

CONDIÇÕES DE SANEAMENTO E QUALIDADE DAS ÁGUAS SUBTERRÂNEAS DE MUNICÍPIOS DO OESTE DA BAHIA (BR)

Flavio Souza BATISTA¹

Antônio Bomfim da Silva RAMOS JUNIOR²

Manoel Jerônimo Moreira CRUZ³

Rodrigo Alves SANTOS⁴

RESUMO

O acesso à água potável e os serviços de saneamento básico apresentam relevância social e epidemiológica para a compreensão das relações entre ambiente e saúde pública. Este trabalho teve como objetivo investigar os aspectos do saneamento básico como variáveis explicativas da qualidade da água subterrânea e das condições sociais de saúde dos municípios de Bom Jesus da Lapa, São Félix do Coribe e Serra do Ramalho, no Oeste da Bahia, Brasil. Pautou-se em abordagem interdisciplinar da qualidade ambiental das águas, contando a análise espacial de indicadores do saneamento, de saúde e de potabilidade (nitrato). A análise da qualidade da água subterrânea integrou os dados das pesquisas de Gonçalves (2014) e Gonçalves *et al.* (2018) e do Sistema de Informações de Águas Subterrâneas – SIAGAS (CPRM). O resultado da análise espacial dos indicadores sociais de saúde e de saneamento indicaram iniquidades na oferta dos serviços de saneamento nos municípios estudados, revelando um perfil de desigualdades de acesso aos serviços públicos. As restrições locais de potabilidade da água para o nitrato foram mais expressivas em Bom Jesus da Lapa e Serra do Ramalho, devido às falhas no esgotamento sanitário, cuja poluição da água subterrânea representa um desafio aos planejadores dos recursos hídricos.

Palavras chave: Saneamento Básico. Nitrato. Injustiça Social. Ambiente-Saúde.

¹ Geógrafo. Mestre em Geologia Ambiental, Hidrogeologia e Recursos Hídricos. Geoquímica das Interfaces (UFBA). pós graduado em Gestão e auditoria ambiental. Docente de Geografia SEDUC Camaçari Bahia.

² Doutor em Geologia (UFBA), Docente do curso de Graduação em Agronomia (UEFS), grupos Geoquímica das Interfaces (UFBA) e ECOSIMPA (UFRB).

³ Geólogo. Professor Titular da Universidade Federal da Bahia (UFBA), PPG Geologia e PPG Geoquímica do Petróleo e Meio Ambiente da Universidade Federal da Bahia (UFBA). Grupo de Pesquisa Geoquímica das Interfaces (UFBA).

⁴ Geógrafo. Doutor em Geologia Ambiental, Hidrogeologia e Recursos Hídricos. Geoquímica das Interfaces (UFBA).

SANITATION CONDITIONS AND QUALITY OF GROUNDWATER IN MUNICIPALITIES IN THE WEST OF BAHIA (BR)

ABSTRACT

Access to drinking water and basic sanitation services have social and epidemiological relevance for understanding the relationship between the environment and public health. This research aimed to investigate aspects of basic sanitation as variables that explain the quality of groundwater and the social health conditions of the municipalities Bom Jesus da Lapa, São Félix do Coribe and Serra do Ramalho, in Western Bahia, Brazil. This research was followed by an interdisciplinary approach to the environmental quality of water, counting the spatial analysis of indicators of sanitation, health and potability (nitrate). The analysis of groundwater quality integrated the data from the research by Gonçalves (2014) and Gonçalves *et al.* (2018) and the Groundwater Information System - SIAGAS (CPRM). The result of the spatial analysis of social health and sanitation indicators indicated inequities in the provision of sanitation services in the municipalities studied, revealing a profile of inequalities in access to public services. The local restrictions on potability of water for nitrate were more expressive in Bom Jesus da Lapa and Serra do Ramalho, due to failures in sanitary sewage, whose groundwater pollution represents a challenge to water resource planners.

Keywords: Basic Sanitation. Nitrate. Social Injustice. Environment-Health.

1 INTRODUÇÃO

O gerenciamento da qualidade da água deve ser universal e alvo da atenção de planejadores de saúde pública e dos recursos hídricos. Ele é um direito humano fundamental, sendo basilar para a promoção da saúde e desenvolvimento social. Entretanto, Winblad e Simpson-Hébert (2004), ressaltam que uma parcela expressiva da população mundial não tem acesso à água potável, estando acometida por agravos à saúde decorrentes de falhas no serviço de esgotamento sanitário.

As águas naturais podem conter íons dissolvidos em níveis tóxicos cujo consumo promove agravos à saúde humana (BIGUELINI; GUMY, 2012). Segundo Reynolds-Vargas, Fraile-Merino e Hirata (2006) e Hirata *et al.* (2020), o nitrato se situa entre os poluentes inorgânicos mais estudados no mundo e frequente na água subterrânea. Destacam-se, dentre as fontes do nitrato que poluem os aquíferos, o uso indevido de fertilizantes nitrogenados na agricultura, o manejo do solo, a pecuária, o lançamento de esgotos *in natura* e a deposição atmosférica (BAIRD; CANN, 2011).

A ingestão de águas naturais com níveis tóxicos do nitrato pode causar agravos à saúde humana, como a metahemoglobinemia, ou síndrome do bebê azul, em crianças com até seis meses de idade, que é um desafio à saúde pública nos países emergentes (KAPOOR; VIRARAGHAVAN, 1997; SPIRO; STIGLIANI, 2009). O nitrato se reduz a nitrito no intestino de adultos, formando as espécies químicas nitrosamidas ou nitrosaminas que são carcinogênicas (SILVA; ARAÚJO, 2003).

A captação de águas do Aquífero Bambuí, no Oeste do Estado da Bahia, contribui para o abastecimento público de diversos municípios, especialmente das áreas rurais e nos assentamentos. Desta forma, estas águas subterrâneas representam um recurso estratégico para o abastecimento humano e ao desenvolvimento social de municípios no Oeste da Bahia, devendo os aspectos físico-químicos e microbiológicos da sua qualidade serem conhecidos pela sociedade e gestores públicos.

Ressalva-se que a caracterização da qualidade da água e avaliação do gerenciamento deste bem social e natural deve ser realizados em diversas escalas de análise, a julgar as escalas municipal e local. Porto e Martinez-Alier (2007) ampliam a dinâmica ecológica ao inter-relacionar ecologia política e a economia ecológica à saúde coletiva, permitindo-nos tratar o município como instância da dimensão pública governamental. Nesta perspectiva, esta pesquisa pretendeu investigar os aspectos do saneamento básico como variáveis explicativas da

qualidade da água subterrânea nos municípios Bom Jesus da Lapa, São Félix do Coribe e Serra do Ramalho, no Oeste da Bahia, Brasil.

2 ÁREA DE ESTUDO, CLIMA E HIDROGEOLOGIA

Esta pesquisa abrange as águas do Aquífero Bambuí coletadas nos municípios de Bom Jesus da Lapa, São Félix do Coribe e Serra do Ramalho, no Oeste da Bahia (Figura 1), com clima de subúmido a semiárido, temperaturas máxima e média anual de 31,7 °C e 25,6 °C, precipitações médias anuais de 1.010 mm e chuvas distribuídas de novembro a abril, e estiagem de maio a outubro (INMET, 2016). Tem-se que a aridez do clima aumenta na direção do Rio São Francisco.

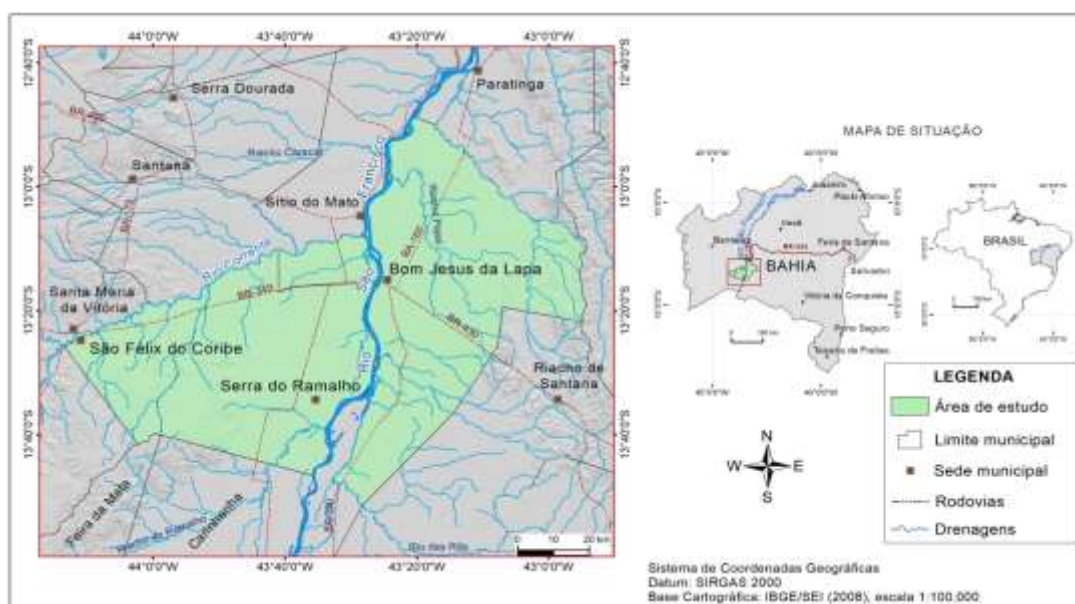


Figura 1: Mapa de localização e situação dos municípios estudados, no Oeste da Bahia, Brasil.

