

ROLANDO VALENTE CAVICCHIA

**LEVANTAMENTO E ANÁLISE DOS PADRÕES DE
QUALIDADE NACIONAIS E INTERNACIONAIS
ESTABELECIDOS PARA REUSO DE EFLUENTES E
APROVEITAMENTO DE ÁGUA DE CHUVA PARA
FINS NÃO POTÁVEIS EM ÁREAS URBANAS.**

*Monografia apresentada à Comissão do Trabalho de
Formatura do Curso de Graduação em Engenharia
Ambiental do Instituto de Geociências e Ciências
Exatas – Unesp, Campus de Rio Claro (SP), como
parte das exigências para o cumprimento da disciplina
Trabalho de Formatura no ano letivo de 2010*

Orientador: Prof. Dr. Rodrigo Braga Moruzzi

Rio Claro (SP)

2010

ROLANDO VALENTE CAVICCHIA

**LEVANTAMENTO E ANÁLISE DOS PADRÕES DE
QUALIDADE NACIONAIS E INTERNACIONAIS
ESTABELECIDOS PARA REUSO DE EFLUENTES E
APROVEITAMENTO DE ÁGUA DE CHUVA PARA
FINS NÃO POTÁVEIS EM ÁREAS URBANAS.**

Orientador: Prof. Dr. Rodrigo Braga Moruzzi

*Monografia apresentada ao Instituto de Geociências e
Ciências Exatas da Universidade Estadual Paulista
“Júlio de Mesquita Filho”, Campus de Rio Claro
(SP), para a obtenção do grau de Engenheiro
Ambiental.*

Rio Claro (SP)

2010

628.1 Cavicchia, Rolando Valente
C382L Levantamento e análise dos diversos padrões de qualidade nacionais e internacionais estabelecidos para reuso de efluentes e aproveitamento de água de chuva para fins não potáveis em áreas urbanas / Rolando Valente Cavicchia. - Rio Claro : [s.n.], 2010
54 f. : il., figs., tabs.

Trabalho de conclusão de curso (Engenharia Ambiental) -
Universidade Estadual Paulista, Instituto de Geociências e Ciências Exatas
Orientador: Rodrigo Braga Moruzzi

1. Abastecimento de água. 2. Avaliação de riscos microbiológicos. 3. Riscos toleráveis. 4. Conservação da água. 5. Normas e diretrizes para a qualidade da água. I. Título.

Ficha Catalográfica elaborada pela STATI - Biblioteca da UNESP
Campus de Rio Claro/SP

AGRADECIMENTOS

Aos meus pais, Deonete e Cesar, pela construção moral, suporte emocional e financeiro durante todas as fases de minha vida.

Aos meus irmão, Olivia, Olavo e Rodolfo, pelas brigas saudáveis e companheirismo desde a infância até esta nova fase de minha vida.

À minha madrinha, tia Lúcia, não só pelo apoio financeiro dado durante minha graduação, mas principalmente pela constante preocupação com meu bem estar e desenvolvimento.

À minha tia Regina, por me acolher em sua casa neste último ano, durante o período de estágio, e pelo apoio e ajuda na confecção do presente trabalho.

Ao Prof. Dr. Rodrigo Moruzzi, pela orientação e paciência.

À todos os amigos, não pelos momentos de diversão os quais passamos juntos, mas pelos momentos difíceis partilhados, contribuindo positivamente para minha formação como ser humano.

E a todos aqueles que de alguma forma colaboraram para este desfecho.

*“De um certo ponto adiante não há mais retorno.
Esse é o ponto que deve ser alcançado”.*

(Franz Kafka)

RESUMO

O objetivo do presente trabalho é apresentar e analisar as normas e diretrizes associadas à proteção à saúde do usuário de águas menos nobres, para fins não potáveis, e mais especificamente, os critérios descritores da qualidade destas águas e a avaliação do risco microbiológico associado ao seu uso visando o estabelecimento, com bases e critérios científicos, dos riscos toleráveis e a definição de padrões de qualidade microbiológica. Para tal, o autor utilizara de método investigativo exploratório baseado no levantamento e aquisição bibliográfica pertinente e posterior análise, apresentação e discussão acerca do temas abordados. O texto final poderá informar e subsidiar decisões no que tange a definição de novos valores (elaboração de novas normas) e na definição de tecnologias apropriadas.

Palavras-chave: normas e diretrizes, aproveitamento de água de chuva, reuso da água, padrões de qualidade da água para fins não potáveis, avaliação de riscos microbiológicos.

ABSTRACT

The objective of this work is present and analyze the standards and guidelines associated with the protection of health of the user of waters less noble, for purposes other than drinking, and more specifically, the criteria descriptors of quality of these waters and the assessment of microbiological risk associated to its use aiming to establish, with bases and scientific criteria, the tolerable risk and the definition of standards for the microbiological quality. To this end, the author makes use of investigative exploratory method based on bibliographic survey and acquisition and posterior analysis, presentation and discussion about the topics discussed. The final text may inform and subsidise decisions regarding the definition of new values (preparation of new standards) and in the definition of appropriate technology.

Key-words: standards and guidelines, rain water harvesting, water reuse, water quality standards for purposes other than potable, microbiological risk assessment.

LISTA DE TABELAS

	Página
Tabela 1 - Classificação dos estágios usados no tratamento de esgotos.....	22
Tabela 2a - Normas nacionais destinadas à definição de padrões de qualidade da água, em seus diversos usos.....	25
Tabela 2b - Diretrizes internacionais de reuso da água.....	27
Tabela 3a - Padrões adotados pelas normas nacionais de qualidade da água	29
Tabela 3b - Padrões adotados pelas normas internacionais de qualidade da água.....	30
Tabela 4 - Análise dos parâmetros de qualidade propostos pelas diferentes diretrizes.....	31
Tabela 5 – Dados utilizados para a avaliação de riscos à saúde	38
Tabela 6 - Derivação de metas de desempenho microbiológico	43
Tabela 7 - Carga de doença adicional tolerável e riscos de doença e infecção: Uma abordagem em termos de DALYs	54

LISTA DE FIGURAS

	Página
Figura 1 – Fluxograma adotado para a identificação e análise dos valores máximos estabelecidos nos padrões de qualidade de diferentes normas e diretrizes nacionais e internacionais.....	15
Figura 2 - Formas potenciais de reuso da água	21

ABREVIATURAS E SIGLAS

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas

ANA – Agência Nacional de Águas

AQRM – Avaliação Quantitativa de Risco Microbiológico

ARM – Avaliação de Risco Microbiológico

CONAMA – Conselho Nacional do Meio Ambiente

DALY – Disability-adjusted Life Years

DBO – Demanda Bioquímica de Oxigênio

FIESP – Federação das Indústrias do Estado de São Paulo

ILSI – International Life Sciences Institute

NRC – National Research Council

OD – Oxigênio Dissolvido

pH – Potencial Hidrogeniônico

pppa – Por Pessoa Por Ano

SDT – Sólido Dissolvidos Totais

SINDUSCON-SP – Sindicato da Indústria da Construção Civil do Estado de São Paulo

SST – Sólidos Suspensos Totais

uH – Unidade Hazen (em mg PtCo/L)

U.S. EPA – United States Environmental Protection Agency

uT – Unidade de Turbidez

VMP – Valor Máximo Permitido

WHO – World Health Organization

SUMÁRIO

	Página
1. INTRODUÇÃO.....	11
1.1. Conservação da água potável e as fontes alternativas de água – <i>conceitos e aplicações</i>	11
2. OBJETIVOS.....	14
3. MATERIAIS E MÉTODOS.....	15
4. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	16
4.1. Sistemas de captação e aproveitamento de água de chuva – <i>configuração básica dos sistemas urbanos modernos e fatores intervenientes da qualidade</i>	16
4.2. Tratamento de efluentes domésticos e sua reutilização – <i>algumas práticas atuais</i>	20
5. RESULTADOS E DISCUSSÃO	23
5.1. Normas e diretrizes nacionais e internacionais – <i>descrição das diretrizes e estudo das bases conceituais para a definição dos padrões de qualidade</i>	23
5.2. Discussão dos resultados – <i>a avaliação de riscos microbiológicos e seu papel no desenvolvimento de um critério racional para a definição dos padrões de qualidade da água para fins não potáveis</i>	35
5.2.1. <i>Definições</i>	35
5.2.2. <i>Derivação de metas operacionais baseadas em saúde</i>	41
6. CONCLUSÕES.....	46
7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	49
ANEXO 1	54

1. INTRODUÇÃO

1.1. Conservação da água potável e as fontes alternativas de água - *Conceitos e aplicações*

O crescimento populacional e o desenvolvimento tecnológico e econômico vêm ocasionando nas últimas décadas um aumento da utilização da água e da pressão sobre as fontes existentes. Muitos interesses passaram a ser conflitantes, e a urgência em aumentar a disponibilidade de água, uma preocupação latente (THAME, 2000). Durante muitos anos, os esforços foram na direção de realizar a gestão da oferta, no aumento da extensão de redes de abastecimento e na busca de água em lugares cada vez mais distantes (SILVA; TAMAKI; GONÇALVES, 2006).

Porém, conforme afirmação da Agência Nacional de Águas (ANA; FIESP; SindusCon-SP, 2005), esgotada boa parte das possibilidades deste modelo de abastecimento baseado inteiramente na gestão da oferta, e tornando-se ele cada vez mais custoso, para restabelecer o equilíbrio entre oferta e demanda de água e garantir a sustentabilidade do desenvolvimento econômico e social é necessário que métodos e sistemas alternativos modernos sejam convenientemente desenvolvidos e aplicados em função de características de sistemas e centros de produção específicos.

Neste sentido, a Agenda 21 (UN, Departament of Economic and Social Affairs, 2009, cap. 18), propõe uma série de ações para a promoção da sustentabilidade dos recursos hídricos. O Capítulo 18 denominado *Proteção da Qualidade e do Abastecimento dos Recursos Hídricos: Aplicação de Critérios Integrados no Desenvolvimento, Manejo e Uso dos Recursos Hídricos*, apresenta uma série de Áreas de Programas voltadas para este propósito, entre os quais cabe destacar o *Desenvolvimento e Manejo Integrado dos Recursos Hídricos*. Esta Área de Programa prevê, por sua vez, uma série de atividades, sendo que as seguintes merecem destaque diante do contexto da conservação da água:

"desenvolver fontes novas e alternativas de abastecimento de água, tais como dessalinização da água, reposição artificial de águas subterrâneas, uso da água de pouca qualidade, aproveitamento de águas residuais e reciclagem de água";

"promover a conservação da água por meio de planos melhores e mais eficientes de aproveitamento de água e de minimização de desperdício para todos os usuários, incluindo o desenvolvimento de mecanismos de poupança de água".

No tocante a estas ações, em nível micro (sistemas prediais), Gonçalves (2006, p. 45) apresenta os seguintes conceitos:

Uso racional (ênfase na demanda): “Otimização em busca do menor consumo de água possível mantidas, em qualidade e quantidade, as atividades consumidoras”, incluindo como frente para pesquisas os indicadores de consumo e demanda de água, a redução de perdas, os sistemas e equipamentos economizadores e a otimização dos sistemas hidráulicos;

Conservação da água (ênfase na demanda e na oferta): “Otimização da demanda somada ao uso de ofertas alternativas de água, empregando água ‘menos nobres’ para fins ‘menos nobres’”, incluindo como frente para pesquisas a oferta de fontes alternativas de água, o aproveitamento de água de poços, o aproveitamento de águas pluviais e o reuso de águas.

Sendo assim, o conceito de “substituição de fontes¹” se mostra como a alternativa mais plausível para satisfazer a demandas menos restritivas, liberando as águas de melhor qualidade para usos mais nobres, como o abastecimento doméstico. O uso de tecnologias apropriadas para o desenvolvimento dessas fontes se constitui hoje, em conjunção com a melhoria da eficiência do uso, controle de perdas e o controle da demanda, na estratégia básica para a solução do problema da falta universal de água (ANA; FIESP; SindusCon-SP, 2005). Porém, o uso racional da água deve ser uma premissa, uma condição básica da conservação da água. Seria uma incoerência introduzir novas fontes se as atuais não estão sendo utilizadas com eficiência (SILVA; GONÇALVES, 2005, p. 16).

O uso negligente de fontes alternativas de água ou a falta de gestão dos sistemas alternativos podem colocar em risco o consumidor e as atividades nas quais a água é utilizada. Utilizar água não proveniente da concessionária traz o ônus de alguém se tornar “produtor de água” e, portanto responsável pela gestão qualitativa e quantitativa deste insumo, assim sendo, cuidados específicos devem ser considerados para que não haja risco de contaminação a pessoas ou produtos ou de dano a equipamentos (ANA; FIESP; SindusCon-SP, 2005).

Deste modo, não devemos confundir águas de qualidade inferior com aumento nos riscos à saúde associados ao uso das mesmas, devendo o seu uso estar sempre respaldado em critérios técnicos e científicos de proteção à saúde, como tratamentos adequados aos usos desejados, barreiras de proteção física do usuário e observância de padrões de constituintes químicos ou biológicos, de especial atenção à saúde, relativos ao grau de contato para referido

¹ Entende-se aqui por fonte principal de água como sendo a água de características potáveis distribuída prioritariamente pelos sistemas públicos de abastecimento.

uso. A qualidade da água utilizada e o uso desejado para esta água estabelecerão os níveis de tratamento recomendados, os critérios de segurança a serem adotados e os investimentos a serem alocados.

Vale destacar que o Brasil não possui legislação federal ou estaduais que definam normas de qualidade específicas para utilização de água não potável, havendo somente algumas diretrizes estabelecidas por órgãos ou instituições, representando um arcabouço legal para a utilização da água para fins não potáveis, deixando em aberto o que pode ser considerado a fundação de programas e iniciativas para o uso de fontes alternativas às potáveis, sendo esta a definição de padrões de qualidade para estas águas, visando o seu uso seguro e efetivo.

Deste modo, o presente trabalho tem em vista analisar as normas e diretrizes associadas à proteção à saúde do usuário de águas menos nobres, para fins não potáveis, e mais especificamente, os critérios descritores da qualidade destas águas e a avaliação do risco microbiológico associado ao seu uso visando o estabelecimento, com bases e critérios científicos, dos riscos toleráveis e a definição de padrões de qualidade microbiológica.

Posteriormente será realizada a revisão da literatura com o estudo da utilização da água de chuva e reuso de efluentes como fontes alternativas de água para fins não potáveis em meio urbano e os fatores intervenientes na qualidade da água de uso final. Nas discussões posteriores, procederemos com a apresentação e avaliação das normas e diretrizes nacionais e internacionais que melhor tangenciem a questão da proteção à saúde do usuário destas fontes, assim como os parâmetros utilizados para a aferição da qualidade das mesmas, finalizando com o levantamento dos conhecimentos atuais acerca da avaliação e gerenciamento de risco microbiológico para a proteção à saúde humana, abordando questões como a definição de riscos toleráveis e a função da avaliação e gerenciamento de riscos na definição de parâmetros de qualidade microbiológica da água.

2. OBJETIVOS

Os objetivos contemplados pelo presente trabalho estão expostos na ordem em que eles serão abordados na monografia, sendo estes:

1 - Apresentar e discutir os conceitos de reuso de efluentes e aproveitamento de águas pluviais focando sempre as condições intervenientes na qualidade destas águas visando o seu uso final;

2 – Apresentar as normas e diretrizes nacionais e internacionais vigentes, assim como as suas bases conceituais, que tangenciem a questão do uso de águas com características não potáveis. Analisar criticamente e contrapor os valores estabelecidos de parâmetros de qualidade em normas vigentes nacionais e internacionais para fins não potáveis em áreas urbanas.

3 - Levantar e conceituar os conhecimentos atuais acerca da Avaliação de Risco microbiológico em águas visando à proteção à saúde humana e sua especial importância como ferramenta para a atribuição de riscos toleráveis e definição de padrões de qualidade microbiológica.

Pretende-se com o texto final apresentar um documento reflexivo a respeito dos diferentes parâmetros de qualidade para fins não potáveis, assim como as bases técnicas para a adoção dos padrões estabelecidos nas diferentes diretrizes em estudo, bem como apresentar os conceitos e o estado do conhecimento atual acerca da Avaliação de Risco Microbiológico em águas de uso não potável e sua importância, junto aos estudos epidemiológicos, para a derivação de padrões de qualidade da água que sejam efetivos tanto para a proteção à saúde humana, quanto factíveis técnico-economicamente.

3. MATERIAIS E MÉTODOS

Abaixo seguem os materiais e métodos utilizados para atingir cada objetivo proposto em específico.

Objetivo 1 – Método investigativo exploratório baseado no levantamento e aquisição bibliográfica pertinente; análise, apresentação e discussão acerca da bibliografia consultada. Tema abordado no item **4. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA**.

Objetivo 2 - Método investigativo exploratório baseado no levantamento e aquisição das normas e diretrizes vigentes em nível nacional e internacional, visando identificação e compilação dos valores estabelecidos em diferentes parâmetros de qualidade enfatizando aqueles cujos valores sejam discrepantes. Posteriormente, buscou-se analisar os valores máximos estabelecidos frente aos usos propostos, procurando o respaldo das bases técnicas utilizadas para a proposição destes. Tema abordado no item **5. RESULTADOS E DISCUSSÕES**.

O Fluxograma apresentado na **Figura 1** ilustra a estratégia adotada para a consecução do presente objetivo.

