

UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS
Instituto de Ciências Biológicas
Departamento de Microbiologia
Programa de Pós Graduação em Microbiologia
Especialização em Microbiologia

Edelvania Souza Marques

**Vírus de Veiculação Hídrica: Um grande desafio na busca por um Bioindicador de
Qualidade de Água**

Belo Horizonte
2011

Edelvania Souza Marques

**VÍRUS DE VEICULAÇÃO HÍDRICA: UM GRANDE DESAFIO NA BUSCA POR UM
BIOINDICADOR DE QUALIDADE DE ÁGUA**

Monografia de Especialização apresentada ao Departamento de Microbiologia. Programa de Pós- Graduação da Universidade Federal de Minas Gerais, como requisito parcial à obtenção de título de Especialista em Microbiologia Industrial

Professora Orientadora: Giliane de Souza Trindade

Co- orientador:Jonas Dutra Albarnaz

Belo Horizonte
2011

043

Marques, Edelvania Souza.

Vírus de veiculação hídrica: um grande desafio na busca por um bioindicador de qualidade de água [manuscrito] / Edelvania Souza Marques. – 2011.

37 f. : il. ; 29,5 cm.

Professora Orientadora: Giliane de Souza Trindade. Co-orientador: Jonas Dutra Albarnaz.

Monografia de Especialização apresentada ao Departamento de Microbiologia. Programa de Pós- Graduação da Universidade Federal de Minas Gerais, como requisito parcial à obtenção de título de Especialista em Microbiologia Industrial.

1. Microbiologia. 2. Qualidade da Água. 3. Biomarcadores Ambientais. 4. Enterovirus. I. Trindade, Giliane de Souza. II. Albarnaz, Jonas Dutra. III. Universidade Federal de Minas Gerais. Instituto de Ciências Biológicas. IV. Título.

CDU: 579



**Universidade Federal de Minas Gerais
Instituto de Ciências Biológicas
Programa de Pós-Graduação em Microbiologia**

Às 15:00 horas do dia 18 de março de 2011, reuniu-se, no Instituto de Ciências Biológicas da UFMG a Banca Debatedora constituída pelos Drs. Bruno Eduardo Fernandes Mota (Pós-doutorando do Departamento de Microbiologia/ICB/UFMG) e Luciana Rocha Brandão (Pós-doutoranda do Departamento de Microbiologia/ICB/UFMG) e o Profa. Giliane de Souza Trindade-orientadora, para avaliar a Monografia intitulada "Vírus de veiculação hídrica: Um, grande desafio na busca por um bioindicador de qualidade de água", da aluna Edelvania Souza Marques. Após a apresentação oral pública seguida de uma argüição, a aluna foi APROVADA, considerando as sugestões feitas pela Banca debatedora. Nada mais havendo a tratar, lavrou-se a presente ata, que será assinada pelos membros participantes da Banca Debatedora. Belo Horizonte, 18 de março de 2011.

Dr. Bruno Eduardo Fernandes Mota Bruno E. F. Mota

Dra. Luciana Rocha Brandão Luciana Rocha Brandão

Profa. Giliane de Souza Trindade Giliane de Souza Trindade

P. Naustrick

Profa. Erna Geessien Kroon
Coordenadora do Curso de Especialização em Microbiologia
ICB/UFMG

Dedico este trabalho ao meu irmão
Eduardo Souza Marques
(In memoriam)

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus e a todos do Universo por serem meu refúgio em momentos adversos e minha companhia em momentos serenos.

A minha Orientadora Dr^a Giliane de Souza Trindade pela dedicação, compreensão e pelos ensinamentos primordiais que culminaram na apresentação deste trabalho. Agradeço também aos professores que compuseram a banca que contribuíram com olhar técnico e criterioso.

Ao corpo docente da UFMG pela contribuição acadêmica dispensada ao longo do ano de 2010.

Aos meus colegas de pós graduação pelas parcerias, alegrias e dilemas vivenciados juntos ao longo do processo acadêmico.

Aos meus familiares que contribuíram para minha formação moral.

A minha filha que condecorou a minha transformação como ser humano.

RESUMO

A qualidade da água é influenciada por vários fatores como: físico, químico e biológico, estes sofrem constantemente alterações em função do estresse antropogênico. O monitoramento biológico da água é, na maioria das vezes, baseado em testes bacteriológicos e normalmente não contempla o aspecto viral. Com o intuito de se obter um instrumento adicional nos estudos de qualidade da água, este trabalho avaliou a diversidade dos vírus entéricos e a sua potencial aplicação como bioindicador. Apesar da sugestão da utilização dos Adenovírus e Torque Teno vírus como bioindicadores, outros vírus também vêm sendo estudados para esta finalidade, mas ainda não há um consenso de qual gênero de vírus seria mais adequado para o monitoramento da qualidade da água.

Palavras chaves: vírus entéricos; qualidade da água; bioindicador

ABSTRACT

The water quality is influenced by many factors, such as: physical, chemical and biological. These substances suffer alterations constantly, due to the anthropogenic stress. The biological monitoring of the aspect qualitative of the water is in its majority based on bacteriological tests, and they normally do not include the viich virus aspect. The purpose of this project was to obtain an additional instrument in the studies of the quality the water. This study evaluated the diversity of the enteric viruses and the potential bioindicators. Although the suggestion is to use the adenoviruses and Torque Teno viruses as bioindicators, other viruses have been studied as well for this purpose, but there is not consensus about wich virus genre would be better to monitor of the water quality.

Key words: Enteric viruses, water quality, bioindicators

LISTA DE SIGLAS

ANA – Agência Nacional de águas

CESBS- Companhias Estaduais de Saneamento Básico

COPASA – Companhia de Saneamento de Minas Gerais

DNA – Acido Desoxirribonucléico

HAV- Vírus da Hepatite A

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística

HPyVs – Poliomavírus humano

ONU – Organizações das Nações Unidas

PCR – Reação da Cadeia da Polimerase

PLANASA – Plano Nacional de Saneamento

PNUD – Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento

TTV – Torque Teno Vírus

LISTA DE QUADROS

| | |
|--|----|
| Quadro 01 – Gênero <i>Enterovirus</i> | 25 |
| Quadro 02 – Gênero <i>Rotavirus</i> | 26 |
| Quadro 03 – Gênero <i>Mastadenovirus</i> | 26 |
| Quadro 04 – Gênero <i>Norovirus</i> | 26 |

SUMÁRIO

| | |
|---|----|
| 1. INTRODUÇÃO | 12 |
| 1.1 Justificativa..... | 13 |
| 1.2 Objetivos | 14 |
| 2. METODOLOGIA | 15 |
| 3. RESULTADO..... | 16 |
| 3.1 A água | 16 |
| 3.2 A água doce no mundo..... | 16 |
| 3.3 A água doce no Brasil | 17 |
| 3.4 Poluição dos recursos hídricos | 18 |
| 3.5 O saneamento básico no Brasil..... | 18 |
| 3.6 Tratamento de água e esgoto. | 20 |
| 3.7 As análise microbiológicas..... | 21 |
| 3.8 Os vírus | 22 |
| 3.9 Interações dos vírus com o ecossistema aquático. | 23 |
| 3.10 As pesquisas de agentes virais..... | 24 |
| 3.11 Os vírus entéricos | 24 |
| 3.12 Principais gêneros de vírus entéricos humanos..... | 25 |
| 3.13 Vírus entéricos em águas subterrâneas | 27 |
| 3.14 Vírus entéricos em águas residuais..... | 27 |
| 3.15 Vírus entéricos em água de reuso..... | 28 |
| 3.16 Vírus entéricos no Brasil..... | 28 |
| 4. DISCUSSÃO | 29 |
| 5. CONSIDERAÇÕES FINAIS | 32 |
| 6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS..... | 33 |

1- INTRODUÇÃO

A água é um recurso natural amplamente utilizado pela humanidade. Os valores sociais mudaram lentamente, a água era considerada um recurso abundante e não havia planejamento do seu uso, porém, ao longo do tempo percebeu-se que assim como outros recursos naturais, ela é finita.

