

**PREVALÊNCIA DE DIARREIA NA BACIA DO RIO DOCE ENTRE 2014 E 2016:
POSSÍVEIS RELAÇÕES COM O DESASTRE AMBIENTAL EM MARIANA-MG.**

Thiago Juarez Ferreira de Araújo

RESUMO: O rompimento da barragem de Fundão no município de Mariana-MG, ocorrido no dia 5 de novembro de 2015, trouxe consequências socioambientais graves e bastante onerosas em escala regional. Dentre essas consequências, destacam-se os riscos de doenças de veiculação hídrica, como a diarreia, causada principalmente pela ingestão de água e alimentos contaminados. Dessa forma, o presente estudo tem por objetivo realizar uma análise socioespacial dos municípios pertencentes à bacia do rio Doce, averiguando alterações nos casos de internações por diarreia, entre 2014 a 2016. Além disso, pretende-se analisar se o rompimento ocorrido na barragem em Mariana pode ter causado alguma influência de internações nos municípios cuja captação de água foi comprometida nesse período. Através de técnicas de análise exploratória de autocorrelação espacial (teste I de Moran). Os resultados obtidos revelaram o aumento na taxa de internações por diarreia em alguns municípios abastecidos pelo rio Doce, e que essa alteração pode estar associada ao desastre ambiental ocorrido em Mariana-MG.

Palavras-chave: Bacia hidrográfica, doenças, Índice de Moran, Minas Gerais, Espírito Santo.

1- INTRODUÇÃO

Dentre os recursos naturais existentes, a água consiste em um elemento fundamental à vida na Terra, tendo em vista seu papel de suporte a vida junto aos ecossistemas, bem como o desenvolvimento socioeconômico da sociedade. Dessa forma, reservas de águas superficiais e subterrâneas são componentes estratégicos e essenciais para o desenvolvimento social, econômico e de sustentabilidade em diversas escalas. A disparidade no suprimento de água em relação às regiões, nações e continentes é causa de diferenças no processo de desenvolvimento e na qualidade de vida, gerando desigualdades e oportunidades diferentes de saúde, trabalho, renda e educação invariavelmente ocasionando conflitos sociais, ambientais e econômicos (ROGERS *et al.*, 2006; MAGALHÃES, 2012; TUNDISI, 2014).

De acordo com Setti *et al.* (2001), a gestão de recursos hídricos é o meio pelo qual se pretende mensurar e solucionar as questões de escassez relativas, bem como fazer o uso adequado relacionado à otimização desses recursos em benefício da sociedade e do ambiente. Assim, assegurar o suprimento de água em quantidade e qualidade para atender as diversas necessidades da sociedade, além de conduzir de forma sistêmica as interações entre as intervenções humanas e o meio natural se tornam fundamentais para uma gestão eficiente desses recursos (SCHUBART, 2000; GONÇALVES, 2007).

As atividades de mineração no Brasil estão concentradas em regiões de elevada demanda hídrica, como na região Sudeste, onde especificamente no estado de Minas Gerais, o chamado “quadrilátero ferrífero” abrange parte da região mais populosa do estado. A indústria mineral tem um papel econômico fundamental no estado mineiro, representando cerca de 55% do seu produto interno bruto. As múltiplas relações da mineração com as bacias hidrográficas, com áreas urbanas e protegidas, tornam a gestão ambiental desses recursos cada vez mais complexa (CIMINELLI, 2010; TUNDISI, 2014).

Em relação às doenças de veiculação hídrica, segundo a Organização Mundial da Saúde (OMS), podem ser dividida em dois grupos, sendo o primeiro doenças de transmissão hídrica caracterizado pela presença de microrganismos patogênicos na água e o segundo doenças de origem hídrica, na qual é analisado a concentração de substâncias químicas permitidas para o uso presentes na água (RITÁ, 2016).

No contexto das relações entre impactos da atividade minerárias sobre recursos hídricos e doenças de veiculação hídrica, o desastre ocorrido no dia 5 de novembro de 2015 chamou atenção das mídias, comunidades e órgãos ambientais do mundo todo. O rompimento da barragem de Fundão,

pertencente à empresa Samarco Mineração S. A., no município de Mariana-MG, trouxe consequências socioambientais graves e bastante onerosas em escala regional, devido às suas proporções. Os dejetos da barragem atingiram cerca 663,2 km de corpo d'água nos estados de Minas Gerais e Espírito Santo, impactando diretamente o estuário do rio Doce e sua região costeira (IBAMA, 2015).