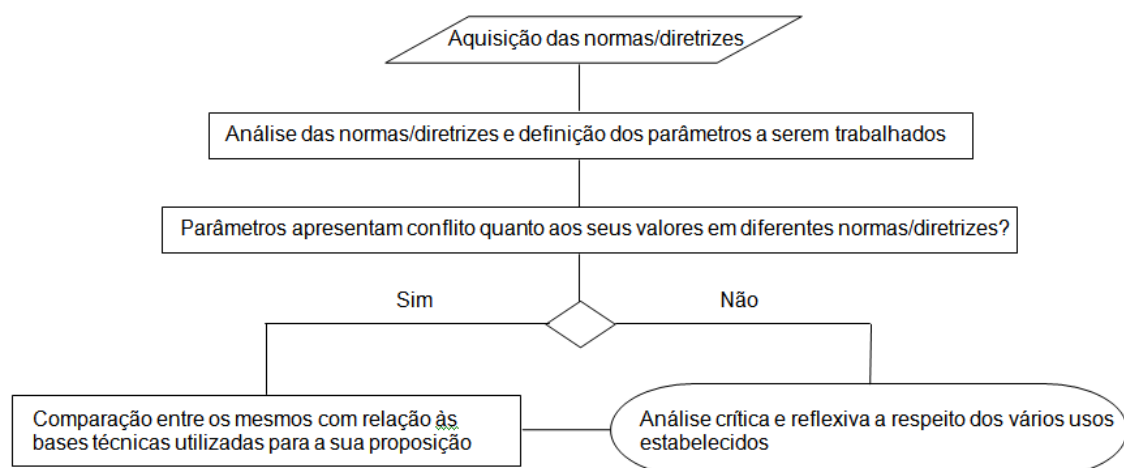


Figura 1: Fluxograma adotado para identificação e análise dos valores máximos estabelecidos nos padrões de qualidade de diferentes normas e diretrizes nacionais e internacionais

Objetivo 3 - Método investigativo exploratório baseado no levantamento e aquisição bibliográfica pertinente; Análise, apresentação e discussão acerca do tema abordado. Tema abordado no item **5.2 Discussão dos Resultados**.

4. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

4.1. Sistemas de Captação e Aproveitamento de Água de Chuva – Configuração

básica dos sistemas urbanos modernos e fatores intervenientes da qualidade.

A utilização da água de chuva como fonte alternativa trata-se de uma das soluções mais simples e baratas para preservar a água potável. Ela é viável principalmente nas regiões onde o regime pluviométrico é generoso em termos quantitativos e distributivos ao longo do ano.

A coleta de água de chuva é uma de muitas tecnologias que agregam os princípios de gerenciamento sustentável da água urbana. Ao redor do mundo, há vários exemplos de água de chuva sendo usada para irrigação, processos industriais, usos domésticos não potáveis, assim como água de beber. Ela oferece um suprimento alternativo de água de alta qualidade enquanto ao mesmo tempo alivia a pressão sobre os sistemas municipais de água e mitiga os problemas de drenagem urbana. Além disso, por oferecer uma fonte local e descentralizada de água, diversifica o suprimento de água e aumenta a confiabilidade do suprimento tanto para o consumidor quanto para a municipalidade (LEIDL, 2008, p. 5).

Os sistemas de captação de água da chuva podem suprir água nos próprios locais onde a água é necessária, ou em pontos próximos destes. Podem ser utilizados em casas, como sistemas independentes e autônomos, ou mesmo em condomínios e cidades, sendo necessária uma rede de infraestrutura que atenda a todo o sistema, podendo ainda operar em paralelo com outros sistemas de abastecimento de água, mantendo a diferenciação e impedindo o contato entre os fluidos potável e não potável, de origem pluvial (WERNECK, 2006, p. 14).

Conforme Soares et al. (1997), o aproveitamento de água da chuva traz numerosas vantagens tais como simplicidade e facilidade de manutenção e controle, além de baixos custos iniciais. A água, tratada de maneira simples, pode ser aplicada com vantagens quando comparada com sistemas de reuso da água, embora possua a desvantagem de que em tempos de estiagem diminua o volume de água coletado. Em áreas urbanas, apresenta como aspectos positivos a redução no consumo de água potável onde esta não é necessária, como na descarga de vasos sanitários, irrigação de jardins e lavagem de pisos; auxilia no abastecimento em diversas regiões que normalmente apresentam escassez de água; ajuda a conter enchentes, enxurradas e sobrecarga da rede de água pluvial, diminuindo as vazões e contribuindo para a redução do volume de captação de mananciais.

Um sistema de captação da chuva consiste basicamente na captura, desvio e estocagem da chuva para diferentes propósitos, ressalta-se que a água de chuva em si é relativamente livre de impurezas, exceto aquelas carregadas pela chuva na atmosfera. Entretanto, a qualidade

da água pode deteriorar-se durante a captação, estocagem e uso. Poeira e fuligem levadas pelo vento, matéria orgânica proveniente de resíduos vegetais e animais como folhas e fezes de pássaros e outros animais, insetos e detritos contaminados sobre as áreas de cobertura e nas cisternas podem ser fontes de contaminação da água da chuva, conduzindo a riscos à saúde pelo consumo de água contaminada dos tanques de estocagem. Condições higiênicas insatisfatórias durante a estocagem ou abstração da água dos tanques também representam preocupações à saúde, entretanto, estes riscos podem ser minimizados pelo bom projeto e prática como por exemplo, sistemas de captação de água de chuva bem projetados, com áreas de captação limpas, cisternas e caixas d'água cobertas, tratamento apropriado e suportados pela boa higiene durante a abstração da água nos pontos de uso. Estes sistemas podem oferecer inclusive uma água para se beber com riscos à saúde bem baixos. Em contrapartida, um sistema pobremente desenhado e administrado pode atribuir altos riscos à saúde pelo seu uso (WORLD HEALTH ORGANIZATION, 2008, p. 120e).

Em aplicações residenciais ou em pequena escala, a captação da água de chuva pode ser tão simples como canalizar a chuva escoada por coberturas sem calhamento para uma área cultivada via contornos do relevo do terreno. Já sistemas mais complexos incluindo calhas, tubulações, cisternas e caixas d'água, filtros, bombas e sistemas de tratamento podem suprir até mesmo necessidades potáveis (TEXAS WATER DEVELOPMENT BOARD, 2005, p. 5).

Para que a água pluvial possa ser utilizada sem causar prejuízos de quaisquer naturezas, é importante atentar para os aspectos qualitativos dessa água. Segundo Tomaz (2003), deve-se considerar a qualidade da água nos quatro momentos distintos de um sistema de aproveitamento de água pluvial: antes de atingir o solo, ao passar pela superfície de captação, no reservatório de armazenamento e no ponto de uso.

Devido aos processos de deposição úmida², em regiões próximas aos oceanos, por exemplo, existe uma maior probabilidade de encontrar sódio, potássio, magnésio e cloro na água da chuva. Já em regiões com grandes áreas não pavimentadas provavelmente estarão presentes na água da chuva partículas de origem terrestre como a sílica, o alumínio e o ferro. Além disso, alguns elementos podem aparecer em decorrência de emissões biológicas como o nitrogênio, o carbono e o enxofre em virtude de degradação de matéria orgânica por bactérias (VACCARI et al., 2005, p. 2).

Regiões agrícolas podem ter o inconveniente da água da chuva carrear os aerossóis de agrotóxicos e pesticidas lançados nas plantações. Em contrapartida, regiões densamente

² A deposição úmida é aquela através da qual partículas e gases solúveis e insolúveis em água são transportados da atmosfera para a superfície com as chuvas (MAIA; MELLO, 2004 apud WERNECK, 2006).

urbanizadas e industrializadas apresentam em sua atmosfera compostos poluentes como os óxidos de enxofre e de nitrogênio, monóxido de carbono, hidrocarbonetos, material particulado entre outros, os quais sofrem transformações, são levados pelos ventos por quilômetros de distância e são carregados quando da precipitação da chuva, podendo inclusive ocasionar o fenômeno da chuva ácida (VACCARI et al., 2005).

Porém o papel fundamental na qualidade da água armazenada cabe à superfície de captação, pois estas áreas estão diretamente expostas a poluentes que poderão prejudicar a qualidade da água coletada, seja pelos processos de deposição atmosférica ou pelo simples contato da água de chuva com superfícies de captação que apresentam depósitos acumulados de material poluente, como fezes de aves e roedores, animais mortos em decomposição, poeira, folhas e galhos de árvores, entre outros que ocasionam a contaminação por compostos químicos e por agentes patogênicos (WORLD HEALTH ORGANIZATION, 2008, p. 120e).

De uma perspectiva microbiológica, dois modos distintos de contaminação são prováveis: por via da atividade direta de insetos, pássaros e mamíferos, ou pela deposição atmosférica de organismos circundantes. Uma maior ênfase é dada à primeira via, porém Evans et al. (2006, p. 43), ao demonstrar a influência dos padrões climáticos sobre a composição bacteriológica da água captada sobre coberturas comprovou que microrganismos veiculados pelo ar são contribuintes significantes para a carga bacteriológica da cobertura, e, portanto da água estocada. Segundo seu estudo, os padrões climáticos, em conjunto com outros fatores como a localização relativa das fontes, podem influenciar significativamente a carga bacteriológica da água escoada por coberturas, sendo que fontes de coliformes fecais tiveram um pequeno impacto na carga total bacteriana para as condições locais do estudo.

Outra fonte de preocupação para a qualidade da água captada é relativa aos materiais constituintes da cobertura, pois sendo a água de chuva ligeiramente ácida e apresentando poucos minerais dissolvidos, como tal, ela é relativamente agressiva e pode dissolver metais e outras impurezas de materiais da captação e dos tanques de armazenamento. Superfícies de captação revestidas com materiais a base de betume podem carrear substâncias perigosas ou causar problemas de sabor. Similarmente, metais podem ser lixiviados de algumas superfícies, resultando em uma grande concentração de metais na água. Cuidados devem ser tomados para se garantir que pinturas a base de chumbo não sejam usadas nas áreas de captação. Telhados com cobertura de palha podem causar descoloração ou deposição de partículas na água coletada (WORLD HEALTH ORGANIZATION, 2008, p. 120e). Dentro dos próprios reservatórios o processo continua, através da reação da água com os materiais constitutivos da

estrutura de reservação, possibilitando a eluição de produtos químicos na água (VASUDEVAN et al, 2001).

Porém, enquanto os processos de deposição estão ocorrendo continua e aleatoriamente, na superfície de captação, Spinks et al. afirmam que a carga de contaminantes é reduzida paralelamente por um número de processos paralelos simultâneos: na superfície de captação a carga microbiológica é reduzida através de radiação Ultra Violeta, calor, e desidratação; no interior da cisterna, propõe que biofilmes removam ativamente metais pesados e matéria orgânica da coluna d'água, enquanto a sedimentação e a floculação superficial também removem contaminantes do suprimento de água disponível. A água armazenada deve passar por uma bomba de recalque e possivelmente através de um sistema de aquecimento de água antes do contato humano, os quais impõem um stress súbito às bactérias, causando a ruptura da estrutura e integridade celular.

Uma das ações possíveis para a melhoria da qualidade da água captada em superfícies é o descarte da primeira chuva (*first flush*). A primeira chuva incorpora elementos capazes de interferir na qualidade da água, pois sedimenta o material particulado, auxilia na dissolução de gases atmosféricos e arrasta partículas depositadas em superfícies (VACCARI, 2005).

Vale salientar que no Brasil a prática de utilização de água de Chuva para fins não potáveis em ambiente urbano é normatizada pela Associação Brasileira de Normas Técnicas, pela NBR 15.527/2007, e segundo a mesma devemos respeitar alguns padrões para a vigilância da qualidade da água no ponto de consumo.

Merece destaque o fato de que o único procedimento exigido em norma, como condição para captação de água de melhor qualidade, refere-se ao descarte dos primeiros milímetros de chuva (*first flush*) e posterior coleta do volume excedente. A NBR 15.527 recomenda o descarte na faixa de 0,4 a 8,5mm. Entretanto, a própria faixa recomendada demonstra a controvérsia na adoção de um valor confiável de descarte para um determinado uso. Além disso, dependendo do período de estiagem e de outros fatores, tais como direção dos ventos, intensidade de chuva, localização geográfica etc., a qualidade da água captada para aproveitamento pode apresentar variações para um mesmo valor de descarte (MORUZZI; NAKADA, 2009, p. 52)

4.2. Tratamento de Efluentes Domésticos e sua Reutilização – Algumas práticas atuais.

A disponibilidade de água natural passível de potabilização e em quantidade suficiente para atender as demandas futuras depende de ações urgentes no âmbito da gestão de recursos hídricos. A extração de águas de mananciais superficiais e subterrâneos para usos urbanos, industriais e agrícolas modifica o ciclo natural das águas; e o lançamento de efluentes domésticos e industriais em concentrações acima da capacidade de depuração dos corpos de água tem provocado a degradação da qualidade de mananciais (MORUZZI, 2008, p. 271)

Ainda segundo Moruzzi (2008, p. 271), no Brasil, o lançamento de esgoto *in natura* ainda é uma das principais causas da deterioração da qualidade dos corpos d'água, tal procedimento tem inviabilizado a utilização dessas fontes como mananciais para abastecimento, seja por razões técnicas, seja por razões econômicas. Ademais, o aumento da demanda e a manutenção do ciclo unidirecional (captação→uso→descarte) têm diminuído rapidamente a oferta de água, culminando em situações de escassez.

Neste contexto e considerando que o tratamento dos esgotos sanitários é realidade em algumas cidades brasileiras, pode-se, em função da qualidade requerida, difundir a adoção de técnicas de reuso como alternativa para usos não potáveis visando minimizar a pressão nas fontes naturais de melhor qualidade. Todavia, o problema deve ser abordado sob a ótica integrada e considerando a complexidade demandada pelo tema (MORUZZI, 2008, p. 271). A **Figura 2** apresenta um fluxograma ilustrativo de alguns usos potenciais de águas recuperadas.

O efluente disponível e a qualidade da água requerida para os mais diversos usos pretendidos, é que normalmente ditam o tipo de tratamento necessário para a prática do reuso. Dependendo do uso específico que se pretende fazer da água de reuso, os padrões de qualidade requerem um tratamento adicional para a remoção de nutrientes, redução da demanda de oxigênio, remoção de sólidos suspensos, cor, sabor, odor e também retirada ou inativação de organismos patogênicos.

Para o tratamento dos efluentes líquidos existem basicamente dois processos, o físico-químico (redução de contaminantes de origem inorgânica e orgânica) e o biológico (redução de contaminantes de origem orgânica). São chamados de processos físico-químicos todos aqueles que empregam instalações destinadas a reagir, separar, combinar elementos, seja por operações unitárias (como por exemplo, decantação e filtração), ou por processo químico (adição de produtos químicos na flotação e floculação) ou ainda combinando os dois. São usados frequentemente como pré-tratamento para os processos biológicos, visando reduzir as

cargas poluentes, ou retirando do meio compostos que venham a atrapalhar o processo biológico (SOUSA, 2008, p. 41).

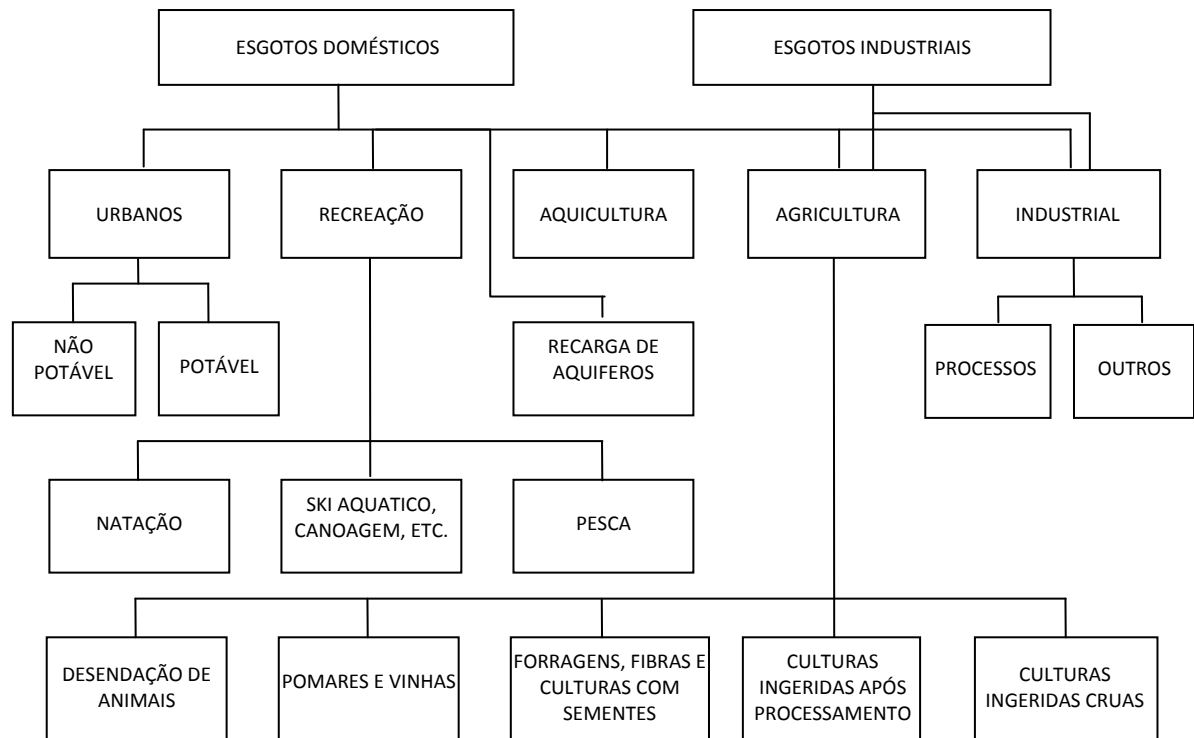


Fig. 2: Formas potenciais de reúso da água. Fonte: Hespanhol (2002).

Os processos biológicos são os mais eficientes para o tratamento de efluentes com material orgânico biodegradável uma vez que a matéria orgânica pode ser decomposta por microrganismos aeróbios e anaeróbios. Eventualmente, os microrganismos aeróbios podem decompor substâncias simples ou compostas em dióxido de carbono e água enquanto os anaeróbios só podem degradar substâncias simples em metano e dióxido de carbono (MIERZWA; HESPANHOL, 2005 apud SOUZA, 2008, p. 41).

Os métodos de tratamento os quais imperam a aplicação de forças físicas são conhecidos como operações unitárias. Métodos de tratamento os quais predominam a remoção de contaminantes por reações químicas ou biológicas são conhecidos por processos unitários. Atualmente, processos e operações unitárias são agrupados para prover vários níveis de tratamento conhecidos como preliminar, primário, primário avançado, secundário, terciário e tratamento avançado (ver **Tabela 1**) (ASANO et al., 2007, p. 96).