Desde a década de 70, várias conferências internacionais e nacionais vêm sendo realizadas para que a água não seja um fator limitante não só quantitativamente como também qualitativamente para o desenvolvimento sustentável. Atualmente muitos recursos financeiros e científicos são utilizados na tentativa de solucionar o problema da degradação pelas ações antrópicas dos recursos hídricos que causa riscos à saúde da população.

Desde o início do século XX no Brasil, foi criado o monitoramento da quantidade e qualidade da água consumida pela população a fim de minimizar os problemas da Saúde Pública em função da veiculação hídrica de patógenos. Este monitoramento reflete as características da água físicas, químicas e microbiológicas. Esta última concentra-se em análises bacteriológicas, sendo escassas ou inexistentes as análises virais.

Assim como a evolução da sociedade, o sistema de monitoramento da qualidade de água também alterou pois ao longo dos anos foram adicionados à água componentes antropogênicos.

Apesar dos esforços da sociedade em geral, o sistema de monitoramento da qualidade de água potável provavelmente, apresenta falhas nas análises virológicas realizadas esporadicamente. Neste sentido, torna-se necessário o desenvolvimento de estudos adicionais que objetivem a melhoria do monitoramento da qualidade da água e conseqüentemente reduzam os riscos para a saúde pública.

1.1 - JUSTIFICATIVA

A água é uma riqueza natural muito importante para o desenvolvimento econômico e social da população mundial.

Ao longo de décadas, os recursos hídricos sofreram grande depreciação em função da ocupação desordenada com o crescimento populacional dos centros urbanos. Com essa pressão sobre os recursos hídricos tornou-se necessário um planejamento para o uso desse recurso natural. Criou-se o abastecimento de água e saneamento básico, desenvolvendo assim a tecnologia de tratamento de água, baseada na avaliação de suas características físicas, químicas e microbiológicas.

A análise microbiológica vigente da qualidade da água utiliza-se como padrão a presença de organismos indicadores caracterizados pelas bactérias do grupo coliforme. No entanto, vários estudos descrevem a presença de vírus entéricos na água, agentes etiológicos de inúmeras doenças humanas como a gastroenterite, infecções respiratórias, conjuntivite, hepatite.

Os vírus de veiculação hídrica são considerados organismos potencialmente patogênicos emergentes e são resistentes aos tratamentos convencionais de água. Até o presente momento, no processo de avaliação da qualidade da água consumida pela população, a análise virológica não é realizada concomitantemente com a bacteriológica. Portanto, torna-se sugestivo o estabelecimento de um parâmetro viral como bioindicador da qualidade da água que vise melhorar a vigilância da saúde pública.

1.2 - OBJETIVOS

1.2.1 Objetivo Geral

1.2.1.1 – Realizar revisão bibliográfica visando identificar e descrever vírus entéricos que podem ser utilizados como bioindicadores de qualidade de água doce para o consumo humano.

1.2.2 Objetivos Específicos

1.2.2.1 - Descrever a diversidade dos vírus entéricos

1.2.2.2- Avaliar o potencial dos vírus entéricos como instrumento adicional no monitoramento de qualidade da água.

2. METODOLOGIA

A produção bibliográfica sobre vírus entéricos encontra disseminada nas bases de dados como portais CAPES, PUBMED, SCIELO. O acesso de alguns artigos é dificultada pela dispersão e disponibilidade gratuita na web.

A metodologia utilizada foi a seleção de trabalhos científicos que relatam pesquisas teóricas, empíricas ou bibliográficas que tem em seu desenvolvimento abordagens sobre vírus entéricos.

Foram utilizados para pesquisa, periódicos nacionais e internacionais que possuíam livre acesso pelas bases de dados nos últimos cinco anos, em sua maioria. A pesquisa foi realizada com base em palavras chaves relacionadas ao tema como, por exemplo: vírus de água doce, vírus entéricos, a Human Adenovírus, Human Rotavírus, vírus entéricos em águas residuais escritas em inglês e português.

Todos os trabalhos encontrados, teórico, empíricos ou bibliográficos foram lidos e aqueles que correspondiam aos objetivos da pesquisa foram selecionados e citados ao longo do desenvolvimento do trabalho.

Salientamos ainda, que este seja um estudo exploratório a ser atualizado e complementado. Considera-se que esta pesquisa possa auxiliar numa visão geral sobre os vírus entéricos nas fontes de água.

3. RESULTADO

3.1 A água

Os recursos hídricos sempre determinaram a existência humana, o surgimento ou o desaparecimento de civilizações, bem como a instalação ou migração das populações em diversas áreas do planeta. O seu permitiu que civilizações se abastecessem de alimentos e exportassem o excedente, criando riquezas e associando a água a qualidade de vida das pessoas. Por outro lado, o uso inadequado desses recursos, observado sobretudo nas últimas décadas, tem proporcionado impactos negativos à própria humanidade (RODRIGUES et al. 2009). Suas características são também determinantes do potencial humano e econômico a ser manejado sob as mais diversas condições ambientais de sua oferta, o que gera tensões e conflitos de interesses diversos em todo o mundo (TOMASONI et al 2009).

Resta pouca água na natureza devido ao consumo excessivo das pessoas, agricultura e indústria. O crescente consumo acarretou altos custos ambientais, incluindo os danos e a perda da biodiversidade dos sistemas hídricos naturais, como os rios e aquíferos. Com isso, ao longo do último século, metade das regiões alagadas do mundo desapareceu, muitos rios não mais chegam ao mar, e mais de 20% de aproximadamente 10.000 espécies de peixes de água doce estão extintos ou ameaçadas de extinção (ANA, 2009).

3.2 A água doce no mundo

Á água doce equivale a menos de 3% de toda a água do mundo, o restante é constituído por água não potável. Destes 3%, mais de 2,5% está congelada na Antártica, no Ártico e em geleiras não disponível para o consumo humano. Assim sendo, todas as necessidades de água doce do homem e dos ecossistemas dependem de 0,5% de água doce disponível no planeta (ANA, 2009).

Em todo o globo a distribuição não é homogênea, menos de 10 países: Brasil, Rússia, China, Canadá, Indonésia, EUA, Índia, Colômbia e a República Democrática do Congo concentram 60% do suprimento global de água doce disponível. O uso da água no mundo destina-se 8% ao uso doméstico, 22% ao uso industrial e 70% ao uso agrícola (ANA, 2009).

O estoque de água doce e sua desigual distribuição impõem limitações e dificuldades a serem transpostas em quase todas as regiões do planeta. Mesmo países que possuem relativo

estoque deste bem enfrentam problemas de distribuição e de qualidade dos seus mananciais (TOMASONI et al 2009).

3.3 A água doce no Brasil

O Brasil possui 12% das reservas de água doce do planeta e uma produção hídrica sem contribuição externa de 179.516 m³/s (5.661 km³/ano). A distribuição dessa produção não é homogênea, cerca de 68% dos recursos hídricos produzidos vêm da região norte, 3% da região nordeste, 6% da região sudeste, 7% da sul e 16% da região centro-oeste(ANA,2009).

O serviço de abastecimento de água no Brasil cobre 89% da sua população. Este atendimento com rede de água varia de região para região, no qual a região norte é a que apresenta os menores índices de cobertura (inferior a 60% da população). De fato, o país ainda enfrenta problemas crônicos por não ter, até hoje, implantado uma política de uso racional e sustentável de seus recursos hídricos. O IBGE revela que em 11 estados brasileiros, menos da metade dos domicílios são atendidos por rede coletora de esgoto e 80% do que é recolhido é lançado sem tratamento em lagoas, rios e o oceano. De acordo com o Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento (PNUD), órgão ambiental das Organizações das Nações Unidas (ONU), as empresas de saneamento perdem mais de 40% da água produzida, (ANA, 2009).

