de chuva no telhado, no outro ensaio, em condição real de chuva, este elemento não foi detectado. Outro elemento de importância para o aproveitamento de águas é o P. A sua presença pode estar associada à poeira e ao limo depositados sobre os telhados, além de fezes de pássaros e pequenos animais (Jaques, 2005). Este elemento só foi encontrado no ensaio de simulação de chuva, ficando ausente no segundo ensaio.

O ensaio de aspersão no telhado, em especial T0, apresentou concentrações mais críticas para a maioria dos parâmetros analisados, principalmente quando comparado às análises de qualidade da água de chuva após escoamento pelo telhado. Tal resultado pode ser atribuído ao fato de que o ensaio de aspersão no telhado ocorreu no período de inverno quando chove pouco e nesse caso especificamente, a cidade de Guarulhos já estava há 24 dias sem chuva, o que favoreceu a deposição de poluentes no telhado. Além disso, o modo como as águas foram lançadas sobre o telhado, sem controle de vazão, ocasionou um arraste desproporcional de sólidos. Valores de turbidez, cor aparente, nitrito, nitrato, STD, STS, coliformes totais e termotolerantes foram bastante elevados no T0 (início da coleta), reduziram no T5 (após 5 min. de escoamento da água) e voltaram a crescer no T10 (após 10 min. de escoamento). Visando minimizar as interferências ocorridas no ensaio de simulação de chuva, determinou-se, para o ensaio de coleta de chuva, o descarte do *first flush* (primeiros 25 minutos de chuva), conforme recomendação de outros autores (Tomaz, 2003; May, 2004; Philippi et al., 2006), com finalidade de se obter uma amostra com melhor qualidade. No entanto, a realização do ensaio em condições reais de chuva ocorreu no verão, quando chove quase todos os dias ocasionando a limpeza da



atmosfera e do telhado, conseqüentemente, as águas coletadas apresentaram boa qualidade e até mesmo ausência de alguns poluentes.

Para que se possa fazer o aproveitamento da água de chuva, deve-se estabelecer os padrões de qualidade a serem atendidos em função dos usos que se pretende fazer da mesma. Portanto, comparando a concentração de alguns elementos com o que é recomendado por legislações, não específicas para reuso, mas que estabelecem padrões de qualidade de águas, pode-se fazer inferências sobre as águas coletadas no AISP e o seu potencial de aproveitamento mesmo sem tratamento.

No aproveitamento das águas de chuva deve-se garantir que estas possuem padrões de qualidade mínimos necessários, para os usos propostos, sem comprometer a saúde dos usuários. Atualmente não há regulamentações no Brasil que governem o aproveitamento das águas de chuva. Em 2005, a Agência Nacional das Águas – ANA, a FIESP – Federação das Indústrias do Estado de São Paulo – FIESP e o Sindicato das Indústrias do Estado de São Paulo – SindusCon-SP, conjugaram esforços reunindo entidades públicas e privadas para elaborar uma publicação com instruções para a implantação de programas de conservação de águas em edificações residenciais, comerciais e industriais. Foi criado então o Manual de Conservação e Reuso das Águas em Edificações, que apresenta exigências mínimas de qualidade da água não-potável, utilizadas para enquadramento das águas em classes de reuso. Ainda de acordo com esse manual, as águas para reuso são alocadas em 4 Classes. No presente trabalho compararam-se os resultados obtidos nos ensaios de simulação de chuva e em condições reais de chuva, com os padrões de qualidade requeridos para águas de classe 1 e 3 definidos pelo referido manual, Tabela 4 e 5 respectivamente. Os usos previstos para as águas da Classe 1 são: descarga de bacias sanitárias, lavagem de pisos e fins ornamentais, lavagem de roupas e veículos. A Classe 3 tem uso previsto para: irrigação de áreas verdes e rega de jardim.

Tabela 4: Comparação dos valores obtidos neste estudo com parâmetros de qualidade da água requeridos pelo Manual de Conservação e Reuso (2005).