Alguns sistemas empregados para a remoção dos sólidos têm capacidade de efetuar uma redução considerável no número de patógenos. Contudo, em alguns casos se faz necessário a previsão de unidades dedicadas a esta finalidade, empregando agentes químicos ou físicos, principalmente quando houver a possibilidade de contato humano, direto ou indireto, com o efluente ou conexões cruzadas (MORUZZI, 2008, p. 283).

Tabela 1: Classificação dos estágios usados no tratamento de esgotos.

Nível de tratamento	Descrição
Preliminar	Remoção de detritos, materiais grosseiros, material flutuante, areias e graxas que podem causar problemas de manutenção ou operacionais nas operações de tratamento, processos ou sistemas auxiliares.
Primário	Remoção de parte dos sólidos suspensos e matéria orgânica do esgoto.
Primário avançado	Remoção complementar de sólidos suspensos e matéria orgânica; tipicamente acompanhado por adição química e filtração.
Secundário	Remoção de matéria orgânica biodegradável (em solução ou suspensa) e sólidos suspensos. A desinfecção normalmente também está incluída na definição de tratamento secundário convencional.
Secundário com remoção de nutrientes	Remoção de orgânicos biodegradáveis, sólidos suspensos, e nutrientes (nitrogênio, fósforo, ou ambos).
Terciário	Remoção do residual de sólidos suspensos (depois do tratamento secundário), usualmente por filtração granular média, filtração superficial e, membranas. A desinfecção normalmente faz parte do tratamento terciário. A remoção de nutrientes é muitas vezes incluída nesta definição.
Avançado	Remoção de sólidos totais dissolvidos e/ou constituintes traço como requerimento para aplicações específicas de reuso da água.

Fonte: Tchobanoglous, 1998 apud Asano et al., 2007, p. 97-99.

Outro fator a ser considerado é o de que a qualidade da água a ser utilizada não deverá exceder às necessidades previstas ao seu uso, evitando, assim, um desperdício de recursos, principalmente se essa água necessitou de um complexo tratamento para atingir esta qualidade. Este seria um exemplo típico, da utilização de água potável em muitas aplicações que dispensariam esse nível de qualidade, como nos processos industriais, na irrigação e limpeza.

No entanto, caso a implementação dos sistemas de água não potável ocorra de forma negligente, tem-se como consequência, uma série de riscos à saúde e ao meio ambiente, portanto, é necessário que estes sejam conhecidos para que se possa adotar uma postura preventiva em relação a sua ocorrência uma vez que os riscos de saúde pública estão diretamente associados às diferentes aplicações possíveis destas águas, que podem implicar, de alguma forma, a exposição do homem aos contaminantes presentes na água recuperada.

A seguir serão citadas algumas referências internacionais e nacionais no estabelecimento de parâmetros de conformidade da qualidade da água destinada a fins não potáveis, posteriormente iremos discutir o papel da avaliação e gerenciamento de riscos microbiológicos na promoção e proteção à saúde pública.

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1. Normas e Diretrizes Nacionais e Internacionais – *Descrição das diretrizes e estudo das bases conceituais para a definição dos padrões de qualidade.*

Apresentados os conceitos de reuso de efluentes e aproveitamento de águas pluviais e, as condições intervenientes na qualidade destas águas visando o seu uso final, e reconhecendo como fundamental o papel da regulamentação e observância de critérios para proteção à saúde dos usuários destes sistemas, incluindo-se aqui os padrões de qualidade da água, neste tópico iremos apresentar a compilação de algumas das normas e diretrizes internacionais e nacionais que tangenciam a questão da qualidade da água para fins não potáveis em meios urbanos, fazendo um breve esclarecimento do conteúdo de cada diretriz e apresentando as bases para a definição dos padrões adotados por cada uma.

Lembrando que, devido ainda à falta de legislação brasileira rígida, que discipline o uso de água de qualidade menos nobre para fins menos exigentes que o potável, não há um consenso adotado pela bibliografia quanto às quais normas seguir ou as quais parâmetros adotar. O que se observa na literatura, geralmente, é a adoção de padrões derivados originalmente para outros usos da água, como por exemplo, padrões derivados para recreação de contato primário ou o enquadramento de corpos hídricos em classes de uso, para o monitoramento da conformidade da água destinada a fins não potáveis visando a proteção à saúde humana.

Porém existem peculiaridades inerentes ao processo de normatização de cada diretriz com relação aos usos definidos da água, e as fontes esperadas das mesmas. O que por sua vez impede uma transposição direta, segura, de tais padrões para atividades relacionadas ao uso urbano não potável da água. Enfatiza-se também, que a manutenção de limites de presença de substâncias e organismos potencialmente nocivos à saúde humana, embora necessária, pode não ser suficiente para garantir a proteção à saúde, e que outras ações de proteção do usuário podem ser desejáveis (como a restrição do uso da água para certas finalidades ou medidas de prevenção do contato humano com tais águas), fato este não coberto pela simples transposição de valores máximos permitidos, para substâncias ou organismos, mesmo quando os usos pretendidos sejam equivalentes.

Sendo assim, com o intuito de proporcionar, ao leitor interessado, uma base sólida para a comparação dos padrões existentes para os diversos usos da água e, definição de sua adequabilidade à proteção da saúde do público envolvido em atividades não potáveis da água em meio urbano, encontram-se nas tabelas abaixo, uma compilação do conteúdo de normas e

diretrizes selecionadas e a contraposição e análise dos parâmetros de qualidade por elas definidos.

Serão apresentadas na **Tabela 2** as normas brasileiras em vigência relacionadas à água e a padrões de proteção à saúde humana, além de um importante manual de conservação e reuso de água, realizado através da união de esforços entre a Agência Nacional de Águas e dois dos maiores representantes setoriais do país: a Federação das Indústrias do Estado de São Paulo e o Sindicato da Indústria da Construção Civil do Estado de São Paulo, confirmando assim a evidente importância destas fontes de água e a premente necessidade de regulamentação de seu uso com fins de proteção à saúde do usuário.

Quanto às diretrizes internacionais optou-se para análise as três diretrizes relacionadas à água da Organização Mundial da Saúde (WHO), as quais apresentam uma concepção de metas de saúde e níveis de riscos toleráveis, promovendo padrões de proteção à saúde mais realistas as necessidades de países em desenvolvimento, porém sempre embasadas em estudos epidemiológicos e de avaliação de riscos, e a diretriz de reuso da água da Agência de Proteção Ambiental dos Estados Unidos (*Guidelines for Water Reuse* - U.S. EPA, 2004), a qual parte do conceito de “risco zero³” muito adotado nos países desenvolvidos, onde as condições tecnológicas e financeiras o permitem, utilizando critérios da melhor engenharia disponível para a proteção do usuário de tais sistemas.

Lembrando que existem diversas outras diretrizes ao redor do mundo as quais tangenciam padrões de qualidade de água para fins não potáveis. Porém, optou-se por estas em particular, por apresentarem os dois lados da definição de padrões (ausência de riscos potenciais e nível de risco tolerável) e pela sua inegável influência na elaboração de diretrizes nacionais ao redor do mundo.

Nas **Tabelas 3 e 4** procederemos com a comparação dos diferentes parâmetros de qualidade, encontrados nas diretrizes acima citadas, com relação aos seus respectivos valores máximos permitidos, buscando elucidar as bases técnicas de sua proposição com respeito aos vários usos estabelecidos.

As informações apresentadas foram retiradas das próprias diretrizes e informações adicionais poderão ser encontradas na bibliografia indicada.

³ Ausência de riscos potenciais: caracterizada pela ausência de organismos indicadores e/ou, patogênicos no efluente; cabe aqui o comentário de que não existe risco zero, este é um termo abstrato e apenas alegórico, nenhuma fonte de abastecimento de água é 100% segura, 100% do tempo. Porém este termo é comumente utilizado na literatura para se referir a uma fonte que, virtualmente, não apresente constituintes químicos ou microbiológicos nocivos.

Tabela 2a: Normas nacionais destinadas à definição de padrões de qualidade da água, em seus diversos usos.

TÍTULO DA NORMA	DESCRIÇÃO E DISCUSSÃO
Portaria MS nº 518, de 25 de Março de 2004⁴ – estabelece os procedimentos e responsabilidades relativos ao controle e vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade, e dá outras providências.	Histórico: No Brasil, a normatização da qualidade da água para o consumo humano foi iniciada na década de 1970. A primeira norma de potabilidade foi estabelecida pelo Decreto Federal nº 79.367, que estabeleceu a competência do Ministério da Saúde sobre a definição do padrão de potabilidade da água para o consumo humano, a ser observado em todo o território nacional, por meio da Portaria nº 56 BSB de 1977. Ao longo do tempo a norma passou por três revisões, sendo que sua última revisão culminou com a publicação da Portaria MS nº 518 de 25 de março de 2004. Enquanto as duas primeiras normas brasileiras de potabilidade (Portarias BSB nº 56/1977 e GM nº 36/1990) traziam basicamente valores máximos permitidos e indicações estatísticas para a realização de amostragens e frequências, a norma em vigor atualmente incorpora por meio de uma discussão mais ampla os diferentes sistemas de abastecimento (coletivos e alternativos) e a atribuição precisa de responsabilidade operacional por estes sistemas, sob a perspectiva dos riscos à saúde pública associados à vulnerabilidade do manancial, às praticas operacionais do tratamento, e integridade física da rede de distribuição. Conteúdo: Na Portaria MS nº 518/2004, o padrão de potabilidade foi dividido da seguinte maneira: padrão microbiológico (incluindo padrão de turbidez para a água pós-filtração ou pré-desinfecção); padrão para substâncias químicas que representam risco à saúde (substâncias inorgânicas e orgânicas, agrotóxicos, cianotoxinas, desinfetantes e produtos secundários da desinfecção); padrão de radioatividade; e, padrão de aceitação para consumo humano. A norma também define os deveres e responsabilidades das diferentes esferas do poder e dos responsáveis pela operação dos sistemas (concessionárias e/ou solução alternativa) acerca da vigilância e controle da qualidade da água para consumo humano, assim como os planos mínimos de amostragem de cada sistema. Critérios utilizados na definição dos padrões: Atualmente a WHO é a instituição que acompanha e recomenda os valores máximos permitidos, obtidos a partir de estudos toxicológicos realizados em todo o mundo e publicados em diferentes veículos científicos especializados no tema. Alguns países, como os Estados Unidos, o Canadá, assim como a Comunidade Européia, apesar de se basearem também nas recomendações da WHO, estimulam pesquisas toxicológicas e bioensaios que, reciprocamente, se tornam referência tanto para a OMS quanto para os demais países. Todas as normas de potabilidade de água para consumo no Brasil seguem fundamentalmente os padrões recomendados pela WHO no <i>Guidelines for Drinking-Water Quality</i>. Histórico: A presente resolução revoga os artigos 26 a 34 da Resolução CONAMA nº 20/1986 (revogada pela Resolução CONAMA nº 357/2005), versando sobre os critérios de balneabilidade em águas brasileiras avaliados por parâmetros e indicadores específicos, de modo a assegurar as condições de balneabilidade, assim como, à necessidade de serem criados instrumentos para avaliar a evolução da qualidade das águas, em relação aos níveis estabelecidos para a balneabilidade. Conteúdo: De forma a assegurar as condições necessárias à recreação de contato primário define que águas doces, salobras e salinas destinadas a balneabilidade (recreação de contato primário) terão sua condição avaliada nas categorias própria e imprópria, sendo a aferição feita após cinco semanas de coletas e análises microbiológicas para coliformes fecais, <i>Escherichia Coli</i> e/ou <i>Enterococos</i> nos dias e locais de maior afluência do público. A norma também prevê elementos de vigilância sanitária para a inspeção do exercício da recreação de contato primário, assim como o enquadramento das áreas consideradas próprias em classes de balneabilidade (excelente, muito boa e satisfatória), sendo as áreas consideradas impróprias quando, por exemplo, houver incidência elevada ou anormal, na região, de enfermidades transmissíveis por via hídrica, ou floração de algas ou outros organismos, ate que se comprove que não oferecem riscos a saúde humana, entre outras medidas. Critérios utilizados na definição dos padrões: O presente instrumento legal está embasado na abordagem desenvolvida com esforços conjuntos da WHO e U.S. EPA denominado Protocolo de Anápolis⁵, porém quanto à definição dos limites microbiológicos não se encontra correlação com nenhuma norma ou diretriz internacional para águas destinadas à recreação de contato primário.
Resolução CONAMA nº 274, de Dezembro de 2000 – Define critérios de balneabilidade em águas brasileiras.	Histórico: A Resolução CONAMA nº 20/86, anterior à Política Nacional de Recursos Hídricos⁶, estabeleceu os objetivos de qualidade das águas doces superficiais e seus respectivos padrões. A constatação, ao longo dos anos, das incongruências existentes na Resolução CONAMA nº 20/86 com relação aos padrões de qualidade, assim como as modificações realizadas na legislação hídrica com o advento da PNRH, da Resolução CNRH nº 12/00 que regulamentou o enquadramento das águas superficiais e da Resolução CONAMA nº 274/00 que dispôs sobre a balneabilidade, conduziram a um debate nacional a respeito da revisão da CONAMA nº 20/86, culminando com sua revogação em 17 de março de 2005 pela Resolução CONAMA nº 357. Conteúdo: Em linhas gerais a Conama 357 é constituída por 50 artigos, dispostos em 6 capítulos, como se vê a seguir: Capítulo I – Definições; Capítulo II – Da classificação dos corpos de água; Capítulo III – Das condições e padrões de qualidade das águas; Capítulo IV – Das condições e padrões de lançamento de efluentes; Capítulo V – Diretrizes ambientais para o enquadramento; Capítulo VI – Disposições finais e transitórias. Ela define treze classes de qualidade, entre águas doces, salobras e salinas, de acordo com os usos esperados para cada classe. A presente portaria conta também com padrões para 33 parâmetros inorgânicos e 54 parâmetros orgânicos de qualidade da água, com diferentes valores definidos entre as águas doces, salobras e salinas, além dos critérios de qualidade específicos exigidos por cada classe. Critérios utilizados na definição dos padrões: Para as modificações, utilizaram-se como referência os padrões adotados em países com objetivos de qualidade mais rigorosos, como EUA e Austrália, além daqueles mais próximos à realidade social e econômica brasileira, como a África do Sul⁷. Para as classes 1 e 2 de águas doces, salinas e salobras, estipulou-se que os padrões não podem conferir efeitos crônicos à biota aquática, enquanto que à classe 3 não se permite ocasionar efeitos agudos. A determinação dos padrões obedeceu ao atendimento do uso mais restritivo presente em cada classe de qualidade.

⁴ Para informações adicionais consultar Brasil. Ministério da Saúde. Secretaria de Vigilância em Saúde (2005, 2006a, 2006b).

⁵ A abordagem proposta conduz a um esquema de classificação através o qual uma área pode ser designada a uma classe de balneabilidade (excelente, muito boa, satisfatória, inapropriada), baseado em riscos à saúde. A classificação primária é baseada na combinação de uma avaliação baseada na suscetibilidade da área a influências de contaminação fecal humana e medidas de indicadores microbiológicos de contaminação fecal. O esquema de classificação provê uma declaração genérica do nível de risco e indica as principais ações de gestão e monitoramento prováveis de serem apropriadas (WHO. Sustainable Development and Healthy Environments; U.S. EPA, 1999).

⁶ A Política Nacional de Recursos Hídricos (Lei nº 9433/1997) estabelece os objetivos e as normas gerais para a gestão das águas brasileiras, tendo como premissas seu caráter público, a gestão participativa e integrada, a prioridade de uso para abastecimento humano e dessedentação de animais com garantia aos usos múltiplos e a definição da bacia hidrográfica como unidade de gestão.

⁷ Para maiores informações consultar Pizzela e Souza (2007).