Em função dos valores sociais e da dotação econômica que a água adquiriu ao longo do tempo, tornou-se necessário o estabelecimento de padrões de qualidade e normas para o seu uso. Com isso, na década de 1990, o Brasil instituiu a Política Nacional de Recursos Hídricos, estabelecida pela Lei nº 9433/97. Esta lei determina que a água seja um bem de domínio público, recurso natural limitado e dotado de valor econômico; sua gestão deve proporcionar o uso múltiplo e ter como uso prioritário o abastecimento para o consumo humano.

A Lei 9433/97 tem como objetivo assegurar à atual e às futuras gerações a necessária disponibilidade de água em padrões de qualidade adequados aos respectivos usos; a utilização racional e integrada dos recursos hídricos, incluindo o transporte aquaviário e com vistas ao desenvolvimento sustentável; a prevenção e a defesa contra eventos hidrológicos críticos de origem natural ou decorrentes do uso inadequado dos recursos naturais.

3.4 Poluição dos recursos hídricos

A história da poluição ambiental aquática remonta ao início da história da civilização humana, entretanto, essa poluição não recebeu muita atenção enquanto não atingiu o limite, com o qual perceberam-se consequências adversas nesses ecossistemas. A partir daí surge um interesse global em relação às questões referentes à poluição aquática (SHAHIDUL ISLAM et al 2004)

Desde a década de 70, várias conferências internacionais e nacionais vêm sendo realizadas para que a água não seja um fator limitante não só quantitativamente como também qualitativamente para o desenvolvimento sustentável.

O intenso uso da água e conseqüente poluição gerada pela população humana contribuem para agravar a escassez de água limpa e gerar uma crescente necessidade do acompanhamento das alterações da sua qualidade. A informação sobre a sua qualidade é necessária para o conhecimento da situação dos corpos hídricos com relação aos impactos antrópicos na bacia hidrográfica e essencial para o planejamento da sua ocupação para que seja exercido o controle necessário desses impactos (REBOUÇAS et al 2006).

Em termos gerais, os principais causadores de alterações da qualidade das águas são os esgotos domésticos, efluentes industriais e da agricultura, desmatamento, uso inadequado do solo, mineração, resíduos sólidos, efluentes da suinocultura, salinização, acidentes ambientais, construção de barragens e aquicultura.

No Brasil a principal pressão sobre os corpos d'água superficiais são os lançamentos domésticos *in natura*, já que apenas 47% dos municípios têm rede coletora de esgoto e somente 26% dos esgotos urbanos recebem algum tratamento (ANA, 2009).

Os impactos de natureza diversas ampliam o cenário de escassez eminente e a incompatibilidade crescente entre os usos e potencialidades dos recursos hídricos em várias regiões do mundo. Esses problemas demandam novas formas de intervenção que exigem um planejamento e um manejo integrado do recurso água (TOMASONI et al. 2009).

3.5 O saneamento básico no Brasil

No Brasil, com o descontrole da urbanização tornam-se enormes os desafios da infraestrutura sanitária, pois a prestação de serviços é muito inferior a demanda. Para o Brasil foi previsto um crescimento urbano de 1,47% ao ano, bem menor que no passado, mesmo

assim, os desafios à gestão urbana serão altos, especialmente na área da infraestrutura e saneamento ambiental.

No que tange a gestão dos recursos hídricos, a “crise urbana” revela-se como grande fonte de problemas, cuja ineficácia social e ambiental tem sido aspecto marcantes. A celeridade do processo urbano pressiona sobremaneira os recursos hídricos, impondo a necessidade de um modelo de gestão diferenciado ao adotado (TOMASONI et al 2009).

Estima-se que o abastecimento de água e o saneamento demandam enormes investimentos em infraestrutura, como redes de tubulações, estações de bombeamento e de tratamento de água. Calcula-se que as nações precisam investir pelo menos US\$200 bilhões ao ano para reformar a infraestrutura e garantir o abastecimento, reduzir vazamentos e proteger a qualidade da água (ANA, 2009).

O índice urbano de atendimento da coleta de esgotos sanitários no Brasil é de 47%, a região Sudeste apresenta um atendimento superior a 75%. No entanto a região Norte não ultrapassa a faixa de 10%, o que reflete um grande paradoxo sobre a realidade brasileira. Já o índice de tratamento potencial dos esgotos sanitários é de 20% da estimativa dos esgotos sanitários produzidos (ANA, 2009).

Este déficit dos serviços de água e esgoto no país tem como fator preponderante a fragmentação das políticas públicas e a carência de instrumentos de regulação. O principal impasse para o desenvolvimento dessa política é a ausência de definição na Constituição Federal acerca da titularidade dos serviços nos sistemas integrados e nas regiões metropolitanas (GALVÃO, 2009).

Houve uma evolução do acesso a serviço de saneamento básico no Brasil entre 1970 a 2004. Essa evolução reflete diretamente as políticas públicas adotadas para o setor. Esse período engloba no mínimo 2 (dois) momentos distintos: (1) Auge do Plano Nacional de Saneamento - Planasa (década de 1970), que consiste na concessão, pelos municípios dos direitos de exploração dos serviços às Companhias Estaduais de Saneamento Básico (CESBS) dos seus respectivos Estados, os quais são responsáveis pela execução de obras e operação dos sistemas; (2) Crise do Planasa (década de 1980), após o período de sucesso da década de 70, as iniciativas governamentais são consideradas “pontuais e desarticuladas”. O Planasa foi provavelmente o “único mecanismo articulado de financiamento e de modernização do setor de saneamento no Brasil” (SAIANI et al, 2010).

Após o Planasa, passou-se a incentivar também uma maior participação da iniciativa privada (desestatização) e dos governos subnacionais (descentralização) nas decisões, no

financiamento e na provisão dos serviços, refletindo assim a crise do estado desenvolvimentista.

Os programas federais pós-Planasa podem ser divididos em três grupos de acordo com seus objetivos: (I) programas de redução das desigualdades socioeconômicas que privilegiavam os sistemas sem viabilidade econômica financeira; (II) programas voltados para a modernização e o desenvolvimento institucional dos sistemas de saneamento; (III) programas para aumentar a participação privada no setor (SAIANI et al,2010).

Somente em 2007, foi promulgada a lei nº 11.415 que estabelece as diretrizes nacionais para o saneamento básico. Essa lei tem como princípio a “universalização” descrita como a ampliação progressiva do acesso ao saneamento básico a todos os domicílios ocupados. Mas, as políticas públicas para o saneamento básico ainda não atendem às necessidades básicas da maioria da população.

3.6 Tratamentos de água e esgoto

Considerando a crescente influência dos fatores antrópicos na qualidade da água, como as formas de uso e ocupação do meio físico e as atividades socioeconômicas, torna-se necessário com frequência crescente distinguir as suas características naturais daquelas engendradas pela ação do homem (REBOUÇAS, et al 2006).

O problema da inexistência ou do inadequado tratamento do esgoto somado ao quadro alarmante da disposição de resíduos sólidos, exerce uma enorme pressão sobre as frágeis drenagens e reservatórios urbanos e periurbanos, justificando um alerta geral em relação à escassez qualitativa e quantitativa de água (TOMASONI et al 2009).

O esgoto sanitário é ainda um dos principais problemas na preservação da água no Brasil. Em grande parte do país ele ainda é lançado diretamente nos corpos de água gerando problemas de poluição e até de contaminação, devido à presença de compostos tóxicos e/ou organismos patogênicos (LEONETI et al, 2010).

