



UNIVERSIDADE FEDERAL DA BAHIA
INSTITUTO DE SAÚDE COLETIVA
PROGRAMA DE PÓS GRADUAÇÃO EM SAÚDE COLETIVA



MESTRADO PROFISSIONAL EM SAÚDE COLETIVA COM ÁREA
DE CONCENTRAÇÃO EM EPIDEMIOLOGIA EM SERVIÇOS DE
SAÚDE COM ÊNFASE EM VIGILÂNCIA EM SAÚDE

LISANDRA PEREIRA PEDRO

**FATORES SOCIOAMBIENTAIS E QUALIDADE DA ÁGUA DE CONSUMO
HUMANO NO TOCANTINS**

SALVADOR/BA

2017

LISANDRA PEREIRA PEDRO

**FATORES SOCIOAMBIENTAIS E QUALIDADE DA ÁGUA DE CONSUMO
HUMANO NO TOCANTINS**

Artigo apresentado ao Programa de Pós-graduação em Saúde Coletiva do Instituto de Saúde Coletiva da Universidade Federal da Bahia, como parte dos requisitos para obtenção do título de Mestre em Saúde Coletiva com Área em Concentração e Epidemiologia em Serviços da Saúde com Ênfase em Vigilância da Saúde.

Orientador: Prof. Dr. Eduardo Luiz Andrade Mota

SALVADOR/BA

2017

Ficha Catalográfica
Elaboração Programa de Pós-Graduação em Saúde Coletiva

P372f Pedro, Lisandra Pereira.

Fatores socioambientais e qualidade da água de consumo no
Tocantins / Lisandra Pereira Pedro. -- Salvador: L.P.Pedro, 2017.

58 f.

Orientador: Prof. Dr. Eduardo Luís Andrade Mota.

Dissertação (mestrado profissional) – Instituto de Saúde
Coletiva. Universidade Federal da Bahia.

1. Qualidade da Água. 2. Sistema de Abastecimento de Água.
3. Desigualdade. 4. Indicadores de Saúde Ambiental. I. Título.

CDU 628.1



**Universidade Federal da Bahia
Instituto de Saúde Coletiva – ISC
Programa de Pós - Graduação em Saúde Coletiva**

Lisandra Pereira Pedro

“Fatores socioambientais e qualidade da água de consumo humano no Tocantins”.

A Comissão Examinadora abaixo assinada, aprova a Dissertação, apresentada em sessão pública ao Programa de Pós-Graduação do Instituto de Saúde Coletiva da Universidade Federal da Bahia.

Data de defesa: 07 de agosto de 2017

Banca Examinadora:

Prof. Eduardo Luiz Andrade Mota – ISC/UFBA

Prof. José Antônio Lobo dos Santos – IGEO/UFBA

Prof. Federico Costa – ISC/UFBA

Salvador
2017

AGRADECIMENTOS

Agradeço a todos que, de certa forma, contribuíram pela realização desta pesquisa.

Aos colegas de mestrado, principalmente Marildes, Hájussa, Marco Aurélio e Mara Cleide.

Aos professores do curso de mestrado profissional em saúde coletiva do ISC, principalmente ao orientador Dr. Eduardo Luiz Andrade Mota e as secretárias Taís Santana e Sônia Malheiros.

Aos componentes da banca examinadora da qualificação Dr. Federico Costa e Dr. Djanilson Barbosa dos Santos.

À Secretaria de Estado de Saúde do Tocantins.

Aos colegas de trabalho, principalmente Ricardo e João Maciel.

Aos meus amigos, à minha família e a Deus.

“[...] reconhecemos que a saúde é uma condição prévia, um resultado e um indicador das três dimensões do desenvolvimento sustentável”: a econômica, a social e a ambiental (OPAS, 2015).

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 - Distribuição espacial do percentual de população exposta às condições inadequadas de esgotamento sanitário segundo os municípios do Tocantins, 2010 (A). Estratificação de áreas de exposição da população às condições inadequadas de esgotamento sanitário segundo o resultado de Moran local (Moran map) para os municípios do Tocantins, 2010 (B).....	47
Figura 2 - Distribuição espacial da taxa de internação por doenças de transmissão feco-oral por 10.000 habitantes segundo os municípios do Tocantins, 2015 (A). Estratificação de áreas prioritárias de internação por doenças de transmissão feco-oral segundo resultado de Moran Local (<i>Moran map</i>) para os municípios do Tocantins, 2015 (B).....	48

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Percentual de municípios no Tocantins, segundo as variáveis de força-motriz, pressão, situação, exposição e efeito em 2015	41
Tabela 2 - Correlação de Pearson, entre as variáveis de força motriz e situação e entre as variáveis de pressão e situação referente aos municípios do Tocantins, 2015.....	44
Tabela 3 - Análise espacial através do Índice de Moran para os indicadores de situação, exposição e efeito para os municípios do Tocantins, 2015.....	46

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

AIH	Autorização de Internação Hospitalar
CGVAM	Coordenação Geral de Vigilância em Saúde Ambiental
CRL	Cloro Residual Livre
C. TOTAIS	Coliformes Totais
DPP	Domicílios Particulares Permanentes
DVHA	Doenças de Veiculação Hídrica e Alimentar
E. COLI	Escherichia coli
ECO - 92	Conferência das Nações Unidas Sobre o Meio Ambiente e Desenvolvimento
FPSEEA	Modelo Força-motriz - Pressão - Situação - Exposição - Efeito - Ação
FUNASA	Fundação Nacional de Saúde
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
IDHM	Índice de Desenvolvimento Humano Municipal
LACEN	Laboratório Central do Estado
MS	Ministério da Saúde
OCDE	Organização para a Cooperação e o Desenvolvimento Econômico
OMS	Organização Mundial de Saúde
OPAS	Organização Panamericana de Saúde
PEIR	Modelo Pressão - Estado - Impacto -Resposta
PER	Modelo Pressão - Estado - Resposta
PNUMA	Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente
PSA	Plano de Segurança da Água
SIDRA IBGE	Sistema IBGE de Recuperação Automática
SIH	Sistema de Informações Hospitalares
SISAGUA	Sistema de Informação de Vigilância da Qualidade da Água de Consumo Humano
SNIS	Sistema Nacional de Informação em Saneamento
SUS	Sistema Único de Saúde
UT	Unidades de Turbidez
VHA	Vírus da Hepatite A
VIGIAGUA	Programa de Vigilância da Qualidade da Água de Consumo Humano
VQACH	Vigilância da Qualidade da Água de Consumo Humano

SUMÁRIO

APRESENTAÇÃO	10
1 OBJETIVOS	11
1.1 Objetivo geral.....	11
1.2 Objetivos específicos.....	11
2 JUSTIFICATIVA.....	12
3 REVISÃO DE LITERATURA.....	14
3.1 Relação entre Saúde e Ambiente.....	14
3.2 Programa de Vigilância da Qualidade da Água de Consumo Humano.....	16
3.3 Qualidade da Água de Consumo Humano.....	18
3.4 Ampliando o Conceito de Qualidade da Água.....	19
4 ARTIGO	Erro! Indicador não definido.0
INTRODUÇÃO	Erro! Indicador não definido.3
MÉTODOS	Erro! Indicador não definido.5
RESULTADOS.....	Erro! Indicador não definido.8
DISCUSSÃO	32
REFERÊNCIAS.....	38
5 CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	49
6 REFERÊNCIAS.....	54
ANEXOS	58
ANEXO A Parecer CEP.....	58
APÊNDICES	58
APÊNDICE A Projeto de Pesquisa.....	58

APRESENTAÇÃO

Esta dissertação foi elaborada na forma de artigo como produto final do Mestrado Profissional em Saúde Coletiva com Área de Concentração em Epidemiologia em Serviços de Saúde com ênfase em Vigilância em Saúde.

A presente pesquisa foi motivada através de questionamentos e inquietações da pesquisadora ao longo de 15 anos de trabalho na área de vigilância em saúde ambiental e de Vigilância da Qualidade da Água de Consumo Humano (VQACH), que participou do programa desde sua implantação pelo Ministério da Saúde, passando pela implementação a nível municipal e atualmente na área técnica do programa de Vigilância da Qualidade da Água de Consumo Humano (VIGIAGUA) no Tocantins.

A importância da água para a saúde e sua relação com as doenças de veiculação hídrica já é reconhecida cientificamente e propiciou a implantação de políticas públicas no Brasil na área de saneamento e da saúde para a garantia ao acesso e à qualidade da água. Hoje a discussão em torno desta relação é muito mais abrangente, pois ultrapassa os problemas já conhecidos como a transmissão de doenças, reconhecendo a multidimensionalidade desta relação, agregando fatores políticos, socioeconômicos, e também problemas ambientais como seca, enchentes, desastres, além de novos contaminantes emergentes.

O direito humano à água foi recentemente reconhecido mundialmente e condições dignas de abastecimento de água e coleta de esgoto foram incluídas nos objetivos do desenvolvimento sustentável, para serem implementados entre 2016 e 2030, e determinam um novo quadro de saúde e ambiente, incorporando dimensões da qualidade, da segurança, da acessibilidade financeira, e da proteção ambiental, com especial atenção para os grupos mais vulneráveis.

No Tocantins, a população ainda sofre com as doenças de veiculação hídrica, com incidência acima da média nacional, apesar dos investimentos em saneamento, diminuindo a população sem acesso à água encanada, e das ações do VIGIAGUA que contribuíram para diminuir o número de municípios que não ofereciam água tratada, além de monitorar a qualidade da água.

Portanto, a pesquisadora verificou a importância de se questionar a associação entre fatores de risco e as doenças de veiculação hídrica, de forma mais ampla, capaz de explicar como os fatores sociais, econômicos e ambientais estão contribuindo para alterar a qualidade da água e propor ações mais estratégicas e eficientes para os municípios e para gestão estadual do programa referido.

1 OBJETIVOS

1.1 Objetivo Geral

Estudar os fatores socioambientais relacionados à qualidade da água de consumo humano nos municípios do Tocantins.

1.2 Objetivos Específicos

- Caracterizar a situação socioambiental relacionada à qualidade da água de consumo humano para os municípios do Tocantins;
- Estudar a distribuição espacial e autocorrelação espacial da ocorrência de doenças de veiculação hídrica e dos fatores socioambientais relacionados à qualidade da água para os municípios do Tocantins.

2 JUSTIFICATIVA

Um dos grandes desafios na atuação de Vigilância em Saúde e, particularmente, da Vigilância da Qualidade da Água de Consumo Humano (VQACH) é o de estruturar sistemas de monitoramento e vigilância que permitam antecipar e, se possível, prevenir e monitorar as consequências das alterações da qualidade da água de consumo para a saúde humana.

Por esta razão, é preciso conhecer o território dos municípios, o que implica no levantamento de dados demográficos, epidemiológicos, de saneamento e ambientais, que requererão a necessária e produtiva parceria entre diferentes setores e órgãos. O intuito da pesquisa é ter acesso e disponibilidade às informações, estabelecer um fluxo regular de informações além de utilizar prontamente os resultados para direcionar as ações de VQACH nos municípios estudados

A proposta desta pesquisa é subsidiar processos de tomada de decisão e planejamento de políticas públicas não só centradas nos efeitos sobre a saúde, mas que incorpore a compreensão do quadro socioeconômico e das mudanças ambientais e possibilite avançar em ações intersetoriais.

O produto final da pesquisa poderá ser utilizado pelos gestores em saúde para melhorar as políticas de saúde do estado e dos municípios no sentido de aprimorar as ações de VQACH que já estão sendo desenvolvidas, porém agora de forma direcionada a partir dos indicadores da pesquisa.

A caracterização de municípios através da análise dos indicadores pode subsidiar tecnicamente a alocação de recursos financeiros, assim como programas de saneamento, destinados às melhorias e ampliação do abastecimento, reduzindo lacunas e desigualdades intermunicipais. A matriz de indicadores poderá ser o marco inicial para que o setor de Vigilância em Saúde Ambiental adote a análise de indicadores como ferramenta de análise de situação em saúde. A avaliação ao longo dos anos permite o acompanhamento da evolução dos indicadores, propondo novas estratégias e ações.

Os resultados obtidos poderão ser amplamente divulgados nos diversos meios de comunicação, disponibilizado através da web, distribuído na forma de folder, por exemplo, para as secretarias municipais de saúde, órgãos e setores envolvidos, para que possa ser utilizado como instrumento de informação, educação e comunicação em saúde.

Os indicadores deste trabalho também poderão ser utilizados como “metas de Saúde” para subsidiar a implantação de Planos de Segurança da Água (PSA), que constitui uma nova

abordagem para garantia de distribuição da água sem riscos para a saúde da população (VIEIRA, 2013). As metas de saúde contribuem para o desenvolvimento do PSA e verificação da implementação bem-sucedida do plano (BRASIL, 2012).

3 REVISÃO DE LITERATURA

3.1 Relação entre Saúde e Ambiente

Na trajetória da saúde pública, John Snow, em sua histórica pesquisa concluída em 1854, já comprovava cientificamente a associação entre a fonte de água consumida pela população de Londres e a incidência de cólera, sendo uma das primeiras evidências da relação entre meio ambiente e saúde.