ABNT – NBR nº 13.969, de Setembro de 1997 – Tanques sépticos – Unidades de tratamento complementar e disposição final de efluentes líquidos - projeto, construção e operação.	Histórico: Esta Norma faz parte de uma série de três normas referentes ao “Sistema de tratamento de esgotos”, sendo a primeira desta série a NBR 7229:1993 - Projeto, construção e operação de sistemas de tanques sépticos. Esta Norma complementa a parte referente ao tratamento e disposição dos efluentes de tanques sépticos da NBR 7229:1993, que contemplava transitoriamente este assunto em seu anexo B, até a edição da presente Norma. Esta Norma foi elaborada para oferecer aos usuários do sistema local de tratamento de esgotos, que têm tanque séptico como unidade preliminar, alternativas técnicas consideradas viáveis para proceder ao tratamento complementar e disposição final do efluente deste. Conteúdo: No item 4, intitulado <i>Tratamento complementar dos efluentes de tanque séptico</i>, detalha as alternativas técnicas para o tratamento do efluente de tanque séptico. São alternativas que resultam, ainda, na emissão do efluente tratado que deve ser disposto em algum corpo receptor. No item 5, <i>Disposição final dos efluentes de tanque séptico</i>, acaba por abordar o reuso local como forma de disposição final de efluentes afirmando que no caso do esgoto de origem essencialmente doméstica ou com características similares, o esgoto tratado deve ser reutilizado para fins que exigem qualidade de água não potável, mas sanitariamente segura. A norma aborda ainda temas como: os usos previstos para esgoto tratado; volume de esgoto a ser reutilizado; grau de tratamento necessário; sistema de reservação e de distribuição; manual de operação e treinamento dos responsáveis. Critérios utilizados na definição dos padrões⁸: As Normas Brasileiras são documentos, estabelecidos por consenso e aprovados por organismo reconhecido. Estes documentos são o consenso nacional do estado da arte de determinada tecnologia e a ABNT os publica como Normas Brasileiras, visto que é reconhecida pelo Governo como único Foro Nacional de Normalização. O processo de elaboração de normas técnicas por parte da ABNT compreende desde a manifestação, por parte de qualquer interessado, da necessidade de normalização de determinado tema e sua posterior inserção no Programa de Normalização do Comitê Técnico relacionado (desde que haja consenso quanto à necessidade da normalização e definida sua prioridade), passando pela elaboração do Projeto de Norma, onde é formada a Comissão de Estudo, composta por representantes de todas as partes interessadas, que possui a responsabilidade de desenvolver, por consenso, o texto que deverá ser submetido a uma Consulta Nacional, e sendo finalizada através de análise do resultado da Consulta Nacional, onde a Comissão de Estudo autora do Projeto de Norma submetido à Consulta Nacional se reúne, com a participação de todos os interessados que se manifestem durante o processo de Consulta, a fim de deliberarem, por consenso, se este Projeto de Norma deve ser aprovado como Norma Brasileira.
ABNT NBR – nº 15.527 de Dezembro de 2007 – Água de chuva – Aproveitamento de coberturas em áreas urbanas para fins não potáveis – requisitos.	Histórico: Atualmente essa é a única normatização nacional específica acerca do aproveitamento da água de chuva. Sua importância é inquestionável, pois sistemas de coleta e aproveitamento de águas pluviais vêm sendo utilizados há anos em algumas regiões do país e atualmente percebe-se um crescimento de projetos de edifícios desenvolvidos com sistemas de aproveitamento de água pluvial, dentro do conceito de construção sustentável. Conteúdo: A NBR 15.527/2007 aborda as condições gerais sobre: concepção do sistema de aproveitamento de águas pluviais, calhas e condutores, reservatórios de descarte (reservatório utilizado para coletar a água de escoamento inicial) e reservatório de águas pluviais (reservatório utilizado para a acumulação das águas pluviais), instalações prediais, qualidade da água, bombeamento e manutenção do sistema. Sobre a qualidade da água, no item 4.5.1, descreve que os padrões de qualidade podem ser definidos pelo projetista de acordo com a utilização prevista, sendo que para usos mais restritivos, porém não potáveis, deve-se respeitar os padrões propostos pela norma. Critérios utilizados na definição dos padrões: Ver discussão da norma ABNT NBR – nº 13.969, de Setembro de 1997.
ANA, FIESP, SindusCon-SP, de 2005 – Conservação e reuso da água em edificações.	Histórico: Trata-se da união de esforços entre a ANA – Agência Nacional de Águas, a FIESP – Federação das Indústrias do Estado de São Paulo e SindusCon-SP – Sindicato da Indústria da Construção Civil do Estado de São Paulo, reunindo agentes públicos, empresas de tecnologia, fabricantes e instituições de ensino, pesquisa e desenvolvimento tecnológico, para elaborar uma publicação que traz orientações para a implantação de programas de conservação de água em edificações comerciais, residenciais e industriais quer sejam edificações novas ou existentes. Destinado ao setor da construção civil, objetiva dar subsídios a adoção de soluções eficientes para a conservação da água na concepção das novas edificações ou na modernização das já existentes. Conteúdo: Em seus capítulos, abrange a Importância da Conservação da Água, Programas de Conservação da Água em Edificações, Detalhamento da Gestão da Oferta na Implantação de Programas de Conservação de Água, Sistema de Gestão da água da Edificação e Estudos de Casos. Ao tratar do Detalhamento da Gestão da Oferta na Implantação de Programas de Conservação de Água, a presente publicação traz as exigências mínimas da água não potável para as atividades realizadas nos edifícios partindo-se de critérios de proteção à saúde do usuário e também do sistema em função das diferentes atividades a serem realizadas. Critérios utilizados na definição dos padrões: De acordo com as exigências mínimas de água não potável, listadas para os diversos usos, e baseado no “estado da arte” acerca da utilização não potável da água, o manual define classes de água para reuso que resumem os critérios para qualidade da água para os diversos usos não potáveis possíveis em meio urbano.

⁸ Para maiores informações consultar ABNT. ISO/IEC (2006).

Tabela 2b: Diretrizes internacionais de reuso da água.

TÍTULO DA NORMA	DESCRIÇÃO E DISCUSSÃO
U.S. EPA, 2004 – <i>Guidelines for water reuse</i> .	Histórico: Em reconhecimento ao crescente papel do reuso da água como componente integral da gestão nacional dos recursos hídricos, e para facilitar o planejamento ordenado, projeto, e implementação de projetos de reuso da água, a Agência de Proteção Ambiental dos Estados Unidos, U.S. EPA, em conjunto com a Agência para o Desenvolvimento Internacional (U.S. AID), publicou as Diretrizes para o Reuso da Água em 1992 (U.S. EPA, 1992). A U.S. EPA tomou a posição de que padrões nacionais para o reuso da água não são necessários e de que diretrizes amplas, unida a regulamentações estaduais flexíveis, viria a incentivar uma maior consideração e implementação de projetos de reuso da água. As diretrizes foram atualizadas em 2004 para incluir avanços tecnológicos, dados de pesquisas, e outras informações geradas na última década. O propósito primário das diretrizes é apresentar e sumarizar as diretrizes de reuso de água estaduais, juntamente a informações de suporte, para benefício de serviços públicos e agências regulatórias, particularmente nos Estados Unidos. Conteúdo: As diretrizes dirigem-se aos vários aspectos do reuso da água e incluem recomendações de processos de tratamento, limites de qualidade da água recuperada, frequências de monitoramento, distâncias de segurança, e outros controles para as várias aplicações de reuso. Esta edição revisada também expande a cobertura das questões relativas ao reuso da água e práticas em outros países. As diretrizes abrangem o tratamento de esgotos municipais para usos não potáveis urbanos, industriais e agrícolas, assim como acrescenta o abastecimento de água potável através do reuso indireto. Ela inclui vários estudos de caso novos e atualizados, apresenta novas informações sobre tecnologias de tratamento e desinfecção, químicos emergentes e patógenos de interesse, questões econômicas, taxas de uso e alternativas de financiamento, envolvimento público e aceitação (tantos casos de sucesso como falhos), atividades de pesquisa e resultados, e fontes de informação adicional. Critérios utilizados na definição dos padrões: A presente diretriz parte de conceitos da melhor engenharia disponível para a proteção do usuário de tais sistemas, agregando recomendações de processos de tratamento (com vistas a garantir uma água recuperada de qualidade aceitável através de processos de tratamento com reconhecimento potencial de redução de contaminantes) à limites microbiológicos rígidos de qualidade da água⁹, prevendo assim uma virtual ausência de patógenos e níveis seguros de contaminantes químicos de interesse na água recuperada.
WHO, 2008 – <i>Guidelines for drinking-water quality – third edition, Incorporating the first and second addenda – Volume I: Recommendations</i> .	Histórico: A primeira publicação da WHO relacionando-se especificamente com a qualidade da água potável foi publicada em 1958 como Padrões Internacionais para Água potável. Foi subsequentemente revisada em 1963 e 1971 sob o mesmo título. Em meados da década de 80 a primeira edição das <i>Guidelines for Drinking-Water Quality</i> foram publicadas em três volumes. A segunda edição dos três volumes foi publicada em 1993, 1996 e 1997 respectivamente. Em 2004, após extensa revisão, publicou-se o 1º Volume da 3ª edição das diretrizes e em 2008 o mesmo volume incorporando o 1º e 2º adendos, sendo estas recomendações em vigência atualmente. Conteúdo: <i>Volume 1: Recomendações:</i> Este volume das diretrizes ilustra os requerimentos para garantir a segurança da água potável, incluindo procedimentos mínimos e valores guia específicos, e como estas exigências são destinadas a ser utilizadas. O volume também descreve as abordagens usadas na derivação das diretrizes, incluindo os valores guia. Nesta terceira edição levam-se em conta os importantes desenvolvimentos recentes em avaliação de riscos microbiológicos e sua ligação com o gerenciamento de riscos. <i>Volume 2: Critério de saúde e outras informações de suporte:</i> Contém os critérios e as bases científicas referenciais adotadas para cada substância ou contaminante. <i>Volume 3: Vigilância e controle de sistemas de abastecimentos comunitários:</i> Versa sobre o monitoramento da qualidade da água potável para pequenas comunidades, em especial nas áreas rurais, principalmente em relação à proteção das fontes hídricas de abastecimento. Critérios utilizados na definição dos padrões: Contaminantes químicos, físicos e radiológicos são extensivamente cobertos por documentos publicados como o International Programme on Chemical Safety (IPCS), a International Agency for Research on Cancer (IARC), Joint FAO/WHO Meetings on Pesticide Residues (JMPR) e Joint FAO/WHO Expert Consultation on Food Additives (JECFA). Estes documentos são baseados principalmente em estudos com animais. Para a maioria dos produtos químicos, a avaliação de risco resulta na derivação de uma dose limiar abaixo a qual assume-se que efeitos adversos não ocorrerão. Este valor é a base para uma Ingestão Diária Tolerável, que pode ser convertido em um valor guia para a concentração máxima permitida na água potável usando uma série de hipóteses e fatores de incerteza. Para agentes genotóxicos carcinogênicos um valor limite é pressuposto não existir, e o valor guia é baseado na extrapolação dos dados de dose resposta de animais para a dose mais baixa ocorrendo tipicamente através da exposição à água para beber. Um nível de referência de risco de 10⁻⁶ DAL Ys¹⁰ (o qual é aproximadamente equivalente a um risco de câncer de 10⁻⁵ pelo período de toda uma vida) por pessoa por ano é tomado para a definição de valores guia. Para ambos os tipos de substâncias químicas, com e sem valores limites, as diretrizes tomam a forma de padrões como produto final, os quais podem ser avaliados por análises químicas da água no fim do tratamento ou nos pontos de consumo. Entretanto, diretrizes não são definidas para valores inferiores aos limites de detecção laboratoriais e são recomendadas apenas quando houver técnicas de controle adequadas para a remoção ou redução da concentração dos contaminantes a níveis desejáveis. Riscos microbiológicos são tratados de forma diferente. Análises e revisões de risco são feitas para as características dos vários diferentes microorganismos patogênicos. Entretanto, a informação acerca dos patógenos é raramente usada para a derivação de diretrizes para a produção de água potável. Em seu lugar, as diretrizes são baseadas em princípios adotados e testados de prevenção de poluição fecal e da boa prática de engenharia. Esta abordagem resulta em padrões finais para indicadores de organismos fecais e guias operacionais para a proteção da fonte de água e adequado tratamento.

⁹ A definição de critérios de qualidade de efluentes baseada nesta abordagem traz em si, inegavelmente, uma margem de segurança considerável, na visão de vários autores exagerada. A principal crítica a esta abordagem é a de que pode ser desnecessariamente restritiva e resultar em um alto custo por caso de doença prevenido. Os gastos podem ser justificados por países industrializados com baixos níveis de doenças entéricas endêmicas, mas não podem ser justificados em países com altos níveis de infecções endêmicas, onde doenças entéricas são mais facilmente transmitidas através de higiene e saneamento precários do que através do reuso da água e onde recursos para cuidados preventivos à saúde são precários (BLUMENTHAL et al., 2000, p. 1105).

¹⁰ Informações adicionais no item 5.2 do presente trabalho.

WHO, 2006 – <i>Guidelines for the safe use of wastewater, excreta and greywater – Volume II: wastewater use in agriculture</i> ¹¹ .	Histórico: Em 1971, a WHO patrocinou uma reunião de especialistas em reuso da água, que culminou em 1973 com um relatório recomendando critérios de saúde e processos de tratamento para várias aplicações de reuso. Os critérios de 1973 foram revisados em 1989; e mais recentemente, a terceira edição das Diretrizes da WHO foi publicada em 2006. A presente terceira edição das diretrizes foi atualizada baseada em novas evidências em saúde, expandida para melhor alcançar grupos alvo chave e reorientada para refletir o pensamento contemporâneo de gerenciamento de riscos, abrangidos pela estrutura de Estocolmo¹². Conteúdo: As diretrizes são apresentadas em 4 volumes separados: Volume 1: <i>Policy and regulatory aspects</i>; Volume 2: <i>Wastewater use in agriculture</i>; Volume 3: <i>Wastewater and excreta use in aquaculture</i>; e Volume 4: <i>Excreta and greywater use in agriculture</i>. O primeiro volume das diretrizes é focado em políticas, regulamentação e planos institucionais. Ele provê direções em formulação, harmonização e integração de políticas, em mecanismos regulatórios e na criação de ligações institucionais entre os vários setores e partes interessadas. Informações técnicas detalhadas acerca da avaliação de riscos, medidas de proteção à saúde, monitoramento e avaliação são apresentadas nos Volumes 2, 3 e 4, provendo informações para a avaliação e gerenciamento de riscos associados a perigos microbiológicos e químicos tóxicos, explanando os requerimentos para a promoção do uso seguro de efluentes líquidos, águas cinza e excreta na aquíicultura e agricultura, incluindo procedimentos mínimos e objetivos de saúde específicos. Estes volumes também descrevem a abordagem usada na derivação das diretrizes, incluindo as metas de saúde, além de uma substantiva revisão das abordagens para garantir a segurança microbiológica. Critérios utilizados na definição dos padrões: Para a definição dos parâmetros microbiológicos a atual edição das diretrizes utilizou-se de estudos epidemiológicos suplementados por estudos microbiológicos acerca da transmissão de patógenos e modelos matemáticos de avaliações quantitativas de riscos microbiológicos para patógenos selecionados, utilizando-se como risco tolerável uma carga adicional de doenças de 10⁻⁶ DALYs. Medidas compreendendo boas práticas de gerenciamento do reuso são propostas ao lado da qualidade da água de reuso e metas de tratamento, além de restrições para culturas a serem irrigadas com água de reuso e seleção de métodos de irrigação, e a observação de praticas de higiene pessoal (incluindo o uso de roupas protetoras), fornecendo proteção adicional à saúde.
WHO, 2003 – <i>Guidelines for safe recreational water environments – Volume I: Coastal and fresh waters</i> ¹³ .	Histórico: A World Health Organization inicia suas atividades acerca das águas “recreacionais” ou “balneares” já na década de 70 através de dois encontros de especialistas. Estes encontros destacaram a amplitude dos possíveis riscos associados ao uso recreacional da água e notaram que estudos prospectivos com voluntários ofereceriam a “melhor esperança de progresso” em termos de estabelecimento de vínculos entre a qualidade da água e saúde do banhista. Seguiu-se então uma série de quatro encontros de especialistas realizados entre 1989 e 1997 e após várias revisões as diretrizes foram finalizadas em novembro de 2002 (após absorver em 2001 a abordagem chamada “Protocolo de Anápolis”, o qual descreve em linhas gerais uma abordagem combinada de inspeções sanitárias e quantificação microbiológica que deve ser usada para a classificação de águas recreacionais, além de sugerir o uso de informações relevantes para facilitar a proteção do público em tempo real). Conteúdo: O <i>Volume 1 – Coastal and Fresh Waters</i>, fornece uma revisão e avaliação dos perigos à saúde encontrados durante o uso recreacional em ambientes costeiros e de água doce. Inclui a derivação de valores guia e a descrição das bases para decisão de se derivá-los ou não. Trata de uma ampla gama de perigos, incluindo perigos conduzindo a afogamentos e ferimentos, qualidade da água, exposição ao calor, frio e luz solar, e organismos aquáticos perigosos, além de oferecer subsídios acerca dos diferentes tipos de atividades aquáticas recreacionais (natação, surf, etc.) para permitir leitores informados a interpretar as diretrizes à luz das circunstâncias locais e regionais. Em relação à qualidade da água, capítulos separados tratam da poluição fecal, microorganismos de vida livre, algas de águas doces, algas marinhas e aspectos químicos. Ela descreve opções de prevenção e gerenciamento para responder aos perigos identificados. Critérios utilizados na definição dos padrões: Uma serie de testes randomizados controlados executados em águas costeiras do Reino Unido formam os estudos chave para a derivação dos valores guia para a qualidade microbiológica de ambientes aquáticos recreacionais. Porém não há evidências adequadas para a derivação direta dos valores guia, projetados para ambientes marinhos, para águas doces. A aplicação dos valores guia em águas doces pode resultar em uma menor taxa de infecções (creditada à maior taxa de desativação de microorganismos indicadores do que patógenos em águas salgadas se comparado às águas doces), provendo uma diretriz conservativa na ausência de dados epidemiológicos apropriados para água doces.

¹¹ Informações adicionais podem ser encontradas em: Blumenthal et al. (2000); Blumenthal and Peasey (2002); Asano et al. (2007).

¹² Trata-se de uma abordagem integrada combinando análise de riscos e gerenciamento de riscos no controle de doenças relacionadas à água. Esta abordagem harmoniza os processos de desenvolvimento de diretrizes e padrões baseados na saúde em termos de perigos microbiológicos relacionados à água e saneamento e provê um quadro conceitual para todas as diretrizes relacionadas à água da WHO. A estrutura de Estocolmo envolve: (1) a avaliação de riscos à saúde antes da definição de metas baseadas em saúde e o desenvolvimento de valores guia, (2) a definição de abordagens básicas de controle, e (3) a avaliação do impacto destas abordagens combinadas sobre a saúde pública. Esta abordagem requer que doenças sejam gerenciadas através de uma perspectiva integrada de saúde e não isoladas. Isto, por sua vez, implica que a determinação dos riscos toleráveis necessita ser colocada em um contexto das atuais taxas de doenças em uma população relacionadas a todas as exposições que acarretam uma doença em particular, incluindo outras exposições relacionadas à água e saneamento. Além disso, consequências à saúde de uma rota de exposição, ou de uma doença para outra, podem ser comparadas utilizando uma medida comum, como os Anos de Vida Ajustados por Incapacidade (DALYs) (ASANO et al., 2007, p. 180).

¹³ Para maiores informações consultar Havelaar et al. (2001) e WHO. Sustainable Development and Healthy Environments; U.S. EPA (1999).

Tabela 3a: Padrões adotados pelas normas nacionais de qualidade da água¹⁴.