Atualmente, grande quantidade de recursos financeiros e científicos vêm sendo utilizados para solucionar o problema da degradação dos recursos hídricos pelas ações antrópicas. Os custos da contaminação são cada vez mais evidentes nas dotações orçamentárias das nações. Estima-se que para cada 1000 metros cúbicos de água tratada gaste-se entre R\$ 2,00 para o tratamento de água com baixíssima contaminação e de R\$ 8,00 para igual quantidade de água bastante contaminada. Revela-se, assim, um grave quadro que expõe

a fragilidade do saneamento ambiental no país que precisa ser urgentemente modificado, sob pena de ampliação exponencial dos problemas hoje detectados. (TOMASONI et al 2009)

A água oferecida à população é submetida a vários testes de tratamento que reduzem a concentração de poluentes para não apresentar riscos à saúde. Várias etapas são realizadas: oxidação, coagulação, floculação, decantação, filtração, desinfecção, concentração de ácidos, PH e fluoretação. São realizados testes microbiológicos em todo manancial de água destinada ao consumo humano para avaliação da sua qualidade (COPASA, 2010).

3.7 As análises microbiológicas

São inúmeros os componentes químicos e as espécies microbiológicas que comprometem o aspecto estético e sanitário da água. A determinação de cada um deles por meio de um procedimento analítico chega, a tornar-se inviável, se considerarmos o crescente número de produtos sintéticos de uso industrial, agrícola, pecuário ou sanitário que pelos efluentes dessas atividades podem atingir um manancial. O mesmo se pode dizer com relação aos organismos patogênicos que embora não constituam produtos de síntese, ainda não são todos bem conhecidos como particularmente, os vírus (REBOUÇAS et al 2006).

Vários testes são realizados para avaliar a qualidade da água, normalmente são coletados dados indicadores físicos que incluem a cor, a turbidez, o sabor e o odor. Além disso, coletam-se dados indicadores químicos que geralmente podem ser mensuráveis por meios analíticos como: salinidade, dureza, alcalinidade, corrosividade, ferro, manganês, impurezas orgânicas, nitrogênio, cloretos, compostos tóxicos fenóis, detergentes, agrotóxicos e radioatividade (BRAGA, 2005).

Das características biológicas da água são coletados dados que consistem na utilização de dois indicadores com maior recorrência: algas e bactérias do grupo coliformes. As algas podem provocar o entupimento dos filtros e dificultar as etapas de tratamento. Já as bactérias do grupo coliformes, que constituem ameaça à saúde. Há outros micro-organismos patogênicos que podem ser utilizados como indicadores como vírus e protozoários. Em função da diversidade desses organismos, a determinação da quantidade individualizada tem se tornado tarefa difícil. Por isso, foi determinado como indicadores as bactérias do grupo de coliformes fecais. Esse índice foi escolhido por quatro razões principais: a) Eles só existem em grande número na matéria fecal; b) Não se reproduzem na água, o que garante uma aferição precisa do grau de contaminação; c) São resistentes ao meio; d) Quantificação e

análise são feitas com métodos simples de pesquisa (BRAGA, 2005). No entanto alguns estudos demonstram que bactérias termotolerantes não podem sobreviver em altas temperaturas e radiação uv. Portanto, não há um indicador ideal, a E.coli reúne a maior parte das características para ser um indicador, mas não é ideal.

Oficialmente, não são realizados testes biológicos que detectam os agentes virais associados às gastroenterites e hepatites, enfermidades que causam grandes impactos tanto socioeconômicos como na Saúde Pública.

Todavia, cada indicador biológico apresenta sensibilidade aos diferentes níveis de degradação e aos diferentes tipos de estresse antropogênicos. Portanto, a complexidade dos sistemas biológicos e sua degradação pela diversidade de fatores tornam pouco prováveis que alguma medida tenha sensibilidade suficiente para ser usada sob todas as circunstâncias (MORAES et al 2002).

3.8 Os vírus

Charles Darwin, em 1837, esboçou árvores genealógicas representando as relações evolutivas entre os organismos que desempenharam papel fundamental em sua teoria para explicar a biodiversidade moderna (RAGAN, 2009). Mas, Darwin não tinha qualquer conhecimento sobre a base física da hereditariedade e nessa época os vírus não eram ser vistos nos microscópios do século XIX, sendo assim, um mundo ainda estava por ser descoberto. A biodiversidade de microorganismos só começou a ser descrita, a partir de 1859, com o desenvolvimento da microbiologia, com ênfase no estudo das bactérias e posteriormente, com o desenvolvimento da virologia (BRÜSSOW, 2009).

Segundo ENQUIST (2009), o papel dos vírus vão além da sua importância médica, agrícola e econômica. São grandes mestres e seus ensinamentos não se restringem às doenças virais, pois muitas tecnologias foram desenvolvidas através deles como modelo experimental. Como exemplo, cita-se a revolução da biologia estrutural cuja diretriz teve a ideia inicial de que os processos da vida poderiam ser entendidos com bases químicas e eventualmente a nível atômico. Esta teoria foi defendida pela cristalização do vírus do mosaico do tabaco, por Wendell Stanley em 1930.

Atualmente, os vírus podem ser estudados isoladamente ou como parte de uma comunidade complexa de microorganismos, devido ao grande avanço da biotecnologia. Com esse avanço voltado para a descoberta de patógenos virais pode se obter maior entendimento

da patogênese de doenças infecciosas e dos ciclos da multiplicação viral. Isto leva a uma compreensão maior de como as infecções virais, direta ou indiretamente, podem provocar ou modular doenças crônicas (por exemplo, síndromes autoimunes, câncer, doenças cardiovasculares e doenças neurológicas). (ENQUIST, 2009).

3.9 Interações dos vírus com o ecossistema aquático

Segundo BETTAREL (2006), os vírus aquáticos podem ter várias relações com o ecossistema aquático como, por exemplo, participação direta na regulação do fluxo de nutrientes e carbono como também na mortalidade do bacterioplâncton e fitoplâncton. A abundância viral está intimamente ligada à abundância de bactérias e à concentração de fósforo dissolvido. Além disso, os vírus são mais abundantes no sedimento que na coluna d'água. Este fato provavelmente está relacionado com a radiação solar que pode ter papel fundamental na deterioração dos vírus na camada superficial da coluna d'água. (BETTAREL 2006).

É difícil descrever uma inter-relação única dos vírus com os ambientes aquáticos, pois em cada tipo de ambiente como o pântano, águas superficiais ou subterrâneas, eles apresentam inter-relações diferentes com o ecossistema, como o papel na regulação de fluxo de nutrientes, embora em alguns casos apresentem comportamento semelhante com outros microorganismo ou vírus de ambientes distintos. FILIPPINI *et al* (2006) relatam que os parâmetros de sobrevivência que caracterizam a dinâmica viral na água do pântano apresentam padrões semelhantes ao das bactérias comumente observadas em zonas pelágicas.

Entender essas relações ecológicas dos vírus em ambientes aquáticos pode ser de extrema relevância, pois através destas relações pode se inferir associações com possíveis doenças virais de veiculação hídrica. MANN *et al* (2007) relatam que é possível estabelecer uma associação entre a turbidez da água potável e as doenças gastrointestinais. Este estudo demonstra que dados de contagem de partículas suspensas poderiam ajudar a diferenciar os microorganismos presentes na água com base nos seus tamanhos. Portanto, essas associações positivas entre a qualidade da água potável e as doenças gastrointestinais podem sugerir valores limites de turbidez aceitáveis ou qualquer outra medida pertinente à qualidade deve ser reconsiderada.