Desde então, se discute a proteção à saúde como uma das consequências benéficas do saneamento. A comprovação epidemiológica dessa relação é, no entanto, de difícil verificação devido ao grande número de variáveis intervenientes no processo de determinação das doenças (BARCELLOS; QUITÉRIO, 2006).

Quando se procura compreender o processo saúde-doença envolvendo as patologias de transmissão e/ou origem hídrica, verifica-se uma complexidade tal que ultrapassa a visão reducionista limitada ao agente etiológico e o suscetível. O olhar epidemiológico que busca entender o comportamento das doenças de veiculação e/ou origem hídrica em uma comunidade, se depara com inúmeros fatores intervenientes do processo saúde-doença envolvendo hábitos higiênicos, acondicionamento inadequado de água, não conformidade com o padrão de potabilidade, entre outros (BRASIL, 2005).

O meio ambiente pode ser compreendido como um determinante da saúde que sofre modificações na sua situação a partir de determinantes sociais que se expressam como forças motrizes e as pressões sobre o mesmo. Assim, é integrante do processo gerador das doenças que afetam a população. A construção desse entendimento se deu ao longo do tempo através de inúmeras pesquisas a fim de compreender e definir como o meio ambiente afeta a saúde (NETTO et al, 2009).

Desde 1990 a OPAS - Organização Pan-Americana de Saúde e a Organização Mundial de Saúde (OMS) começaram a desenvolver uma metodologia para definir indicadores de saúde e ambiente e essas discussões se intensificaram após a Conferência das Nações Unidas sobre Meio Ambiente e o desenvolvimento (Eco -92). Vários estudos no sentido de estimar o quanto os fatores ambientais interferem na saúde começaram a ser publicados como SMITH; CORVALÁN; KJELLSTRÖM (1999) que questionaram o quanto os problemas de saúde são atribuídos aos fatores ambientais, estimando 25 a 35% de atribuição aos fatores ambientais.

Os órgãos ambientais internacionais já utilizavam modelos de indicadores ambientais como os modelos PER e PEIR. O modelo PER (pressão – estado - resposta), elaborado pela

Organização para a Cooperação e o Desenvolvimento Econômico (OCDE), baseia-se no conceito de causalidade: as atividades humanas exercem pressões sobre o ambiente, modificando sua qualidade e a quantidade de recursos naturais; a sociedade, por sua vez, responde a essas mudanças por intermédio de políticas ambientais, econômicas e setoriais (FREITAS; GIATTI, 2009).

O modelo PEIR (pressão – estado - impacto - resposta), desenvolvido pelo Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente (PNUMA), adota o componente “impacto” como desdobramento do componente “estado”, a fim de monitorar os efeitos das pressões das atividades humanas sobre as condições ambientais e os possíveis impactos sobre a saúde dos seres humanos (PNUMA 2000 apud BRASIL, 2011).

Porém, para a OMS, nestes modelos de indicadores ambientais ainda faltava incorporar a exposição aos fatores ambientais e seus impactos na saúde. A metodologia FPSEEA que reúne cinco níveis em que os riscos ambientais podem ser avaliados (força motriz, pressão, situação, exposição, efeito, ação), foi então proposta, acrescentando os fatores de *força-motriz e exposição* aos já utilizados modelos PER e PEIR (WHO, 1996).

3.2 Programa de Vigilância da Qualidade da Água de Consumo Humano

O Programa Nacional de Vigilância de Qualidade de Água para Consumo Humano Institucionalizado pelo decreto federal nº 92.752/1986, com metas de prestar auxílio técnico e financeiro às Secretarias Estaduais de Saúde de alguns estados para implantar o programa e revisar a legislação relacionada ao tema. Como resultado, foi publicada a Portaria nº 36/1990 (BRASIL, 2005) que vem sendo atualizada e passou a ser denominada Portaria MS nº 1.469/2000, depois MS nº 518/2004 e atualmente em vigor é a portaria MS nº 2914/2011.

Em 1998, a FUNASA passou a assumir a atribuição de definir políticas públicas de vigilância da qualidade da água, destacando-se em 2000 a criação do Sistema de Informação de Vigilância da Qualidade da Água de Consumo Humano. A partir de 2003, o programa VIGIAGUA volta a ser coordenado pela Secretaria de Vigilância em Saúde (SVS) no âmbito do Ministério da Saúde, contendo o modelo, campo, forma de atuação e as principais atividades necessárias para sua operacionalização, adotando o modelo FPSEEA desde então, em vigor em todo território nacional (BRASIL, 2006)

O programa VIGIAGUA realiza ações preventivas sobre qualquer forma de abastecimento de água denominadas como: sistemas de abastecimento de água, soluções alternativas coletivas e individuais, a fim de garantir que a água distribuída para consumo

humano esteja em conformidade com os padrões de potabilidade de acordo com a portaria MS 2914/2011 e que não represente riscos à saúde. Tem como objetivo reduzir a morbimortalidade das doenças transmitidas pela água utilizada para consumo humano.

As ações básicas do programa compreendem o cadastro de todas as formas de abastecimento, monitoramento mensal da qualidade da água através de análises de água, acompanhamento das ações do controle (ações de responsabilidade dos responsáveis pelos sistemas e soluções alternativas coletivas) e alimentação do banco de dados do programa: SISAGUA - Sistema de Informação do VIGIAGUA.

No Tocantins, o programa foi implantado em 2002, priorizando 28 dos 139 municípios do estado, tendo como critério, municípios com óbitos em crianças de 0 a 5 anos por doenças de veiculação hídrica. Em 2003 foram selecionados 56 municípios, utilizando-se o mesmo critério, porém com uma série histórica compreendendo os anos de 1997 a 2000. A partir de 2004, o programa buscou ampliar suas ações a todos os municípios. Atualmente todos os 139 municípios realizam as ações básicas do programa (PEDRO et al, 2013).

O modelo FPSEEA foi proposto na implementação do programa nacional do VIGIAGUA para tentar suprir a necessidade de técnicos e pesquisadores atuantes nessa interface saúde e ambiente de instrumentos que permitam analisar conjuntamente informações tanto sobre o ambiente quanto de saúde. Para conhecer mais detalhadamente as condições de saúde da população é necessário trabalhar com meios que permitam observar a distribuição desigual de situações de risco e dos problemas de saúde, com dados demográficos, socioeconômicos e ambientais, promovendo a integração dessas informações. (BARCELLOS; QUITERIO, 2006)

Porém, nesse sentido, pouco se tem avançado no Brasil para que os dados do SISAGUA e pelo programa sejam contextualizadas no tempo e no espaço, fornecendo elementos para construir uma cadeia explicativa da contaminação da água e das doenças de veiculação hídrica. A própria Coordenação Geral de Vigilância em Saúde Ambiental (CGVAM), somente em 2013, nove anos após a implantação do modelo de atuação do Programa VIGIAGUA, publicou uma análise de indicadores de Vigilância da qualidade da água de consumo humano por regiões de saúde e Estados da Federação utilizando o modelo FPSEEA (BRASIL, 2013).

3.3 Qualidade da Água de Consumo Humano

Muito se tem escrito sobre os impactos na saúde humana decorrente das melhorias das condições de saneamento e dentro deste contexto, a influência da qualidade da água consumida pela população na saúde pública, sobretudo, na transmissão de inúmeras doenças conhecidas como de transmissão hídrica.

O conceito de qualidade da água está relacionado às características apresentadas pela água e nas substâncias nela presentes. A qualidade da água para consumo humano é estabelecida com base em valores máximos permitidos para os diversos contaminantes, ou indicadores da qualidade da água (BASTOS et al., 2001).

O padrão de potabilidade da portaria MS 2914/11 é composto por: padrão microbiológico; padrão de turbidez; padrão para substâncias químicas que representam riscos à saúde (inorgânicas, orgânicas, agrotóxicos, desinfetantes e produtos secundários da desinfecção); padrão de radioatividade e padrão organoléptico (BRASIL, 2011).

A determinação da presença de patógenos em fontes de água é importante para evidenciar a existência de situações de risco à saúde e a interação entre homem, ambiente e agente etiológico. São muitos os organismos patogênicos e sua importância na transmissão de doenças via abastecimento de água está relacionada a fatores que facilitam a transmissão, a sobrevivência prolongada na água; a possibilidade de reprodução na água, particularmente em sistemas de distribuição; resistência elevada à desinfecção; baixa dose infectante; existência de múltiplos focos de contaminação, por exemplo, reservatórios animais, OMS (1995 apud BRASIL, 2005).

No ambiente, o vírus da hepatite A (VHA), tem sido verificado em grandes proporções em ecossistemas de regiões com cobertura de saneamento inadequado (como rios da Bacia Amazônica e em lagoas e águas residuárias de grandes cidades urbanas) (PRADO; MIAGOSTOVICH, 2014). Atenção crescente também tem sido dada ao problema da transmissão de protozoários, nomeadamente *Giardia* e *Cryptosporidium*. Estudos confirmaram os esgotos sanitários como importante fonte de contaminação destes protozoários (BASTOS et al, 2001).

No entanto, a identificação de microorganismos é cara e morosa, por isso, tradicionalmente, recorre-se à identificação de organismos indicadores de contaminação. Desta forma, como indicador de contaminação fecal, utiliza-se como bactéria de referência as do grupo coliforme, em especial a *Escherichia coli* (BRASIL, 2015)

A turbidez é uma característica da água devido à presença de sólidos em suspensão, que podem ser matéria orgânica e inorgânica finamente dividida, plâncton e outros organismos microscópicos. Na água filtrada, a turbidez assume uma função de indicador sanitário e não meramente estético. A remoção de turbidez por meio da filtração indica a remoção de partículas em suspensão, incluindo cistos e oocistos de protozoários (BRASIL, 2015).

Outro indicador de importância sanitária é o cloro residual, que cumpre o papel de indicador da eficiência da desinfecção. No sistema de distribuição, a manutenção de residuais de cloro tem por objetivo prevenir a contaminação da água pós tratamento, além de servir de indicador da segurança da água distribuída, pois a redução acentuada do cloro residual com relação à medida na saída pode indicar a existência de contaminação ao longo do sistema de distribuição de água. Assim, o cloro residual pode ser utilizado como um indicador de potabilidade microbiológica (BRASIL, 2005).

3.4 Ampliando o Conceito de Qualidade da Água

Atualmente, a garantia da potabilidade da água passa por uma revisão de seus paradigmas, pois é crescente a exigência de proteção da saúde pública, tornando evidente que os mecanismos de monitoramento de conformidade da qualidade da água por meio do controle laboratorial não são suficientes, pois, mesmo em países industrializados com elevado padrão tecnológico em abastecimento de água, tem ocorrido a notificação de doenças de transmissão hídrica, devido a problemas não detectados e, ou, não solucionados em tempo hábil (VIEIRA, 2013).

Assim, nos últimos anos tem-se assistido a uma preocupação crescente no sentido de que a água para consumo humano, além de satisfazer padrões de qualidade estabelecidos legalmente, deve ser distribuída por sistemas de abastecimento que apresentam níveis de desempenho que garantam sua segurança, evitando vulnerabilidades que possam impor risco à saúde (VIEIRA, 2013).

Neste sentido, já a partir da segunda (WHO, 1993), mas principalmente na terceira edição dos *Guidelines for Drinking Water Quality* (WHO, 2004), a OMS enfatiza que o recurso a ferramentas de avaliação e gerenciamento de risco, aplicadas de forma abrangente e integradas, desde a captação até o consumo, constitui a forma mais efetiva de garantia da segurança da qualidade da água para consumo humano. Tal abordagem, na terceira edição dos

Guias da OMS, recebeu a denominação de Planos de Segurança da Água (BASTOS; BEZERRA; BEVILACQUA, 2007; VIEIRA, 2013).

Nas vulnerabilidades como a de escassez, problemas de intermitência ou desastres naturais, as práticas de higiene pessoal, doméstica e dos alimentos são comprometidas, induzem a busca de água em fontes alternativas, de qualidade sanitária duvidosa, ao transporte e acondicionamento. Portanto, o abastecimento de água de qualidade e em quantidade suficiente tem importância fundamental para promover condições higiênicas adequadas, proteger a saúde da população e promover o desenvolvimento socioeconômico, principalmente em regiões de vulnerabilidade socioambiental (RAZZOLINI; GÜNTHER, 2008).

O enfoque de sustentabilidade, princípio ético da equidade em relação às gerações presentes e futuras está cada vez mais presente em estudos da relação da qualidade da água e saúde. As mudanças socioambientais e seus impactos no ecossistema alteram a distribuição e comportamento dos vetores e hospedeiros, como ocorre com as epidemias de dengue, malária e leishmaniose. Eventos como a seca ou inundações irão alterar o padrão de doenças de veiculação hídrica, pelo aumento das formas de contaminação, ou transmissão de doenças, ou causar interrupção no próprio sistema de abastecimento levando ao ciclo de transmissão pela falta de acesso à água (FREITAS; GIATTI, 2009).

Apesar de todos os avanços, ainda vivemos uma realidade em que o saneamento ambiental inadequado reflete um quadro de exclusão social combinado com novos problemas de saúde (NETTO et al, 2009). Para alcançar o desenvolvimento sustentável e com qualidade de vida, a melhora dos indicadores de saneamento e de educação deve ser uma prioridade para o Brasil (CARNEIRO et al, 2012).