PARÂMETROS	ENSAIO SIMULAÇÃO DE CHUVA			ENSAIO CHUVA REAL	ÁGUA CLASSE 1
	T0	T5	T10		
pH	6.58	6.41	5.89	7,44	6,0 a 9,0
Turbidez (UT)	280	3.82	20.4	1,92	< 2,0
Cor aparente (Pt-Co)	102.0	16.0	73.0	21,0	≤ 10 (UH)
DBO (mg/L)	26	10	10	10,0	≤ 10
Nitrogênio Amoniacal (mg/L)	-	-	-	Não detectado	≤ 20
Nitrato (mg/L)	3.52	1.32	5.28	0,25	< 10
Nitrito (mg/L)	0,03	ND	0,05	Não detectado	≤ 1
Fósforo (mg/L)	2,48	1,27	1,08	4,0	≤ 0,1
STS (mg/L)	694	34	86	7,0	≤ 5
STD (mg/L)	63	14	65	Não detectado	≤ 500
Coliformes termotolerantes (NMP/100 mL)	3,0x10 ³	Não detectado	2,0x10 ⁴	4,7x10 ¹	Não detectável
Coliformes fecais (NMP/100mL)	7,0x10 ³	2,5x10 ⁴	1,0x10 ⁵	5,4x10 ²	Não detectável

Legenda: Classe 1: águas para descarga de bacia sanitária, lavagem de piso, fins ornamentais, lavagem de roupas e veículos. Valores destacados em amarelo encontram-se em desacordo com aqueles requeridos pelo Manual de Conservação e Reuso (2005).



Tabela 5: Comparação dos valores obtidos neste estudo com parâmetros de qualidade da água requeridos pelo Manual de Conservação e Reuso (2005).

PARÂMETROS			ÁGUA CLASSE 2	ENSAIO SIMULAÇÃO DE CHUVA			ENSAIO CHUVA REAL
				T0	T5	T10	
pH			6,0-9,0	6.58	6.41	5.89	7,44
Turbidez (UT)			< 5	280	3.82	20.4	1,92
Salinidade			0,7 < EC(dS/m) <100 450 <SDT(mg/L) <1500				
Cor aparente (Pt-Co)			<30 (UH)	102.0	16.0	73.0	21,0
Toxicidade por íons específicos	Para irrigação superficial	Sódio (SAR)	6,0-9,0				
		Cloretos (mg/L)	< 350				
		Cloro Residual (mg/L)	Máximo 1,0				
	Para irrigação com aspersores	Sódio (SAR)	≥ 0,3				
		Cloretos (mg/L)	< 100				
		Cloro Residual (mg/L)	< 1,0				
Boro (mg/L)	Irrigação de culturas alimentícias		0,7				
	Regas de jardins e similares		3,0				
DBO (mg/L)			< 20	26	10	10	10,0
Nitrogênio Total (mg/L)			5,0-30	0.03	ND	0.05	1,30
STS (mg/L)			< 20	694	34	86	7,0
Coliformes fecais NMP/100 mL			≤ 200/100mL	7,0x10 ³	2,5x10 ⁴	1,0x10 ⁵	5,4x10 ²

Legenda: águas de Classe 3: irrigação de áreas verdes e rega de jardim. Os valores destacados em amarelo encontram-se em desacordo com aqueles requeridos pelo Manual de Conservação e Reuso (2005).

Conforme observado na tabela 4, a maioria dos parâmetros avaliados no ensaio de simulação de chuva estão em desacordo com os limites recomendados pelo Manual de Conservação e Reuso (2005), demonstrando assim que mesmo para o T10, após 10 min. de escoamento de chuva pelo telhado, essas águas ainda apresentavam sinais de contaminação em níveis superiores aos recomendados para o aproveitamento das águas. No ensaio de simulação de chuva houve uma melhora considerável para a maioria dos parâmetros, no entanto, P, STS e os coliformes termotolerantes ainda ficaram em desacordo com o recomendado pelo Manual de Conservação e Reuso (2005). Tal resultado indica a necessidade de adoção de algum tratamento para completa desinfecção das águas e redução dos teores de fósforo e STS.

