

UNIVERSIDADE FEDERAL DE ITAJUBÁ  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO  
EM ENGENHARIA HÍDRICA

**Os índices de saneamento básico e de desenvolvimento humano para o Estado de Minas  
Gerais, um panorama frente ao novo marco do saneamento**

Alana Lopes Junho

Itajubá, junho de 2021

UNIVERSIDADE FEDERAL DE ITAJUBÁ  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO  
EM ENGENHARIA HÍDRICA

Alana Lopes Junho

**Os índices de saneamento básico e de desenvolvimento humano para o Estado de Minas Gerais, um panorama frente ao novo marco do saneamento**

Dissertação submetida ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Hídrica como parte dos requisitos para obtenção do Título de Mestre em Ciências em Engenharia Hídrica.

**Área de Concentração:** Gestão dos Recursos Hídricos.

**Orientador:** Profª. Dra. Regina Mambelli Barros  
**Co-orientador:** Prof. Dr. Ivan Felipe Silva dos Santos

Itajubá, junho de 2021

A minha família, por todo o apoio e incentivo.

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço primeiramente a Deus que me deu sabedoria em todos os momentos difíceis para conseguir essa conquista, sendo o meu alicerce e força. Sem Ele essa conquista seria impossível.

Agradeço aos meus pais que batalharam para que esse sonho se concretizasse dando apoio e incentivo todo o tempo, sendo o meu alicerce e exemplo de garra e força de vontade. Ao meu noivo Steve, por toda a paciência em momentos difíceis e por ter me apoiado e me incentivado durante todo o tempo, dando-me força para conseguir e sonhar junto comigo mais este sonho. Ao meu irmão Guilherme que sempre esteve ao meu lado com seu jeito descontraído e alegre, fazendo os momentos se tornarem leves e descontraídos. A minha querida e amada avó, Justina, e ao meu querido sogro, Antônio, que intercederam no céu por mim durante esta jornada.

Agradeço a minha orientadora Regina, por toda paciência, compreensão, orientação e dedicação, tornando este trabalho possível. Agradeço também ao meu co-orientador Ivan, por todo apoio, dedicação, conselhos e amizade, mostrando que com esforço e humildade alcançamos os nossos objetivos. Á vocês minha eterna gratidão.

Aos amigos que fiz durante esta caminhada, agradeço por tornarem este desafio mais descontraído e leve. Aos meus professores da pós-graduação agradeço por todo o aprendizado, compreensão e amizade.

O insucesso é apenas uma oportunidade para recomeçar com mais inteligência.

Henry Ford

## **RESUMO**

No dia 15 de julho de 2020 foi sancionado a atualização do Marco de Saneamento por meio da Lei Nº 14.026/2020 com a finalidade de avançar no setor de serviços de atendimento de coleta e tratamento de esgoto sanitário e abastecimento de água pelo país e atrair novos investimentos para universalizar e qualificar a prestação dos serviços no setor. O objetivo principal do presente estudo é avaliar e correlacionar os índices relativos ao saneamento básico com índices de desenvolvimento econômico e social dos municípios do estado de Minas Gerais, Brasil. Para execução do presente trabalho, realizou-se a consulta e coleta de dados de tratamento e distribuição de água potável em bases de dados do governo e correlacionou-os com os diversos indicadores humanos e de saneamento a fim de verificar o atendimento ao marco do saneamento básico no Brasil. Como resultado obteve-se que a média e desvio-padrão dos dados de índice de atendimento com ETEs avaliado (2013-2035) são de 92,02% e 0,13%. Esses valores, com relação a coleta e tratamento de esgoto sanitário vão de encontro ao novo marco legal do saneamento. Foi possível concluir que há uma tendência de aumento dos valores de porcentagem da população com água encanada versus IDHM e os valores a serem atingidos pelos investimentos em coleta e tratamento de esgoto sanitário per capita para uma população estimada para estado de Minas Gerais no ano 2035, ou seja, o quanto deveria ser investido em reais para cada habitante em 2035, buscam a universalização do acesso a coleta e tratamento de esgoto sanitário em Minas Gerais, de 90-100% da população a ser atendida.

Palavras Chave: Saneamento básico; Marco Legal; Universalização.

## **ABSTRACT**

On July 15, 2020, the New Sanitation Framework was sanctioned through Law No. 14,026 / 2020 with a significant step forward in the sanitation sector across the country and promoting advances and attracting new investments to universalize and qualify the provision of services in the sector. The main objective of the present study is to evaluate and correlate the indices related to basic sanitation with the indices of economic and social development of the municipalities of the state of Minas Gerais, Brazil. In order to carry out the present work, consultation and collection of drinking water treatment and distribution data were carried out on specialized sites and correlated them with the various human and sanitation indicators in order to verify compliance with the basic sanitation framework in Brazil. . As a result, it was obtained that the average and standard deviation of the service index data with evaluated ETEs (2013-2035) are 92.02% and 0.13%. These values, in relation to the collection and treatment of sanitary sewage are in line with Art. 11-B of Law 14026/2020 (BRASIL, 2020), of the legal framework of sanitation. It was possible to conquer that the trend of increasing the percentage values of the population with piped water versus MHDI and the values to be reached by investments in sewage collection and treatment per capita(R \$ / hab2035) seek universal access to collection and treatment sanitary sewage in Minas Gerais, 90-100% of the population to be served.

Keywords: Sanitation; Legal Framework; Universalization.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Cronogramas das leis federais e acontecimentos que marcam o saneamento no Brasil .....	12
Figura 2: Mapa nacional de municípios cujos dados de abastecimento de água estão presentes no SNIS em 2018.....	18
Figura 3: Mapa nacional de municípios cujos dados de esgotamento sanitário estão presentes no SNIS em 2018,.....	19
Figura 4: Percentual de Municípios com serviço de abastecimento de água por rede geral de distribuição, segundo as Grandes Regiões - 1989/2017 .....	20
Figura 5: Percentual de Municípios com serviço de esgotamento sanitário por rede coletora, segundo as Grandes Regiões - 1989/2017 .....	20
Figura 6: Panorama do Plano Municipal de Saneamento no estado de Minas Gerais .....	21
Figura 7: Índice de atendimento urbano de água (%).....	21
Figura 8: Percentual de coleta e tratamento de esgoto sanitário em Minas Gerais .....	22
Figura 9: Fluxograma da metodologia adotada no trabalho .....	29
Figura 10: Porcentagem da população com água encanada <i>versus</i> esperança de vida ao nascer .....	31
Figura 11: Porcentagem da população com água encanada <i>versus</i> IDHM – Dimensão longevidade.....	35
Figura 12: relação em gráfico de bolhas entre as variáveis (A) porcentagem da população com água encanada, (B) esperança de vida ao nascer e IDH-M Dimensão Longevidade para os anos de: a) 1991 (superior direita), 2000 (superior esquerda) e 2010 (inferior).....	38
Figura 13: Taxa de mortalidade infantil <i>versus</i> porcentagem de internações por doenças relacionadas ao saneamento inadequado .....	39
Figura 14: porcentagem de pessoas inscritas no Cadastro Único sem abastecimento de água adequado <i>versus</i> porcentagem de internações por doenças relacionadas ao saneamento inadequado.....	40
Figura 15: porcentagem de pessoas inscritas no Cadastro Único sem esgotamento sanitário <i>versus</i> porcentagem de internações por doenças relacionadas ao saneamento inadequado .....	41



Figura 16: correlação linear entre as variáveis investimentos em coleta e tratamento per capta(R\$/hab2035) versus aumento do índice de atendimento com ETEs avaliado (2013-2035) .....	42
Figura 17: gráfico em bolhas entre variáveis população atendida estimada em 2035 (A), investimentos em coleta e tratamento de esgoto sanitário per capta(R\$/hab2035) (B) versus índice de atendimento com ETEs avaliado (2013-2035) (C). .....	43
Figura 18: IDHM versus classes de população .....	45
Figura 19: Esperança de vida ao nascer versus classes de população .....	46
Figura 20: Porcentagem da população com água encanada versus classes de população.....	48
Figura 21: Porcentagem de internações por doenças relacionadas ao saneamento ambiental inadequado versus classes de população .....	49
Figura 22: Taxa de mortalidade infantil versus classes de população.....	51
Figura 23: Porcentagem de pessoas inscritas no Cadastro Único sem abastecimento de água adequado versus classes de população .....	52
Figura 24: Classes de população versus porcentagem de pessoas inscritas no Cadastro Único sem esgotamento sanitário adequado .....	53
Figura 25: Porcentagem da população residente na zona rural versus a população no estado de Minas Gerais para os anos de 1991, 2000 e 2010 .....	54

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Níveis de atendimento com água e esgoto sanitário dos municípios com prestadores de serviços participantes do SNIS em 2018 .....	15
Tabela 2: Síntese Regiões geográficas .....	16
Tabela 3: Distribuição dos prestadores de serviços participantes do SNIS em 2018, que responderam aos formulários completos, segundo abrangência e natureza jurídico administrativa .....	17
Tabela 4: ETEs em operação quanto à regularização ambiental .....	22
Tabela 5: Dados utilizados para o levantamento de dados da dissertação .....	28
Tabela 6: Resultados da análise estatística entre as variáveis porcentagem da população com água encanada <i>versus</i> esperança de vida ao nascer em 1991, 2000 e 2010 .....	32
Tabela 7: Resultados do teste linear r - Pearson .....	33
Tabela 8: Resultados da análise estatística entre as variáveis porcentagem da população com água encanada <i>versus</i> IDH-M Dimensão Longevidade em 1991, 2000 e 2010.....	35
Tabela 9: Resultados do teste linear r - Pearson.....	37
Tabela 10: Resultados estatísticos .....	43
Tabela 11: Resultados do teste linear r - Pearson.....	44
Tabela 12: Valores de r-Pearson para a relação população e IDHM.....	46
Tabela 13: Valores de r-Pearson para a relação população <i>versus</i> esperança de vida ao nascer .....	47
Tabela 14: Valores de r-Pearson para a relação população <i>versus</i> porcentagem da população com água encanada.....	48
Tabela 15: Valores de r-Pearson para a relação entre população <i>versus</i> porcentagem de internações por doenças relacionadas ao saneamento ambiental inadequado .....	50
Tabela 16:Valores de r-Pearson da relação entre população <i>versus</i> taxas de mortalidade.....	51
Tabela 17: Valores de r-Pearson para a relação população e % de pessoas inscritas no Cadastro Único sem abastecimento de água adequado .....	52
Tabela 18: Valores de r-Pearson para a variáveis população <i>versus</i> porcentagem de pessoas inscritas no Cadastro Único sem esgotamento sanitário adequado .....	53

## SUMÁRIO

1	Introdução.....	11
1.1	Justificativa .....	12
2	Objetivos.....	14
3	Revisão Bibliográfica .....	15
3.1	Índices de tratamento de efluentes e abastecimento de água no Brasil .....	15
3.1.1	Índices de tratamento de esgoto sanitário e abastecimento de água em Minas Gerais .....	20
3.2	Legislação e o novo marco do saneamento .....	23
3.3	Trabalhos anteriores .....	24
3.4	Índices de análise de desenvolvimento humano.....	27
3.4.1	IDHM – Dimensão Longevidade .....	27
4	Metodologia.....	28
5	Resultados e análises .....	31
5.2	Subdivisão em classes de população .....	45
6	Conclusões.....	56
	APÊNDICE .....	58
	REFERÊNCIAS .....	71

## 1 Introdução

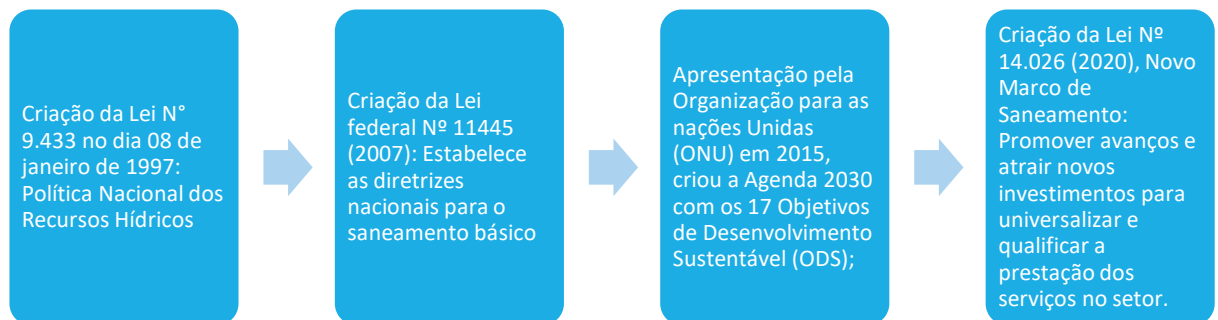
Embora seja reconhecido como um direito humano essencial, a universalização do acesso ao saneamento básico ainda encontra desafios no Brasil (CUNHA, BORJA, 2018). Apesar do saneamento básico ser um fator de grande importância para o desenvolvimento do país e também de preocupação, já que interfere diretamente em questões de saúde pública e meio ambiente, precisa que seus modelos de gestão sejam aperfeiçoados e melhorados, já que possui um enorme impacto social (ROSSONI et al, 2020).

Em nível mundial, de acordo com a World Health Organization (WHO), em 2017, 71% da população global (5,3 bilhões de pessoas) utilizou um serviço de água potável com gestão segura, isto é, um local disponível quando necessário e livre de contaminação. Ainda, 785 milhões de pessoas carecem até mesmo de um serviço básico de água potável, incluindo 144 milhões de pessoas dependentes da água de superfície. Globalmente, ao menos 2 bilhões de pessoas utilizam uma fonte de água potável contaminada com fezes. Em 2025, metade da população mundial deverá estar vivendo em áreas com escassez de água (WHO, 2019a). Segundo WHO (2019b), em 2017, 45% da população global (3,4 bilhões de pessoas) utilizavam um serviço de saneamento administrado com segurança, isto é, uma instalação sanitária melhorada que não é compartilhada com outras famílias e a partir da qual os dejetos produzidos são tratados com segurança no local ou transportados e tratados fora do local; 31% da população global (2,4 bilhões de pessoas) utilizava instalações de saneamento privadas conectadas a esgoto sanitário de onde as águas residuárias eram tratadas; 14% da população global (1,0 bilhão de pessoas) utilizava banheiros ou latrinas onde os excrementos eram descartados *in situ*; 74% da população mundial (5,5 bilhões de pessoas) utilizava ao menos um serviço de saneamento básico

Segundo o Sistema Nacional de Saneamento Básico (SNIS) (BRASIL,2019) na média dos municípios do país, o índice de atendimento total com rede de abastecimento de água é de 83,6% e o índice de atendimento total de coleta com rede de esgoto sanitário é igual a 53,2%.

Um breve cronograma das leis e acontecimentos que marcam o saneamento básico no Brasil é apresentado na Figura 01, culminando na atualização do Marco de Saneamento ocorrido no dia 15 de julho de 2020 com a sanção da Lei N° 14.026/2020

**Figura 1: Cronogramas das leis federais e acontecimentos que marcam o saneamento no Brasil**



De acordo com a Agência Nacional de Águas (ANA), dos 5565 municípios brasileiros, 2551 requerem investimentos para ampliação do sistema e outros 472 em relação ao manancial (totalizando 3069 municípios). A demanda de água em 2025 está projetada em 630,4m<sup>3</sup>/s com um investimento de R\$22.233,36 milhões (ANA, 2010a). No Brasil, 43% da população possui esgoto sanitário coletado e tratado e 12% utilizam-se de fossa séptica (solução individual). Em outras palavras, 55% possuem tratamento considerado adequado; 18% têm seu esgoto sanitário coletado e não tratado (podendo ser considerado como um atendimento precário); e 27% não possuem coleta nem tratamento (sem atendimento por serviço de coleta sanitário) (ANA, 2010b). A meta do governo federal é alcançar a universalização até 2033, garantindo que 99% da população brasileira tenha acesso à água potável e 90% ao tratamento e à coleta de esgoto sanitário.

O problema a ser abordado na dissertação é estudar e comparar os índices de saneamento relativos à água e esgoto sanitário e de desenvolvimento econômico e social (como o índice de desenvolvimento humano, IDH e renda per capita) dos municípios do estado de Minas Gerais e verificar como estes se correlacionam, evidenciando a importância do saneamento no cenário de desenvolvimento da população.

## 1.1 Justificativa

Como justificativa científica para o tema, ressalta-se que o IDH (Índice de Desenvolvimento Humano) está relacionado diretamente ao saneamento. Essa assertiva é devida ao fato de que a falta desse ou carência de saneamento básico afeta diversos setores, por exemplo, faz com que trabalhadores precisem se afastar de suas atividades devido a problemas gastrointestinais

ligados a falta de saneamento, além de aumentarem as taxas de mortalidade infantil. De acordo com WHO (2019a), quando a água é oriunda de fontes melhores e mais acessíveis, as pessoas gastam menos tempo e esforço fisicamente coletando-a, o que significa que são passíveis de ser produtivas de outras maneiras. As supracitadas melhores fontes de água também significam menores gastos com saúde, uma vez que as pessoas possuem menores probabilidade de adoecer e incorrer em despesas médicas, e são mais capazes de se manterem economicamente produtivas. Acerca da saúde das crianças, sobretudo em risco de doenças relacionadas com a água, o acesso às fontes de água de melhor qualidade pode resultar em melhor saúde. Portanto, há a melhoria na frequência escolar, e com consequências positivas de longo prazo para suas vidas. De acordo com WHO (2019b), um estudo da Organização Mundial de Saúde (OMS) em 2012 calculou que para cada US \$ 1,00 investido em saneamento, houve um retorno de US\$ 5,50 que eram gastos com a saúde, além de maiores índices de produtividade e menores de mortes prematuras.

Ressalta-se também como justificativa os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS) definidos pela Organização das Nações Unidas (ONU). São no total 17 ODS que buscam até 2030 ações para acabar com a pobreza, proteger o meio ambiente e o clima e garantir que as pessoas, em todos os lugares, possam desfrutar de paz e de prosperidade. Dentre as ODS destaca-se a 6, que é definida como *Água potável e saneamento* tendo como objetivo garantir a disponibilidade e a gestão sustentável da água potável e do saneamento para todos (NAÇÕES UNIDAS, 2021)

## 2 Objetivos

Consiste em objetivo principal do presente estudo, avaliar e correlacionar os índices relativos ao saneamento básico, no tocante à tratamento e distribuição de água potável e à coleta e tratamento de esgoto sanitário da área urbana dos municípios com índices de desenvolvimento econômico e social (como o índice de desenvolvimento humano - IDH e a renda per capita) dos municípios do estado de Minas Gerais, Brasil.

Para tanto atingir os seguintes objetivos específicos:

- Organizar os dados secundários sobre os índices de tratamento e distribuição de água potável e de coleta e tratamento de esgoto sanitário provenientes de fontes governamentais em banco de dados (planilha eletrônica), a fim de realizar um levantamento do atendimento ao serviço para a população do estado de Minas Gerais;
- Correlacionar os dados secundários de índice de desenvolvimento humano (IDH) (Dimensão Longevidade e Renda), Esperança ao nascer e renda per capita provenientes de fontes governamentais em banco de dados (planilha eletrônica), a fim de realizar um levantamento da situação da qualidade de vida da população no estado de Minas Gerais;
- Correlacionar estatisticamente os dados levantados de indicadores humanos e de com os índices de saneamento a fim de verificar o atendimento ao marco legal do saneamento básico no Brasil.

### 3 Revisão Bibliográfica

#### 3.1 Índices de tratamento de efluentes e abastecimento de água no Brasil

Embora seja reconhecido como um direito humano essencial, a universalização do acesso ao saneamento básico ainda encontra bastantes desafios no mundo e no Brasil (CUNHA; BORJA; 2018). O saneamento básico embora consista em um fator de grande importância para o desenvolvimento do país, interferindo diretamente em questões de saúde pública e meio ambiente, é um setor pouco valorizado e necessita que seus modelos de gestão sejam aprimorados, em razão de seu impacto social (ROSSONI et al, 2020).

Segundo Dantas et al. (2012), o Brasil enfrenta um grande desafio em relação ao saneamento básico principalmente em relação à coleta e tratamento de esgoto sanitário. Segundo os autores, embora os investimentos proporcionados pelo Programa de Aceleração do Crescimento (PAC) tenham a finalidade de melhorar todo o saneamento no Brasil, houve uma preocupação dos municípios em garantir o acesso à água, e conseqüentemente, o tratamento de esgoto sanitário não recebeu uma dimensão clara dos investimentos a serem realizados.

No Brasil, segundo o Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento (SNIS) (BRASIL, 2019), em seu último Diagnóstico dos Serviços de Água e Esgoto sanitário — 2018, lançado em dezembro de 2019, 83,6% da população é atendida por rede de abastecimento de água e somente 53,2% é atendida com coleta de esgoto sanitário (BRASIL, 2019). Na Tabela 1 é apresentado este panorama dos índices de atendimento com a rede de água e coleta de esgoto sanitário, e os índices de tratamento dos esgoto sanitário no Brasil e dividido por região. Conforme na Tabela 1 é apresentado, as regiões com maiores índices de atendimento com rede de água são a Sul e Sudeste; entretanto, o mesmo não observa-se para o índice de tratamento de esgoto sanitário, em que o maior índice apresentado nas regiões do país é inferior a 54%, enquanto que a média nacional não chega nem a 50%.

**Tabela 1: Níveis de atendimento com água e esgoto sanitário dos municípios com prestadores de serviços participantes do SNIS em 2018**

Macrorregião	Índice de atendimento com rede (%)	
	Água	Coleta de esgoto sanitário
Norte	57,1	10,5
Nordeste	74,2	28,0



Sudeste	91,0	79,2
Sul	90,2	45,2
Centro-Oeste	89,0	52,9
Brasil	83,6	53,2

Fonte: Adaptado de Brasil (2019)

Segundo um estudo realizado por Souza e Santos (2016) observa-se que no Brasil, nos municípios com mais de 100.000 habitantes adotam-se o tratamento de água do tipo convencional. Ainda, de acordo com os autores, nos municípios com até 20.000 habitantes, a maioria da água distribuída para a população passa apenas pela desinfecção. Segundo Souza e Santos (2016) isto se deve à limitação de recursos financeiros e operacionais enfrentada por esses municípios. A Agência Nacional de Águas (ANA,2010) apresenta a síntese das regiões geográficas com relação aos dados de abastecimento de água conforme apresentado na Tabela 2.