3.10 As pesquisas de agentes virais

A pesquisa de agentes virais em amostras de água coletadas no ambiente teve seu início há aproximadamente 60 anos. Inicialmente, o enfoque dos trabalhos era voltado para a detecção dos Enterovírus, posteriormente, outros vírus especialmente, os entéricos com relevante impacto em saúde pública, tornaram-se alvo de pesquisas. (VECCHIA et al 2009). A compreensão da natureza dos vírus era muito limitada nos primeiros tempos, os testes laboratoriais não constituíam opção viável e as investigações epidemiológicas acabavam sendo prejudicadas (CLIVER, 2010).

A presença dos vírus entéricos na água são indicadores de poluição fecal que representam a risco potencial para a população, visto que tais patógenos não integram a microbiota gastrointestinal normal e que são excretados só por indivíduos doentes (ABAD et al, 1997).

Este fato é de extrema relevância, já que a presença de vírus na água pode estar associada à gastroenterites e hepatites virais, que têm como principal característica a excreção de altas quantidades de vírus nas fezes de indivíduos infectados e associada à elevada resistência desses vírus à inativação no ambiente e ausência de replicação fora dos hospedeiros.

Assim, tais características biológicas os tornam excelentes marcadores da contaminação ambiental, oriunda da colonização do ser humano de novas áreas e que podem atestar falhas nas estratégias de saneamento básico (VECCHIA et al 2009).

Segundo FONG (2005), os vírus entéricos podem estar presentes naturalmente em ambientes aquáticos ou mais comumente, introduzidos através de atividades humanas, tais como: vazamentos na rede de distribuição e sistemas de esgotos sépticos e urbanos, escoamento superficial e agrícola. Enfim, mais de 100 tipos de vírus patogênicos excretados por seres humanos e animais, colocam em xeque as formas de tratamento da água para o consumo humano.

3.11 Os vírus entéricos

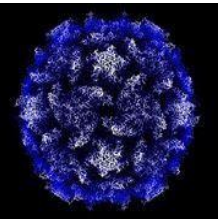
Os vírus entéricos humanos são agentes causadores de doenças principalmente nos tratos gastrointestinal e respiratório, que afetam tanto países desenvolvidos como países em desenvolvimento, apresentando altas taxas de morbidade e mortalidade em todo mundo

(OKOH et al, 2010). Eles são altamente estáveis e resistentes aos tratamentos convencionais de água para o consumo humano, o que permite dessa forma, que uma quantidade significativa de carga viral seja lançada em rios, lagos e outras fontes de água potável (SVRAKA et al, 2007).

As doenças de veiculação hídrica provavelmente se tornarão grande preocupação para a saúde pública no século XXI. São doenças que não distinguem países, continentes, pois não há barreiras sanitárias e nem fronteiras para a água. Há apenas um complexo sistema biológico onde milhares de microorganismos vivem e/ou sobrevivem em algum momento do seu ciclo biológico.

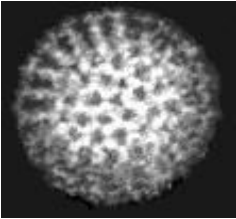
Conhecer a dinâmica ecológica dos vírus entéricos e suas consequências para a população humana pode ser fundamental para o estabelecimento de diretrizes para a saúde pública mundial.

3.12 Principais gêneros de vírus entéricos humanos

| ENTEROVIRUS | FAMÍLIA | ESPECIES QUE INFECTAM HUMANOS | ESTRUTURA | PATOGENICIDADE | EPIDEMIOLOGIA CASOS DE MORBIDADE |
|--|----------------|--|---|---|---|
|  Human Poliovirus ¹ | Picornaviridae | Quatro espécies de A-D infectam humanos com certa recorrência com aproximadamente 80 sorotipos humanos | Vírus contendo capsídeo Icosaédrico; genoma com 4 proteínas e sete não estruturais envolvidas na replicação viral e maturação ; genoma de | Os Enterovirus são citopáticos a maioria das infecções resulta na destruição das células dos tecidos específicos. Normalmente, o sítio primário de infecção é a células epiteliais do trato respiratório ou gastrointestinal. | A maioria das infecções causadas por enterovírus são assintomáticas ou resulta em doenças leves ou infecções do trato respiratório. No entanto pode ocorrer hemorrágica aguda, meningite, |

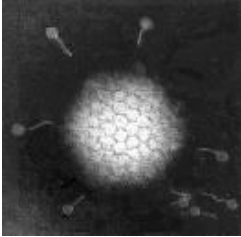
Fonte: ¹ The big Picture Book of virus; ² (OKOH, 2010)

Quadro 01: Gênero *Enterovirus*

| ROTAVIRUS | FAMÍLIA | ESPECIES QUE INFECTAM HUMANOS ² | ESTRUTURA ² | PATOGENICIDADE ² | EPIDEMIOLOGIA CASOS DE MORBIDADE ² |
|--|------------|---|---|--|---|
|  <p>Human Rotavirus¹</p> | Reoviridae | O gênero Rotavirus possui sete espécies designadas de A-G, sendo que os grupos A-C infectam humanos com recorrência | Vírus com 70nm de diâmetro; capsídeo com tripla camada que atua na adsorção, genoma de RNA fita dupla segmentado, não envelopado. | A infecção por Rotavírus altera a função do epitélio intestinal, resultando em diarreia, transmissão pela via oral fecal | Principal causa de diarreia grave em crianças menores de cinco anos de idade com cerca de 140 milhões de casos e cerca de 800.000 |

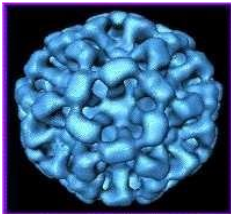
Fonte: The big Picture Book of virus; ² (OKOH, 2010)

Quadro 02: Gênero *Rotavirus*

| MASTADENOVÍRUS | FAMÍLIA | ESPECIES QUE INFECTAM HUMANOS | ESTRUTURA | PATOGENICIDADE | EPIDEMIOLOGIA CASOS DE MORBIDADE |
|--|--------------|---|--|--|---|
|  <p>A human adenovirus¹</p> | Adenoviridae | Adenovírus humano são classificados em espécies designada de A-F. Com aproximadamente 51 sorotipos humanos. | Vírus com cerca de 90nm de diâmetro; genoma linear de DNA de dupla fita; capsídeo Icosaédrico. | As infecções atingem principalmente células epiteliais do hospedeiro (gastrointestinais e respiratórios) | As infecções por Adenovírus ocorrem no mundo inteiro durante todo o ano. Podem ocorrer doenças como a faringite; conjuntivite; Pneumonia; |

Fonte: ¹ The big Picture Book of virus; ² (OKOH, 2010)

Quadro 03: Gênero *Mastadenovirus*

| NOROVÍRUS | FAMÍLIA | ESPECIES QUE INFECTAM HUMANOS | ESTRUTURA | PATOGENICIDADE | EPIDEMIOLOGIA CASOS DE MORBIDADE |
|---|---------------|-----------------------------------|--|---|---|
|  <p>Nowark virus¹</p> | Caliciviridae | Genogrupo GI e GII afetam humanos | Vírus com filamento positivo de RNA fita simples, não envelopado, não segmentado; tamanho de 7,7Kb; vírus pequenos e arredondados. | As infecções por Norovirus atuam no epitélio da mucosa intestinal | Principal causa de gastroenterite viral aguda, afetando pessoas de todas as faixas etárias em todo o mundo pode ser sazonal ou esporádica muito comum em navios, escolas. |

Fonte: The big Picture Book of virus; ² (OKOH, 2010)

Quadro 04: Gênero *Norovirus*

3.13 Vírus entéricos em águas subterrâneas

As águas de poços subterrâneos são muito utilizadas pela população em geral, porém pouco se sabe sobre sua qualidade e os riscos biológicos que a população é submetida. Sua qualidade é influenciada direta e indiretamente pelo estresse antropogênicos, embora muitas vezes de forma silenciosa.