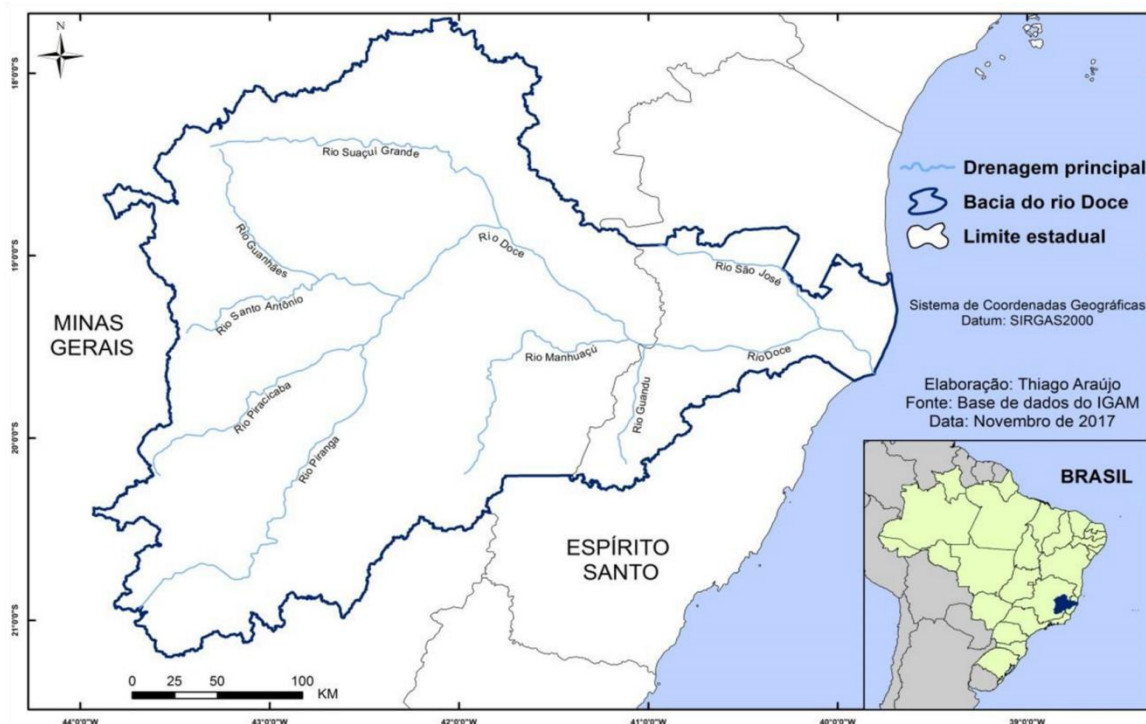
Dessa forma, especialistas afirmam sobre riscos de doenças de quem teve contato com a lama, na qual o excesso de minerais pesados no organismo humano pode causar diversos danos à saúde (G1.COM, 2017). Dentre essas doenças, a diarreia é constatada como causa de morbidade e mortalidade no Brasil, sendo causada por diversos agentes etiológicos, vírus, bactérias e parasitas, na qual os sintomas característicos são o aumento de evacuações, fezes aquosas acompanhada de febre, dor abdominal e vômito. Segundo o Ministério da Saúde, a sua transmissão se dá de forma direta (pessoa em contato com outras pessoas e animais) e indireta (ingestão de alimentos e água contaminada). Estudos realizados por Kronemberger (2013) indica uma relação estreita entre os índices de atendimento por serviços de esgotamento sanitário e taxas de infecção por diarreia.

Portanto, o presente trabalho tem como objetivo realizar um estudo socioespacial dos municípios pertencentes à bacia do rio Doce, averiguando alterações nos casos de internações por diarreia, entre 2014 a 2016. Além disso, pretende-se analisar se o rompimento ocorrido na barragem em Mariana pode ter causado alguma influência de internações nos municípios cuja captação de água foi comprometida nesse período.

2- CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

Para realizar a caracterização da bacia do rio Doce, foram utilizados os dados e informações do relatório final da bacia do rio Doce, e também do encarte elaborado pela ANA, que retrata a situação bacia do rio Doce após o rompimento da Barragem em Mariana/MG (ANA, 2013, 2015).

Figura 1: Localização da Bacia do Rio Doce



Fonte: Base de dados do IGAM. **Autor:** Elaboração própria.