Fonte: Elaborado pelos autores.

A Figura 2 mostra que na geologia local afloram os calcários, dolomitos e pelitos (siltitos, folhelhos, argilitos, ardósias) neoproterozóicas do Grupo Bambuí, depositadas sobre embasamento Arqueano-Paleoproterozóico (MISI *et al.*, 2011). Os arenitos cretáceos do Grupo Urucua e as coberturas Tércio-Quaternários recobrem as rochas do Grupo Bambuí. A direção preferencial de fluxo desloca-se de leste para oeste, na direção do Rio São Francisco, que é o nível de base regional.

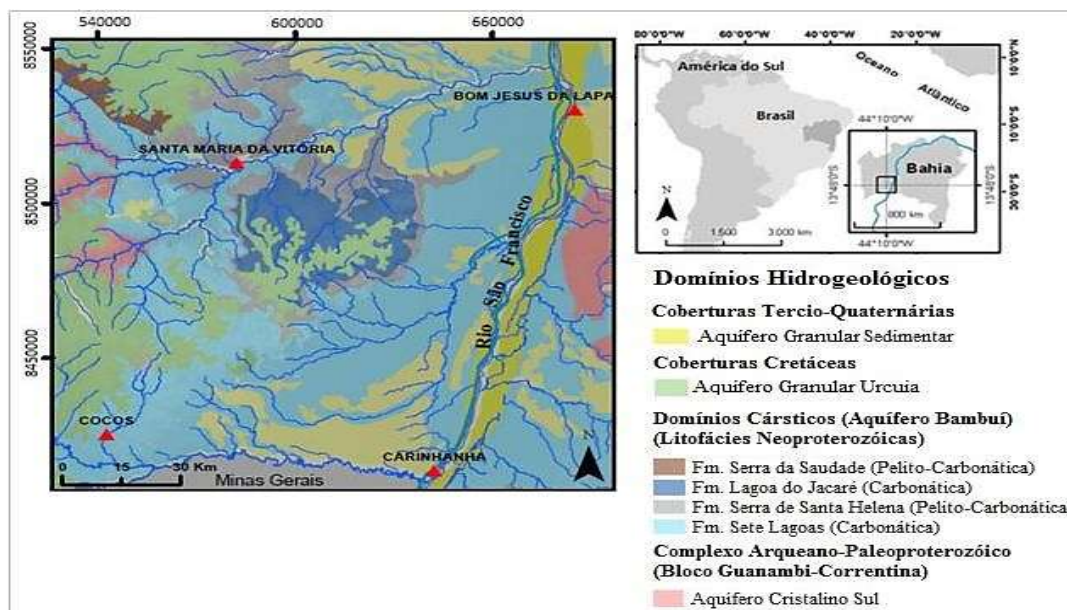


Figura 2: Mapa geológico simplificado e domínios hidrogeológicos no Oeste da Bahia.

Fonte: Modificado de Carvalho (2018).

A Tabela 1 apresenta características demográficas, socioeconômicas e higiênico-sanitárias de Salvador e de municípios do Oeste da Bahia, conforme as informações censitárias do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE (IBGE, 2010). Observa-se, no geral, haver uma relação inversa entre a cobertura do esgotamento adequado e os valores da internação por diarreia por mil habitantes, com condição mais crítica nos municípios de São Félix do Coribe e Serra do Ramalho.

Tabela 1 - Domicílios particulares permanentes dos domicílios com serviço de saneamento e indicação de internações por diarreia nos municípios do Oeste da Bahia, conforme IBGE 2010.

Município	População	Densidade Demográfica (hab.km ²)	Produto Interno Bruto	IDH-M	Total de domicílios		Esgotamento sanitário adequado (%)	Internações por diarreia por mil habitantes
					Urbano	Rural		
Brasil	190.755.799	22.40	190.755.799	-	49.228.253	8.092.30	75% ⁽¹⁾	-
Bahia	14.873.064	24.82	-	0.660	3.034.097	1.059.522	46%	-
Salvador	2.675.656	3.859.44	40.762.687	0.759	858.277	219	92.8	0.2
Bom Jesus da Lapa	63.480	15.11	382.897	0.633	11.300	5.041	37.3	0.8
São Félix do Coribe	13.043	13.74	81.919	0.639	3.001	687	1.4	2.9
Serra do Ramalho	31.638	12.20	124.793	0.595	1.717	6.543	2.5	2.4

⁽¹⁾ Média dos dados de 2014, 2015 e 2018 (IBGE, 2019).

Fonte: Elaborado pelos autores, a partir dos do Censo Demográfico de 2010 (IBGE, 2010).

A análise dos dados da Tabela 1 indica a relevância da compreensão da relação entre o saneamento básico e as condições de vida e saúde das populações residentes nas áreas urbanas ou rurais dos municípios do Oeste da Bahia. Neste contexto, Teixeira e Guilhermino (2006) e Paiva (2018) observam que as condições de saneamento, principalmente em relação ao

esgotamento sanitário, podem ser associadas as proporções de morbidade e mortalidade por diarreias no Brasil. Bellido (2010) e Rasella (2013) destacam a influência das falhas no esgotamento sanitário na qualidade dos corpos hídricos e no perfil de morbidade e de mortalidade infantil por diarreias.

Nesta pesquisa, as relações entre ambiente, saneamento e saúde podem ser investigadas na perspectiva da saúde coletiva. Esta perspectiva paradigmática da saúde permite a interação entre o movimento ambientalista e a medicina social (MINAYO *et al.*, 1999; FREITAS, 2003; PORTO, 2005). Por sua vez, a análise de indicadores sociais e de saneamento no Oeste, demonstrou, conforme o IBGE (2010), que estes ocupavam, em relação aos 417 municípios da Bahia, uma posição entre a 132º (Bom Jesus da Lapa- BJL) e 396º (São Félix do Coribe - SFC) quanto a cobertura do esgotamento sanitário adequado, entre as posições 59º (BJL) a 156º (Serra do Ramalho - SR) no tocante ao Produto Interno Bruto – PIB e as posições entre 50º (SFC) e 176º (SR) em relação ao Índice de Desenvolvimento Humano Municipal (IDH-M), que refletem determinantes sociais relevantes para que se trate a saúde como uma responsabilidade individual.

3 MATERIAIS E MÉTODOS

3.1 SANEAMENTO AMBIENTAL E SAÚDE

A pesquisa contemplou o tratamento de dados do IBGE (2010; 2019), e uma comparação entre a abrangência dos serviços de saneamento e os indicadores sociais da saúde nos municípios de Jesus da Lapa, São Félix do Coribe e Serra do Ramalho. Aponta-se a taxa de mortalidade infantil - TMI, mortalidade na infância - TMIN, o número de internações por diarreia e o número de óbitos causados por doenças infecciosas- parasitárias ou por causas externas de morbidade e mortalidade.

A aplicação destes indicadores para compreensão da relação ambiente e saúde seguiu uma abordagem ecológica, no âmbito da epidemiologia-descritiva, e da saúde coletiva, com base nos estudos de Vetter e Simões (1981) e Oliveira (2017) e Porto e Martinez (2007). A análise das desigualdades dos serviços públicos de saneamento e de atenção à saúde, nas escalas municipal e metropolitana, no espaço geográfico foram efetuadas conforme Bezerra Filho *et al.* (2007).

3.2 QUALIDADE DA ÁGUA E ANÁLISE ESTATÍSTICA

A análise geoquímica e da qualidade da água subterrânea integrou os dados disponíveis das pesquisas de Gonçalves (2014), Gonçalves *et al.* (2018) e os dados do cadastro de poços do Sistema de Informações de Águas Subterrâneas – SIAGAS, do Serviço Geológico do Brasil. Foram tratados os dados hidroquímicos (potencial hidrogeniônico - pH, sólidos totais dissolvidos – STD, nitrato e cloreto), de um total de 85 poços dispostos nos municípios de Bom Jesus da Lapa (n = 45), São Félix do Coribe (n = 12) e Serra do Ramalho (n = 31), no contexto do Aquífero Bambuí. Também abrangeu 42 poços perfurados em Bom Jesus da Lapa, no âmbito do Aquífero Cristalino.

A análise estatística contemplou abordagens descritiva, a aplicação do teste de normalidade (*Shapiro-Wilk*), com nível de confiança de 95%, e de teste de comparações múltiplas para dados paramétricos (*One-Way-ANOVA*) ou para dados não paramétricos (*Kruskal-Wallis*).

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 SANEAMENTO AMBIENTAL E CONDIÇÕES SOCIAIS DE SAÚDE

Os municípios de Bom Jesus da Lapa, São Félix do Coribe e Serra do Ramalho têm de 39% a 53% dos domicílios com renda mensal, em média, de até um salário mínimo per capita, sendo distinto do apontado para o Brasil (Tabela 2). Demonstra-se, com a desagregação dos dados por classe de renda, as desigualdades socioeconômicas em relação ao país, ou ao Estado da Bahia, ou entre os municípios estudados. Os resultados da pesquisa de Oliveira (2017) revelaram que as menores proporções de domicílios com serviços de saneamento adequado acompanharam os mais baixos rendimentos, o que configurou um perfil de desigualdade socioeconômica e socioespacial.