Considerando a aplicação das águas de chuva após escoamento pelo telhado em irrigação de jardins e áreas verdes, praticamente todos os parâmetros analisados estavam de acordo com o Manual de Conservação e Reuso (2005), exceto pelos coliformes termotolerantes que estavam em concentração elevada em relação aos valores propostos pelo referido manual.

Devido à crescente escassez das águas prevê-se cada vez mais a utilização das fontes alternativas para uso não potável e até mesmo para uso potável em diversas regiões do mundo. A adoção de critérios ou normas para comparação de valores de qualidade das águas deve ser feito com critério considerando o nível de tratamento a ser atingido, que deve estar em função dos usos previstos, e os custos envolvidos, caso contrário a prática pode ser inviabilizada. Como visto nos resultados apresentados neste trabalho, as águas de chuva possuem boa qualidade, mas podem conter diversos tipos de contaminantes, desde poluentes químicos até microrganismos, cuja presença e concentração está relacionada com o grau de contaminação das superfícies de captação.



Devido a possibilidade de transmissão de doenças, a contaminação microbiológica é uma grande preocupação nos projetos de aproveitamento das águas de chuva. Partindo da premissa de que é impraticável o monitoramento de todos os microrganismos patogênicos presentes em uma amostra, utilizam-se os chamados indicadores. Há muito tempo as bactérias do grupo coliforme vem sendo utilizadas como indicadores do nível de eficiência dos processos de tratamento de águas e esgotos, além de sugerir ocorrência de contaminação de origem fecal. No entanto, tem sido constatada a fragilidade deste controle (Daniel et al., 2001; Aquarec, 2006) que embora seja prático e de baixo custo, não garante a ausência de patogênicos nas águas. Organismos patogênicos não são tolerados em algumas situações de aproveitamento devido à possibilidade de contato ou ingestão acidental dessas águas, são elas: descarga de bacias sanitárias, irrigação de jardins residenciais e áreas verdes públicas. Mediante isto, outros organismos têm surgido como indicadores de contaminação, dentre eles protozoários patogênicos aos seres humanos como *Entamoeba histolytica*, *Giardia lamblia* e *Cryptosporidium*. Os cistos apresentam sobrevivência moderada no meio ambiente, porém são bem mais resistentes que as bactérias e os vírus à ação dos desinfetantes. Os helmintos, que são vermes de corpos achatados ou cilíndricos possuem ovos resistentes tanto no ambiente como aos processos de desinfecção. Na avaliação da eficiência dos sistemas de tratamento de águas e esgotos, já se tem percebido essa “falha metodológica” em se trabalhar apenas com o grupo dos coliformes, portanto seria conveniente a inclusão dos protozoários ou helmintos como forma de aumentar a segurança dos usuários das águas de reuso. Tsagarakis et al. (2004), indicam a adoção dos nematóides (vermes de corpo cilíndrico) como indicador auxiliar aos coliformes fecais.

Nos sistemas de aproveitamento das águas de chuva, o ideal seria a adoção de múltiplos indicadores de contaminação de origem fecal de forma a garantir a segurança dos usuários e a eficiência dos sistemas de aproveitamento das águas de chuva, supondo que os requisitos de qualidade, bem como a segurança sanitária, estão diretamente relacionados com os usos que serão dados às águas coletadas.