Parâmetros de Monitoramento	MS nº 518/2004 ¹⁵	CONAMA nº 274/2000	CONAMA nº 357/2005 ¹⁶	ABNT NBR nº 13.969/1997	ABNT NBR nº 15.527/2007	ANA, FIESP, Sinduscon-SP - 2005
Tipo de Uso	Água para consumo humano.	Águas naturais destinadas à recreação de contato primário.	Águas doces de Classe II - Consumo humano após tratamento convencional; recreação de contato primário; proteção das comunidades aquáticas; irrigação irrestrita; aquicultura e pesca.	Classe I de Reuso - Reuso local de esgotos de origem doméstica para fins não potáveis. Usos que requerem contato direto do usuário com a água, com possível aspiração de aerossóis.	Aproveitamento de coberturas em áreas urbanas para fins não potáveis.	Classe I de Reuso - Descargas de bacias sanitárias, lavagem de pisos e fins ornamentais; lavagem de roupas e de veículos.
Nível de Tratamento Sugerido	Não há recomendações.	Não se aplica.	Não se aplica.	Tratamento aeróbio (filtro aeróbio submerso ou LAB) seguido por filtração convencional (areia e carvão ativado) e cloração.	Não há recomendações. Apenas recomenda a instalação de dispositivo de descarte do fluxo inicial e cloração.	Não há recomendações.
PARÂMETROS FÍSICO-QUÍMICOS						
Sabor e Odor	Não objetáveis.		Virtualmente ausentes.			Não objetáveis
Cor	< 15 uH (cor aparente).		< 75 uH (cor verdadeira).		< 15 uH (cor aparente).	< 10 uH (cor aparente)
Turbidez	< 1,0 uT para filtração rápida e 2,0 para filtração lenta em 95% das amostras. Nunca superior à 5,0 uT.		< 100 uT	< 5,0 uT	< 2,0 uT (para usos menos restritivos < 5,0 uT).	< 2,0 uT
SDT	< 1.000 mg/L.		< 500 mg/L	< 200 mg/L		< 500 mg/L
SST						< 5 mg/L
pH	6,0 a 9,5 (sistema de distribuição); < 8,0 durante cloração.		6,0 a 9,0.	6,0 a 8,0	6,0 a 8,0	6,0 a 9,0
Cloro residual	> 0,5 mg/L após desinfecção e > 0,2 mg/L em todo o sistema de distribuição. VMP 5,0 mg/L.		< 0,01 mg/L (cloro residual total).	0,5 a 1,5 mg/L.	0,5 a 3,0 mg/L	Apenas recomenda a manutenção de cloro residual combinado em todo o sistema de distribuição.
OD			> 5,0 mg/L O ₂ .			
DBO			< 5,0 mg/L de O ₂ .			< 10,0 mg/L
Nitrato	< 10,0 mg/L		< 10,0 mg/L			< 10,0 mg/L
Nitrito	< 1,0 mg/L		< 1,0 mg/L			< 1 mg/L
Nitrogênio amoniacal	< 1,5 mg/L		0,5 a 3,7 mg/L (depende do pH).			< 20 mg/L
Fósforo total			< 0,03 mg/L.			< 0,1 mg/L
PARÂMETROS MICROBIOLÓGICOS						
Coliformes totais	Ausência em 100 ml.				Ausência em 100 ml	
Coliformes termotolerantes	Ausência em 100 ml.	250 - 1000 NMP/100 ml ¹⁷ .	< 1000 NMP/100 ml.	< 200 NMP/100 ml	Ausência em 100 ml	Não detectáveis
Escherichia coli	Ausência em 100 ml.	200 - 800 NMP/100 ml ¹⁸ .				
Enterococos		25 - 100 NMP/100 ml.				

¹⁴ Para feito de comparação, quando classes de uso são definidas pela norma ou diretriz em questão, procurou-se por utilizar as classes que apresentem níveis de exposição do usuário equivalentes, adotando-se os usos mais restritivos para águas não potáveis.

¹⁵ Apresentados apenas os parâmetros que se correlacionem com os existentes nas outras normas.

¹⁶ Apresentados apenas os parâmetros que se correlacionem com os existentes nas outras normas.

¹⁷ Limite inferior refere-se a categoria Excelente, e limite superior a categoria Satisfatória.

¹⁸ Aplicável apenas para ambientes marinhos.

Tabela 3b: Padrões adotados pelas normas internacionais de qualidade da água.

Parâmetros de Monitoramento	U.S. EPA – Guidelines for Water Reuse - 2004	WHO – Guidelines for Drinking Water ¹⁹ - 2008	WHO – Guidelines for the Safe Use of Wastewater, Excreta and Greywater ²⁰ - 2006	WHO – Guidelines for Safe Recreational Environments - 2003
Tipo de Uso	Classe de Reuso Urbano - irrigação, lavagem de veículos, descargas sanitárias, sistemas de ar condicionado, etc.	Água para consumo humano	Reuso de esgotos na agricultura; irrigação irrestrita.	Águas costeiras destinadas à recreação de contato primário
Nível de Tratamento Sugerido	Tratamento secundário seguido por filtração e desinfecção.	Não há recomendações expressas, porém apresenta e discute alguns métodos durante todo a diretriz.	Combinações de tratamentos e outras barreiras de proteção (lavagem do vegetal, decaimento natural do patógeno, irrigação subsuperficial...).	Não se aplica.
PARÂMETROS FÍSICO-QUÍMICOS				
Sabor e Odor	Não objetáveis	Não objetáveis; a presença deve ser investigada.		
Cor		< 15 uH (cor verdadeira)		
Turbidez	< 2,0 uT	0,1 (média), não superior a 5,0 uT		
SDT	500 a 2.000 mg/L para irrigação.	< 1000 mg/L		
pH	6,0 a 9,0	6,5 a 8,0		
Cloro residual	> 1,0 mg/L com tempo de contato de 30 min. e > 0,5 mg/L no sistema de distribuição.	> 0,5 mg/L após desinfecção e > 0,2 mg/L no sistema de distribuição, nunca superior a 5,0 mg/L		
DBO	< 10,0 mg/L			
PARÂMETROS MICROBIOLÓGICOS				
Coliformes totais				
Coliformes termotolerantes	Ausência em 100 ml	Ausência em 100 ml (água para consumo humano).	< 10 ³ /100 ml	
Escherichia coli		Ausência em 100 ml (água para consumo humano).		
Enterococos				< 200/100 ml ²¹
Ovos de Helmintos			< 1/L ²²	

¹⁹ Apresentados apenas os parâmetros que se correlacionem com os existentes nas outras normas.

²⁰ Informações referentes ao Volume II - Wastewater use in agriculture.

²¹ O valor apresentado refere-se a águas de Classe B, este valor encontra-se abaixo do limiar de transmissão de doenças reportado na maioria dos estudos epidemiológicos.

²² Onde crianças abaixo de 15 anos são expostas, medidas adicionais de proteção à saúde devem ser usadas, como tratamento à < 0,1 ovo de helminto/L, uso de equipamentos de proteção individual ou farmacoterapia.

Tabela 4: Análise dos parâmetros de qualidade propostos pelas diferentes diretrizes²³.

Parâmetro	Descrição e análise quanto aos diversos usos propostos pelas diferentes diretrizes de estudo
PARÂMETROS FÍSICO-QUÍMICOS	
Sabor e odor	Podem ser originados de contaminantes químicos e orgânicos naturais, de fontes e/ou processos biológicos, da contaminação por químicos sintéticos, da corrosão ou como resultado do tratamento da água (ex. cloração). Em todas as normas analisadas, há uma unanimidade clara na virtual ausência destes parâmetros, de um lado deve-se ao fato destes serem parâmetros de aceitação do usuário, e por outro, há uma preocupação com as fontes destas anomalias, pois estas podem (ou não) representar riscos à saúde.
Cor	Produtiva pela reflexão da luz em partículas de dimensões inferiores a 1 µm (denominados coloides) finamente dispersas, de origem orgânica (ácidos húmicos e fulvícos) ou mineral (resíduos industriais, compostos de ferro e manganês naturais ou produtos de corrosão). Valores inferiores a 15 uH, cor verdadeira, usualmente são aceitas pelo consumidor. Valores para proteção à saúde não são propostos para cor, porém alterações nos níveis de cor devem ser investigadas quanto às fontes. Há ampla concordância nas normas avaliadas quanto a definição do Valor Máximo Permitido (VMP) para cor, variando em torno de 15 uH.
Turbidez	Expressa a interferência à passagem de luz através do líquido. É resultante da presença de partículas em estado coloidal, em suspensão, de matéria orgânica e inorgânica finamente dividida, de plâncton e de outros microrganismos microscópicos. Águas com turbidez inferior a 5,0 uT são geralmente aceitas pelo consumidor. Na água filtrada, assume função de indicador sanitário, uma vez que a remoção de turbidez por filtração pode indicar a remoção de partículas em suspensão, incluindo cistos e oocistos de protozoários e ovos de helmintos. A turbidez em excesso também afeta o processo de desinfecção, visto que partículas em suspensão podem proteger os microrganismos da ação de desinfetantes. Nas diretrizes analisadas, aquelas que requerem valores de turbidez inferior a 5,0 uT destinam-se ao caráter estético da água, VMPs definidos abaixo de 2,0 uT destinam-se a eficiência da desinfecção (prioritariamente remoção de bactérias e vírus pelo processo de desinfecção), já VMPs abaixo de 1,0 uT visam a remoção de protozoários por filtração-desinfecção.
SDT	É uma medida dos constituintes iônicos da água. Compreende, basicamente, sais inorgânicos (principalmente cálcio, magnésio, potássio, sódio, bicarbonatos, cloretos e sulfatos) e pequenas quantidades de matéria orgânica dissolvida. Altos níveis podem causar incrustações no sistema de distribuição, manchas na lavagem de tecidos, diminuição da permeabilidade e salinização do solo e possível toxicidade à plantas. Níveis inferiores a 600 mg/L geralmente não afetam a palatabilidade. Níveis entre 500 e 1000 mg/L podem afetar plantas mais sensíveis e níveis acima de 2000 mg/L só podem ser utilizados em plantas muito resistentes e solos bem permeáveis. Nas normas analisadas VMPs definidos abaixo de 500 mg/L destinam-se a proteção contra incrustações e manchas na lavagem de roupas e veículos, assim como a não apresentar nenhum efeito sob a irrigação. Valores abaixo de 1000 mg/L visam a não rejeição quanto ao sabor. Já a norma NBR 13.969/97, ao definir um VMP de 200 mg/L parece utilizar-se de um critério mais restritivo, em face as outras normas apresentadas.

²³ Esclarecimentos adicionais acerca das informações aqui apresentadas poderão ser encontrados em: Asano et al. (2007, p. 140-141); Ashbolt, Grabow e Snozzi (2001); Brasil. Ministério da Saúde. Secretaria de Vigilância em Saúde (2005, p. 45-46, 2006a, p.169-193, 2006b, p. 44-55); U.S EPA (2004, cap. 3.4); WHO (2008, cap. 10-11).

SST	Constituem partículas passíveis de retenção por processos de filtração e devem ser controlados, principalmente por “proteger” os microrganismos de desinfetantes, além de reagir com os mesmos para a formação de subprodutos tóxicos. Podem afetar, também, algumas práticas de reuso, como sistemas de irrigação por gotejamento e/ou aspersão, causando entupimentos.
pH	O valor do pH influi na distribuição das formas livres e ionizadas de diversos compostos químicos, além de contribuir para um maior ou menor grau de solubilidade das substâncias e de definir o potencial de toxicidade de vários elementos. Embora não tenha impacto direto sobre consumidores, ele é um dos mais importantes parâmetro operacionais para a qualidade da água, afetando a eficiência da desinfecção, coagulação, solubilidade de metais e alcalinidade de solos. Para este parâmetro parece haver certa concordância entre os valores adotados pelas diferentes normas.
Cloro residual	Um dos mais importantes atributos de um desinfetante é sua capacidade de manter residuais minimamente estáveis após sua aplicação e reações na água, sendo esta uma das principais vantagens do cloro. Na saída do tanque de contato, a medida do cloro residual cumpre o papel de indicador da eficiência da desinfecção, já no sistema de distribuição a manutenção de residuais de cloro tem por objetivo a prevenção de pós-contaminação, sendo sua medida também um indicador da qualidade bacteriológica da água distribuída. Efeitos adversos à saúde humana não são identificados aos níveis propostos nas diferentes diretrizes. Porém valores acima de 5,0 mg/L podem afetar o odor e sabor, e teores acima de 0,5 mg/L podem prejudicar plantas mais sensíveis. Apesar das diferenças entre os valores adotados pelas diferentes diretrizes, os mesmos parecem estar condizentes com os usos previstos da água em cada uma delas. Como por exemplo, um VMP de 0,01 mg/L definido pela CONAMA 357/05 para proteção da vida aquática e, 1,5 mg/L da NBR 13.969/97, para evitar efeitos sobre plantas.
OD	Valores de proteção à saúde humana não são recomendados, porém trata-se de um dos parâmetros mais significativos para expressar a qualidade de um ambiente aquático e detectar impactos ambientais como eutrofização e poluição orgânica.
DBO	Indicador que determina indiretamente a concentração de matéria orgânica biodegradável através da quantidade de oxigênio dissolvido necessária para estabilizar a matéria orgânica através da ação de bactérias aeróbias. A necessidade de remoção da matéria orgânica está relacionada ao tipo de reuso. Alguns efeitos adversos associados a substâncias orgânicas incluem efeitos estéticos desagradáveis (podem comunicar cor e odor), provêm alimento para o crescimento microbiano, podem favorecer o recrescimento microbiano em sistemas de distribuição, afetam adversamente processos de desinfecção e consomem oxigênio dissolvido. O limite recomendado de DBO pela diretriz da U.S. EPA pretende indicar que a matéria orgânica foi estabilizada e não é putrescível. Já o limite proposto pela CONAMA 357/05 visa a proteção da vida aquática, onde valores elevados de DBO indicariam uma supressão do O ₂ dissolvido na água, podendo causar mortandade de peixes e até mesmo a eutrofização do corpo d'água.
Série nitrogenada e fósforo.	Preocupações a saúde são derivadas apenas para o uso potável da água. Em usos não potáveis o controle de formas de nitrogênio e fósforo visa evitar a proliferação de algas e biofilmes, que podem formar depósitos em tubulações, peças sanitárias, reservatórios e tanques. Valores são estabelecidos, com este fim, apenas pelo manual de Conservação e Reuso da Água em Edificações, da Agência Nacional das Águas.

PARÂMETROS MICROBIOLÓGICOS	
Coliformes totais	A identificação dos microrganismos patogênicos na água é, geralmente, morosa, complexa e onerosa. Por essa razão, tradicionalmente se recorre à identificação dos organismos indicadores de contaminação, na interpretação de que sua presença apontaria a introdução de matéria de origem fecal (humana ou animal) na água e, portanto, o risco potencial da presença de organismos patogênicos. Sendo assim, o uso tradicional das espécies de coliformes como indicadoras da qualidade da água é baseado na sua prevalência nas fezes e associação próxima com patógenos humanos prováveis de estarem presentes na água contaminada com dejetos humanos. Entretanto, o grupo dos coliformes inclui bactérias não exclusivamente de origem fecal, podendo ocorrer naturalmente no solo, na água e em plantas. Além disso, principalmente em climas tropicais, os coliformes totais apresentam capacidade de se multiplicar na água. Assim, na avaliação da qualidade de águas naturais, incluindo a avaliação de fontes de individuais de abastecimento, os coliformes totais tem valor sanitário limitado. Para a aferição da qualidade bacteriológica da água tratada, a ausência dos coliformes totais é um indicador adequado e suficiente da eficiência do tratamento, uma vez que apresentam uma taxa de decaimento (inativação) similar ou superior à dos coliformes termotolerantes e da <i>E. coli</i>. No que toca à avaliação da qualidade virológica e parasitologia da água tratada, torna-se necessário o emprego de indicadores complementares não biológicos, tais como a turbidez da água pós-filtração ou pré-desinfecção e parâmetros de controle da desinfecção (dose, residual de desinfetante e tempo de contato). Para fins de reuso da água não se apresenta como um indicador válido, pois não guarda íntima relação com organismos de fontes estritamente fecais e/ou humanas, podendo inclusive multiplicar-se no meio, geralmente rico em nutrientes e de temperatura elevada. Para águas captadas de chuva a contaminação fecal humana é improvável, e qualquer contaminação do tanque de estocagem pode geralmente se originar de pássaros e pequenos mamíferos sobre a superfície de captação. Neste caso, devido a especificidade de hospedeiro, a incidência de espécies patogênicas a humanos é provavelmente menor e a associação entre a presença de coliformes e riscos patogênicos pode, entretanto ser consideravelmente menor.
Coliformes termotolerantes e <i>E. coli</i>	Bactérias coliformes totais incluem uma ampla gama de bactérias anaeróbias e anaeróbias facultativas. <i>Escherichia coli</i> e coliformes termotolerantes são um subconjunto do grupo dos coliformes totais que podem fermentar lactose a altas temperaturas. O grupo coliforme inclui tanto espécies fecais como ambientais. <i>Escherichia coli</i> está presente e altos números em fezes humanas e animais e é raramente encontrada na ausência de poluição fecal. Espécies de coliformes termotolerantes, que não <i>Escherichia coli</i>, podem incluir organismos ambientais, portanto a <i>Escherichia coli</i> é considerada o indicador de contaminação fecal mais indicado. Na maioria dos casos, populações de coliformes termotolerantes são compostos predominantemente por <i>E. coli</i>, como resultado, este grupo é considerado menos confiável mas aceitável como índice de poluição fecal. Comparando-se os valores adotados, para estes parâmetros, nas diferentes diretrizes, podemos observar uma ampla variação nos VMPs definidos pelas mesmas. Variações estas, provindas principalmente, das diferentes visões de risco tolerável, inerente ao processo de formulação de cada diretriz. Enquanto algumas diretrizes buscam a ausência de qualquer excesso de risco acarretado pelo uso de águas não potáveis, definindo valores conservativos que partem do pressuposto de que a ausência de microrganismos indicadores, junto ao controle dos processos de desinfecção, representa a virtual ausência de patógenos e, portanto de riscos à saúde, outras diretrizes já toleram certo grau de

	risco, seja em prol da viabilidade técnico-econômica das atividades de reuso (dentro de limites de riscos ditos aceitáveis), seja por partir de perspectivas epidemiológicas e de avaliação de risco, definindo que os riscos provenientes do uso da água com tais concentrações de coliformes encontram-se dentro de um limiar de risco tolerável para a população exposta, sob a forma de uma fração definida arbitrária do total da carga de doenças na comunidade, por exemplo. Não cabe a este trabalho definir qual nível de organismos indicadores pode ser considerado efetivamente seguro. Este tipo de afirmação necessita de uma profunda avaliação dos potenciais agentes de risco à saúde provindos de cada fonte e tipo de utilização da água. A definição dos padrões de qualidade a serem alcançados é, sobretudo, um processo de tomada de decisões da agencia regulatória que vincula considerações políticas, sociais, econômicas, e de engenharia às informações relacionadas ao risco. O processo de seleção necessariamente requer o uso de julgamento de valores sobre cada questão, assim como a aceitabilidade do risco e racionalização dos custos de controle.
Enterococos	São bactérias do grupo dos <i>Streptococcus</i> fecais, pertencentes ao gênero <i>Enterococcus</i>, o qual se caracteriza pela alta tolerância às condições adversas de crescimento. Dentro do grupo dos <i>Streptococcus</i> fecais, os <i>streptococcus</i> incluem as espécies mais associadas às fezes humanas, embora algumas delas possam ser encontradas em fezes animais e mesmo em solos e vegetais. Geralmente apresentam maior resistência às condições ambientais do que outros organismos indicadores, sua persistência é similar à apresentada pelas potenciais bactérias patogênicas de veiculação hídrica. A maioria das espécies não se multiplica no meio ambiente, além disso, guarda uma relação mais próxima com os perigos à saúde (principalmente gastroenterites) associados a banhistas. Devido a estas características, são de especial interesse na aferição da qualidade de águas balneares, especialmente águas marinhas, onde a sobrevivência de organismos indicadores tradicionais, como coliformes, é reduzida.
Ovos de Helminthos	A definição de valores guia para ovos de helmintos pela WHO baseia-se na conclusão de que os principais riscos à saúde associados com o reuso em países em desenvolvimento estão associados a verminoses; portanto, um alto grau de remoção de helmintos é necessário para o uso seguro de esgotos na agricultura e aquicultura. Helmintos servem, também, como indicador de uma larga gama de patógenos sedimentáveis, como ovos de Nematoides e cistos de Protozoários. Para desenvolver metas à saúde para infecções por helmintos, evidências epidemiológicas foram usadas. Estas evidências demonstraram que um excedente de infecções por helmintos (tanto para os produtores como para os consumidores) não puderam ser medidas onde efluentes com uma qualidade de ≤ 1 ovo de helminto/L foram usados para irrigação. Este nível de proteção à saúde pode ser alcançado por tratamento de esgotos; por uma combinação de tratamento de esgotos e lavagem do produto para proteger consumidores de vegetais crus; ou pelo tratamento de esgotos e o uso de equipamento de proteção individual (botas, luvas) para proteger os agricultores. Onde crianças menores de 15 anos são expostas no campo, tanto tratamentos adicionais de esgotos (para se alcançar uma qualidade $\leq 0,1$ ovos de helminto/L) quanto a adição de outras medidas de proteção adicionais (como tratamentos farmacológicos, por exemplo) devem ser consideradas. A diretriz para ovos de helmintos pretende prover um parâmetro de projeto, não apenas um padrão de teste do efluente.