A bacia do rio Doce está localizada na região Sudeste brasileira. Ela abrange cerca de 230 municípios, com uma área de drenagem de aproximadamente 86.715 km², dos quais 86% pertencem ao Estado de Minas Gerais e o restante ao Espírito Santo. Ele recebe esse nome a partir da confluência dos rios Piranga e do Carmo, entre os municípios de Ponte Nova e Rio Doce em Minas Gerais. As nascentes do rio Doce estão todas situadas no Estado de Minas Gerais, nas serras da Mantiqueira e do Espinhaço, na qual suas águas percorrem aproximadamente 850 km, até atingir o oceano Atlântico no Espírito Santo.

A população da bacia do rio Doce é superior a 3,5 milhões de habitantes, onde destaca o Vale do Aço no Estado de Minas Gerais com maior adensamento populacional. Nota-se ainda, a existência de um fluxo migratório que se direciona, sobretudo, para as maiores cidades, como Ipatinga e Governador Valadares. Em decorrência, há uma tendência de diminuição populacional nos municípios com população de até 20.000 habitantes, que representam mais de 85% dos municípios da bacia do rio Doce.

A população urbana representa mais de 70% da população total. Entretanto, os mesmos dados mostram que mais de 100 municípios possuem população rural maior que a urbana, evidenciando que a

população rural ainda é significativa, absorvidos pela exploração agropecuária. No Médio Doce, essas atividades constituem o principal gerador de renda, emprego e ocupação de mão-de-obra em municípios de menor porte, principalmente onde a população rural predomina.

Os recursos hídricos da bacia do rio Doce exercem um importante papel na economia do leste mineiro e noroeste capixaba, sendo elas bem diversificadas, destaca-se a agropecuária (reflorestamento, lavouras tradicionais, cultura de café, cana-de-açúcar, criação de gado leiteiro e de corte e na suinocultura.); a agroindústria (sucroalcooleira); a mineração (ferro, ouro, bauxita, manganês, pedras preciosas e outros); a indústria (celulose, siderurgia e laticínios); o comércio e serviços de apoio aos complexos industriais; e a geração de energia elétrica (10 usinas hidrelétricas (UHEs), sendo quatro delas localizadas no rio Doce e seis em seus afluentes).

Como consequência do desmatamento na região e o manejo inadequado do solo, tanto na agropecuária (uso abusivo de agrotóxicos nas lavouras), na monocultura do eucalipto, nos despejos advindos da mineração e de resíduos industriais e domésticos criam condições favoráveis à formação de intensos processos erosivos, onde tendem a assorear os cursos d'água e contribuem significativamente para a contaminação dos cursos d'água, resultando em graves prejuízos a toda região.

3- MATERIAIS E MÉTODOS

O procedimento metodológico desse trabalho foi dividido em quatro etapas, sendo elas: coleta de dados, análise exploratória de autocorrelação espacial dos dados (teste I de Moran), estudo da distribuição espacial com geração de mapas de agrupamentos e *outlier* e análise dos casos de internações nos municípios que dependem da captação de água do rio Doce, no período de 2014 a 2016.

Na primeira etapa, foram coletados dados referentes às internações causadas por diarreia e gastroenterite de origem infecciosa presumível no site do DATASUS (Departamento de Informática do Sistema Único de Saúde) referentes aos anos de 2014, 2015 e 2016 nos municípios da bacia do rio Doce. Vale ressaltar que certo cuidado foi necessário na coleta de dados, tendo em vista que, 82 municípios não continham informações completas para os três anos de estudo, dessa forma, todos esses casos foram considerados como zero internações. Após a coleta dos dados, os mesmos foram transferidos para a planilha Excel 2010, sendo estruturados em linhas (municípios) e colunas (anos de internações e população total dos municípios). Posterior à organização dos dados, foi utilizado a Equação 1 para calcular a taxa de internações para cada mil habitantes no intuito de igualar as unidades e anular as diferenças do tamanho populacional de cada município.

$$\frac{\text{n}^{\circ} \text{ de interações}}{\text{população total}} \times 1000 \quad \text{Equação (1)}$$

Na etapa seguinte, com a taxa de interações calculadas, os dados da planilha foram transportados para a tabela de atributos de municípios no *software* ArcMAP do pacote ArcGIS. Esse processo consistiu em utilizar a ferramenta *join* do ArcGIS que possibilita a união de planilhas a partir de uma variável comum, nesse caso foi utilizado o código do IBGE. Com os dados consolidados na tabela de atributos do ArcGIS, foi permitido realizar a análise exploratória de autocorrelação espacial dos dados pelo teste I de Moran, utilizando o método de distância euclidiana e relação espacial na distância inversa. Esse teste permite medir a autocorrelação espacial com base em locais de recursos e valores de atributos apresentando como estão correlacionados no espaço.