CONCLUSÕES

Os resultados obtidos nesse estudo indicam que os procedimentos de chuva artificial (simulação) podem não representar aqueles de chuva natural em muitos aspectos: uniformidade de distribuição da água sobre o telhado, vazão e carregamento dos sólidos. Com os dados obtidos no ensaio de simulação de chuva sobre telhado, viu-se que é necessário o descarte dos primeiros minutos de chuva, em tempos superior a 10 min., para se garantir a coleta de águas com melhor qualidade, com menor teor de contaminantes. Os resultados da coleta de água de chuva após passagem por telhado confirmam essas indicações e mostram que as águas coletadas nesse experimento apresentaram boa qualidade necessitando apenas de um tratamento de desinfecção para os usos propostos: descarga sanitária, lavagem de pisos e veículos e irrigação de áreas verdes. Por outro lado, há grande diferença na qualidade das águas escoadas pelos telhados entre períodos chuvosos, quando há lavagens constantes dos telhados e períodos secos, em que ocorre deposição e acúmulo de poluentes sobre as superfícies de coletas. O tratamento a ser adotado deve atender as duas situações. Os aeroportos apresentam estruturas propícias para captação e aproveitamento das águas de chuva devido às áreas de coberturas e às pavimentadas. Conforme estudo feito por Pessoa (2007), 40% das águas de chuva captadas no AISP seriam suficientes para atender 100% da demanda deste aeroporto. No entanto, devido aos períodos de estiagem, as águas de chuva não devem ser a única fonte de abastecimento, elas são uma fonte alternativa, um sistema paralelo de abastecimento deve ser mantido para atuar nessas ocasiões, pois a construção de grandes reservatórios com capacidade de suprir os períodos de estiagem pode tornar o investimento inviável economicamente. Levando essas limitações em consideração, ainda assim, o aproveitamento das águas de chuva é uma alternativa viável para economia de água e para poupar águas de melhor qualidade para fins mais nobres.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Agência Nacional de Águas, Federação das Indústrias do Estado de São Paulo e Sindicato da Indústria da Construção Civil do Estado de São Paulo. Manual de Conservação e Reuso em Edificações. (*Water Conservation and Reuse in buildings*). Prol ed. São Paulo. 2005.
2. APHA - American Public Health Association, American Water Works Association Water Pollution Control Federation. 21 ed. Washington: American Public Health Association, 2005.
3. AQUAREC – Guideline for quality standards for water reuse in Europe. EVK1-CT-2002-00130, 2006.



- DANIEL, L. A. Coordenado. Processos de desinfecção e desinfetantes alternativos na produção de água potável. Rima. São Carlos – SP. 2001.
4. JAQUES, R. C. Qualidade da água de chuva no município de Florianópolis e sua potencialidade para aproveitamento em edificações. Dissertação de mestrado – Universidade Federal de Santa Catarina, 102p., 2005.
 5. MAY, S. Estudo da viabilidade do aproveitamento da água de chuva para consumo não potável em edificações. Dissertação de mestrado - Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, 159p, 2004.
 6. PEACE, H.; MAUGHAN, J.; OWEN, B.; RAPER, D. Identifying the contribution of different airport related sources to local urban air quality. *Environmental Modelling & Software*, v. 21, 532–538, 2006.
 7. PESSOA, G. B. P. Aproveitamento da água: estudo de caso no AISP – Guarulhos. Trabalho de graduação – Divisão de Engenharia Civil Aeronáutica, Instituto Tecnológico de Aeronáutica, 2007.
 8. PHILIPPI, L. S.; VACCARI, K. P.; PETERS, M. R.; GONÇALVES, R. F. Aproveitamento da água de chuva. In: GONÇALVES, R. F. (Coord). O uso racional da água em edificações. Vitória: Prosab, cap. 3. p. 73-152, 2006.
 9. TORDO, O. C. Caracterização e avaliação do uso de águas de chuva para fins potáveis. Dissertação de mestrado - Universidade Regional de Blumenau, Blumenau, 122p, 2004.
 10. TOMAZ, P. Aproveitamento da água de chuva para áreas urbanas e fins não potáveis. São Paulo: Navegar. 180p., 2003.
 11. TSAGARAKIS, K. P.; DIALYNAS, G. E.; ANGELAKIS, A. N. Water resources management in Crete (Greece) including water recycling and reuse and proposed quality criteria. *Agricultural Water Management*, v. 66, p. 35-47, 2004.
 12. VITALUX, EFICIÊNCIA ENERGÉTICA LTDA. 2006. *Aeroporto Internacional de São Paulo/Guarulhos – Governador André Franco Montoro – Relatório do Plano de Gestão de Recursos Hídricos. (International Airport of São Paulo - Governador André Franco Montoro - Report of Management Plan for Water Resources)*. Contrato 0053-ST/2005/0057.