4 ARTIGO

FATORES SOCIOAMBIENTAIS E QUALIDADE DA ÁGUA DE CONSUMO HUMANO NO TOCANTINS

Lisandra Pereira Pedro¹
Eduardo Luiz Andrade Mota²

¹Secretaria de Saúde do Estado do Tocantins

²Instituto de Saúde Coletiva/Universidade Federal da Bahia

Autor para correspondência:

Lisandra Pereira Pedro¹
508 N, Alameda 02, Apartamento 407 A
Residencial San Pietro, Palmas – TO, CEP 77006-668
Telefone: (63) 8111-3702
Email: lisandrappetro@gmail.com

PEDRO, Lisandra Pereira. **Fatores Socioambientais e Qualidade da Água de Consumo Humano no Tocantins**. 2017. (55p). Dissertação. (Mestrado em Saúde Coletiva) - Universidade Federal da Bahia, Salvador, 2017.

RESUMO

Em que pesem os investimentos em saneamento no Tocantins e ações do programa VIGIAGUA, que contribuíram para diminuir o número de municípios que não ofereciam água tratada, além de aumentar o monitoramento da qualidade da água, há desigualdades entre municípios no tocante a esses serviços públicos e os parâmetros de qualidade da água, possivelmente são atribuíveis a diferenciais socioeconômicos. **Objetivo:** Estudar os fatores socioambientais relacionados à qualidade da água de consumo humano nos municípios do Tocantins no ano de 2015. **Métodos:** Estudo ecológico espacial utilizando os municípios como unidades de análise, através do modelo FPSEEA (força motriz, pressão, situação, exposição, efeitos e ações), proposto pela OMS, que estabelece uma matriz de indicadores de saúde ambiental. Os indicadores socioeconômicos e de saneamento foram correlacionados aos indicadores de qualidade da água, e os indicadores de exposição à falta de saneamento e de doenças diarreicas foram autocorrelacionados por análise espacial. Os dados secundários foram obtidos do SISAGUA, SNIS, IBGE e SIH. **Resultados:** Os municípios com maior população receberam mais investimentos em saneamento, possuem maior IDH, e alta desigualdade de distribuição de renda. A falta de coleta de lixo foi indicador de maior pressão ambiental (37,5%) assim como de maior exposição (37,3%). A qualidade da água mostrou valores altos de conformidade com a Portaria MS 2.914/2011. Turbidez (92,4%), Coliformes Totais (81,1%), *E. coli* (91,2%) e Cloro (77,9%). As análises de Coliformes Totais e presença *E. coli* apresentaram associação positiva com Índice de Gini e com investimento em saneamento ($R = 0,202$ $P = 0,033$; $R = 0,237$ $P = 0,012$ respectivamente). Existe padrão espacial local a nordeste do estado de maior exposição ao esgotamento sanitário inadequado e uma região a noroeste do estado com prioridade para doenças de Transmissão feco-oral. **Conclusão:** A desigualdade na distribuição de investimentos em saneamento no estado, assim como a desigualdade da distribuição de renda dos municípios, são fatores associados à contaminação da água de consumo humano, devendo ser objeto de ações integradas de políticas de saúde e saneamento.

Palavras-chave: Qualidade da água. VIGIAGUA. Desigualdade. Indicadores de saúde ambiental. FPSEEA.

PEDRO, Lisandra Pereira. **Social-Environmental Factors and Drinking Water Quality in Tocantins, Brasil** 2017. (55p). Dissertation. (Master's Degree in Public Health) – Universidade Federal da Bahia, Salvador, 2017.

ABSTRACT

Regarding investments in sanitation in Tocantins and actions of the VIGIAGUA program, which contributed to reduce the number of municipalities that did not offer treated water, in addition to increasing water quality monitoring, there are inequalities between municipalities in relation to these public services and the parameters of water quality, are possibly attributable to socioeconomic differentials. **Objective:** To study the social and environmental factors related to the quality of water for human consumption in the municipalities of Tocantins, in 2015. **Methods:** Spatial ecological study using the municipalities as units of analysis through the *FPSEEA* model - driving force, pressure, situation, exposure, effects and actions - proposed by WHO, which establishes a matrix of environmental health indicators. Socioeconomic and sanitation indicators were correlated to water quality, and the indicators of exposure to lack of sanitation and diarrheal diseases were autocorrelated by spatial analysis. Secondary data were obtained from SISAGUA, SNIS, IBGE and SIH. **Results:** The municipalities with the largest population received more investments in sanitation, have a higher HDI, and high inequality of income distribution. Lack of garbage collection was indicative of greater environmental pressure (37.5%) as well as higher exposure (37.3%). The quality of the water showed high values of compliance with the *Portaria MS 2,914/2011*: Turbidity (92.4%), Total Coliforms (81.1%), presence of *E. coli* (91.2%) and Chlorine (77.9%). The total coliforms and presence of *E. coli* showed a positive association with Gini Index and with investment in sanitation ($R = 0.202$, $P = 0.033$; $R = 0.237$, $P = 0.012$, respectively). There was a local spatial pattern at the northeast of the State with greatest exposure to inadequate sanitary sewage, and the northwest region of the State with priority for diseases of fecal-oral transmission. **Conclusion:** The inequality in the distribution of investments in sanitation in Tocantins, as well as the inequality of the income distribution of the municipalities, are factors associated with the contamination of water for human consumption, and should be the object of integrated health and sanitation policy actions.

Key words: Water quality; DWQS; inequality, Indicators of environmental health; DPSEEA.

INTRODUÇÃO

O reconhecimento da importância da água para a saúde humana propiciou a implantação de políticas públicas no Brasil, na área de saneamento, para a garantia ao acesso e à qualidade da água (HELLER, 1997). São também reconhecidos como importantes determinantes da saúde, indicadores de desigualdade social, como o Índice de Gini, o Índice de desenvolvimento humano e o investimento em saneamento, dentre outros indicadores de saneamento como a falta da coleta de esgoto e lixo, e falta de tratamento da água.

O acesso à água foi recentemente reconhecido como direito humano e condições dignas de abastecimento de água e coleta de esgoto foram incluídas nos objetivos do desenvolvimento sustentável, para serem implementados entre 2016 e 2030 (BROWN; NEVES-SILVA; HELLER, 2016). O conceito de qualidade da água está relacionado às suas características e às substâncias nela presentes, e é estabelecido, no Brasil, com base em valores máximos permitidos para os diversos parâmetros da Portaria do Ministério da Saúde nº 2.914/2011.

Atualmente, este conceito vem se ampliando, e a garantia da qualidade da água passa por uma revisão de seus paradigmas, pois além de satisfazer padrões de qualidade estabelecidos legalmente, deve ter sua segurança garantida, evitando vulnerabilidades que possam impor risco à saúde, tornando evidente que os mecanismos de monitoramento de conformidade da qualidade da água por meio do controle laboratorial não são suficientes, pois, mesmo em países industrializados com elevado padrão tecnológico em abastecimento de água, tem ocorrido a notificação de doenças de transmissão hídrica, devido a problemas não detectados e, ou, não solucionados em tempo hábil (VIEIRA, 2013).

O conceito de segurança da água ganhou maior relevância a partir da segunda e terceira edição dos *Guidelines for Drinking Water Quality* (WHO, 1993; WHO, 2004), em que a OMS enfatiza que o recurso a ferramentas de avaliação e gerenciamento de risco, aplicadas de forma abrangente e integradas, desde a captação até o consumo, constitui a forma mais efetiva de garantia da segurança da qualidade da água para consumo humano. (BASTOS; BEZERRA; BEVILACQUA, 2007; VIEIRA, 2013).

Dessa maneira, a vigilância em saúde ambiental especificamente a vigilância da qualidade da água de consumo humano se depara com o desafio de buscar entender o comportamento das doenças de veiculação hídrica em uma comunidade e como os inúmeros fatores intervenientes do processo saúde-doença-cuidado se relacionam, desde a relação de

fatores que interferem na qualidade da água de consumo humano, na exposição da população à água contaminada, e no surgimento da doença.

Para estudar a relação homem – ambiente os órgãos ambientais internacionais utilizavam modelos de indicadores ambientais para estudar a relação homem - ambiente, como os modelos PER (pressão – estado - resposta) (FREITAS; GIATTI, 2009) e o modelo PEIR (pressão – estado - impacto - resposta), Pnuma (2000 apud BRASIL, 2011). A OMS aprimorou estes modelos de indicadores ambientais incorporando a exposição e seus impactos na saúde e desenvolveu a metodologia FPSEEA que reúne cinco níveis em que os riscos ambientais podem ser avaliados (força motriz, pressão, situação, exposição, efeito, ação).

No Brasil, a construção e a utilização desses estudos e indicadores resultou no setor de Vigilância em Saúde Ambiental e na estruturação do Programa de Vigilância da Qualidade da Água de Consumo Humano (VIGIAGUA) (BRASIL, 1998) que realiza ações preventivas sobre qualquer forma de abastecimento de água a fim de garantir que a água distribuída para consumo humano esteja em conformidade com os padrões de potabilidade. O modelo FPSEEA foi proposto na implementação do programa, pois permite analisar conjuntamente as informações demográficas, socioeconômicos e ambientais, promovendo a integração dessas informações. (BARCELLOS; QUITERIO, 2006).

Porém, nesse sentido, pouco se tem avançado no Brasil para que as informações que vem sendo geradas pelo programa, através do banco de dados do SISAGUA, sejam contextualizadas no tempo e no espaço e correlacionadas com informações socioambientais fornecendo elementos para construir uma cadeia explicativa da qualidade da água e das doenças de veiculação hídrica e, dessa maneira, aumentando o poder de orientar ações intersetoriais específicas.

No Tocantins, apesar dos investimentos em saneamento, diminuindo a proporção da população sem acesso à água encanada, e das ações do programa VIGIAGUA que contribuíram para diminuir o número de municípios que não ofereciam água tratada, além de aumentar o monitoramento da qualidade da água, há a necessidade de se analisar, com dados do Tocantins, como os fatores sociais, econômicos e ambientais estão contribuindo para alterar a qualidade da água e como se distribuem entre os municípios do estado e propor ações mais estratégicas e eficientes para os municípios e para gestão estadual do VIGIAGUA.

MÉTODOS

Delineamento do Estudo

Estudo ecológico espacial utilizando os municípios do estado do Tocantins como unidades de análise. Utilizaram-se de dados secundários para construir, com adaptações, a matriz de indicadores de força motriz, pressão, situação, exposição, efeito e ação (modelo FPSEEA) (CORVALÁN; BRIGGS; KJELLSTRÖM, 1996) com informações por município, tomando-se o ano de 2015 como referência.

Local e População do Estudo

A população do estudo compreendeu os residentes dos 139 municípios do estado. O Tocantins possui 277.621 km² de área, (7,2%) da região Norte. Faz limite ao norte com estados do Maranhão e Pará, ao sul com estados de Goiás, a leste com Piauí e Bahia e a oeste com Pará e Mato Grosso. (TOCANTINS, 2013) A população total do estado é 1.550.194 pessoas (estimativa 2017), e de 1.383.445 pessoas segundo o último Censo 2010, e desse total, 78,8% da população viviam na zona urbana e 21,1%, habitavam a zona rural, constituindo uma densidade demográfica de 4,98 hab/km². A maior parte da população do estado se concentra em apenas dez cidades, nas regiões central e norte do Tocantins. Mais de 80% dos municípios (116) tinham menos de 10 mil habitantes e 55% (76 municípios), tinham menos que 5 mil habitantes (IBGE, 2010).

A esperança de vida ao nascer no estado era de 72,6 anos, variando entre 66,5 e 75,8 anos nos diferentes municípios em 2010. O Atlas do desenvolvimento sustentável publicou as medianas de indicadores do estado em 2010: Taxa de mortalidade infantil por mil nascidos vivos era 18,9, população em condição de pobreza era de 30,2%, a população analfabeta era de 19,7% e 7,2% da população sem acesso a água encanada (OPAS, 2015). O PIB *per capita* anual era de R\$ 12.460. O maior setor de atividade era o de serviços (57%). Em 2012 o produto mais exportado foi a soja (69,37%), e o setor agrícola foi o que mais gerou empregos em 2011 (TOCANTINS, 2013).

Como critério de exclusão, foram excluídos os municípios sem informação nos sistemas de informação utilizados ou com informações inferiores ao equivalente a um mês de monitoramento no ano quanto aos parâmetros básicos de situação (coliformes totais, turbidez, e cloro residual livre).

O período da pesquisa foi o ano de 2015, porém para alguns indicadores, principalmente os que utilizam os dados do IBGE, somente são disponibilizados dados por

município nos anos de Censo, portanto, o Censo de 2010 é o que mais se aproxima ao período da pesquisa, outros dados, como os retirados do Sistema Nacional de Informação sobre Saneamento - SNIS, como a digitação não é regular, foi utilizado o período de 2010 a 2015 para a informação disponível sobre financiamento em saneamento.

