

UNIVERSIDADE ESTADUAL DE PONTA GROSSA  
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL

LETÍCIA RAPHAELA ALVES DA SILVA BELINOVSKI DAMICO

UTILIZAÇÃO DE TÉCNICAS ESTATÍSTICAS NA ANÁLISE DE DADOS DE  
SANEAMENTO BÁSICO E SAÚDE NAS CAPITAIS BRASILEIRAS

PONTA GROSSA

2021

LETÍCIA RAPHAELA ALVES DA SILVA BELINOVSKI DAMICO

UTILIZAÇÃO DE TÉCNICAS ESTATÍSTICAS NA ANÁLISE DE DADOS DE  
SANEAMENTO BÁSICO E SAÚDE NAS CAPITALS BRASILEIRAS

Dissertação apresentada para obtenção do título de Mestre na Universidade Estadual de Ponta Grossa, Área de Saneamento Ambiental e Recursos Hídricos.

Orientador(a): Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Giovana Wiecheteck

Coorientador(a): Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Deyse Márcia Pacheco Gebert

PONTA GROSSA

2021

D158

Damico, Leticia Raphaela Alves da Silva Belinovski

Utilização de técnicas estatísticas na análise de dados de Saneamento Básico e Saúde nas capitais brasileiras / Leticia Raphaela Alves da Silva Belinovski Damico. Ponta Grossa, 2021.

97 f.

Dissertação (Mestrado em Engenharia Sanitária e Ambiental - Área de Concentração: Saneamento Ambiental e Recursos Hídricos), Universidade Estadual de Ponta Grossa.

Orientadora: Profa. Dra. Giovana Wiecheteck.

Coorientadora: Profa. Dra. Deyse Márcia Pacheco Gebert.

1. Capitais brasileiras. 2. Doenças de veiculação hídrica. 3. Saneamento básico. I. Wiecheteck, Giovana. II. Gebert, Deyse Márcia Pacheco. III. Universidade Estadual de Ponta Grossa. Saneamento Ambiental e Recursos Hídricos. IV.T.

CDD: 628.4



## CERTIFICADO DE APROVAÇÃO - DEFESA DE MESTRADO



PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL  
Certificado nº 2/2021

Titulo da Dissertação: "UTILIZAÇÃO DE TÉCNICAS ESTATÍSTICAS NA ANÁLISE DE DADOS DE SANEAMENTO BÁSICO E SAÚDE NAS CAPITAIS BRASILEIRAS".

Nome: LETÍCIA RAPHAELA ALVES DA SILVA BELINOVSKI DAMICO

Orientadora: Prof<sup>ª</sup>. Dr<sup>ª</sup>. Giovana Kátie Wiecheteck

Co-orientadora: Prof<sup>ª</sup>. Dr<sup>ª</sup>. Deyse Márcia Pacheco Gebert

Aprovada pela Comissão Examinadora:

Prof<sup>ª</sup>. Dr<sup>ª</sup>. Giovana Kátie Wiecheteck  
UEPG/Ponta Grossa - PR

Prof. Dr. Charles Carneiro  
ISAE-FGV/Curitiba - PR

Prof. Dr. Gabriel Alfredo Carranza  
UL Lafayette/Lafayette – Louisiana (EUA)

Ponta Grossa, 10 de setembro de 2021



Documento assinado eletronicamente por **Giovana Katie Wiecheteck, Professor(a)**, em 13/09/2021, às 11:23, conforme Resolução UEPG CA 114/2018 e art. 1º, III, "b", da Lei 11.419/2006.



Documento assinado eletronicamente por **CHARLES CARNEIRO, Usuário Externo**, em 13/09/2021, às 11:27, conforme Resolução UEPG CA 114/2018 e art. 1º, III, "b", da Lei 11.419/2006.



Documento assinado eletronicamente por **Gabriel A. Carranza, Usuário Externo**, em 13/09/2021, às 11:29, conforme Resolução UEPG CA 114/2018 e art. 1º, III, "b", da Lei 11.419/2006.

A autenticidade do documento pode ser conferida no site <https://sei.uepg.br/autenticidade> informando o código verificador **0603654** e o código CRC **50908B7A**.

Dedico este trabalho ao meu esposo Anderson e pais Josélia e Jamil.

## **AGRADECIMENTOS**

A Deus por ter me concedido o dom da vida e por me proporcionar capacidade para a realização deste trabalho.

As minhas orientadoras, Dra. Giovana e Dra. Deyse, pela contribuição de seus conhecimentos, sugestões na orientação da dissertação e por todo tipo de apoio dado para que o trabalho fosse realizado.

Ao meu cônjuge, Anderson, que além de esposo foi meu colega de mestrado. Por toda parceria desde o início das aulas, quando começamos como alunos especiais, por ter sido nosso fiel motorista para que participássemos das aulas em Ponta Grossa e Irati, pelo apoio e incentivo, e mesmo com todas as nossas dificuldades e mudanças ao longo desses anos nos chegamos até a finalização dos nossos trabalhos.

Aos meus pais, Jamil e Josélia, que sempre acreditaram no meu potencial e me auxiliaram em todos os aspectos para que eu pudesse concluir essa etapa.

A minha tia Josélia (Dedéia) e avó Alice por nos darem poso, carinho, café, almoço e janta em Teixeira Soares nas quintas e sextas-feiras para que pudéssemos assistir as aulas em Irati. Vocês nos ajudaram muito e sempre nos incentivaram a não desistir, por mais difícil que poderia parecer ser.

Aos primos do meu pai, Eliane e Adriano, e ao Gabriel filho do casal, por me acolherem na casa deles em Ponta Grossa quando precisei inicializar a análise laboratorial do primeiro projeto escrito, que infelizmente não foi possível dar continuidade devido a pandemia e outras dificuldades encontradas.

Aos colegas de mestrado, pelo apoio, amizade e incentivo nas aulas e na elaboração deste trabalho. E a todos os professores do PPGESA tanto da UEPG quanto da UNICENTRO pela dedicação das aulas que deram suporte para a realização do trabalho.

A Joelma, secretária do mestrado da UNICENTRO em IRATI, que nunca mediu esforços para nos ajudar em todas as questões burocráticas ao longo do curso.

A todos que direta ou indiretamente contribuíram para a conclusão desta pesquisa.

“Por vezes sentimos que aquilo que fazemos não é senão uma gota de água no mar. Mas o mar seria menor se lhe faltasse uma gota.”

(Madre Teresa de Calcutá)

## RESUMO

Os serviços de saneamento básico, como abastecimento de água potável, coleta e tratamento de esgoto, coleta e disposição final de resíduos sólidos e drenagem urbana são importantes determinantes para promoção da saúde e o bem-estar da população. Em algumas regiões do Brasil esses serviços são precários, principalmente em relação à coleta e tratamento de esgoto sanitário. O objetivo do presente trabalho foi avaliar a relação entre a proporção da população atendida com os serviços de abastecimento de água, coleta de esgoto sanitário e coleta de resíduos sólidos com as taxas de internamento por doenças de veiculação hídrica e mortalidade por doenças infecciosas e parasitárias em menores de 1 e 5 anos, nas capitais brasileiras no período de 2008 a 2019. A partir de dados secundários do Sistema Nacional de Informações em Saneamento (SNIS) e do Departamento de Informática do SUS (DATASUS), foram realizadas análises estatísticas de correlação e regressão linear simples, agrupamento e intervalos de confiança para avaliar as semelhanças entre as capitais brasileiras e as relações entre saúde e serviços de saneamento básico. Com os resultados obtidos, observou-se uma correlação significativa e inversamente proporcional ( $r > -0,7$ ) entre a população atendida por serviços de esgotamento sanitário e as taxas de internação por doenças de veiculação hídrica, ressaltando a importância da abrangência deste serviço para redução das taxas de internamento hospitalar estudadas, principalmente nas capitais Belém, Boa Vista, Campo Grande, Cuiabá, Curitiba, João Pessoa, Natal, Palmas, Porto Alegre, Porto Velho, Rio de Janeiro, São Luís e Teresina. Com a análise de agrupamento e de intervalo de confiança foi possível visualizar similaridades entre algumas capitais, como por exemplo capitais das regiões Sul, Sudeste e Centro-Oeste e capitais das regiões Norte e Nordeste do Brasil. Conclui-se que apesar da grande diversidade entre as capitais brasileiras e do estudo não ter considerado o investimento em saneamento básico feito no período analisado, foi possível visualizar que em algumas capitais as correlações entre serviços de saneamento e as taxas de internamento hospitalar por doenças de veiculação hídrica são evidentes e demonstram a necessidade do acesso a esses serviços para as melhores condições de saúde da população. Por outro lado, deve-se salientar que os dados obtidos no SNIS e DATASUS podem apresentar falhas, com variável grau de precisão nas diferentes regiões do Brasil.

**Palavras-chave:** Capitais brasileiras. Doenças de veiculação hídrica. Saneamento básico.

## ABSTRACT

Sanitation services, such as drinking water supply, sewage collection and treatment, collection and final disposal of solid waste and urban drainage are important for promoting the health and well-being of the population. These services are precarious in some regions of Brazil, mainly in relation to the collection and treatment of sewage. The objective of this study was to evaluate the relationship between the proportion of the population served by drinking water, sewage and solid waste collection, with the hospitalization rates due to waterborne diseases and mortality due to infectious and parasitic diseases in children under 1 and 5 years old, in Brazilian capitals from 2008 to 2019. Based on data from the National Sanitation Information System (SNIS), and the Informatics Department of the Unified Health System (DATASUS), statistical analyzes of correlation and simple linear regression, clustering and confidence intervals were performed to assess the similarities between Brazilian capitals and the relationships between health and sanitation. With the results obtained, a significant and inversely proportional correlation ( $r > -0,7$ ) was observed between the population served by sewage collection and the hospitalization rates due to waterborne diseases, highlighting the importance of that to reduce hospitalization rates, mainly in the capitals: Belém, Boa Vista, Campo Grande, Cuiabá, Curitiba, João Pessoa, Natal, Palmas, Porto Alegre, Porto Velho, Rio de Janeiro, São Luís and Teresina. With the cluster and confidence interval analysis, it was possible to see similarities between some capitals, such as capitals of the South, Southeast and Center-West regions and capitals of the North and Northeast regions of Brazil. We concluded that despite the great diversity among Brazilian capitals and the study did not consider the investment applied in sanitation made during the study period, it was possible to verify that in some capitals the correlations between sanitation and hospitalization rates due to waterborne diseases are evident and demonstrate the need for access to sanitation for better health conditions of the population. On the other hand, it must be noted that SNIS and DATASUS data may be flawed, with variable precision in different regions of Brazil.

**Key words:** Brazilian capitals. Sanitation. Waterborne diseases.

## LISTA DE FIGURAS

|              |  |    |
|--------------|--|----|
| Figura 3.1 - | Porcentagem da população brasileira sem acesso à água potável por região nos anos de 2010 e 2019.....  | 30 |
| Figura 3.2 - | Porcentagem da população brasileira sem coleta de esgoto por região nos anos de 2010 e 2019.....   | 30 |
| Figura 3.3 - | Diagrama de dispersão .....  | 34 |
| Figura 3.4 - | Reta e equação de regressão linear entre as variáveis "X e "Y .....  | 37 |
| Figura 3.5 - | Dendrograma para o agrupamento de 5 elementos destacando dois diferentes cortes .....  | 40 |
| Figura 3.6 - | Intervalos de confiança para idades de machos e fêmeas.....  | 42 |
| Figura 4.1 - | Fluxograma das etapas desenvolvidas no trabalho com ênfase nas análises estatísticas utilizadas. ....  | 43 |
| Figura 5.1 - | Diagramas de dispersão e equações da reta de regressão linear simples das capitais que apresentaram correlação linear significativa entre os indicadores SAA e TIDVH.....        | 53 |
| Figura 5.2 - | Diagrama de dispersão e equação da reta de regressão linear simples da capital João Pessoa que apresentou correlação linear significativa entre os indicadores SAA e TMDIP1..... | 54 |
| Figura 5.3 - | Diagramas de dispersão e equações da reta da regressão linear simples das capitais que apresentaram correlação linear significativa entre os indicadores SAA e TMDIP5.....       | 55 |
| Figura 5.4 - | Diagramas de dispersão e equações da reta da regressão linear simples das capitais que apresentaram correlação linear significativa entre os indicadores SES e TIDVH.....        | 58 |
| Figura 5.5 - | Diagramas de dispersão e equações da reta da regressão linear simples das capitais que apresentaram correlação linear significativa entre os indicadores SES e TMDIP1.....       | 61 |

|               |   |    |
|---------------|---|----|
| Figura 5.6 -  | Diagramas de dispersão e equações da reta da regressão linear simples das capitais que apresentaram correlação linear significativa entre os indicadores SES e TMDIP5.....  | 63 |
| Figura 5.7 -  | Diagramas de dispersão e equações da reta da regressão linear simples das capitais que apresentaram correlação linear significativa entre os indicadores SCR e TIDVH .....  | 66 |
| Figura 5.8 -  | Diagramas de dispersão e equações da reta da regressão linear simples das capitais que apresentaram correlação linear significativa entre os indicadores SCR e TMDIP1 .....   | 67 |
| Figura 5.9 -  | Diagrama de dispersão e equação da reta de regressão linear simples da correlação linear significativa entre os indicadores SCR e TMDIP5 de Salvador.....   | 68 |
| Figura 5.10 - | Dendrograma da Análise de Agrupamento a partir os Indicadores de Saúde (TIDHV, TMDIP1 e TMDIP5) e Indicadores de Cobertura por Serviços de Saneamento (SAA, SES e SCR) no período de 2008 a 2019 para as 27 capitais brasileiras..... | 69 |
| Figura 5.11 - | Mapa do Brasil representando a capital de cada estado referente aos grupos 1 e 2.....   | 71 |
| Figura 5.12 - | Intervalos de confiança para as médias de Serviço de Abastecimento de Água das 27 capitais brasileiras entre os anos 2008 e 2019 .....  | 74 |
| Figura 5.13 - | Intervalos de confiança para as médias de Serviço de Esgotamento Sanitário das 27 capitais brasileiras entre os anos 2008 e 2019 .....  | 76 |
| Figura 5.14 - | Intervalos de confiança para as médias de Serviço de Coleta de Resíduos Sólidos das 27 capitais brasileiras entre os anos 2008 e 2019.....  | 79 |
| Figura 5.15 - | Intervalos de confiança para as médias da Taxa de Internamento por doença de Veiculação Hídrica das 27 capitais brasileiras entre os anos 2008 e 2019 .....   | 81 |
| Figura 5.16 - | Intervalos de confiança para as médias da Taxa de Mortalidade por doença Infecciosa e parasitária em menores de um ano de idade das 27 capitais brasileiras entre os anos 2008 e 2019 .....   | 83 |

Figura 5.17 - Intervalos de confiança para as médias da Taxa de Mortalidade por Doença Infecciosa e Parasitária em menores de cinco anos de idade das 27 capitais brasileiras entre os anos 2008 e 2019 .....86

## LISTA DE TABELAS

|              |   |    |
|--------------|---|----|
| Tabela 3.1 - | Parcela da população das regiões brasileiras sem acesso à água e coleta de esgoto no ano de 2019 .....  | 29 |
| Tabela 3.2 - | Número e taxa de internações por doenças de veiculação hídrica das regiões brasileiras nos anos de 2010 e 2019 .....  | 32 |
| Tabela 5.1 - | Resumo dos resultados obtidos para $r$ , $p$ -valor e $R^2$ das análises de correlação e regressão linear entre o Serviço de Abastecimento de Água e os Indicadores de Saúde .....      | 50 |
| Tabela 5.2 - | Resumo dos resultados obtidos para $r$ , $p$ -valor e $R^2$ das análises de correlação e regressão linear entre o Serviço de Esgotamento Sanitário e os Indicadores de Saúde.....       | 57 |
| Tabela 5.3 - | Resumo dos resultados obtidos para $r$ , $p$ -valor e $R^2$ das análises de correlação e regressão linear entre o Serviço de Coleta de Resíduos Sólidos e os Indicadores de Saúde ..... | 65 |
| Tabela 5.4 - | Quantidade de capitais presentes em cada grupo separadas por regiões.....   | 70 |
| Tabela 5.5 - | Médias dos Indicadores de Saúde e Saneamento por agrupamento das capitais .....   | 72 |

## LISTA DE SIGLAS

|         |  |
|---------|--|
| AIH     | Autorização de Internação Hospitalar   |
| CID     | Classificação Internacional de Doenças   |
| DATASUS | Departamento de Informática do Sistema Único de Saúde  |
| ETE     | Estação de Tratamento de Esgoto  |
| IDH     | Índice de Desenvolvimento Humano   |
| ONU     | Organização das Nações Unidas  |
| RSU     | Resíduo Sólido Urbano  |
| SAA     | Serviço de Abastecimento de Água   |
| SCR     | Serviço de Coleta de Resíduos  |
| SES     | Serviço de Esgotamento Sanitário   |
| SNIS    | Sistema Nacional de Informação sobre Saneamento  |
| TIDVH   | Taxa de Internamento por Doenças de Veiculação Hídrica                                       |
| TMDIP1  | Taxa de Mortalidade por Doenças Infecciosas e Parasitárias em menores de um ano de idade     |
| TMDIP5  | Taxa de Mortalidade por Doenças Infecciosas e Parasitárias em menores de cinco anos de idade |