5.2. Discussão dos Resultados - *A avaliação de riscos a saúde e seu papel no desenvolvimento de um critério racional para a definição dos padrões de qualidade da água para fins não potáveis.*

5.2.1. Definições

A Avaliação de Riscos apresenta-se como uma ferramenta importante e possível de ser utilizada para auxiliar e orientar o processo decisório de controle e prevenção da exposição de populações e indivíduos a diversos agentes ou situações perigosas a saúde. Essa metodologia faz parte de uma abordagem maior, denominada Análise de Risco, a qual compreende três procedimentos desenvolvidos normalmente de forma seqüencial e integrada: Avaliação de Risco, Gerenciamento de Risco e Comunicação de Risco (BASTOS; BEVILACQUA; MIERZWA, 2009, p. 238).

A Análise de Risco se fundamenta em vários conceitos e pressupostos que a caracterizam como uma metodologia flexível e passível de ser aplicada em diferentes áreas do conhecimento e adaptada a situações diversas, considerando, inclusive, vários possíveis desfechos/eventos os quais se quer prevenir ou controlar. De forma genérica, essa metodologia permite, a partir do conhecimento e descrição de possíveis fatores, agentes ou situações que possam determinar a ocorrência de eventos indesejáveis, propor medidas e intervenções que possam evitá-los ou controlá-los, envolvendo a participação da população ou grupo que sofrera as conseqüências advindas dos eventos indesejáveis, ainda que a participação signifique apenas a disponibilização de informação (BASTOS; BEVILACQUA; MIERZWA, 2009, p. 238).

Considerando os procedimentos que integram a Análise de Risco, podemos dizer que (SOLLER, 2006, p. 165-166; NRC, 1983 apud ASANO et al., 2007, p. 196, 205-206):

- O componente **avaliação do risco** compreende a estimativa e a caracterização qualitativa e quantitativa de efeitos potencialmente adversos à saúde associados à exposição de indivíduos ou populações a materiais e situações perigosas. Avaliações de Riscos incluem vários elementos: descrição dos potenciais efeitos adversos à saúde baseada na avaliação de resultados de estudos epidemiológicos, clínicos, toxicológicos e ambientais; extrapolação destes resultados para prever o tipo e estimativa do alcance dos efeitos à saúde em humanos sob dadas condições de exposição; ponderamentos acerca do número e características das pessoas expostas a várias intensidades e durações; e julgamentos resumidos acerca da existência e magnitude completa do problema à saúde pública. Avaliações de Riscos também incluem a caracterização das incertezas inerentes do processo de inferir riscos.
- O componente **gestão do risco** pesa alternativas de ação à luz dos resultados da avaliação do risco e, se necessário, seleciona e implementa opções de controle adequadas, incluindo medidas reguladoras. A informação científica provinda da avaliação de riscos é mais uma contribuição no processo. A gestão de riscos é um processo de tomada de

decisões que vincula considerações políticas, sociais, econômicas, e de engenharia às informações relacionadas ao risco para desenvolver, analisar e comparar opções regulatórias e selecionar respostas regulatórias apropriadas a um potencial perigo crônico à saúde. O processo de seleção necessariamente requer o uso de julgamento de valores sobre cada questão assim como a aceitabilidade do risco e racionalização dos custos de controle.

- O componente **comunicação do risco** é uma troca iterativa de informações e opiniões a respeito do risco e da gestão do risco entre assessores, gestores de risco, consumidores, e outras partes interessadas. A comunicação do risco pode ser definida como a troca de informações entre as partes interessadas sobre a natureza, magnitude, significância ou controle do risco. Partes interessadas incluem agências governamentais, corporações ou grupos industriais, associações, a mídia, cientistas, organizações de classe, grupos interessados especiais, comunidade, e cidadãos individuais. Informações acerca de riscos podem ser comunicadas através de uma variedade de canais, abrangendo desde meios de comunicação e etiquetas de perigo em produtos à reuniões públicas ou audiências envolvendo representantes do governo, indústria, meios de comunicação, e o público em geral.

Este item enfatiza a avaliação de risco microbiológico dentro do processo de análise de risco. A avaliação de riscos como uma disciplina formal emergiu nas décadas de 40 e 50 paralelamente ao início da indústria nuclear e suas atividades regulatórias enquanto que a avaliação quantitativa de risco é utilizada desde a década de 1970, para estimar os efeitos na saúde humana associados à exposição a agentes químicos.

Os princípios, processos e métodos para conduzir a avaliação de risco por agentes químicos foram formalizados, pela primeira vez, em 1983 pelo *National Research Council – NRC*, resultando em um processo ou modelo de quatro etapas. As etapas delineadas pelo *NRC* incluem identificação do perigo, avaliação de dose-resposta, avaliação da exposição e caracterização do risco. Muitas das avaliações de risco microbiológico (ARM) iniciais empregavam o modelo conceitual para químicos do *NRC* para promover uma estrutura a partir da qual as análises poderiam ser conduzidas (ASANO, et al., 2007, p. 194; SOLLER, 2006, p. 166).

Com o desenvolvimento do campo de atuação da análise de risco microbiológico, ficou evidente que existiam algumas complexidades associadas à modelagem das doenças infecciosas que são exclusivas a patógenos, como a transmissão de infecção de pessoa a pessoa e a imunidade. Portanto, o modelo conceitual para agentes químicos pode nem sempre ser o mais indicado para a análise de risco de infecção humana após exposição a patógenos. Para tratar desse assunto o *Office of Water*, da *EPA*, promoveu uma série de reuniões com o intuito de desenvolver um modelo conceitual para avaliar os riscos de infecção humana associados a microrganismos patogênicos. Essas reuniões resultaram em um modelo publicado em 1996 que foi, então, testado e subseqüentemente revisado (*ILSI*, 2000). O

modelo da *EPA/ILSI* de análise de risco de infecção humana após a exposição à água e comida contaminadas por patógenos é compreendido por três componentes principais: formulação do problema, avaliação e caracterização do risco. Atualmente, ambos os modelos, do *NRC* e da *EPA/ILSI*, são empregados na condução de ARMs²⁴ (SOLLER, 2006, p. 167).

O propósito fundamental da Avaliação de Riscos é prover informações completas aos Gestores de Riscos, especificamente, planejadores e reguladores para que eles possam então tomar decisões baseadas na melhor informação possível. A abordagem científica da análise de risco maximiza o conhecimento, minimizando o relativismo nas decisões relacionadas ao risco. Mais especificamente, uma avaliação de riscos à saúde é um documento escrito em que todos os dados científicos pertinentes, sobre toxicologia, epidemiologia, experiência humana, degradação ambiental, e exposição são agregados, criticados, e interpretados na ausência de julgamentos morais (ASANO et al., 2007, p. 196).

A grosso modo, para determinadas condições de exposição a avaliação de riscos é usada para prover: (1) uma caracterização do tipo de efeitos à saúde esperados (perigos); (2) uma estimativa da probabilidade (risco) da ocorrência destes efeitos, que está relacionada com o tipo e intensidade de exposição ao fator de risco; (3) uma estimativa do número de casos afetados por tais efeitos e; (4) uma proposta (quando possível) de concentração aceitável do constituinte que induz o risco do perigo acontecer (ASANO et al., 2007, p. 194; MONTE; ALBUQUERQUE, 2010, p. 19-21).

Para a Organização Mundial da Saúde, a avaliação de riscos não é uma meta por si só, mas parte de um ciclo iterativo que usa a avaliação de riscos para derivar decisões de gestão (incluindo a definição de padrões de qualidade) que, quando implementadas, resultam num incremento da qualidade da água (WHO, 2008, p. 44).

A avaliação de risco microbiológico (ARM) é um processo que avalia a probabilidade de efeitos adversos à saúde humana que podem ocorrer após a exposição a microrganismos patogênicos ou a um ambiente no qual há a presença de patógenos. Na medida do possível, o processo da ARM inclui avaliação e consideração de informações quantitativas, contudo, informações qualitativas também são empregadas quando conveniente (SOLLER, 2006, p. 166).

Avaliações de riscos microbiológicos à saúde contam com dois tipos de informação: (1) estudos epidemiológicos e (2) avaliação quantitativa de risco microbiológico (AQRM).

²⁴ Para um melhor entendimento das ferramentas e métodos de ARMs; modelos para AQRMs; aplicações específicas e limitações das técnicas, indicamos a consulta da seguinte bibliografia: Asano et al. (2007, cap. 5, p. 191-254); Haas; Eisenberg (2001); Havelaar; Melse (2003); ILSI (2000); Soller (2006).

Análises microbiológicas proporcionam dados para ambos os estudos. Cada tipo de avaliação tem suas limitações, mas, usadas juntas, elas podem prover informações complementares (veja **Tabela 5** abaixo).

Tabela 5: Dados utilizados para a avaliação de riscos à saúde.

Tipo de estudo	Contribuições	Limitações
Análise microbiológica	- Determina a concentração de diferentes organismos na água, esgotos ou produtos irrigados; - Provê dados de taxas de decaimento patogênico; - Provê informações utilizadas na - AQRM para avaliar o risco; - Pode ajudar na identificação das fontes de patógenos; - Utilizadas na conexão entre patógenos e infecção/doença (por exemplo, através da análise de amostras fecais ou detecção de indivíduos soropositivos).	- Caro; - A coleta de amostras toma tempo; - Necessita de equipe treinada e laboratório para análises; - Resultados laboratoriais levam tempo; - Falta de procedimentos padronizados para a detecção de alguns patógenos, ou sua recuperação de produtos ou alimentos.
Estudos epidemiológicos	- Mede a atual carga de doenças na população exposta; - Pode ser utilizada para testar diferentes hipóteses de exposição.	- Caro; - Erros sistemáticos, ou viés (do termo em Inglês - <i>bias</i>) podem afetar os resultados; - Tamanho das amostras necessárias para medidas estatisticamente significantes podem ser muito grandes - Necessita encontrar um equilíbrio entre a força do estudo em relação à sua sensibilidade.
AQRM	- Pode estimar níveis muito baixos de risco para infecção/doença; - Método de baixo custo para a predição de risco de infecção/doença; - Facilita a comparação de diferentes rotas de exposição.	- Cenários de exposição podem variar significativamente e serem difíceis de modelar; - Dados de entrados válidos não estão disponíveis para todos os cenários de exposição; - Prediz o risco de infecção por um patógeno por vez.

Fonte: WHO (2006, p. 23).

Avaliações quantitativas de risco microbiológico podem ser usadas para estimar o risco à saúde humana pela predição de taxas de infecção ou doença por dadas densidades de patógenos em particular. Uma vantagem da AQRM é que ela permite estudos prospectivos. Uma AQRM inicia pela formulação do problema onde todas as rotas de transmissão e patógenos de interesse são definidos. Em seguida avalia a dose de certo elemento patogênico ao qual um indivíduo pode ser exposto e usa esta dose em um modelo de dose-resposta para

calcular a probabilidade de infecção. Riscos podem finalmente ser caracterizados levando-se em consideração a frequência dos eventos de exposição (perfil de exposição) para a faixa de patógenos em estudo (informações de dose-resposta), para estimar o risco total (probabilidade das taxas de infecção para a população exposta) (SCHÖNNING, 2001, p. 21).

Porém, valores calculados de risco (probabilidade de infecção), por si só, são essencialmente desprovidos de significado, a menos que sejam interpretados através da estrutura das suposições do modelo e das circunstâncias da população exposta. De forma simplista, interpretações da estimativa de risco são empreendidas pela comparação do valor calculado para alguma referência de risco tolerável (PETTERSON; ASHBOLT, 2002, p. 26).

O risco aceitável é um ponto chave no gerenciamento de riscos. Se um risco é considerado ser muito alto medidas preventivas devem ser tomadas para reduzir o risco a níveis aceitáveis ou a prática pode não ser aprovada. A proposição de um limite de risco aceitável necessita envolver representantes das várias partes da sociedade e a proposta pode variar dependendo do presente status de saúde da população de interesse (SCHÖNNING, 2001, p. 26).

Decisões acerca da aceitação do risco são altamente complexas e necessitam levar em consideração as diferentes dimensões do risco. Além da probabilidade e severidade de um efeito, há importantes questões socioculturais, ambientais e dimensões políticas que apresentam um importante papel na tomada de decisões. Apesar da complexidade das decisões acerca do risco, há uma necessidade para a definição de uma linha base de risco tolerável para o desenvolvimento de diretrizes e como ponto de partida para decisões em situações específicas (HAVELAAR; MELSE, 2003, p. 10).

Segundo Hunter e Fewtrell (2001) uma vez que o risco zero é completamente irrealizável é possível definir diretrizes e normas para um risco aceitável. Um risco é aceitável quando: (1) está abaixo de um limite definido arbitrariamente; (2) está abaixo de um nível que já é tolerado; (3) está abaixo de uma fração do total da carga de doença na comunidade; (4) o custo de redução do risco excederia o valor economizado; (5) o custo de oportunidade da prevenção do risco seria mais bem gasto em outras ações de promoção da saúde pública; (6) os profissionais de saúde dizem que é aceitável; (7) o público em geral diz que é aceitável (ou não diz que é inaceitável).

Enquanto o público em geral pode preferir a idéia de “risco zero”, em um mundo de recursos limitados e necessidades concorrentes alguma idéia de risco tolerável é vital a fim de alcançar metas a saúde de forma custo-efetiva. Há um crescente reconhecimento, especialmente entre a comunidade científica e tomadores de decisão, do conceito de “risco

aceitável”. O termo “risco tolerável” é preferido por alguns por reconhecer que o risco não é realmente aceitável, mas pode ser tolerável, de forma absoluta, ou em consideração a prioridades maiores ou mais rapidamente perceptíveis (BARTRAM; FEWTRELL; STENSTRÖM, 2001, p. 11).

A Organização Mundial da Saúde, por exemplo, calcula seus valores guia para carcinogênicos genotóxicos, os quais não há limite de concentração abaixo do qual exista um risco zero, como o equivalente para uma estimativa de menos de um caso em 100.000 de risco em excesso por todo um período de vida (risco de câncer). Para outros químicos, onde este limite existe, valores guia são definidos em relação a este. O presente estado de conhecimento sugere que infecções e doenças podem ser iniciadas por um simples organismo e podem, portanto, demonstrar propriedades onde não haja um limite cem por cento seguro. Como consequência, dado que a esterilidade não é uma meta alcançável, há a necessidade de se reconhecer a questão do “risco tolerável” (BARTRAM; FEWTRELL; STENSTRÖM, 2001, p. 11).

Todas as descrições de carga de doenças em relação à água são expressas em termos de consequências específicas a saúde (como câncer, diarreias, etc.). Esta abordagem pode se mostrar problemática ao relacionar algumas doenças de veiculação hídrica a outras, seja por seus diversos efeitos agudos (cólera, disenteria, tifo, hepatites infecciosas, verminoses), ou devido à variedade de pesos de severidade ou mesmo a efeitos tardios (EISENBERG; BARTRAM; HUNTER, 2001).

Assim, o risco tolerável para uma determinada infecção/doença pode ser consideravelmente diferente de uma doença para outra, dependendo dos variados efeitos adversos que são produzidos. Adicionalmente, no gerenciamento de risco é importante a consideração de diferentes formas de exposição e a comparação entre diferentes efeitos produzidos, o que não pode ser feito diretamente quando se trabalha com medidas de risco específicas para um desfecho. Por exemplo, riscos microbiológicos são na maioria das vezes expressos como a probabilidade individual anual de infecção para uma dada dose de patógenos, enquanto riscos químicos quando relatados a carcinogênicos genotóxicos são usualmente convertidos como um aumento na incidência de câncer atribuível a uma exposição por todo um período de vida. O impacto na saúde pública destes desfechos de doença é muito diferente e não podem ser comparados diretamente. Expressando a carga de doenças em uma métrica comum, qualquer que seja a causa, proporciona uma comparação da importância para a saúde pública dos vários agentes microbianos e químicos. Isto torna teoricamente possível

definir um padrão de risco a saúde tolerável em certa população, indiferente do tipo de efeito prejudicial à saúde ou da natureza de sua causa (HAVELAAR; MELSE, 2003, p. 14-15).