Fonte de Dados Secundários

a) SISAGUA: Sistema de informação da vigilância da qualidade da água de consumo Humano. A versão atual lançada em 2014 está sendo aperfeiçoada de acordo com Portaria nº 2.914/2011. O acesso é restrito mediante *login* e senha. O banco de dados possui informações de cadastro das formas de abastecimento; dados de controle e dados de vigilância.

b) SNIS: Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento - Contém informações sobre a prestação de serviços de água, de esgotos e de resíduos sólidos urbanos. As informações são coletadas anualmente desde 1995 e provêm de prestadores de serviços ou órgãos municipais encarregados da gestão dos serviços, sendo a base de dados totalmente pública e disponibilizada gratuitamente através do aplicativo SNIS - Série Histórica.

c) SIDRA IBGE: Sistema IBGE de Recuperação Automática. Trata-se de um site de acesso fácil e gratuito ao banco de dados agregados do IBGE, como Censo demográfico 2010 e demais pesquisas. O site Atlas Brasil com informações do IBGE traz indicadores já calculados por município.

d) SIH: Sistema de Informações Hospitalares do Sistema Único de Saúde. As fontes utilizadas foram as Autorizações de Internação Hospitalar – AIH.

Variáveis e Indicadores

O Modelo Força motriz - Pressão – Situação – Exposição – Efeito – Ação - FPSEEA trabalha, prioritariamente, com a identificação e a organização de dados existentes na construção de indicadores voltados à vigilância da saúde de populações e ambientes específicos, o que permite compreender, em diferentes níveis, os determinantes ou processos que desencadeiam efeitos negativos sobre o ambiente e a saúde humana, portanto, foram adaptados, para os diferentes níveis, indicadores relacionados com a qualidade da água:

a) Força motriz: O índice de Gini por município em 2010 e o índice de desenvolvimento humano municipal (IDHM) 2010, foram obtidos do banco de dados do Atlas Brasil e o investimento em saneamento por município (soma dos investimentos totais realizados pelo prestador de serviços em R\$ por ano) do SNIS.

b) Pressão: Os dados de falta de abastecimento de água por município (razão entre a população total atendida com abastecimento de água e a população total residente no município, segundo IBGE x 100) foram obtidos do SNIS; A proporção de domicílios particulares permanentes (DPP) em condições inadequadas de esgotamento sanitário (percentual de DPP com banheiro ou sanitário que usam vala, rio lago ou mar e DPP , ou sem banheiro ou sanitário); e proporção de DPP em condições inadequadas de coleta de lixo (percentual de domicílios com lixo queimado, enterrado, jogado em terreno, jogado em rio e outro) foram obtidos através de tabelas do SIDRA IBGE 2010.

c) Situação: Foram utilizados os percentuais de análises de cloro, turbidez e coliformes totais e *E. coli* em conformidade com a portaria MS 2914/2011 do SISAGUA em 2015.(razão entre nº de análises de CRL entre 0,2 e 2,0 mg/l e nº total de análises realizadas x100; razão entre nº de análises de turbidez < 5 UT e nº total de análises realizadas x100;razão entre nº de análises com ausência de coliformes totais e total de análises realizadas x100;razão entre nº de análises com ausência de *E. coli* e total de análises realizadas x100).

d) Exposição: O percentual da população abastecida por água sem tratamento (população abastecida por sistema de abastecimento com tratamento menos a população total residente sobre a população total residente x 100) foi obtido com dados do SISAGUA 2015; o percentual da população exposta à falta de coleta de esgoto (percentual de população de DPP com banheiro ou sanitário que usam vala, rio lago ou mar e DPP sem banheiro ou sanitário); e à falta de coleta de lixo (percentual da população com lixo queimado, enterrado, jogado em terreno, jogado em rio e outro) foram obtidos do SIDRA IBGE 2010.

e) Efeito: Para a taxa de internação por doenças de transmissão feco-oral (razão entre a somatória do número de internações de diarreias (CID10: A00; A02 - A04; A06 - A09), febres entéricas (CID 10: A01); e Hepatite A (CID10: B15) e a população do município por 10.000 habitantes por município em 2015) foram obtidos dados SIH 2015.

Análise dos Dados

Os dados obtidos dos sistemas de informação foram organizados em planilhas por nível da matriz e por município, onde foram construídas tabelas por meio da ferramenta histograma de análise de dados do Excel® que foram utilizadas para uma análise descritiva.

Os valores dos indicadores de situação os quais descrevem a qualidade da água (conformidade das análises de Cloro, Coliformes Totais, *E. coli*, e Turbidez) foram considerados variáveis dependentes e foram correlacionados com os indicadores de força motriz (Investimento em saneamento, Índice de Gini e IDH) e de pressão (falta de coleta de

esgoto, falta de coleta de lixo, falta de abastecimento de água) considerados neste trabalho como variáveis independentes. A correlação de Pearson foi realizada através do software *IBM SPSS Statistics 20*.

Para os demais níveis da matriz optou-se por explorar a significância da correlação espacial dos indicadores de exposição da população (falta de tratamento de água, falta de coleta de lixo e de esgoto) e de efeito (internação por doenças de transmissão feco-oral).

Para observar a existência de autocorrelação espacial entre os valores dos indicadores, foi calculado o Índice de Moran global, e para analisar o padrão da distribuição espacial e a intensidade dos aglomerados segundo municípios, foi utilizado o índice de Moran local (que varia de -1 a 1); em ambos os índices, foi considerado como significância estatística o valor de $p < 0,05$. A ocorrência de aglomerados e a determinação do padrão de significância desses aglomerados foram demonstrados pelo Mapa de Moran.

No Mapa de Moran somente são apresentadas as áreas com valores estatisticamente significantes ($p < 0,05$), porém com classificação em quatro grupos, conforme os quadrantes aos quais pertençam no gráfico de espalhamento. As demais áreas, sem dependência espacial, foram classificadas como “sem significância”.

O mapa de Moran mostra os seguintes parâmetros: Q1 e Q2: indicam pontos de associação espacial positiva, no sentido de que uma localização possui vizinhos com valores semelhantes, categorizados como Q1 (alto-alto) e Q2 (baixo -baixo); Q3 e Q4: indicam pontos de associação espacial negativa, no sentido de que uma localização possui vizinhos com valores distintos, categorizados como Q3 (baixo-alto) e Q4 (alto -baixo).

Na produção dos mapas temáticos e no cálculo dos índices de Moran global e local, foi utilizado o software *Terra view 4.2.2* (Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, São Paulo, Brasil).

O estudo foi aprovado pelo Comitê de Ética e Pesquisa do Instituto de Saúde Coletiva da Universidade Federal da Bahia através do parecer 1.990.892 de 30 de março de 2017.

RESULTADOS

Análise descritiva

O SIDRA-IBGE disponibiliza informações dos 139 municípios, porém do SNIS foram encontrados dados de 129 municípios e do SISAGUA informações de 125 municípios, dos quais, segundo os critérios de exclusão, ficaram 118 municípios com dados de coliformes totais, turbidez e *E. coli* e somente 26 municípios com dados de cloro (Tabela 1).

Nível de Força Motriz

O investimento em saneamento em 50% dos municípios foi menor que 20,00 reais por habitante (R\$/hab), sendo o município de Ananás o menos favorecido no período, com 4,26 R\$/hab. Investimentos de 108,17 a 497,30 R\$/hab ocorreram em 25% dos municípios, já em dois municípios: Guaraí e Palmas os investimentos chegaram a 1.320,26 e 1.059,29 R\$/hab respectivamente, sendo que somente 14% dos municípios receberam investimento em água e esgoto, o restante somente para água. (Tabela 1)

O Índice de Gini no Tocantins é de 0,50 a 0,59 para a maioria dos municípios (62%), 20% apresentam índice entre 0,42 a 0,49 e dois municípios destacam com desigualdade alta: Abreulândia (0,71) e Lizarda (0,74). (Tabela 1)

Quanto ao IDHM, (Tabela1), 75% dos municípios apresentaram índice médio de 0,600 a 0,699, 10 municípios (7%) apresentaram índice de 0,700 a 0,780, considerado IDHM alto. Palmas possui maior IDHM: 0,780 e Recursolândia o menor IDHM: 0,500, considerado baixo. O estado não possui nenhum município com IDHM considerado muito baixo e nem muito alto.

Nível de Pressão

Quanto ao esgotamento sanitário inadequado, (Tabela 1) foi encontrada uma média de 19% de inadequação. Destacam-se 16% dos municípios que apresentaram piores percentuais que variam de 30 a 50% de inadequação, entre eles os municípios de Goiatins, Recursolândia e Tupiratins. Os municípios de Palmas, Alvorada, Pugmil, Gurupi e Paraíso, apresentaram melhores situações em relação ao esgotamento sanitário. Notou-se que os municípios de Alvorada e Pugmil não possuem coleta de esgoto.

Os municípios de Aguiarnópolis, Araguaína, Augustinópolis, Carrasco Bonito, Colinas do Tocantins, Guaraí, Gurupi, Palmas, Paraíso do Tocantins, Peixe, Porto Nacional, Tocantinópolis tinham contrato de concessão com a empresa Odebrecth Ambiental Saneatins, já os municípios de Sampaio, Praia Norte e Esperantina, pela Agência Tocantinense de Saneamento e Ananás, Axixá, Itaguatins e Talismã tinham empresa autônoma ou autarquia responsável pela coleta de esgoto. Portanto somente 19 municípios no estado tinham coleta de esgoto em 2015, segundo o programa VIGIAGUA do Tocantins.

Quanto à falta de coleta de lixo, a média para o grupo analisado foi de 38%. Palmas, Gurupi, Paraíso, Colinas, Araguaína, Rio da Conceição e Alvorada se destacam com menos de 10% de falta de coleta de lixo, enquanto os municípios de Lizarda e Palmeirante apresentaram 77% e 84% respectivamente (ver Tabela 1).

Em relação à proporção de domicílios não atendidos por abastecimento de água, (Tabela 1) a média para o grupo analisado foi de 26% de falta de abastecimento de água. A maioria dos municípios analisados (31%) apresentou proporções entre 0% e 15%, os municípios de Monte Santo e Sítio Novo apresentaram piores condições quanto à falta de atendimento com 71% e 86% respectivamente.

Nível de Situação

No ano de 2015 foram realizadas 13.132 análises para os parâmetros básicos da Diretriz nacional do plano de amostragem do VIGIAGUA e o estado cumpriu 97% dessa diretriz, dessas análises, a proporção de cloro residual livre em conformidade com a portaria, apresentou média dos percentuais encontrado para o estado de 78% ,31% dos municípios apresentaram percentual de 100% (Aragominas, Brasilândia, Goiatins, Miracema, Natividade, Palmeiras do Tocantins, Porto Nacional e Tocantinópolis), 23% entre 90 e 99%, apenas 5 municípios (19%) apresentaram percentual de 0 a 59% (Miranorte, Centenário, Tupirama, Palmeirópolis, Presidente Kennedy).

Quanto às análises de turbidez a média dos percentuais de conformidade para o estado foi de 92%, 56% dos municípios apresentaram de 90 a 99% de conformidade com a portaria MS 2914/11, 23% de 70 a 89%, 19% de 99 a 100%, apenas dois municípios abaixo de 70%: Bom Jesus com 52% e Lavandeira com 35% de análises de turbidez em conformidade (Tabela 1)

As análises de Coliformes Totais em conformidade com a portaria tiveram média dos percentuais encontrado para o estado de 81%, sendo que, 36% dos municípios apresentaram de 90 a 99% de conformidade, 29% de 50 a 79%, e em 8% dos municípios, de 10 a 49% de conformidade (Tabela 1). O município de Bom Jesus apresentou o menor percentual de conformidade (10%)

A média dos percentuais de análises de *E. coli* em conformidade com a portaria para o estado foi de 91%, em 34% dos municípios foi de 99 a 100%, em 36% foi de 90 a 99%, e em 3% (3 municípios) foi de 38 a 69% (Tabela 1). Dezoito municípios apresentaram mais de 20% das análises com presença de *E. coli*. O município de Bom Jesus apresentou a menor conformidade (38 %).

Nível de Exposição

Foram encontradas informações para 125 municípios com relação à população exposta à água sem tratamento no SISAGUA, destes, 54% tinham de 0 a 25% da população exposta à

água sem tratamento, e 6% dos municípios, que correspondem aos municípios de Itapiratins, Palmeirante, Rio Sono, Piraquê e Aragominas, tinham de 51 a 75% da população exposta (Tabela 1). Destaca-se o município de Itaguatins com 100% da população exposta à água não tratada. A média dos percentuais de população exposta para o estado foi de 24%.

Referente à população exposta às condições inadequadas de coleta de esgoto (Tabela 1), foi verificado que dos 139 municípios, 77% possuem de 0 a 25% da população exposta. O município de Tupiratins apresentou o maior percentual de população exposta: 53%. A média dos percentuais de população exposta para o estado foi de 18%.

Quando se trata da exposição à coleta inadequada de lixo (Tabela 1), 45% dos municípios tinham 26 a 45% da população exposta, e 4% dos municípios que correspondem aos municípios de Piraquê, Dois Irmãos, Lizarda e Palmeirante, tinham de 66 a 85% da população exposta. A média dos percentuais de população exposta a coleta inadequada de lixo para o estado foi de 37%.

Nível de Efeito

Para o nível de efeito da matriz, foram encontradas informações dos 139 municípios, destes, 86% apresentaram de 0 a 25 internações hospitalares por doenças de transmissão feco-oral por 10.000 hab. Em 10% dos municípios a taxa de internação por 10 mil habitantes foi de 26 a 50, em 2% dos municípios foi de 51 a 75 e em 1%, que corresponde aos municípios de Araguacema e Arapoema, apresentaram taxas de 77,22 e 100,01 por dez mil habitantes respectivamente (Tabela 1) A taxa de internação do estado referente ao período de 2015 foi de 11,31 para cada dez mil habitantes.