## SUMÁRIO

|          |  |           |
|----------|--|-----------|
| <b>1</b> | <b>INTRODUÇÃO.....</b>                                   | <b>15</b> |
| <b>2</b> | <b>OBJETIVOS.....</b>                                    | <b>17</b> |
| 2.1      | OBJETIVO GERAL .....                                     | 17        |
| 2.2      | OBJETIVOS ESPECÍFICOS .....                              | 17        |
| <b>3</b> | <b>REVISÃO DA LITERATURA .....</b>                       | <b>18</b> |
| 3.1      | SANEAMENTO BÁSICO .....                                  | 18        |
| 3.1.1    | Abastecimento de Água Potável .....                      | 19        |
| 3.1.2    | Esgotamento sanitário .....                              | 20        |
| 3.1.3    | Resíduos Sólidos .....                                   | 21        |
| 3.1.4    | Drenagem urbana .....                                    | 23        |
| 3.2      | SANEAMENTO BÁSICO E SAÚDE.....                           | 23        |
| 3.2.1    | Feco-orais .....   | 25        |
| 3.2.2    | Contato com a água.....                                  | 26        |
| 3.2.3    | Relacionadas com a Higiene .....                         | 26        |
| 3.2.4    | Geo-Helminthoses e Teníase .....                         | 27        |
| 3.3      | SANEAMENTO E SAÚDE NO BRASIL .....                       | 28        |
| 3.4      | ANÁLISE ESTATÍSTICA.....                                 | 33        |
| 3.4.1    | Normalidade dos dados .....                              | 33        |
| 3.4.2    | Correlação Linear.....                                   | 34        |
| 3.4.3    | Regressão Linear.....                                    | 36        |
| 3.4.4    | Análise de Agrupamento.....                              | 38        |
| 3.4.5    | Intervalo de confiança .....                             | 40        |
| <b>4</b> | <b>METODOLOGIA .....</b>                                 | <b>43</b> |
| 4.1      | DELINEAMENTO DO ESTUDO.....                              | 43        |
| 4.2      | BASE DE DADOS.....                                       | 44        |
| 4.3      | INDICADORES DE ESTUDO .....                              | 44        |
| 4.3.1    | Indicadores de Saúde .....                               | 44        |
| 4.3.2    | Indicadores de Cobertura por Serviços de Saneamento..... | 46        |
| 4.4      | ANÁLISE DE DADOS .....                                   | 46        |

|          |  |           |
|----------|--|-----------|
| 4.4.1    | Análise Descritiva e Verificação da Normalidade dos Dados.....   | 47        |
| 4.4.2    | Análise de Correlação Linear .....   | 47        |
| 4.4.3    | Análise de Regressão Linear Simples .....  | 47        |
| 4.4.4    | Análise de Agrupamento .....   | 48        |
| 4.4.5    | Análise de Intervalo de Confiança.....   | 48        |
| <b>5</b> | <b>RESULTADOS E DISCUSSÕES.....</b>  | <b>49</b> |
| 5.1      | CORRELAÇÃO E REGRESSÃO LINEAR ENTRE OS INDICADORES DE SAÚDE E SANEAMENTO .....                               | 49        |
| 5.1.1    | Serviço de Abastecimento de Água (SAA) <i>versus</i> Indicadores de Saúde (TIDVH, TMDIP1 e TMDIP5).....      | 49        |
| 5.1.2    | Serviço de Esgotamento Sanitário (SES) <i>versus</i> Indicadores de Saúde (TIDVH, TMDIP1 e TMDIP5).....      | 56        |
| 5.1.3    | Serviço de Coleta de Resíduos Sólidos (SCR) <i>versus</i> Indicadores de Saúde (TIDVH, TMDIP1 e TMDIP5)..... | 64        |
| 5.2      | ANÁLISE DE AGRUPAMENTO ENTRE OS INDICADORES DE SAÚDE E SANEAMENTO .....                                      | 69        |
| 5.3      | INTERVALO DE CONFIANÇA DOS INDICADORES SAÚDE E SANEAMENTO .....  | 73        |
| 5.3.1    | Serviço de Abastecimento de Água .....   | 73        |
| 5.3.2    | Serviço de Esgotamento Sanitário.....  | 75        |
| 5.3.3    | Serviço de Coleta de Resíduos Sólidos .....  | 78        |
| 5.3.4    | Taxa de Internamento por Doença de Veiculação Hídrica.....   | 80        |
| 5.3.5    | Taxa de Mortalidade por Doença Infecciosa e Parasitária em menores de um ano de idade .....                  | 83        |
| 5.3.6    | Taxa de Mortalidade por Doença Infecciosa e Parasitária em menores de cinco anos de idade .....              | 85        |
| <b>6</b> | <b>CONCLUSÃO .....</b>   | <b>88</b> |
|          | <b>REFERENCIAS.....</b>  | <b>90</b> |

## 1 INTRODUÇÃO

O presente estudo tem como motivação apresentar dados sobre saneamento e saúde nas capitais brasileiras que refletem na importância do Saneamento Básico como instrumento para a promoção a Saúde da população. A partir do levantamento de dados dos Indicadores de Saneamento Básico e Indicadores de Saúde, é possível verificar que a oferta de serviços de saneamento é essencial para melhores condições de saúde da população bem como, identificar as regiões do país que necessitam mais investimentos em saneamento básico.

De acordo com a Organização das Nações Unidas (ONU, 2020), 2,2 bilhões da população mundial não tinham acesso à água potável e 4,2 bilhões ainda vivem sem acesso ao saneamento básico, em 2020. No ano de 2017, mais de 1,5 milhão de crianças com menos de 5 anos morreram no mundo por problemas relacionados ao fornecimento inadequado da água (TRATA BRASIL, 2021).

O cenário brasileiro não é muito diferente, segundo o Sistema Nacional Informações sobre Saneamento (2020) em 2019, 83,7% dos brasileiros foram atendidos com abastecimento de água tratada, sendo aproximadamente 35 milhões de brasileiros sem acesso a este serviço. Para o esgotamento sanitário, 54,1% dos brasileiros tinham acesso a este serviço, ou seja, quase 100 milhões de brasileiros não tinham acesso.

Os serviços de saneamento básico, como disponibilidade de água potável, esgotamento sanitário e manejo de resíduos sólidos podem ser importantes determinantes ambientais de saúde (MASSA; CHIACEGATTO FILHO, 2021). A prestação de serviços dignos, acessíveis e ambientalmente sustentáveis de saneamento é essencial para a saúde e o bem-estar da população (SUTHERLAND *et al.*, 2021).

As regiões do Brasil com maior abrangência dos serviços de abastecimento de água, tratamento de esgoto e coleta de resíduos sólidos, possui menores índices de internamentos por doenças de veiculação hídrica, comparadas às regiões com carência desses serviços. Um ato simples de higiene como lavar as mãos pode prevenir várias doenças, principalmente as gastrointestinais, mas para isso é preciso

ter acesso à água encanada e devidamente tratada, o que nem sempre acontece em um país onde muitos ainda não tem acesso ao serviço de abastecimento de água, dependem de fornecimento por carros-pipa e convivem com esgoto a céu aberto.

Os indicadores de saúde, como mortalidade, mortalidade infantil, morbidades, entre vários outros, podem ser utilizados para analisar, medir e avaliar a relação entre os serviços de saneamento e as condições de saúde da população. Estes geram informações importantes para tomadas de decisões, desta maneira simplificam um arranjo complexo de informações sobre saúde, meio ambiente e desenvolvimento, o que possibilita uma visão mais ampla das condições e tendências existentes (TEIXEIRA; GOMES; SOUZA, 2012; VON SCHIRNDING, 2002).

Além de prover melhorias na saúde da população e extinguir determinadas enfermidades, os investimentos em infraestrutura de Saneamento Básico proporcionam qualidade de vida que refletem em educação e trabalho, melhoram o Indicadores de Saúde, aumentam o Índice de Desenvolvimento Humano (IDH), reduzem gastos em saúde pública com a diminuição das internações hospitalares, contribuem para a preservação do meio ambiente e estimulam o turismo local.

Utilizando a base de dados do Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento (SNIS) e do Departamento de Informática do Sistema Único de Saúde (DATASUS), foram avaliadas estatisticamente as relações entre serviços de saneamento básico e as taxas de mortalidade infantil e internamentos por doenças de veiculação hídrica da população das 27 capitais brasileiras, no período de 2008 a 2019. Estudos de correlação e regressão linear foram utilizados para avaliar a relação entre saneamento básico e saúde, análises de agrupamento e de intervalo de confiança foram utilizadas para comparar os dados entre as capitais brasileiras.

## 2 OBJETIVOS

### 2.1 OBJETIVO GERAL

Avaliar diferentes técnicas estatísticas para analisar as relações entre a porcentagem da população atendida com serviços de saneamento básico nas capitais brasileiras e as taxas de mortalidade infantil e de internamento por doenças de veiculação hídrica durante o período de 2008 e 2019.

### 2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Analisar a correlação e regressão linear entre os serviços de saneamento básico e as taxas de mortalidade infantil e de internamento por doenças de veiculação hídrica de cada capital brasileira;
- Classificar as capitais por meio da análise de agrupamento por similaridade estatística a partir dos dados analisados;
- Identificar semelhanças entre as capitais através da análise de intervalo de confiança médios dos indicadores de saúde e saneamento estudados.

### 3 REVISÃO DA LITERATURA

#### 3.1 SANEAMENTO BÁSICO

O saneamento básico é um dos fatores determinantes da saúde da população. Há evidências científicas entre condições inadequadas de saneamento básico, que correspondem aos serviços de abastecimento de água potável, esgotamento sanitário, limpeza urbana, manejo de resíduos sólidos e drenagem urbana, e a situação da saúde pública que demonstram relações de causalidade entre elas (TEIXIERA; GOMES; SOUZA, 2012).

A Lei n. 11.445, 5 de janeiro de 2007, estabelece diretrizes nacionais para o saneamento básico, abrangendo o abastecimento de água, o esgotamento sanitário, a limpeza urbana, manejo dos resíduos sólidos e drenagem (BRASIL, 2007). A Lei n. 14.026, 15 de julho de 2020, atualiza o marco legal do saneamento básico e altera a Lei nº 11.445, que passa a vigorar com as seguintes alterações:

Art. 3º Para fins do disposto nesta Lei, considera-se:

I - saneamento básico: conjunto de serviços públicos, infraestruturas e instalações operacionais de:

a) abastecimento de água potável: constituído pelas atividades e pela disponibilização e manutenção de infraestruturas e instalações operacionais necessárias ao abastecimento público de água potável, desde a captação até as ligações prediais e seus instrumentos de medição;

b) esgotamento sanitário: constituído pelas atividades e pela disponibilização e manutenção de infraestruturas e instalações operacionais necessárias à coleta, ao transporte, ao tratamento e à disposição final adequados dos esgotos sanitários, desde as ligações prediais até sua destinação final para produção de água de reuso ou seu lançamento de forma adequada no meio ambiente;

c) limpeza urbana e manejo de resíduos sólidos: constituídos pelas atividades e pela disponibilização e manutenção de infraestruturas e instalações operacionais de coleta, varrição manual e mecanizada, asseio e conservação urbana, transporte, transbordo, tratamento e destinação final ambientalmente adequada dos resíduos sólidos domiciliares e dos resíduos de limpeza urbana; e

d) drenagem e manejo das águas pluviais urbanas: constituídos pelas atividades, pela infraestrutura e pelas instalações operacionais de drenagem de águas pluviais, transporte, detenção ou retenção para o amortecimento de vazões de cheias, tratamento e disposição final das águas pluviais drenadas, contempladas a limpeza e a fiscalização preventiva das redes; (BRASIL,2020).

Considerado um importante determinante à saúde humana, o saneamento básico está relacionado principalmente aos serviços de disponibilidade de água potável, esgotamento sanitário e manejo de resíduos sólidos (MASSA; CHIAVEGATTO FILHO, 2020). Na sequência será abordado cada item separadamente.

### 3.1.1 Abastecimento de Água Potável

O uso da água seja ele para abastecimento doméstico, abastecimento industrial, irrigação, entre outros, implica na retirada da água nas coleções hídricas onde se encontram. Para uso como abastecimento doméstico e industrial faz se necessário o tratamento prévio por demandarem requisitos de qualidade mais exigentes, sendo o abastecimento doméstico (água potável para consumo humano) considerado o mais nobre (VON SPERLING, 2014).

A oferta de água para consumo humano é efetuada a partir de água doce de origens superficiais ou subterrâneas, que podem conter contaminantes de origem natural ou antropogênica, com necessidade de tratamento prévio. As águas subterrâneas normalmente não possuem microrganismos patogênicos e possuem menores teores de matéria orgânica, mas em alguns casos contêm elevados teores em sais dissolvidos (ferro, manganês e nitratos). As superficiais possuem maior variedade de contaminantes químicos e biológicos, que podem ser potencialmente patogênicos (BRITO; OLIVEIRA; PEIXOTO, 2014).

O processo de tratamento de água pode ser visto como um conjunto de etapas de modo a torná-la adequada para consumo humano. Garantindo que a qualidade da água, com base em parâmetros químicos, físicos e biológicos, atenda a determinados padrões definidos pelo Ministério da Saúde preestabelecidos na Portaria GM/MS Nº 888, de 4 de maio de 2021. Esta portaria altera o Anexo XX da Portaria de Consolidação GM/MS nº 5, de 28 de setembro de 2017, para dispor sobre os procedimentos de controle e de vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade

A água potável é essencial para a sobrevivência humana e o desenvolvimento de atividades sociais e econômicas. A gestão de qualidade da água deve integrar políticas, econômicas, dimensões sociais e ambientais para garantir o cumprimento aos padrões de potabilidade da água de cada país (CUNHA; SABOGAL-PAZA; DODDS, 2016).

No entanto, a falta do serviço de abastecimento de água potável, ou mesmo sua fragilidade em termos de estrutura, eficiência e qualidade, pode induzir a um cenário de calamidade com um aumento exponencial de doenças, especialmente as que são consideradas de veiculação hídrica. Doenças essas normalmente relacionadas com o trato intestinal, como a diarreia (FERREIRA *et al*, 2021).

### 3.1.2 Esgotamento sanitário

Com o crescimento populacional, há aumento da demanda de água potável e conseqüentemente há aumento na geração de esgoto doméstico. Ações de saneamento podem ser consideradas preventivas para a saúde, quando garantem a qualidade da água de abastecimento e também da coleta, tratamento e disposição final adequada de dejetos humanos (SCARATTI; MICHELON; SCARATTI, 2013).

Segundo Von Sperling (2014, 2016), existem duas variantes dos sistemas de esgotamento sanitário, o sistema individual e o sistema coletivo. O individual consiste no lançamento de excretas (em privadas higiênicas) ou de esgotos (fossas) gerado em somente uma ou em poucas unidades habitacionais, geralmente utilizando infiltração no solo. Já os sistemas coletivos são indicados para locais com elevada densidade populacional, como no meio urbano. Estes sistemas consistem na canalização dos esgotos, transportando-os de maneira adequada até as Estações de Tratamento de Esgoto (ETEs).

Vários critérios, políticas, legislações ambientais e programas governamentais são elaborados com o objetivo principal de influenciar não só as condições de descarga de esgotos, mas também os critérios e níveis de tratamento para minimizar, o máximo possível, os impactos ambientais ocasionados pela disposição do mesmo (CHAVES *et al.*, 2018).

No Brasil, os requisitos a serem atingidos para o lançamento de efluentes tratados em corpos de água estão apresentados nas Resoluções CONAMA 357/05 e 430/11, que dispõem sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelecem as condições e padrões de lançamento de efluentes, e dão outras providências (BRASIL, 2005; BRASIL, 2011).

Para que os requisitos sejam atingidos, na operação de uma ETE devem ser considerados os poluentes a serem removidos, o volume de esgoto, a população a ser atendida, o orçamento financeiro local e as características geográficas. Dentro deste cenário, devem ser avaliadas alternativas tecnologias de tratamento de esgoto mais econômicas e ambientalmente sustentáveis (BEVENUTI *et al.*, 2018).

Muitos dos problemas de saúde que a humanidade enfrenta nos últimos tempos estão relacionados à qualidade da água e, portanto, o impacto do lançamento de efluentes das ETEs em corpos d'água influencia diretamente na saúde humana (CHAVES *et al.*, 2018).

### 3.1.3 Resíduos Sólidos

O gerenciamento integrado do lixo municipal é um conjunto de ações normativas, operacionais, financeiras e de planejamento que uma administração municipal desenvolve para coletar, segregar, tratar e dispor o lixo de sua cidade (VILHENA, 2018).