Na terceira etapa, ainda com o auxílio do ArcGIS, foi realizado o método (*Anselin Local Morans I*), na qual identifica os pontos críticos, manchas frias e *outliers* espaciais estatisticamente significativos. Essa ferramenta gerou uma função de saída com atributos para cada classe de característica de entrada como: I de Moran local e o tipo de cluster e *outliers*.

Por fim, a última etapa consistiu em identificar e analisar o número de interações por diarréia nos anos de 2014 a 2016 nos municípios que dependem totalmente e parcialmente da captação de água do rio Doce. A identificação e seleção dos municípios foi baseada no encarte proposto pela ANA (Agência Nacional das Águas) logo após o rompimento da barragem em Mariana/MG. A Figura 2 mostra a suspensão no abastecimento de água nos municípios com dependência total e parcial do rio Doce e as medidas que foram adotadas após a passagem dos rejeitos da barragem de Fundão em 2015.

Figura 2: Suspensões no abastecimento de água nos municípios do rio Doce e medidas adotadas

ONDA DE REJEITO	Sede Municipal	UF	População Total (IBGE, 2015)	Dependência do Rio Doce	Efeitos no abastecimento de água durante o evento
noite 08/11	Belo Oriente	MG	25.619	Parcial	Utilização de caminhões-pipa com captação no rio Santo Antônio para abastecimento do distrito de Perpétuo Socorro
	Periquito	MG	7.103	Parcial	Paralisação no distrito de Pedra Comida
	Alpercata	MG	7.478	Total	Paralisação em 08/11 e retomada em 01/12
noite 09/11	Governador Valadares	MG	278.363	Total	Paralisação na área urbana e distrito de São Vitor em 09/11. Abastecimento oficialmente normalizado em 01/12
noite 10/11	Tumiritinga	MG	6.669	Total	Utilização de poços profundos a partir de 09/11
manhã 11/11	Galliléia	MG	7.061	Total	Utilização de caminhões-pipa que trazem água de Conselheiro Pena a partir de 09/11
noite 12/11	Resplendor	MG	17.675	Total	Paralisação na área urbana em 12/11 (captação suspensa por determinação judicial). Distribuição de água do Córrego Barroso por caminhões-pipa
	Itueta	MG	6.087	Total	Captação de água bruta por caminhões-pipa no rio Manhuaçu a partir de 09/11
manhã 16/11	Aimorés	MG	25.694	Parcial	Captação suspensa no distrito de Santo Antônio do Rio Doce
	Baixo Guandu	ES	31.467	Total	Captação de água bruta alterada para o rio Guandu em 09/11
22/11	Colatina	ES	122.646	Total	Paralisação em 17/11 com retomada parcial e normalização em 01/12
	Linhares	ES	163.662	Parcial	Manutenção da paralisação da captação no distrito de Regência, iniciada devido à estiagem e aumento de salinidade. Distribuição de água por poços e caminhões-pipa

Fonte: Encarte especial sobre a bacia do rio Doce, ANA, 2017.

4- RESULTADOS E DISCUSSÕES

4.1 Autocorrelação e distribuição espacial dos dados

A Tabela 1 apresenta os resultados do teste de autocorrelação espacial (I de Moran global) para as taxas de casos de internações por diarreia nos anos de 2014, 2015 e 2016. Tendo o valor de p menor que 0,05 e o I de Moran maior que zero significa que em todos os três casos os dados apresentaram correlação espacial baixa mas significativa, assumindo um padrão de agrupamento espacial.

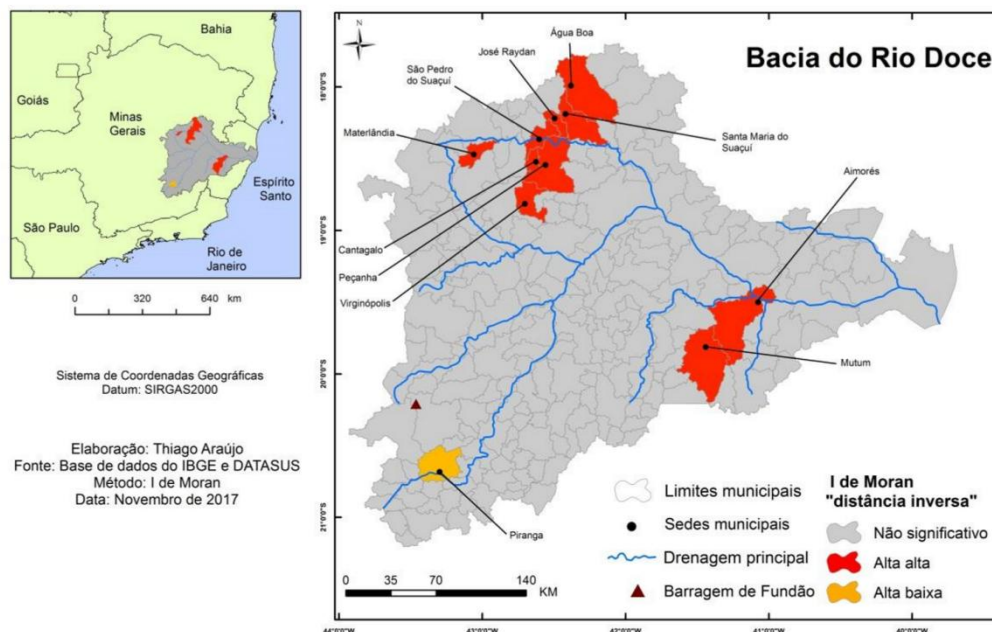
Tabela 1: Resultados do teste I de Moran global.