**Tabela 2: Síntese Regiões geográficas**

Região Geográfica/Estado	Total de Municípios Estudados	Demanda da 2015 (m³/s)	MANANCIAIS E SISTEMAS			AVALIAÇÃO OFERTA/DEMANDA 2015			SOLUÇÕES PROPOSTAS E INVESTIMENTOS		
			Sistema Isolado		Sistema Integrado	Abastecimento Satisfatório	Requer Investimento		Demanda 2025 (m³/s)	Nº de Municípios que requerem investimento	Investimento total em Abastecimento de Água (R\$ milhões)
			Manancial superficial/misto	Manancial subterrâneo			Ampliação de Sistema	Novo Manancial			
Centro-Oeste	466	39,3	280	176	8	260	168	38	44,1	206	1.709,63
Nordeste	1.794	136,2	685	573	517	466	1.064	248	151,5	1.348	9.132,47
Norte	449	45,1	180	263	5	156	265	28	53,9	294	1.953,86
Sudeste	1.668	274,6	1.023	490	149	932	647	83	298,2	738	7.416,18
Sul	1.188	75,0	487	571	116	692	407	75	82,7	483	2.021,23
Brasil	5.565	570,2	2.655	2.073	795	2.506	2.551	472	630,4	3.069	22.233,36

Fonte: ANA (2010)

Conforme apresentado na Tabela 2 a região Sudeste apresenta o maior número de municípios com avaliação de abastecimento satisfatório a mesma região apresenta um dos maiores números de municípios que requerem investimentos. A região Nordeste apresenta a maior quantidade de municípios que requerem investimento e os maiores investimentos. Além disso, a maioria dos mananciais utilizados para abastecimento de água são superficiais e a maioria do tipo sistema isolado de abastecimento.

Conforme o diagnóstico realizado em 2018 pelo SNIS, a maioria dos municípios possui uma prestadora de serviços com abrangência local (atendem a um único município), sendo que

a maioria é melhor atendida com fornecimento de água quando comparada com acesso à coleta/tratamento do esgoto sanitário. Além disso, os prestadores de serviços de abrangência regional são responsáveis pelo atendimento de 78,0% dos municípios que responderam ao SNIS em 2018 para abastecimento de água e 55,5% para esgotamento sanitário. Em termos de população urbana, esses percentuais são de 73,9% para abastecimento de água e 66,4% para esgotamento sanitário. Na Tabela 3 é apresentada essa distribuição no cenário de saneamento do Brasil.

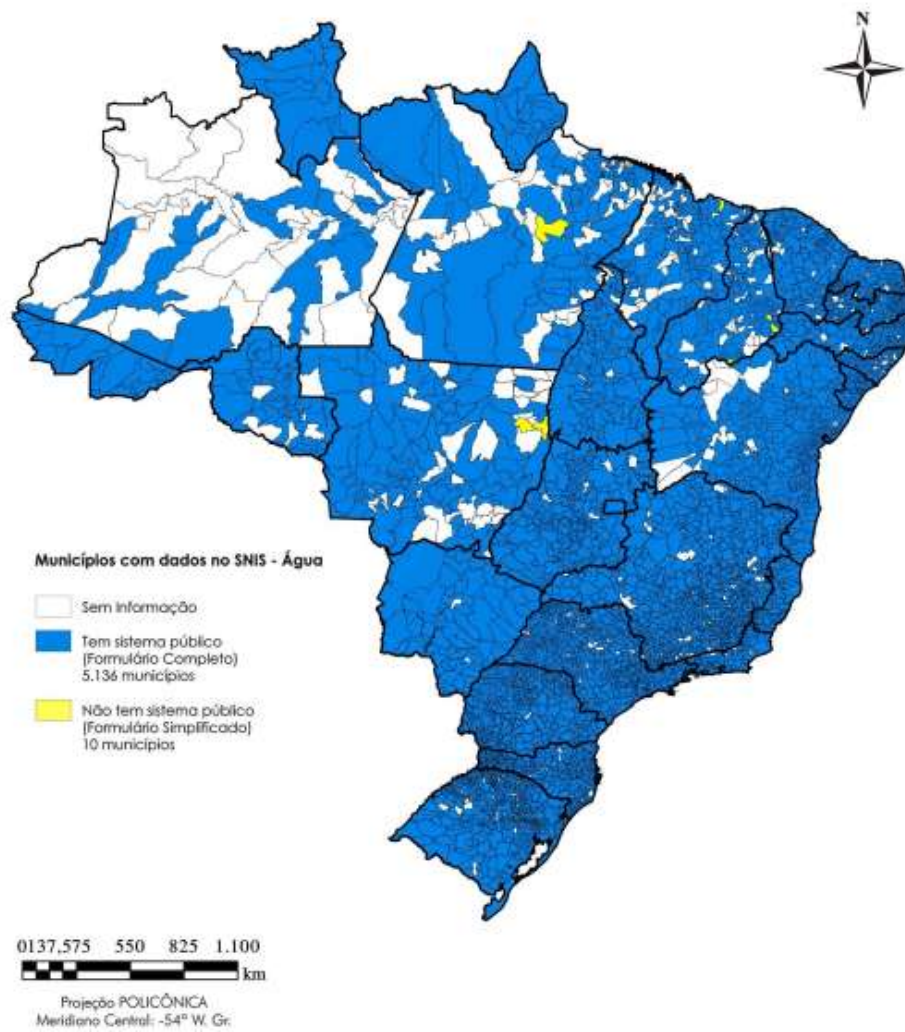
**Tabela 3: Distribuição dos prestadores de serviços participantes do SNIS em 2018, que responderam aos formulários completos, segundo abrangência e natureza jurídico administrativa**

Prestadores de serviço		Quantidade de municípios atendidos		População urbana dos municípios	
Abrangência	Quantidade	Água	Esgoto sanitário	Água	Esgoto sanitário
Regional	28	4.029	1.403	129.754.872	105.341.765
Microrregional	8	35	20	928.927	826.207
Local	1.532	1.102	1.107	44.830.494	52.547.831

Fonte: Adaptado de Brasil (2019)

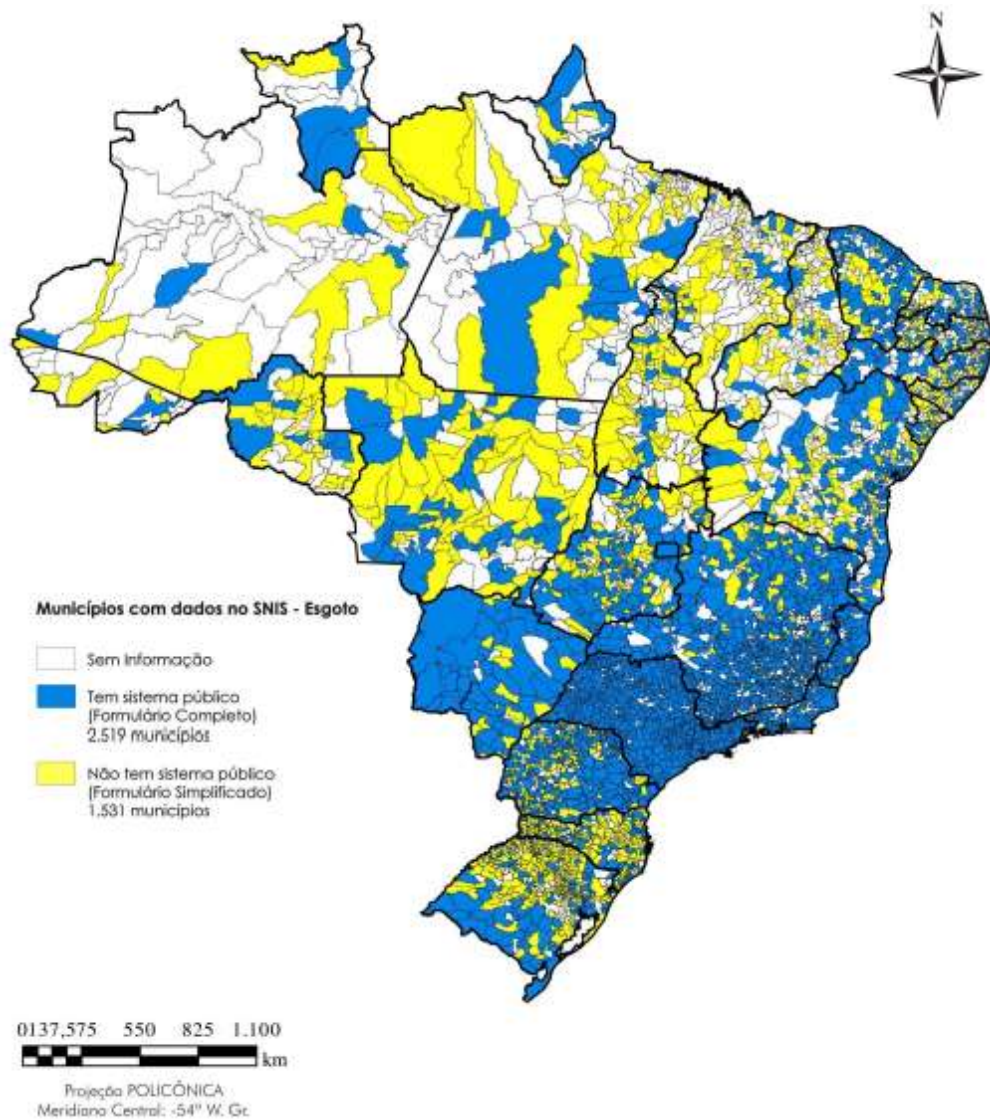
Nas Figuras 2 e 3 são ilustradas essa desigualdade entre os locais atendidos pelo fornecimento de água e esgoto sanitário. Além disso, é possível verificar que a grande maioria do Brasil possui um sistema público, principalmente no atendimento de água à população. É possível verificar que as regiões Sul e Sudeste são as que possuem os maiores índices de atendimento ao sistema de abastecimento de água e esgotamento sanitário.

**Figura 2: Mapa nacional de municípios cujos dados de abastecimento de água estão presentes no SNIS em 2018**



Fonte: Adaptado de Brasil (2019)

**Figura 3: Mapa nacional de municípios cujos dados de esgotamento sanitário estão presentes no SNIS em 2018,**

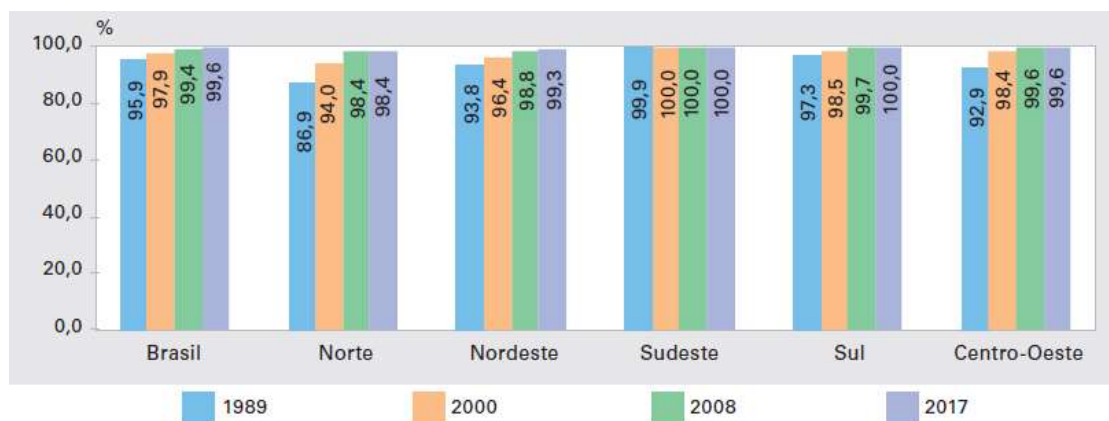


Fonte: Adaptado de Brasil (2019)

Segundo o PNSB publicado pelo IBGE em 2020 abordando os índices de abastecimento de água e esgotamento sanitário por meio do levantamento realizado nos anos de 1989/2017, houve um avanço nas taxas de abastecimento de água dos municípios brasileiros, enquanto que o atendimento relativo ao esgotamento sanitário segue abaixo do esperado. Nas Figuras 4 e 5 são demonstrados graficamente a evolução dos índices ao longo dos levantamentos por macrorregião brasileira. Em tais figuras são verificadas as altas taxas com serviço de abastecimento de água e serviço de esgotamento sanitário na região Sudeste do país, quando comparado às demais regiões. No Brasil, a proporção de municípios com serviço de esgotamento sanitário passou de 47,3%, em 1989, para 60,3%, em 2017, enquanto que o serviço de abastecimento de água passou de 95,9% em 1989 para 99,6% em 2017. Além disso, verifica-

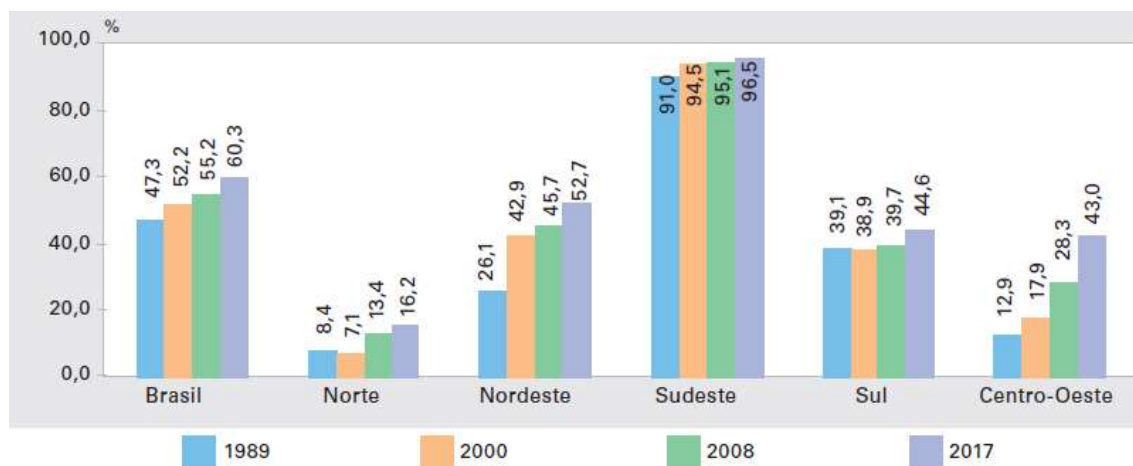
se a diferença na evolução no serviço de abastecimento de água por rede geral de distribuição entre as regiões do país, destacando as maiores taxas para as regiões Sudeste e Sul, enquanto as menores taxas para a região Norte do país.

**Figura 4: Percentual de Municípios com serviço de abastecimento de água por rede geral de distribuição, segundo as Grandes Regiões - 1989/2017**



Fonte: Adaptado de Brasil (2020)

**Figura 5: Percentual de Municípios com serviço de esgotamento sanitário por rede coletora, segundo as Grandes Regiões - 1989/2017**



Fonte: Adaptado de Brasil (2020)

### 3.1.1 Índices de tratamento de esgoto sanitário e abastecimento de água em Minas Gerais

Minas Gerais é o estado com o maior número de municípios do país, com um total de 853 e uma população de 18.886.672 habitantes, de acordo com o censo mais recente realizado pelo IBGE em 2010 (IBGE, 2020).

Uma das ferramentas para se alcançar o acesso universal do saneamento é o Plano Municipal de Saneamento Básico, devendo ser elaborado pelas prefeituras de todos os

municípios do país, em que após a aprovação do plano pode receber os recursos do Governo Federal para as obras de saneamento (MINAS GERAIS, 2020). De acordo com o Panorama do Esgotamento Sanitário realizado no estado de Minas Gerais em 2020, conforme apresentado na Figura 6, 501 municípios do estado possuem Plano Municipal de Saneamento, enquanto que 167 não possuem e 26 ainda estão em elaboração (MINAS GERAIS, 2020).

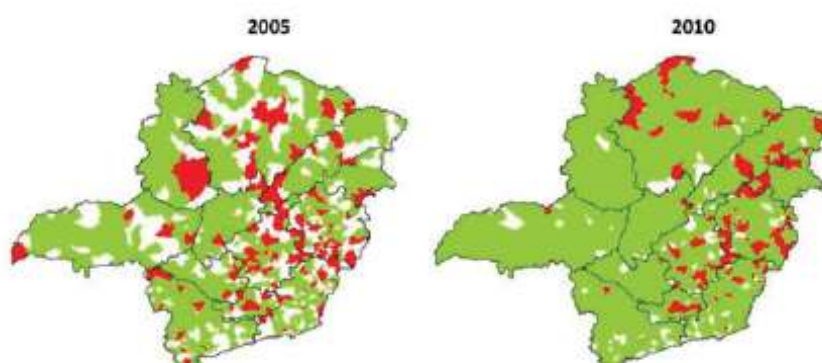
**Figura 6: Panorama do Plano Municipal de Saneamento no estado de Minas Gerais**



Fonte: Minas Gerais (2020)

Segundo Costa et al. (2013), entre os anos de 2005 e 2010 houve um aumento no abastecimento de água à população, subindo de 500 para 758 municípios que possuem tal serviço. Verifica-se na Figura 7 que a grande maioria do estado ao longo do período analisado atingiu o índice de atendimento urbano de água entre 95% e 100%, entretanto algumas regiões, mesmo com o passar dos anos permaneceram com o índice de atendimento entre 0 e 95%.

**Figura 7: Índice de atendimento urbano de água (%)**

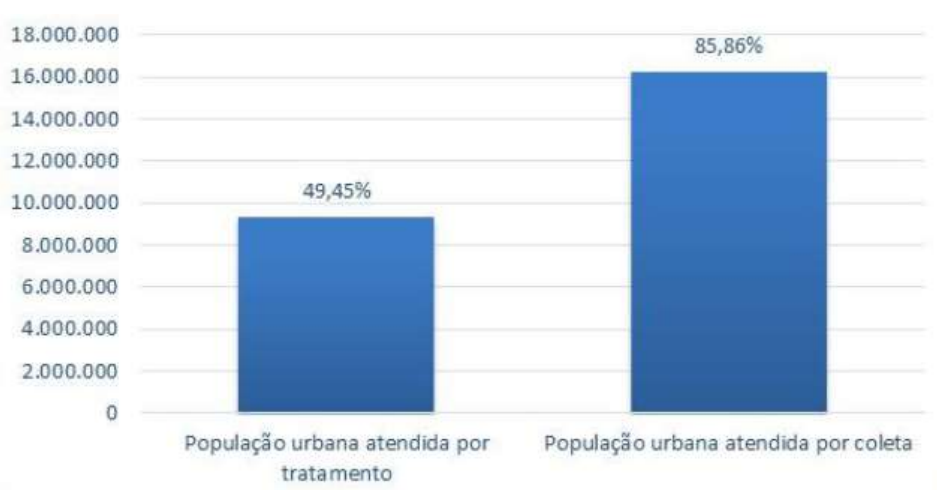


Legenda: Cor vermelha - regiões com índice de atendimento entre 0% a 95%; regiões em verde - índice de atendimento é entre 95% a 100%, e as regiões em branco não apresentaram informações

Fonte: Adaptado de Costa et al. (2013)

De acordo com Minas Gerais (2020) o estado possui uma elevada população urbana atendida por coleta de esgoto sanitário, de aproximadamente 16.216.463 habitantes, o que corresponde a 85,86% da população mineira. Entretanto, o mesmo não se verifica no cenário de tratamento de esgoto sanitário, onde apenas 49,45% (cerca de 9.339.577 habitantes) da população urbana é atendida. Na Figura 8 é exemplificado a porcentagem da população que é atendida com a coleta de esgoto sanitário e o tratamento de esgoto sanitário no estado de Minas Gerais, é possível verificar que grande parte da população é atendida apenas com a coleta do esgoto sanitário.

**Figura 8: Percentual de coleta e tratamento de esgoto sanitário em Minas Gerais**



Fonte: Minas Gerais (2020)

Além disso, de acordo com o mesmo estudo realizado pelo estado de Minas Gerais no ano de 2020 (MINAS GERAIS, 2020), o estado possui cerca de 407 Estações de Tratamento de Esgoto sanitário (ETEs) em operação, sendo que alguns municípios possuem mais de uma estação e outros não têm nenhuma. Além disso, segundo os autores, as ETEs regularizadas no estado correspondem a cerca de 72% do total de empreendimentos e estão instaladas em 226 municípios apenas, enquanto que em 96 municípios há um total de 110 empreendimentos irregulares. Na Tabela 4 é apresentado a quantidade de ETEs regularizadas, irregulares e a quantidade de municípios que a compõem.

**Tabela 4: ETEs em operação quanto à regularização ambiental**

ETE em operação	Regularização	Nº municípios	% de ETE em operação
297	Atendimento	226	72%
110	Não atendimento	96	29%

Fonte: Minas Gerais (2020)

### 3.2 Legislação e a atualização do marco do saneamento

No Brasil, a gestão do saneamento está sob o comando do governo, seja federal, estadual ou municipal. Tudo se iniciou na década de 1970, em que foram criados o Plano Nacional de Saneamento (PLANASA) e o Sistema Financeiro do Saneamento (SFS), ambos geridos pelo extinto Banco Nacional da Habitação (BNH), com recursos do Fundo de Garantia por Tempo de Serviço (FGTS). Isto tudo tinha como finalidade a concessão de serviços de saneamento às companhias de saneamento, já que elas tinham acesso aos empréstimos do BHN (NOZAKI, 2007).

Segundo Sousa e Costa (2016) com a implementação do Planasa pelo governo militar, em 1971, as empresas de saneamento passaram a ser geridas pelos respectivos executivos estaduais, segundo as diretrizes impostas pela União para o setor. Os municípios foram excluídos desse processo e assim permaneceram mesmo após a revogação do plano em 1991, permanecendo em um papel passivo até a edição da Lei do Saneamento, em 2007.

Desde da criação do Ministério das Cidades, o Brasil retomou os investimentos e reestruturou a área de saneamento do país. Entretanto, foi somente em 2007 o marco legal para definição e implementação dos serviços de saneamento básico no País, com a promulgação da Lei nº 11.445, de 05 de janeiro de 2007, denominada “Lei do Saneamento Básico”, estabelecendo as diretrizes nacionais para oferta e gestão dos serviços (BRASIL, 2007).

Além disso, homologada em 8 de janeiro de 1997, a Lei de nº 9433 (Lei das Águas) teve como objetivo assegurar a disponibilidade de água de qualidade às gerações presentes e futuras (BRASIL, 1997). Tal Lei instituiu a Política Nacional de Recursos Hídricos e cria o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos (SINGREH), tendo a gestão descentralizada e participativa dos recursos hídricos como um de seus fundamentos (WOLKMER; PIMMEL, 2013).

Em âmbito internacional a Organização para as Nações Unidas (ONU) em 2015 propôs aos seus países membros uma nova agenda de desenvolvimento sustentável para os próximos 15 anos, a Agenda 2030, composta pelos 17 Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS). Dentre esses ODS, há o ODS 6 definido como “Assegurar a disponibilidade e gestão sustentável da água e saneamento para todos” (NAÇÕES UNIDAS, 2021).