Segundo a Lei n. 14.026 de 15 de julho de 2020, que altera parte da Lei nº 11.445 de 5 de janeiro de 2007, as atividades de manejo de resíduos sólidos e limpeza urbano são compostas da seguinte maneira:

Art. 7º Para os efeitos desta Lei, o serviço público de limpeza urbana e de manejo de resíduos sólidos urbanos é composto pelas seguintes atividades:  
I - de coleta, de transbordo e de transporte dos resíduos relacionados na alínea "c" do inciso I do caput do art. 3º desta Lei;  
II - de triagem, para fins de reutilização ou reciclagem, de tratamento, inclusive por compostagem, e de destinação final dos resíduos relacionados na alínea "c" do inciso I do caput do art. 3º desta Lei; e  
III - de varrição de logradouros públicos, de limpeza de dispositivos de drenagem de águas pluviais, de limpeza de córregos e outros serviços, tais como poda, capina, raspagem e roçada, e de outros eventuais serviços de limpeza urbana, bem como de coleta, de acondicionamento e de destinação final ambientalmente adequada dos resíduos sólidos provenientes dessas atividades. (BRASIL,2020).

A gestão adequada dos resíduos sólidos urbanos é considerada uma função importante e necessária a todos os municípios, o principal desafio para esta gestão é a alta taxa de geração de resíduos e os métodos utilizados para a disposição final em muitos países (JUCA; BARBOSA; SOBRAL, 2020).

Os aterros ou lixões são os principais destinos dos resíduos urbanos na maioria dos países. Lixões são caracterizados pela descarga de resíduos sólidos sobre o solo (forma inadequada de disposição final), sem medidas de proteção ao meio ambiente ou a saúde pública. Já os aterros sanitários dispõem estes resíduos no solo mediante confinamento em camadas cobertas com material inerte, fundamentado em critérios de engenharia e normas operacionais específicas de modo a evitar danos ou riscos à saúde pública e reduzindo os impactos ambientais. Existe outra forma de disposição denominada aterros controlados, assim como os aterros sanitários, evitam danos ou riscos à saúde pública, minimizando os impactos ambientais, mas normalmente não dispõem de impermeabilização de base, nem de sistemas de tratamento do percolado (mistura de chorume com água da chuva) ou do biogás gerado (VILHENA, 2018).

A Lei nº 12.305 institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos sobre a gestão integrada e ao gerenciamento de resíduos sólidos, incluídos os perigosos, às responsabilidades dos geradores e do poder público e aos instrumentos econômicos aplicáveis. Tendo como um dos objetivos reduzir a quantidade de resíduos direcionada para aterros e lixões, por meio de reciclagem, reuso e destinação adequada (BRASIL, 2010).

Em 2018, o Brasil gerou cerca de 79 milhões de toneladas de resíduos sólidos urbanos (RSU), correspondente a 1,04 kg de resíduo per capita diários. Desse total, 36,7%, ou seja, 29 milhões de toneladas ainda está sendo descartado de forma inadequada em lixões e aterros controlados. Tal situação está em desacordo com a Política Nacional de Resíduos Sólidos instituída pela Lei nº 12.305 em 2010 (JUCA; BARBOSA; SOBRAL, 2020).

### 3.1.4 Drenagem urbana

Os sistemas de drenagem pluviais urbanas no Brasil tem como principal objetivo recolher as águas pluviais precipitadas sobre uma determinada região que escoam sobre sua superfície e conduzir para jusante o mais rapidamente possível (SOUZA; MORAES; BORJA, 2013).

Segundo Von Sperling (2016) sistemas coletivos de esgotamento sanitário, podem ser do tipo unitário ou separador, os sistemas unitários conduzem esgotos sanitários e água da chuva em uma mesma canalização até o destino final. Já no sistema separador a água da chuva e o esgoto sanitário seguem em canalizações diferentes até seu destino final, sendo o separador considerado o mais correto sistema de esgotamento sanitário.

Medidas de gestão da drenagem urbana, tais como canais de drenagem, tubulações ou melhores práticas de gestão são principalmente adotados para controlar o fluxo e a carga de poluição. A redução da cobertura vegetal e aumento da impermeabilidade devido ao desenvolvimento urbano resultam em aumento do volume de escoamento de águas pluviais (BIRGANI; YAZDANDOOST, 2014).

A falta de espaços abertos em áreas urbanas, associada a ambientes fluviais degradados agrava alguns problemas enfrentados pelas cidades na atualidade como inundações (LOURENÇO *et al.*, 2020). Em alguns eventos chuvosos, situações como a contaminação de rios e inundações nos centros urbanos são cada vez mais frequentes (MACEDO *et al.*, 2017).

Além de causar prejuízos materiais, as enchentes colocam em risco a saúde e a vida das pessoas, já que os esgotos, nem sempre tratados, integram as águas, contaminando-as (GRANZIERA, 2020)

## 3.2 SANEAMENTO BÁSICO E SAÚDE

Campos *et al.* (1998) define Epidemiologia não somente como estudo das doenças transmissíveis em caráter epidêmico, mas também como o estudo dos

fatores determinantes da frequência de distribuição das doenças nas coletividades humanas.

Algumas patologias como a cólera, febre tifóide e leptospirose estão vinculadas à escassez de acesso ao saneamento básico (MENDES *et al.*, 2000). Speich *et al.* (2016) verificaram que a melhoria das instalações dos serviços de saneamento ajuda a reduzir as infecções intestinais por protozoários e bactérias.

Os impactos da falta ou da deficiência do saneamento na saúde são uma discussão desde a antiguidade e podem afetar diretamente tanto a saúde dos indivíduos, principalmente no que se refere às doenças infecciosas e parasitárias, quanto os gastos públicos com consultas médicas e internações por essas doenças (MASSA; CHIACEGATTO FILHO, 2021).

Cairncross e Feachem (1993) classificaram as doenças infecto parasitárias relacionadas ao saneamento ambiental inadequado - DRSAI, e dentro desta metodologia propuseram a seguinte divisão por vias de transmissão: (i) doenças de transmissão feco-oral; (ii) doenças transmitidas por inseto vetor; (iii) doenças transmitidas pelo contato com a água; (iv) doenças relacionadas com a higiene; e (v) geo-helminhos e teníases. De acordo com a Fundação Nacional de Saúde (FUNASA, 2010) essa classificação das patologias relacionadas à água, excreta e lixo, pode ser considerada a mais importante classificação ambiental para doenças infecciosas.

As categorias das Doenças Relacionadas ao Saneamento Ambiental Inadequado estão selecionadas em função da forma de transmissão das doenças, que podem estar relacionados ao serviço de abastecimento de água deficiente, esgotamento sanitário inadequado, contaminação pela presença de resíduos sólidos ou condições de habitação precárias (RADIN, 2020).

A seguir são citadas separadamente as vias de transmissão epidemiológica das DRSAI subdivididas em Feco-orais, Contato com a água, Higiene e Geo-Helminthoses.

### 3.2.1 Feco-orais

Doenças diretamente relacionadas à ingestão de água ou má higiene dos alimentos contaminados com vírus, protozoários, bactérias e a forma de tratamento dos dejetos. Como as diarreias e disenterias, hepatite A, giardíase e amebíase (CESA; DUARTE, 2010).

Os dejetos humanos podem carregar germes patogênicos o que os torna veículo de várias doenças, como a febre tifóide e paratifóide, diarreia infecciosa, amebíase, helmintoses diversas (ancilostomíase, esquistossomose, teníase, ascaridíase, entre outras) e cólera. Desta maneira, é indispensável reduzir as possibilidades de contato dos dejetos com humanos, água de abastecimento, alimentos e vetores (mosca, baratas, ratos entre outros) (CAMPOS, 1998).

Dentre as DRSAL, a diarreia é a doença mais comum e constitui sintoma de diversas etiologias relacionadas ao saneamento, cada qual com seus respectivos fatores de risco (RADIN, 2020). De acordo com Mallicka, Mandalb e Chouhana (2020) a diarreia é uma das principais causas de morte de menores de cinco anos nos países em desenvolvimento.

A manifestação mais grave desta doença é a síndrome chamada Doença Diarreica Aguda (DDA), causada por diferentes agentes etiológicos: bactérias, vírus e parasitas (BRASIL, 2019). Com a maior incidências das DDAs no Brasil, no ano de 1992 foi implantada a Monitorização das Doenças Diarreicas Agudas (MDDAs), designada a vigilância epidemiológica das DDA e regulamentada pela Portaria de Consolidação GM/MS nº 5, de 28 de setembro de 2017.

Instalações sanitárias sem destino adequado do esgoto, constituem-se em fator de risco para disseminação da cólera e outras doenças. Apesar dos benefícios à saúde pública, com o afastamento dos esgotos da proximidade das residências, é preciso tomar os devidos cuidados com possíveis vazamentos e com a concentração da poluição nas redes coletoras. Quando o afastamento do esgoto sanitário não possui tratamento adequado, este poderá induzir à deterioração do corpo receptor (rios, lagos, lagoas, represas, enseadas, baías e mares), inviabilizando a vida aquática, prejudicando espécies de animais, vegetais e outros usuários da água (SOARES; BERNARDES; CORDEIRO NETTO, 2002).

### 3.2.2 Contato com a água

Doenças transmitidas por meio do contato da pele com a água contaminada, tais como a leptospirose e a esquistossomose (CESA; DUARTE, 2010). De acordo com Guia de Bolso de Doenças Infecciosas e Parasitárias do Ministério da Saúde (Brasil, 2010), a Esquistossomose é causada por um endoparasita platelminto da classe trematoda, denominado *Schistosoma mansoni*. A Leptospirose trata-se de uma infecção aguda, potencialmente grave, causada por uma bactéria do gênero *Leptospira* presente na urina de ratos e outros animais (bois, porcos, cavalos, cabras, ovelhas e cães também podem adoecer e, eventualmente, transmitir a leptospirose ao homem).

A Leptospirose no Brasil é uma doença endêmica, tornando-se epidêmica em períodos chuvosos, principalmente nas capitais e áreas metropolitanas, devido às enchentes associadas à aglomeração populacional de baixa renda (RADIN, 2020). Os resíduos dispostos inadequadamente servem de criadouro e esconderijo de ratos, envolvidos principalmente na transmissão de leptospirose (CAMPOS, 1998). Algumas profissões são mais expostas ao contato com *leptospiras*, como trabalhadores em limpeza e desentupimento de esgotos, garis, catadores de lixo, agricultores, veterinários, tratadores de animais, pescadores, militares e bombeiros, dentre outros (BRASIL, 2010).

A esquistossomose, tem o homem como seu principal hospedeiro e, como hospedeiro intermediário, os caramujos do gênero *Biomphalaria*, estes caramujos estão amplamente disseminados pelo país. Os estados das regiões Nordeste e Sudeste são os mais afetados sendo que a ocorrência está diretamente ligada à presença dos transmissores (KATZ, 2018).

### 3.2.3 Relacionadas com a Higiene

São doenças relacionadas com os maus hábitos de higiene como impetigo, a dermatofitose, micoses, escabiose, piodermite e conjuntivites (CESA; DUARTE, 2010).

Dentre as doenças dermatológicas as micoses superficiais fazem parte juntamente com as conjuntivites dos dois coeficientes de maior importância para a saúde pública, pois incapacitam temporariamente ou permanente o indivíduo contaminado (HELLER, 1997).

O modo de transmissão da micose é por contato direto da pele ou indireto, por objetos contaminados. As medidas de controle estão associadas a medidas de higiene pessoal, assim como a limpeza adequada de ambientes, pisos e banheiros. O abastecimento de água potável é fundamental para controle dessas doenças, principalmente para os fungos que acometem pele, unhas e cabelo (BRASIL, 2010).

O principal meio de transmissão das conjuntivites é por contato direto das secreções infectantes dos olhos ou nasofaríngeas, ou por contato indireto através de toalhas e roupas contaminadas. O controle das doenças dos olhos refere-se às medidas de higiene pessoal, como lavar mãos e face, banho diário e uso de toalhas individuais (BRASIL, 2010).

#### 3.2.4 Geo-Helmintoses e Teníase

De acordo com guia prático para controle das geo-helmintoses do Ministério da Saúde (Brasil, 2018), a infecção por geo-helmintos é causada por meio do contato com o solo contaminado com ovos embrionados ou larvas dos parasitas.

Normalmente estão associadas às precárias condições socioeconômicas da população atingida, as geo-helmintoses constituem condição básica para sua disseminação como a contaminação dos ambientes com material fecal de portadores infectados. Portanto, a falta de saneamento básico, associada às péssimas condições e noções higiênicas, o consumo de água não potável, o andar descalço, a ingestão de alimentos contaminados favorece os altos índices de prevalência desses parasitos (KATZ, 2018). No Brasil, estas infecções estão presentes em todas as regiões, ocorrendo principalmente nas zonas rurais e periferias de centros urbanos que se destacam pela ausência de saneamento básico e pouco conhecimento sobre transmissão e prevenção (BRASIL, 2018).

No caso da teníase, os parasitas que causam esta doença (*Taenia saginata* e *Taenia solium*) são encontradas em todo o mundo. As tênias necessitam de dois hospedeiros, um definitivo e um intermediário. O único hospedeiro definitivo de ambas as tênias (fase adulta do parasito) é o homem, em cujo intestino delgado se alojam. Os hospedeiros intermediários da *T. solium* são os suínos e os da *T. saginata* são os bovinos, desenvolvendo-se na musculatura. O homem adquire a tênia ao ingerir carne contaminada crua ou mal cozida contendo cisticercos. Contudo, a cisticercose (fase de vida intermediária do parasita *T. solium cisticercose*) é a forma mais grave da doença e pode ocorrer quando os ovos da *T. solium* são ingeridos (PFUETZENREITER; ÁVILA-PIRES, 2000). Assim como as geo-hemiltoses a cadeia de transmissão da cisticercose está ligada ao saneamento inadequado e ao comportamento humano (RADIN, 2020).

### 3.3 SANEAMENTO E SAÚDE NO BRASIL

Em todo o mundo, muitas pesquisas têm sido realizadas sobre a prevalência de diarreia e melhorias nos sistemas de abastecimento de água e esgoto. Alguns estudos revelam que melhorias nos sistemas de saneamento diminui a prevalência de diarreia infantil e ocorrências de mortalidade infantil (MALLICK; MANDAL; CHOUHAN, 2020).

Sendo considerado um país com uma vasta dimensão territorial do continente da América do Sul, o Brasil possui diversas características naturais e socioeconômicas. As regiões Sul, Sudeste e Centro Oeste são completamente diferentes das regiões Norte e Nordeste em questões socioeconômicas e culturais. Estas diferenciações afetam substancialmente a forma e a qualidade do acesso da população aos serviços de saneamento (FERREIRA *et al.*, 2021).

Segundo o SNIS (2021) e o Instituto Trata Brasil (2021), as regiões que apresentaram maior indisponibilidade dos serviços de abastecimento de água e esgotamento sanitário no ano de 2019, foram as regiões Norte e Nordeste, sendo 42,6 e 26,1 % da população sem acesso à água potável e respectivamente, 87,7 e 71,7% sem coleta de esgoto, conforme ilustrados na Tabela 3.1. Enquanto o Sudeste, Sul e Centro Oeste possuíam, respectivamente, 8,9, 9,5 e 10,3 % da população sem acesso

à água potável, e as menores parcelas da população sem coleta de esgoto (20,5; 53,7 e 42,3%).

Tabela 3.1 - Parcela da população das regiões brasileiras sem acesso à água e coleta de esgoto no ano de 2019

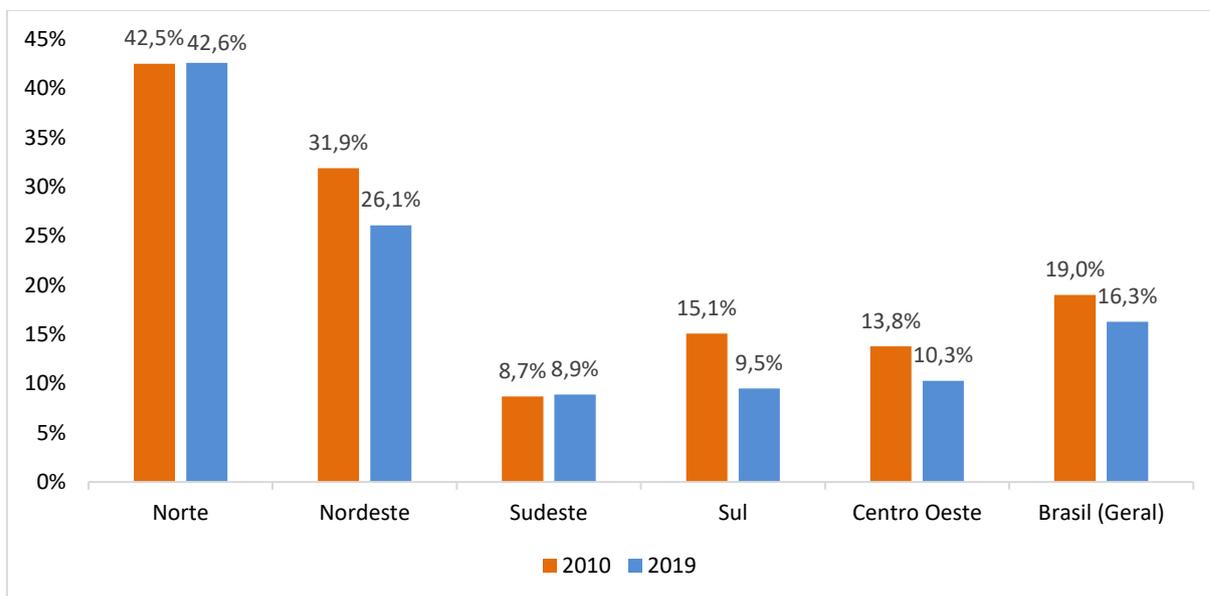
| <b>Região</b>         | <b>População sem acesso à água (%)</b> | <b>População sem coleta de esgoto (%)</b> |
|-----------------------|--|---|
| <b>Norte</b>          | 42,6                                   | 87,7                                      |
| <b>Nordeste</b>       | 26,1                                   | 71,7                                      |
| <b>Sudeste</b>        | 8,9                                    | 20,5                                      |
| <b>Sul</b>            | 9,5                                    | 53,7                                      |
| <b>Centro Oeste</b>   | 10,3                                   | 42,3                                      |
| <b>Brasil (Geral)</b> | 16,3                                   | 45,9                                      |

Fonte: Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento e Instituto Trata Brasil. Disponível em: [www.painelsaneamento.org.br](http://www.painelsaneamento.org.br). Acesso em: 08 ago. 2021.