Nível dos dados	2014	2015	2016
Índice de Moran	0,163926	0,223178	0,220065
Índice esperado	-0,004808	-0,004808	-0,004808
Variância	0,000950	0,001007	0,000979

z-score	5,473853	7,183962	7,187855
Valor-p	0,000000	0,000000	0,000000
Distância limite de vizinhança (km)	35,328	35,328	35,328

As Figuras 3, 4 e 5 apresentam os resultados da pesquisa. Na Figura 3, percebe-se formações de *clusters* alta/alta na parte norte e sudeste da bacia, alta/baixa na região sudoeste e o restante dos municípios com correlação espacial não significativo. Vale ressaltar que os resultados que apresentam alta/alta, significa que esses municípios e também os vizinhos resultaram em altas taxas de internações por diarreia. Já o alta/baixa revela que um município apresenta uma alta incidência de internações e seus vizinhos baixas taxas do mesmo. O não significativo indica que esses municípios não apresentaram resultados estatisticamente significantes, dessa forma indicando aleatoriedade na correlação.

Figura 3: Clusters de casos de internações por diarreia na bacia do rio Doce em 2014.



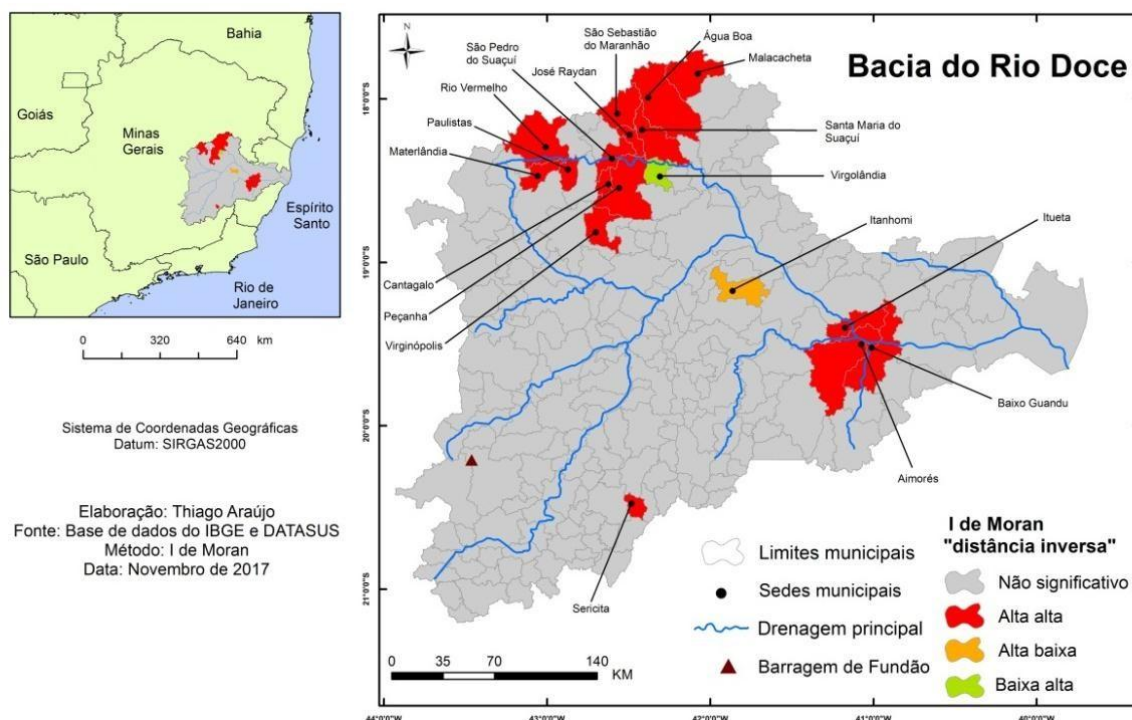
Fonte: Base de dados do DATASUS e IBGE. **Autor:** Elaboração própria.