Dentro dessa ODS 6, destacam-se objetivos como:

- Até 2030, alcançar o acesso universal e equitativo à água potável e segura para todos;



- Até 2030, alcançar o acesso a saneamento e higiene adequados e equitativos para todos, e acabar com a defecação a céu aberto, com especial atenção para as necessidades das mulheres e meninas e daqueles em situação de vulnerabilidade (NAÇÕES UNIDAS, 2021).

Visando à universalização do saneamento básico no Brasil, foi sancionada no dia 15 de Julho de 2020 a atualização do Marco Legal do Saneamento Básico, cujo o principal objetivo da legislação é universalizar e qualificar a prestação dos serviços no setor (BRASIL,2020).

O objetivo da supracitada lei é viabilizar e garantir a universalização dos serviços até 31/12/2033, atendendo a 99% da população com água potável e 90% com coleta e tratamento de esgoto sanitário (BELCHIOR, 2020).

As principais mudanças no Marco Legal do Saneamento Básico (MSBB) são a extinção dos contratos de programas firmados sem licitação entre municípios e empresas estatais de saneamento; com a nova legislação, far-se-á necessária a abertura de licitação e a concorrência entre as prestadoras de serviço. Uma outra alteração é em relação ao atendimento de pequenos municípios com poucos recursos e sem cobertura de saneamento. Anteriormente as grandes cidades atendidas pela mesma estatal ajudavam a financiar a expansão dos serviços nesses municípios, a nova lei sugere a criação de blocos de municípios (que não precisam ser necessariamente vizinhos), para a contratação de serviços e implantação de planos municipais e regionais, de forma coletiva em que a União poderá oferecer apoio técnico e financeiro. Deverá ser criado o Comitê Interministerial de Saneamento Básico para melhorar a articulação institucional entre os órgãos federais que atuam no setor, sendo presidido pelo Ministério do Desenvolvimento Regional, e a ANA, passa a ser reguladora do setor, para resolver impasses (GOV, 2020).

### **3.3 Trabalhos anteriores**

Diversos autores estudaram a relação do saneamento básico com a qualidade de vida da sociedade, como por exemplo, saúde e índices de desenvolvimento humano.

Por exemplo Behera et al. (2020) utilizaram um modelo de regressão logística multinomial (MNL, conforme sigla em inglês) para identificar e analisar os fatores que podem influenciar o acesso domiciliar a (1) água potável, (2) banheiros, (3) descarte de resíduos líquidos, (4) descarte de resíduos sólidos. Os autores concluíram que o acesso das famílias a melhores serviços de abastecimento de água potável, saneamento e eliminação de resíduos nas áreas

urbanas do Nepal influenciam significativamente no nível de educação, na situação econômica e na localização das famílias.

Para investigar o efeito da dependência dos recursos naturais no acesso à água e saneamento, Tadadjeu et al. (2020) e Ndikumana e Pickbourn (2017) utilizaram um modelo empírico baseado no quadro dinâmico. Os autores utilizaram duas versões de um modelo de linha de base. A primeira versão do modelo, utilizada por Ndikumana e Pickbourn (2017) relacionou as rendas totais dos recursos naturais com a porcentagem da população (total, rural e urbana, alternativamente) com acesso às fontes de água ou instalações de saneamento melhoradas. Já a segunda versão utilizada por Tadadjeu et al. (2020), que realizou um estudo com 44 países da África no período de 1995 a 2017, busca estudar o efeito das rendas totais dos recursos naturais na lacuna urbano-rural no acesso à água e ao saneamento, respectivamente.

Tadadjeu et al. (2020) concluíram através da análise dos modelos de linha de base que há uma relação negativa entre as rendas totais dos recursos naturais e o acesso a água e saneamento, tanto para a população total como para áreas urbanas e áreas rurais. Embora teoricamente, as rendas dos recursos naturais fornecem aos governos uma fonte contínua de renda necessária para investimentos na prestação de serviços sociais como eletricidade, água, saneamento, educação e cuidados de saúde.

Ndikumana e Pickbourn (2017) investigam se a segmentação da ajuda externa ao setor de água e saneamento pode ajudar a alcançar a meta de expandir o acesso aos serviços de água e saneamento na África por meio da estimativa de dados. Os autores sugerem que o aumento da ajuda direcionada ao abastecimento de água e saneamento está associado ao aumento do acesso a esses serviços, embora a relação não seja linear.

Paiva e Souza (2018) avaliaram a associação entre condições socioeconômicas, de saneamento básico e de cobertura por equipes de saúde da família (EqSF) sobre as internações por doenças de veiculação hídrica no Brasil. O estudo foi realizado com base nos dados da Pesquisa Nacional por Amostra de Domicílios (PNAD) e do Departamento de Informática do SUS (DATASUS). Os autores estimaram que 57.574 (16,3%) das internações por doenças poderiam ter sido evitadas, caso as condições de esgotamento sanitário fossem adequadas nos municípios. Além disso, com o atendimento adequado de esgotamento sanitário, poderia ser economizado cerca de R\$ 20.372.559,90 em tratamento dessas doenças para o ano de 2013, objeto do presente estudo.

Rossoni et al. (2020) estudaram a relação dos aspectos socioeconômicos e de desenvolvimento humano municipal e a ausência de prestadores de serviços de esgotamento sanitário no Brasil. Para o presente estudo os autores realizaram um levantamento de informações provenientes da PNSB, do Censo Demográfico e do Atlas do Desenvolvimento Humano, nos anos de 2008, 2010 e 2013. Segundo os autores, os municípios que têm um serviço de esgotamento sanitário ausente estão associados aos piores indicadores municipais, e distantes no perfil socioeconômico dos municípios que possuem prestadores de serviços.

Massa e Chiavegatto Filho (2020) analisaram em seu estudo a associação entre os determinantes contextuais referentes ao saneamento básico e a autoavaliação de saúde nas capitais brasileiras. A pesquisa possuiu como base os dados da Pesquisa Nacional de Saúde (PNS) e uma amostragem probabilística de múltiplos estágios representativa da população adulta de grandes regiões, capitais e demais municípios, foi realizada em 2013, e os autores utilizaram para tal, um levantamento com 27.017 indivíduos. Massa e Chiavegatto Filho (2020) obtiveram como resultado que os maiores níveis de cobertura nos serviços de rede de esgoto sanitário, abastecimento de água e coleta de lixo foram significativamente associados à menor probabilidade de auto avaliação realizada pela população em relação a sua condição de saúde como ruim. Além disso, concluíram que a ausência ou a baixa cobertura de tais serviços são fatores determinantes para uma auto avaliação de saúde da população como ruim.

Siqueira et al. (2017) relacionaram as internações por doenças ao saneamento ambiental inadequado da região metropolitana de Porto Alegre, Rio Grande do Sul. Para o presente trabalho foi realizado um estudo descritivo com dados do Sistema de Informações Hospitalares do SUS (SIH/SUS). Os autores contabilizaram um total de 13.929 internações no SUS por doenças relacionadas ao saneamento ambiental inadequado, entre residentes na região metropolitana de Porto Alegre, no período de 2010 a 2014, sendo a maior parte em crianças de 1 a 4 anos. Os autores identificaram que as doenças relacionadas ao saneamento ambiental inadequado se concentraram em crianças e idosos e tiveram como diagnóstico principal mais frequente as doenças de transmissão feco-oral, que poderiam ser potencialmente evitáveis, ou seja, não deveriam onerar o SUS caso os municípios tivessem um serviço de saneamento adequado.

### **3.4 Índices de análise de desenvolvimento humano**

#### **3.4.1 IDHM – Dimensão Longevidade**

Segundo a Política Nacional de Desenvolvimento Urbano (PNDU) (2021) o Índice de Desenvolvimento Humano Municipal (IDHM) é uma medida composta de indicadores de três dimensões do desenvolvimento humano: longevidade, educação e renda. Este índice varia de 0 a 1, em que quanto maior o índice e mais próximo a 1, melhor e maior é o desenvolvimento humano.

O IDHM é calculado por meio de uma média geométrica dos três componentes: longevidade, educação e renda. Índices que representam a oportunidade de viver uma vida longa e saudável, de ter acesso ao conhecimento e ter um padrão de vida que garanta as necessidades básicas, representadas pela saúde, educação e renda (PNDU, 2021).

O componente Longevidade é medida pela expectativa de vida ao nascer, calculada por método indireto a partir dos dados dos Censos Demográficos do IBGE. Esse indicador mostra o número médio de anos que as pessoas viveriam a partir do nascimento, mantidos os mesmos padrões de mortalidade observados no ano de referência (PNDU, 2021).

## 4 Metodologia

Para execução do presente trabalho, foi necessário realizar a consulta e coleta de dados de tratamento e distribuição de água potável, esgoto sanitário e dados de qualidade de vida, conforme apresentado na Tabela 5:

**Tabela 5: Dados utilizados para o levantamento de dados da dissertação**

INDICE	FONTE	DADOS LEVANTADOS
Esgoto sanitário	ANA - O Atlas Esgoto sanitário	População Urbana (2013); População Urbana (2035); Índice de Atendimento com Coleta e com Tratamento (2013); Índice de Atendimento com ETEs Avaliado (2035); Investimentos em Coleta (R\$); Investimentos em Tratamento (R\$); Investimentos em Coleta e Tratamento (R\$);
Índice de desenvolvimento humano, IDHM (Dimensão Longevidade e Renda), Esperança ao nascer e renda <i>per capita</i>	Atlas do Desenvolvimento Humano dos Municípios do PNUD/Brasil (PNUD/Atlas Brasil, 2020)	Esperança de vida ao nascer (1991, 2000 e 2010); Índice de Desenvolvimento Humano Municipal - Dimensão Longevidade (1991, 2000 e 2010); Renda per capita média; Índice de Desenvolvimento Humano Municipal - Dimensão Renda; Índice de Desenvolvimento Humano Municipal; % da população em domicílios com água encanada (1991, 2000 e 2010); Taxa de mortalidade infantil (2013, 2014, 2015, 2016 e 2017); % de internações por doenças relacionadas ao saneamento ambiental inadequado (2013, 2014, 2015 e 2016); % de pessoas inscritas no Cadastro Único sem abastecimento de água adequado (2015, 2016, 2017); % de pessoas inscritas no Cadastro Único sem esgotamento sanitário adequado (2014, 2015, 2016 e 2017)
IBGE	População dos municípios do estado de Minas Gerais	População residente na zona urbana (1991, 2000 e 2010); População residente na zona rural (1991, 2000 e 2010).

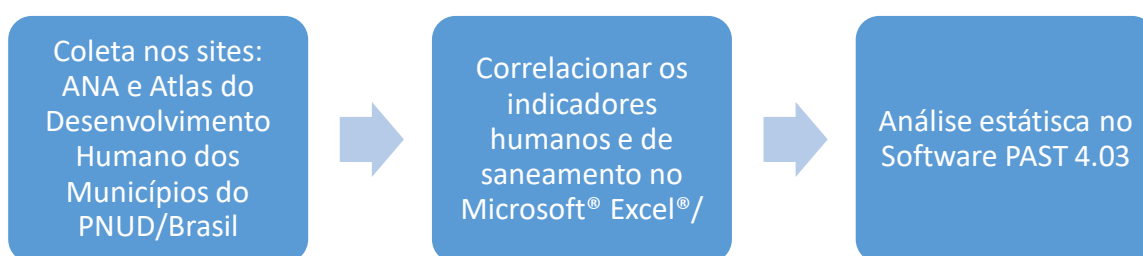
Após a coleta dos dados, correlacionou-se os indicadores humanos e de saneamento com a finalidade de verificar o atendimento ao marco do saneamento básico no Brasil. Para tal, foram utilizadas as ferramentas do Microsoft® Excel® e para dados correlacionados em uma função linear. Também foi realizada uma análise estatística simples, que será explicado conforme a seção 4.1, com o auxílio do software gratuito *Paleontological Statistics Software Package For Education And Data Analysis - PAST4.03* (PALAEONTOLOGICAL ASSOCIATION, 2001).

Em seguida, as cidades mineiras foram subdivididas em classes, conforme se segue e efetuou-se o estudo sobre as variáveis investimentos em coleta e tratamento de esgoto sanitário

per capita (R\$/hab<sub>2035</sub>) *versus* a população atendida estimada em 2035 *versus* índice de atendimento com ETEs avaliado (2013-2035) (C); até 5 000 habitantes; de 5 001 a 10 000 habitantes; de 10 001 a 20 000 habitantes; de 20 001 a 50 000 habitantes; de 50 001 a 100 000 habitantes; de 100 001 a 500 000 habitantes; e mais de 500 000 habitantes.

Na Figura 9 são apresentadas as etapas da metodologia utilizada no trabalho:

**Figura 9: Fluxograma da metodologia adotada no trabalho**



#### 4.1 Software PAST®

Ao realizar a análise estatística no *software* Past®, são obtidas as seguintes variáveis:

- **Declividade a; interceptação b:** são os valores da equação de primeiro grau do gráfico obtido, no formato  $y=ax+b$ ;
- **Erro padrão a; erro padrão b:** Desvio padrão dos valores supracitados da declividade  $a$  e interceptação  $b$  obtidos no programa;
- **t:** teste  $t$ , é o valor que avalia a diferença significativa entre as médias de 2 grupos e utilizado para calcular “Permutação  $p$ ”.
- **p (declividade) e p (uncorr.):** Probabilidades de não haver correlação (ser nula), com base no  $t$ . Caso o nível do teste resulte 5%, como muito usado pelos pesquisadores, um  $p$ -valor abaixo de 0.05 dá evidências a favor da hipótese alternativa. Em caso da hipótese nula seja a usual, médias iguais,  $p$ -valor abaixo de 0.05 fornece indícios de que são diferentes, mas sempre em função da hipótese alternativa (FRANCO, 2015).
- **95% intervalos de confiança inicializados (declividade a, interceptação b):** intervalos de confiança que indicam os limites inferior e superior do intervalo de confiança, para os valores de declividade e da interceptação  $b$ ;
- **r<sup>2</sup>:** coeficiente de determinação de Pearson. É uma medida da proporção da variabilidade em uma variável que é explicada pela variabilidade da outra (SILVIA E SHIMAKURA, 2006)
- **Permutação p:** probabilidades de não haver correlação (ser nula), com base em permutações;

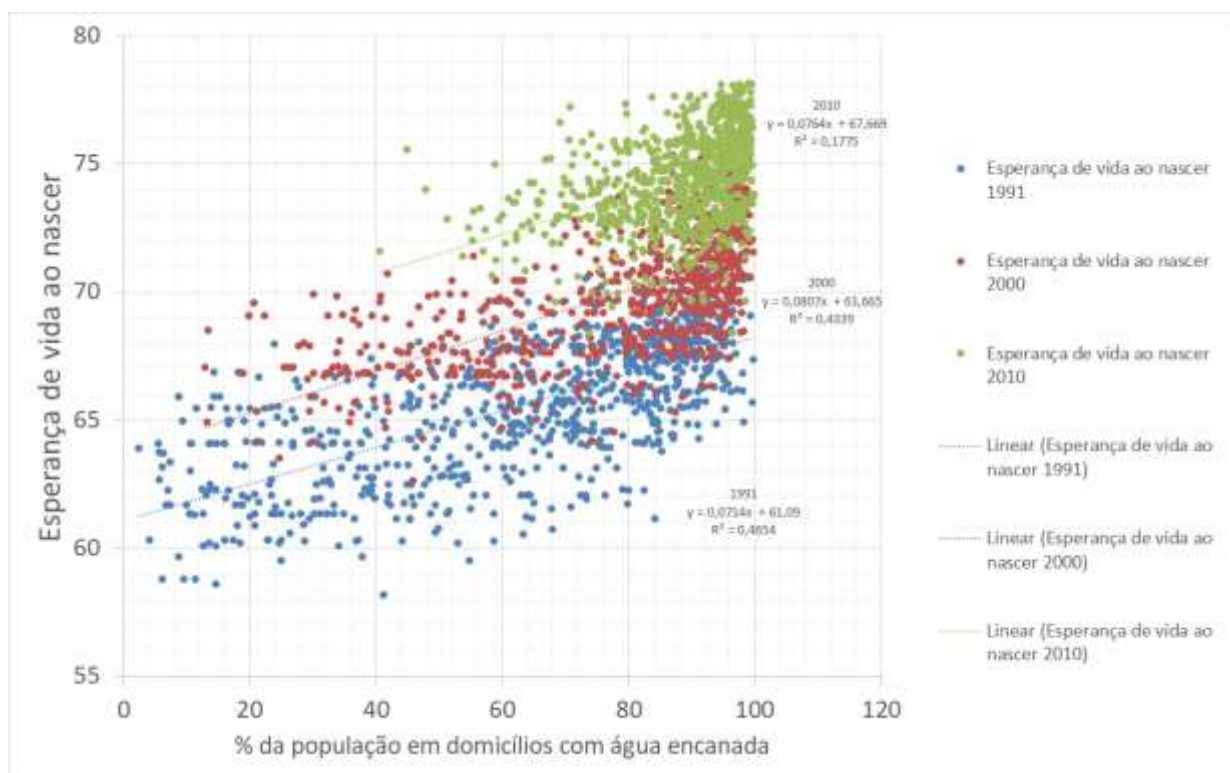
- **Elipse com dados:** em alguns gráficos, foi possível plotar uma elipse dentro de tal figura concentram-se 95% dos dados, facilitando a interpretação e análise dos resultados;
- **R-Pearson (r):** O r-Pearson apresenta o tipo de relação entre duas variáveis, variando de -1 a 1, se o valor for positivo a relação entre elas é proporcional (positiva), e caso for negativo a relação entre duas variáveis é inversamente proporcional.

## 5 Resultados e análises

### 5.1 Todos os municípios em Minas Gerais

Nas Figuras 10 e 11 são apresentadas as correlações entre parâmetros respectivamente, de Porcentagem da população com água encanada *versus* esperança de vida ao nascer, Porcentagem da população com água encanada *versus* IDHM – Dimensão longevidade. Na Figura 12 é apresentado a relação em gráfico de bolhas entre as variáveis porcentagem da população com água encanada, esperança de vida ao nascer e IDH-M Dimensão Longevidade para os anos de 1991 (Figura 12a), 2000 (Figura 12b) e 2010 (Figura 12c). Nas Figuras 13 a 15 são apresentados as correlações entre parâmetros respectivamente, de Taxa de mortalidade infantil *versus* porcentagem de internações por doenças relacionadas ao saneamento inadequado; porcentagem de pessoas inscritas no Cadastro Único sem abastecimento de água adequado *versus* porcentagem de internações por doenças relacionadas ao saneamento inadequado e porcentagem de pessoas inscritas no Cadastro Único sem esgotamento sanitário *versus* porcentagem de internações por doenças relacionadas ao saneamento inadequado.

**Figura 10: Porcentagem da população com água encanada *versus* esperança de vida ao nascer**



Da análise da Figura 10, porcentagem da população com água encanada *versus* esperança de vida ao nascer, verifica-se que há uma tendência de aumento dos valores de



porcentagem da população com água encanada e também da esperança de vida ao nascer dos anos 1991, para o ano 2000 e finalmente do ano 2010. Pode-se afirmar isso, a despeito dos coeficientes de correlação entre as variáveis para os anos 1991, 2000 e 2010, obtidos da correlação linear do Microsoft Excel terem resultado em valores baixos, respectivamente de, 0,4654, 0,4339 e 0,1775 devido a dispersão dos dados. Além disso, nota-se que quando comparados ao ano de 1991 o ano de 2010 apresenta maiores taxas de atendimento da população em domicílios atendidos com água encanada e maior esperança de vida ao nascer da população, evidenciando a proporcionalidade dos índices. Observa-se que ao longo dos anos de 1991, 2000 e 2010 a melhora nos índices de atendimento com abastecimento de água encanada ocasionaram maiores índices de esperança de vida ao nascer, sendo os anos de 1991 e 2010 o menor e o maior índice de atendimento, respectivamente.

Os valores obtidos da análise estatística entre as supracitadas variáveis utilizando o software PAST® estão descritos na Tabela 6.

**Tabela 6: Resultados da análise estatística entre as variáveis porcentagem da população com água encanada versus esperança de vida ao nascer em 1991, 2000 e 2010**

<b>Resultados da análise estatística</b>	
<b>1991</b>	
Regressão de mínimos quadrados ordinários: A*-B**	
Declividade a: 0,071421	Erro padrão a: 0,0026256
t: 27,202	p (declividade): 1,0410 <sup>-117</sup>
Interceptação b: 61,09	Erro padrão b: 0,18272
95% intervalos de confiança inicializados (N=1999):	
Declividade a: (0,06603, 0,076749)	
Interceptação b: (60,705, 61,473)	
Correlação:	
r:	0,68219
r <sup>2</sup> :	0,46539
t:	27,202
p (uncorr.):	1,0410 <sup>-117</sup>
Permutação p:	0,0001
<b>2000</b>	
Regressão de mínimos quadrados ordinários: A*-B**	
Declividade a: 0,080692	Erro padrão a: 0,0031616
t: 25,523	p (declividade): 4,0710 <sup>-107</sup>
Interceptação b: 63,665	Erro padrão b: 0,26194

<p>95% intervalos de confiança inicializados (N=1999):</p> <p>Declividade a: (0,074244, 0,086825)</p> <p>Interceptação b: (63,146, 64,194)</p> <p>Correlação:</p> <p>r: 0,65868</p> <p>r<sup>2</sup>: 0,43386</p> <p>t: 25,523</p> <p>p (uncorr.): 4,0710<sup>-107</sup></p> <p>Permutação p: 0,0001</p>
<p style="text-align: center;"><b>2010</b></p> <p>Regressão de mínimos quadrados ordinários: A*-B**</p> <p>Slope a: 0,076441      Erro padrão a: 0,0056431</p> <p>t: 13,546      p (declividade): 5,4010<sup>-38</sup></p> <p>Interceptação b: 67,669      Erro padrão b: 0,50191</p> <p>95% intervalos de confiança inicializados (N=1999):</p> <p>Declividade a: (0,064808, 0,086913)</p> <p>Interceptação b: (66,738, 68,725)</p> <p>Correlação:</p> <p>r: 0,42136</p> <p>r<sup>2</sup>: 0,17755</p> <p>t: 13,546</p> <p>p (uncorr.): 5,4010<sup>-38</sup></p> <p>Permutação p: 0,0001</p>
<p>*A: Porcentagem da população com água encanada</p> <p>**B: esperança de vida ao nascer</p>

Conforme apresentado na Tabela 6, os valores de correlação linear ( $R^2$ ) resultaram para 1991, 2000 e 2010, respectivamente em 0,46539, 0,43386 e 0,17755, valores muito próximos aos obtidos na análise gráfica apresentada na Figura 10. Na Tabela 7 são apresentados os valores obtidos no teste de correlação linear de Pearson, realizado no *software* PAST®, em negrito está destacado os valores de r-Pearson correspondente a porcentagem da população e esperança de vida ao nascer do respectivo ano.