Comparando a parcela da população brasileira sem acesso à água potável nos anos de 2010 a 2019, através da Figura 3.1, houve redução de 2,7% no geral da população sem acesso à água potável. Os dados mostram que as regiões Norte e Nordeste apresentaram maior porcentagem da população sem acesso à água potável, sendo que o Norte teve aumento de 0,1 % da população sem acesso e o Nordeste reduziu em 5,8 %. Enquanto o Sul e Centro Oeste demonstraram redução na porcentagem da população sem acesso a água (5,6 e 3,5 %) entre os anos analisados, a região Sudeste teve um aumento de 0,2% da população sem acesso, mesmo com esse aumento ainda é a região com menor parcela da população sem acesso a água potável do Brasil (SNIS, 2021; TRATA BRASIL, 2021).

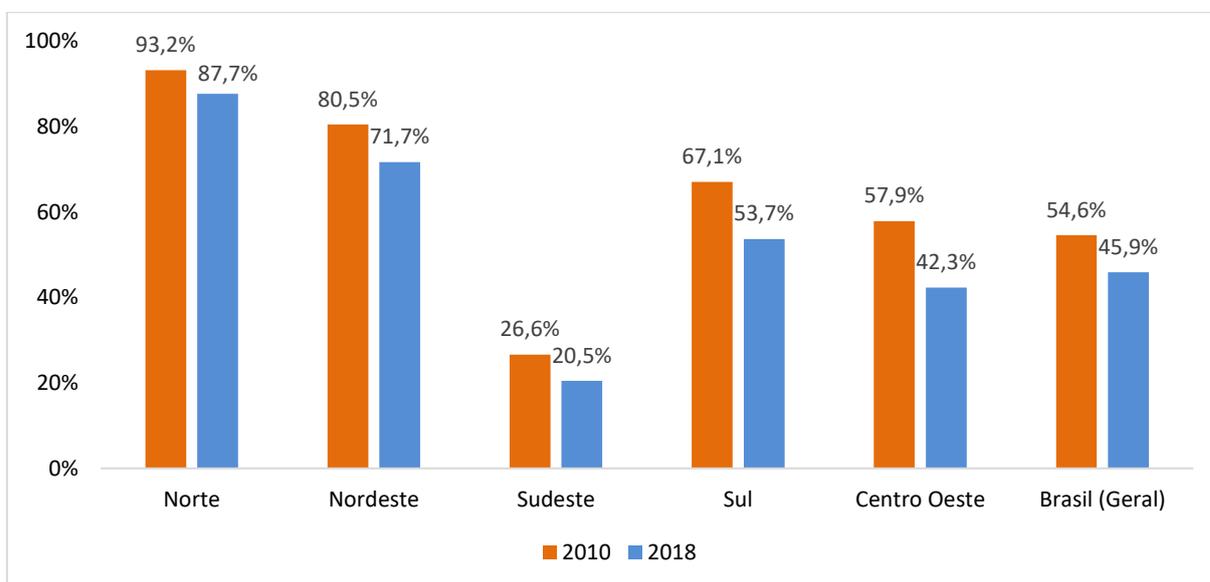
Com relação a população brasileira sem coleta de esgoto, demonstrado na Figura 3.2, no geral o Brasil teve redução em 8,7% a população sem acesso a esse serviço. Assim como para o acesso a água potável, as regiões Norte e Nordeste também tiveram maior porcentagem da população sem acesso à coleta de esgoto. Todas as regiões brasileiras tiveram redução na parcela da população sem coleta de esgoto, sendo o Norte com 5,5 %, Nordeste 8,8 %, Sul 13,4%, Sudeste 6,1% e o Centro Oeste 15,6% (SNIS, 2021; TRATA BRASIL, 2021).

Figura 3.1 - Porcentagem da população brasileira sem acesso à água potável por região nos anos de 2010 e 2019



Fonte: Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento e Trata Brasil. Disponível em: [www.painelsaneamento.org.br](http://www.painelsaneamento.org.br). Acesso em: 08 ago. 2021.

Figura 3.2 - Porcentagem da população brasileira sem coleta de esgoto por região nos anos de 2010 e 2019



Fonte: Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento e Trata Brasil. Disponível em: [www.painelsaneamento.org.br](http://www.painelsaneamento.org.br). Acesso em: 08 ago. 2021.

De acordo com a Agência Nacional de Águas – ANA, dentre as regiões brasileiras em 2017, a Sudeste é a que apresenta os melhores índices de coleta e

tratamento de esgotos, sendo a única onde o tratamento dos esgotos coletados alcança mais da metade de sua população urbana. As regiões Sul, Nordeste e Centro-Oeste apresentam índices semelhantes de coleta, abrangendo aproximadamente metade da população urbana dessas regiões, com maior nível de tratamento no Centro-Oeste. A Região Norte é a mais carente em termos de serviços coletivos de esgotamento sanitário (BRASIL, 2017).

Em 2019, apenas cinco estados brasileiros apresentavam acesso a água potável superior a 90%, Rio de Janeiro (90,7%), São Paulo (96,2%), Paraná (94,7%), Distrito Federal (99%) e Santa Catarina (90%), estados pertencentes às regiões Sul, Sudeste e Centro Oeste. Para o serviço de esgotamento sanitário, quatro estados brasileiros apresentaram cobertura superior a 70%, sendo eles, Distrito Federal (89,5%), Paraná (73,4%), São Paulo (90,3%) e Minas Gerais (73,1 %), estados das regiões Centro Oeste, Sul, Sudeste (SNIS, 2021).

Segundo Mendes *et al.* (2000), no Brasil a oferta de serviços de saneamento básico é bastante desigual entre as regiões, o que se reflete no perfil de adoecimento da população, principalmente nas regiões Norte e Nordeste onde há predominância de doenças de veiculação hídrica como cólera, febre tifóide e leptospirose.

A Tabela 3.2 apresenta os números e taxa de internações por doenças de veiculação hídrica nas regiões do Brasil, nos anos de 2010 e 2019. Assim como visto que as regiões Norte e Nordeste possuem maior indisponibilidade de acesso à água potável e coleta de esgoto, estas regiões também apresentaram maiores taxas de internamento por doenças de veiculação hídrica. O Centro Oeste apesar de não apresentar as menores taxas, teve uma redução significativa nos internamentos por doenças de veiculação hídrica. As regiões Sul e Sudeste possuem as menores taxas de internamentos por doenças nos dois anos analisados (SNIS, 2021; TRATA BRASIL, 2021; IBGE, 2021).

Todas as regiões brasileiras apresentaram uma melhora significativa em relação às internações por doenças de veiculação hídrica no ano de 2018 comparado ao ano de 2010, as taxas de internações reduziram em 67,0 % no Norte, 62,1 % no Nordeste, 41,6 % no Sudeste, 55,9 % no Sul e 72,2 % no Centro Oeste (SNIS, 2021; TRATA BRASIL, 2021; IBGE, 2021).

Tabela 3.2 - Número e taxa de internações por doenças de veiculação hídrica das regiões brasileiras nos anos de 2010 e 2019

|                       | Internações totais por doenças de veiculação hídrica |         | Taxa de Internações (1.000 habitantes) |      |
|-----------------------|--|---------|--|------|
|                       | 2010   | 2019    | 2010                                   | 2019 |
| <b>Norte</b>          | 110.382  | 42.361  | 6,96                                   | 2,30 |
| <b>Nordeste</b>       | 278.977  | 113.748 | 5,26                                   | 1,99 |
| <b>Sudeste</b>        | 96.256   | 61.797  | 1,20                                   | 0,70 |
| <b>Sul</b>            | 57.469   | 27.759  | 2,10                                   | 0,93 |
| <b>Centro Oeste</b>   | 60.539   | 27.738  | 4,31                                   | 1,70 |
| <b>Brasil (Geral)</b> | 603.623  | 273.403 | 3,16                                   | 1,30 |

Fonte: Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento, Trata Brasil e Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Disponível em: [www.painelsaneamento.org.br](http://www.painelsaneamento.org.br) e <https://www.ibge.gov.br>. Acesso em: 08 ago. 2021.

Ferreira *et al.* (2021) evidenciaram a disparidade das regiões Sul e Sudeste quando compararam os indicadores em 2017 de cobertura dos serviços de saneamento e saúde, com as regiões Norte e Nordeste, regiões estas que concentraram muito mais internações hospitalares devido às doenças de veiculação hídrica.

O Brasil, embora tenha ocorrido progresso na redução dos problemas relacionados com saúde nas últimas décadas, ainda apresenta importantes desafios relacionados às desigualdades na cobertura de serviços de saneamento (MASSA; CHIACEGATTO FILHO, 2021).

De acordo com o estudo realizado por Ferreira *et al.* (2021) o investimento em abastecimento de água potável no Brasil aumentou cerca de 36,7% de 2013 a 2016. Em oposição, houve redução de 34,3% em serviços de esgotamento sanitário. A heterogeneidade entre as regiões também é significativa financeiramente, alguns estados investem muito mais do que outros em infraestrutura de saneamento básico, isto pode ser resultado das diferenças de extensão geográfica, população ou infraestrutura existente de cada estado. Conseqüentemente, em 2017, o Norte e Nordeste possuíam menor investimento per capita, abaixo de R\$ 29,6 por habitante em esgotamento e R\$ 47,1 per capita em serviços de abastecimento de água potável. Sendo que nas regiões do Sul, Sudeste e Centro-Oeste foi investido cerca de R\$ 423,6 em esgotamento sanitário e R\$ 195,90 em água potável, per capita.

### 3.4 ANÁLISE ESTATÍSTICA

Este tópico tem como objetivo embasar teoricamente as ferramentas utilizadas para uma análise estatística de dados. Para oferecer esse embasamento, são apresentadas referências quanto aos testes de normalidade, correlação e regressão linear, análise de agrupamento e intervalos de confiança.

Para a realização dos testes estatísticos é de extrema importância que seja realizada uma exploração inicial dos dados, para verificar o cumprimento dos pressupostos de cada ferramenta ou teste utilizado. Caso não sejam verificados pode haver um comprometimento dos resultados. Como por exemplo, para realização do teste de correlação deve-se primeiramente analisar os dados para estabelecer o tipo de teste a ser aplicado. Métodos paramétricos (distribuição normal dos dados) exigem o teste de correlação de Pearson e os não-paramétricos (distribuição não normal dos dados), o de correlação de Spearman (KREMER; DEINA; SIQUEIRA, 2019).

#### 3.4.1 Normalidade dos dados

Existem vários testes estatísticos que verificam o ajuste dos dados à distribuição normal a partir de diferentes pressupostos e algoritmos, entre eles estão D'Agostino-Pearson, Kolmogorov-Smirnov e Shapiro-Wilk. Para ambas as formas os testes consideram suas hipóteses da seguinte forma (MIOT, 2017):

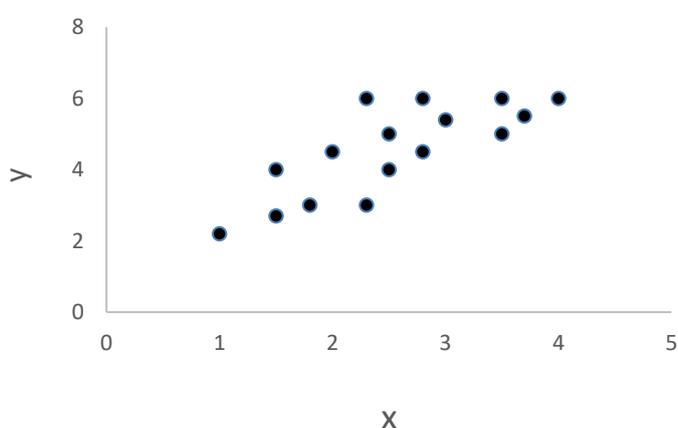
- $H_0$ : Os dados possuem distribuição normal;
- $H_1$ : Os dados não possuem distribuição normal.

A rejeição de  $H_0$ , ao encontrar uma significância menor que 0,05 no teste aplicado, indicam que os dados não possuem uma distribuição normal. Se o teste não rejeitar a  $H_0$ , ou seja, se a significância obtida for maior que 0,05, existe evidência da normalidade dos dados (KREMER; DEINA; SIQUEIRA, 2019).

### 3.4.2 Correlação Linear

Quando duas variáveis estão ligadas por uma relação estatística pode-se dizer que existe correlação entre elas. Representado por um sistema de coordenadas cartesianas, os pares ordenados das variáveis (x, y) obtém-se uma nuvem de pontos denominada diagrama de dispersão, fornecendo uma ideia grosseira, mas útil na correlação existente (CRESPO, 2002). Conforme demonstrado na Figura 3.3.

Figura 3.3 - Diagrama de dispersão



Fonte: A autora, 2021.

Quando os pontos do diagrama apresentam um padrão identificável, é possível dizer que existe correlação entre as variáveis. Se os pontos se assemelham a uma reta, identifica-se uma correlação linear e esta pode ser tanto negativa quanto positiva. A correlação negativa acontece quando as variáveis são inversamente proporcionais, ou seja, quando o valor de uma aumenta o da outra diminui. A correlação positiva acontece quando as variáveis são diretamente proporcionais (KREMER; DEINA; SIQUEIRA, 2019).

O coeficiente empregado para medida da correlação linear é o coeficiente de correlação de Pearson ( $r$ ), ele indica o grau de intensidade da correlação entre as duas variáveis e o sentido dessa correlação (positiva ou negativa) (CRESPO, 2002). Pode ser calculado por meio da equação 3.1:

$$r = \frac{S_{xy}}{S_x S_y} \quad (3.1)$$

Onde,  $S_{xy}$  é a covariância,  $S_x$  e  $S_y$  representam o desvio padrão das variáveis  $x$  e  $y$ .

Este coeficiente varia de +1 a -1, onde:

- $r = +1$ , há uma correlação perfeita e positiva entre as variáveis;
- $r = -1$ , há uma correlação perfeita negativa entre as variáveis;
- $r = 0$ , não existe correlação entre as variáveis ou a correlação que porventura existe não é linear.

Para Kremer, Deina e Siqueira (2019) a classificação para o valor de “ $r$ ” é dada pela seguinte classificação:

- De 0,10 até 0,30 = correlação fraca;
- De 0,40 até 0,6 = correlação moderada;
- De 0,70 até 1 = correlação forte.

O teste de correlação de Pearson é usado quando se pretende verificar se a correlação linear existente entre duas variáveis é estatisticamente significativa ou não, desde que ambas as variáveis possuam distribuição normal. Caso uma das variáveis apresente distribuição não normal dos dados indica-se usar o teste de Spearman. (MIOT, 2017; KREMER; DEINA; SIQUEIRA, 2019).

O coeficiente de correlação de Spearman ( $r$ ) trata-se de uma medida da intensidade da correlação entre duas variáveis com níveis de mensuração ordinal, de modo que os indivíduos da amostra possam dispor-se em duas séries ordenadas (MARTINS, 2006). Pode ser calculado pela Equação (3.2).

$$r_s = 1 - \frac{6 \sum_{i=1}^n d_i^2}{n^3 - n} \quad (3.2)$$

Onde,  $d_i$  é a diferença entre os postos de ordem  $i$ ;  $n$  o tamanho da amostra.

No teste de hipótese verifica-se a existência, ao nível de significância admitido, de correlação linear entre as variáveis, sendo as hipóteses:

- $H_0$ : a correlação linear não é significativa;
- $H_1$ : a correlação linear é significativa.

Os principais *softwares* de análise estatística mostram se um coeficiente de correlação é significativo ou não através do *p-valor*. Valores de *p-valor* maiores que o nível de significância admitido, aceita-se a hipótese  $H_0$ , valores inferiores ao nível de significância rejeita-se  $H_0$  (MARTINS, 2006).

### 3.4.3 Regressão Linear

A regressão linear é uma técnica estatística usada para descrever a relação existente entre duas variáveis de interesse, a partir de dados observados (PRION; HAERLING, 2020). A análise de regressão linear simples relaciona através de uma equação matemática duas variáveis “X” e “Y”. A variável independente, ou explicativa, é representada pela letra “X” e a variável dependente, também chamada de resposta é representada como a letra “Y” (PINTO *et al.*, 2012). Caso a relação seja linear ajusta-se uma reta relacionando as duas variáveis (dependente e independente), obtendo uma equação que determina a relação entre ambas as variáveis (CRESPO, 2002; PINTO *et al.*, 2012), definida pela equação 3.3.