Análise de correlações dos indicadores de força motriz e situação

Entre as variáveis analisadas na Correlação de Pearson (Tabela 2), o índice de Gini apresentou associação positiva com percentual de conformidade de coliformes totais (0,252, $P=0,080$) e com percentual de conformidade *E.coli* (0,277, $P= 0,003$). Investimento em saneamento também apresentou associação positiva com percentual de conformidade de coliformes totais (0,202, $P= 0,033$) e com percentual de conformidade *E. coli* (0,237, $P= 0,120$).

Correlação espacial entre as variáveis de situação, exposição e efeito

Foram verificadas correlações espaciais positivas entre os municípios para os valores referentes à exposição ao esgotamento sanitário inadequado e quanto à internação por doenças

de transmissão feco-oral (Tabela 3). Existe padrão espacial local para a exposição ao esgotamento inadequado na posição nordeste do estado (ver Figura 1 B), que foi identificado através do índice de Moran local. O mapa separa as regiões onde não teve significância estatística das que tiveram significância, as quais estão divididas em três áreas: 1. Área com maior exposição (onde todos os vizinhos tem alto percentual de população exposta) caracterizada neste estudo pelos municípios de Lizarda, Centenário, recursolândia, Campos lindos, Goiatins, Itacajá, Itapiratins, Palmeirante e Araguaína. 2. Área de baixa exposição (onde todos os vizinhos tem baixo percentual de população expostos: maioria dos municípios da região de Ilha do bananal e Cantão e também Miracema e Porto Nacional) e áreas de exposição intermediária (municípios com alto percentuais e vizinhos com baixo, e municípios com baixo percentual e vizinhos com alto).

A taxa de internação por doenças de transmissão feco-oral apresentou índice global de Moran de 0,144 com valor de P igual a 0,04 (Tabela 3) mostrando uma correlação espacial positiva (similares) entre os municípios do estado do Tocantins (Figura 2 A). O índice de Moran local mostrou que existe um padrão especial local a noroeste do estado (ver Figura 2 B) para a taxa de internação com significância estatística, englobando os municípios de Pau D'Arco, Arapoema, Bandeirante e Bernardo Sayão, de maior prioridade e regiões com baixa prioridade no sul e sudeste do estado.

DISCUSSÃO

O componente de força motriz corresponde aos fatores que, em escala macro, como o índice de Gini, o IDH e o investimento em saneamento podem influenciar os vários processos ambientais, econômicos e sociais que afetam a qualidade da água e conseqüentemente, a saúde humana.

Ainda com as informações de investimento em saneamento do Censo de 2000, Costa e Cançado (2002), já afirmaram que as características do déficit do saneamento e do modelo de intervenção setorial utilizado, mostravam a tendência de segmentos populacionais sempre à margem das melhorias em saneamento, devido o enfoque essencialmente financeiro da política de saneamento no Brasil, onde não havia interesse, por parte das Companhias Estaduais de Saneamento, de investirem seus recursos em áreas de periferia, e ao incipiente poder de indução demonstrado pelo governo federal para viabilizar a realização de obras de infra-estrutura em comunidades carentes, particularmente em áreas urbanas de grande densidade populacional.

Os investimentos em saneamento realizados pelo Governo Federal foram ampliados a partir de 2007, tendo como marco de referência o PAC I, mas houve a manutenção da desproporcionalidade de recurso entre os componentes do saneamento básico, conferindo-se prioridade para o abastecimento de água e coleta de esgoto e destinando-se poucos recursos para coleta de resíduos sólidos e drenagem urbana. Nota-se também que não foram beneficiados os municípios com maior déficit desses serviços, privilegiando-se a região sudeste (BORJA, 2014).

No Tocantins notou-se a distribuição desigual dos investimentos em saneamento pelos municípios. Os municípios com maior população foram os que receberam mais investimentos. Quanto ao investimento em água e esgoto, também os municípios com maior número de habitantes receberam esses recursos, e a maioria dos municípios recebeu investimento apenas para o abastecimento de água.

O investimento em saneamento pode influenciar o desenvolvimento humano. Segundo o PNUD examinou, o desenvolvimento humano está mais ligado ao acesso à água e ao saneamento do que a outros motores de desenvolvimento, incluindo gastos com a saúde e/ou educação e o acesso a serviços de energia (CARVALHEIRO, 2015). O investimento em saneamento implica a realização de investimentos em construção civil volumosos, os quais têm efeitos econômicos expressivos nas áreas em que as obras são realizadas, como a criação de empregos diretos, e indiretos, formando uma cadeia produtiva da construção. Com efeito, segundo o Instituto Trata Brasil, para cada R\$ 1.000,00 investido em obras de saneamento, foi gerada uma renda de R\$ 1.190,00 na economia, no período analisado de 2005 a 2015, uma relação que mostra o efeito multiplicador de renda dos investimentos em saneamento, e o quanto pode influenciar na economia e renda (INSTITUTO TRATA BRASIL, 2017).

No presente estudo também foi identificado que os municípios com mais habitantes apresentaram mais investimento em saneamento e também os maiores índices de desenvolvimento humano (IDH), e são os mais desiguais conforme o índice de Gini destes municípios. O que também é preocupante, pois a desigualdade de distribuição de renda nos municípios provoca lacunas urbano - rurais em relação ao acesso à água tratada e esgoto, e lacunas centro urbano-periferias. Os setores vulneráveis e desfavorecidos da população mundial são os mais afetados pela falta de segurança e acesso à água potável de qualidade e acesso aos serviços de saneamento, as desigualdades têm muitas vezes características claramente espaciais (SUTHERLAND et al, 2014).

Os problemas identificados nos indicadores de força motriz se transformaram em pressões, agindo sobre o saneamento nos municípios do estado, principalmente sobre a coleta

de lixo, indicador de pressão com maior média de inadequação nesse estudo. O esgotamento sanitário inadequado no Brasil, segundo IBGE 2010 (domicílios sem banheiro ou sanitário, com banheiro ou sanitário que utilizam valas ou rio), apresentou percentual de 8,48%, enquanto na região Norte foi de 18,93%. No Tocantins foram 11,91%, mas ainda acima da média nacional.

Apesar de ter apenas 19 municípios com coleta de esgoto por empresa, e o restante utilizar fossa séptica ou fossa, a maioria dos municípios do Tocantins procuram não deixar condições inadequadas e exposição ao esgoto, como no caso de Pugmil e Alvorada que não têm coleta de esgoto, e estão entre os municípios com mais baixo percentual de inadequação. A grande utilização de fossas sépticas pode causar maior contaminação de lençol freático, contaminando poços freáticos, por outro lado, este fator contribui para diminuir a exposição direta aos agentes patogênicos.

A pesquisa de indicadores de desenvolvimento sustentável do IBGE 2015 mostrou que o atendimento à rede geral de abastecimento de água no Brasil para área urbana é de 93,5%, na região norte é de 71,9%, Nordeste é de 92,2%, Sudeste 96,7%, e no Tocantins é de 99%, acima da região norte e da média nacional. No entanto, verifica-se que no Tocantins também se mantém a desproporcionalidade de recurso entre os componentes do saneamento básico com prioridade para o abastecimento de água, seguindo a tendência da política de saneamento no Brasil. Apesar de que não foram encontradas informações nas fontes de dados de todos os municípios, segundo a coordenação do programa VIGIAGUA no estado, 100% dos municípios tinham abastecimento de água por rede de distribuição na área urbana em 2015.

As pressões impõem mudanças na situação socioambiental, alteram a qualidade dos recursos ambientais e o fornecimento dos serviços, interferindo, por exemplo, na quantidade e na qualidade da água para consumo humano disponível e oferecida à população (BRASIL, 2015).

Em relação aos indicadores de situação analisados, a conformidade de análises de cloro é a menor (78%), o cloro residual livre é o indicador sanitário de eficiência da desinfecção, tem a finalidade de prevenir a contaminação pós-tratamento, na rede de distribuição e nos reservatórios até chegar aos domicílios. Portanto esses municípios com baixo percentual de conformidade, devem ser verificados quanto aos locais de coleta, se são de saída do tratamento indicando tratamento inadequado, ou da rede de distribuição indicando também tratamento insuficiente, consumo excessivo de cloro ao longo da tubulação ou nos reservatórios, ou contaminação destes.

O monitoramento quanto à desinfecção e tratamento adequado da água está sendo prejudicado pela falta de kits para análise de cloro nos municípios, pois a análise de cloro residual livre deve ser realizada em campo no momento da coleta. Somente 26 municípios realizaram análises de cloro em 2015.

A média de conformidade de análises de coliformes totais para o estado foi de 81%, observa-se que para o cálculo foi levado em consideração todas as formas de abastecimento (sistemas, soluções alternativas coletivas e individuais), e observando-se também que a maioria das coletas são de sistema. No período de 2010 a 2012, a média dos percentuais de conformidade apenas de sistema foi de 88% (PEDRO et al, 2013).

A simples presença de coliformes totais em uma dada amostra pode não guardar qualquer relação com poluição da água por material fecal, tal fato não deve ser de todo negligenciado, servindo como alerta a uma possível exposição da fonte a focos de poluição/contaminação. A análise de coliformes totais avalia a eficiência do tratamento por inativação de bactérias na saída do tratamento e recontaminação na rede de distribuição. Portanto, para uma melhor investigação de risco, o cálculo de conformidade deve ser feito para cada tipo de forma de abastecimento do município, e avaliando o local da coleta para amostras não conformes.

Quanto à média dos percentuais de turbidez em conformidade com a portaria para o estado foi de 92% para 2015, para todas as formas de abastecimento. No monitoramento realizado no período de 2010 a 2012 foi encontrado 97% de conformidade de turbidez apenas para sistema de abastecimento, mantendo-se o nível de qualidade da água no estado. Um estudo do Ministério da Saúde em 2013, identificou as médias de turbidez para sistemas de tratamento das regiões Norte (3,15 uT) Nordeste (3,09 uT), Sudeste (1,03 uT) e Sul (1,12 uT), verificadas em 2013. No mesmo período, o Tocantins apresentou turbidez menor que 1,0 uT, a menor da região norte e semelhante à verificada nas regiões sul e sudeste (BRASIL, 2015).

A presença de *Escherichia coli* é atualmente o mais preciso indicador da contaminação da água por material fecal, sendo a sua presença um indício da ocorrência de contaminação da água por microrganismos com potencial patogênico. A média de conformidade de *E. coli* encontrada para o estado nesse estudo foi de 91%, para todas as formas de abastecimento, no estudo de 2013 do VIGIAGUA Estadual, foi encontrada uma média de 97%, analisado apenas para o sistema de abastecimento no período de 2010 a 2012, mantendo a qualidade da água. É muito importante avaliar o local da coleta para amostras com presença de *E. coli*, que pode indicar ineficiência do tratamento quando observado na saída do tratamento ou

recontaminação na rede quando observada na rede de distribuição. Principalmente para esses 18 municípios que apresentaram mais de 20% de amostras com presença de *E. coli*.

Quanto ao monitoramento da água consumida no estado, os municípios seguem uma diretriz nacional que estabelece quantidade e frequência mínima de análises de acordo com a quantidade de habitantes por município. Para monitorar a qualidade da água no estado, as análises são realizadas em laboratórios do LACEN, disponibilizados em Araguaína e em Palmas e somente o município de Palmas possui laboratório próprio. Mesmo com a falta de laboratórios municipais, e somente com dois laboratórios estaduais o monitoramento da qualidade é disponibilizado para todos os municípios quanto aos parâmetros básicos, e o estado alcançou 97% da diretriz. Importante observar que ainda não é o monitoramento ideal, pois esta logística faz com que o monitoramento seja realizado somente uma vez ao mês, e somente o município de Palmas consegue realizar análises mais de uma vez ao mês.

De acordo com a diretriz nacional, os municípios são recomendados a fazer seu próprio plano de amostragem, distribuindo no mínimo dez pontos de coletas, por exemplo, pelas formas de abastecimento no município, priorizando aquelas com maior população abastecida, e locais de risco. Esta forma de distribuição faz com mais coletas sejam realizadas em sistemas de abastecimento da área urbana, e menos coletas em soluções alternativas coletivas e individuais, que abastecem a área rural. Além de que, em muitos casos, as soluções alternativas de áreas rurais ficam distantes, inviabilizando a coleta pelo tempo de transporte ao LACEN, que deve ser no mínimo de 24 horas.

As alterações na situação ambiental podem ou não acarretar efeitos à saúde, dependendo da exposição. A exposição deve ser compreendida não como um atributo das pessoas, mas como um conceito que medeia a inter-relação, por exemplo, das doenças de veiculação hídrica com a qualidade da água, alterada pelas pressões e forças motrizes estudadas. Medir esta relação é complexo, pois nem sempre é possível estabelecer que as doenças estejam diretamente associadas à exposição da qualidade da água. (BRASIL, 2011).

Dos indicadores de exposição analisados nesse estudo identificou-se que a maior média dos percentuais de exposição foi em relação à coleta inadequada de lixo (37%). Seguida da exposição à água sem tratamento (24%) e à exposição inadequada ao esgoto (18%). Observa-se que a informação quanto ao tratamento de água do SISAGUA, contemplou 125 municípios que tinham informação, de um total de 139, não sendo, portanto, um valor fidedigno para o estado.