Portanto, a estimativa da carga de doença (*burden of disease*²⁵), medida pelo parâmetro anos de vida perdidos ajustados por incapacidade (da sigla inglesa DALY – *Disability Adjusted Life Years*²⁶), tem sido entendida como uma abordagem mais completa. Esse indicador leva em consideração a probabilidade da doença resultar em óbito e/ou em efeitos adversos de caráter agudo (imediatos) ou crônico (duração prolongada de efeitos). A abordagem utilizada em sua construção envolve a transformação de uma incapacidade vivenciada (por exemplo, três dias com diarreia ou óbito devido a diarreia) em anos de vida saudáveis perdidos. Dessa forma, expressando-se a carga de doença com um único indicador e tendo o tempo como medida, é possível comparar o impacto de diferentes agentes (químicos e/ou microbiológicos) na saúde da população (BASTOS; BEVILACQUA; MIERZWA, 2009, p. 348).

Como já mencionado, para substâncias carcinogênicas na água para consumo humano, a WHO adota 10^{-5} como valor para risco tolerável (um caso de câncer por 100.000 pessoas ao longo de 70 anos). A carga de doença correspondente a esse nível de risco (ajustada para a gravidade da doença) é de aproximadamente 1×10^{-6} DALY (1μ DALY) por pessoa por ano (pppa). A carga de doença estimada para diarreias leves (por exemplo, com mortalidade de 1×10^{-5}), com risco anual de doença de 10^{-3} (ou risco para toda a vida de uma em dez pessoas), é também de 1μ DALY pppa. Esse é o valor assumido pela WHO como carga de doença tolerável, tanto para o consumo de água quanto para a exposição e utilização de esgotos sanitários na agricultura (WHO, 2008, p. 45).

5.2.2. Derivação de metas operacionais baseadas em saúde

Na abordagem de AQRM discutida acima, o risco de infecção para determinadas qualidades da água de reuso é determinado como produto final. Interpretações da estimativa de risco são empreendidas pela comparação do valor calculado para alguma referência de risco tolerável, verificando assim a necessidade e magnitude de intervenções para a redução do risco (como incremento no tratamento da água, barreiras físicas de exposição, entre

²⁵ **Carga de Doença** (*Burden of Disease*): A carga de doenças de uma população representa a distância entre o presente *status* de saúde da população e a situação ideal na qual todos viveriam até a senilidade, livres de doenças e deficiências. Causas desta distância são morte prematura, incapacitações e certos fatores de risco que contribuem para enfermidades. A unidade para expressar a carga de doença, particularmente em avaliações econômicas, é o DALY (WHO, 2010).

²⁶ Detalhamentos acerca da métrica e sua utilização como nível de referência de risco encontram-se no **Tabela 7** presente no **Anexo 1**.

outras). Uma abordagem alternativa é determinar a qualidade da água recuperada requerida para um dado nível de risco tolerável de infecção pré-estabelecido. Esta abordagem é útil no estabelecimento de metas operacionais baseadas em saúde (tanto na definição de padrões de verificação da qualidade da água tratada, quanto para a definição da redução patogênica requerida pelo processo de tratamento e outras alternativas de proteção) (WHO, 2006, p. 51-52).

O ponto de partida desta abordagem é definir o risco tolerável em 10^{-6} DALY por pessoa por ano e derivar o risco de doença associado para patógenos índice²⁷. AQRMs são então empreendidas para calcular a redução em unidades logarítmicas requerida para alcançar este nível de risco, depois de alimentar o modelo com dados de: (1) concentração de patógenos no esgoto bruto; (2) dados dose-resposta; (3) exposição por evento; (4) proporção doença/infecção; (5) DALYs por caso de doença; (6) fração suscetível da população. As limitações desta abordagem incluem o uso de AQRMs para estimativas pontuais de risco, ou seja, determinísticas, onde a variabilidade e incerteza dos dados não são endereçadas. Portanto as estimativas necessitam ser baseadas em valores conservativos (WHO, 2006, p. 52)

Esta abordagem utiliza a modelagem do risco para patógenos índice, determinando como produto final a dose máxima do patógeno, para determinado nível de risco tolerável como probabilidade de infecção, em condições específicas de exposição. E a partir daí, conhecendo-se (ou assumindo) a concentração do patógeno na fonte d'água bruta (sem tratamento) pode-se calcular a redução patogênica requerida para se alcançar a redução do risco a níveis aceitáveis, e assim definir estratégias para viabilizar esta redução patogênica (como metas operacionais da estação de tratamento) e por fim padrões para o monitoramento da qualidade da água tratada.

A título de ilustração, iremos apresentar, na **Tabela 6**, a abordagem passo-a-passo utilizada pela WHO na definição das metas operacionais em sua diretriz para o uso seguro de esgotos na agricultura (WHO, 2006, p. 59-63). Os valores dos parâmetros utilizados referem-se ao modelo de risco para rotavírus em países industrializados, porém têm apenas o propósito de ilustrar a técnica.

²⁷ Um grupo ou espécie indicativa da presença e comportamento de patógenos respectivamente.

Tabela 6: Derivação de metas de desempenho microbiológico.

Passo 1: Risco tolerável de infecção
“Traduzir” a carga de doença anual adicional tolerável em um risco equivalente anual tolerável de infecção ou doença devido a um patógeno de interesse, como se segue (onde pppa = por pessoa por ano): $\text{Risco Tolerável de doença pppa} = \frac{\text{DALYs toleráveis pppa}}{\text{DALYs por caso de doença}}$ $\text{Risco Tolerável da doença} = \frac{10^{-6}}{1,4 \times 10^{-2}} = 7,1 \times 10^{-5} \text{ pppa}$ Se há dados epidemiológicos confiáveis disponíveis que mostram que estes riscos de doença não são excedidos por uma dada combinação de medidas de proteção à saúde, não é necessário empreender os passos 2-4 abaixo, e tudo o que resta a ser feito neste caso é estabelecer o nível de monitoramento para verificação do tratamento (passo 5). Os riscos toleráveis de doença são agora convertidos em um risco tolerável de infecção por pessoa por ano pelo conhecimento (ou fazendo uma suposição razoável acerca) da proporção daqueles infectados que tornaram-se doentes (a proporção doença/infecção): $\text{Risco tolerável de infecção pppa} = \frac{\text{Risco tolerável de doenças pppa}}{\text{Taxa de doença / infecção}}$ $\text{Risco tolerável de infecção pppa} = \frac{7,1 \times 10^{-5}}{0,05} = 1,4 \times 10^{-3} \text{ pppa}$
Passo 2: AQRM
Determinar, através de AQRM, a redução patogênica correspondente que necessita ser alcançada. O primeiro passo é determinar o número máximo tolerável de patógenos a serem ingeridos por evento de exposição. Isto pode ser feito através de informações do perfil de exposição e do modelo dose-resposta adotado para o patógeno de interesse, utilizados no cálculo da probabilidade de infecção na AQRM. Só que aqui, o produto final é a dose máxima tolerável, e para isso usaremos como dado de probabilidade de infecção o risco tolerável de infecção calculado no passo anterior. A exposição de consumidores por patógenos é calculada pelo uso dos seguintes valores ilustrativos de parâmetros na AQRM: - 5000 rotavírus por litro em esgoto não tratado; - 10 ml de esgoto tratado em 100g de vegetal após irrigação; - 100g de vegetal consumido por pessoa por dia através do ano. A dose de rotavírus por exposição (d) é o número de rotavírus em 100g de vegetal na hora do consumo. A dose é determinada pela AQRM, para a qual as equações são: (a) Conversão do risco tolerável de infecção de 10^{-3} por pessoa por ano para o risco de infecção por pessoa por evento de exposição (por exemplo, para o consumo de 100 g de vegetal consumido a cada dois dias através do ano) $P_i(d) = 1 - (1 - 10^{-3})^{[1/(265/2)]} = 5,5 \times 10^{-6}$ (b) Calcular a dose por evento de exposição através da equação de dose-resposta β-Poisson: $P_i(d) = 1/[1 + (d/N_{50})(2^{1/\alpha} - 10)^{-\alpha}]$ $\therefore d = \{[1 - P_i(d)]^{1/\alpha} - 1\} / \{N_{50}/(2^{1/\alpha} - 1)\}$ Onde os valores das “constantes de infectividade” adimensionais para rotavírus são $N_{50}=6,17$ e $\alpha=0,253$. Deste modo: $d = \{[1 - (5,5 \times 10^{-6})]^{-1/0,253} - 1\} / \{6,17 / (2^{0,253} - 1)\} = 5 \times 10^{-5} \text{ por evento de exposição}$

Passo 3: Redução patogênica requerida
Conhecendo (ou estimando) o volume de esgoto tratado remanescente na cultura seguida a última irrigação (ml de esgoto por 100g de vegetal), determina-se o grau requerido da redução patogênica para se alcançar a carga de doença adicional tolerável de $< 10^{-6}$ DALY por pessoa por ano, apenas subtraindo-se da concentração logarítmica de patógenos no esgoto não tratado a concentração máxima permitida de patógenos no vegetal (parâmetro d, calculado anteriormente). Este passo requer o conhecimento ou estimativa do número de patógenos presente no esgoto não tratado. No exemplo ilustrativo, a dose de rotavirus (dose tolerável por evento de exposição) contida em 10 ml de esgoto remanescente no vegetal na hora do consumo é de 5×10^{-5}, ou seja, uma concentração de 5×10^{-3} por litro. O número de rotavirus no esgoto não tratado é de 5000 por litro e, portanto, a redução patogênica requerida em unidades logarítmicas é de: $\log_{10}(5000) - \log_{10}(5 \times 10^{-3}) \cong 6$
Passo 4: Medidas de proteção baseadas em saúde para se alcançar a redução patogênica requerida.
Especificar como esta redução patogênica será alcançada. Se pode ser alcançada pelo tratamento de esgotos sozinho ou, mais comumente, pelo tratamento em conjunção a outras medidas de proteção a saúde. A redução requerida de rotavirus é de 6 unidades logarítmicas. Neste exemplo, assume-se que há uma redução de 2 unidades logarítmicas entre a última irrigação e o consumo (devido a combinação, por exemplo, de 1 unidade devido ao decaimento patogênico natural e 1 unidade devido a lavagem do produto). Levando-se em conta a redução destas 2 unidades logarítmicas, o estação de tratamento de esgotos deve alcançar uma redução de 4 unidades logarítmicas – isto é uma redução do número de rotavirus no esgoto bruto de 5000 por litro para 0,5 por litro no esgoto tratado.
Passo 5: Monitoramento de verificação
Para garantir que as metas baseadas em saúde estão sendo alcançadas, é importante desenvolver metas de performance que possam ser monitoradas. Para infecções virais e bacterianas, estabelece-se o nível de monitoramento de verificação do tratamento em termos do número de <i>E. coli</i> (ou coliformes termotolerantes) no efluente final da estação de tratamento de esgotos. Para infecções por helmintos, estabelece-se o nível de monitoramento de verificação do tratamento em termos do número ovos de helmintos por litro. Sendo assim, estas 4 unidades logarítmicas de redução patogênica pelo tratamento é verificada não pela medida do número de patógenos nas amostras de esgoto bruto e tratado, mas pela redução do número de organismos indicadores de patógenos. <i>E. coli</i> é recomendado para este propósito, entretanto coliformes termotolerantes podem ser usados. Este passo requer que seja estabelecido uma correlação quantitativa entre organismos indicadores organismos índice (patógeno de interesse, utilizado para a derivação das metas operacionais), o que na maioria das vezes não pode ser feito diretamente, devendo ser feitas certas suposições, seja na eficiência esperada do processo de tratamento, seja no uso de faixas de valores no estabelecimento desta correlação.

Fonte: WHO (2006, p. 59-63).

O modelo de calculo utilizado na **Tabela 6** usa valores fixos para cada parâmetro. Entretanto, há normalmente certo grau de incerteza acerca dos valores precisos dos parâmetros usados nestas equações de AQRM. Estas incertezas são levadas em consideração pela avaliação de cada parâmetro em uma faixa de valores. Um programa de computador então seleciona um valor aleatório para cada parâmetro dentro de uma faixa de valores especificada pra isto e então determina o resultado do risco. O programa repete este processo

um grande número de vezes e então retorna o risco médio. Este grande número de repetições remove algumas das incertezas associadas aos valores dos parâmetros e torna os resultados gerados pela simulação muito mais robustos, entretanto, é claro, apenas tão bom quanto as suposições feitas (MARA, 200-, p. 4).

No caso específico da diretriz de uso seguro de esgotos na agricultura, da Organização Mundial da Saúde (WHO, 2006), a abordagem adotada foca nos risco do consumo de culturas ingeridas cruas e risco para trabalhadores no campo através do contato direto com esgotos tratados, para irrigação irrestrita e restrita por esgotos, respectivamente. Dados de efeitos a saúde do uso de esgotos na agricultura, incluindo dados de estudos epidemiológicos, microbiológicos e estudos de AQRM, foram usados para avaliar os riscos de infecção através do uso de esgotos tratados e parcialmente tratados na agricultura. Análises de risco resultante da exposição por esgotos de diferentes qualidades foram executadas. Dados desenvolvidos através de AQRM baseadas em métodos estocásticos (modelo de Monte Carlo) e estudos epidemiológicos suportaram o processo de derivação das metas baseadas em saúde diretamente destes dados. Os resultados destas análises foram então checados contra os resultados obtidos através de estudos epidemiológicos relevantes (WHO, 2006, p. 63).

6. CONCLUSÕES

O presente documento visou apresentar os conhecimentos atuais e conceitos envolvidos na derivação de padrões microbiológicos para a verificação da qualidade da água destinada a fins urbanos não potáveis, como a lavagem de pisos, veículos, roupas, descargas sanitárias, sistemas de combate a incêndios, etc. Para tal propósito, no decorrer do trabalho, procedeu-se com o estudo das atuais normas e diretrizes, nacionais e internacionais, relacionadas aos diversos usos da água, identificando e expondo as diferentes filosofias e conceitos técnicos envolvidos na derivação de padrões de qualidade pelas mesmas. Apresentando por fim a metodologia de Avaliação de Riscos envolvida no processo de definição de padrões microbiológicos. No decorrer deste processo, algumas das lições aprendidas podem ser citadas como sendo:

- A crescente tendência mundial no uso de fontes alternativas de água para fins não potáveis é considerar as práticas como um componente essencial do gerenciamento sustentável integrado dos recursos hídricos. Os fatores motivadores incluem a escassez de água; regulamentações de despejos de efluentes e; a obtenção de fontes alternativas de água, diversificando o suprimento de água, maximizando a confiabilidade do suprimento e reduzindo-se custos da obtenção da água através da rede pública de abastecimento. Em todos os casos tratamentos confiáveis são a fundação para o sucesso das práticas de substituição de fontes;

- Ressalta-se a relevância do impacto provocado no meio ambiente e o grau de responsabilidade social quando da utilização de fontes alternativas, como a captação direta de corpos d'água ou a perfuração de poços artesianos. Deve-se considerar ainda que a utilização destas fontes requer autorização do poder público, ficando os usuários sujeitos à cobrança pelo uso da água, bem como às sanções pelo uso inadequado, ou pela falta da outorga e licenças cabíveis. Nesse sentido, recomenda-se que no meio urbano a decisão de usar fontes alternativas de água passe prioritariamente pelo critério de menor impacto ao meio ambiente, procurando-se a água que está disponível naturalmente sem intervenção direta nos mananciais ou que é oferecida de forma responsável pelos órgãos públicos. Destaca-se assim como fontes de água consideradas adequadas o aproveitamento de água pluvial, drenagem e reuso de esgotos ou águas cinzas nos empreendimentos de construção civil.

- Outro fator a ser considerado é o de que a qualidade da água a ser utilizada não deverá exceder às necessidades previstas ao seu uso, evitando, assim, um desperdício de recursos.

Entretanto, caso a implementação dos sistemas de água não potável ocorra de forma negligente, tem-se como consequência, uma série de riscos à saúde e ao meio ambiente. É necessário que estes sejam conhecidos para que se possa adotar uma postura preventiva em relação a sua ocorrência. Os riscos de saúde pública estão diretamente associados às diferentes aplicações possíveis destas águas, que podem implicar, de alguma forma, a exposição do homem aos contaminantes presentes na água recuperada;

- Comparando-se os valores adotados para os padrões de qualidade da água, nas diferentes diretrizes em estudo, podemos observar uma ampla variação nos VMPs definidos pelas mesmas. Variações estas, provindas principalmente das diferentes visões de risco tolerável, inerente ao processo de formulação de cada diretriz, mas também das peculiaridades inerentes ao processo de normatização de cada diretriz com relação aos usos definidos da água, e as fontes esperadas das mesmas;

- A definição dos padrões de qualidade a serem alcançados é, sobretudo, um processo de tomada de decisões da agencia regulatória que vincula considerações políticas, sociais, econômicas, e de engenharia às informações relacionadas ao risco. O processo de seleção necessariamente requer o uso de julgamento de valores sobre cada questão, assim como a aceitabilidade do risco e racionalização dos custos de controle;

- A abordagem científica da avaliação de risco auxilia este processo de decisão, maximizando o conhecimento, minimizando o relativismo nas decisões relacionadas ao risco. O risco aceitável é um ponto chave, se um risco é considerado ser muito alto medidas preventivas deve ser tomada para reduzir o risco a níveis aceitáveis ou a prática pode não ser aprovada. Enquanto o publico em geral pode preferir a idéia de “risco zero”, em um mundo de recursos limitados e necessidades concorrentes alguma idéia de risco tolerável é vital a fim de alcançar metas à saúde de forma custo-efetiva.