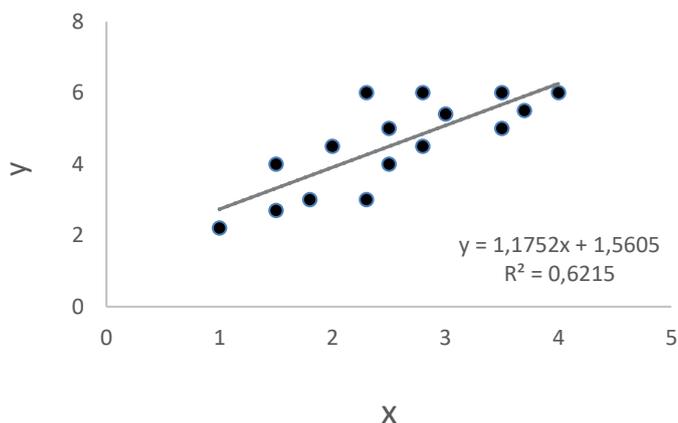
$$Y = \alpha + \beta X + \varepsilon \quad (3.3)$$

Em que:

- Y: variável dependente, é o valor que se quer estimar;
- $\alpha$ : constante que representa a interceptação da reta com o eixo vertical;
- $\beta$ : coeficiente angular que representa o declive da reta;
- X: variável independente, representa o valor explicativo na equação;
- $\varepsilon$ : variável que inclui todos os fatores residuais mais os possíveis erros de medição, também pode ser chamado de erro aleatório.

Na Figura 3.4 pode-se verificar a reta e sua equação que melhor representa a relação linear existente entre as duas variáveis de interesse (X e Y).

Figura 3.4 - Reta e equação de regressão linear entre as variáveis "X e "Y



Fonte: A autora, 2021.

A qualidade da regressão linear está diretamente relacionada ao grau de ajuste dos dados ao modelo escolhido (PRION; HAERLING, 2020). A medida que indica essa qualidade de ajuste é o coeficiente de determinação ( $R^2$ ), que pode ser calculado elevando ao quadrado o coeficiente de correlação de Pearson ( $r$ ). O  $R^2$  é a razão entre a soma de quadrados da regressão e a soma de quadrados total, demonstrado na Equação (3.4, este valor é sempre positivo, enquanto o coeficiente de correlação de Pearson ( $r$ ) pode admitir valores negativos e positivos. Valores próximos de “0” para  $R^2$ , significa que existe um baixo ajuste dos dados a equação da reta determinada, valores próximos a “1” indicam um ótimo ajuste dos dados ao modelo (LOESCH; HOELTGEBAUM, 2012).

$$R^2 = \frac{SQR}{SQT} \quad (3.4)$$

### 3.4.4 Análise de Agrupamento

A análise de agrupamento, também chamada de análise de *cluster*, é uma técnica estatística multivariada, que separa os elementos amostrais de uma população em grupos. De maneira que os elementos pertencentes a um mesmo grupo sejam similares entre si com relação aos atributos neles mensurados. Ou seja, divide um conjunto de dados em grupos, seguindo critérios de similaridade ou dissimilaridade (LIMA; SILVA; RAMINELLI, 2014; GUEDES; MACEDO; SOUSA, 2012).

Esses grupos são obtidos pela aplicação de algoritmos que organizam uma coleção de  $n$  observações ( $X_1; X_2; \dots; X_n$ ) em  $k$  grupos ( $g_1; g_2; \dots; g_k$ ) com base em um critério de similaridade, de modo que observações no mesmo grupo são mais semelhantes do que observações em grupos diferentes (GARCIA-DIAS *et al.*, 2020).

Considerando que para cada elemento amostral têm-se informações de  $p$ -variáveis armazenadas em um vetor, a comparação de diferentes elementos amostrais poderá ser feita através de medidas matemáticas (métricas), que possibilitam a comparação de vetores, como as medidas de distância. Desta maneira pode-se calcular as distâncias entre os vetores dos elementos amostrais e agrupar aqueles de menor distância. Há diversas maneiras de calcular essas distâncias, como (MINGOTI, 2005):

- **Distância Euclidiana:** distância quadrática entre dois elementos  $X_A$  e  $X_B$ , definida pela Equação 3.5:

$$d(A, B) = [(X_A - X_B)'(X_A - X_B)]^{1/2} = \left[ \sum_{i=1}^p (X_A - X_B)^2 \right]^{1/2} \quad (3.5)$$

- **Distância de Mahalanobis:** essa distância considera uma ponderação utilizando a matriz de covariâncias dos dados entre dois elementos  $X_A$  e  $X_B$ , definida pela Equação 3.6:

$$d(A, B) = [(X_A - X_B)' S^{-1} (X_A - X_B)]^{1/2} \quad (3.6)$$

- **Distância de Manhattan:** é uma distância que considera o módulo dos desvios entre dois elementos  $X_A$  e  $X_B$ , definida pela Equação 3.7:

$$d(A, B) = \sum_{i=1}^p |X_{Ai} - X_{Bi}| \quad (3.7)$$

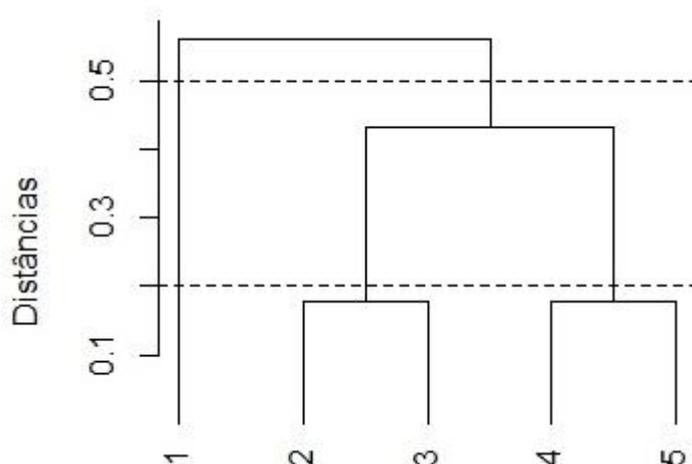
Existem dois tipos de métodos ou algoritmos de classificação de grupos, o método hierárquico e o não hierárquico. No método hierárquico inicia-se com  $n$  grupos cada um contendo um dos elementos do estudo e termina em um único grupo contendo todos os elementos, esse método é denominado de hierárquico aglomerativo. Tem-se também o método hierárquico divisivo, reverso ao anterior, inicia-se com um único grupo contendo todos os elementos e encerra com  $n$  grupos de um único elemento. Nesses métodos não hierárquicos é necessário definir o número de  $k$  grupos inicialmente e alocar os  $n$  elementos aos  $k$  grupos de maneira otimizada (FERREIRA, 2018).

Os métodos hierárquicos comumente utilizados na maioria dos testes estatísticos são (MINGOTI, 2005):

- **Método de Ligação Simples:** onde a similaridade entre dois conglomerados é definida pelos dois elementos mais parecidos entre si, ou seja, é a distância entre os “vizinhos” mais próximos ou os elementos mais parecidos de cada conglomerado;
- **Método da Ligação Completa:** neste método a similaridade entre dois conglomerados é definida pelos elementos que são menos semelhantes entre si;
- **Método de Ward:** esse método é baseado na análise de variância, utiliza as somas de quadrados entre e dentro de grupos, em relação as  $p$  variáveis, como critério de agrupamento. Com o objetivo de aglomerar grupos que minimizam a soma de quadrados dentro dos grupos.

Nos métodos hierárquicos após a construção do dendrograma é preciso determinar o número de grupos que melhor representam o conjunto de dados, para isso escolhe-se um ponto de corte na escala de distâncias e traça-se uma linha cortando os ramos do dendrograma, como demonstrado na Figura 3.5. O ponto de corte escolhido irá determinar o número de grupos formados, como por exemplo no ponto de corte 0,2 obtém-se três grupos e no ponto de corte 0,5 resultarão apenas dois grupos (FERREIRA, 2018).

Figura 3.5 - Dendrograma para o agrupamento de 5 elementos destacando dois diferentes cortes



Fonte: FERREIRA, Daniel F. Estatística Multivariada. Ed. 3. Lavras: Editora UFLA, 2018.

É possível validar os resultados obtidos no agrupamento, ou seja, certificar-se que os grupos realmente diferem entre si através de diversos testes estatísticos, desde os univariados até os testes multivariados. Para agrupamentos hierárquicos pode-se utilizar a correlação cofenética. Esse coeficiente mede a correlação entre as distâncias determinadas pelo dendrograma em relação as distâncias originais (FERREIRA, 2018).

#### 3.4.5 Intervalo de confiança

Os intervalos de confiança são baseados na distribuição amostral do estimador pontual, sendo uma estimativa intervalar permite definir possível magnitude de erro amostral (MORETTIN; BUSSAB, 2004). Obtidos a partir de elementos

amostrais que contenha o valor do parâmetro com certo nível de confiança ou probabilidade  $(1 - \alpha)$  %, normalmente de 90 e 95% (MARTINS, 2006).

No entanto, estima-se a média ( $\bar{X}$ ) da amostra de tamanho  $n$ , o desvio padrão ( $\sigma$ ) e o nível de confiança adotado  $(1 - \alpha)$ , para determinar o limite superior e inferior do intervalo de confiança da amostra (MORETTIN; BUSSAB, 2004).

Através da Equação 3.8:

$$IC \left( \bar{X} - t_{\frac{\alpha}{2}} \cdot \frac{\sigma}{\sqrt{n}} \leq \mu \leq \bar{X} + t_{\frac{\alpha}{2}} \cdot \frac{\sigma}{\sqrt{n}} \right) = 1 - \alpha \quad (3.8)$$

O valor de  $t_{\frac{\alpha}{2}}$  é encontrado em tabelas de distribuição de  $t$  de *Student* que se baseiam de acordo com o nível de significância adotado no estudo. Se o comprimento do intervalo de confiança for pequeno, tem-se um elevado grau de precisão na inferência realizada (MARTINS, 2006).

Intervalos de confiança que se sobrepõem entre si podem ser considerados com médias semelhantes. Quando não há sobreposição entre os intervalos considera-se que as diferenças das médias são estatisticamente significativas.

Para dois ou mais grupos separados, por exemplo idade de machos e fêmeas, constrói-se intervalo de confiança de 95% de confiança para a média de cada um dos grupos, e então dispõem-se os intervalos em um gráfico contra um eixo em comum para verificar se existe uma interseção entre os intervalos (valores em comum). Se os intervalos não se sobrepõem, demonstrados na Figura 3.6, então tem-se (pelo menos) 95% de confiança de que as verdadeiras médias não são iguais.

Figura 3.6 - Intervalos de confiança para idades de machos e fêmeas



Fonte: A autora, 2021.

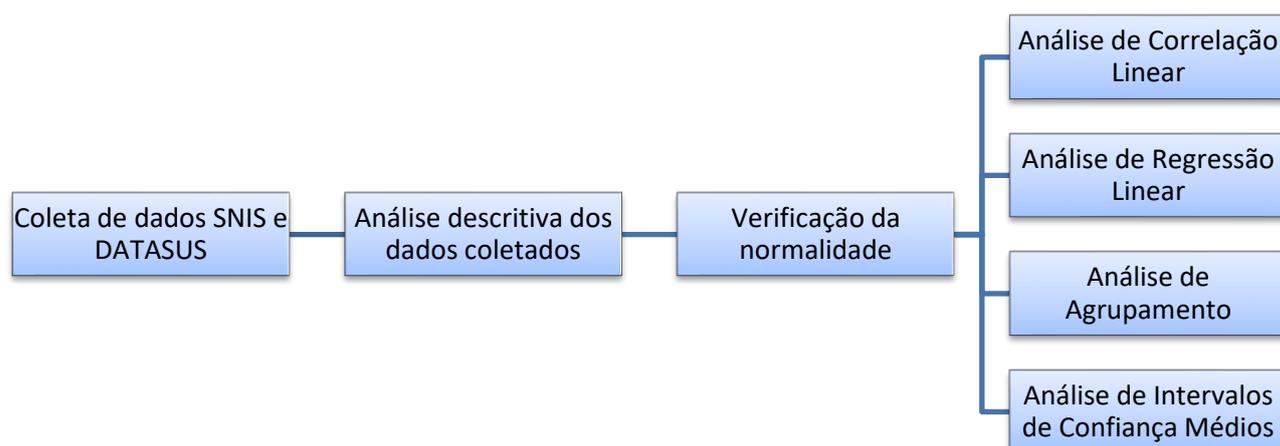
## 4 METODOLOGIA

### 4.1 DELINEAMENTO DO ESTUDO

No estudo foram utilizados como unidades de análise a população das 27 capitais brasileiras, os Indicadores de Saúde e Saneamento destas capitais foram avaliados estatisticamente através das análises de correlação e regressão linear para avaliar a relação entre saneamento básico e saúde, análises de agrupamento e de intervalo de confiança para comparar os dados entre as capitais brasileiras, no período de 2008 e 2019.

As etapas empregadas para realização das análises estatísticas são apresentadas resumidamente pelo fluxograma na Figura 4.1.

Figura 4.1 - Fluxograma das etapas desenvolvidas no trabalho com ênfase nas análises estatísticas utilizadas.



Fonte: A autora, 2021.

## 4.2 BASE DE DADOS

A base de dados foi composta por dados secundários anuais, a partir das médias mensais, provenientes do SNIS para cobertura do Serviço de Abastecimento de Água, Coleta de Esgoto Sanitário e Coleta de Resíduos Sólidos de todas as capitais do Brasil para o período de 2008 a 2019. E dados secundários do DATASUS de acordo com local de residência e ano de atendimento para Internamentos por Doença de Veiculação Hídrica e Taxa de Mortalidade por Doença Infecciosa e Parasitária em menores de 1 e 5 anos de idade para o mesmo período. Os dados utilizados para as análises estatísticas são referentes aos anos de 2008 a 2019, com exceção das capitais Belo Horizonte, Boa Vista e Florianópolis, que não apresentaram dados para alguns anos do estudo.

## 4.3 INDICADORES DE ESTUDO

Os indicadores considerados no estudo foram os seguintes:

### 4.3.1 Indicadores de Saúde

- Taxa de Internamento por Doenças de Veiculação Hídrica (TIDVH), número de internamentos segundo lugar de residência a cada 1.000 habitantes. As doenças consideradas estão relacionadas à transmissão direta pela água, por meio da ingestão ou contato (ou penetração na pele), são elas: cólera, febres tifoide e paratifoide, shigelose, amebíase, diarreia e gastroenterite de origem infecciosa presumível, outras doenças infecciosas intestinais e esquistossomose (Classificação Internacional de Doenças 10<sup>a</sup> revisão (CID-10): A00-A09; B65);
- Taxa de Mortalidade por Doenças Infecciosas e Parasitárias em menores de 1 ano (TMDIP1), razão entre a quantidade de óbitos e o

número de Autorização de Internação Hospitalar (AIH) aprovadas, computadas como internações no período selecionado, multiplicada por 100 (%). As doenças classificadas pelo CID-10 como Infecciosas e Parasitárias (A00-B99) são infecciosas intestinais, tuberculose, algumas doenças bacterianas zoonóticas, outras doenças bacterianas, infecções de transmissão predominantemente sexual, doenças por espiroquetas, doenças causadas por clamídias, rickettsioses, infecções virais do sistema nervoso central, febre por arbovírus e febre hemorrágicas, infecções virais caracterizadas por lesões de pele e mucosa, hepatite viral, doença pelo vírus da imunodeficiência humana, outras doenças por vírus, micoses, pediculose, acariase e outras infestações, sequelas de doenças infecciosas e parasitárias, agentes de infecções bacterianas, virais e outros agentes infecciosos e outras doenças infecciosas;

- Taxa de Mortalidade por Doenças Infecciosas e Parasitárias em menores de 5 anos (TMDIP5), razão entre a quantidade de óbitos e o número de AIH aprovadas, computadas como internações no período selecionado, multiplicada por 100 (%). As doenças classificadas pelo CID-10 como Infecciosas e Parasitárias (A00-B99) são infecciosas intestinais, tuberculose, algumas doenças bacterianas zoonóticas, outras doenças bacterianas, infecções de transmissão predominantemente sexual, doenças por espiroquetas, doenças causadas por clamídias, rickettsioses, infecções virais do sistema nervoso central, febre por arbovírus e febre hemorrágicas, infecções virais caracterizadas por lesões de pele e mucosa, hepatite viral, doença pelo vírus da imunodeficiência humana, outras doenças por vírus, micoses, pediculose, acariase e outras infestações, sequelas de doenças infecciosas e parasitárias, agentes de infecções bacterianas, virais e outros agentes infecciosos e outras doenças infecciosas;

#### 4.3.2 Indicadores de Cobertura por Serviços de Saneamento

- Proporção da População Atendida por Serviço de Abastecimento de Água (SAA) por ano de referência (%), razão entre a população total atendida com abastecimento de água e a população total residente no município, multiplicada por 100;
- Proporção da População Atendida por Serviço de Coleta de Esgoto Sanitário (SES) por ano de referência (%), razão entre a população total atendida com coleta de esgoto sanitário e a população total residente no município, multiplicada por 100;
- Proporção da População Atendida por Serviço de Coleta de Resíduos Sólidos (SCR) por ano de referência (%), razão entre a população total atendida com coleta resíduos sólidos e a população total residente no município, multiplicada por 100.