A Tabela 3 apresenta um sumário estatístico descritivo de indicadores de saúde taxa de mortalidade infantil – TMI e a taxa de mortalidade na infância – TMIN, de acordo com os dados da Pesquisa Nacional por Amostra de Domicílios 2019 (BRASIL, 2019). Verifica-se uma maior amplitude e variabilidade dos dados para a TMI ou para a TMIN nos municípios de São Félix do Coribe e Serra do Ramalho, de acordo com os valores do coeficiente de variação. A

distribuição dos dados dos indicadores sociais de saúde TMI, ou da TMIN, seguiram uma distribuição gaussiana (Tabela 3), de modo que o teste de comparações múltiplas (ANOVA) revelou não haver evidência estatística suficiente para supor que as médias da taxa de mortalidade infantil ($p=0,72$) ou que as médias da taxa de mortalidade na infância ($p=0,97$) diferiram de forma significativa entre os municípios do Oeste da Bahia ou de Salvador (Capital), ao menos entre os anos de 2010 a 2017.

Tabela 2 - Domicílios particulares permanentes, total e distribuição percentual, por classe de rendimento mensal domiciliar per capita dos municípios de Bom Jesus da Lapa, São Félix do Coribe e Serra do Ramalho, no Oeste da Bahia, Brasil - 2010.

Distribuição percentual, por classes de rendimento mensal domiciliar per capita (salário mínimo) (%)								
Município	Total de Domicílios (1)	Sem	Até 1/2	1/2 a 1	1 a 2	2 a 5	5 a 10	> 10
Brasil	57.320.555	4%	4%	14%	23%	33%	14%	8%
Bahia	4.093.619	6%	10%	23%	27%	23%	7%	4%
Salvador	858.496	6%	4%	17%	23%	28%	12%	10%
Bom Jesus da Lapa	16.341	9%	12%	24%	28%	20%	5%	2%
São Félix do Coribe	3.688	5%	9%	25%	33%	22%	4%	2%
Serra do Ramalho	8.260	10%	17%	26%	31%	14%	1.6%	0.4%

Fonte: Elaborado pelos autores, a partir dos dados do Censo Demográfico de 2010 (IBGE, 2010).

Tabela 3 – Sumário estatístico das variáveis taxa de mortalidade infantil e taxa de mortalidade na infância, de acordo com os dados de domicílios particulares permanentes urbanos e rurais estudados levantados pela Pesquisa Nacional por Amostra de Domicílios 2019.

a) Valores da TMI entre 2010 a 2017 (número de óbitos entre 0 e 1 ano de idade por nascidos vivos).

Estimador Amostral	Capital da Bahia	Municípios do Oeste da Bahia			
	Salvador	Bom Jesus da Lapa	São Félix do Coribe	Serra do Ramalho	
Mínimo	16,51	13,51	4,22	12,35	
Máximo	19,20	23,64	24,90	29,68	
Média	17,94	17,61	18,13	18,85	
Mediana	18,11	17,10	21,67	18,41	
Desvio Padrão	1,03	3,49	7,16	6,41	
Erro Padrão	0,36	1,23	2,53	2,26	
Coefficiente Variação (%)	5,73	19,81	39,51	33,98	
Shapiro-Wilk (p valor)	0,36 ^A	0,69 ^A	0,10 ^A	0,27 ^A	

b) Valores da TMIN entre 2010 a 2017 (número de óbitos entre 0 e 5 anos por nascidos vivos).

Estimador Amostral	Capital da Bahia	Municípios do Oeste da Bahia			
	Salvador	Bom Jesus da Lapa	São Félix do Coribe	Serra do Ramalho	
Mínimo	14,56	11,95	4,22	6,17	
Máximo	17,56	22,73	24,90	27,83	
Média	16,01	16,15	18,13	15,24	
Mediana	16,01	15,59	21,67	15,78	
Desvio Padrão	1,03	3,49	7,16	6,44	
Erro Padrão	0,36	1,24	2,53	2,28	
Coefficiente Variação (%)	6,42	21,64	39,51	42,28	
Shapiro-Wilk (p valor)	0,94 ^A	0,56 ^A	0,10 ^A	0,50 ^A	

^A Distribuição gaussiana; ^B Distribuição não gaussiana.

Fonte: Elaborado pelos autores, a partir da Pesquisa Nacional por Amostra de Domicílios 2019.

A Figura 3 demonstra, de modo geral, a tendência de redução da taxa de mortalidade infantil ou da taxa de mortalidade na infância nos municípios de Salvador e de Bom Jesus da

Lapa, entre os anos de 2010 e 2017. Outro comportamento das variáveis TMI e TMIN pode ser verificado nos municípios de Serra do Ramalho e São Félix do Coribe, que têm as menores coberturas de esgotamento adequado e os maiores valores do índice de internação por diarreia por mil habitantes, vistos na Tabela 1. A taxa de mortalidade na infância pode ser associada ao acesso e a qualidade da prestação de serviços públicos de educação, saneamento básico e saúde (OLIVEIRA, 2017).

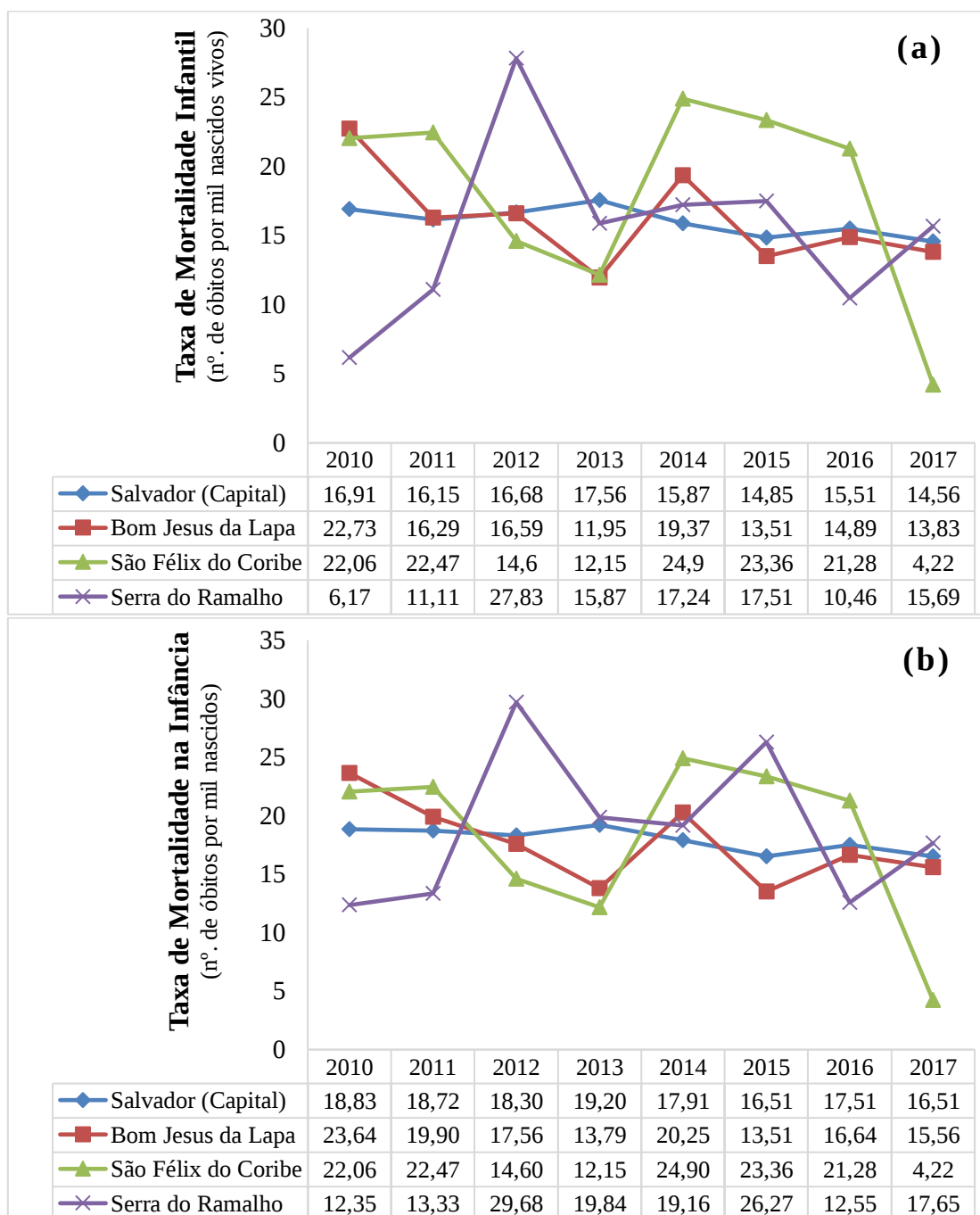


Figura 3: Variação das taxas de mortalidade infantil e de mortalidade na infância (2010 a 2017).

Fonte: Elaborado pelos autores, a partir da Pesquisa Nacional por Amostra de Domicílios 2019.

A análise das curvas dos valores da TMI e da TMIN desvelou que o município de Serra do Ramalho tem um comportamento distinto dos outros, no período entre 2010 a 2017 (Figura 3), o que pode refletir uma particularidade socioespacial e de modos de vida e identidades territoriais relacionados a uma dinâmica rural da população, que foi relacionada em sua maioria na zona rural. Indicaria, também, que a população neste município teria maior dificuldade ao acesso às políticas públicas e aos serviços de saúde, no acesso aos meios de transporte e mobilidade; bem como pode ser associada aos problemas na notificação dos dados que alimentaram o banco de dados público.

As iniquidades no acesso aos serviços de saneamento básico promovem, sobretudo, o agravamento da mortalidade na infância, uma vez que as crianças de 1 a 5 anos de idade têm maior mobilidade e autonomia, o que as tornam mais vulneráveis à exposição às áreas, água e alimentos contaminados. Oliveira (2017) admite que as desigualdades de acesso e as falhas no saneamento básico podem agravar as altas taxas de mortalidade infantil e mortalidade na infância no Nordeste.