Em um estudo nos Estados Unidos demonstra que das 62 amostras de água coletadas, (58%) continham alguma espécie de vírus entéricos, (BORCHARDT et al 2004). A recorrência dos gêneros de vírus encontrados em sua maioria foi do gênero Mastadenovírus, seguido de Rotavírus e Norovírus, que não apresentam correspondência clara de sazonalidade entre os vírus do mesmo gênero em águas superficiais.

Apesar dos poços subterrâneos serem influenciados pela recarga aquífera dos rios e lagos, o nível de contribuição das águas superficiais não influenciou, todos os poços estudados apresentaram mesma frequência de detecção de vírus e a fonte mais provável de contaminação fecal dos poços foi o esgoto sanitário I (BORCHARDT et al 2004).

3.14 Vírus entéricos em águas residuais

Um mix de microorganismos compõe a água de esgoto, a comunidade viral presente possivelmente reflete em sua maioria, as flutuações da população humana.

Um estudo conduzido em 12 estações de tratamento de esgoto no litoral dos Estados Unidos demonstrou que o Adenovírus foi encontrado em 100% das amostras de esgoto bruto SYMONDS *et al* (2009), os Enterovírus detectados (75%) amostras de esgoto bruto, e os Norovírus em (58%) das amostras. Os Rotavírus não foram detectados, no entanto, é possível a presença deles em concentrações abaixo do limite de detecção.

No entanto o autor descreve as limitações da pesquisa que a carga viral da população humana é diferente de todos os vírus e que a abundância destes, varia diariamente e sazonalmente no esgoto bruto (SYMONDS *et al* 2009). Porém, em outro estudo de um afluente e efluente de esgoto teve como resultado a detecção constante de Rotavírus, Enterovírus e Mastadenovírus detectado em ordem decrescente de magnitude. Resultado um pouco diferente do estudo anterior de SYMONDS et al 2009 no qual ele relata que não havia presença de Rotavírus e neste trabalho foi o vírus de maior recorrência em suas estações de tratamento e afluentes.

3.15 Vírus entéricos em água de reuso

A utilização da água recuperada é um componente importante para a gestão sustentável dos recursos hídricos, no entanto a normatização desta utilização ainda é discutida, não há um consenso geral no qual os tratamentos convencionais são suficientes para torná-la aceitável aos padrões da saúde humana. Há preocupações com relação ao transporte de patógenos através desta fonte de água alternativa, pois o papel da água recuperada na disseminação de patógenos é atualmente desconhecido. Uma compreensão abrangente sobre os vírus presentes em águas recuperadas pode auxiliar as agências reguladoras na tomada de decisões que minimizem os impactos negativos para a saúde humana e ambiental (ROSARIO, et al 2009).

Estudo realizado em um sistema tropical de altitude no México demonstra a presença de Enterovírus, Rotavírus, Astrovírus e entre outros contaminantes fecais na água utilizada para irrigação colocando em risco a saúde dos trabalhadores agrícolas e até mesmo a dos consumidores. (ESPINOSA et al 2009).

3.16 Vírus entéricos no Brasil

Os estudos de vírus entéricos nas fontes de água doce no país, ainda são pontuais, porém o número de trabalhos dedicados ao tema é pequeno em relação aos estudos em outros países. No Brasil não é obrigatório pela legislação brasileira o monitoramento da carga viral presente na água.

Estudo na Amazônia relatam a prevalência do Vírus Torque Teno Vírus da Família *Circoviridae* com ampla distribuição e grande diversidade genética nas microbacias urbanas de Manaus MENDES, (2008). Outro estudo, também na Amazônia, avaliou a diversidade de vírus entéricos responsáveis pela gastroenterite aguda, na bacia hidrográfica em torno da cidade de Manaus, os resultados foram expressivos e positivos em 59,6% das amostras para Rotavírus, *Adenovirus* Humano, *Astrovirus* humano e Norovirus (MMIAGOSTOVICH, M.P. et al,2010).

Em Florianópolis, na região sul do país, estudos de prevalência da contaminação de Norovirus demonstram um contaminação generalizada com ampla distribuição desses vírus no ambiente, possibilitando o surgimento de surtos de gastroenterite aguda. VICTORIA, (2010).

Estes estudos indicam alta contaminação nos ambientes aquáticos das regiões Norte e Sul do país, colocando em risco a saúde da população. Os autores também sugerem a utilização dos vírus entéricos como bioindicadores de contaminação fecal.

4. DISCUSSÃO

Analisando os trabalhos de águas subterrâneas, residuais e de reuso observa-se que não há prevalência quantitativa de um único gênero de vírus entérico. O vírus comum encontrado em águas residuais não é encontrado com a mesma frequência em águas subterrâneas e/ou águas de reuso. Estes fatores que dificultam a indicação de um único gênero de vírus entérico para auxiliar no controle de qualidade da água doce. O ideal seria avaliar: as especificidades regionais dos vírus entéricos, o tipo de água que é consumida pela população humana a destinação da água de reuso, a partir deste levantamento, observando os prováveis patógenos virais presentes em seus ecossistemas aquáticos, sugerir um bioindicador viral.

Diante desta problemática da saúde pública mundial os vírus entéricos vêm sendo estudado como alternativa para ser em um indicador adicional nos estudos de qualidade da água. Alguns estudos demonstram a qualidade e os requisitos técnicos que os vírus entéricos apresentam para um bom indicador, porém os estudos são pontuais e incipientes.

O estudo de SYMONDS et al (2009), relata que os Adenovírus foi encontrados em 100% das águas residuais (esgoto), considera que estes vírus são potencialmente úteis como indicadores de poluição fecal. Já os Enterovírus detectados em 75% e os Norovírus em 58% das amostras de esgoto bruto. Portanto, o uso destes vírus como indicadores de poluição fecal poderia subestimar a extensão da contaminação fecal.

FONG et al (2010), também descreve o potencial dos Adenovirus como bioindicador de contaminação fecal, pois estão constantemente presentes no esgoto e são detectados ocasionalmente nos rios que recebem efluentes de esgoto. Outros vírus também vem sendo sugeridos como bioindicadores de contaminação fecal no esgoto, como o Poliomavírus humano (HpyVs) indicado por McQUAIG,S.M. et al (2009). O HPyVs foi encontrado em concentrações relativamente elevadas em amostras de esgoto bruto e nas águas residuais de tratamento terciário, demonstrando ser um microorganismo resistente a desinfecção.(McQUAIG et al 2009)

O Torque Teno vírus (TTV) também vêm sendo estudado como possível bioindicador de contaminação fecal. A presença TTV foi constatada em cerca de 90% das amostras

de águas residuais conforme (HARAMOTO,E. et al 2005). Os resultados mostraram que a concentração de DNA do TTV em amostras dos efluentes foi constante durante todo o ano, tornando-o um potencial indicador de contaminação fecal.

Conforme estudos apresentados nesta revisão de literatura não há prevalência de um gênero viral, cada estudo apresenta prevalência diferente o que sugere propor apenas um vírus entérico para avaliação da qualidade da água, em função das flutuações da população humana e concomitante a este fato as especificidades regionais.

ROSÁRIO et al (2009) descreve um problema potencial do uso dos vírus humanos como bioindicadores, pois sua abundância que em águas residuais que depende do grau de infecção e disseminação da população humana em um dado momento.

GRIFFIN et. al (2008) também descreve que a utilização dos patógenos virais é extremamente problemática, pois apresentam ciclos de vida diferentes, há maior persistência em relação as bactérias, assim como a mobilidade. Além disso, reagem de forma diferente aos padrões de tratamento da água potável.