**Tabela 7: Resultados do teste linear r - Pearson**

	A <sup>1</sup>	B <sup>2</sup>	C <sup>3</sup>	D <sup>4</sup>	E <sup>5</sup>	F <sup>6</sup>
A <sup>1</sup>		3,745.10 <sup>-320</sup>	1,63.10 <sup>-83</sup>	<b>1,04.10<sup>-117</sup></b>	5,82.10 <sup>-130</sup>	5,73.10 <sup>-113</sup>
B <sup>2</sup>	0,90629		1,24.10 <sup>-108</sup>	1,83.10 <sup>-93</sup>	<b>4,07.10<sup>-107</sup></b>	1,43.10 <sup>-90</sup>
C <sup>3</sup>	0,59732	0,66218		1,13.10 <sup>-33</sup>	1,22.10 <sup>-37</sup>	<b>5,40.10<sup>-38</sup></b>
D <sup>4</sup>	<b>0,68219</b>	0,62488	0,39772		2,39.10 <sup>-277</sup>	3,96.10 <sup>-119</sup>

	A <sup>1</sup>	B <sup>2</sup>	C <sup>3</sup>	D <sup>4</sup>	E <sup>5</sup>	F <sup>6</sup>
E <sup>5</sup>	0,70689	<b>0,65868</b>	0,4195	0,8802		5,11.10 <sup>-166</sup>
F <sup>6</sup>	0,67194	0,61714	<b>0,42136</b>	0,68519	0,76707	

<sup>1</sup>A: porcentagem da população com água encanada 1991;

<sup>2</sup>B: porcentagem da população com água encanada 2000;

<sup>3</sup>C: porcentagem da população com água encanada 2010;

<sup>4</sup>D: esperança de vida ao nascer 1991;

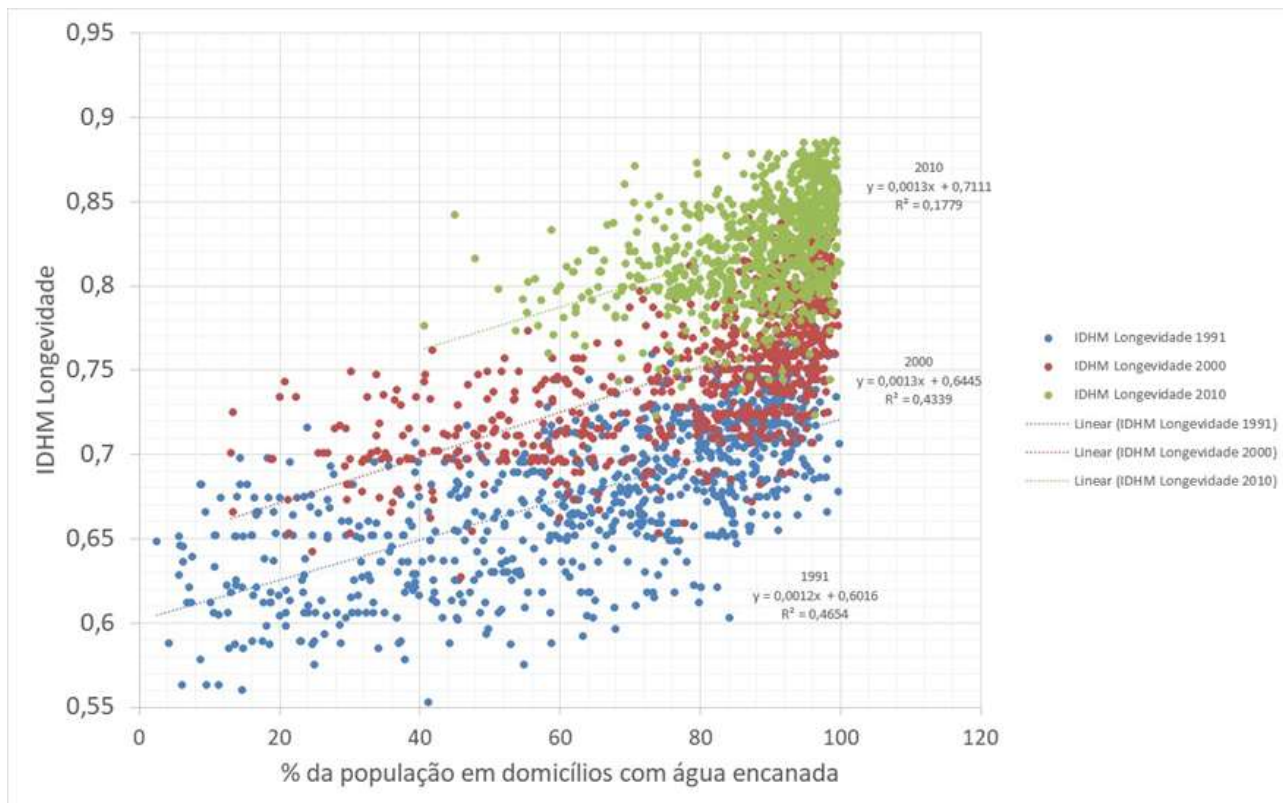
<sup>5</sup>E: esperança de vida ao nascer 2000; e

<sup>6</sup>F: esperança de vida ao nascer 2010.

A partir da análise dos valores da Tabela 7, pode-se observar que a relação entre as variáveis porcentagem da população com água encanada e esperança de vida ao nascer possuem relação positiva moderada, respectivamente de 0,68219, 0,65868 e 0,42136, para os anos de 1991, 2000 e 2010. Apesar dessa relação, não se pode concluir que as alterações em uma variável causam mudanças em outra variável com base apenas na correlação. Quando se trocam as variáveis de posição, isto é, deixando no eixo x os dados de esperança de vida ao nascer e no eixo y a porcentagem da população com água encanada, os valores respectivos já resultam muito baixos ( $1,04.10^{-117}$ ,  $4,07.10^{-107}$  e  $5,40.10^{-38}$ ).

No gráfico da Figura 11, acerca da porcentagem da população com água encanada versus IDHM – Dimensão Longevidade, pode-se observar a mesma tendência do gráfico da Figura 9, ou seja, uma tendência de aumento dos valores de porcentagem da população com água encanada e também do IDHM - Dimensão Longevidade, dos anos 1991, para o ano 2000 e de 2010. Pode-se afirmar isso, apesar dos coeficientes de correlação entre as variáveis para os anos 1991, 2000 e 2010, obtidos da correlação linear do *Microsoft® Excel®* terem resultado em valores baixos, respectivamente R<sup>2</sup> de, 0,4654, 0,4339 e 0,1779. Isto é, observa-se que ao longo dos anos de 1991, 2000 e 2010 a melhora nos índices de atendimento com abastecimento de água encanada ocasionaram maiores valores para o IDHM – Dimensão Longevidade. Além disso, observa-se que ao longo dos anos, os índices de atendimento de água encanada foram melhorando, e concentrando-se em melhores taxas.

**Figura 11: Porcentagem da população com água encanada versus IDHM – Dimensão longevidade**



Os valores obtidos da análise estatística entre as supracitadas variáveis estão apresentados na Tabela 8.

**Tabela 8: Resultados da análise estatística entre as variáveis porcentagem da população com água encanada versus IDH-M Dimensão Longevidade em 1991, 2000 e 2010**

Resultados da análise estatística	
<b>1991</b>	
Regressão de mínimos quadrados ordinários: A-B	
Declividade a: 0,00119	Erro padrão a: 4,37E-05
t: 27,201	p (declividade): $1,06 \cdot 10^{-117}$
Interceptação b: 0,60164	Erro padrão b: 0,0030438
95% intervalos de confiança inicializados (N=1999):	
Declividade a: (0,0011005, 0,0012824)	
Interceptação b: (0,59487, 0,608)	
Correlação:	
r: 0,68218	
r <sup>2</sup> : 0,46537	
t: 27,201	

<p>p (uncorr.): <math>1,06 \cdot 10^{-117}</math>            Permutação p: 0,0001</p>													
<b>2000</b>													
<p>Regressão de mínimos quadrados ordinários: A-B</p> <table> <tbody> <tr> <td>Declividade a: 0,080692</td> <td>Erro padrão a: 0,0031616</td> </tr> <tr> <td>t: 25,523</td> <td>p (declividade): <math>4,07 \cdot 10^{-107}</math></td> </tr> <tr> <td>Interceptação b: 63,665</td> <td>Erro padrão b: 0,26194</td> </tr> </tbody> </table> <p>95% intervalos de confiança inicializados (N=1999):</p> <table> <tbody> <tr> <td>Declividade a: (0,074508, 0,086729)</td> </tr> <tr> <td>Interceptação b: (63,171, 64,174)</td> </tr> </tbody> </table> <p>Correlação:</p> <table> <tbody> <tr> <td>r: 0,65868</td> </tr> <tr> <td>r<sup>2</sup>: 0,43386</td> </tr> <tr> <td>t: 25,523</td> </tr> <tr> <td>p (uncorr.): <math>4,07 \cdot 10^{-107}</math></td> </tr> <tr> <td>Permutação p: 0,0001</td> </tr> </tbody> </table>	Declividade a: 0,080692	Erro padrão a: 0,0031616	t: 25,523	p (declividade): $4,07 \cdot 10^{-107}$	Interceptação b: 63,665	Erro padrão b: 0,26194	Declividade a: (0,074508, 0,086729)	Interceptação b: (63,171, 64,174)	r: 0,65868	r <sup>2</sup> : 0,43386	t: 25,523	p (uncorr.): $4,07 \cdot 10^{-107}$	Permutação p: 0,0001
Declividade a: 0,080692	Erro padrão a: 0,0031616												
t: 25,523	p (declividade): $4,07 \cdot 10^{-107}$												
Interceptação b: 63,665	Erro padrão b: 0,26194												
Declividade a: (0,074508, 0,086729)													
Interceptação b: (63,171, 64,174)													
r: 0,65868													
r <sup>2</sup> : 0,43386													
t: 25,523													
p (uncorr.): $4,07 \cdot 10^{-107}$													
Permutação p: 0,0001													
<b>2010</b>													
<p>Regressão de mínimos quadrados ordinários: A-B</p> <table> <tbody> <tr> <td>Declividade a: 0,001315</td> <td>Erro padrão a: 9,49E-05</td> </tr> <tr> <td>t: 13,856</td> <td>p (declividade): <math>1,67 \cdot 10^{-39}</math></td> </tr> <tr> <td>Interceptação b: 0,70752</td> <td>Erro padrão b: 0,0084421</td> </tr> </tbody> </table> <p>95% intervalos de confiança inicializados (N=1999):</p> <table> <tbody> <tr> <td>Declividade a: (0,0011435, 0,0014899)</td> </tr> <tr> <td>Interceptação b: (0,69187, 0,72314)</td> </tr> </tbody> </table> <p>Correlação:</p> <table> <tbody> <tr> <td>r: 0,42966</td> </tr> <tr> <td>r<sup>2</sup>: 0,1846</td> </tr> <tr> <td>t: 13,856</td> </tr> <tr> <td>p (uncorr.): <math>1,67 \cdot 10^{-39}</math></td> </tr> <tr> <td>Permutação p: 0,0001</td> </tr> </tbody> </table>	Declividade a: 0,001315	Erro padrão a: 9,49E-05	t: 13,856	p (declividade): $1,67 \cdot 10^{-39}$	Interceptação b: 0,70752	Erro padrão b: 0,0084421	Declividade a: (0,0011435, 0,0014899)	Interceptação b: (0,69187, 0,72314)	r: 0,42966	r <sup>2</sup> : 0,1846	t: 13,856	p (uncorr.): $1,67 \cdot 10^{-39}$	Permutação p: 0,0001
Declividade a: 0,001315	Erro padrão a: 9,49E-05												
t: 13,856	p (declividade): $1,67 \cdot 10^{-39}$												
Interceptação b: 0,70752	Erro padrão b: 0,0084421												
Declividade a: (0,0011435, 0,0014899)													
Interceptação b: (0,69187, 0,72314)													
r: 0,42966													
r <sup>2</sup> : 0,1846													
t: 13,856													
p (uncorr.): $1,67 \cdot 10^{-39}$													
Permutação p: 0,0001													
<p>A: Porcentagem da população com água encanada            B: IDH-M Dimensão Longevidade</p>													

Conforme apresentado na Tabela 8, os coeficientes de correlação linear (R<sup>2</sup>) entre as variáveis para os anos 1991, 2000 e 2010 foram próximas as correlações obtidas pelo *Microsoft® Excel®* sendo respectivamente de 0,4654; 0,4339 e 0,1846. Na Tabela 9 são apresentados os valores obtidos no teste de correlação linear de r-Pearson.

**Tabela 9: Resultados do teste linear r - Pearson**

	A <sup>1</sup>	B <sup>2</sup>	C <sup>3</sup>	D <sup>4</sup>	E <sup>5</sup>	F <sup>6</sup>
A <sup>1</sup>		3,5117.10 <sup>-319</sup>	6,31E-87	<b>2,39.10<sup>-117</sup></b>	5,63.10 <sup>-130</sup>	9,44.10 <sup>-113</sup>
B <sup>2</sup>	0,90617		2,00E-113	3,03.10 <sup>-93</sup>	<b>4,35.10<sup>-107</sup></b>	1,76.10 <sup>-90</sup>
C <sup>3</sup>	0,60764	0,67353		1,20.10 <sup>-34</sup>	3,24.10 <sup>-38</sup>	<b>1,67.10<sup>-39</sup></b>
D <sup>4</sup>	<b>0,68201</b>	0,62487	0,40364		6,82.10 <sup>-277</sup>	4,74.10 <sup>-119</sup>
E <sup>5</sup>	0,70749	<b>0,65919</b>	0,42298	0,88033		2,84.10 <sup>-166</sup>
F <sup>6</sup>	0,67204	0,61746	<b>0,42966</b>	0,6856	0,768	

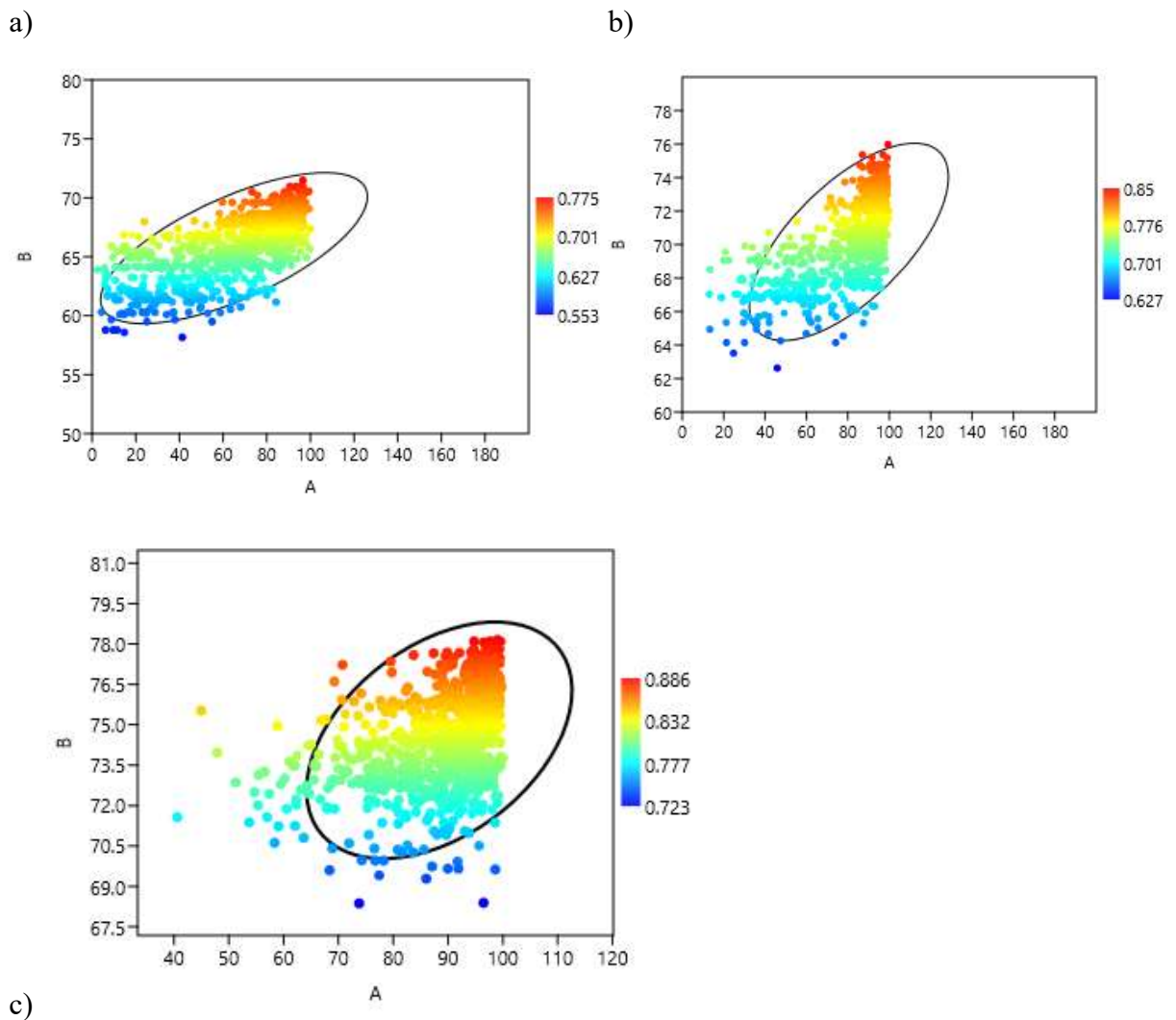
<sup>1</sup>A: porcentagem da população com água encanada 1991;  
<sup>2</sup>B: porcentagem da população com água encanada 2000;  
<sup>3</sup>C: porcentagem da população com água encanada 2010;  
<sup>4</sup>D: IDH-M Dimensão Longevidade 1991;  
<sup>5</sup>E: IDH-M Dimensão Longevidade 2000; e  
<sup>6</sup>F: IDH-M Dimensão Longevidade 2010.

Dos valores apresentados na Tabela 9 pode-se observar que a relação entre as variáveis porcentagem da população com água encanada e IDH-M Dimensão Longevidade possuem relação positiva moderada, respectivamente de 0,68201; 0,65919 e 0,42966, para os anos de 1991, 2000 e 2010. Apesar dessa relação, não se pode concluir que as alterações em uma variável causam mudanças em outra variável com base apenas na correlação. Quando se trocam as variáveis de posição, isto é, deixando no eixo x os valores de IDHM e no eixo y a porcentagem da população com água encanada, os valores respectivos resultam muito baixos (2,39.10<sup>-117</sup>, 4,35.10<sup>-107</sup> e 1,67.10<sup>-39</sup>).

Na Figura 12 é apresentado a relação em gráfico de bolhas entre as variáveis porcentagem da população com água encanada, esperança de vida ao nascer e IDH-M Dimensão Longevidade para os anos de 1991 (Figura 12a), 2000 (Figura 12b) e 2010 (Figura 12c).

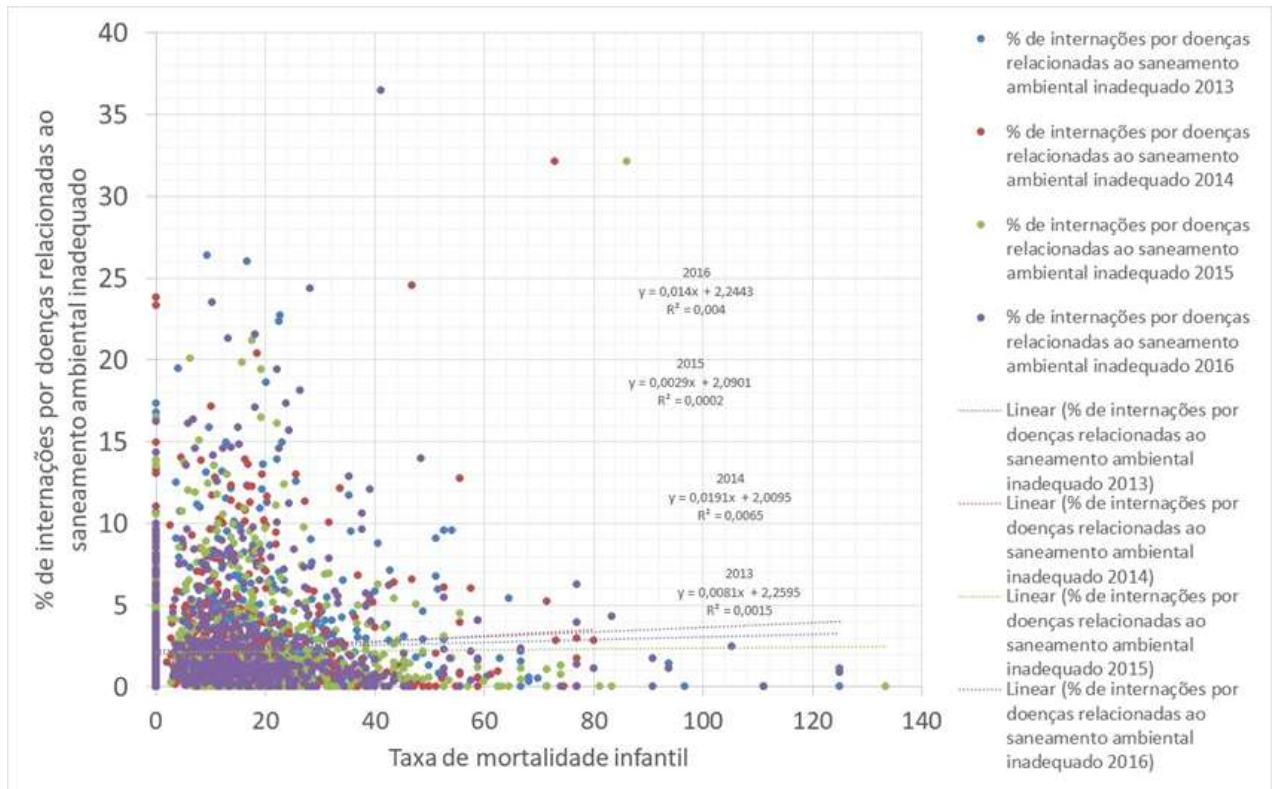
Da análise do gráfico da Figura 11, acerca dos dados que se encontram dentro da elipse representam 95% dos dados, a partir da análise a figura a porcentagem da população com água encanada (A) *versus* esperança de vida ao nascer (B) *versus* IDH-M Dimensão Longevidade, verifica-se que há uma tendência de aumento dos valores de porcentagem da população com água encanada, da esperança de vida ao nascer e também IDHM Dimensão Longevidade para os anos de 1991, 2000 e finalmente, 2010. Isto é, quanto maiores as porcentagens da população de água encanada, maiores os valores da esperança de vida ao nascer e maiores o IDH-M Dimensão Longevidade, respectivamente.