Os valores da taxa de mortalidade infantil neste estudo foram superiores aos encontrados, no geral, nos denominados “países desenvolvidos”, ou observados nos países chamados de “países em desenvolvimento” na América do Sul, a exemplo do Chile e Uruguai (VICTORA *et al.*, 2011). Outrossim, destaca-se que se faz necessário um detalhamento nas proporções de óbitos no período pós-neonatal para melhor compreensão da influência das falhas do saneamento na TMI, porque as altas proporções de óbitos no período pós-neonatal indicam que parte destes poderiam ser evitados. Estes óbitos no período pós-neonatal estão relacionados às doenças infecciosas e à desnutrição, ao baixo desenvolvimento social e aos problemas na educação higiênico-sanitária e atenção à saúde. A taxa de mortalidade infantil contempla a mortalidade neonatal precoce (0 a 6 dias de vida), a mortalidade neonatal (7 a 28 dias de vida) e a mortalidade pós-neonatal (28 dias e 1 ano de idade).

Magalhães *et al.* (2018) verificaram uma redução na taxa de mortalidade infantil – TMI no Brasil, entre os anos de 1990 a 2016, que passou de 47,1 para 14,0 óbitos por mil nascidos vivos. Estes autores registraram, igualmente, uma queda na taxa de mortalidade na infância - TMIN, que variou entre 53,7 e 16,4 óbitos por mil nascidos vivos, no intervalo de tempo considerado. Ocorreu uma maior redução média destes indicadores sociais da saúde na Região Nordeste do Brasil, cujos valores da TMI caíram de 75,8 para 16,4 óbitos por mil nascidos vivos e a TMIN foi reduzida de 87,3 a 19,0 óbitos por mil nascidos vivos, no intervalo de tempo entre as décadas de 1990 e 2016.

Victora *et al.* (2011) e Magalhães *et al.* (2018) explicam que dentre as razões relacionadas, ao menos em parte, a melhora nos determinantes sociais da saúde no Brasil entre 1990 e 2016, houve mudanças socioeconômicas e demográficas, influenciadas pela urbanização, e a criação do Sistema Único de Saúde – SUS. Este serviço nacional de saúde, financiado por impostos, encontrou respaldo no Artigo 196 da Constituição Federal de 1988, cujas ações e serviços de saúde do SUS em todo território nacional, dentre outras questões, os princípios, as diretrizes e os objetivos do SUS, foram regulamentados pela Lei nº. 8.080/1990. No âmbito do SUS, foram implementados programas nacionais, estaduais e municipais de promoção da saúde e nutrição infantil e, em menor escala, da saúde da mulher, que contribuíram para o progresso nos determinantes sociais da saúde.

Nesta pesquisa, foi verificada dentre a diversidade de causas de óbitos, haver uma maior contribuição dos óbitos por causas externas de mortalidade e de morbidade (Tabela 4). Assim, os indicadores de saúde TMI ou TMIN podem ser explicadas, dentre outras, pelas iniquidades de acesso a políticas públicas e pelas falhas do saneamento básico. As falhas no saneamento e as iniquidades no acesso às políticas públicas destacam-se entre as causas da mortalidade na infância por doenças infectocontagiosas, porque as condições de saúde e socioambientais são influenciados pelas padrões de ocupação do espaço (BARCELLOS; SANTOS, 1997; MAGNONI, 2007).

Tabela 4 - Domicílios particulares permanentes urbanos e rurais, e distribuição de indicadores sociais de saúde, conforme os dados da Pesquisa Nacional por Amostra de Domicílios 2019.

a) Distribuição das causas de óbitos por doenças infecto-parasitárias, a partir dos dados da Pesquisa Nacional por Amostra de Domicílios 2019.

Município	Total de domicílios	Número e percentual (%) de óbitos por doenças infecciosas e parasitárias							
		2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017
Salvador (Capital)	858.496	901 (0.10)	879 (0.10)	822 (0.09)	985 (0.11)	963 (0.11)	1090 (0.13)	969 (0.11)	847 (0.10)
Bom Jesus da Lapa	16.341	8 (0.05)	8 (0.05)	13 (0.08)	13 (0.08)	11 (0.07)	15 (0.09)	11 (0.07)	22 (0.13)
São Félix do Coribe	3.688	3 (0.08)	5 (0.14)	4 (0.11)	6 (0.16)	3 (0.08)	2 (0.05)	6 (0.16)	2 (0.05)
Serra do Ramalho	8.260	3 (0.04)	9 (0.11)	8 (0.10)	5 (0.06)	7 (0.08)	5 (0.06)	6 (0.07)	6 (0.07)

b) Causas de óbitos por causas externas de morbidade e mortalidade, a partir dos dados da Pesquisa Nacional por Amostra de Domicílios 2019.

Município	Total de domicílios	Número e percentual (%) de óbitos por causas externas de morbidade e mortalidade							
		2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017
Salvador (Capital)	858.496	2928 (0.34)	2663 (0.31)	2822 (0.33)	2485 (0.29)	2442 (0.28)	2494 (0.29)	2512 (0.29)	2687 (0.31)
Bom Jesus da Lapa	16.341	32 (0.20)	52 (0.32)	41 (0.25)	39 (0.24)	46 (0.28)	51 (0.31)	77 (0.47)	77 (0.47)
São Félix do Coribe	3.688	7 (0.19)	12 (0.33)	11 (0.35)	12 (0.33)	13 (0.35)	12 (0.33)	18 (0.49)	12 (0.33)
Serra do Ramalho	8.260	16 (0.19)	18 (0.22)	14 (0.17)	21 (0.25)	23 (0.28)	21 (0.25)	30 (0.36)	33 (0.40)

Fonte: Elaborado pelos autores, a partir da Pesquisa Nacional por Amostra de Domicílios 2019.

A Tabela 5 informa sobre a distribuição dos serviços de saneamento básico por domicílios particulares permanentes urbanos e rurais nos municípios de Bom Jesus da Lapa, São Félix do Coribe e Serra do Ramalho, conforme os dados do Censo Demográfico de 2010 (IBGE, 2010). Observa-se, neste contexto, as desigualdades espaciais na oferta de serviços de saneamento básico, principalmente na destinação final dos resíduos sólidos (“lixo”) e de esgotamento sanitário adequado, que se encontram longe de serem universalizadas nos municípios do Oeste da Bahia.

Tabela 5 – Domicílios particulares permanentes urbanos e rurais e existência de serviços de saneamento básico em Bom Jesus da Lapa, São Félix do Coribe e Serra do Ramalho, Bahia, de acordo a síntese dos dados do Censo Demográfico de 2010 (IBGE, 2010).

a) Destinação do lixo nos municípios de São Félix do Coribe e Serra do Ramalho, a partir dos dados da Pesquisa Nacional por Amostra de Domicílios 2019.

Município	Total de domicílios	Destinação final do lixo					
		Coletado	Enterrado no terreno	Jogado no rio, lago ou mar	Jogado no em terreno baldio ou logradouro	Queimado	Outro
Salvador (Capital)	858.496	830.157	96	768	24.017	1.727	2.122
Bom Jesus da Lapa	16.341	10.177	131	34	1.497	4.405	100
São Félix do Coribe	3.688	2.814	18	1	166	671	13
Serra do Ramalho	8.260	1.573	61	6	456	6.160	16

b) Forma de abastecimento de água nos municípios de São Félix do Coribe e Serra do Ramalho, a partir dos dados da Pesquisa Nacional por Amostra de Domicílios 2019.

Município	Total de domicílios	Forma de abastecimento de água						
		Poço/nascente na propriedade	Poço/nascente fora da propriedade	Rede Geral	Águas de chuva em cisternas ou outra	Carro pipa	Rio, açude, lago ou igarapé	Outro
Salvador (Capital)	858.496	2.604	923	849.341	99	571	59	5.177
Bom Jesus da Lapa	16.341	245	1.190	12.784	187	71	526	392
São Félix do Coribe	3.688	72	72	3.426	44	3	42	24
Serra do Ramalho	8.260	766	766	6.821	64	3	223	191

c) Existência de banheiro e esgotamento sanitário nos municípios de São Félix do Coribe e Serra do Ramalho, a partir dos dados da Pesquisa Nacional por Amostra de Domicílios 2019.

Município	Total de domicílios	Ausência de banheiros	Existência de banheiro ou sanitário e esgotamento			
			Rede geral de esgoto ou pluviais	Fossa Séptica	Fossa rudimentar	Valas e outros
Salvador (Capital)	858.496	3.621 (0.4%)	779.870 (91%)	19.906 (2.3%)	21.483 (2.5%)	33.616 (3.8%)
Bom Jesus da Lapa	16.341	1350 (8.3%)	4.445 (27%)	1.686 (10.3%)	8.043 (49.63%)	479 (4.77%)
São Félix do Coribe	3.688	196 (5.31%)	30 (0.81%)	30 (0.81%)	3.360 (91.3%)	37 (1.0%)
Serra do Ramalho	8.260	458 (5.5%)	20 (0.24%)	178 (2.2%)	7.445 (90.03%)	168 (2.03%)

Fonte: Elaborado pelos autores, a partir dos dados do Censo Demográfico de 2010 (IBGE, 2010).