Já no ano de 2015, há um crescimento significativo de agrupamentos de municípios com altas taxas de internações, principalmente em alguns municípios na parte norte da bacia, e também na região onde estão localizados Itueta, Almorés e Baixo Guandu. Percebe-se ainda, em Virgolândia, uma relação

baixa/alta significando que esse município tem baixas taxas de internações podendo estar cercado de outros municípios com taxas mais altas.

Um dos fatores que pode justificar as altas taxas de internações na região norte da bacia do rio Doce, atribui-se às características urbanas e rurais dessas localidades, na qual a população rural é mais predominante que a urbana em aproximadamente 65% desses municípios. Dessa forma, a captação de água em zonas rurais muitas vezes não são fiscalizadas ou recebem o tratamento adequado para o consumo domiciliar, por consequência ocasionando doenças de veiculação hídrica, como a diarreia.

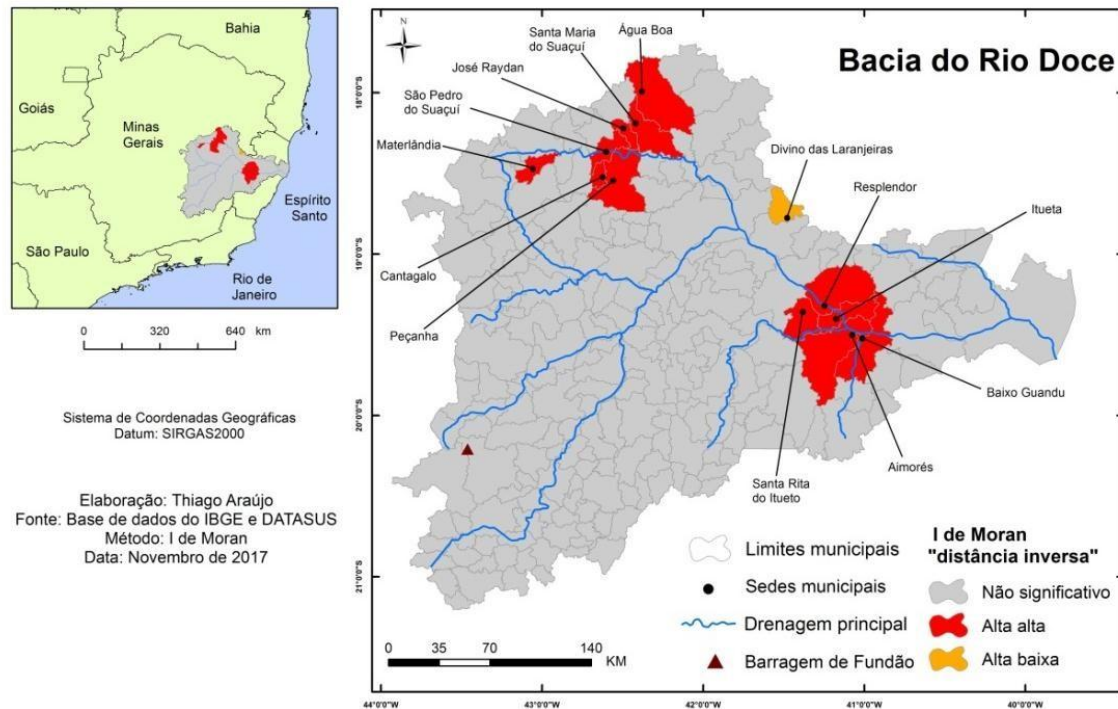
Figura 4: Clusters de casos de internações por diarreia na bacia do rio Doce em 2015.



Fonte: Base de dados do DATASUS e IBGE. **Autor:** Elaboração própria.

Em relação ao ano de 2016, um ano posterior ao rompimento da barragem em Mariana, ilustrado na Figura 5, nota-se um crescimento expressivo das taxas de internações nos municípios localizados a margem do rio Doce, na divisa dos Estados de Minas Gerais e Espírito Santo. É importante ressaltar que, desses municípios, somente Santa Rita do Itueto não realiza a captação de água do rio Doce.

Figura 5: Clusters de casos de internações por diarreia na bacia do rio Doce em 2016.