**Figura 12: relação em gráfico de bolhas entre as variáveis (A) porcentagem da população com água encanada, (B) esperança de vida ao nascer e IDH-M Dimensão Longevidade para os anos de: a) 1991 (superior direita), 2000 (superior esquerda) e 2010 (inferior).**



Do gráfico apresentado na Figura 13, sobre taxa de mortalidade infantil versus porcentagem de internações por doenças relacionadas ao saneamento inadequado verifica-se baixos valores de coeficiente de correlação para os anos de 2013, 2014, 2015 e 2016, respectivamente de 0,015; 0,065; 0,0002 e 0,004.

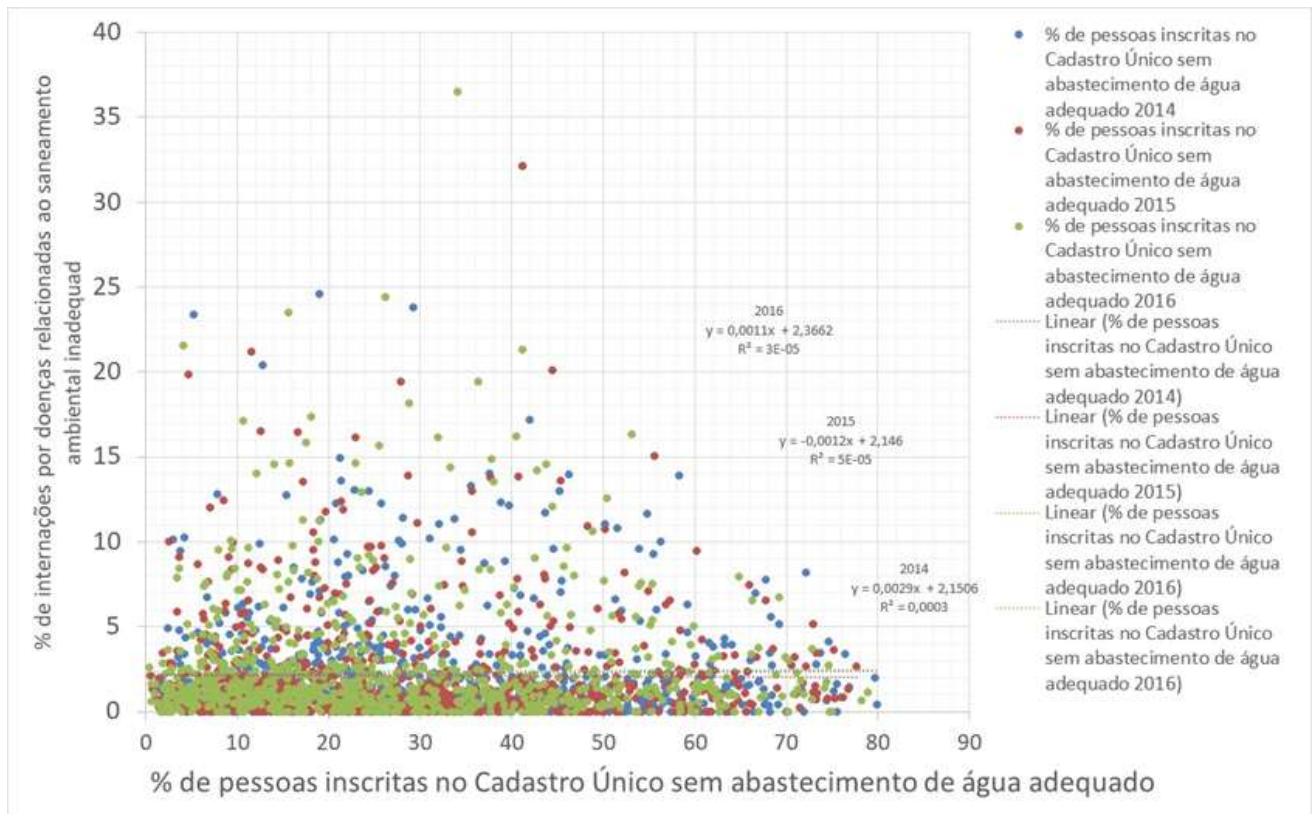
**Figura 13: Taxa de mortalidade infantil versus porcentagem de internações por doenças relacionadas ao saneamento inadequado**



Do gráfico apresentado na Figura 14, acerca da porcentagem de pessoas inscritas no Cadastro Único sem abastecimento de água adequado versus porcentagem de internações por doenças relacionadas ao saneamento inadequado, observa-se também, baixos valores de coeficiente de correlação para os anos de 2014, 2015 e 2016, respectivamente de  $0,0003$ ;  $5,0 \cdot 10^{-05}$  e  $3,0 \cdot 10^{-05}$ .

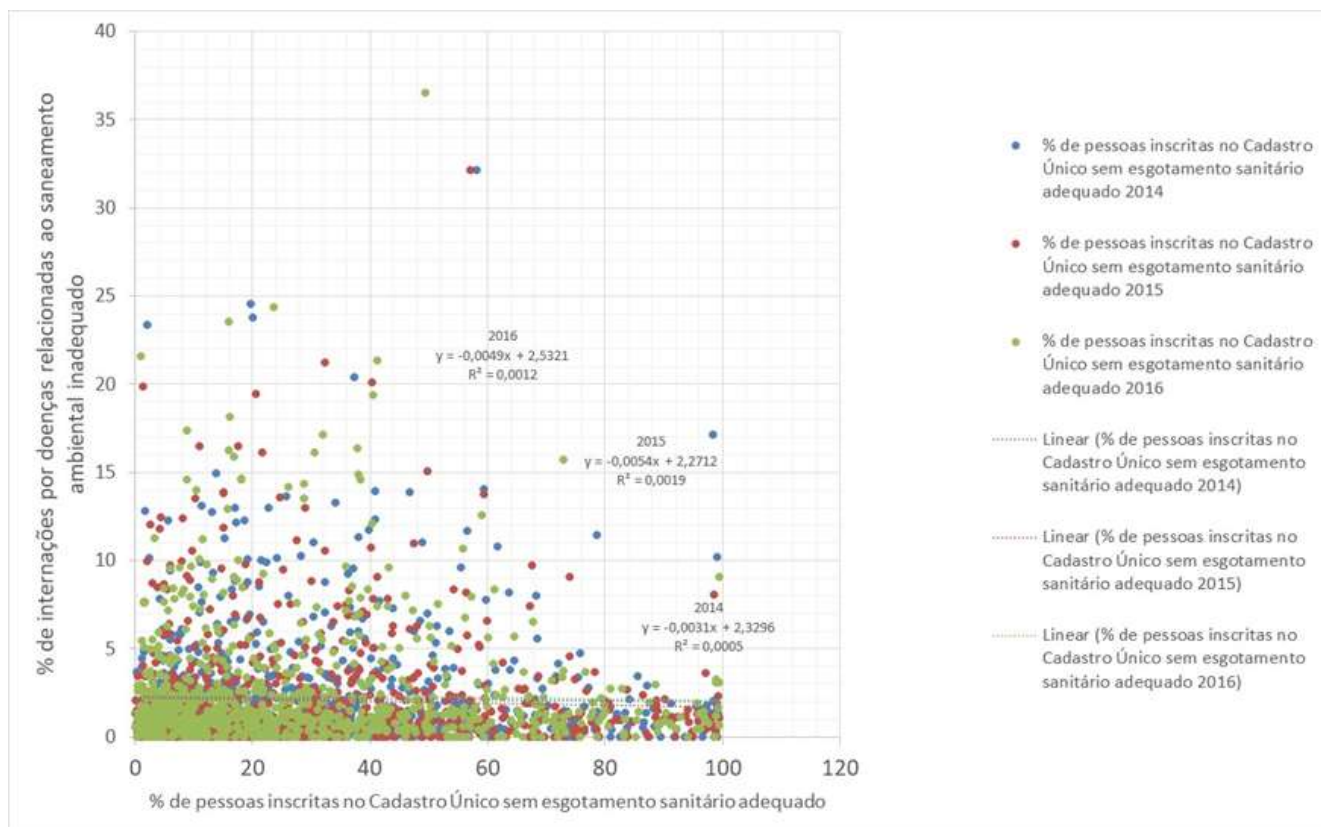


**Figura 14: porcentagem de pessoas inscritas no Cadastro Único sem abastecimento de água adequado versus porcentagem de internações por doenças relacionadas ao saneamento inadequado**



Ao se observar o gráfico apresentado na Figura 15, sobre a porcentagem de pessoas inscritas no Cadastro Único sem esgotamento sanitário versus porcentagem de internações por doenças relacionadas ao saneamento inadequado, as correlações resultaram em baixos valores de coeficiente de correlação para os anos de 2014, 2015 e 2016, respectivamente de 0,0005, 0,0019 e 0,0012.

**Figura 15: porcentagem de pessoas inscritas no Cadastro Único sem esgotamento sanitário versus porcentagem de internações por doenças relacionadas ao saneamento inadequado**



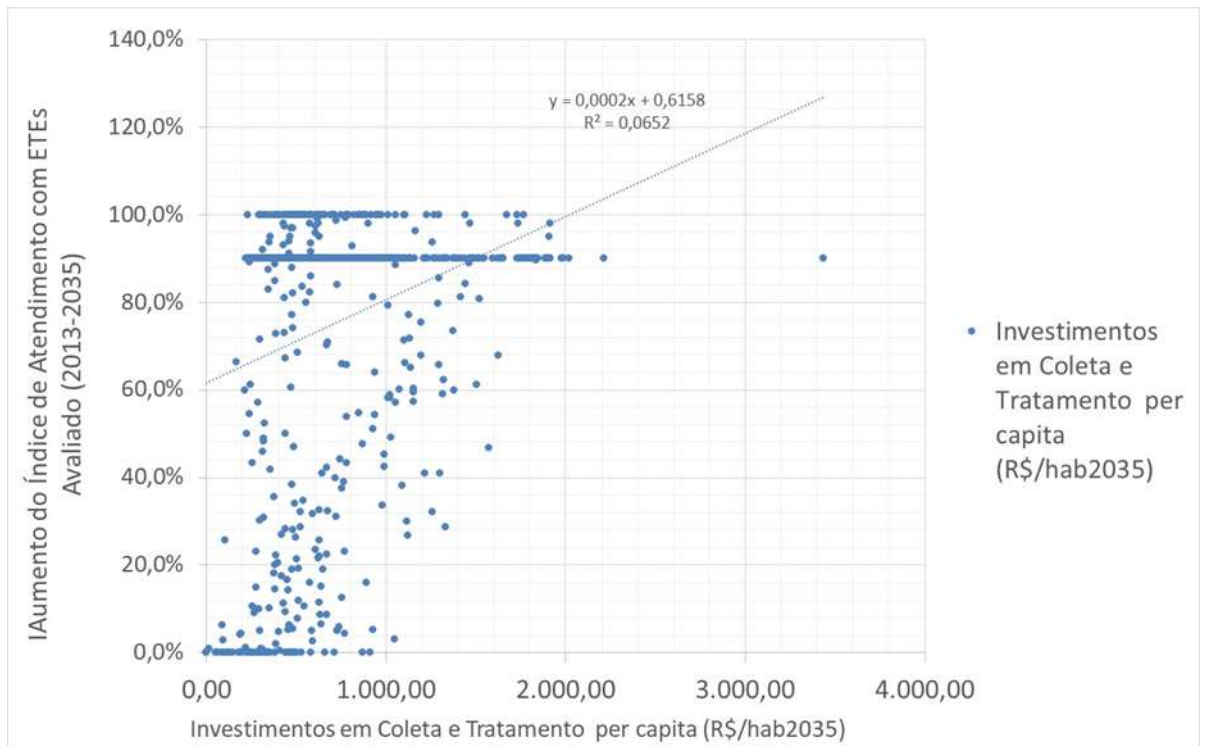
As avaliações estatísticas simples forneceram os dados da Tabela Apêndice A.1.

Ao contrário do que fora apresentado nas Figuras 10 e 11 em que são observadas nuvens distintas dos pontos e dos dados para os anos de 1991, 2000 e 2010, verifica-se que nas Figuras 13, 14 e 15 não há uma clara distinção entre os dados apresentados, ficando todos misturados entre si. Além disso, uma justificativa para os gráficos apresentados nas Figuras 13, 14 e 15 seria o fato que as empresas de saneamento atendem a população da zona urbana apenas, e na porcentagem de internações ocorre uma abrangência da população como um todo, tanto da zona urbana quanto da zona rural. Dentro do estado de Minas Gerais, há também um cenário heterogêneo entre as diferentes regiões, ou seja, cada região do estado é caracterizada por diferente proporção entre a população residente na zona urbana e a população residente na zona rural, fato talvez explique o fato dos dados apresentados no gráfico fiquem dispersos e apresentem uma baixa correlação.

O gráfico da Figura 16 apresenta a correlação linear entre as variáveis investimentos em coleta e tratamento de esgoto sanitário per capita (R\$/hab2035) versus aumento do índice de atendimento com ETEs avaliado (2013-2035).

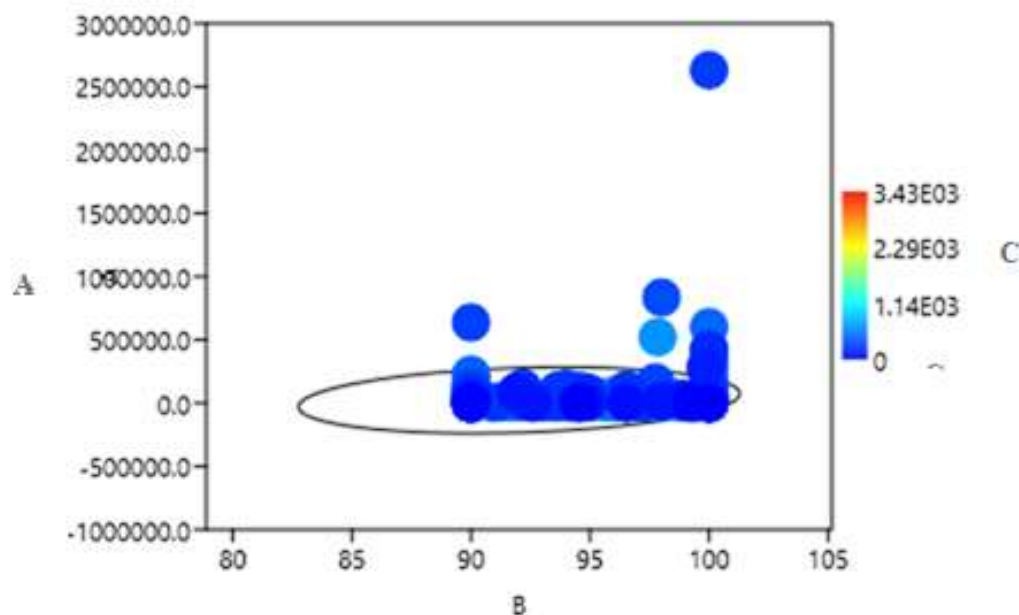
A análise do gráfico da Figura 16 mostra um baixo coeficiente de correlação linear entre as variáveis investimentos em coleta e tratamento de esgoto sanitário per capita (R\$/hab2035) versus aumento do índice de atendimento com ETEs avaliado (2013-2035), de 0,0652.

**Figura 16: correlação linear entre as variáveis investimentos em coleta e tratamento per capita (R\$/hab2035) versus aumento do índice de atendimento com ETEs avaliado (2013-2035)**



Na Figura 17 é apresentado o gráfico em bolhas entre variáveis população atendida estimada em 2035 (obtida por meio da base de dados) (A), índice de atendimento com ETEs avaliado (2013-2035) (B) *versus* investimentos em coleta e tratamento de esgoto sanitário per capita (R\$/hab2035) (C). Os valores dentro da elipse representam 95% dos dados, constituindo-se em cidades pequenas nas quais os investimentos em coleta e tratamento de esgoto sanitário não ultrapassam em geral, o valor de cerca de 1.140,00 R\$/hab2035

**Figura 17: gráfico em bolhas entre variáveis população atendida estimada em 2035 (A), investimentos em coleta e tratamento de esgoto sanitário per capita(R\$/hab2035) (B) versus índice de atendimento com ETEs avaliado (2013-2035) (C).**



Na Tabela 10 são apresentados os resultados estatísticos entre as estas variáveis População Atendida Estimada em 2035(A<sup>1</sup>), Índice de Atendimento com ETEs Avaliado (2035) (B<sup>2</sup>) e Investimentos em Coleta e Tratamento per capita (R\$/hab2035) (C<sup>3</sup>). Pela análise dos dados verifica-se que em 2035 a população será acima de 19 milhões, o índice médio de atendimento com ETEs em 2035 é de 92% enquanto que o valor máximo de investimento é de R\$ 3432,86 por habitante.

**Tabela 10: Resultados estatísticos**

	<b>A<sup>1</sup></b>	<b>B<sup>2</sup></b>	<b>C<sup>3</sup></b>
<b>N</b>	853	853	853
<b>Min</b>	482	90	0
<b>Max</b>	2631460	100	3432,86
<b>Soma</b>	1,95.10 <sup>+07</sup>	78493,5	588910,1
<b>Média</b>	22880,23	92,02051	690,3987
<b>Erro padrão</b>	3646,323	0,1294338	14,55429
<b>Variância</b>	1,13.10 <sup>+10</sup>	14,29039	180688,7
<b>Desvio - Padrão</b>	106495,1	3,780264	425,075
<b>Media</b>	5702	90	573,04
<b>25 percentil</b>	3017	90	407,005
<b>75 percentil</b>	13721	90	852,6
<b>Skewness</b>	18,59526	1,468896	1,514007
<b>Kurtosis</b>	430,1626	0,3193424	2,918655

	A <sup>1</sup>	B <sup>2</sup>	C <sup>3</sup>
<b>Média geométrica</b>	7232,667	91,94589	0
<b>Coef. var</b>	465,4459	4,108066	61,56949
<sup>1</sup> A: População Atendida Estimada em 2035			
<sup>2</sup> B: Índice de Atendimento com ETEs Avaliado (2035)			
<sup>3</sup> C: Investimentos em Coleta e Tratamento per capita (R\$/hab <sub>2035</sub> )			

Na Tabela 11 são apresentados os resultados do teste linear r – Pearson para as mesmas variáveis, pela análise dos dados verifica-se que os dados População Atendida Estimada em 2035 versus Índice de Atendimento com ETEs Avaliado (2035) e População Atendida Estimada em 2035 versus Investimentos em Coleta e Tratamento per capita (R\$/hab<sub>2035</sub>) são diretamente proporcionais. Por outro lado, ao analisar o Índice de Atendimento com ETEs Avaliado (2035) versus Investimentos em Coleta e Tratamento per capita (R\$/hab<sub>2035</sub>) são inversamente proporcionais, isto é, quanto maiores forem os índices de atendimento com ETE menores são os investimentos em coleta e tratamento per capita necessários. Quanto aos resultados do teste linear r – Pearson, observa-se valores muito baixos para todas as combinações entre as variáveis supracitadas.

**Tabela 11: Resultados do teste linear r - Pearson**

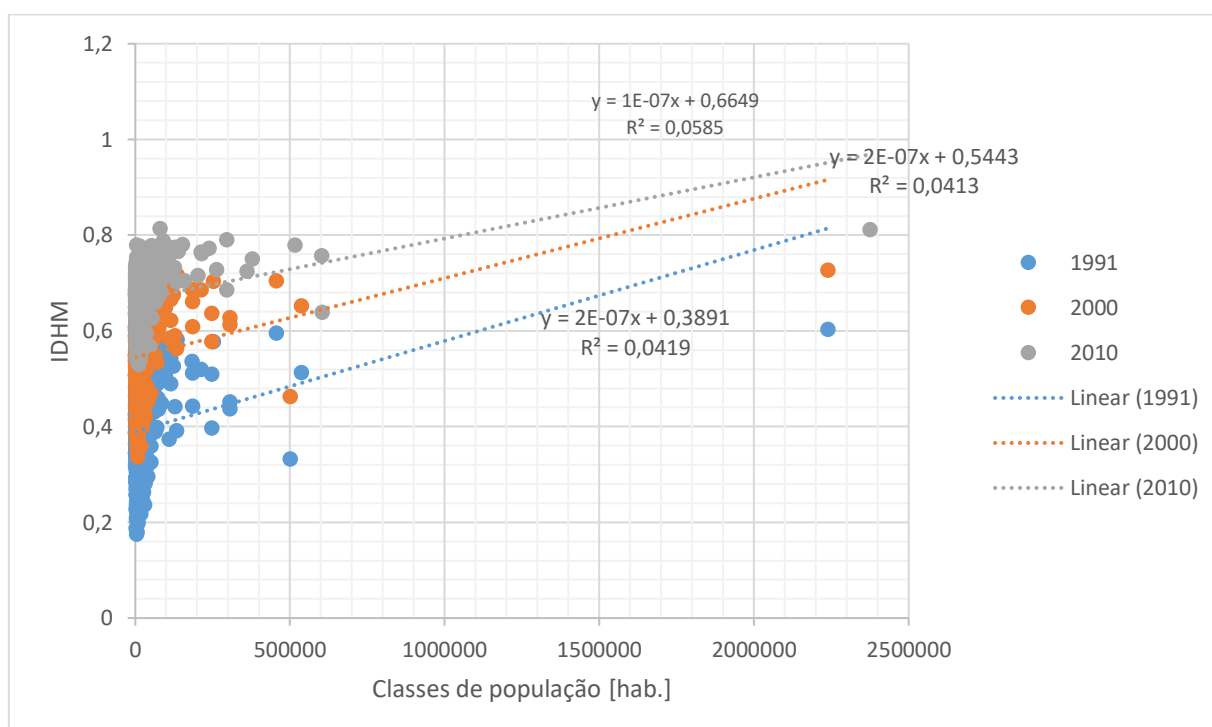
	A <sup>1</sup>	B <sup>2</sup>	C <sup>3</sup>
A <sup>1</sup>		$3,40 \cdot 10^{-09}$	0,0029076
B <sup>2</sup>	0,20063		$2,30 \cdot 10^{-05}$
C <sup>3</sup>	-0,10183	-0,1444	
<sup>1</sup> A: População Atendida Estimada em 2035			
<sup>2</sup> B: Índice de Atendimento com ETEs Avaliado (2035)			
<sup>3</sup> C: Investimentos em Coleta e Tratamento per capita (R\$/hab <sub>2035</sub> )			

Os valores a serem atingidos por tais investimentos buscam a universalização do acesso à coleta e tratamento de esgoto sanitário em Minas Gerais, de 90-100% da população a ser atendida. Os valores de média e desvio-padrão dos dados de índice de atendimento com ETEs avaliado (2013-2035) apresentados na Tabela 11 são de 92,02% e 0,13%. Esses valores, com relação a coleta e tratamento de esgoto sanitário, vão de encontro ao Art. 11-B da Lei N. 14026/2020 (BRASIL, 2020), do marco legal do saneamento, em que é definido como meta de universalização o atendimento de 99% da população com água potável e de 90% da população com coleta e tratamento de esgoto sanitário até 31 de dezembro de 2033. Porém, o planejamento das metas que foram descritas para 2035 devem se adequar à supracitada lei, para 2033.