Concomitante ao esforço da comunidade científica para estabelecer um bioindicador para os vírus entéricos, outras vertentes de estudo apresentam como diretrizes à remoção, a inativação ou a redução quantitativa dos vírus entéricos. CROMEANS, T.L. et al (2010) sugere que a inativação do Adenovírus, Enterovírus e Norovírus seja através da associação de cloro com monoclóramina como desinfetante secundário; GUSSEME,B. et al 2010 sugere a utilização de pratas biogênicas aplicadas ao filtro eletropositivo (Nano Ceram) para a remoção de vírus entérico como o Norovírus.; SHIN,G. et al 2003 sugere que a redução de Nowarlk Vírus, Poliovirus 1 seja com a desinfecção por ozônio. Estas metodologias contemplam apenas alguns dos gêneros de vírus entéricos, mas são avanços relevantes no controle da qualidade da água.

Diante desta diversidade de estudos sobre vírus entérico há uma tendência em desenvolver tecnologias capazes de retirar e inativar os vírus entéricos, da fonte de água potável; uma tentativa de estabelecer um bioindicador de vírus entérico para águas residuais (esgoto), com a finalidade de descobrir como acontece e que tipo de contaminação fecal há nessas águas que retornam aos rios e lagos e se o sistema de tratamento é eficiente.

Além dos vírus entéricos que podem ser utilizados como bioindicadores de contaminações fecais outros vírus também estão sendo estudados para esta finalidade. Como o Pepper mild mottle vírus descrito por ROSARIO et al (2009) como bioindicador. Este vírus do gênero Tobamovirus, que infecta pimentas. Consumido através de produtos derivados de

pimentas, como molhos, posteriormente é excretado nas fezes. Ele é altamente estável, encontrado com grande abundância no esgoto bruto e nas águas residuais podendo ser um problema potencial para a agricultura.

Ainda conforme ROSARIO, K.² et al (2009) em outro trabalho distinto sugere como bioindicador de contaminação fecal a utilização de fagos da família Siphoviridae, pois representam um grupo abundante de vírus em esgoto e são bastante resistente ao tratamento de águas residuais.

Outras tecnologias também vêm sendo estudadas e testadas para avaliar o monitoramento da contaminação fecal por vírus de humanos e animais WOLF, S. et al (2010) sugere a utilização de um aparelho de PCR que contém um Multiplex viral de plasmídeos de DNA que carregam as seqüências alvo dos respectivos vírus como: Norovirus I, II, III; Adenovírus suínos tipos 3 e 5; adenovírus ovinos.

Porém, KARIM, M.R. et al (2009) faz uma observação no seu trabalho relatando que um dos problemas de detecção de vírus através de métodos moleculares é a presença de grande quantidade de matéria orgânica concentrada na água que poderia inibir as enzimas usadas na RT-PCR.

Os estudos para o estabelecimento de um biodicador viral, de detecção, redução, inativação, e monitoramento, e avaliação de concentração de vírus entéricos nas águas doce, encontram-se em franco desenvolvimento, porém todos os segmentos de pesquisa apresenta grandes dificuldades a serem vencidas; provavelmente em função da complexidade dos vírus entéricos que refletem naturalmente a complexidade da população humana. É necessário o aperfeiçoamento das tecnologias e metodologias propostas, a fim de se obter um resultado satisfatório que não comprometa a saúde da população humana.

Enfim, qualquer alteração na regulamentação da água potável deve ser baseada não só na demonstração da associação a doenças gastrointestinais, mas também no real impacto que eventual alteração provocaria na saúde pública, em termos de casos e custos sociais, para minimizar os riscos à saúde humana (MANN et al 2007).

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os vírus entéricos encontram-se disseminado em todas as formas de água, as subterrâneas, superficiais, salobras e salinas até as água de reuso, no Brasil esta reutilização de água ainda não é bem difundida.

Há vários estudos descritos até o presente momento que relatam a presença de vírus entérico em diversos tipos de amostras ambientais, porém a indicação de um gênero de vírus entérico como bioindicador, ainda requer muitos estudos.

Não há um consenso na comunidade científica de qual seria o bioindicador, apesar dos avanços nos estudos, ainda esbarram em algumas dificuldades, pois a maioria dos vírus entéricos possuem variações sazonais, temporais e associação com as variações ambientais, além de estarem intimamente ligados às flutuações da população humana.

A maioria dos estudos de vírus entéricos são efetivados na Europa, Asia e Estados Unidos, realidades ambientais diferentes do Brasil.

Portanto, conforme revisão bibliográfica percebe-se que ainda não foi definido, se apenas um gênero vírus entérico é habilitado tecnicamente para mensurar contaminação fecal, em diferentes ambientes aquáticos ou se é necessário a utilização de diferentes indicadores os diferentes tipos de água doce, tendo em vista que os gêneros dos vírus entéricos comportam-se de formas diferentes quando submetido à variações ambientais.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABAD,F.X.; PINTO,R.M.; VILLENNA.C.B.A: Astrovirus Survival in drinking water **Environ Microbiol**,63:3119-3122, 1997.

ANA/ Agência Nacional de Águas. Conselho Empresarial Brasileiro para o Desenvolvimento Sustentavel (CEBDS) – **Águas fatos e tendências** ,Brasília,ANA 2009.

BETTAREL,YVAN; BOUVY,MARC.; DUMONT,CLARIE.; SIME-NGANGO, TÉLESPHORE: Vírus- bacterium Interactions in Water and Sediment of West African Inland Aquatic Systems. **Applied and Environmental Microbiology**, Vol.72,nº8 ,p.5274-5282, Aug.2006.

BORCHARDT,MARK.A.; HAAS,NATHANIELL.;HUNT,RANDALL J.: Vulnerability of Drinking-Water Wells in La Crosse, Wisconsin, to Enteric- Virus Contamination from Surface Water Contribution. **Applied and Environmental Microbiology**, Vol. 70,nº10, p.5937-5946. Oct.2004.

BRAGA,B. **Introdução a engenharia ambiental: O desafio do desenvolvimento sustentável**.2ed. Revisada. São Paulo: Pearson Pretice Hall 2005.

BRASIL. LEI 9433/97 de 08 de janeiro de 1997. Institui a Política Nacional de Recursos Hídricos.**Diário Oficial da União**, Brasília, 08 janeiro1997.

BRASIL. LEI 11.415 de Institui Diretrizes Nacionais para o Saneamento Básico.**Diário Oficial da União**, Brasília, #####

BRÜSSOW, HARALD. The not so universal tree of life or the place of viruses in the living Word. **Phil.Trans. R.Soc. B**, 364, 2263-2274, 2010.

CLIVER, Dean O. Early Days of Food and Environmental Virology. **Food Environ Virol** 2:1-23, (2010).

COPASA. Companhia de Saneamento de Minas Gerais. Disponível em <<http://copasa.gov.br>. Acesso em 15.01.2011

CROMEANS.THERESA L.; KAHLER,AMY M.; HILL,VICENTE R.: Inactivation of adenoviruses, Enteroviruses, and Murine Norovirus in Water by Free Chlorine and Monochloramine. **Applied and Environmental Microbiology**,p 1028-1033, Feb. 2010.

ENQUIST.L.W. Virology in the 21st Century. **Jounal of Virology**,Vol.83, Nº.11,p.5296-5308, june /2009.

FILIPPINI,MANUELA.;BUESING,NANNA.;BETTAREL,YVAN; SIME-NGANDO ,TÉLESPHORE.;GESSNER,MARK O.: Infection Paradox: High Abundance but Low Impact of Freshwater Benthic Viruses. **Applied and Enviromental Microbiology**,p.4893-4898 vol.72.nº7, July 2006.

FONG,T.T.;LIPP,E.K. Enteric viruses of humans Detection, and Potential and Animals in Aquatic Environments: Health Risks, water Quality Assessment Tools **Microbiology and Molecular Biology Reviews**, vol.69,nº2,p.357-371, 2002.

FONG,TENG.TENG.; PLANIKUMAR,MANTHA.S.; XAGORARAKI, IRENE.; ROSE,JOAN B.: Quantitative Detection of Human Adenoviruses in Wastewater and Combined Sewer Influencing a Michigan River. **Applied and Environmental Microbiology**, Vol.76,Nº3, p.715-723 Feb/2010.