Ressalta-se que apesar do conceito de saneamento compreender os sistemas de abastecimento de água, esgotamento sanitário, coleta e disposição de resíduos sólidos, drenagem urbana e controle de vetores, considerou-se, neste trabalho, apenas os serviços de abastecimento de água, coleta de esgotamento sanitário e coleta de resíduos sólidos.

#### 4.4 ANÁLISE DE DADOS

Para o estudo foram considerados como variáveis explicativas (independentes) os Indicadores de Saneamento e, como variáveis resposta (dependentes) os Indicadores de Saúde.

#### 4.4.1 Análise Descritiva e Verificação da Normalidade dos Dados

Para verificação da normalidade dos indicadores TIDVH, TMDIP1 e TMDIP5 das 27 capitais brasileiras, utilizou-se o *software GraphPad Prism 9* para calcular a média, mediana, coeficiente de variação, *Skewness* (assimetria da distribuição dos dados) e *Kurtosis* (medida do achatamento da curva de distribuição) e aplicaram-se os Testes de Normalidade de D'Agostino-Pearson (para  $n$  amostral maior que 8) e Teste de Shapiro Wilk (para  $n$  amostral menores que 8 e valores não repetidos), ambos os testes de normalidade com significância de 0,05. A normalidade foi usada para tomada de decisão do teste a ser utilizado na correlação linear.

#### 4.4.2 Análise de Correlação Linear

Para a análise de correlação linear entre os Indicadores de Saúde (TIDVH, TMDIP1 e TMDIP5) *versus* Indicadores de Cobertura por Serviços de Saneamento (SAA, SES e SCR) das 27 capitais foram analisados “dois a dois”, ou seja, para cada correlação utilizou-se um Indicador de Saúde e um Indicador de Cobertura por Serviços de Saneamento Básico até que todos os Indicadores de Saúde tenham sido correlacionados com todos os Indicadores de Cobertura por Serviços de Saneamento Básico e vice-versa. Utilizou-se o *software GraphPad Prism 9* para realizar o Teste de Pearson quando a distribuição dos dados amostrais foi considerada normal e o Teste de Spearman para dados com distribuição não normal, ambos com significância de 0,05. Os resultados foram avaliados de acordo com o valor do coeficiente de Pearson/Sperman ( $r$ ) e a significância ( $p$ -valores).

#### 4.4.3 Análise de Regressão Linear Simples

Foi realizado análise de regressão linear simples entre os Indicadores de Saúde (TIDVH, TMDIP1 e TMDIP5) *versus* Indicadores de Cobertura por Serviços de Saneamento (SAA, SES e SCR) das 27 capitais, “dois a dois” para cada uma das

capitais. Foram criados 324 gráficos de dispersão no *Microsoft Excel* de modo a avaliar as relações entre as variáveis independentes e dependentes, por meio da análise gráfica, equação da reta ajustada e  $R^2$ .

#### 4.4.4 Análise de Agrupamento

Na análise de agrupamento foi utilizado o *software R* (*R Core Team* - 2020) para gerar um dendrograma através do método Hierárquico de Ward e distância Euclidiana considerando todos os Indicadores de Saúde (TIDVH, TMDIP1 e TMDIP5) e de Cobertura por Serviços de Saneamento (SAA, SES e SCR) das 27 capitais. Para isso foi realizada a média de todos os anos considerados no estudo para cada indicador, e as capitais classificaram-se em grupos e subgrupos formando o dendrograma de acordo com a similaridade entre os indicadores do estudo. Na determinação do número de grupos que melhor representou o conjunto de dados, escolheu-se um ponto de corte na escala de distâncias e traçou-se uma linha cortando os ramos do dendrograma.

#### 4.4.5 Análise de Intervalo de Confiança

Nesta análise, foram construídos gráficos utilizando o *software Microsoft Excel* apresentando os intervalos de confiança para as médias, usando uma distribuição *t* de *Student*, das 27 capitais e para cada um dos Indicadores de Saúde (TIDVH, TMDIP1 e TMDIP5) e de Cobertura por Serviços de Saneamento (SAA, SES e SCR) com nível de significância de 0,05. Por meio dessa análise gráfica foi possível verificar os intervalos que não se sobrepõem, indicando quais capitais não possuem médias semelhantes para cada um dos indicadores.

## 5 RESULTADOS E DISCUSSÕES

### 5.1 CORRELAÇÃO E REGRESSÃO LINEAR ENTRE OS INDICADORES DE SAÚDE E SANEAMENTO

Primeiramente foram calculadas as correlações ( $r$ ) entre os Indicadores de Saúde (TIDVH, TMDIP1 e TMDIP5) versus Indicadores de Cobertura por Serviços de Saneamento (SAA, SES e SCR) das 27 capitais, “dois a dois”. Após isto, aplicou-se o Teste de Correlação de Pearson/Spearman para verificar a significância dos coeficientes de correlações por meio da verificação dos p-valores obtidos. Também foi realizada a regressão linear simples, onde verificou-se o grau de dependência das variáveis por meio do  $R^2$ .

Os resultados foram separados em tabelas de acordo com o Serviço de Saneamento (SAA, SES e SCR). Para as capitais que obtiveram correlação estatisticamente significativa apresentaram-se os gráficos e equações das regressões lineares.

#### 5.1.1 Serviço de Abastecimento de Água (SAA) *versus* Indicadores de Saúde (TIDVH, TMDIP1 e TMDIP5)

Na análise de correlação linear entre os indicadores SAA e TIDVH, com os resultados apresentados na Tabela 5.1, identificou-se correlação linear proporcional (sinal de  $r$  positivo) em 13 capitais (Belém, Belo Horizonte, Brasília, Cuiabá, Fortaleza, Goiânia, Macapá, Manaus, Porto Velho, Recife, Salvador, São Luís e São Paulo) no entanto apenas 3 foram significativas, Belo Horizonte, Macapá e Porto Velho. As correlações inversamente proporcionais (sinal de  $r$  negativo) ocorreram em 13 capitais (Aracaju, Boa Vista, Campo Grande, Curitiba, Florianópolis, João Pessoa, Maceió, Natal, Palmas, Rio Branco, Rio de Janeiro, Teresina e Vitória), dentre elas 6 foram significativas (p-valor  $<0,05$ ), sendo Boa Vista, Curitiba, João Pessoa, Natal, Palmas e Teresina inversamente proporcionais.

Tabela 5.1 - Resumo dos resultados obtidos para  $r$ ,  $p$ -valor e  $R^2$  das análises de correlação e regressão linear entre o Serviço de Abastecimento de Água e os Indicadores de Saúde

| CAPITAL        | SAA x TIDVH |            |         | SAA x TMDIP1 |            |        | SAA x TMDIP5 |            |         |
|----------------|-------------|------------|---------|--------------|------------|--------|--------------|------------|---------|
|                | $r$         | $p$ -valor | $R^2$   | $r$          | $p$ -valor | $R^2$  | $r$          | $p$ -valor | $R^2$   |
| Aracaju        | -0,4904     | 0,0795     | 0,2759  | -0,3256      | 0,3285     | 0,106  | 0,163        | 0,6321     | 0,0274  |
| Belém          | 0,2605      | 0,4135     | 0,0679  | -0,2476      | 0,4378     | 0,0613 | -0,2763      | 0,3847     | 0,0764  |
| Belo Horizonte | 0,801       | 0,0045     | 0,6417  | -0,0969      | 0,7993     | 0,0115 | -0,3084      | 0,386      | 0,0952  |
| Boa Vista      | -0,8228     | 0,0001     | 0,6771  | 0,5387       | 0,0707     | 0,2902 | 0,6138       | 0,0386     | 0,3738  |
| Brasília       | 0,4676      | 0,1252     | 0,2188  | 0,2903       | 0,3599     | 0,0843 | -0,0384      | 0,9056     | 0,0015  |
| Campo Grande   | -0,5347     | 0,0733     | 0,2859  | -0,0322      | 0,921      | 0,001  | 0,0312       | 0,3235     | 0,0973  |
| Cuiabá         | 0,1703      | 0,6154     | 0,0292  | -0,3422      | 0,303      | 0,1171 | -0,4647      | 0,1498     | 0,2167  |
| Curitiba       | -0,7081     | 0,01       | 0,5017  | -0,5121      | 0,0887     | 0,2623 | -0,3491      | 0,266      | 0,1219  |
| Florianópolis* | -0,1507     | 0,6401     | 0,0227  |              |            |        |              |            |         |
| Fortaleza      | 0,1894      | 0,5556     | 0,0359  | 0,2833       | 0,3122     | 0,0803 | -0,1438      | 0,6558     | 0,0206  |
| Goiânia        | 0,575       | 0,0505     | 0,3377  | -0,1104      | 0,7328     | 0,0121 | -0,3776      | 0,2263     | 0,1426  |
| João Pessoa    | -0,8917     | 0,0002     | 0,7951  | -0,6279      | 0,0386     | 0,3943 | 0,0174       | 0,9619     | 0,0702  |
| Macapá         | 0,6626      | 0,0188     | 0,4393  | -0,0352      | 0,9135     | 0,0012 | -0,5008      | 0,0972     | 0,2508  |
| Maceió         | -0,5154     | 0,0864     | 0,2656  | -0,1201      | 0,71       | 0,0144 | 0,1155       | 0,7207     | 0,0134  |
| Manaus         | 0,4535      | 0,1386     | 0,2057  | -0,2938      | 0,3533     | 0,0863 | -0,2784      | 0,3808     | 0,0776  |
| Natal          | -0,8042     | 0,0025     | 0,4997  | -0,1452      | 0,6525     | 0,0211 | 0,0489       | 0,8799     | 0,0024  |
| Palmas         | -0,6531     | 0,0274     | 0,4342  | -0,3312      | 0,3839     | 0,1097 | -0,4565      | 0,1848     | 0,2084  |
| Porto Alegre*  |             |            |         |              |            |        |              |            |         |
| Porto Velho    | 0,6431      | 0,0241     | 0,4136  | -0,4476      | 0,1474     | 0,1723 | -0,5822      | 0,047      | 0,339   |
| Recife         | 0,4566      | 0,1356     | 0,2085  | -0,1232      | 0,7029     | 0,0152 | -0,3257      | 0,3016     | 0,1058  |
| Rio Branco     | -0,0139     | 0,9739     | <0,0001 | 0,0602       | 0,8526     | 0,0036 | -0,0029      | 0,9927     | <0,0001 |
| Rio de Janeiro | -0,4168     | 0,1776     | 0,1738  | -0,4376      | 0,1549     | 0,1915 | -0,196       | 0,5414     | 0,0384  |
| Salvador       | 0,0427      | 0,8951     | 0,0019  | -0,4358      | 0,1567     | 0,1899 | -0,3407      | 0,2785     | 0,1158  |
| São Luís       | 0,2825      | 0,3999     | 0,0799  | -0,3308      | 0,3203     | 0,1095 | -0,4261      | 0,1913     | 0,1817  |
| São Paulo      | 0,4848      | 0,1101     | 0,235   | 0,0515       | 0,8738     | 0,0026 | -0,0469      | 0,8847     | 0,0022  |
| Teresina       | -0,7106     | 0,0036     | 0,5043  | -0,3088      | 0,3287     | 0,0954 | 0,1856       | 0,5613     | 0,0293  |
| Vitória        | -0,079      | 0,8298     | 0,0041  | -0,3465      | 0,3266     | 0,1201 | -0,4361      | 0,2077     | 0,1902  |

Fonte: A autora, 2021.

Nota: SAA = Serviço de Abastecimento de Água; TIDVH = Taxa de Internamento por Doenças de Veiculação Hídrica; TMDIP1 = Taxa de Mortalidade por Doenças Infecciosa e Parasitária em menores de 1 ano; TMDIP5 = Taxa de Mortalidade por Doenças Infecciosa e Parasitária em menores de 5 anos;  $r$  = coeficiente de correlação linear;  $p$ -valor = significância estatística do coeficiente da correlação linear;  $R^2$  = coeficiente de determinação; \* = capital com 100% de cobertura SAA para os anos do estudo em que foram registrados dados para os Indicadores de Saúde.

As capitais com coeficiente de correlação significativo, Boa Vista ( $r = -0,8228$ ), Curitiba ( $r = -0,7081$ ), João Pessoa ( $r = -0,8917$ ), Natal ( $r = -0,8042$ ) e Teresina ( $r = -0,7106$ ) apresentaram forte correlação negativa entre os indicadores SAA e TIDVH, isso indica evidência de que, quanto maior a abrangência do Serviço de Abastecimento de Água menor a incidência de internamento por doenças consideradas de veiculação hídrica. Palmas apresentou também coeficiente de correlação significativo, mas com correlação negativa moderada ( $r = -0,6531$ ). Já as capitais Belo Horizonte, Macapá e Porto Velho tiveram coeficiente de correlação positivo estatisticamente significativo, com forte correlação para Belo Horizonte ( $r =$

0,801) e moderada para Macapá (0,6626) e Porto Velho ( $r = 0,6431$ ). Representa que quanto maior a abrangência da população com abastecimento de água, maior a incidência de internamentos por doenças de veiculação hídrica, o que não era esperado no estudo. Apesar da TIDVH ter diminuído ao longo dos anos do estudo para Belo Horizonte, nos anos 2008, 2009 e 2010 a população atendida por SAA foi maior que a população residente, sendo SAA maior que 100% nesse período o que indica falha no lançamento de dados da população dessa capital, desta maneira os dados para este período foram descartados. Entre os anos de 2010 e 2014 foi registrado 100% do SAA e nos anos posteriores menores abrangências, que pode interferir na análise de correlação, como visto anteriormente pode ter ocorrido a mesma falha no lançamento dos dados também nos anos seguintes. Em Porto Velho houve redução aproximadamente de 50% no número de internamentos desde o início ao fim do período, mas com redução na quantidade da população atendida por SAA ao longo dos anos, ao invés de estagnar ou aumentar, isto pode estar relacionado com falhas do lançamento de dados, o que ocasionou uma relação positiva. O mesmo é verificado para a capital Macapá, houve redução das TIDVH durante o período, mas a o número de pessoas atendidas por SAA regrediu, enquanto a população residente aumentou, o que gerou proporções menores da população atendida por este serviço e ao mesmo tempo menores taxas de internamento.

O modelo linear foi ajustado para as capitais que obtiveram correlações significativas e esses resultados estão apresentados na Figura 5.1. A capital Boa Vista obteve o maior coeficiente angular negativo, indicando que para cada unidade percentual que aumenta em SAA, diminui 0,9582 do percentual de TIDVH. As capitais Curitiba, Macapá, Natal, Palmas, Porto Velho e Teresina apresentaram  $R^2$  entre 0,4 e 0,5 para a regressão entre SAA e TIDVH, isso representa que de 40 a 50% da variação de TIDVH pode ser explicada pela relação SAA e TIDVH, percentual considerado baixo, onde pode haver outras variáveis como Índice de Desenvolvimento Humano (IDH), escolaridade, renda *per capita*, entre outros que influenciam este resultado, sendo necessário mais estudos. Belo Horizonte apresentou 64,2% e João Pessoa 79,5% da variação que pode ser explicada.

Na correlação linear entre os indicadores SAA e TMDIP1 com os resultados de  $r$  e  $p$ -valor apresentados na Tabela 5.1, identificou-se correlação linear proporcional em 5 capitais (Boa Vista, Brasília, Fortaleza, Rio Branco e São Paulo) mas nenhuma delas

foi significativa e correlação inversamente nas demais capitais, exceto Florianópolis e Porto Alegre que não foi possível calcular o coeficiente, pois apresentaram 100% do SAA para todos os anos.