A condição de esgotamento adequado revelou-se crítica, como foi revelado pela análise do número de domicílios que não possuíam banheiro ou que usavam fossa séptica em Bom Jesus da Lapa, São Félix do Coribe e Serra do Ramalho quando comparados com Salvador (Tabela 5c). Ressalta-se que a utilização de fossas sépticas podem, em contextos específicos, e se bem construídas, representar uma alternativa local e provisória para o esgotamento sanitário,

mas a construção de fossas rudimentares representa uma falha do saneamento a ser superado (Figura 4).

A síntese dos dados dos serviços de saneamento básico foi apresentada na Figura 4, a partir das informações do censitárias do IBGE (2010). Observa-se que os uso de fossa rudimentar indica uma falha no serviço de esgotamento sanitário, cabendo destaque para as péssimas condições higiênico-sanitárias de São Félix do Coribe e Serra do Ramalho. As fossas rudimentares são socialmente injustas e tecnicamente inaceitáveis porque podem promover a descaracterização do ambiente, a perda da qualidade e restrições aos usos da água e riscos para a saúde pública. Também, a queima dos resíduos sólidos (“lixo”) no município de Serra do Ramalho representa a principal forma de destinação final, o que demanda por pesquisa de alternativa técnica à questão do “lixo”.

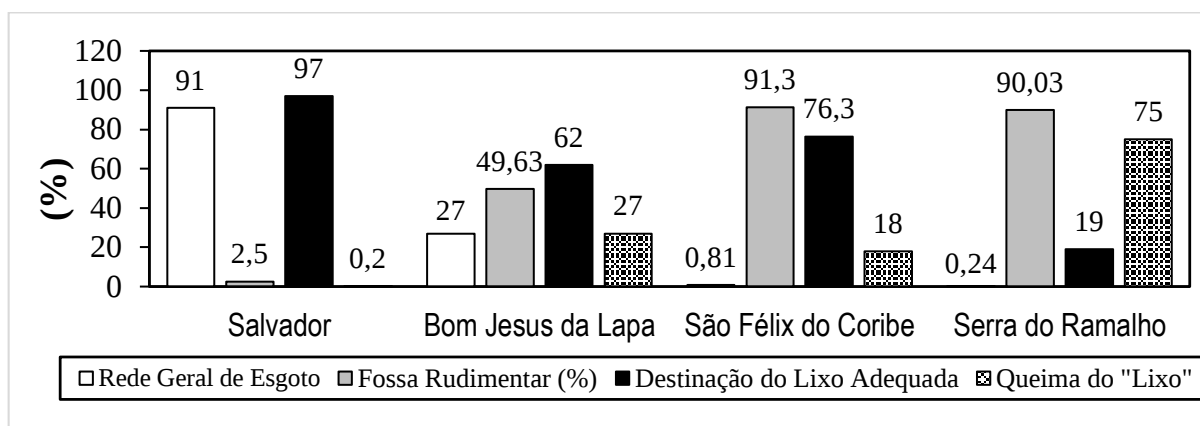


Figura 4: Síntese dos resultados da análise dos dados do saneamento básico na área de estudo.

Fonte: Elaborado pelos autores, a partir dos dados do Censo Demográfico de 2010 (IBGE, 2010).

Os problemas de saneamento básico, no acesso aos serviços públicos de educação e saúde e às condições de vida de grupos socioeconomicamente mais vulneráveis, além da influência das dinâmicas rurais ou urbana, nos municípios estudados foram consideradas variáveis explicativas para os valores das taxas de taxa de mortalidade infantil e da taxa de mortalidade na infância. Desta forma, adite-se que as múltiplas relações entre as condições sociais da saúde e as iniquidades no acesso aos serviços de saneamento devem ser melhor entendidas nos municípios investigados.

A aplicação de indicadores sociais, a julgar os indicadores sociais de saúde (TMI e TMIN), pode contribuir para desvelar iniquidades no acesso aos serviços e infraestrutura de saúde, e do saneamento, e as desigualdades econômicas e socioespaciais nos municípios do Oeste da Bahia. Santos e Endlich (2020) destacam que o uso de indicadores sociais pode

orientar as estratégias de desenvolvimento social e territorial, principalmente nos municípios demograficamente pequenos. Estes autores ressaltam a relevância da obtenção de dados direto, a partir de pesquisa de campo, cabendo uma postura de não tornar absolutos os dados dos indicadores sociais, porque outras variáveis explicativas, além das investigadas, podem influenciar o desenvolvimento social e local.

Neste contexto, deve-se realizar pesquisas de campo para a caracterização da qualidade química e microbiológica das águas subterrâneas nos municípios do Oeste da Bahia, embora seja imprescindível a relação da qualidade das águas com as condições sociais de saúde e saneamento. Outrossim, os padrões de uso e ocupação do solo na paisagem cárstica do Oeste da Bahia deve considerar a vulnerabilidade intrínseca das rochas carbonáticas que hospedam o Aquífero Bambuí, relacionadas as feições de carstificação, para o gerenciamento da qualidade das águas subterrâneas, condição que demanda ações integradas de planejadores das águas, da saúde e saneamento básico.

4.2 QUALIDADE DAS ÁGUAS E CONDIÇÕES DE SANEAMENTO

A Tabela 6 apresenta um sumário estatístico descritivo das análises hidroquímicas, cujas águas neutras a alcalinas foram as mais expressivas. Os valores do pH variaram de 6,6 a 8,95 nas amostras de água do Aquífero Bambuí e de 7,4 a 8,67 nas amostras do Aquífero Cristalino-Fissural. As amostras de água de Bom Jesus da Lapa foram as mais mineralizadas e mostraram os maiores valores do coeficiente de variação, refletindo a influência do clima semiárido na hidrogeoquímica.

Os resultados das variáveis hidroquímicas das amostras foram comparadas conforme o teste de comparações múltiplas de *Kruskal-Wallis*, aplicado para dados não gaussianos (Figura 5). Foi verificado haver diferença estatística significativa entre os valores das medianas das amostras das variáveis hidroquímicas potencial hidrogeniônico - pH ($p < 0,0001$), sólidos totais dissolvidos – STD ($p = 0,0041$), cloreto ($p = 0,0011$) e nitrato como íon de nitrogênio (N-NO_3^-) ($p = 0,0046$).

As amostras de água subterrânea do município de Bom Jesus da Lapa apresentaram os maiores valores da mediana do pH (Figura 5a) e as amostras do Aquífero Fissural (Cristalino) neste município foram as mais mineralizadas, de acordo com os valores dos STD (Figura 5b). Verifica-se que os teores do nitrato (N-NO_3^-) nas águas subterrâneas variaram de 0,01 a 20,62 mg.L^{-1} nas amostras do Aquífero Bambuí (Cárstico) e oscilaram de 0,03 a 30 mg.L^{-1} no

Aquífero Cristalino (Tabela 6). Os maiores valores das medianas do nitrato foram encontrados nas amostras de água relacionadas ao Aquífero Bambuí nos municípios de Serra do Ramalho e São Félix do Coribe.

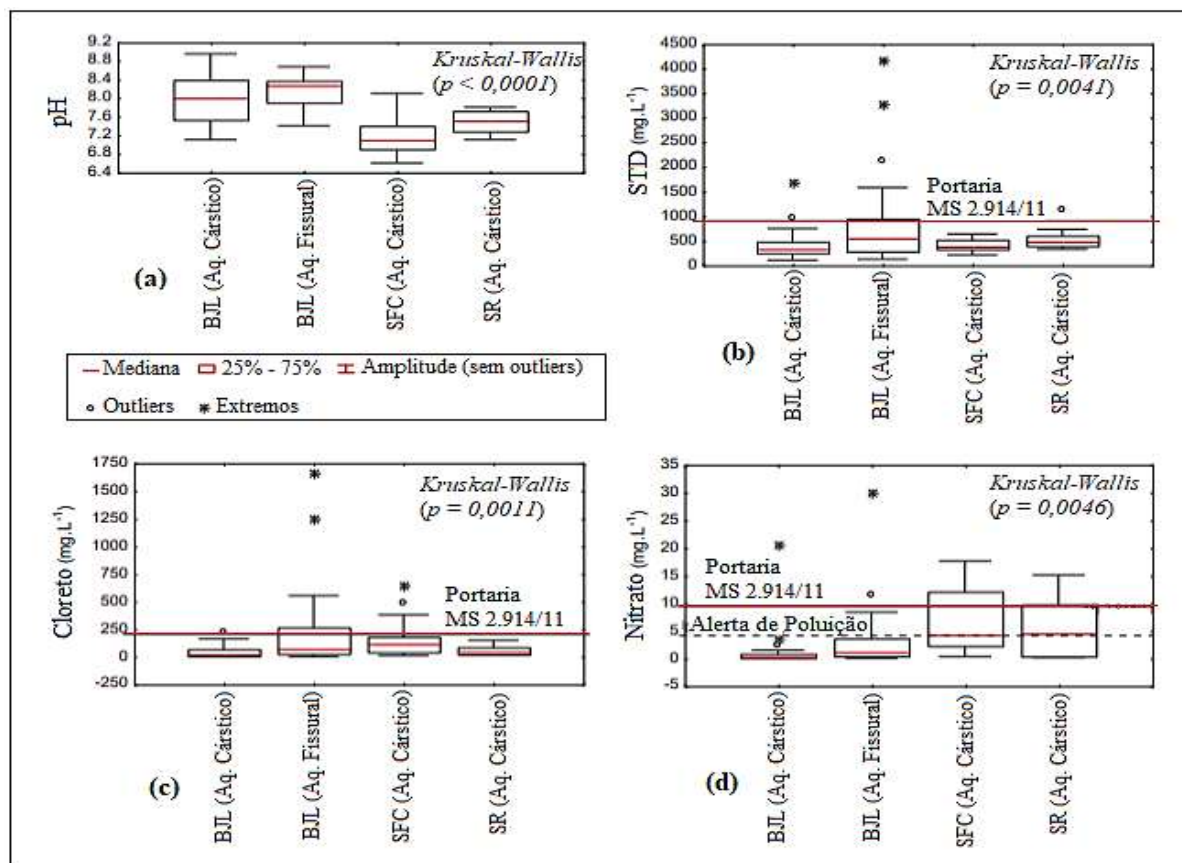


Figura 5: Diagramas de *box-plot* para análise da dispersão das variáveis hidroquímicas.
Fonte: Elaborado pelos autores, a partir dos dados de Gonçalves (2014) e SIAGAS (CPRM).