Sobre os efeitos, a taxa de internação de doenças de transmissão feco-oral encontrada para o estado, de 11,35 para 10.000 habitantes foi menor que a taxa de internação somente por

diarréia, de 25 para 10.000 habitantes, referente ao ano de 2013, divulgada pelo ministério da saúde (BRASIL, 2015). E também menor que a taxa apresentada pela pesquisa nacional de saneamento básico, que mostrou para a categoria fecal-oral durante o período de 2010 a 2015, a região norte teve média de 38,3 por 10.000 habitantes, bem acima da média nacional (18 por 10.000 habitantes).

O Tocantins, nessa mesma pesquisa, apresentou média de 24 internações na categoria fecal oral para cada 10.000 habitantes no período analisado (IBGE, 2015). Vários fatores podem ter contribuído para a diminuição da taxa de internação, entre eles as ações do programa VIGIAGUA no estado, ações do programa DVHA, investimento em saneamento, programa de educação sanitária e ambiental, ou mesmo uma subnotificação das internações em 2015.

As causas de contaminação da água por coliformes totais e *E.coli* podem estar associadas às estruturas sanitárias deficientes, conservação inadequada dos poços de abastecimento, contaminação do manancial superficial, tratamento ineficaz, falta de manutenção dos reservatórios e baixa qualidade das redes de distribuição. Essas formas de contaminação podem então se agravar quando há falta de investimento em saneamento e desigualdade de distribuição de renda podendo então estar associada à presença de coliformes totais e *E. coli*, como demonstrado neste estudo pela correlação positiva entre estes indicadores. Porém é importante salientar que as correlações encontradas foram significativas, mas, fracas (entre 0,2 e 0,3), notando-se ainda que correlação positiva não indica causalidade, por não determinar a direcionalidade da relação, mas tão somente que há associação entre os fatores analisados. Porém, certamente não será a contaminação bacteriana a “causa” de estruturas sanitárias deficientes, mas o resultado disto.

Através da análise espacial, merecem destaque os municípios da região nordeste do estado apontados como tendo alta exposição ao esgotamento sanitário inadequado para ações de prevenção de doenças relacionadas ao saneamento ambiental inadequado. Vários trabalhos têm demonstrado associação positiva entre doenças diarréicas e saneamento (TEIXEIRA; GUILHERMINO, 2006; GRISOTTO, 2011; BÜHLER et al, 2014). No entanto, a análise espacial realizada no presente estudo mostrou que os municípios com alta exposição à falta de coleta de esgoto, não são os mesmos com padrão espacial local para as doenças de transmissão feco-oral para os dados de 2015.

Os municípios com maior exposição ao esgoto também devem ser observados pelos órgãos de saneamento quanto a projetos de melhoria da qualidade da água, Vanderslice; Briscoe (1995 apud HELLER, 1997), demonstraram que o impacto positivo da melhoria da

qualidade da água é maior em famílias com adequadas condições de esgotamento sanitário quando comparado com a mesma intervenção em famílias com inadequada solução para a disposição do esgoto, ou seja, os projetos de esgotamento sanitário deveriam sempre anteceder os projetos de melhoria no abastecimento de água.

REFERÊNCIAS

BARCELLOS, C.; QUITÉRIO, L. A. D. Vigilância ambiental em saúde e sua implantação no Sistema Único de Saúde. In: **Revista de Saúde Pública**. São Paulo, v. 40, n. 1, p. 170-177, jan./fev. 2006. Disponível em: <www.usp.br/rsp>. Acesso em 10 nov. 2015.

BASTOS, R. K. X.; BEZERRA, N. R.; BEVILACQUA, P. D. Planos de segurança da água: novos paradigmas em controle de qualidade da água para consumo humano em nítida consonância com a legislação brasileira. In: Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental, 24, 2007. **Anais...** Rio de Janeiro: ABES, 2007.

BORJA, P. C. Política pública de saneamento básico: uma análise da recente experiência brasileira. In: **Saúde e Sociedade**. São Paulo, v. 23, n. 2, 2014, p. 432-447. Disponível em: <www.revistas.usp.br/sauso/article/download/84880/>. Acesso em 23 maio 2017.

BRASIL. Ministério da Saúde. Secretaria de Vigilância em Saúde. **Programa Nacional de Vigilância em Saúde Ambiental Relacionada à Qualidade da Água para Consumo Humano - VIGIAGUA**. Brasília: Ministério da Saúde, 2005.

_____. Ministério da Saúde. Indicadores de Saúde e Ambiente. In: **IV Congresso Brasileiro de Epidemiologia EPIRIO 98**. IESUS, VII (2), abr/jun, 1998.

_____. Ministério da Saúde. **Manual de procedimentos de vigilância em saúde ambiental relacionada à qualidade da água para consumo humano**. Brasília: Ministério da Saúde, 2006.

_____. Ministério da Saúde. **Inspeção Sanitária em Abastecimento de Água**. Brasília: Ministério da Saúde, 2007.

_____. Ministério da Saúde. **Saúde ambiental: guia básico para construção de indicadores**. Brasília: Ministério da Saúde, 2011.

_____. Ministério da Saúde. **Portaria no 2.914, de 12 de dezembro de 2011**. Dispõe sobre os procedimentos de controle e vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade. Diário Oficial da União, Poder Executivo, Brasília, DF, 12 dez. 2011. Seção 1, p. 39-46.

_____. Ministério da Saúde. **Análise de indicadores relacionados à água para consumo humano e doenças de veiculação hídrica no Brasil, ano 2013, utilizando a metodologia da matriz de indicadores da Organização Mundial da Saúde**. Brasília. Ministério da Saúde, 2015. Disponível em:

<<http://portalarquivos.saude.gov.br/images/pdf/2015/marco/10/analise-indicadores-agua-10mar15-web.pdf>>. Acesso em 10 out 2015.

_____. Ministério da Saúde. **Manual de Saneamento**. 4 ed., Brasília, 2015. Disponível em: <www.funasa.gov.br>. Acesso em 10 out. 2016.

BÜHLER, H. F. et al. Análise espacial de indicadores integrados determinantes da mortalidade por diarreia aguda em crianças menores de 1 ano em regiões geográficas. In: **Ciência & Saúde Coletiva**, v.19, n.10, 2014, p. 4131-4140. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S1413-81232014001004131&script=sci_abstract&tlng=pt>. Acesso 10 out. 2016.

CARVALHEIRO, J.R. Água e saúde: bens públicos da humanidade. In: **Estudos avançados**, São Paulo, v. 29, n. 84, maio/ago. 2015.

CORVALÁN, C.; BRIGGS, D.; KJELLSTRÖM, T. Development of environmental health indicators. In: BRIGGS, D.; CORVALÁN, C.; NURMINEM, M. (Ed.). **Linkage methods for environment and health analysis: general guidelines**. Geneva: UNEP, USEPA, WHO, 1996.

COSTA, G.M.; CANCADO, V.L. A dimensão Política das Políticas Setoriais Urbanas: o caso dosaneamento básico. In: Edésio Fernandes; Jurema M. Rugani [organizadores]. Cidade, memória e legislação: a preservação do patrimônio na perspectiva do direito urbanístico. **IAB** – Departamento de Minas Gerais. Belo Horizonte (MG), 2002.

FREITAS, C.M.; GIATTI, L.L. Indicadores de sustentabilidade ambiental e de saúde na Amazônia Legal, Brasil. In: **Cadernos de Saúde Pública**, Rio de Janeiro, v. 25, n. 6, p. 1251-1266, jun, 2009.

FREITAS, M.B; FREITAS, C. M. A vigilância da qualidade da água para consumo humano – desafios e perspectivas para o Sistema Único de Saúde. In: **Ciência & Saúde Coletiva**, v. 10, n. 4, 2005, p. 993-1004.

GRISOTTO, L.E.G. **Avaliação e espacialização das relações entre indicadores de saúde, saneamento, ambiente e socioeconomia no estado de São Paulo**. 2011. 291f., Tese de doutorado da Universidade de São Paulo - USP, São Paulo, 2011. Disponível em: <<http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/6/6134/tde-22052012-124859/pt-br.php>>. Acesso em 11 ago. 2016.

HELLER, L. **Saneamento e Saúde**. Brasília: OPAS/OMS, 1997.

HELLER, L.; COLOSIMO, E. A.; ANTUNES, C. M. F. Setting priorities for environmental sanitation interventions based on epidemiological criteria: a Brazilian study. In: **Journal of Water and Health**, London, v. 3, n. 3, 2005, p. 271-281.

BROWN, Colin; NEVES-SILVA, Priscila; HELLER, Léo. The human right to water and sanitation: a new perspective for public policies. In: **Ciência & Saúde Coletiva**, Rio de Janeiro, v. 21, n. 3, p. 661-670, mar. 2016. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1413-81232016000300661&lng=en&nrm=iso>. Acesso em 23 abr. 2017.

_____. **CENSO 2010**. Rio de Janeiro, 2010.

_____. **Indicadores de desenvolvimento sustentável**. Rio de Janeiro: IBGE, 2015.

INSTITUTO TRATA BRASIL. **Benefícios econômicos e sociais da expansão do saneamento no Brasil**. EX Ante Consultoria Econômica, mar. 2017. Disponível em: <<http://www.tratabrasil.org.br/datafiles/estudos/beneficios-ecosocio/relatorio-completo.pdf>>. Acesso em 04 jul. 2017.

OPAS. **Atlas de Desenvolvimento Sustentável e Saúde. Brasil: 1991 a 2010**. Brasília: OPAS, 2015. Disponível em: <<http://www.paho.org/bra>>. Acesso em 19 nov. 2015.

PEDRO, L.P. et al. Programa de vigilância da qualidade da água de consumo humano no estado do Tocantins-VIGIAGUA. **Boletim Epidemiológico**. Departamento de vigilância e proteção à saúde do Tocantins, ano X, n. 17, 2013.

SUTHERLAND, C. et al. Water and sanitation provision in eThekweni Municipality: a spatially differentiated approach. In: **Environment & Urbanization**, v. 26, n. 2, p. 469-488, out. 2014. Disponível em: <<http://journals.sagepub.com/doi/abs/10.1177/0956247814544871>>. Acesso em 24 abr. 2017.

TEIXEIRA, J.C; HELLER, L. Fatores ambientais associados à diarreia infantil em áreas de assentamento subnormal em Juiz de Fora, Minas Gerais. In: **Revista Brasileira de Saúde Materno Infantil**. Recife, v. 5, n. 4, p. 449-455, out./dez., 2005.

TEIXEIRA, J. C.; GUILHERMINO, R. L. Análise da associação entre saneamento e saúde nos estados brasileiros, empregando dados secundários do banco de dados indicadores e dados básicos para a saúde 2003– IDB 2003. In: **Engenharia Sanitária e Ambiental**. Rio de Janeiro, v. 11, n.3, p.277-282, jul./set. 2006. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1590/S1413-41522006000300011>>. Acesso em 15 set. 2016.

TOCANTINS. **Indicadores socioeconômicos do Estado do Tocantins**. SEPLAN, 2013. Disponível em: <www.to.gov.br>. Acesso em 20 out.2015.

VIEIRA, J.M.P. Plano de segurança da água em mananciais de abastecimento de água para consumo humano. In: Revista Eletrônica de **Gestão e Tecnologias Ambientais**, v. 1, n.1, 2013, p. 87-97. Disponível em: <<https://portalseer.ufba.br/index.php/gesta/article/view/7107/4879>>. Acesso em 17 out. 2015.

_____. **Guidelines for drinking-water quality**, 2. ed., v. 1, Recommendations. Geneva: WHO Library, 1993.

_____. **Guidelines for drinking-water quality**, 3. ed., v. 1, Recommendations. Geneva: WHO Library, 2004.

Tabela 1. Percentual de municípios no Tocantins, segundo as variáveis de força-motriz, pressão, situação, exposição e efeito em 2015.

Variáveis¹	Frequência	Percentual (%)
Força motriz		
Investimento em saneamento (R\$/habitante)	N=129	
4,26 a 19,88	69	53
20,91 a 86,66	16	12
108,17 a 497,30	35	27
511,16 a 614,81	6	5
905,62 a 1320,36	3	2
Índice de Gini	N=139	
0,42 a 0,49	28	20
0,5 a 0,59	87	63
0,6 a 0,68	22	16
0,71 a 0,74	2	1
IDHM²	N=139	
0,7 a 0,780	10	7
0,6 a 0,699	104	75
0,5 a 0,596	25	18
Pressão		
Domicílios em condições inadequadas de esgotamento sanitário (%)	N=139	
0,98 a 9	32	23
10 a 19	44	32
20 a 29	40	29
30 a 39	13	9
40 a 50	10	7
Domicílios em condições inadequadas de coleta de lixo (%)	N=139	
1 a 15	11	8
16 a 25	19	14
26 a 45	62	45
46 a 65	44	32
66 a 85	3	2
Domicílios não atendidos por abastecimento de água (%)	N=129	
00 a 15	43	33
16 a 30	28	22
31 a 45	34	26
46 a 60	17	13
61 a 75	6	5
76 a 90	1	1

Continuação da Tabela 1. Percentual de municípios no Tocantins, segundo as variáveis de força-motriz, pressão, situação, exposição e efeito em 2015.