## 5.2 Subdivisão em classes de população

Com a subdivisão em classes de municípios pelo tamanho da população, analisou-se o comportamento dos diversos indicadores de qualidade de vida humana. Conforme o gráfico apresentado na Figura 18, em que são analisadas as correlações para o IDHM *versus* classes de população para os anos de 1991, 2000 e 2010, respectivamente, obteve-se valores baixos para correlação linear ( $R^2$ ) igual a 0,0585; 0,0413 e 0,0419. Em outras palavras, há uma muito baixa correlação linear entre os parâmetros analisados. Verifica-se que o IDHM apresentou alta ao decorrer dos cenários analisados, tendo as classes de cidades menores as maiores concentrações do IDHM mais baixo; além disso, verifica-se que as maiores cidades possuem maiores IDHM.

**Figura 18: IDHM versus classes de população**



Conforme os valores de r-Pearson apresentados na Tabela 12, há o destaque dos valores respectivos da população e o respectivo IDHM do ano que se trata de uma relação positiva moderada, respectivamente de 0,000523; 0,001921 e  $3,99 \cdot 10^{-11}$ , para os anos de 1991, 2000 e 2010. Apesar dessa relação, não se pode concluir que as alterações em uma variável causam mudanças em outra variável com base apenas na correlação. Quando se trocam as variáveis de posição, isto é, deixando no eixo x os valores de IDHM e no eixo y a classe da população os valores respectivos resultam também baixos (0,11873; 0,10626 e 0,22398).

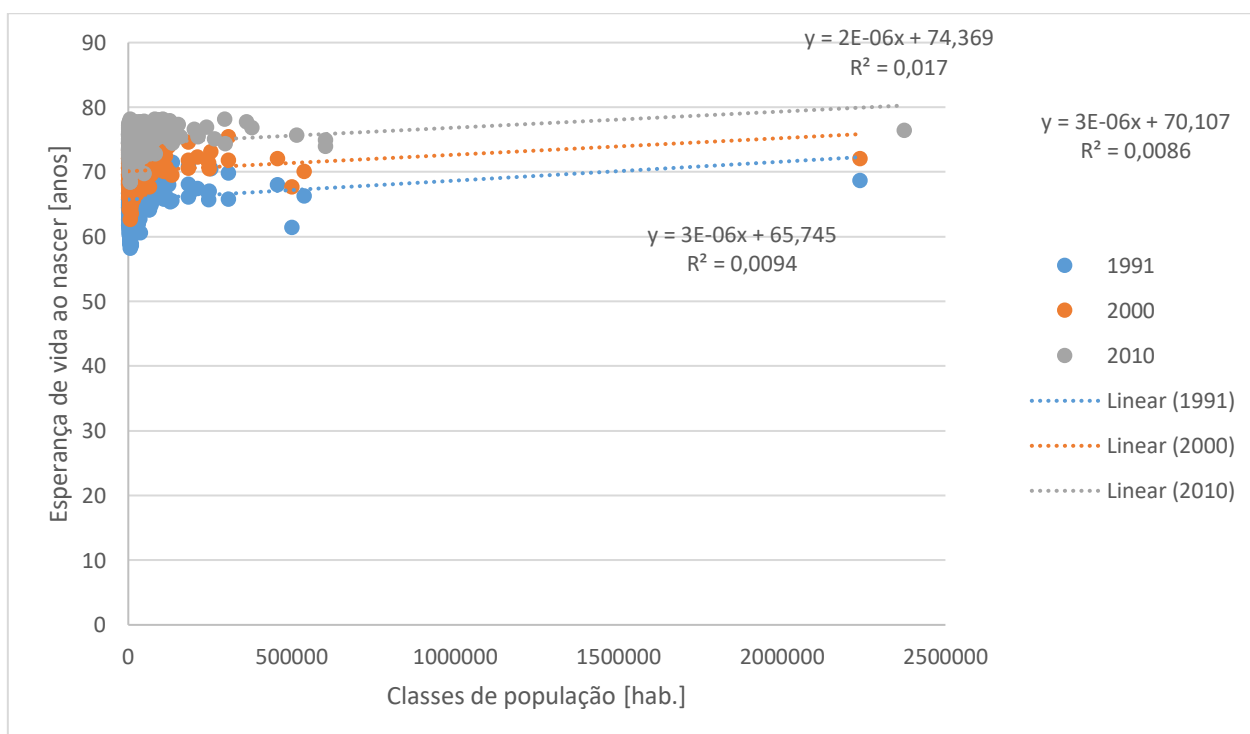
Tabela 12: Valores de r-Pearson para a relação população e IDHM

	A	B	C	D	E	F
A		<b>0,000523</b>	1,15E-195	2,17E-09	6,66E-190	5,82E-11
B	<b>0,11873</b>		3,86E-07	3,14E-07	1,35E-07	5,19E-12
C	0,80641	0,17294		<b>0,001921</b>	0	1,88E-10
D	0,20353	0,17425	<b>0,10626</b>		0,00075	6,33E-15
E	0,79949	0,17953	0,99914	0,1154		<b>3,99E-11</b>
F	0,22225	0,2336	0,21626	0,26295	<b>0,22398</b>	

A: População 1991  
 B: IDHM 1991  
 C: População 2000  
 D: IDHM 2000  
 E: População 2010  
 F: IDHM 2010

Correlacionando os dados de esperança de vida ao nascer versus classes de população conforme apresentado na Figura 19 foram obtidos valores de correlação linear baixos, sendo igual a 0,017; 0,0094 e 0,008, ou seja, não há uma correlação linear entre os parâmetros avaliados. Entretanto verifica-se que a esperança de vida ao nascer aumentou ao longo dos anos, indicando melhores condições e qualidade de vida da população e levaram a maiores índices de esperança de vida ao nascer.

Figura 19: Esperança de vida ao nascer versus classes de população



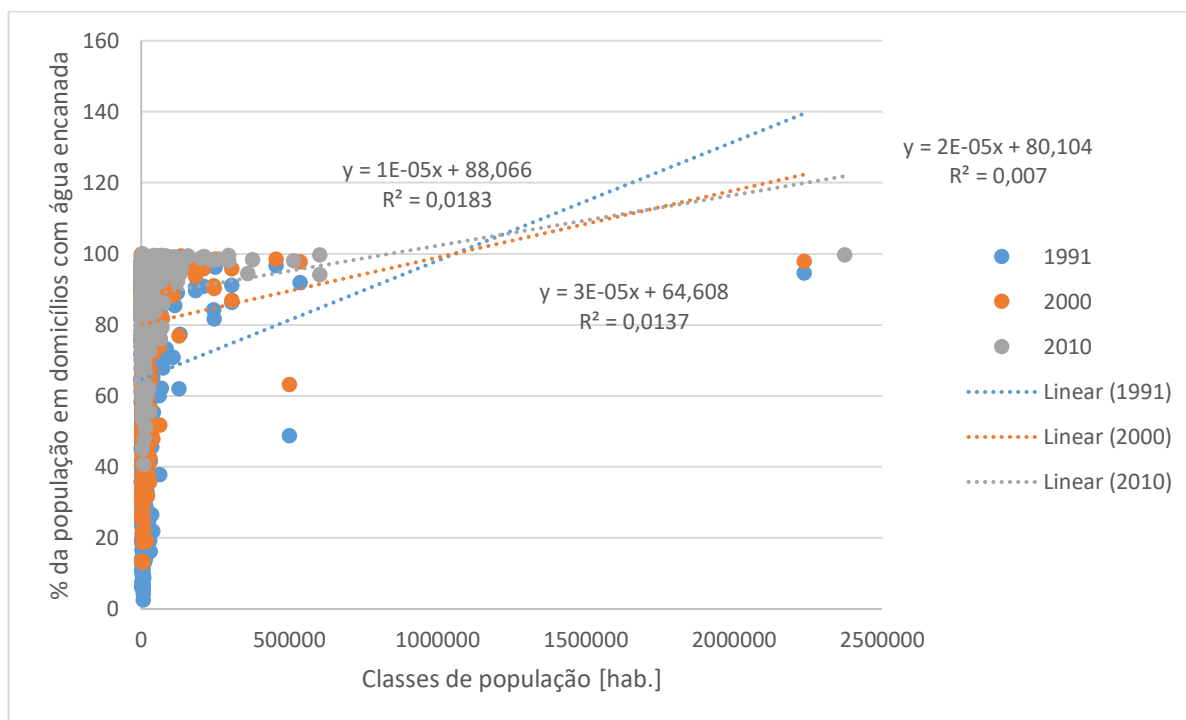
Conforme apresentado na Tabela 13 acerca da análise de r-Pearson verifica-se que a relação entre as variáveis é positiva sendo igual a 0,004914; 0,006892 e 0,000136 para os anos de 1991, 2000 e 2010 respectivamente, e quando inverte-se os eixos obtêm-se os coeficientes iguais a 0,096276; 0,092508 e 0,1306 para os anos de 1991, 2000 e 2010, permanecendo uma relação positiva entre as variáveis.

**Tabela 13: Valores de r-Pearson para a relação população versus esperança de vida ao nascer**

	A	B	C	D	E	F
A		<b>0,004914</b>	3,96E-196	0,025518	2,34E-190	0,007259
B	<b>0,096276</b>		3,71E-05	0,001738	4,15E-05	3,87E-05
C	0,80642	0,14082		<b>0,006892</b>	0	0,000236
D	0,076562	0,1072	<b>0,092508</b>		0,005291	9,56E-05
E	0,7995	0,13994	0,99914	0,095462		<b>0,000136</b>
F	0,091971	0,14057	0,12565	0,13334	<b>0,13036</b>	
A: População 1991 B: Esperança de vida ao nascer 1991 C: População 2000 D: Esperança de vida ao nascer 2000 E: População 2010 F: Esperança de vida ao nascer 2010						

Ao estudar a correlação entre a porcentagem da população em domicílios com água encanada *versus* a classes de população conforme apresentado na Figura 19, obtêm-se baixos valores de correlação linear ( $R^2$ ), sendo iguais a 0,007; 0,0183 e 0,0137, indicando que há uma correlação linear muito baixa entre os parâmetros analisados. Entretanto, verifica-se que as cidades mineiras mais populosas apresentam maiores porcentagens de atendimento para os anos de 1991, 2000 e 2010 respectivamente; além disso, é evidente que ao longo do tempo analisado (1991 a 2010) observa-se um aumento na taxa da população que possui água encanada nas cidades menos populosas. Ademais, as menores taxas de atendimento da população com água encanada encontram-se em cidades menos populosas.



**Figura 20: Porcentagem da população com água encanada versus classes de população**

Conforme apresentado na Tabela 13 pela análise dos valores de r-Pearson, verifica-se que relação população *versus* porcentagem da população em domicílios com água encanada valores iguais a 0,000446; 0,014834 e  $2,69 \cdot 10^{-09}$ . Embora sejam valores relativamente baixos, trata-se de uma relação positiva entre os parâmetros. O mesmo também ocorre ao inverterm-se os eixos, obtendo-se valores iguais a 0,12011; 0,083447 e 0,20214.

**Tabela 14: Valores de r-Pearson para a relação população versus porcentagem da população com água encanada**

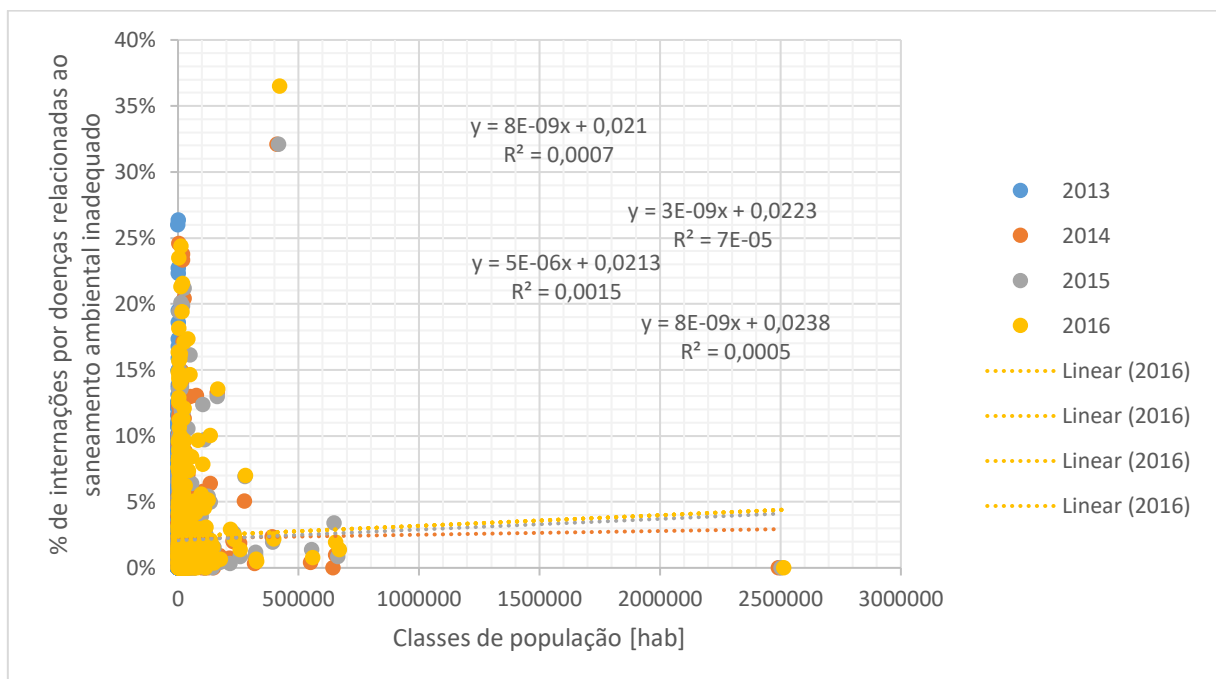
	A	B	C	D	E	F
A		<b>0,000446</b>	6,76E-196	0,018618	3,67E-213	0,000688
B	<b>0,12011</b>		1,03E-07	0,018357	2,33E-08	0,042357
C	0,80641	0,1812		<b>0,014834</b>	2,34E-190	0,000136
D	0,08065	0,080829	<b>0,083447</b>		0,000329	0,06094
E	0,82556	0,19	0,7995	0,12276		<b>2,69E-09</b>
F	0,1162	0,069646	0,13042	0,064266	<b>0,20214</b>	

A: População 1991  
 B: % população com água encanada 1991  
 C: População 2000  
 D: % população com água encanada 2000  
 E: População 2010  
 F: % população com água encanada 2010

Ao correlacionar a porcentagem de internações por doenças relacionadas ao saneamento ambiental inadequado versus classes de população observa-se baixos valores de correlação linear, sendo iguais a 0,007; 0,0015; 0,0005 e 7E-05 indicando que não há uma correlação linear entre as variáveis. Entretanto verifica-se que as cidades mais populosas são as que possuem as menores porcentagens de internação, enquanto as cidades menos populosas são as mais heterogêneas, possuindo maiores e menores taxas de internações.

Ao efetuar a correlação entre a porcentagem de internações por doenças relacionadas ao saneamento ambiental inadequado versus a classes de população conforme apresentado na Figura 21 têm-se baixos valores de correlação linear ( $R^2$ ) sendo iguais a 0,0007; 7E-05; 0,0015 e 0,0005 indicando que não há uma correlação linear entre os parâmetros analisados. Entretanto, verifica-se que as cidades mineiras mais populosas apresentam menores porcentagens de internações por doenças relacionadas ao saneamento ambiental para os anos de 2013, 2014, 2015 e 2016 respectivamente.

**Figura 21: Porcentagem de internações por doenças relacionadas ao saneamento ambiental inadequado versus classes de população**



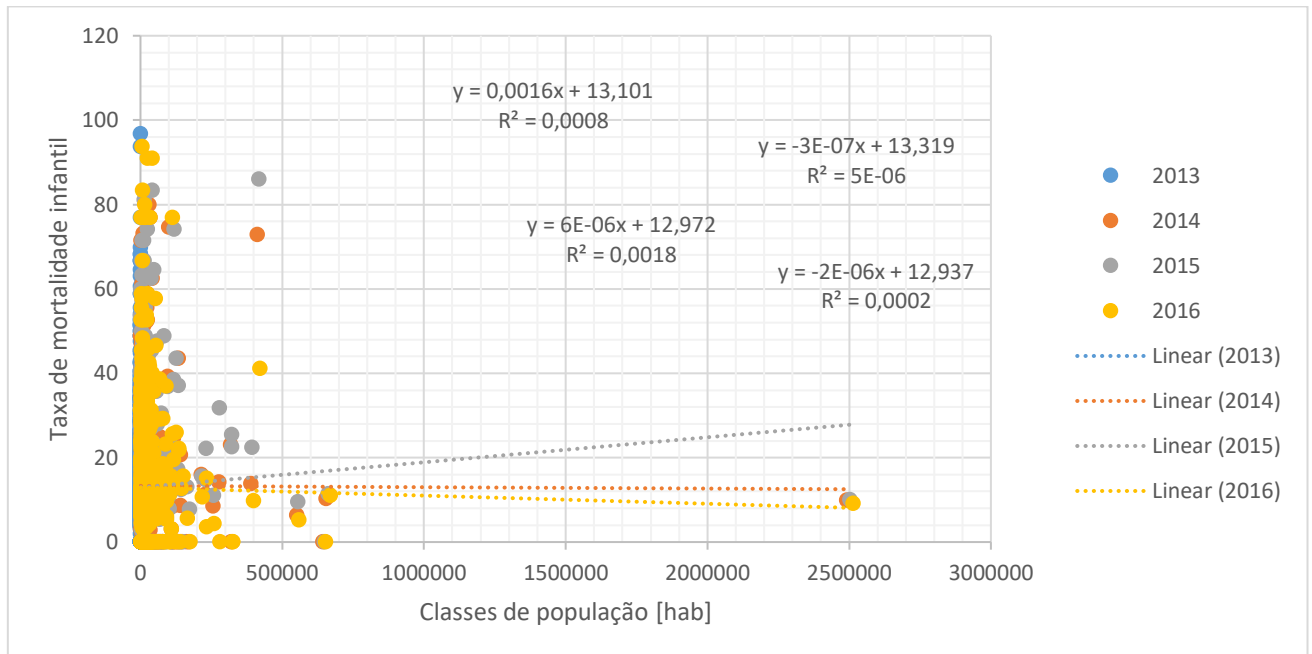
Conforme apresentado na Tabela 14, ao realizar a análise dos valores de r-Pearson, verifica-se que se tratam de relações positivas, tanto quanto analisada população *versus* porcentagem de internações por doenças relacionadas ao saneamento ambiental inadequado e o inverso da relação.

**Tabela 15: Valores de r-Pearson para a relação entre população versus porcentagem de internações por doenças relacionadas ao saneamento ambiental inadequado**

	A	B	C	D	E	F	G	H
A		<b>0,61199</b>	0	0,80871	0	0,4588	0	0,51293
B	<b>0,017402</b>		0,60697	2,05E-21	0,60222	6,26E-11	0,59764	1,86E-05
C	1	0,017648		<b>0,80284</b>	0	0,4533	0	0,50694
D	0,008306	0,31738	<b>0,008566</b>		0,79676	1,04E-17	0,79209	3,22E-08
E	0,99999	0,017881	1	0,008836		<b>0,44811</b>	0	0,50121
F	0,025413	0,22138	0,025726	0,28728	<b>0,026022</b>		0,44357	8,07E-29
G	0,99997	0,018107	0,99999	0,009044	1	0,026283		<b>0,49618</b>
H	0,022445	0,146	0,022765	0,18769	0,023073	0,36804	<b>0,023345</b>	
A: População total 2013 B: % de internações por doenças relacionadas ao saneamento ambiental inadequado 2013 C: População total 2014 D: % de internações por doenças relacionadas ao saneamento ambiental inadequado 2014 E: População total 2015 F: % de internações por doenças relacionadas ao saneamento ambiental inadequado 2015 G: População total 2016 H: % de internações por doenças relacionadas ao saneamento ambiental inadequado 2016								

Ao relacionar a taxa de mortalidade infantil *versus* classes de população, conforme apresentado na Figura 21, verifica-se valores baixos para os coeficientes de correlação linear, sendo iguais a 0,0008;  $5.10^{-06}$ ; 0,0018 e 0,0002 indicando que não há correlação linear entre as variáveis analisadas. Entretanto, verifica-se que as cidades mais populosas apresentam menores taxas de mortalidade infantil, enquanto nas cidades menores, concentram-se os maiores valores de taxas de mortalidade infantil.

**Figura 22: Taxa de mortalidade infantil versus classes de população**



Pela análise dos valores de r-Pearson apresentada na Tabela 15, verifica-se que a relação entre as variáveis caracteriza-se de uma relação positiva, tanto quando analisada população *versus* taxa de mortalidade quanto o inverso.