Destaca-se que os municípios de São Félix do Coribe e Serra do Ramalho apresentaram os maiores valores do nitrato (Figura 5d), que foram atribuídos, dentre outras fontes, a poluição por agrotóxicos nitrogenados e ao despejo inapropriado de efluentes líquidos domésticos *in natura* no meio ambiente. Com isso, a compreensão da poluição das águas subterrâneas e a identificação das principais fontes deve considerar a relação entre os teores de nitrato, as falhas no saneamento básico, os padrões de uso e ocupação do solo e a vulnerabilidade intrínseca do Aquífero Bambuí. Destaca-se que estes municípios foram caracterizados pela baixíssima cobertura de esgotamento sanitário adequado, pelos maiores índices de internação por diarreia para cada mil habitantes e pela marcada variação no comportamento dos dados da TMI e TMIN entre os anos de 2010 e 2017.

Tabela 6 - Sumário estatístico dos resultados das variáveis hidroquímicas nos municípios estudados.**a) Valores do potencial hidrogeniônico – pH.**

Município/Aquífero – Aq.	Limite de Potabilidade (Portaria 2.914/11)	N	Mínimo	Máximo	Média	Mediana	Desvio Padrão	Erro Padrão	CV (%)	Shapiro-Wilk (Valor de p)
Bom Jesus da Lapa (Aq. Cárstico)	6.50 – 9.00	29	7.10	8.95	7.99	8.00	0.51	0.09	6.39	0.0095 ^B
Bom Jesus da Lapa (Aq. Fissural)		16	7.40	8.67	8.14	8.27	0.37	0.09	4.56	0.2847 ^A
Serra do Ramalho (Aq. Cárstico)		31	6.60	8.10	7.23	7.10	0.43	0.08	5.93	0.0099 ^B
São Félix do Coribe (Aq. Cárstico)		12	7.10	7.80	7.48	7.51	0.26	0.07	3.44	0.3085 ^A

b) Valores dos sólidos totais dissolvidos – STD (mg.L⁻¹)

Município/Aquífero – Aq.	Limite de Potabilidade (Portaria 2.914/11)	N	Mínimo	Máximo	Média	Mediana	Desvio Padrão	Erro Padrão	CV (%)	Shapiro-Wilk (Valor de p)
Bom Jesus da Lapa (Aq. Cárstico)	1000.00	42	100.00	1674.00	381.98	334.00	267.48	41.27	70.02	0.0079 ^B
Bom Jesus da Lapa (Aq. Fissural)		42	123.00	4156.00	799.50	555.50	813.45	125.52	101.74	0.0077 ^B
Serra do Ramalho (Aq. Cárstico)		31	213.46	638.30	418.03	385.32	124.82	22.42	29.86	0.0353 ^B
São Félix do Coribe (Aq. Cárstico)		12	325.00	1121.25	539.02	485.68	219.09	63.25	40.65	0.0183 ^B

c) Valores dos íons cloreto – Cl⁻ (mg.L⁻¹).

Município/Aquífero – Aq.	Limite de Potabilidade (Portaria 2.914/11)	N	Mínimo	Máximo	Média	Mediana	Desvio Padrão	Erro Padrão	CV (%)	Shapiro-Wilk (Valor de p)
Bom Jesus da Lapa (Aq. Cárstico)	250.00	35	1.40	226	42.52	27.00	48.01	8.12	112.91	0.0084 ^B
Bom Jesus da Lapa (Aq. Fissural)		38	3.02	1659.73	202.53	72.20	338.01	54.83	166.89	0.0064 ^B
Serra do Ramalho (Aq. Cárstico)		27	10.40	656.00	156.56	114.60	152.68	29.38	97.52	0.009 ^B
São Félix do Coribe (Aq. Cárstico)		8	15.60	117.00	59.78	55.05	35.90	12.69	60.05	0.7498 ^A

d) Valores dos íons nitrato – N-NO₃⁻ (mg.L⁻¹).

Município/Aquífero – Aq.	Limite de Potabilidade (Portaria 2.914/11)	N	Mínimo	Máximo	Média	Mediana	Desvio Padrão	Erro Padrão	CV (%)	Shapiro-Wilk (Valor de p)
Bom Jesus da Lapa (Aq. Cárstico)	10.00	22	0.01	20.62	1.50	0.265	4.36	0.93	290.55	0.004 ^B
Bom Jesus da Lapa (Aq. Fissural)		34	0.029	30.00	3.19	1.14	5.53	0.95	173.48	0.0063 ^B
Serra do Ramalho (Aq. Cárstico)		31	0.35	17.60	6.52	4.30	5.45	0.98	83.58	0.0096 ^B
São Félix do Coribe (Aq. Cárstico)		12	0.2	15.10	5.40	4.51	5.16	1.49	95.50	0.1042 ^A

e) Valores da variável Fe Total (mg.L⁻¹).

Município/Aquífero – Aq.	Limite de Potabilidade (Portaria 2.914/11)	N	Mínimo	Máximo	Média	Mediana	Desvio Padrão	Erro Padrão	CV (%)	Shapiro-Wilk (Valor de p)
Bom Jesus da Lapa (Aq. Cárstico)	0.30	21	0.03	15.40	1.63	0.25	3.64	0.79	223.36	0.0055 ^B
Bom Jesus da Lapa (Aq. Fissural)		19	0.04	2.17	0.46	0.29	0.51	0.12	110.46	0.0083 ^B
Serra do Ramalho (Aq. Cárstico)		18	0.01	0.54	0.11	0.04	0.16	0.04	140.38	0.008 ^B
São Félix do Coribe (Aq. Cárstico)		10	0.01	0.33	0.09	0.06	0.10	0.03	103.00	0.0152 ^B

CV: coeficiente de variação; ^A Distribuição gaussiana; ^B Distribuição não gaussiana.

Fonte: Elaborado pelos autores, a partir dos dados de Gonçalves (2014) e SIAGAS (CPRM).

A Figura 6 permitiu a classificação das amostras conforme os teores de nitrato, seguindo a proposição da Companhia Ambiental do Estado de São Paulo - CETESB (CETESB, 2005). Os teores de nitrato associados às categorias de Intervenção contemplaram ocorreram em todas as amostras, com maior expressão no município de São Félix do Coribe (25% das amostras) e Serra do Ramalho (23% das amostras). O despejo de efluentes domésticos *in natura*, dentre as fontes de nitrato, poluem a água subterrânea, e restringe os usos desta, de modo que a ingestão de águas com altas teores de nitrato pode causar agravos para a saúde humana (KAPOOR; VIRARAGHAVAN, 1997; YANG *et al.*, 1998; SILVA; ARAÚJO, 2003; GONÇALVES *et al.*, 2018).

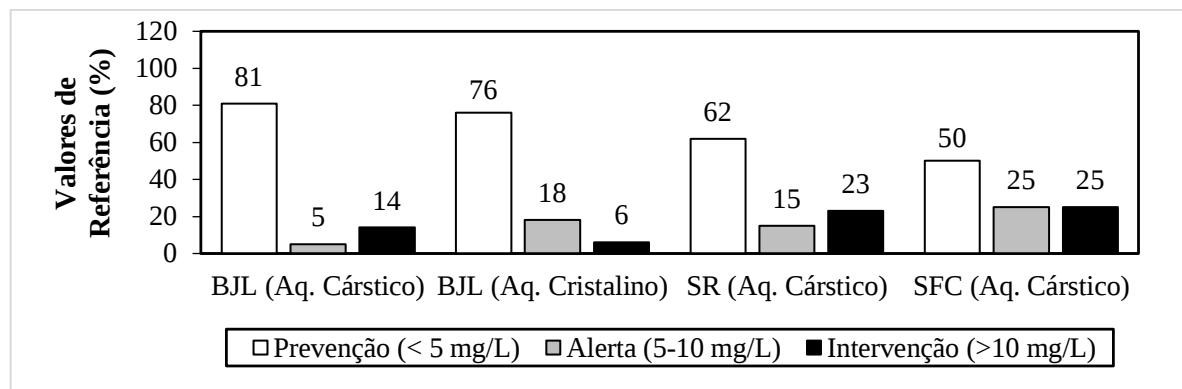


Figura 6: Valores de referência recomendados pela CETESB (2005) e Mendes e Oliveira (2004) aplicados na classificação das águas subterrâneas de acordo com os teores de nitrato.

Fonte: Elaborado pelos autores, a partir dos dados de Gonçalves (2014) e SIAGAS (CPRM).