Variáveis¹	Frequência	Percentual (%)
Situação		
Percentual de análises de cloro em conformidade com a portaria (%)	N=26	
0 a 59	5	19
60 a 79	5	19
80 a 89	2	8
90 a 99	6	23
99 a 100	8	31
Percentual de análises de turbidez em conformidade com a portaria*	N=118	
35 a 69	2	2
70 a 89	27	23
90 a 99	66	56
99 a 100	23	19
Percentual de análises de C. totais em conformidade com a portaria*	N= 118	
10 a 49	9	8
50 a 79	34	29
80 a 89	19	16
90 a 99	43	36
99 a 100	13	11
Percentual de análises de <i>E. coli</i> em conformidade com a portaria*	N=118	
38 a 69	3	3
70 a 79	15	13
80 a 89	17	14
90 a 99	43	36
99 a 100	40	34

Continuação da Tabela 1. Percentual de municípios no Tocantins, segundo as variáveis de força-motriz, pressão, situação, exposição e efeito em 2015.

Variáveis ¹	Frequência	Percentual(%)
Exposição		
Proporção da população abastecida por água sem tratamento (%)	N=125	
00 a 25	68	54
26 a 50	49	39
51 a 75	7	6
76 a 100	1	1
Proporção da população com esgotamento sanitário inadequado (%)	N=139	
00 a 25	107	77
26 a 35	16	12
36 a 45	15	11
46 a 55	1	1
Proporção da população sem coleta de lixo (%)	N=139	
00 a 25	31	22
26 a 45	63	45
46 a 65	40	29
66 a 85	5	4
Efeito		
Internações por doenças de transmissão feco-oral/10.000 hab	N=135	
0 a 12	102	76
13 a 25	18	13
26 a 50	14	10
51 a 75	3	2
76 a 100	2	1

Fonte: Atlas Brasil, IBGE 2010, SNIS 2010 a 2015, SISAGUA 2015

Org.: elaboração da autora

Notas:

1. Variáveis da matriz de indicadores segundo modelo FPSEEA

2. Índice de Desenvolvimento Humano Municipal

*Análises de Coliforme totais, Escherichia coli e cloro residual livre em conformidade com a portaria MS 2.914/2011

Tabela 2. Correlação de Pearson, entre as variáveis de força motriz e situação e entre as variáveis de Pressão e situação, Tocantins 2015.

Variável	Nível de situação ¹							
	Coliformes Totais		<i>E. coli</i>		Turbidez		Cloro	
Nível de Força motriz	Coefficiente	Valor de P	Coefficiente	Valor de P	Coefficiente	Valor de P	Coefficiente	Valor de P
Índice de Gini	0,252	0,008**	0,277	0,003**	0,113	0,239	0,273	0,177
Investimento em Saneamento	0,202	0,033*	0,237	0,012*	-0,096	0,314	0,237	0,243
IDHM ²	0,048	0,620	-0,070	0,464	-0,061	0,525	0,090	0,664
Nível de Pressão								
Coleta inadequada de esgoto	0,085	0,377	0,116	0,224	-0,008	0,935	0,058	0,777
Falta de coleta de lixo	-0,041	0,672	0,015	0,875	-0,054	0,574	0,074	0,719
Falta de abastecimento de água	-0,152	0,112	-0,110	0,252	-0,036	0,877	-0,032	0,877

Fonte: Atlas Brasil, IBGE 2010, SNIS 2010 a 2015, SISAGUA 2015

Org.: elaboração da autora

Notas:

1. Análises de Coliforme totais, Escherichia coli e cloro residual livre em conformidade com a portaria MS 2.914/2011¹

2. Índice de Desenvolvimento Humano Municipal

*Correlação estatisticamente significativa a nível de 0,05

**Correlação estatisticamente significativa a nível de 0,01

Tabela 3 - Análise espacial através do índice de Moran para os indicadores de situação, exposição e efeito, Tocantins, 2015

Variável / nível da matriz ¹	Índice Moran Global	Valor de P
Situação		
Percentual de análises de Cloro em conformidade com a portaria ²	0,031	0,29
Percentual de análises de Turbidez em conformidade com a portaria ²	-0,062	0,11
Percentual de análises de Coliformes Totais em conformidade com a portaria ²	-0,047	0,19
Percentual de análise de E.coli em conformidade com a portaria ²	-0,087	0,07
Exposição		
Percentual da população abastecida por Água sem tratamento.	0,033	0,24
Percentual da população com esgotamento sanitário inadequado	0,282	0,01*
Percentual da população sem coleta de lixo.	0,033	0,22
Efeito		
Taxa de internação por doenças de transmissão feco-oral	0,144	0,04*

Fonte: Atlas Brasil, IBGE 2010, SNIS 2010 a 2015, SISAGUA 2015, SIH 2015

Org.: elaboração da autora

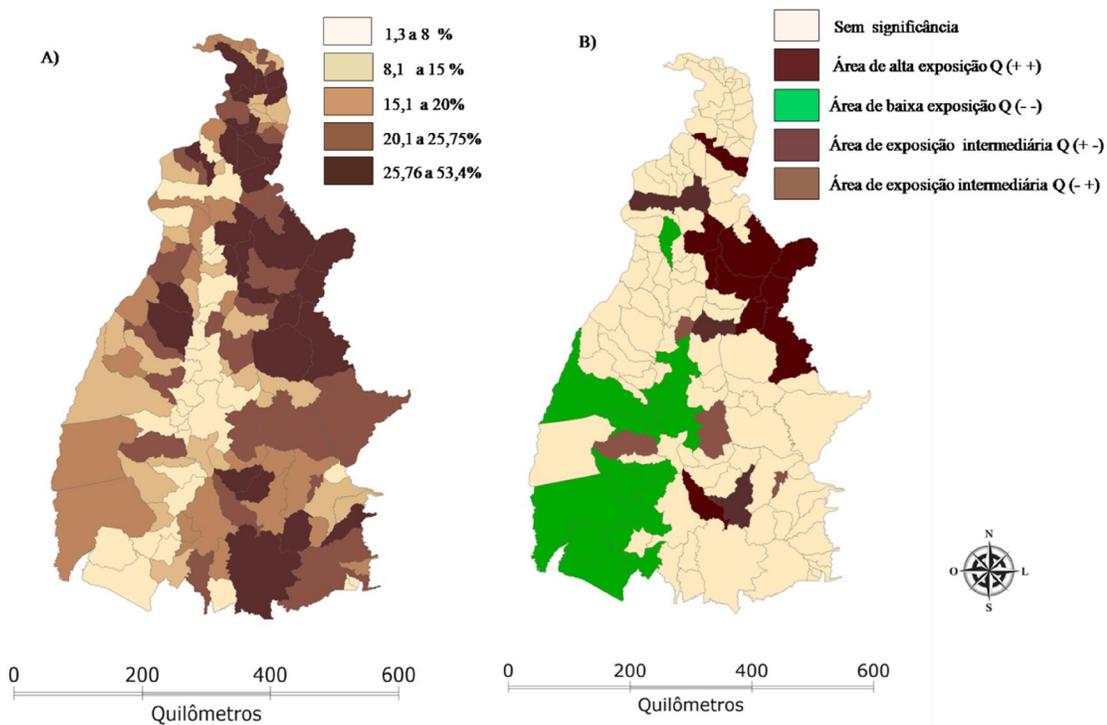
Notas:

1. Matriz de Indicadores FPSEEA

2. Portaria MS 2.914/2011

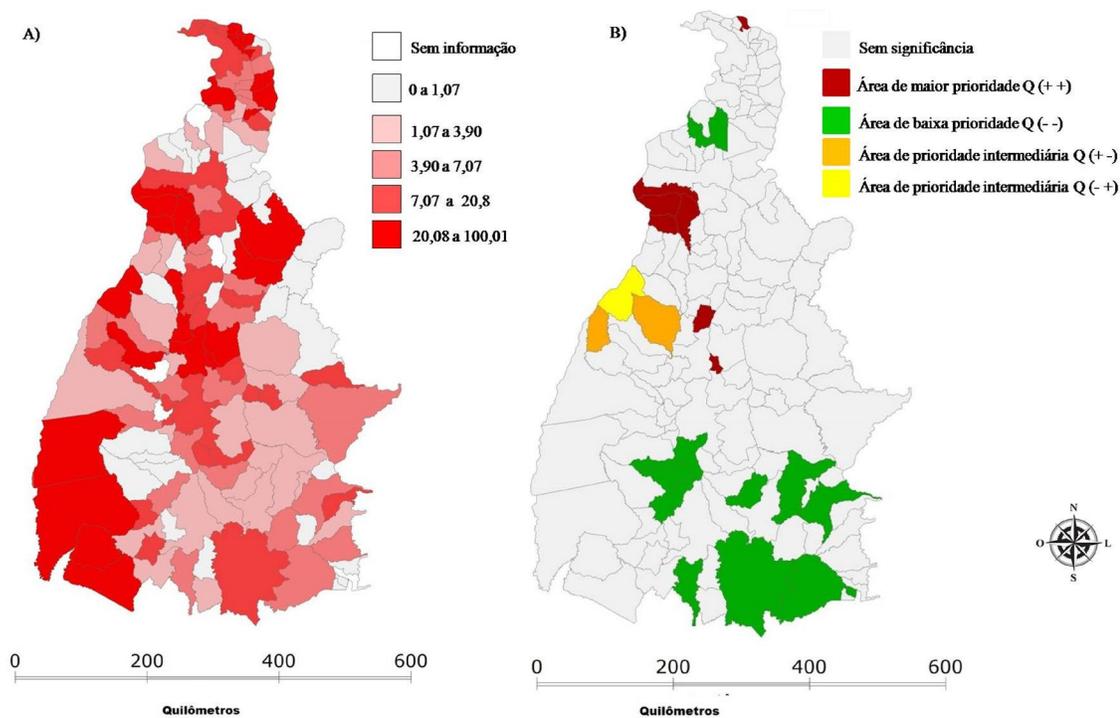
*Correlação estatisticamente significativa a 0,05

Figura 1 - Distribuição espacial do percentual de população exposta às condições inadequadas de esgotamento sanitário segundo os municípios do Tocantins, 2010 (A). Estratificação de áreas de exposição da população às condições inadequadas de esgotamento sanitário segundo o resultado de Moran local (*Moran map*) para os municípios do Tocantins, 2010 (B)



Fonte: IBGE 2010

Figura 2 - Distribuição espacial da taxa de internação por doenças de transmissão feco-oral por 10.000 habitantes segundo os municípios do Tocantins, 2015 (A). Estratificação de áreas prioritárias de internação por doenças de transmissão feco-oral segundo resultado de Moran Local (*Moran map*) para os municípios do Tocantins, 2015 (B).



Fonte: SIH 2015

CONSIDERAÇÕES FINAIS

O modelo conceitual de FPSEEA adaptado para este trabalho se mostrou eficiente para conhecimento dos fatores socioambientais do estado do Tocantins relacionados com a qualidade da água de consumo humano e poderá ser utilizado pelo programa VIGIAGUA estadual e municipal, no entanto as técnicas de análise de dados podem ser aprimoradas.

O nível de ação da matriz deve agora direcionar ações para todos os níveis da matriz, porém os níveis de força motriz e pressão mostram maior eficácia que as ações sobre efeitos gerados pelos mais diversos fatores de contaminação uma vez que são capazes de fazer diminuir ou cessar o desencadeamento dos níveis posteriores, portanto os problemas apontados principalmente nestes dois níveis devem ser considerados prioritários para os municípios mais deficitários apontados neste trabalho.

Os sistemas de informação SNIS e SISAGUA apresentam falhas que contribuem para os entraves de coleta de dados sobre saneamento no Brasil, principalmente quando se trata de informações por município. É de extrema importância e urgência que os setores de vigilância em Saúde de estados e municípios tenham estas informações atualizadas e fidedignas para subsidiar processos de tomada de decisão e planejamento de políticas públicas em saúde.

Foi identificado que a qualidade da água, especificamente quanto aos parâmetros de Coliformes Totais e *Escherichia coli*, tem associação com o investimento em saneamento e com Índice de Gini. Mostrando que as políticas públicas de saneamento que favorecem a distribuição desigual dos recursos de saneamento e a desigualdade de distribuição de renda são fatores que podem contribuir para alterar a qualidade da água de consumo propiciando a contaminação. Este fato vem auxiliar as autoridades de saúde e de saneamento, para propor ações de forma integrada, visando diminuir as lacunas e desigualdades intermunicipais para que possam alcançar os objetivos de prevenção de doenças de veiculação hídrica no estado.

Recomenda-se intensificar o monitoramento da qualidade da água no Tocantins através da descentralização dos laboratórios de saúde pública para os municípios, assim como monitorar as providências quanto às amostras fora do padrão da portaria 2914/11 junto aos responsáveis pela forma de abastecimento monitorada.

Os municípios com maior exposição ao esgotamento sanitário inadequado devem ser observados como prioritários para os serviços de melhoria de esgotamento sanitário e

recomenda-se que ocorra antes de projetos de melhoria da qualidade da água. A região identificada como prioritária para prevenção de doenças diarreicas deve ser estudada em relação a outros fatores não analisados na pesquisa, a fim de encontrar associações significativas que possam direcionar ações de prevenção.