**Tabela 16: Valores de r-Pearson da relação entre população versus taxas de mortalidade**

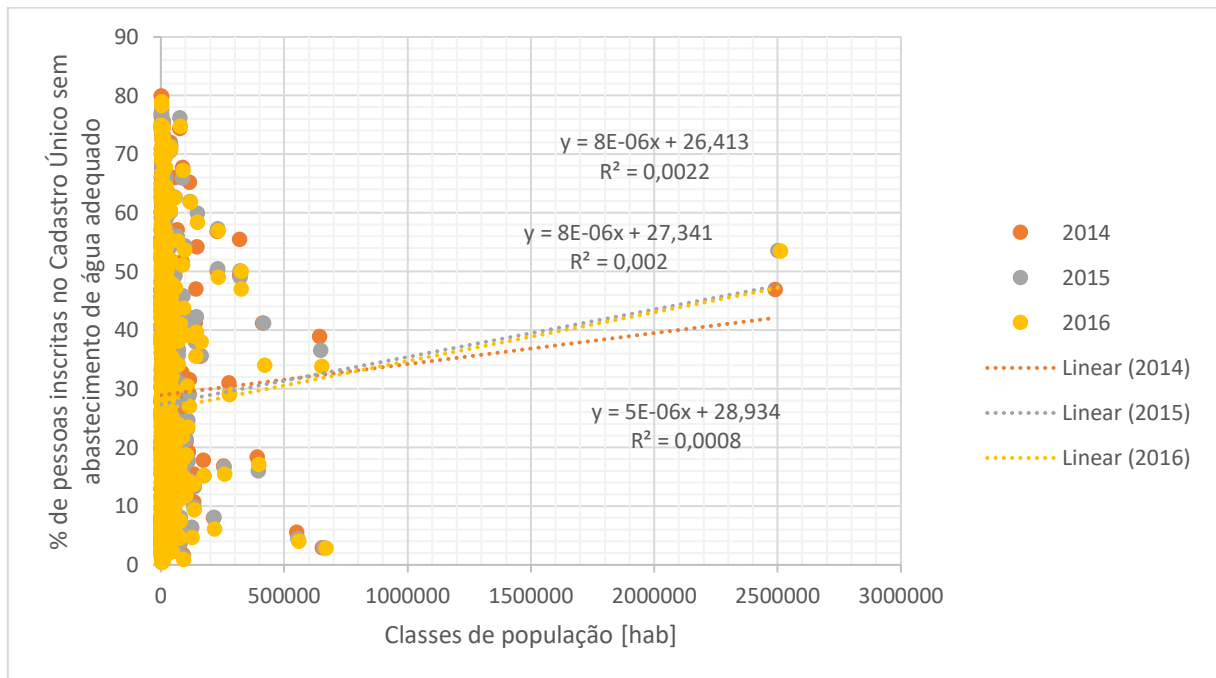
	A	B	C	D	E	F	G	H
A		<b>0,564</b>	0	0,22982	0	0,014803	0	0,002013
B	<b>0,10967</b>		0,56457	0,24586	0,58449	0,70113	0,57991	0,56512
C	1	0,10951		<b>0,22941</b>	0	0,014613	0	0,00204
D	0,041183	-0,21858	<b>0,041218</b>		0,22894	0,023689	0,22847	0,29714
E	0,99999	0,10399	1	0,04126		<b>0,014388</b>	0	0,002074
F	0,083473	-0,07308	0,083632	0,077451	<b>0,083823</b>		0,014164	0,093152
G	0,99997	0,10525	0,99999	0,041302	1	0,084016		<b>0,002106</b>
H	0,10566	-0,10936	0,10553	0,035739	0,10536	0,057525	<b>0,10521</b>	

A: População total 2013  
 B: Taxa de mortalidade infantil 2013  
 C: População total 2014  
 D: Taxa de mortalidade infantil 2014  
 E: População total 2015  
 F: Taxa de mortalidade infantil 2015  
 G: População total 2016  
 H: Taxa de mortalidade infantil 2016

Ao analisar-se a porcentagem de pessoas inscritas no Cadastro Único sem abastecimento de água adequado versus classes de população, conforme apresentado na Figura 23, verifica-se

baixos valores de correlação linear sendo igual a 0,0022; 0,002 e 0,008 indicando que não há correlação linear entre os parâmetros. Entretanto, observa-se que nas cidades menos populosas há maiores taxas de pessoas inscritas no Cadastro Único sem abastecimento de água adequado.

**Figura 23: Porcentagem de pessoas inscritas no Cadastro Único sem abastecimento de água adequado versus classes de população**



Por meio da análise dos valores de r-Pearson apresentados na Tabela 16, ao se relacionar com os parâmetros da figura anterior, nota-se que se trata de uma relação positiva entre a população *versus* porcentagem de pessoas inscritas no Cadastro Único sem abastecimento de água adequado, assim como o inverso, conforme valores destacados na Tabela 17.

**Tabela 17: Valores de r-Pearson para a relação população e % de pessoas inscritas no Cadastro Único sem abastecimento de água adequado**

	A	B	C	D	E	F
A		<b>0,40311</b>	0	0,19177	0	0,17384
B	<b>0,02868</b>		0,40312	7,53E-25	0,40303	5,52E-11
C	1	0,028679		<b>0,19163</b>	0	0,17405
D	0,044764	0,34225	<b>0,044779</b>		0,19181	5,84E-27
E	0,99999	0,028685	1	0,04476		<b>0,17424</b>
F	0,046635	0,222	0,046612	0,35648	<b>0,046591</b>	

A: População total 2014

B: % de pessoas inscritas no Cadastro Único sem abastecimento de água adequado 2014

C: População total 2015

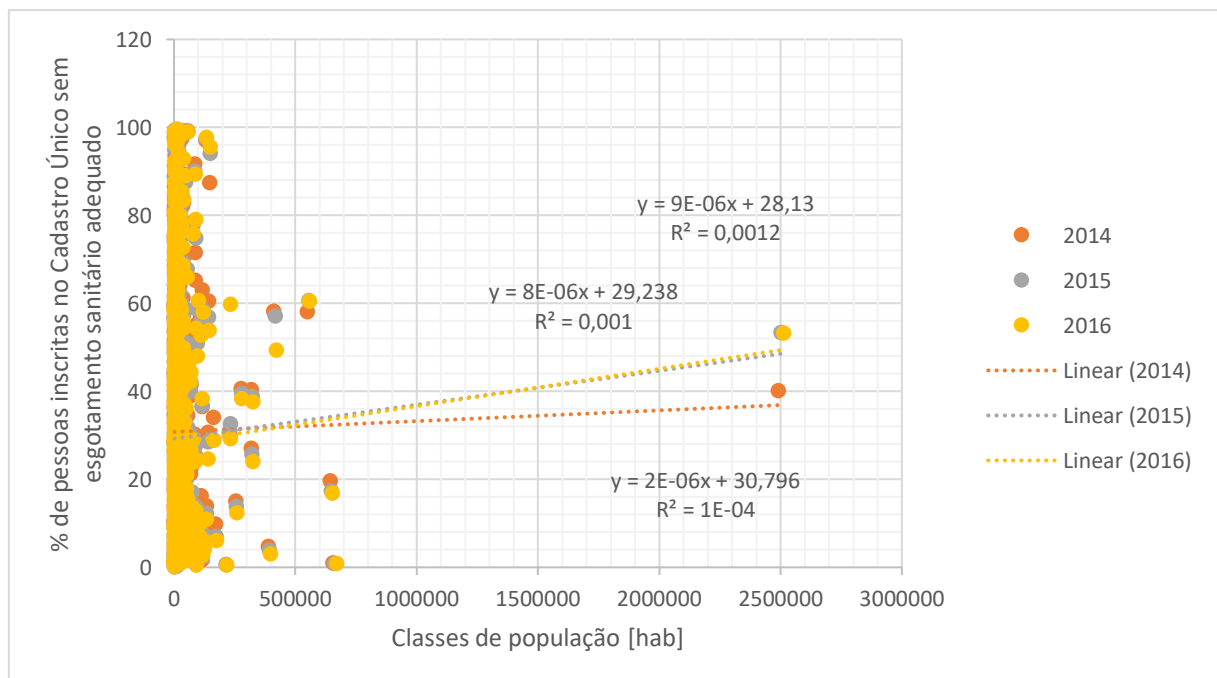
D: % de pessoas inscritas no Cadastro Único sem abastecimento de água adequado 2015

E: População total 2016

F: % de pessoas inscritas no Cadastro Único sem abastecimento de água adequado 2016

Relacionando-se os valores da porcentagem de pessoas inscritas no Cadastro Único sem esgotamento sanitário adequado *versus* classes de população, conforme apresentado na Figura 24, verifica-se baixos valores de correlação linear, sendo iguais a 0,0012; 0,001 e  $1.10^{-04}$  indicando que não há uma correlação linear entre as variáveis. Entretanto, verifica-se as maiores taxas de pessoas inscritas no Cadastro Único sem esgotamento adequado, concentram-se nas cidades menos populosas, enquanto que as cidades mais populosas apresentam menores taxas.

**Figura 24: Classes de população versus porcentagem de pessoas inscritas no Cadastro Único sem esgotamento sanitário adequado**



Realizando a análise r-Pearson das variáveis supracitadas, verifica-se que se trata de uma relação positiva, conforme apresentado na Tabela 18, com destaque para os valores para população *versus* porcentagem de pessoas inscritas no Cadastro Único sem esgotamento sanitário adequado. O mesmo observa-se invertendo-se os eixos das variáveis.

**Tabela 18: Valores de r-Pearson para a variável população versus porcentagem de pessoas inscritas no Cadastro Único sem esgotamento sanitário adequado**

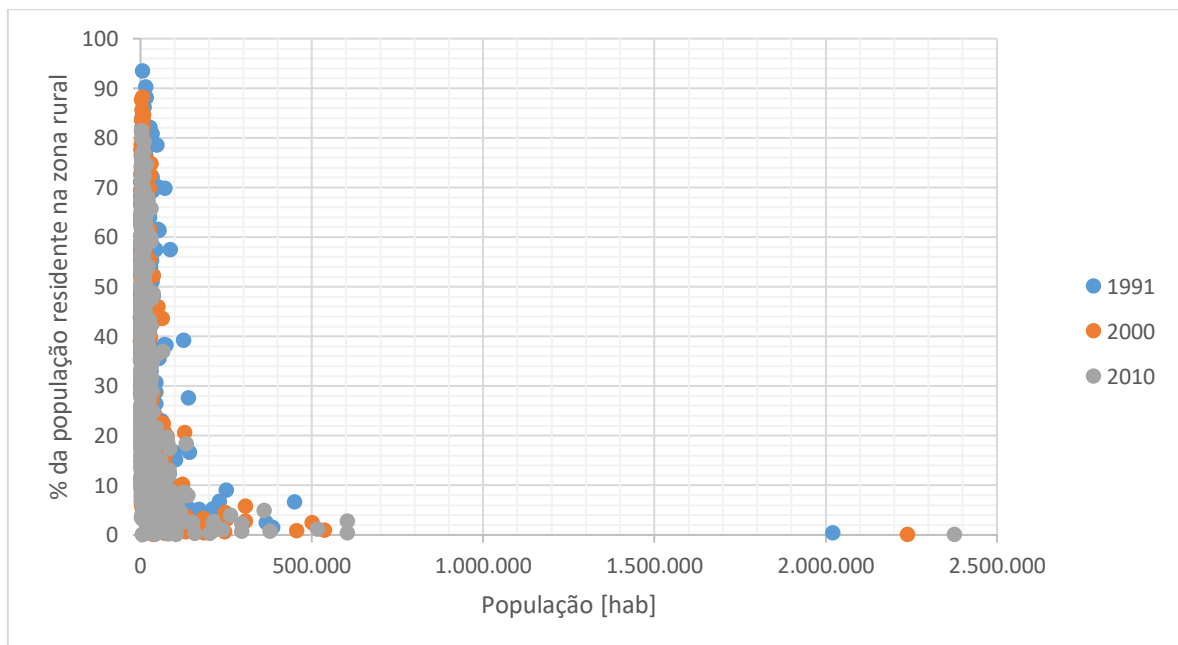
	A	B	C	D	E	F
A		<b>0,77516</b>	0	0,36159	0	0,33106
B	<b>0,0098</b>		0,7749	7,28E-32	0,775	0,000225
C	1	0,009811		<b>0,36169</b>	0	0,33151

D	0,031295	0,38701	<b>0,031288</b>		0,36193	2,81E-18
E	0,99999	0,009807	1	0,031272		<b>0,33189</b>
F	0,033339	0,12605	0,033308	0,29258	<b>0,033282</b>	

A: População total 2014  
 B: % de pessoas inscritas no Cadastro Único sem esgotamento sanitário adequado 2014  
 C: População total 2015  
 D: % de pessoas inscritas no Cadastro Único sem esgotamento sanitário adequado 2015  
 E: População total 2016  
 F: % de pessoas inscritas no Cadastro Único sem esgotamento sanitário adequado 2016

Um fator que deve ser levado em consideração ao analisar os cenários abordados anteriormente é o fato de Minas Gerais apresentar uma parcela considerável da sua população residente na zona rural, conforme apresentado na Figura 25. Observa-se que nas cidades menos populosas há casos de mais da metade da população residir na zona rural, enquanto que em cidades mais populosas quase não há população residente em zona rural.

**Figura 25: Porcentagem da população residente na zona rural versus a população no estado de Minas Gerais para os anos de 1991, 2000 e 2010**



Tais dados justificam o fato de algumas correlações anteriores não terem apresentados valores altos para correlação linear ( $R^2$ ), já que ao se analisar dados de IDHM, esperança de vida ao nascer, porcentagem de internações por doenças relacionadas ao saneamento ambiental inadequado, taxa de mortalidade, pessoas inscritas no Cadastro Único sem abastecimento e esgotamento sanitário adequado são levados em consideração a população dos municípios mineiros como um todo. Em outras palavras, tanto a população da zona urbana quanto a

população da zona rural e o sistema de atendimento de saneamento básico se concentram nas zonas urbanas do município.



## 6 Conclusões

O presente estudo objetivou correlacionar e avaliar no contexto do estado de Minas Gerais, estatisticamente dados de abastecimento de água potável e coleta e tratamento de esgoto sanitário, com vistas à universalização aos serviços de saneamento, a partir da consulta dos índices de abastecimento de água e esgoto sanitário, bem como os índices de desenvolvimento humano. É muito oportuna essa avaliação, uma vez que recentemente o marco do saneamento básico foi atualizado no Brasil, pela Lei N. 14026/2020 (BRASIL, 2020). A partir dos resultados obtidos, foi possível concluir que:

- As análises das correlações realizadas podem ser justificadas devido ao serviço de saneamento para o atendimento ser à população urbana e não a população total (o que inclui a rural), logo o estado de Minas Gerais que possui municípios que possuem em sua grande maioria predominantemente composto pela população residente na zona rural, afetando os resultados das correlações realizadas;
- Maiores taxas de atendimento com abastecimento de água a população proporcionam melhores indicadores de qualidade de vida da população, como por exemplo, maiores taxas de esperança de vida ao nascer e IDHM;
- Os valores a serem atingidos pelos investimentos em coleta e tratamento de esgoto sanitário per capita (R\$/hab<sub>2035</sub>) buscam a universalização do acesso a coleta e tratamento de esgoto sanitário em Minas Gerais, de 90-100% da população a ser atendida (média de 92,02% e desvio-padrão de 0,13%). Esses valores, com relação a coleta e tratamento de esgoto sanitário, vão de encontro ao Art. 11-B da Lei N. 14026/2020 (BRASIL, 2020), do marco legal do saneamento (metas de universalização que garantam o atendimento de 90% da população com coleta e tratamento de esgoto sanitário até 31 de dezembro de 2033). Entretanto, o planejamento das metas que foram descritas para 2035 devem se adequar à supracitada lei, para 2033;
- Os dados analisados não refletem com exatidão a melhoria do saneamento, pois a base de dados para IDHM, população, entre outros são pertinentes ao período de 1991 a 2010. Com a promulgação de novos instrumentos legais (Política Nacional de Resíduos Sólidos, Agências Reguladoras de Saneamento), tais índices podem ter se elevado;
- O método proposto no presente trabalho pode ser aprimorado para análise por porte municipal juntamente com a análise por bacia hidrográfica;

- Uma análise estatística que poderia aprimorar o presente trabalho seria a retirada do município de Belo Horizonte nas análises estatísticas realizadas, já que o mesmo possui uma população discrepante quando comparados aos demais municípios, que possuem cidades menos populosas.

## APÊNDICE

Tabela A.1: resultados da estatística univariada para os parâmetros avaliados

	N	Min	Max	Sum	Mean	Std. error	Variance	Stand. dev	Mediana	25 prcnil	75 prcnil	Skewness	Kurtosis	Geom. mean	Coeff. var
% da população em domicílios com água encanada 1991	85 2	2,49	99,84	55362,7 6	64,9797 7	0,85386 4	621,179 9	24,92348	71,905	48,3	85,2775	-0,73549	-0,55025	57,38474	38,35576
% da população em domicílios com água encanada 2000	85 2	13,0 4	99,8	68586,1 5	80,5001 8	0,67147 7	384,151 1	19,59977	88,645	72,5775	94,99	-1,35552	0,90882 7	77,0686	24,34749
% da população em domicílios com água encanada 2010	85 2	40,6 1	100	75311	88,3931 9	0,33821 4	97,4594 4	9,872155	91,31	83,355	95,8575	-1,37548	2,00415 2	87,76418	11,16846

Tabela A.1: resultados da estatística univariada para os parâmetros avaliados

	N	Min	Max	Sum	Mean	Std. error	Variance	Stand. dev	Media n	25 prcnil	75 prcnil	Skewnes	Kurtosis	Geom. mean	Coeff. var
Esperança de vida ao nascer 1991	85 2	58,1 7	71,48	56002,5 9	65,7307 4	0,08939 3	6,80849 8	2,60931	65,99	64,1	67,84	-0,35845	-0,51099	65,67844	3,969695
Esperança de vida ao nascer 2000	85 2	62,6 3	75,98	59776,8 3	70,1606	0,08226	5,76517 9	2,401079	70,15	68,4	72,1075	-0,10844	-0,606	70,11941	3,422261
Esperança de vida ao nascer 2010	85 2	68,3 7	78,15	63410,8 4	74,4258 7	0,06135 7	3,20746 7	1,79094	74,41	73,085	75,7875	-0,26723	-0,22163	74,40424	2,406341
IDHM Longevidade 1991	85 2	0,55 3	0,775	578,466	0,67895 1	0,00148 9	0,00188 9	0,043466	0,683	0,652	0,714	-0,35756	-0,50819	0,677534	6,401976
IDHM Longevidade 2000	85 2	0,62 7	0,85	641,352	0,75276 1	0,00137 1	0,00160 1	0,040014	0,7525	0,723	0,785	-0,1084	-0,60622	0,751691	5,315685
IDHM Longevidade 2010	85 2	0,72 3	0,886	701,902	0,82382 9	0,00102 3	0,00089 2	0,029861	0,824	0,80125	0,84675	-0,26921	-0,21802	0,823284	3,624647

Tabela A.1: resultados da estatística univariada para os parâmetros avaliados

	N	Min	Max	Sum	Mean	Std. error	Variance	Stand. dev	Mediana	25 prcnil	75 prcnil	Skewnes	Kurtosis	Geom. mean	Coeff. var
Taxa de mortalidade infantil 2013	83 2	0	125	11833,6	14,2230 8	0,54132 8	243,806 2	15,61429	12,04	0	20,72	2,309729	9,73012 5	0	109,7814
Taxa de mortalidade infantil 2014	83 2	0	80	11081,1 6	13,3187	0,48109 6	192,569	13,87692	10,95	0	18,8525	1,651273	3,69702 1	0	104,1913
Taxa de mortalidade infantil 2015	83 2	0	133,3 3	11144,7 7	13,3951 6	0,52127 4	226,076 1	15,03583	10,75	0	18,7825	2,319979	9,4808	0	112,2483
Taxa de mortalidade infantil 2016	83 2	0	125	11081,2	13,3187 5	0,54687 8	248,830 5	15,77436	10,665	0	18,52	2,488835	9,69425 8	0	118,4373
Taxa de mortalidade infantil 2017	83 2	0	222,2 2	11289,2 3	13,5687 9	0,54678 2	248,743 3	15,7716	11,425	0	19,23	4,100582	39,9174 9	0	116,2344

Tabela A.1: resultados da estatística univariada para os parâmetros avaliados

	N	Min	Max	Sum	Mean	Std. error	Variance	Stand. dev	Mediana	25 prcnil	75 prcnil	Skewnes	Kurtosis	Geom. mean	Coeff. var
% de internações por doenças relacionadas ao saneamento ambiental inadequado 2013	852	0	26,37	1997,21	2,344143	0,110469	10,39732	3,224488	1,25	0,54	2,8275	3,182143	13,93119	0	137,5551
% de internações por doenças relacionadas ao saneamento ambiental inadequado 2014	852	0	32,1	1904,05	2,2348	0,111075	10,51168	3,242173	1,095	0,45	2,65	3,508383	18,08683	0	145,0766

Tabela A.1: resultados da estatística univariada para os parâmetros avaliados

	N	Min	Max	Sum	Mean	Std. error	Variance	Stand. dev	Mediana	25 prcnil	75 prcnil	Skewnes	Kurtosis	Geom. mean	Coeff. var
% de internações por doenças relacionadas ao saneamento ambiental inadequado 2015	852	0	32,1	1799,5	2,112089	0,105888	9,552853	3,090769	1,11	0,44	2,3675	3,509077	18,28453	0	146,337
% de internações por doenças relacionadas ao saneamento ambiental inadequado 2016	852	0	36,49	2040,57	2,395035	0,118552	11,97452	3,460422	1,26	0,61	2,57	3,699684	19,81943	0	144,4831

Tabela A.1: resultados da estatística univariada para os parâmetros avaliados

	N	Min	Max	Sum	Mean	Std. error	Variance	Stand. dev	Mediana	25 prcnil	75 prcnil	Skewnes	Kurtosis	Geom. mean	Coeff. var
% de pessoas inscritas no Cadastro Único sem abastecimento de água adequado 2014	852	0,86	79,95	24751,33	29,05086	0,625752	333,6137	18,26509	25,575	14,4425	41,325	0,601557	-0,45041	22,47145	62,87283
% de pessoas inscritas no Cadastro Único sem abastecimento de água adequado 2015	852	0,5	77,66	23450,84	27,52446	0,617471	324,8421	18,02338	23,68	12,855	39,91	0,678821	-0,36855	20,9449	65,4813



Tabela A.1: resultados da estatística univariada para os parâmetros avaliados

	N	Min	Max	Sum	Mean	Std. error	Variance	Stand. dev	Mediana	25 prcnil	75 prcnil	Skewnes	Kurtosis	Geom. mean	Coeff. var
% de pessoas inscritas no Cadastro Único sem abastecimento de água adequado 2016	852	0,42	78,95	22672,11	26,61046	0,61251	319,6434	17,87857	22,675	11,87	38,11	0,726916	-0,2744	19,97927	67,18627
% de pessoas inscritas no Cadastro Único sem abastecimento de água adequado 2017	852	0,19	76,1	22168,94	26,01988	0,596972	303,6322	17,42504	21,795	11,9625	37,4425	0,721703	-0,27278	19,56317	66,96819

Tabela A.1: resultados da estatística univariada para os parâmetros avaliados

	N	Min	Max	Sum	Mean	Std. error	Variance	Stand. dev	Media n	25 prcnil	75 prcnil	Skewnes s	Kurtosis	Geom. mean	Coeff. var
% de pessoas inscritas no Cadastro Único sem esgotamento sanitário adequado 2014	85 2	0,22	99,27	26249,4 7	30,8092 4	0,84347 8	606,160 2	24,62032	24,05	10,9225	44,2875	0,965148	0,20665 6	20,11874	79,91214
% de pessoas inscritas no Cadastro Único sem esgotamento sanitário adequado 2015	85 2	0,14	99,56	25033,3 1	29,3818 2	0,84196 3	603,984	24,57609	22,16	9,595	42,91	1,020796	0,30069 3	18,51705	83,64385