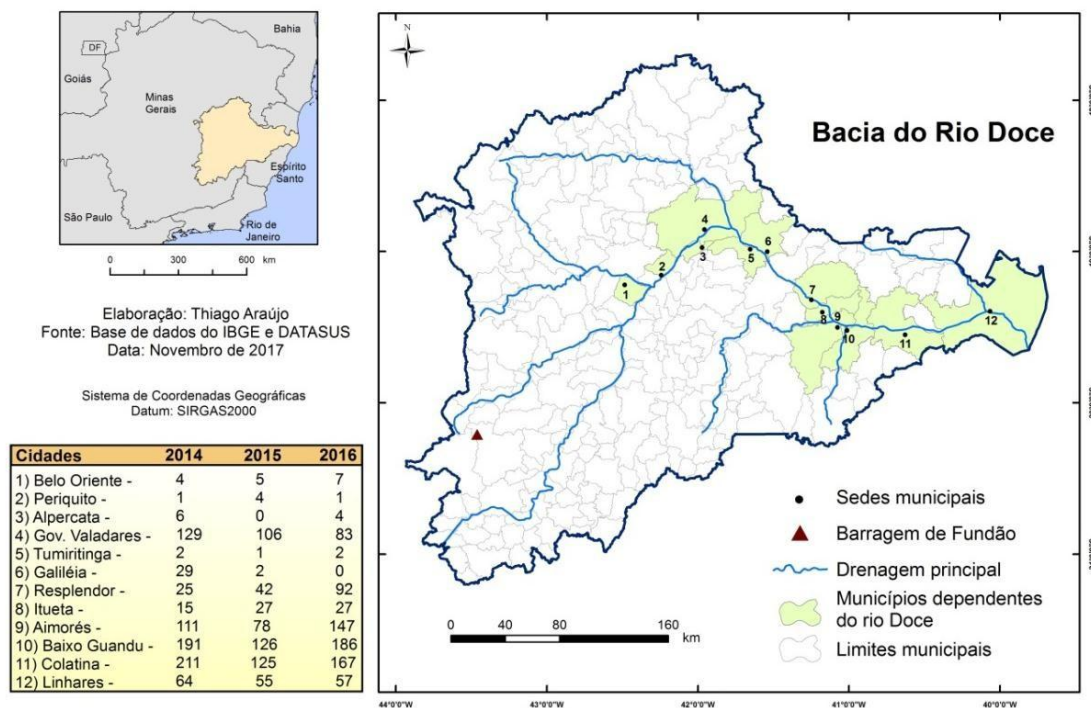
Fonte: Base de dados do DATASUS e IBGE. Autor: Elaboração própria.

Dessa forma, o rompimento ocorrido na barragem de Fundão pode ter relação com essa taxa de crescimento, tendo em vista que, a maioria desses municípios, são abastecidos parcialmente ou totalmente pelo rio Doce.

4.2 Municípios com dependência de captação de água do rio Doce

Quanto aos resultados apresentados sobre o número de internações nos municípios que tem dependência total e parcial na captação de água do rio Doce, nota-se uma significativa alteração de casos em quase todos os municípios, representado na Figura 6.

Figura 6: Internações por diarreia nos municípios dependentes do rio Doce entre 2014 a 2016.



Fonte: Base de dados do DATASUS e IBGE. **Autor:** Elaboração própria.

De 2014 para 2015, percebe-se que houve um crescimento no número de casos nos municípios de Belo Oriente, Periquito, Resplendor e Itueta, todos no Estado de Minas Gerais, e uma diminuição significativa, principalmente em Alpercata, Galiléia, Aimorés, Baixo Guandu e Colatina. Mesmo com essa diminuição, é notória a preocupação com os casos de internações, principalmente nos municípios de Aimorés e Baixo Guandu, onde as taxas de internações são bem significativas tendo em vista o tamanho populacional (aproximadamente 25 e 30 mil respectivamente).

Já em 2015, ano que ocorreu o rompimento da barragem em Mariana, para 2016, nota-se um aumento de internações próximo a 60% dos municípios. Vale lembrar que, desse percentual de aumento, todos estão incluídos no Estado do Espírito Santo, destacando Baixo Guandu e Colatina.

É importante destacar o município de Governador Valadares em Minas Gerais, que mesmo dependendo totalmente do rio Doce para captação de água e ainda ter a maior população da bacia, as taxas de internações teve uma diminuição nos três anos de estudo. Um dos motivos que pode estar relacionado a essa diminuição é a maneira como as pessoas vêm captando água para o uso doméstico, seja com perfurações de poços artesianos, caminhões pipas e, até mesmo, no consumo de águas minerais industrializadas.