- Interpretações da estimativa de risco são empreendidas pela comparação do valor calculado para alguma referência de risco tolerável, verificando assim a necessidade e magnitude de intervenções para a redução do risco. Uma abordagem alternativa é determinar a qualidade da água recuperada requerida para um dado nível de risco tolerável de infecção pré-estabelecido.

- Porém o processo de análise de risco é imbuído em certas limitações, como por exemplo: Cenários de exposição podem variar significativamente e serem difíceis de modelar; Dados de entrada válidos não estão disponíveis para todos os cenários de exposição; prediz o risco de infecção por um patógeno por vez; há uma limitada disponibilidade de dados de dose-resposta para a maioria dos constituintes de preocupação, além das numerosas incertezas

envolvidas no desenvolvimento de dados de dose-resposta incluindo extrapolações matemáticas de altas dosagens experimentais para dosagens extremamente baixas encontradas na maioria das avaliações de risco.

- Enfatiza-se também, que a manutenção de limites de presença de substâncias e organismos potencialmente nocivos à saúde humana, embora necessária, pode não ser suficiente para garantir a proteção à saúde, e que outras ações de proteção do usuário podem ser desejáveis (como a restrição do uso da água para certas finalidades ou medidas de prevenção do contato humano com tais águas).

7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS; FEDERAÇÃO DAS INDÚSTRIAS DO ESTADO DE SÃO PAULO; SINDICATO DA INDÚSTRIA DA CONSTRUÇÃO DO ESTADO DE SÃO PAULO. Conservação e Reuso da Água em Edificações. São Paulo: Prol editora Gráfica, jun. de 2005.

ASANO, T. et al. Water reuse: issues, technologies, and applications. 1st ed. New York: McGraw-Hill, 2007. (Copyright by Metcalf & Eddy, Inc.)

ASHBOLT, N. J.; GRABOW, W. O. K.; SNOZZI, M. Indicators of microbial water quality. In WHO. Guidelines, standards and health: Assessment of risk and risk management for water-related infectious disease. 1st ed. London, UK: IWA Publishing, 2001. Cap. 13, p. 289-316.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS ISO/IEC. GUIA 2: Normalização e atividades relacionadas – vocabulário geral. Rio de Janeiro, 2006.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 13.969: Tanque sépticos – unidades de tratamento complementar e disposição final dos efluentes líquidos – projeto, construção e operação. Rio de Janeiro, set. 1997.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 15.527: Água de Chuva – aproveitamento de coberturas em áreas urbanas para fins não potáveis – requisitos. Rio de Janeiro, 2007.

BARTRAM, J.; FEWTRELL, L.; STENSTRÖM, T. A Harmonized assessment of risk and risk management for water-related infectious disease: an overview. In WHO. Guidelines, standards and health: Assessment of risk and risk management for water-related infectious disease. 1st ed. London, UK: IWA Publishing, 2001. Cap. 1, p. 01-16.

BASTOS, R. K. X.; BEVILACQUA, P. D.; MIERZWA, J. C. Análise de risco aplicada ao abastecimento de água para consumo humano. In: PÁDUA, V. L. (coord). Água: Remoção de microrganismos emergentes e microcontaminantes orgânicos no tratamento de água para consumo humano. Rio de Janeiro: ABES, 2009. p. 327-360. (PROSAB edital 5 tema 1).

BLUMENTHAL, U. J. et al. Guidelines for the microbiological quality of treated wastewater used in agriculture: recommendations for revising WHO guidelines. Bulletin of the World Health Organization. [S. l], v. 78, n. 9, 2000. p.1104-1116.

BLUMENTHAL, U. J.; PEASEY, A. Critical review of epidemiological evidence of the health effects of wastewater and excreta use in agriculture. London, UK: London School of Hygiene and Tropical Medicine, dec. 2002.

BRASIL. Congresso Nacional. Lei n. 9.433, de 8 de janeiro de 1997. Brasília, 1997.

BRASIL. Conselho Nacional do Meio Ambiente - CONAMA. Resolução CONAMA n. 274, de 29 de novembro de 2000. Brasília, 2001.

BRASIL. Conselho Nacional do Meio Ambiente - CONAMA. Resolução CONAMA n. 357, de 17 de março de 2005. Brasília, 2005.

BRASIL. Ministério da Saúde. Portaria n. 518, de 25 de março de 2004. Brasília, 2004.

BRASIL. Secretaria de Vigilância em Saúde. Boas práticas no abastecimento de água: procedimentos para a minimização de riscos à saúde. Brasília: Ministério da Saúde, 2006a. 256 p. Série A. Normas e Manuais Técnicos.

BRASIL. Secretaria de Vigilância em Saúde. Vigilância e Controle da qualidade da água para consumo humano. Brasília: Ministério da Saúde, 2006b. 212 p. Série B. Textos básicos de Saúde.

BRASIL. Secretaria de Vigilância em Saúde. Coordenação-Geral de Vigilância em Saúde Ambiental. Comentários sobre a Portaria MS n. 518/2004: subsídios para implementação. Brasília, Editora do Ministério da Saúde, 2005. 92 p. Série E. Legislação em Saúde.

EISENBERG, J. N. S.; BARTRAM, J.; HUNTER, P. R. A public health perspective for establishing water-related guidelines and standards. In WHO. Guidelines, standards and health: Assessment of risk and risk management for water-related infectious disease. 1st ed. London, UK: IWA Publishing, 2001. Cap.11, p. 229-256.

EVANS, C. A.; COOMBES, P. J.; DUNSTAN, R. H. Wind, rain and bacteria: the effect of weather on the microbial composition of roof-harvested rainwater. Water Research, v. 40, n. 1, p. 37-44, jan. 2006.

GOHRINGER, S. S. Uso urbano não potável de efluentes de estações de tratamento de esgoto sanitário: Estudo de caso, município de Campo Largo - PR. 2006. 218 f. Dissertação (Mestrado em Gestão Urbana) - Pontifícia Universidade Católica do Paraná, Curitiba, 2006.

GONÇALVES, R. F. (coord.). Uso racional da água em edificações. Rio de Janeiro: ABES, 2006. p. 45. Publicação integrante do Projeto PROSAB - Edital 4.

HAAS, C.; EISENBERG, J. N. S. Risk assessment. In WHO. Guidelines, standards and health: Assessment of risk and risk management for water-related infectious disease. 1st ed. London, UK: IWA Publishing, 2001. Cap. 8, p. 161-183.

HAVELAAR, A. H. et al. Guidelines: the current position. In WHO. Guidelines, standards and health: Assessment of risk and risk management for water-related infectious disease. Cap. 2. 1st ed. London, UK: IWA Publishing, 2001. p. 17-42.

HAVELAAR, A. H.; MELSE, J. M. Quantifying public health risk in the WHO guidelines for Drinking-Water Quality: A burden of disease approach. Genebra: WHO, 2003. 49 p. (RIVM report 734301022/2003) Disponível em:

<http://www.who.int/water_sanitation_health/dwq/quantifyinghealthrisks/en/index.html>.

Acesso em: 12 abr. 2010.

HESPANHOL, I. Potencial de reúso de água no Brasil: Agricultura, Indústria, Municípios, Recarga de Aquíferos. Revista Brasileira de Recursos Hídricos. São Paulo, v. 7, n. 4, p.75-95, out/dez 2002.

HUNTER, P. R.; FEWTRELL. Acceptable risk. In WHO. Guidelines, standards and health: Assessment of risk and risk management for water-related infectious disease. 1st ed. London, UK: IWA Publishing, 2001. Cap. 10, p. 207-227

ILSI. Revised framework for microbial risk assessment. Washington, D. C.: ILSI press, 2000. 22 p. (An ILSI Risk Science Institute Workshop Report).

LEIDL, C. M. Building capacity for Rainwater Harvesting in Ontario: Policy and economic considerations. 2008. 226 f. Tese (Master of Science) - University of Guelph, ON Canadá, 2008

MARA, D. A numerical guide to volume 2 of the guidelines and practical advice on how to transpose them into national standards. [S.l.]: WHO, 200-. In Guidance note for programme managers and Engineers. Disponível em:

<http://www.unwater.org/worldwaterday/downloads/WHO_IWA/Wastewater_WWD_1.pdf>.

Acessado em: 15 mai. 2010.

MONTE, H. M.; ALBUQUERQUE, A. Reutilização de águas residuais. Lisboa: ERSAR, jan. 2010. (Série guias técnicos, 14)

MORUZZI, B. R.; NAKADA, L. Y. K. Coleta e tratamento de água pluvial para fins não potáveis com emprego de amido de milho como coagulante primário em filtração cíclica em escala de laboratório. REA - Revista de estudos ambientais, v. 11, n. 1, p. 51-60, jan./jun. de 2009.

MORUZZI, R. B. Reuso de água no contexto da gestão de recursos hídricos: impacto, tecnologias e desafios. OLAM - Ciência & Tecnologia, v. 8, n. 3, p. 271-294, jul./dez. de 2008.

MURRAY, C. J. L. Quantifying the Burden of Disease: the technical basis for disability-adjusted life years. In Bulletin of the World Health Organization. [S.l.]: WHO, 1994, v. 72, n. 3, p. 429-445. Disponível em:

<http://www.who.int/healthinfo/global_burden_disease/publications/en/index.html>.

Acessado em 17 de jul. 2010.

PETTERSON, S. A.; ASHBOLT, N. J. WHO guidelines for the safe use of wastewater and excreta in agriculture: Microbial risk assessment section. Genebra: WHO, 2002. 36 p. Disponível em: <http://www.who.int/water_sanitation_health/wastewater/mrreview.pdf>. Acesso em 28 de mar. 2010.

PIZZELA, D. G.; SOUZA, M. P. Análise da sustentabilidade ambiental do sistema de classificação das águas doces superficiais brasileiras. Eng. sanit. ambient. [S. l.], v. 12, n. 2, p. 139-148. abr./jun. 2007.

SCÖNNING, C. Urine diversion: hygienic risks and microbial guidelines for reuse. Estocolmo, Suécia: Royal Institute of Technology, 2001.

SILVA, G. S.; GONÇALVES, O. M. Programa de Uso Racional da Água. [S. l.]: PURA-USP, 2005. Disponível em: <http://www.pura.poli.usp.br/download/BT_Gisele.pdf>. Acesso em: 20 abr. 2010.

SILVA, G. S.; TAMAKI, H. O.; GONÇALVES, O. M. Implementação de programas de uso racional da água em campi universitários. Ambiente Construído, v. 6, n. 1, p. 49-61, jan./mar. de 2006.

SOARES, D. A. F. et. al. Considerações a respeito da reutilização de águas residuárias e aproveitamento da águas pluviais em edificações. In Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos, 12, 1997, Vitória. Anais do XII Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos. São Paulo: ABRH, 1997.

SOLLER, J. A. Use of microbial risk assessment to inform the national estimate of acute gastrointestinal illness attributable to microbes in drinking water. J. of Wat. Health. [S.l.], v. 4, suppl. 2, p. 165-186. 2006.

SOUSA, A. F. S. Diretrizes para implantação de sistemas de reuso de água em condomínios residenciais baseadas no método APPCC: Estudo de caso Residencial Valville I. 2008. 176 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia) - Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2008.

SPINKS, A. T. et al. Water quality treatment processes in domestic rainwater harvesting systems. In: International Hydrology and Water Resources Symposium, 28, 2003, Novotel Northbeach, Wollongong, NSW, Australia. Symposium proceedings. Australia, Barton, A.C.T: Institution of Engineers, 2003

TEXAS. Texas Water Development Board. The Texas manual on rainwater harvesting. Austin, Texas: 2005. 3ª ed.

THAME, A. C. M. (org). A cobrança pelo uso da água. São Paulo: IQUAL, Instituto de Qualificação Gráfica e Editoração Ltda., 2000.

TOMAZ, P. Aproveitamento de água de chuva para áreas urbanas e fins não potáveis. São Paulo: Navegar Editora, 2003.

UN, Department of Economic and Social Affairs. Division of Sustainable Development. Earth Summit - Agenda 21: The United Nations programme of action from Rio. [S. l]: UN, 1993. Disponível em: <<http://www.un.org/esa/dsd/agenda21>>. Acesso em: 11 ago. 2010.

U. S. Environmental Protection agency. Guidelines for water reuse. Washington, DC: 2004.

VACCARI et al. Caracterização da água de chuva para o seu aproveitamento em edificações como fonte alternativa de água para fins não potáveis na região metropolitana de Vitória (ES). In Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental, 23, 2005, Campo Grande/MS. Anais... 2005. CD-ROM.

VACCARI, K. P. Aproveitamento da água de chuva para fins não potáveis na cidade de Vitória (ES). 2005. 150 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental) - Centro Tecnológico, Universidade Federal do Espírito Santo, Vitória, 1990.

VASUDEVAN, P.; PATHAK, N. DRWH Water quality: a literature review. Delhi, Índia: Centre for Rural Development & Technology; Indian Institute of Technology. 1998/2001.

WERNECK, G. A. M. Sistemas de utilização da água da chuva nas edificações: o estudo de caso da aplicação em escola de Barra do Piraí, RJ. 2006. 283 f. Dissertação (Mestre em Ciências em Arquitetura) - UFRJ/FAU, Rio de Janeiro, 2006.

WHO. Sustainable Development and Healthy Environments; U.S. EPA. Health-based monitoring of recreational waters: the feasibility of a new approach (the 'Annapolis Protocol'). Geneva: WHO Press, 1999. Série 'Protection of the human environment: water, sanitation and health.'

WORLD HEALTH ORGANIZATION. Guidelines for drinking-water quality. Geneva: WHO Press, 2008. Volume 1 - Recommendations, Third edition incorporating the first and second addenda. 3ª ed.

WORLD HEALTH ORGANIZATION. Guidelines for safe recreational water environments. Geneva: WHO Press, 2003. Volume 1 – Coastal and fresh waters.

WORLD HEALTH ORGANIZATION. The health and environment lexicon: Multi-language glossary of health & environment terminology. [S.l.]: WHO, 2010. Disponível em: <http://apps.who.int/thelexicon/entry.php>. Acessado em: 12 jul. 2010.

WORLD HEALTH ORGANIZATION; UNEP; FAO. WHO Guidelines for the safe use of wastewater, excreta and greywater. Geneva: WHO Press, 2006. Volume II – Wastewater use in agriculture.

ANEXO 1

Tabela 7: Carga de doença adicional tolerável e riscos de doença e infecção: Uma abordagem em termos de DALYs²⁸.

Os Anos de Vida Ajustados por incapacidade (*Disability-adjusted Life Years - DALY*) são uma medida sumarizante da saúde de uma população, a qual combina o impacto de uma incapacidade por enfermidade e mortalidade na saúde de uma população. O DALY apóia-se no aceite de que a medida mais apropriada para os efeitos de doenças crônicas é o tempo, tanto o tempo perdido devido à morte prematura quanto o tempo gasto por deficiência causada pela doença. Um DALY, então, é igual a um ano de vida saudável perdida. DALYs são uma importante ferramenta para a comparação de conseqüências à saúde, pois eles levam em conta não apenas os efeitos agudos à saúde, mas também efeitos tardios ou crônicos. Quando riscos são descritos em DALYs, diferentes conseqüências à saúde (câncer vs giardíase, por exemplo) podem ser comparadas e decisões de gerenciamento de risco podem ser priorizadas. Este indicador tem como principais objetivos identificar prioridades em função do perfil epidemiológico de uma população. Facilitando a tomada de decisões sobre a destinação de recursos, além de torná-las mais explícitas à sociedade; estabelecer prioridades de investigação em saúde; identificar os grupos desfavorecidos; enfocar as intervenções em saúde e oferecer uma medida comparável do seu produto para avaliar e planejar as intervenções, os programas e o setor (MURRAY, 1994).

DALYs são calculados pela soma dos anos de vida perdidos por morte prematura (YLL – do Inglês *Years of Life Lost*) aos anos de vida saudável perdidos por estados inferiores à saúde completa, isto é, anos vividos com deficiência (YLD – do Inglês *Years Lived with a Disability*). Anos perdidos devido à morte prematura são calculados das taxas de mortalidade em uma idade específica e à expectativa de vida padronizada a cada idade. Anos vividos com incapacidade são traduzidos em um equivalente de tempo perdido pela multiplicação do número de casos da doença em uma população pela duração média da doença e seu fator de severidade, o qual reflete a redução na capacidade funcional, onde pesos elevados correspondem a uma maior redução, variando de 1 (morte) à 0 (saúde perfeita), baseado na doença (por exemplo, diarreias têm um fator de severidade variando de 0,09 à 0,12, dependendo da idade do grupo) (MURRAY, 1994).

A terceira edição das Diretrizes para Qualidade da Água Potável da Organização Mundial da Saúde (WHO, 2008), assim como as diretrizes para o uso seguro de esgotos na agricultura (WHO, 2006), propõe uma estrutura de gerenciamento preventivo para a qualidade da água a qual é similar para todos os tipos de contaminantes (microbiológicos, químicos e radiológicos). A WHO adota para a comparação dos riscos associados ao consumo da água devido a diferentes agentes assim como para a definição de metas de saúde e do risco aceitável, o uso dos DALYs como uma métrica comum de saúde pública.

Expressar a carga de doenças em uma métrica (tempo, por exemplo, em DALYs) para qualquer que seja a causa, proporciona a comparação da importância para a saúde pública de vários agentes microbiológicos e químicos. Isto torna teoricamente possível definir um padrão de risco à saúde aceitável em certa população, sem ligação aos tipos de efeitos prejudiciais à saúde ou a natureza da causa.

As diretrizes definem um nível baseado na convenção de que carga adicional de doenças surgindo do consumo da água ou no trabalho em campos irrigados com esgotos ou pelo consumo de culturas irrigadas por esgotos não deve exceder uma perda de 10^{-6} DALYs por pessoa por ano. Desta forma, o consenso internacional é de que os riscos à saúde resultantes do uso de esgotos na agricultura devam ser os mesmos daqueles para o consumo seguro de água potável.

²⁸ Para informações detalhadas acerca da formulação, cálculo, usos e filosofia do indicador consultar Murray (1994).

Rio Claro, 17 de Dezembro de 2010

Aluno

Rolando Valente Cavichhia

Professor Orientador

Prof. Dr. Rodrigo Braga Moruzzi