GALVÃO,J. ALCEU CASTRO. Desafios para a universalização dos serviços de água e esgoto no Brasil. Revista Panamericana Salud Pública. 2009;25(6):

GRIFFIN,J.S.;PLUMMER,J.D.;LONG,S.C. Torque teno virus: an improved for viral pathogens in drinking water. **Virology Journal**,5:112, 2008.

GUSSEME,B.;SINTUBIN,L.;BAERT,L.;THIBO,E.;HENNEBEL,T.;VERMEULEN, G.; UYTTENDAELE,M.; VERSTRAETE,W.; BOON, N.: Biogenic Silver for Disinfection of Water Contaminated with Viruses. **Applied and Environmental Microbiology**. Vol.76, p.1082-1087, nº4, Feb/ 2010.

HARAMOTO,EIJI.; KATAYAMA,HIROYUKI.;OHGAKI,SHINICHIRO. OGUMA,K.:. Application of cation-coated filter method to detection of noroviruses, enteroviruses, adenoviruses, and Torque teno viruses in the Tamagawa River in Japan. **Appl. Environ. Microbiol.**71:2403-2411, 2005.

HARAMOTO,EIJI.; KATAYAMA,HIROYUKI; OHGAKI,SHINICHIRO. Quantification and Genotyping of Torque teno Virus at a Wastewater treatment Plant in Japan. **Applied and Environmental Microbiology**, Vol.74,nº23,p.7434-7436, Dec. 2008.

KARIM,MOHAMMAND.R.; RHODES, ERIC.R. RHODES; BRINKMAN,NICHOLE; WYMWE,LARRY; FOUT,G.SHAY.: New Electropositive Filter for Concentrating Enteroviruses and Noroviruses from Large Volumes of Water. **Applied Environmental Microbiology**, Vol. 75, nº 8, p.2393-2399, Apr, 2009.

LEONETI,ALEXANDRE BEVILACQUA; OLIVEIRA,SONIA VALLE WALTER BORGES; OLIVEIRA, MARCIO MATOS BORGES. O equilíbrio de Nash como uma solução para o conflito entre eficiência e custo na escolha de sistemas de tratamento de esgoto sanitário com o auxílio de um modelo de tomada de decisão. **Eng.Sanit.Ambiental** vol.15n.1,53-64, jan/mar 2010.

MANN,ANDREA.G.; TAM,CLARENCE.C.;HIGGINS,CRAIGD.; RODRIGUES,LAURA C.: The association between drinking water turbidity and gastrointestinal illness: a systematic review. **Bmc Public Health**,7:256, 2007.

McQUAIG,SHANNON.M.; SCOTT,TROY.M.; LUKASIK,JERZY.O.; PAUL,JOHN.H.; HARWOOD,VALERIE.J.: Quantification of Human Polyomaviruses JC Virus and BK Virus by TaqMan Quantitative PCR and Comparasion to Other water Quality Indicators in Water and Fecal Samples. **Applied and Environmental Microbiology**, p. 3379-3388 Vol.75, Nº 11, june 2009.

MORAIS,D.S.L.; JORDÃO.B.Q. Degradação de recurso hídricos e seus efeitos sobre a saúde humana. **Revista saúde pública**;36(3):370-4, 2002.

NISHIZAWA,T.;OKAMOTOH.;KONISHI K.;YOSHIZAWA H.;MIKAWA,Y.; AND MAYUMI, M. A novel DNA virus (TTV) associated with elevated transaminase levels in posttransfusion hepatitis of unknown cytology. **Biochem.Biophys.Res.Commun** 241:92-97 - 1997.

OKOH, ANTHONY I.; SIBANDA,THULANI.; GUSHA,SIYABULELAS. Inadequately treated Wastewater as a Source of Human Enteric Viruses in the Environment. **Int.J.Environ. Res. Public Health**,7,2620-2637, 2010.

RAGAN,MARK A. Trees and networks before and after Darwin. **Biology Direct**,4:43, 2009.

REBOUÇAS,A.C.;BRAGA,B.;TUNDISI,J.G. Água doces no Brasil: Capital ecológico, uso e conservação. 3ªEd. São Paulo. Escrituras Editora, 2006,747p.

RODRIGUES,A.S.L.;MALAFAIA,G. Degradação dos recurso hídricos e saúde humana: uma atualização. **Revista Saúde e Ambiente/Health and Environment Journal**, v.10,n.1,jun.2009.

ROSÁRIO,KARINA.; NILSSON,CRHRISINA.; LIM,YAN.WELL. RUAN,YIJUN. BREITBART,MYA: Metagenomic analysis of viruses in reclaimed water. **Environmental Microbiology** Vol.11(11), 2806-2820, (2009).

ROSARIO,KARYNA.;SYMONDS,ERIN M.; SINIGALLIANO,CHRISTOPHER; STEWART,JILL; BREITBART,MYA. Pepper Mild Mottle Virus as an Indicator of Fecal Pollution. **Applied and Environmental Microbiology**, vol.75, nº22, p.7261-7267, Nov.2009.

SAIANI, CARLOS CESAR SANTEJO; JÚNIOR, RUDINEI TONETO. Evolução do acesso a serviços de saneamento básico no Brasil (1970 à 2004). **Economia e Sociedade**, Campinas, v.19, n1 (38).p. 79-106, abr.2010

SEDMAK,GERALD; BINA,DAVID.; MACDONALD,JEFFREY; COUILLARD,LON; Nine – Year study of the Occurrence of Culturable Viruses in Source Water for Two Drinking Water Treatment Plants and the Influent and Effluent of a Wastewater Treatment Plant in Milwaukee, Wisconsin (August 1994 through July 2003). **Applied and Environmental Microbiology**, Vol.71,Nº2, P.1042-1050 Feb. 2005.

SÉGUIN, E. **Lei dos Crimes Ambientais**. Rio de Janeiro: Ed. Esplanada 256p. 1999.

SHIN, GWY-AM; SOBSEY, MARK D.: Reduction of Norwalk Virus, Poliovirus 1, and Bacteriophage MS2 by Ozone Desinfection of water. **Applied and Environmental Microbiology**, vol.69 nº7p.3975-3978, July 2003.

SYMONDS, ERIN M.; GRIFFIN, DALE W.; BREIBART, MYA. Eukaryotic Viruses in Wastewater Samples from the United States. **Applied and Environmental Microbiology**, p.1402-1409, Mar, 2009.

SHAHIDUL ISLAM,M; TANAKA,M. compacts of pollution on costal and marine ecosystems including costal and marine fisheries and approach for management: a review and synthesis. **Marine Pollution Bulletin**, 48:624-649 2004.

TOMASONI, MARCO ANTONIO; PINTO, JOSEFA ELIANE DE SIQUEIRA; SILVA, HERALDO PEIXOTO. A questão dos recursos hídricos e as perspectivas para o Brasil. **Geo Textos**, vol.5,n.2, p. 107-127, 2009.

VAIDYA,S.R.;CHITAMBAR,S.D.; ARANKALLE,V.A. Polymerase chain reaction-based prevalence of hepatitis. A. hepatitis e and TT viruses in sewage from an endemic arca. **J..Hepatol.** 37:131-136, 2002.

VECCHIA,A.D.;SPILKI,F.R. Torque Teno Vírus (TTV) e poluição fecal. **Revista Patologia Tropical** vol.38(3):145-154.Jul-Set.2009

WOLF,SANDRO;HEWITT,JOANNE.; GREENING,GAIL E.: Viral Multiplex Quantitative PCR Assays for Tracking Sources of Fecal Contamination. **Applied and Environmental Microbiology**, Vol.76, Nº 5.P.1388-1394, Mar, 2010.