Tabela A.1: resultados da estatística univariada para os parâmetros avaliados

	N	Min	Max	Sum	Mean	Std. error	Variance	Stand. dev	Media n	25 prcnil	75 prcnil	Skewnes	Kurtosis	Geom. mean	Coeff. var
% de pessoas inscritas no Cadastro Único sem esgotamento sanitário adequado 2016	851	0,14	99,51	24080,16	28,29631	0,833029	590,5407	24,30104	21,15	8,91	41,85	1,058919	0,389216	17,49095	85,88061
% de pessoas inscritas no Cadastro Único sem esgotamento sanitário adequado 2017	852	0,34	99,44	22989,29	26,98273	0,807197	555,1348	23,5613	19,72	8,0325	39,905	1,112387	0,576072	16,46302	87,31991

Tabela A.1: resultados da estatística univariada para os parâmetros avaliados

	N	Min	Max	Sum	Mean	Std. error	Variance	Stand. dev	Mediana	25 prcnil	75 prcnil	Skewnes	Kurtosis	Geom. mean	Coeff. var
% da população urbana residente em domicílios ligados à rede de esgotamento sanitário 2013	532	0	100	46082,79	86,62179	0,956487	486,7096	22,0615	96,79	84,4925	100	-2,09622	3,727286	0	25,46876
% da população urbana residente em domicílios ligados à rede de esgotamento sanitário 2014	567	0	100	49653,85	87,57293	0,889595	448,7119	21,18282	97,9	85,68	100	-2,1732	4,237231	0	24,18878

Tabela A.1: resultados da estatística univariada para os parâmetros avaliados

	N	Min	Max	Sum	Mean	Std. error	Variance	Stand. dev	Mediana	25 prcnil	75 prcnil	Skewnes	Kurtosis	Geom. mean	Coeff. var
% da população urbana residente em domicílios ligados à rede de esgotamento sanitário 2015	562	0	100	45672,68	81,26811	1,033715	600,5341	24,5058	92,11	71,5925	99,6225	-1,5404	1,629385	0	30,15426
% da população urbana residente em domicílios ligados à rede de esgotamento sanitário 2016	625	0	100	51453,92	82,32627	0,955293	570,3653	23,88232	93,77	72,4	99,9	-1,54818	1,662343	0	29,00936

Tabela A.1: resultados da estatística univariada para os parâmetros avaliados

	N	Min	Max	Sum	Mean	Std. error	Variance	Stand. dev	Mediana	25 prcnil	75 prcnil	Skewnes	Kurtosis	Geom. mean	Coeff. var
% da população urbana residente em domicílios ligados à rede de esgotamento sanitário 2017	594	0	100	48330,99	81,3653	1,003723	598,431	24,46285	91,78	71,575	99,7325	-1,53194	1,60618	0	30,06546
% de esgoto sanitário tratado 2013	532	0	100	14510,69	27,27573	1,798917	1721,606	41,49224	0	0	70,09	1,003632	-0,87183	0	152,1214
% de esgoto sanitário tratado 2014	568	0	100	17725,07	31,20611	1,828691	1899,455	43,58274	0	0	89,515	0,804452	-1,25258	0	139,6609
% de esgoto sanitário tratado 2015	562	0	100	18315,4	32,58968	1,858192	1940,517	44,0513	0	0	93,48	0,728689	-1,37909	0	135,1695

Tabela A.1: resultados da estatística univariada para os parâmetros avaliados

	N	Min	Max	Sum	Mean	Std. error	Variance	Stand. dev	Media n	25 prcnil	75 prcnil	Skewnes s	Kurtosis	Geom. mean	Coeff. var
% de esgoto sanitário tratado 2016	625	0	100	19977,15	31,96344	1,743395	1899,642	43,58489	0	0	90	0,762247	-1,30893	0	136,3586
% de esgoto sanitário tratado 2017	595	0	100	20886,3	35,10303	1,831365	1995,569	44,6718	0	0	95,99	0,610064	-1,53102	0	127,2591

## REFERÊNCIAS

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS – ANA. **Atlas Brasil: Abastecimento Urbano de Água**. Brasília-DF: ANA, 2010a. Disponível em: <http://atlas.ana.gov.br/Atlas/forms/RegioesAdministrativas.aspx> Acesso em 30 de setembro de 2020.

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS – ANA. **Atlas Esgoto sanitário: Despoluição de Bacias Hidrográficas**. Brasília-DF: ANA, 2010b. Disponível em: <http://atlasesgoto.sanitario.ana.gov.br/> Acesso em 30 de setembro de 2020.

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS – ANA. **Atlas Esgoto sanitário: Despoluição de Bacias Hidrográficas**. Brasília-DF: ANA. Disponível em: [http://www.snirh.gov.br/portal/snirh/snirh-1/atlas-esgoto\\_sanitario/tabela\\_completa\\_por\\_municipios.xlsx](http://www.snirh.gov.br/portal/snirh/snirh-1/atlas-esgoto_sanitario/tabela_completa_por_municipios.xlsx) Acesso em 16 de janeiro de 2021.

BELCHIOR, W. S.. Os impactos do Novo Marco Legal do Saneamento Básico. **Revista Consultor Jurídico**, *online*, 19 ago. 2020. Disponível em: <https://www.conjur.com.br/2020-ago-19/wilson-belchior-impactos-marco-saneamento>. Acesso em: 07 jan. 2021.

BEHERA, B.; RAHUT, D. B.; SETHI, N., Analysis of household access to drinking water, sanitation, and waste disposal services in urban areas of Nepal, **Utilities Policy**, Vol. 62, 2020, 100996, <https://doi.org/10.1016/j.jup.2019.10099>

BENTO, A. P. *et al.* Caracterização da Microfauna em estações de Tratamento de esgoto sanitário do tipo lodos Ativados: Um Instrumento de Avaliação e Controle do Processo. **Revista Engenharia Sanitária e Ambiental**, Florianópolis, ABES, v. 10, n. 4, p. 329-338, 2005. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/esa/v10n4/a09v10n4.pdf>>.

BRASIL. **Lei nº. 11.445, de 5 de janeiro de 2007**. Estabelece diretrizes nacionais para o saneamento básico; altera as Leis nos. 6.766, de 19 de dezembro de 1979, 8.036, de 11 de maio de 1990, 8.666, de 21 de junho de 1993, 8.987, de 13 de fevereiro de 1995; revoga a Lei no.



6.528, de 11 de maio de 1978; e dá outras providências. Brasília: Presidência da República, 2007. Disponível em: <[http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_ato2007-2010/2007/lei/l11445.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2007/lei/l11445.htm)>. Acesso em: 03 jan. 2021.

BRASIL. **Decreto N° 7.217, de 21 de junho de 2010.** Regulamenta a Lei no 11.445, de 5 de janeiro de 2007, que estabelece diretrizes nacionais para o saneamento básico, e dá outras providências. Brasília: Presidência da República, 2010. Disponível em: <[http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_ato2007-2010/2010/Decreto/D7217.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2010/Decreto/D7217.htm)>. Acesso em: 16 jan. 2021.

BRASIL. Ministério das Cidades. Secretaria Nacional de Saneamento – SNS. **Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento: 24° Diagnóstico dos Serviços de Água e Esgoto sanitário** – 2018. Brasília: SNS/MDR, 2019. 180 p.: il.

BRASIL. **Lei n° 14.026, de 15 de julho de 2020.** Atualiza o marco legal do saneamento básico e altera a Lei n° 9.984, de 17 de julho de 2000, para atribuir à Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico (ANA) competência para editar normas de referência sobre o serviço de saneamento, a Lei n° 10.768, de 19 de novembro de 2003, para alterar o nome e as atribuições do cargo de Especialista em Recursos Hídricos, a Lei n° 11.107, de 6 de abril de 2005, para vedar a prestação por contrato de programa dos serviços públicos de que trata o art. 175 da Constituição Federal, a Lei n° 11.445, de 5 de janeiro de 2007, para aprimorar as condições estruturais do saneamento básico no País, a Lei n° 12.305, de 2 de agosto de 2010, para tratar dos prazos para a disposição final ambientalmente adequada dos rejeitos, a Lei n° 13.089, de 12 de janeiro de 2015 (Estatuto da Metrópole), para estender seu âmbito de aplicação às microrregiões, e a Lei n° 13.529, de 4 de dezembro de 2017, para autorizar a União a participar de fundo com a finalidade exclusiva de financiar serviços técnicos especializados. Diário Oficial da União, 16 julho 2020. Disponível em: [http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_Ato2019-2022/2020/Lei/L14026.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2019-2022/2020/Lei/L14026.htm). Acesso em 08 de janeiro de 2021.

BRASIL. **Lei n° 9.433, de 8 de janeiro de 1997.** Institui a Política Nacional de Recursos Hídricos, cria o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos, regulamenta o inciso XIX do art. 21 da Constituição Federal, e altera o art. 1° da Lei n° 8.001, de 13 de março

de 1990, que modificou a Lei nº 7.990, de 28 de dezembro de 1989. Diário Oficial da República Federativa do Brasil, Brasília, DF 09/01/1997, P. 470. Disponível em: [http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/leis/L9433.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/L9433.htm) Acesso em: 21/01/2021.

BRASIL. **Portaria nº 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. Brasília: Presidência da República, 2011. Disponível em: < [https://bvsmis.saude.gov.br/bvs/saudelegis/gm/2011/prt2914\\_12\\_12\\_2011.html](https://bvsmis.saude.gov.br/bvs/saudelegis/gm/2011/prt2914_12_12_2011.html)>. Acesso em: 27 jan. 2021.

BRASIL. **Portaria de consolidação nº 5, de 28 de setembro de 2017.** Consolidação das normas sobre as ações e os serviços de saúde do Sistema Único de Saúde. Brasília: Presidência da República, 2017. Disponível em: < <https://portalarquivos2.saude.gov.br/images/pdf/2018/marco/29/PRC-5-Portaria-de-Consolida----o-n---5--de-28-de-setembro-de-2017.pdf>>. Acesso em: 27 jan. 2021.

BRASIL. **Resolução nº 430, de 13 de maio de 2011.** Dispõe sobre as condições e padrões de lançamento de efluentes, complementa e altera a Resolução no 357, de 17 de março de 2005, do Conselho Nacional do Meio Ambiente-CONAMA. Brasília: Presidência da República, 2005. Disponível em: < <http://www2.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=646>>. Acesso em: 28 jan. 2021.

CHERNICHARO, C. A. L. **Pós-tratamento de efluentes de reatores anaeróbios.** Coordenação Carlos Augusto Lemos Chernicharo. Rio de Janeiro: Programa Saneamento Básico (PROSAB), 2001.

CORNELLI, R. *et al.* Métodos de tratamento de esgoto sanitário domésticos: uma revisão sistemática. **Revista de estudos ambientais**, Blumenau, v. 16, n. 2, p. 20-36, 2014.

COSTA, S. A. B.; Côrtes, L. S.; Coelho, T.; Freitas, M. M. Indicadores em saneamento: avaliação da prestação dos serviços de água e de esgoto sanitário em Minas Gerais. **Rev. UFMG**, Belo Horizonte, v. 20, n.2, p. 334-357, jul./dez. 2013

CRUZ, N.; MIERZWA, J. C.. Saúde pública e inovações tecnológicas para abastecimento público. **Saúde e Sociedade**, [S.L.], v. 29, n. 1, p. 1-8, 2020. FapUNIFESP (SciELO). <http://dx.doi.org/10.1590/s0104-12902020180824>.

CUNHA, M. A.; BORJA, P. C.. O programa de aceleração do crescimento no estado da Bahia e os desafios da universalização do saneamento básico. **Urbe. Revista Brasileira de Gestão Urbana**, [S.L.], v. 10, n. 1, p. 173-185, 30 jul. 2018. FapUNIFESP (SciELO). <http://dx.doi.org/10.1590/2175-3369.010.sup11.ao09>.

DANTAS, F. von A. et al.. Uma análise da situação do saneamento no Brasil. **Facef Pesquisa: Desenvolvimento e Gestão**, [s. l.], v. 15, n. 3, p. 272-284, dez. 2012.

FRANCISCO, A. A.; POHLMANN, P. H. M.; FERREIRA, M. A.. Tratamento convencional de águas para abastecimento humano: Uma abordagem teórica dos processos envolvidos e dos indicadores de referência. In: congresso brasileiro de gestão ambiental, 2., 2011, Londrina. **Anais [...]**. Londrina: Ibeas, 2011. p. 1-9

FRANCO, Gabriel. SOS Estatística. **Como utilizar o teste t de student**. março 23, 2015. Disponível em: <https://sosestatistica.com.br/como-utilizar-o-teste-t-de-student/>. Acesso em: 11 de maio de 2021.

GOV. **Novo Marco de Saneamento é sancionado e garante avanços para o País**. Disponível em: <https://www.gov.br/pt-br/noticias/transito-e-transportes/2020/07/novo-marco-de-saneamento-e-sancionado-e-garante-avancos-para-o-pais>. Acesso em: 11 jan. 2021.

KHERBACHE, N.; OUKACI, K., Assessment of capital expenditure in achieving sanitation-related MDG targets and the uncertainties of the SDG targets in Algeria, **World Development Perspectives**, Vol. 19, 2020, 100236, ISSN 2452-2929, <https://doi.org/10.1016/j.wdp.2020.100236>

NDIKUMANA, L.; PICKBOURN, L., The Impact of Foreign Aid Allocation on Access to Social Services in sub-Saharan Africa: The Case of Water and Sanitation, **World Development**, Vol. 90, 2017, p. 104-114, ISSN 0305-750X, <https://doi.org/10.1016/j.worlddev.2016.09.001>

HELLER, L.; PÁDUA, V. L. **Abastecimento de água para consumo humano**. 1º Ed. Minas Gerais: UFMG, 2006.

IBGE. **Pesquisa Nacional de Saneamento Básico 2017**: abastecimento de água e esgotamento sanitário. Rio de Janeiro: IBGE, 2020. 124 p.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE. **A população total do estado de Minas Gerais**. Disponível em : <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/mg/panorama>. Acesso em: 02 janeiro 2021.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE. Brasil – Minas Gerais. Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/mg/panorama>. Acesso em: 16 janeiro 2021.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - IBGE. PESQUISA NACIONAL DE SANEAMENTO BÁSICO - PNSB. **Esgotamento Sanitário**. Disponível em: [https://ftp.ibge.gov.br/Indicadores\\_Sociais/Saneamento\\_Basico/2017/tabelas\\_xlsx/esgotamento\\_sanitario.zip](https://ftp.ibge.gov.br/Indicadores_Sociais/Saneamento_Basico/2017/tabelas_xlsx/esgotamento_sanitario.zip). Acesso em 16 de janeiro de 2021.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - IBGE. PESQUISA NACIONAL DE SANEAMENTO BÁSICO - PNSB. **Abastecimento de Água**. Disponível em: [https://ftp.ibge.gov.br/Indicadores\\_Sociais/Saneamento\\_Basico/2017/tabelas\\_xlsx/abastecimento\\_de\\_agua.zip](https://ftp.ibge.gov.br/Indicadores_Sociais/Saneamento_Basico/2017/tabelas_xlsx/abastecimento_de_agua.zip). Acesso em 16 de janeiro de 2021.

MACEDO, J. A. B. **Águas & Águas**. 3º Ed. Minas Gerais: CRQ – MG, 2007.

MASSA, K. H. C.; CHIAVEGATTO FILHO, A. D. P.. Saneamento básico e saúde autoavaliada nas capitais brasileiras: uma análise multinível. **Revista Brasileira de Epidemiologia**, [S.L.], v. 23, p. 1-13, 2020. FapUNIFESP (SciELO). <http://dx.doi.org/10.1590/1980-549720200050>.

MINAS GERAIS. Secretaria de Estado de Meio Ambiente e Desenvolvimento Sustentável. **Panorama do esgotamento sanitário em Minas Gerais**: relatório preliminar / Secretaria de

Estado de Meio Ambiente e Desenvolvimento Sustentável. --- Belo Horizonte: Semad, 2020. 48 p

MINAS GERAIS. **Deliberação Normativa Conjunta COPAM/CERH-MG nº 01, de 05 de maio de 2008**. Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e dá outras providências. Belo Horizonte: Secretário Adjunto da Secretaria de Meio Ambiente e Desenvolvimento Sustentável e Secretário Executivo do COPAM e CERH/MG, 2008. Disponível em: < <http://www.siam.mg.gov.br/sla/download.pdf?idNorma=8151>>. Acesso em: 28 jan. 2021.

NAÇÕES UNIDAS. **Sobre o nosso trabalho para alcançar os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável no Brasil**. Disponível em: <https://brasil.un.org/pt-br/sdgs>. Acesso em: 08 jan. 2021.

NOZAKI, V.T. **Análise do setor de saneamento básico do Brasil**. 2007. 109 f. Dissertação (Mestrado em Economia Aplicada)- FEA-RP, Universidade de São Paulo, Ribeirão Preto, 2007. ORTIZ, Iván Andrés Sánchez et al.. Coleta, transporte, tratamento e disposição final de esgoto sanitário urbano. In: BENINI, Sandra Medina. **Saneamento e o Ambiente**. Tupã: Anap, 2018. p. 37-61.

OLIVEIRA, S. M. A. C.; VON SPERLING, M.. Avaliação de 166 ETEs em operação no país, compreendendo diversas tecnologias. Parte 1: análise de desempenho. **Engenharia Sanitaria e Ambiental**, [S.L.], v. 10, n. 4, p. 347-357, dez. 2005. FapUNIFESP (SciELO). <http://dx.doi.org/10.1590/s1413-41522005000400011>.

PAIVA, R. F. da P. de S.; SOUZA, M. F. da P. de. Associação entre condições socioeconômicas, sanitárias e de atenção básica e a morbidade hospitalar por doenças de veiculação hídrica no Brasil. **Cadernos de Saúde Pública**, [S.L.], v. 34, n. 1, p. 1-11, 5 fev. 2018. FapUNIFESP (SciELO). <http://dx.doi.org/10.1590/0102-311x00017316>.

PALAEONTOLOGICAL ASSOCIATION. PAST: PALEONTOLOGICAL STATISTICS SOFTWARE PACKAGE FOR EDUCATION AND DATA ANALYSIS. Versão 4.03.

Palaeontological Association, 22 June 2001. Disponível em: [https://palaeo-electronica.org/2001\\_1/past/issue1\\_01.htm](https://palaeo-electronica.org/2001_1/past/issue1_01.htm). Acesso em 16 de janeiro de 2020.

PNUD. **O que é o IDHM.** Disponível em: <https://www.br.undp.org/content/brazil/pt/home/idh0/conceitos/o-que-e-o-idhm.html>. Acesso em: 20 mar. 2021.

PONTES, P. P.; CHERNICHARO, C. A. de L.. Efeito do retorno de lodo aeróbio sobre as características da biomassa presente em reatores UASB tratando esgoto sanitário. **Engenharia Sanitaria e Ambiental**, [S.L.], v. 14, n. 2, p. 223-234, jun. 2009. FapUNIFESP (SciELO). <http://dx.doi.org/10.1590/s1413-41522009000200010>.

PROGRAMA DAS NAÇÕES UNIDAS PARA O DESENVOLVIMENTO - PNUD. ATLAS BRASIL. **Ranking: Veja a posição de sua territorialidade no ranking do IDHM.** Disponível em: <http://www.atlasbrasil.org.br/consulta/planilha>. Acesso em 16 de janeiro de 2021.

POLIDO, L. H. Project and estimated cost proposal of a wastewater treatment plant for the Campus Ecoville of UTFPR. 2013. 87 f. Trabalho de Conclusão de Curso – Engenharia de Produção Civil, Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Curitiba, 2013.

ROSSONI, H. A. V.; FARIA, M. T. da S.; SILVA, A. C.; HELLER, L.. Aspectos socioeconômicos e de desenvolvimento humano municipal determinantes na ausência de prestadores de serviços de esgotamento sanitário no Brasil. **Engenharia Sanitaria e Ambiental**, [S.L.], v. 25, n. 2, p. 393-402, mar. 2020. FapUNIFESP (SciELO). <http://dx.doi.org/10.1590/s1413-41522020183887>.

SIQUEIRA, M. S.; ROSA, R. dos S.; BORDIN, R.; NUGEM, R. de C.; SIQUEIRA, M. S.; ROSA, R. dos S.; BORDIN, R.; NUGEM, R. de C.. Internações por doenças relacionadas ao saneamento ambiental inadequado na rede pública de saúde da região metropolitana de Porto Alegre, Rio Grande do Sul, 2010-2014\*. **Epidemiologia e Serviços de Saúde**, [S.L.], v. 26, n. 4, p. 795-806, nov. 2017. FapUNIFESP (SciELO). <http://dx.doi.org/10.5123/s1679-49742017000400011>.

SOUZA, M. M. de; SANTOS, A. S. P.. Água potável, água residuária e saneamento no Brasil e na Holanda no âmbito do Programa de Visitação Holandês - DVP: dutch visitors programme. **Engenharia Sanitaria e Ambiental**, [S.L.], v. 21, n. 2, p. 387-395, jun. 2016. FapUNIFESP (SciELO). <http://dx.doi.org/10.1590/s1413-41522016153703>.

SOUZA, Ana Cristina A. de; COSTA, Nilson do Rosário. Política de saneamento básico no Brasil: discussão de uma trajetória. **História, Ciências, Saúde-Manguinhos**, [S.L.], v. 23, n. 3, p. 615-634, set. 2016. FapUNIFESP (SciELO). <http://dx.doi.org/10.1590/s0104-59702016000300002>.

TADADJEU, S.; NJANGANG, H.; NINGAYE, P.; NOUROU, M. Linking natural resource dependence and access to water and sanitation in African countries, **Resources Policy**, Vol. 69, 2020, 101880, <https://doi.org/10.1016/j.resourpol.2020.101880>

VON SPERLING, M.; CHERNICHARO, C. A. **Biological wastewater treatment in warm climate regions**. v. 1. Padstow, UK: IWA Publishing, 2005. 835 p.

VON SPERLING, M.. **Princípios do Tratamento Biológico de Águas Residuárias** – Lagoas de Estabilização, v.03. Minas Gerais: ABES, 1996.

WORLD HEALTH ORGANIZATION – WHO. **Drinking-water**. WHO, 14 Junho 2019. Disponível em: <https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/drinking-water>. Acesso em 16 de janeiro de 2021.

WORLD HEALTH ORGANIZATION – WHO. **Sanitation**. WHO, 14 Junho 2019. Disponível em: <https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/sanitation>. Acesso em 16 de janeiro de 2021.

WOLKMER, M. F.; PIMMEL, N. F.. Política Nacional de Recursos Hídricos: governança da água e cidadania ambiental. **Seqüência: Estudos Jurídicos e Políticos**, [S.L.], v. 34, n. 67, p. 165-198, 9 dez. 2013. Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC). <http://dx.doi.org/10.5007/2177-7055.2013v34n67p165>.