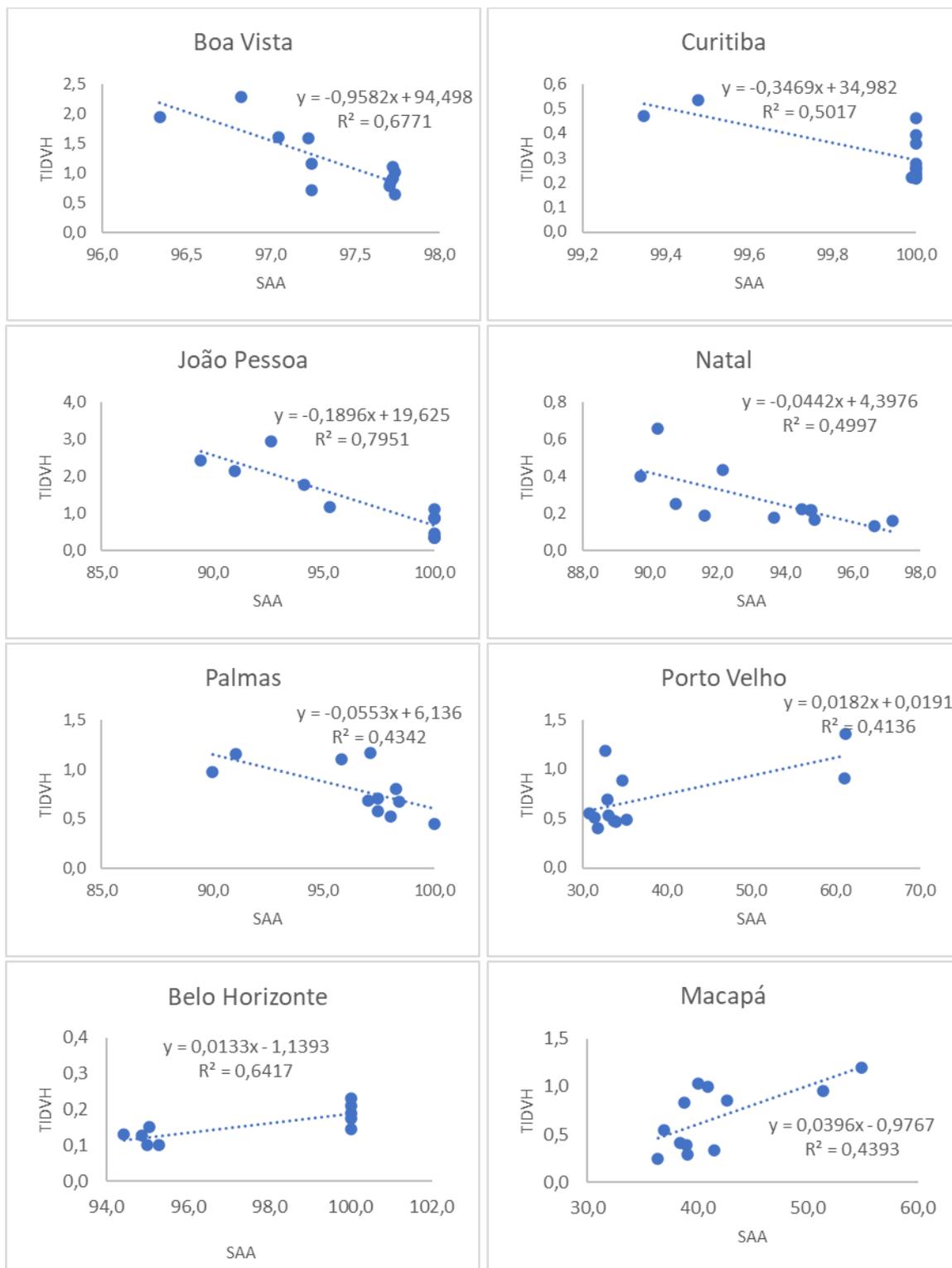
Apesar da maioria das capitais apresentarem relação inversamente proporcional, apenas a capital João Pessoa apresentou significância na correlação entre SAA e TMDIP1, pois obteve  $p\text{-valores} < 0,05$ . Considerada como uma correlação negativa moderada ( $r = - 0,6279$ ), indica evidência que quanto maior a porcentagem da população abastecida com água potável menor será a taxa de mortalidade por doenças infecciosas e parasitárias em crianças menores de um ano de idade.

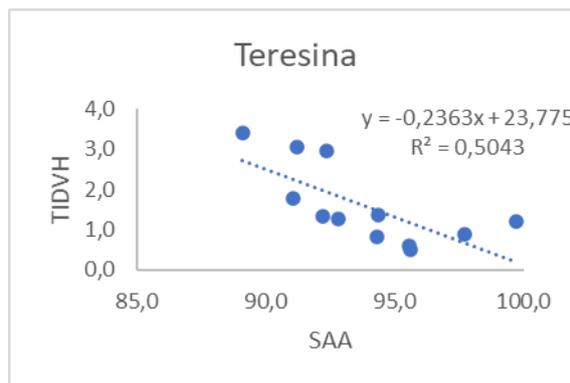
O modelo linear ajustado para a capital João Pessoa, Figura 5.2, obteve coeficiente angular da reta negativo, indicando que para cada unidade percentual de SAA que aumenta, tem-se uma redução de 0,1531 no percentual de TMDIP1, o valor de  $R^2$  foi de 0,3942 demonstrando que aproximadamente 40% da variação da TMDIP1 pode ser explicada pela relação de SAA e TMDIP1.

Na correlação linear entre os indicadores SAA e TMDIP5 (resultados também apresentados na Tabela 5.1) somente 2 capitais apresentaram significância estatística ( $p\text{-valores} < 0,05$ ), Boa Vista (proporcional) e Porto Velho (inversamente proporcional).

Porto Velho apresentou coeficiente de correlação estatisticamente significativo com moderada correlação negativa ( $r = - 0,5822$ ), o que possui evidência de que, quanto maior a abrangência do Serviço de Abastecimento de Água menor a taxa de mortalidade por doença infecciosa parasitária em crianças menores de 5 idade. A capital Boa Vista apresentou coeficiente de correlação positivo estatisticamente significativo com moderada correlação ( $r = 0,6138$ ), o que indicaria que quanto maior a abrangência da população com abastecimento de água, maior é a taxa de mortalidade por doença infecciosa parasitária em crianças menores de 5 anos, o que não era esperado.

Figura 5.1 - Diagramas de dispersão e equações da reta de regressão linear simples das capitais que apresentaram correlação linear significativa entre os indicadores SAA e TIDVH

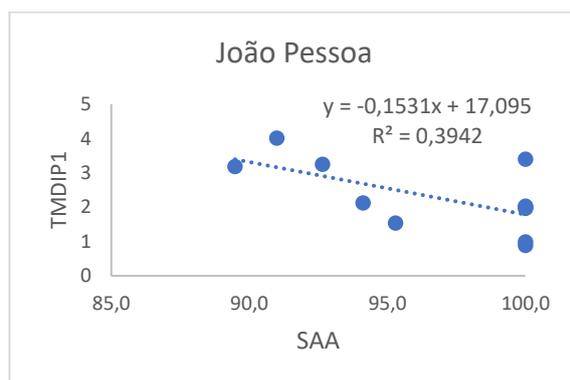




Fonte: A autora, 2021.

Nota: SAA = Serviço de Abastecimento de Água; TIDVH = Taxa de Internamento por Doenças de Veiculação Hídrica;  $R^2$  = coeficiente de determinação.

Figura 5.2 - Diagrama de dispersão e equação da reta de regressão linear simples da capital João Pessoa que apresentou correlação linear significativa entre os indicadores SAA e TMDIP1

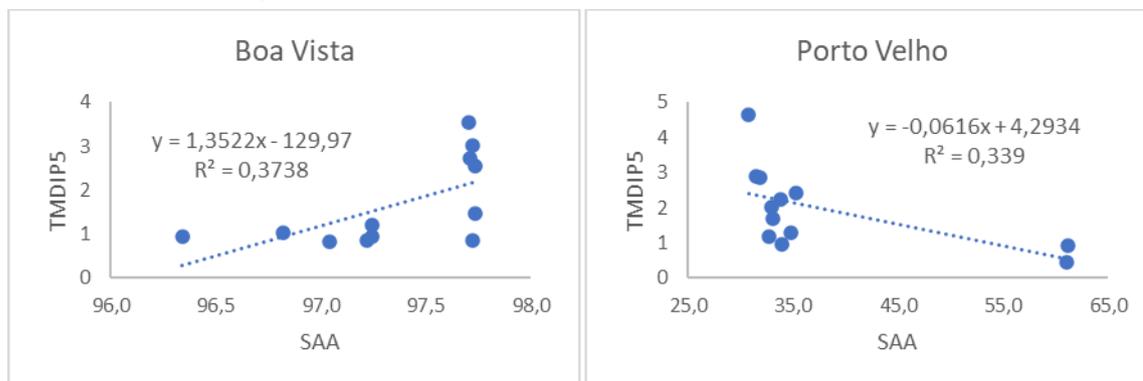


Fonte: A autora, 2021.

Nota: SAA = Serviço de Abastecimento de Água; TMDIP1 = Taxa de Mortalidade em menores de 1 ano de idade;  $R^2$  = coeficiente de determinação.

No modelo de regressão linear, Figura 5.3, a capital Boa Vista obteve coeficiente angular no valor de 1,3522 o que indica que para cada percentual que aumenta em SAA, aumenta 1,3522 em TMDIP5. Já Porto Velho apresentou coeficiente angular de -0,0616, indicando que para cada unidade percentual aumentada em SAA, há uma queda de 0,0616 no índice TMDIP5. O coeficiente de determinação do ajuste da reta para Boa Vista indica que 37,4% da variação de TMDIP5 pode ser explicada pelo SAA, enquanto Porto Velho apresentou  $R^2$  igual a 33,9%.

Figura 5.3 - Diagramas de dispersão e equações da reta da regressão linear simples das capitais que apresentaram correlação linear significativa entre os indicadores SAA e TMDIP5



Fonte: A autora, 2021.

Nota: SAA = Serviço de Abastecimento de Água; TMDIP5 = Taxa de Mortalidade em menores de 5 anos de idade;  $R^2$  = coeficiente de determinação.

Para Porto Alegre não foi possível calcular o coeficiente entre o SAA e os Indicadores de Saúde, pois nos anos de estudo em que foram registrados dados para os Indicadores de saúde essa capital já possuía 100% da população abastecida por SAA. O mesmo foi observado para Florianópolis na correlação entre SAA e os Indicadores de Saúde TMDIP1 e TMDIP5.

Os avanços na diminuição da Taxa de Mortalidade Infantil podem ser atribuídos às modificações favoráveis não somente ao aumento do acesso à água tratada e saneamento básico, mas também de ordem socioeconômica e demográfica, à ampliação da educação das mulheres, à implantação de programas de transferência de renda, à instituição do Sistema Único de Saúde (SUS) e à melhoria na saúde da mulher e da criança (VANDERLEI; FRIAS, 2015).

### 5.1.2 Serviço de Esgotamento Sanitário (SES) *versus* Indicadores de Saúde (TIDVH, TMDIP1 e TMDIP5)

A Tabela 5.2 apresenta os resultados da correlação linear entre os indicadores SES e TIDVH. Apenas 3 capitais apresentaram correlações positivas (Belo Horizonte, Brasília e Manaus) entre os indicadores SES e TIDVH, as demais capitais apresentaram correlações negativas (Aracaju, Belém, Boa Vista, Campo Grande, Cuiabá, Curitiba, Florianópolis, Fortaleza, Goiânia, João Pessoa, Macapá, Maceió, Natal, Palmas, Porto Alegre, Porto Velho, Recife, Rio Branco, Rio de Janeiro, Salvador, São Luís, São Paulo, Teresina e Vitória). Dezesesseis capitais apresentaram significância estatística, sendo Belo Horizonte a única com correlação positiva. Belém, Boa Vista, Campo Grande, Cuiabá, Curitiba, Goiânia, João Pessoa, Maceió, Natal, Palmas, Porto Alegre, Porto Velho, Rio de Janeiro, São Luís e Teresina apresentaram correlações negativas.

As capitais com coeficiente de correlação significativo, Belém, Boa Vista, Campo Grande, Cuiabá, Curitiba, João Pessoa, Natal, Palmas, Porto Alegre, Porto Velho, Rio de Janeiro, São Luís e Teresina apresentaram forte correlação ( $r > -0,7$ ) negativa entre os indicadores SES e TIDVH, isso indica evidência que quanto maior a abrangência do Serviço de Esgotamento Sanitário menor a taxa de internamento por doenças consideradas de veiculação hídrica. As capitais Goiânia (-0,6958) e Maceió (-0,632) apresentaram coeficiente de correlação significativo, mas com correlação negativa moderada. Belo Horizonte apresentou coeficiente de correlação positivo estatisticamente significativo com correlação moderada (0,6321). Isso representa que quanto maior a abrangência da população com serviço de esgotamento sanitário maior é a incidência de internamentos por doenças de veiculação hídrica, o que não era esperado no estudo. Apesar da TIDVH ter diminuído ao longo no período avaliado em Belo Horizonte, como também visto para SAA, a população atendida por SES foi maior que a população residente em 2009, o que indica falha no lançamento de dados no sistema. Entre o período de 2010 e 2014 foi registrada abrangência de 100% de SES e nos anos posteriores menores valores, dados inconsistentes que interferiram na análise de correlação.

Tabela 5.2 - Resumo dos resultados obtidos para  $r$ ,  $p$ -valor e  $R^2$  das análises de correlação e regressão linear entre o Serviço de Esgotamento Sanitário e os Indicadores de Saúde

| CAPITAL        | SES x TIDVH |            |        | SES x TMDIP1 |            |         | SES x TMDIP5 |            |         |
|----------------|-------------|------------|--------|--------------|------------|---------|--------------|------------|---------|
|                | $r$         | $p$ -valor | $R^2$  | $r$          | $p$ -valor | $R^2$   | $r$          | $p$ -valor | $R^2$   |
| Aracaju        | -0,3566     | 0,256      | 0,0809 | -0,2646      | 0,4318     | 0,0699  | -0,0784      | 0,8187     | 0,0061  |
| Belém          | -0,8154     | 0,0012     | 0,6649 | 0,4205       | 0,1734     | 0,1768  | 0,5814       | 0,0474     | 0,338   |
| Belo Horizonte | 0,6321      | 0,0274     | 0,3998 | 0,1885       | 0,5587     | 0,0377  | -0,0484      | 0,8812     | 0,0024  |
| Boa Vista      | -0,8187     | 0,0011     | 0,6703 | 0,6277       | 0,0289     | 0,394   | 0,7486       | 0,0051     | 0,5604  |
| Brasília       | 0,5524      | 0,0625     | 0,3052 | 0,1836       | 0,5678     | 0,0337  | -0,1002      | 0,7568     | 0,01    |
| Campo Grande   | -0,9305     | 0,0001     | 0,8659 | -0,4031      | 0,1938     | 0,1625  | -0,0006      | 0,9985     | <0,0001 |
| Cuiabá         | -0,827      | 0,0017     | 0,6839 | -0,663       | 0,0262     | 0,4336  | -0,5337      | 0,0908     | 0,2849  |
| Curitiba       | -0,9302     | <0,0001    | 0,8653 | -0,472       | 0,1213     | 0,2228  | -0,3231      | 0,3056     | 0,1044  |
| Florianópolis  | -0,3608     | 0,2493     | 0,1302 | -0,7855      | 0,0641     | 0,617   | -0,4495      | 0,2248     | 0,202   |
| Fortaleza      | -0,3093     | 0,3279     | 0,0955 | -0,2359      | 0,4605     | 0,0557  | -0,2012      | 0,5307     | 0,0405  |
| Goiânia        | -0,6958     | 0,012      | 0,4841 | -0,4057      | 0,1885     | 0,1661  | -0,1897      | 0,5548     | 0,036   |
| João Pessoa    | -0,8178     | 0,0012     | 0,6688 | -0,2939      | 0,4605     | 0,0863  | 0,3363       | 0,283      | 0,2181  |
| Macapá         | -0,5184     | 0,0843     | 0,2687 | -0,3836      | 0,2183     | 0,1468  | -0,0788      | 0,8076     | 0,0062  |
| Maceió         | -0,632      | 0,0275     | 0,3996 | -0,2525      | 0,4285     | 0,0636  | 0,4204       | 0,1736     | 0,1768  |
| Manaus         | 0,499       | 0,0986     | 0,249  | 0,0012       | 0,9971     | <0,0001 | -0,0504      | 0,8763     | 0,0025  |
| Natal          | -0,9231     | <0,0001    | 0,6548 | 0,0179       | 0,9558     | 0,0003  | 0,1696       | 0,5983     | 0,0287  |
| Palmas         | -0,8055     | 0,0016     | 0,6487 | -0,497       | 0,1439     | 0,247   | -0,4759      | 0,1389     | 0,2265  |
| Porto Alegre   | -0,7066     | 0,0151     | 0,4992 | -0,7883      | 0,0039     | 0,6215  | -0,3417      | 0,302      | 0,5029  |
| Porto Velho    | -0,7124     | 0,0093     | 0,5076 | 0,0769       | 0,8171     | 0,008   | 0,2686       | 0,3986     | 0,0722  |
| Recife         | -0,3427     | 0,2756     | 0,1174 | -0,3117      | 0,3239     | 0,0973  | -0,044       | 0,892      | 0,002   |
| Rio Branco     | -0,4168     | 0,178      | 0,2292 | -0,59        | 0,0435     | 0,3481  | -0,4045      | 0,1922     | 0,1642  |
| Rio de Janeiro | -0,7752     | 0,0031     | 0,601  | 0,1614       | 0,6163     | 0,026   | 0,4071       | 0,189      | 0,1656  |
| Salvador       | -0,2538     | 0,4261     | 0,0643 | -0,8039      | 0,0016     | 0,6462  | -0,7774      | 0,0029     | 0,6042  |
| São Luís       | -0,827      | 0,0017     | 0,6833 | 0,5006       | 0,1168     | 0,2506  | 0,7457       | 0,0084     | 0,5553  |
| São Paulo      | -0,416      | 0,1787     | 0,173  | -0,8262      | 0,0009     | 0,6826  | -0,8577      | 0,0004     | 0,7358  |
| Teresina       | -0,7069     | 0,0102     | 0,4998 | 0,1303       | 0,6866     | 0,017   | 0,7867       | 0,0024     | 0,6191  |
| Vitória        | -0,2797     | 0,3789     | 0,1881 | -0,0052      | 0,9872     | <0,0001 | 0,2208       | 0,4905     | 0,0487  |