Mendes e Oliveira (2004) ressaltaram que os teores dos íons nitrato (N-NO_3^-) a partir de 5 mg.L^{-1} já podem indicar a poluição das águas naturais por conta de despejos *in natura* de efluentes líquidos domésticos na massa da água. Desta forma, no tocante ao Aquífero Bambuí (Cárstico) os teores do nitrato obtidos revelam que a poluição atinge 50% das amostras de São Félix do Coribe, 45% em Serra do Ramalho e 19% das amostras de Bom Jesus da Lapa (Figuras 6). A consideração destas falhas no atendimento dos serviços de saneamento básico e a qualidade da água devem ser considerados para uma adequada compreensão das condições sociais de saúde no Oeste da Bahia.

Desta forma, as formas de uso e ocupação do solo, e o planejamento territorial, devem considerar a vulnerabilidade intrínseca do Aquífero Bambuí (Cárstico) a poluição pelo lançamento de efluentes líquidos domésticos *in natura* no solo, corpos hídricos e usos de fossas rudimentares nos municípios de Bom Jesus da Lapa, São Félix do Coribe e Serra do Ramalho. Ribeiro, Rocha e Garcia (2011) e Gasser, Cruz e Gonçalves (2018) ressaltam que os aquíferos cársticos têm uma alta vulnerabilidade intrínseca a poluentes, como o nitrato, por conta das feições especiais de dissolução que são características das rochas carbonáticas que hospedam as unidades aquíferas cársticas.

Ressalva-se que a presença de altos teores do nitrato principalmente na água subterrânea dos municípios de São Félix do Coribe e Serra do Ramalho demandam gestão ambiental, melhoria das condições higiênico-sanitária e na gestão da qualidade das águas, desde que acompanhados de um programa de monitoramento do nitrato e outros poluentes. Carvalho (2018) obteve um total de 54% das amostras de água do Aquífero Bambuí com restrição local de potabilidade para o nitrato, cujos valores do nitrato variaram de 0,4 a $55,9 \text{ mg.L}^{-1}$, com mediana de $10,4 \text{ mg.L}^{-1}$. De acordo com Varnier *et al.* (2010) e Santos (2017), deve-se

considerar que a presença de altos teores do nitrato na água subterrânea representa um desafio sanitário e ambiental, porque este poluente pode ser lixiviado da solução do solo, ou no perfil do aquífero, sendo persistente em condições aeróbicas.

A Figura 7 apresenta o percentual de amostras com restrições de potabilidade em relação aos limites preconizados pela Portaria 2.914/11, do Ministério da Saúde do Brasil (BRASIL, 2011). Foram identificadas restrições locais de potabilidade para as variáveis nitrato, ferro total, cloreto, cujos teores do cloreto se destacam em Serra do Ramalho (Aquífero Bambuí), os quais tanto podem ser relacionados às falhas na cobertura de esgotamento sanitária adequado quanto ao consórcio entre o clima e a posição deste municípios na zona de descarga regional das águas subterrâneas.

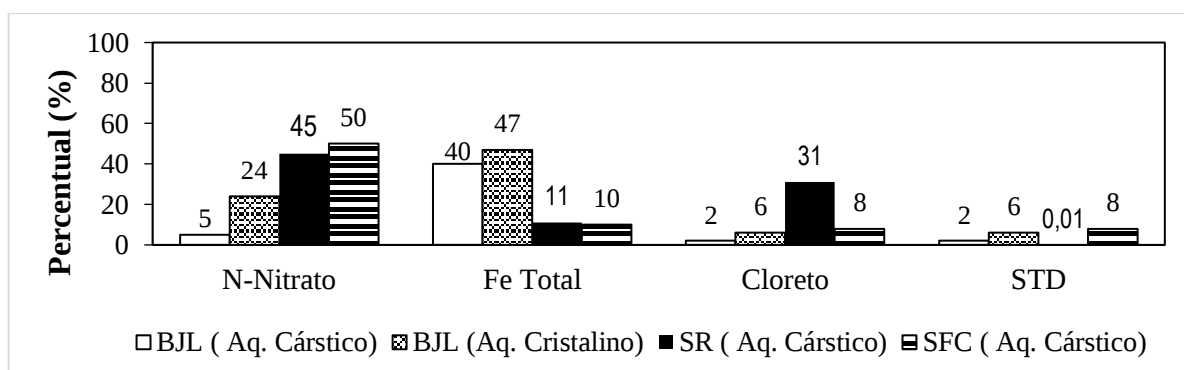


Figura 7: Valores percentuais das variáveis hidroquímicas que excederam o valor máximo permitido pela Portaria 2.914/11 nas amostras do Aquífero Bambuí e do Aquífero Cristalino.

Fonte: Elaborado pelos autores, a partir dos dados de Gonçalves (2014) e SIAGAS (CPRM).

Os teores do ferro total nas águas subterrâneas variaram entre 0,02 a 15,4 mg.L⁻¹, com valor da mediana de 0,25 mg.L⁻¹ no Aquífero Bambuí (Cárstico) e se distribuíram de 0,04 a 2,17 mg.L⁻¹, com mediana de 0,29 mg.L⁻¹ no Aquífero Cristalino (Fissural) (Tabela 6). Espera-se, que estes valores do ferro nas amostras de água subterrânea refiram-se, principalmente, ao íon ferroso (Fe²⁺) que são encontradas nas águas naturais, ordinariamente, entre os valores do pH de 4,5 a 9,0.

As restrições locais de potabilidade para o Fe Total ganham destaque nas amostras de Bom Jesus da Lapa, tanto no Aquífero Bambuí quanto no Aquífero Cristalino (Figura 7), de modo que a presença de altos teores do ferro nas águas de distribuição representa problemas ao uso destas, ainda que constitua da hemoglobina e de ferroproteínas da oxidação biológica, porque atribui sabor um desagradável, provoca manchas nas roupas e promove a obstrução e a corrosão de tubulações. A presença de fases minerais ferromagnesianos na geologia local pode

estar associada as impurezas nos calcários e dolomitos, ou relacionados aos pelitos, ou ainda as fases minerais nas rochas do cristalinas, que é disponibilizado para às águas subterrâneas, e outras componentes ambientais, pelo intemperismo químico. Caberia, igualmente, a verificação da contribuição local da oxidação de estruturas da captação de água na rede de poços tubulares, como fontes de ferro para as águas.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A análise espacial dos indicadores sociais de saúde e de saneamento demonstrou haver um desequilíbrio no acesso aos serviços públicos de saneamento básico nos municípios estudados, revelando um perfil de desigualdades. Em que as restrições locais de potabilidade para o nitrato foram mais expressivas nos municípios de São Félix do Coribe e Serra do Ramalho, associada às inadequações no esgotamento sanitário, de modo que a poluição da água subterrânea representa um desafio aos planejadores de recursos hídricos e saúde pública. Fica evidente que o investimento em saneamento básico promoveria um impacto nas condições de saúde, despesas públicas com atendimento médico hospitalar e na redução da mortalidade infantil e desenvolvimento social.

O gerenciamento das águas subterrâneas precisa assumir a perspectiva de que tais recursos hídricos são estratégicos para o abastecimento público, para o desenvolvimento social e saúde da população dos municípios do Oeste da Bahia, devendo os aspectos da sua qualidade físico-química e microbiológica serem melhor conhecidos. Nesse sentido, a gestão dos recursos hídricos deve promover a proteção do direito à vida e a mitigação dos impactos negativos das inadequações do saneamento básico, a fim de garantir a promoção da saúde, o desenvolvimento social e o direito à água potável. Caberia investimento do poder público na melhoria das condições higiênico-sanitárias e na formação de profissionais que compreendam as relações entre ambiente e saúde.

6 REFERÊNCIAS

BAIRD, C.; CANN, M. **Química ambiental**. 4. ed. Porto Alegre: Bookman, 2011. 844 p.

BARCELLOS, C.; SANTOS, S. M. Colocando dados no mapa: a escolha da unidade espacial de agregação e integração de bases de dados em saúde e ambiente através do geoprocessamento. **Informe Epidemiológico do SUS**, n.6, v.1, p.21-29, 1997.

BELLIDO J.G.; BARCELLOS, C.; BARBOSA, F.S.; BASTOS, F.I. Saneamiento ambiental y mortalidad en niños menores de 5 años por enfermedades de transmisión hídrica en Brasil. **Rev Panam Salud Pública**, v.28, n.2, p.114-20, 2010.

BEZERRA FILHO, J. G.; KERR, L. R. F. S.; MINÁ, D. D. L.; BARRETO, M. L. Distribuição espacial da taxa de mortalidade infantil e principais determinantes no Ceará, Brasil, no período 2000-2002. **Cadernos de Saúde Pública**, v. 23, p. 1173- 1185, 2007.

BIGUELINI, C. P.; GUMY, M. P.; GUMY. Saúde ambiental: índices de nitrato em águas subterrâneas de poços profundos na região Sudoeste do Paraná. **Revista Faz Ciência**, v.14, n.20, p.153, 2012.

BRASIL. Constituição da República Federativa do Brasil. Dispõe sobre recursos mínimos para o financiamento das ações e serviços públicos de saúde. Brasília, DF: Congresso Nacional, 1988. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/constituicao/constituicao.htm> Acesso em: 23.10.2020.

_____. Lei Federal. **Lei nº. 8080 de 19 de dezembro de 1990**. Dispõe sobre as condições para a promoção, proteção e recuperação da saúde, a organização e o funcionamento dos serviços correspondentes e dá outras providências. Diário Oficial da União.

_____. Ministério da Saúde. **Portaria 2.914 de 12 de dezembro de 2011**. Dispõe sobre os procedimentos de controle e de vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade. Diário Oficial da União.