5- CONSIDERAÇÕES FINAIS

Nesse estudo, com os resultados obtidos através do teste I de Moran, percebe-se que houve uma alteração na taxa de doenças por diarreia nos três anos analisados, principalmente nos municípios que tem dependência na captação de água do rio Doce. No entanto, não é possível assegurar que o rompimento da barragem tenha relação total ou direta com esse aumento, principalmente por esse estudo trabalhar apenas com taxas de casos de internações e não com dados detalhados que permite assegurar essa relação.

Tal constatação aponta a importância contínua de estudos mais robustos nessa área, tendo em vista a importância da gestão de recursos hídricos que garante o suprimento de água em quantidade e qualidade para atender a todas as necessidades da sociedade.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANA - Agência Nacional do Aguas (Brasil). **Plano integrado de recursos hídricos da bacia hidrográfica do rio Doce**: relatório executivo / Agência Nacional de Águas. -- Brasília: ANA, 129P. 2013.

ANA – Agência Nacional de Águas. **Encarte Especial sobre a Bacia do Rio Doce: Rompimento da barragem em Mariana/MG**. Brasília: 2016. Disponível em: <http://arquivos.ana.gov.br/RioDoce/EncarteRioDoce_22_03_2016v2.pdf>. acesso em: 15 nov. 2017.

BRASIL. Ministério da Saúde. **Guia de Vigilância em Saúde / Ministério da Saúde, Secretaria de Vigilância em Saúde**. Brasília: Ministério da Saúde, 2014. 812 p.

CIMINELLI, V. S. T. **Os Recursos Hídricos e a Indústria Mineral – uma plataforma para o desenvolvimento nacional sustentável**. Nota técnica à Academia Bras. Ciências. 2010.4 pp.

G1.COM. **Tragédia em MG: Além dos danos ambientais, doenças ainda são perigo**. Disponível em: <<http://g1.globo.com/globo-reporter/noticia/2017/10/tragedia-em-mg-alem-dosdanos-ambientais-doencas-ainda-sao-perigo.html>>. acesso em: 16 nov. 2017.

GONÇALVES, T. D. **Geoprocessamento como ferramenta de apoio a gestão dos recursos hídricos subterrâneos do Distrito Federal**. 2007. Dissertação (Mestrado em Geologia) Universidade de Brasília, Brasília, DF.

IBAMA – Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis. **Laudo Técnico Preliminar.** Brasília: 2015. Disponível em: <http://www.ibama.gov.br/phocadownload/noticias_ambientais/laudo_tecnico_preliminar.pdf>. acesso em: 10 out. 2017.

KRONEMBERGER, D. **Análise dos Impactos na Saúde e no Sistema Único de Saúde Decorrentes de Agravos Relacionados a um Esgotamento Sanitário Inadequado dos 100 Maiores Municípios Brasileiros no Período 2008-2011.** Brasil: Instituto Trata Brasil, 2013. 74 p.

MAGALHÃES JÚNIOR, A. P. **Indicadores ambientais e recursos hídricos: realidade e perspectivas para o Brasil a partir da experiência francesa.** Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2012.

RITA, F. S.; SANTOS, C. S.; MORAIS, M. A. **Doenças de veiculação hídrica: empoderamento para educação em saúde.** Poços de Caldas: XIII Congresso Nacional de Meio Ambiente de Poços de Caldas, 2016, 9p.

ROGER, P. P.; LLAMAS, M. R. & MARTINEZ-SANTOS, P. (Editors). **Significance of the silent revolution of intensive groundwater use in world water policy.** In: Llamas, M. R. & Martinez-Cortina, L. (eds) *Water Crisis: myth or reality.* Fundación Marcelino Botin . Taylor & Francis, 2006. p. 163-180.

SETTI, A. A. **Introdução ao Georreferenciamento de Recursos Hídricos.** Freitas M. V. A. (org) Lima, J. E. F. W.; Chaves, A. G. M.; Pereira, I. C. Brasília: Agência Nacional de Energia Elétrica; Agência Nacional de Águas, 2001. 328p.

SCHUBART, H. O. R.; **O Zoneamento Ecológico-Econômico e a Gestão dos Recursos Hídricos.** In: *Intefaces da Gestão de Recursos Hídricos.* MMA/SRH, 2000. p. 155-175.

TUNDISI, J. G. **Recursos hídricos no Brasil: problemas, desafios e estratégias para o futuro.** Rio de Janeiro: Academia Brasileira de Ciências, 2014.76 p.