A vigilância da qualidade da água de consumo humano no estado do Tocantins requer ações integradas de saúde e saneamento, com a visão de promoção da saúde, diminuindo a desigualdade, o que requer um esforço conjunto do estado e municípios para o amadurecimento do controle social. Estimular a discussão sobre saneamento e os planos municipais de saneamento nos conselhos municipais e estaduais de saúde é de extrema relevância, frente à situação apresentada nesta pesquisa.

REFERÊNCIAS

ALMEIDA FILHO, N.; BARRETO, M.L. **Epidemiologia & Saúde: Fundamentos, Métodos, Aplicações**. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2011.

BARCELLOS, C.; QUITÉRIO, L. A. D. Vigilância ambiental em saúde e sua implantação no Sistema Único de Saúde. In: **Revista de Saúde Pública**. São Paulo, v. 40, n. 1, p.170-177, jan./fev. 2006. Disponível em: <www.usp.br/rsp>. Acesso em 10 nov. 2015.

BASTOS, R. K. X.; BEZERRA, N. R.; BEVILACQUA, P. D. Planos de segurança da água: novos paradigmas em controle de qualidade da água para consumo humano em nítida consonância com a legislação brasileira. In: Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental, 24, 2007. **Anais...** Rio de Janeiro: ABES, 2007.

BASTOS, R.K. et al. Abordagem sanitário-epidemiológica do tratamento e da Qualidade parasitológica da água: entre o desejável e o possível. In: 21º Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental, 2001. **Anais...** João Pessoa, 2001. Disponível em: <<http://www.bvsde.paho.org/bvsaidis/caliagua/brasil/i-101.pdf>>. Acesso em 10 dez. 2015.

BRASIL. Ministério da Saúde. Secretaria de Vigilância em Saúde. **Programa Nacional de Vigilância em Saúde Ambiental Relacionada à Qualidade da Água para Consumo Humano - VIGIAGUA**. Brasília: Ministério da Saúde, 2005.

_____. Ministério da Saúde. Indicadores de Saúde e Ambiente. In: **IV Congresso Brasileiro de Epidemiologia EPIRIO 98**. IESUS, VII(2), abr./jun, 1998.

_____. Ministério da Saúde. **Manual de procedimentos de vigilância em saúde ambiental relacionada à qualidade da água para consumo humano**. Brasília: Ministério da Saúde, 2006.

_____. Ministério da Saúde. **Documento-base de construção do Decreto Presidencial nº 5.440/2005**. Secretaria de Vigilância em Saúde. Brasília: Ministério da Saúde, 2006. [Série E. Legislação de Saúde].

_____. Ministério da Saúde. **Vigilância em saúde ambiental: dados e indicadores selecionados**. Brasília, v. 1, n. 1, 2006.

_____. Ministério da Saúde. **Vigilância em saúde ambiental: dados e indicadores selecionados**. Brasília, v. 2, n. 2, 2007.

_____. Ministério da Saúde. **Inspeção Sanitária em Abastecimento de Água**. Brasília: Ministério da Saúde, 2007.

_____. Ministério da Saúde. **Saúde ambiental: guia básico para construção de indicadores**. Brasília: Ministério da Saúde, 2011. [Série B. Textos Básicos de Saúde].

_____. Ministério da Saúde. **Portaria no 2.914, de 12 de dezembro de 2011**. Dispõe sobre os procedimentos de controle e vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade. Diário Oficial da União, Poder Executivo, Brasília, DF, 12 dez. 2011. Seção 1, p. 39-46.

_____. Ministério da Saúde. **Plano de segurança da água: garantindo a qualidade e promovendo a saúde: um olhar do SUS**. Brasília: Ministério da Saúde, 2012.

_____. Ministério da Saúde. **Análise de indicadores relacionados à água para consumo humano e doenças de veiculação hídrica no Brasil, ano 2013, utilizando a metodologia da matriz de indicadores da Organização Mundial da Saúde**. Brasília: Ministério da Saúde, 2015. Disponível em: <<http://portalarquivos.saude.gov.br/images/pdf/2015/marco/10/analise-indicadores-agua-10mar15-web.pdf>>. Acesso em 10 out 2015.

_____. Ministério da Saúde. **Boletim Epidemiológico - Hepatites Virais**. Brasília, ano 1, n. 1, 2010. Disponível em: <www.saude.gov.br/bvs>. Acesso em 10 out 2015.

_____. Ministério da Saúde. **Boletim Epidemiológico - Hepatites Virais**. Brasília, ano 3, n. 1, 2012.

_____. Ministério da Saúde. **Manual de Saneamento**. 4 ed. Brasília, 2015. Disponível em: <www.funasa.gov.br>. Acesso em: 10 out. 2016.

BÜHLER, H. F. et al. Análise espacial de indicadores integrados determinantes da mortalidade por diarreia aguda em crianças menores de 1 ano em regiões geográficas. In: **Ciência & Saúde Coletiva**, v. 19, n.10, 2014, p. 4131-4140. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S1413-81232014001004131&script=sci_abstract&tlng=pt>. Acesso 10 out.2016.

BUSS, P. M.; PELLEGRINI FILHO, A. A saúde e seus determinantes sociais. In: **Physis: Revista de Saúde Coletiva**. Rio de Janeiro, v. 17, n.1, 2007, p.77-93. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1590/S0103-73312007000100006>>. Acesso 19 set. 2016.

CAIRNCROSS, S.; FEACHEM, R. Environmental Health Engineering in the Tropics: an introductory text. In: COSTA, André Monteiro et al. Classificação de doenças relacionadas a um saneamento ambiental inadequado (DRSAI) e os sistemas de informações em saúde no Brasil: possibilidades e limitações de análise epidemiológica em saúde ambiental. In: Congresso Interamericano de Engenharia Sanitaria y Ambiental, 2002. **Anais...** Cancún: [s.n.], 2002, p.1-5. Disponível em: <<http://www.bvsde.paho.org/bvsaidis>>. Acesso em: 19 out. 2016.

CARNEIRO, F.A. et al. Saúde ambiental e desigualdades: construindo indicadores para o desenvolvimento sustentável. In: **Ciência & Saúde Coletiva**. Rio de Janeiro, vol. 17, n. 6, 2012, p.1419-1425.

COMISSÃO NACIONAL SOBRE DETERMINANTES SOCIAIS DA SAÚDE. **As causas sociais das iniquidades em saúde no Brasil**. Relatório final da Comissão Nacional sobre Determinantes Sociais da Saúde. Rio de Janeiro, 2008. Disponível em:<www.bvsmms.saude.gov.br/bvs/publicacoes>. Acesso em 19 out. 2016.

CORVALÁN, C.; BRIGGS, D.; KJELLSTRÖM, T. Development of environmental health indicators. In: BRIGGS, D.; CORVALÁN, C.; NURMINEM, M. (Ed.). **Linkage methods**

for environment and health analysis: general guidelines. Geneva: UNEP, USEPA, WHO, 1996.

COSTA, A.M. et al. Classificação de doenças relacionadas a um saneamento ambiental inadequado (DRSAI) e os sistemas de informações em saúde no Brasil: possibilidades e limitações de análise epidemiológica em saúde ambiental. In: Congresso Interamericano de Engenharia Sanitaria y Ambiental, 2002. **Anais...** Cancún: [s.n.], 2002, p.1-5. Disponível em: <<http://www.bvsde.paho.org/bvsaidis>>. Acesso em: 19 out. 2016.

FEWTRELL, L et al. Water, sanitation, and hygiene interventions to reduce diarrhoea in less developed countries: a systematic review and meta-analysis. In: **Lancet Infect Disease**, v.5, n.1, 2005, p.42-52. Disponível em: <www.thelancet.com>. Acesso em 10 out. 2015.

FREITAS, C.M.; GIATTI, L.L. Indicadores de sustentabilidade ambiental e de saúde na Amazônia Legal, Brasil. In: **Cadernos de Saúde Pública**. Rio de Janeiro, v. 25, n. 6, p. 1251-1266, jun, 2009.

FREITAS, M.B; FREITAS, C. M. A vigilância da qualidade da água para consumo humano – desafios e perspectivas para o Sistema Único de Saúde. In: **Ciência & Saúde Coletiva**, v. 10, n. 4, 2005, p. 993-1004.

HELLER, L. **Saneamento e Saúde**. Brasília: OPAS/OMS, 1997.

HELLER, L.; COLOSIMO, E. A.; ANTUNES, C. M. F. Setting priorities for environmental sanitation interventions based on epidemiological criteria: a Brazilian study. In: **Journal of Water and Health**. London, v. 3, n. 3, 2005, p. 271-281.

IBGE. **Indicadores de desenvolvimento sustentável: Brasil 2008**. Rio de Janeiro, 2008.

_____. **CENSO 2010**. Rio de Janeiro, 2010.

_____. **Indicadores de desenvolvimento sustentável**. Rio de Janeiro: IBGE, 2015.

NETTO, F. et al. Impactos socioambientais na situação de saúde da população brasileira: Estudo de indicadores relacionados ao saneamento ambiental inadequado. In: **Tempus Actas em Saúde Coletiva**, v. 4, n. 4, 2009, p. 53-71. Disponível em: <<http://www6.ensp.fiocruz.br/repositorio/sites/default/files/arquivos/ImpactosSocAm.pdf>>. Acesso em 10 out. 2016.

OPAS. **Atlas de Desenvolvimento Sustentável e Saúde. Brasil: 1991 a 2010**. Brasília: OPAS, 2015. Disponível em: <<http://www.paho.org/bra>>. Acesso em 19 nov. 2015.

PEDRO, L.P. et al. Programa de vigilância da qualidade da água de consumo humano no estado do Tocantins - VIGIAGUA. **Boletim Epidemiológico**. Departamento de vigilância e proteção à saúde do Tocantins, ano X, n. 17, 2013.

PRADO, T.; MIAGOSTOVICH, M.P. Virologia ambiental e saneamento no Brasil: uma revisão narrativa. In: **Cadernos de Saúde Pública**. Rio de Janeiro, v.30, n.7, 2014, p. 1367-1378. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1590/0102-311X00109213>>. Acesso em 10 out. 2016.

RAZZOLINI, M.T.P.; GÜNTHER, W.M.R. Impactos na saúde das deficiências de acesso a água. In: **Saúde e Sociedade**. São Paulo, v.17, n.1, p.21-32, jan./mar. 2008. Disponível em: <www.scielo.br>. Acesso em 03 out 2016.

SMITH; K.R.; CORVALÁN, C. F; KJELLSTRÖM, T. How Much Global Ill Health Is Attributable to Environmental Factors? In: **Epidemiology**, v. 10, n. 5, 1999.

SOBRAL, A.; FREITAS, C. M. Modelo de organização de indicadores para operacionalização dos determinantes socioambientais da saúde. In: **Saúde e Sociedade**. São Paulo, v.19, n.1, 2010, p.35-47.

TEIXEIRA, J. C.; GUILHERMINO, R. L. Análise da associação entre saneamento e saúde nos Estados brasileiros, empregando dados secundários do banco de dados indicadores e dados básicos para a saúde 2003– IDB 2003. In: **Engenharia Sanitária e Ambiental**. Rio de Janeiro, v. 11, n.3, p.277-282, jul./set. 2006. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1590/S1413-41522006000300011>>. Acesso em 15 set. 2016.

VIEIRA, J.M.P. Plano de segurança da água em mananciais de abastecimento de água para consumo humano. In: **Revista Eletrônica de Gestão e Tecnologias Ambientais**, v. 1, n.1, 2013, p. 87-97. Disponível em: <<https://portalseer.ufba.br/index.php/gesta/article/view/7107/4879>>. Acesso em 17 out. 2015.

VIEIRA, J.M.P.; MORAIS, C. Planos de segurança em sistemas públicos de abastecimento de água para consumo humano. Lisboa: Universidade do Minho, v.7, 2005. Disponível em: <https://repositorium.sdum.uminho.pt/bitstream/1822/4609/1/guia_7.pdf>. Acesso em 10 out. 2015.

VITRAL, C. L.; GASPAR, A. M. C.; SOUTO, F. J. D. Epidemiological pattern and mortality rates for hepatitis A in Brazil, 1980-2002 - A Review. In: **Memórias do Instituto Oswaldo Cruz**, Rio de Janeiro, v. 101, n. 2, 2006, p.119-127.

_____. UNICEF. **Diarrhoea: why children are still dying and what can be done**. Geneva; WHO, 2009. Disponível em: <http://apps.who.int/iris/bitstream/10665/44174/1/9789241598415_eng.pdf>. Acesso em 10 nov. 2015.

_____. **Preventing diarrhoea through better water, sanitation and hygiene. Exposures and impacts in low- and middle-income countries**. Geneva, 2014. Disponível em: <http://www.who.int/water_sanitation_health/publications/preventing-diarrhoea/en/>. Acesso em 10 nov. 2015.

_____. **Guidelines for drinking-water quality**, 2. ed., v. 1, Recommendations. Geneva: WHO, 1993.

_____. **Guidelines for drinking-water quality**, 3. ed., v. 1, Recommendations. Geneva: WHO, 2004.

_____. **Preventing disease through healthy environments – Towards estimate of the environmental burden of disease**. Geneva: WHO, 2006.

ANEXOS

ANEXO A – Parecer CEP