_____. **Atlas do desenvolvimento humano no Brasil**. Ranking: todo o Brasil. Brasília: PNUD/IPEA/FJP, 2010.

CARVALHO, J. V. **Hidrogeoquímica e isótopos estáveis das águas subterrâneas do Aquífero Bambuí (Bahia, Brasil)**. 53 f. (Dissertação) Programa de Pós-Graduação em Geologia da Universidade Federal da Bahia – PPGG - UFBA, Salvador, Brasil, 2018. Disponível em: <<https://repositorio.ufba.br/ri/handle/ri/28608>> acesso em 14 de junho de 2020.

CETESB - Companhia Ambiental do Estado de São Paulo. **Decisão de diretoria nº 195-2005- E, de 23 de novembro de 2005**. Dispõe sobre a aprovação dos valores orientadores para solos e águas subterrâneas no estado de São Paulo 2005, em substituição aos valores orientadores de 2001, e dá outras providências. Diário Oficial do Estado de São Paulo - Poder Executivo, SP, 3 de dezembro de 2005, seção 1, v.115, n.227, p.22-23.

FREITAS, C. M. Problemas ambientais, saúde coletiva e ciências sociais. **Ciência & Saúde Coletiva**, v. 8, n.1, p. 137-150, 2003.

GASSER, R. S.; CRUZ, M. J. M.; GONÇALVES, M. V. P. Avaliação da vulnerabilidade intrínseca a contaminação do Aquífero Cárstico Salitre no município de Cafarnaum, Bahia. **Águas Subterrâneas**, v.32, n.1, p.70-78, 2018.

GONÇALVES, M. V. P. **Flúor no Aquífero Bambuí no Sudoeste da Bahia (Brasil)**. 193 f. (Tese de Doutorado) Programa de Pós-Graduação em Geologia da Universidade Federal da Bahia – PPGG - UFBA, Salvador, Brasil, 2014. Disponível em: <<https://repositorio.ufba.br/ri/handle/ri/21531>> acesso em 16 de junho de 2020.

GONÇALVES, M. V. P.; CRUZ, M. J. M.; ALENCAR, C. M. M.; SANTOS, R. A.; RAMOS JUNIOR, A. B. S. Geoquímica e qualidade da água subterrânea no município de Serra do Ramalho, Bahia (BR). **Engenharia Sanitária Ambiental**, v.23, n.1, p. 159-172, 2018.

HIRATA, R.; CAGNON, F.; BERNICE, A.; MALDANER, C. H.; GALVÃO, P.; MARQUES, C.; TERADA, R.; VARNIER, C.; RYAN, C.; BERTOLO, R. Nitrate Contamination in Brazilian Urban Aquifers: A Tenacious Problem. **Water**, v. 12, n. 2709, p.1-20, 2020.

KAPOOR, A.; VIRARAGHAVAN, T. Nitrate removal from drinking water. **Journal of Environmental Engineering**, n.123, v.4, p.371-380, 1997.

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (2010). Dados do Censo demográfico. Diário Oficial da União de 24/11/2010, Brasília.

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (2019). Cidades e Estados do Brasil. Disponível em: [https:// cidades.ibge.gov.br/brasil/ba/Salvador/BA/panorama](https://cidades.ibge.gov.br/brasil/ba/Salvador/BA/panorama). Acessado em: 22 agosto de 2019.

INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA (INMET). Balanço hídrico e dados climatológicos. Mapa Climatológico de Precipitação Pluviométrica Acumulada Anual (1931-1990), 2011 e 2012. Disponível em: < www.inmet.gov.br >. Acesso em: 10 mar. 2016.

MAGALHÃES, M. de L.; CORTEZ-ESCALANTE, J.; CANNON, L. R. C.; COIMBRA, T. S.; PADILLA, H. Desafios da mortalidade infantil e na infância. In: **Relatório 30 anos de SUS, que SUS para 2030?**, 2018. p. 75 -101.

MAGNONI, Daniel. Saneamento básico: triste cenário brasileiro. **Eco**, n.132, v.21, 2007.

MENDES, B.; OLIVEIRA, J.F.S. **Qualidade da água para o consumo humano**. Lisboa: Lidel, Edições Técnicas, 2004. 640 p.

MINAYO, M.C.S.; PORTO, M.F.S.; FREITAS, C.M.; ROZEMBERG, B.; SOARES, M.; MENDES, R. O programa institucional sobre saúde e ambiente no processo de desenvolvimento da Fundação Oswaldo Cruz. **An Acad Bras Ciênc**, v. 71, n. 2, p. 279-88, 1999.

MISI, A.; KAUFMAN, A. J.; AZMY, K.; DARDENNE, M. A.; SIAL, A. N.; DE OLIVEIRA, T. F. *et al.* eoproterozoic successions of the Sao Francisco Craton, Brazil: the Bambui, Una, Vazante and Vaza Barris/Miaba groups and their glaciogenic deposits. **Geological Society. Memoirs (London)**, v.36, n.1, p.509-522, 2011.

OLIVEIRA, S. Meio ambiente, saneamento e saúde: alguns indicadores. In: ZHOURI, A. ZHOURI, Andréa; LASCHEFSKI, Klemens (Orgs.). **Desenvolvimento e conflitos ambientais**. Belo Horizonte: Editora UFMG, 2017. p. 329-350.

PAIVA, R. F. D. P. D. S.; SOUZA, M. F. D. P. D. Associação entre condições socioeconômicas, sanitárias e de atenção básica e a morbidade hospitalar por doenças de veiculação hídrica no Brasil. **Cadernos de Saúde Pública**, n.34, v. 1, p. e00017316, 2018.

PORTO, M. F. Saúde do trabalhador e o desafio ambiental: contribuições do enfoque ecossocial, da ecologia política e do movimento pela justiça ambiental. **Ciência & Saúde Coletiva**, v. 10, p. 829-839, 2005.

PORTO, M. F.; MARTINEZ-ALIER, J. Ecologia política, economia ecológica e saúde coletiva: interfaces para a sustentabilidade do desenvolvimento e para a promoção da saúde. **Cadernos de Saúde Pública**, v. 23, p. S503-S512, 2007.

REYNOLDS-VARGAS, J.; FRAILE-MERINO, J.; HIRATA, R. Trends in nitrate concentrations and determination of their origin using stable isotopes (^{18}O and ^{15}N) in groundwater of the western Central Valley, Costa Rica. **Ambio: A Journal of the Human Environment**, v. 35, n. 5, p. 229–236, 2006.

RASELLA, D. Impacto do Programa Água para Todos (PAT) sobre a morbi-mortalidade por diarreia em crianças do Estado da Bahia, Brasil. **Cad Saúde Pública**, n.29, v.1, p.40-50, 2013.

RIBEIRO, D. M.; ROCHA, W. F.; GARCIA, A. J. V. Vulnerabilidade Natural à Contaminação dos Aquíferos da Sub. Bacia do Rio Siriri, Sergipe. **Águas Subterrâneas**, v.25, n.1, p.91-102, 2011.

SANTOS, D. C.; ENDLICH, A. M. Análise de municípios de pequeno porte econômico e populacional através dos indicadores sociais. **Geoiंगा: Revista do Programa de Pós-Graduação em Geografia (PGE/UEM)**, v.12, n.1, p.155-173, 2020.

SANTOS, R. A. **Hidrogeoquímica dos Domínios Cársticos de Irecê, Bahia-Brasil**. 82 f. (Tese de Doutorado) Programa de Pós-Graduação em Geologia da Universidade Federal da Bahia – PPGG - UFBA, Salvador, Brasil, 2017. Disponível em: <<https://repositorio.ufba.br/ri/handle/ri/25830>> acesso em 16 de outubro de 2020.

SILVA, R. D. C. A. D.; ARAÚJO, T. M. D. Qualidade da água do manancial subterrâneo em áreas urbanas de Feira de Santana (BA). **Ciência & Saúde Coletiva**, n.8, v.4, p.1019-1028, 2003.

SPIRO, T. G.; STIGLIANI, W. M. **Química ambiental**. 2. ed. São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2009. 334 p.

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 – IDB 2003. **Revista de Engenharia Sanitária e Ambiental**, n.3, v.11, p.277-282, 2006.

VARNIER, C.; IRITANI, M. A; VIOTTI, M.; ODA, G. H.; FERREIRA, L. M. R. Nitrato nas águas subterrâneas do Sistema Aquífero Bauru, área urbana do município de Marília (SP). **Revista do Instituto Geológico**, v.31, n.1-2, p.1-21, 2010.

VETTER, D. M.; SIMÕES, C. C. da S. Acesso à infra-estrutura de saneamento básico e mortalidade. **Revista Brasileira de Estatística, Rio de Janeiro**, v. 42, n. 165, p. 17-35, 1981.

VICTORA, C. G., AQUINO, E. M.; LEAL, M. C.; MONTEIRO, C. A.; BARROS, F. C.; SZWARCOWALD, C. L. Maternal and child health in Brazil: progress and challenges. **The Lancet**, v. 377, n. 9780, p. 1863-1876, 2011.

YANG, J. E., Kim, J. J., SKOGLEY, E. O., & SCHAFF, B. E. A simple spectrophotometric determination of nitrate in water, resin, and soil extracts. **Soil Science Society of America Journal**, n.62, v.4, p.1108-1115, 1998.

WINBLAD, U.; SIMPSON-HÉBERT, M. (Editores). Ecological Sanitation - revised and enlarged edition. 2 ed. Sweden: Stockholm Environment Institute – SEI, 2004. 147 p.

Data de recebimento: 25 de outubro de 2020.

Data de aceite: 07 de fevereiro de 2021.