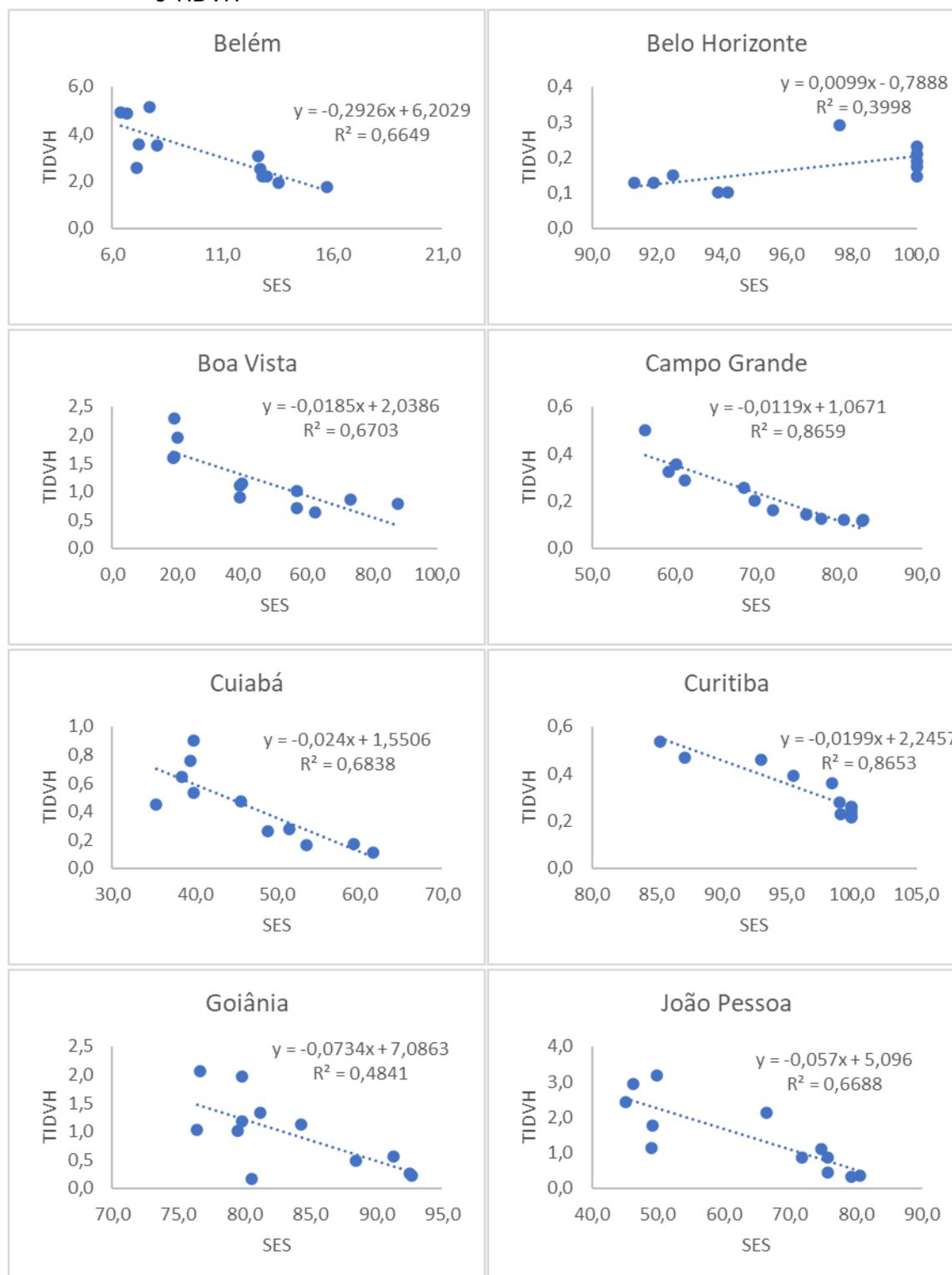
Fonte: A autora, 2021.

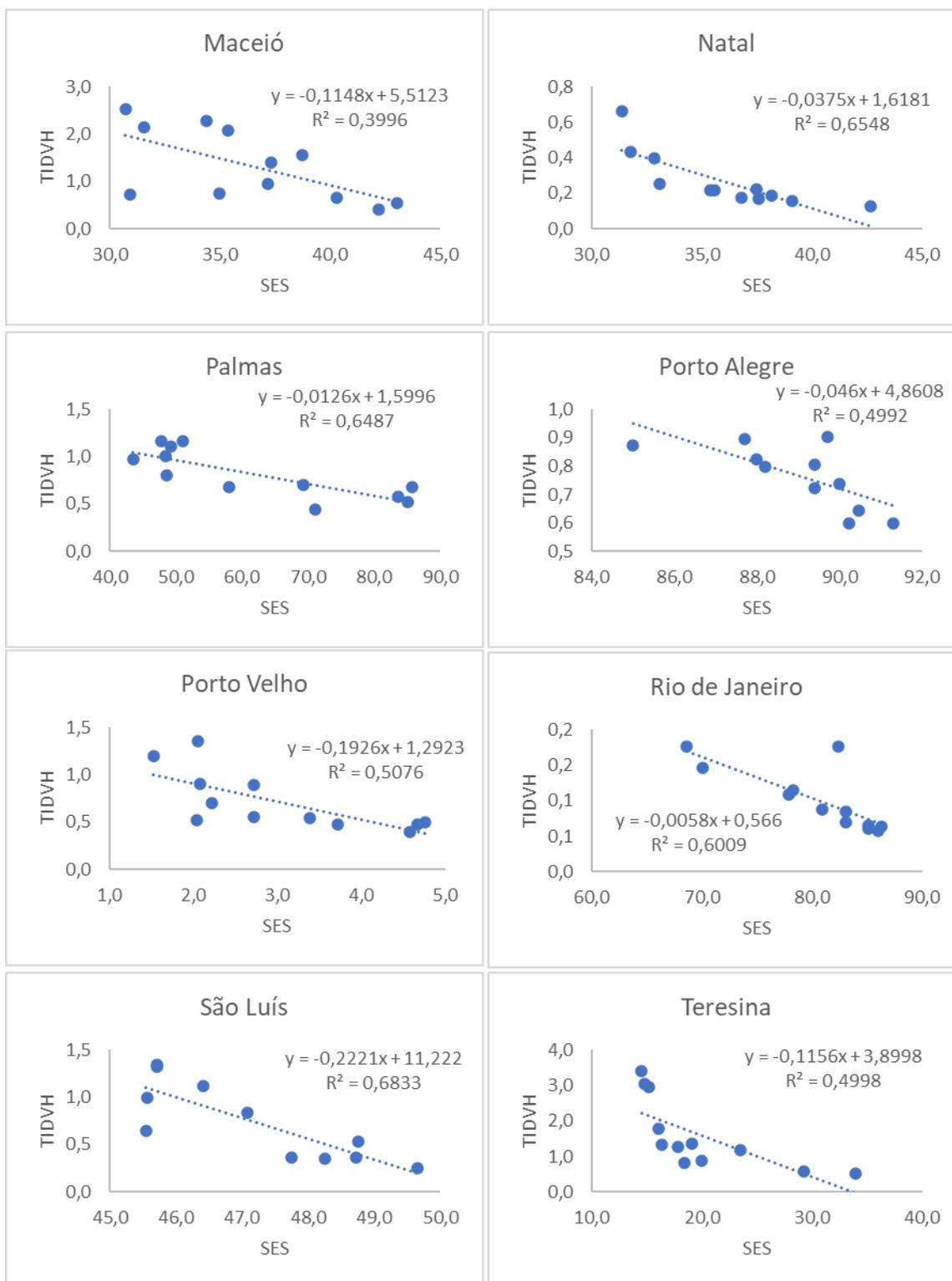
Nota: SES = Serviço de Esgotamento Sanitário; TIDVH = Taxa de Internamento por Doenças de Veiculação Hídrica; TMDIP1 = Taxa de Mortalidade por Doenças Infecciosa e Parasitária em menores de 1 ano; TMDIP5 = Taxa de Mortalidade por Doenças Infecciosa e Parasitária em menores de 5 anos;  $r$  = coeficiente de correlação linear;  $p$ -valor = significância estatística do coeficiente da correlação linear;  $R^2$  = coeficiente de determinação.

Nas capitais que apresentaram correlações significativas entre SES e TIDVH, foram gerados os gráficos com as regressões lineares, apresentados na Figura 5.4. Belo Horizonte apresentou coeficiente angular positivo no valor de 0,0099, o que indica que para cada percentual que aumenta em SES, aumenta 0,0099 em percentual de TIDVH, o coeficiente de determinação do ajuste demonstra que aproximadamente 40 % da variação de TIDVH pode ser explicada pelo SES. As demais capitais com coeficiente significativo e negativo apresentaram coeficiente angular entre -0,2926 e -0,0058. Goiânia, Maceió, Porto Alegre, Porto Velho e Teresina obtiveram  $R^2$  entre 0,4 e 0,5 representando que entre 40 e 50% da variação de TIDVH pode ser explicada pelo SES. Belém, Boa Vista, Cuiabá, João Pessoa, Natal, Palmas, Rio de Janeiro e São Luís entre 60 e 70% de explicação da

variabilidade. Campo Grande e Curitiba apresentaram aproximadamente 86% da variação de TIDVH que pode ser explicada pelo SES.

Figura 5.4 - Diagramas de dispersão e equações da reta da regressão linear simples das capitais que apresentaram correlação linear significativa entre os indicadores SES e TIDVH





Fonte: A autora, 2021.

Nota: SES = Serviço de Esgotamento Sanitário; TIDVH = Taxa de Internamento por Doenças de Veiculação Hídrica; R² = coeficiente de determinação.

Utilizando regressão simples, Paiva e Souza (2018), concluíram que a cobertura por esgotamento sanitário da população se relaciona inversamente

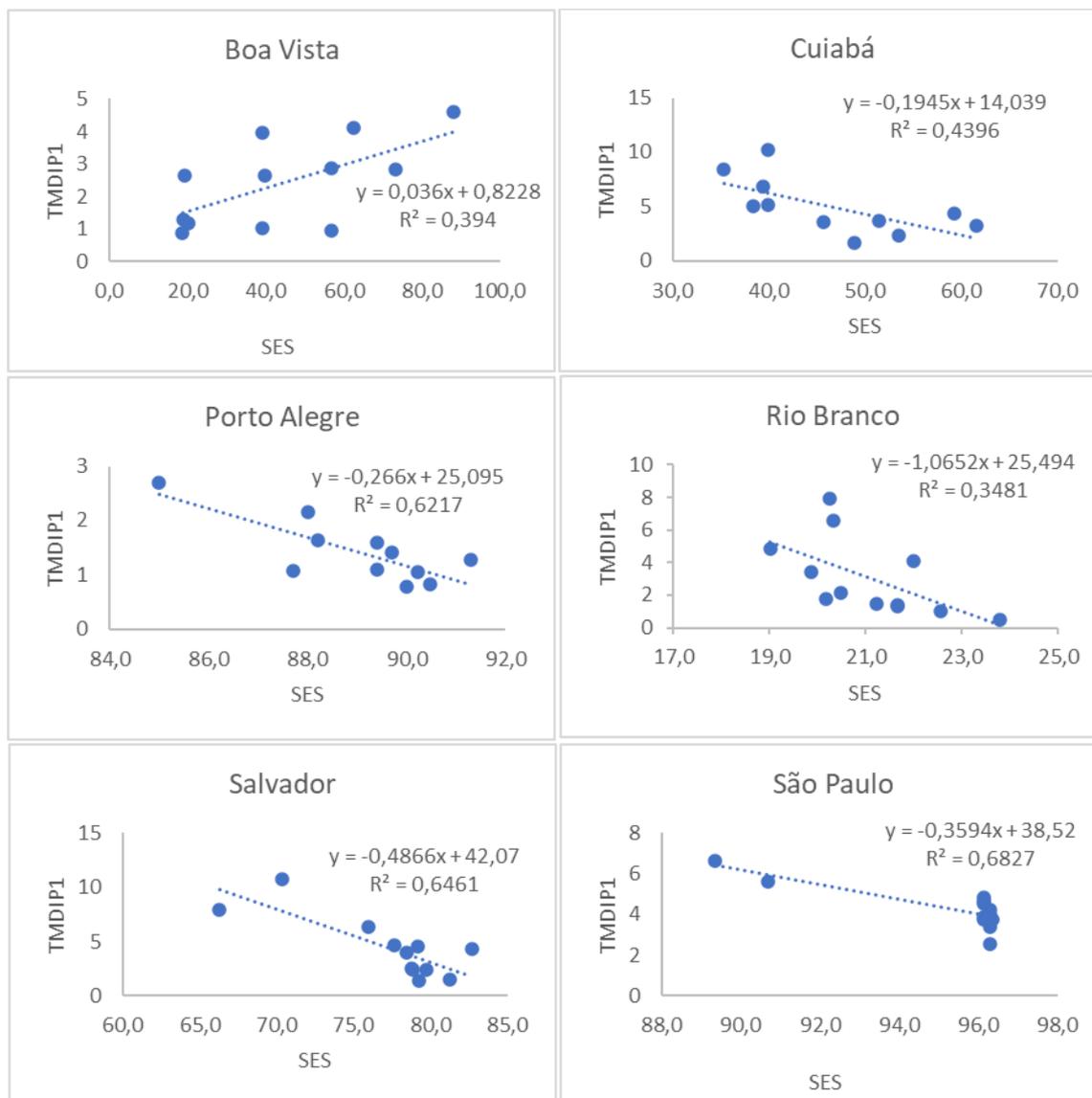
proporcional às internações por doenças associadas à poluição da água, indicando que melhorias nas condições sanitárias da população podem acarretar redução do número de internações pelas referidas doenças.

Os resultados da correlação linear entre os indicadores SES e TMDIP1, apresentados na Tabela 5.2, verificou-se correlação linear proporcional em 10 capitais (Belém, Belo Horizonte, Boa Vista, Brasília, Manaus, Natal, Porto Velho, Rio de Janeiro, São Luís e Teresina). No entanto, apenas Boa Vista apresentou correlação significativa e esta pode ser classificada como moderada. Dezesete capitais apresentaram correlações inversamente proporcionais (Aracaju, Campo Grande, Cuiabá, Curitiba, Florianópolis, Fortaleza, Goiânia, João Pessoa, Macapá, Maceió, Palmas, Porto Alegre, Recife, Rio Branco, Salvador, São Paulo e Vitória), dentre elas 5 foram significativas (Cuiabá, Porto Alegre, Rio Branco, Salvador e São Paulo). As capitais Porto Alegre ( $r = - 0,7883$ ), Salvador ( $r = - 0,8039$ ) e São Paulo ( $r = - 0,8262$ ) apresentaram forte correlação negativa entre os indicadores SES e TMDIP1. Cuiabá ( $r = - 0,663$ ) e Rio Branco ( $r = - 0,59$ ) apresentaram moderada correlação entre os indicadores. Essa correlação indica evidência de que, quanto maior a abrangência do serviço de esgotamento sanitário menor é a incidência de mortes em menores de um ano de idade por doenças infecciosas e parasitárias.

Das capitais que apresentaram correlação significativa entre SES e TMDIP1, os modelos de regressão linear simples estão apresentados na Figura 5.5 o maior coeficiente foi em Rio Branco, indicando que para cada percentual que aumenta em SES, a TMDIP1 regride em 1,0652. O menor coeficiente foi em Boa Vista, indicando que a cada acréscimo percentual em SES, aumenta 0,036 a TMDIP1. Boa Vista, Cuiabá e Rio Branco obtiveram  $R^2$  entre 35 e 45% que explica a variação de TMDIP1 pela variação do SES. Porto Alegre, Salvador e São Paulo apresentaram entre 60 e 70% da variação de TMDIP1 da que pode ser explicada pela variação do SES.

A taxa de mortalidade infantil é um dos indicadores mais utilizados para análise da situação de saúde de um país. Na mortalidade infantil, importante parcela da responsabilidade é atribuída aos serviços de saneamento. Medidas sanitárias adequadas podem ter um impacto positivo na redução da mortalidade infantil (TEIXEIRA; GOMES; SOUZA, 2012).

Figura 5.5 - Diagramas de dispersão e equações da reta da regressão linear simples das capitais que apresentaram correlação linear significativa entre os indicadores SES e TMDIP1



Fonte: A autora, 2021.

Nota: SES = Serviço de Esgotamento Sanitário; TMDIP1 = Taxa de Mortalidade em menores de 1 ano de idade; R² = coeficiente de determinação.

As correlações entre os indicadores SES e TMDIP5 também apresentadas na Tabela 5.2, verificou-se correlação linear proporcional em 10 capitais (Belém, Boa Vista, João Pessoa, Maceió, Natal, Porto Velho, Rio de Janeiro, São Luís, Teresina e Vitória), sendo 6 estatisticamente significativas, Belém ( $r = 0,5814$ ) obteve moderada correlação e Boa Vista ( $r = 0,7486$ ), São Luís ( $r = 0,7457$ ) e Teresina ( $0,7867$ ) forte correlação. De acordo com Reis (2018), em 2016 houve um aumento na Taxa de Mortalidade Infantil que pode estar relacionada à queda no desenvolvimento

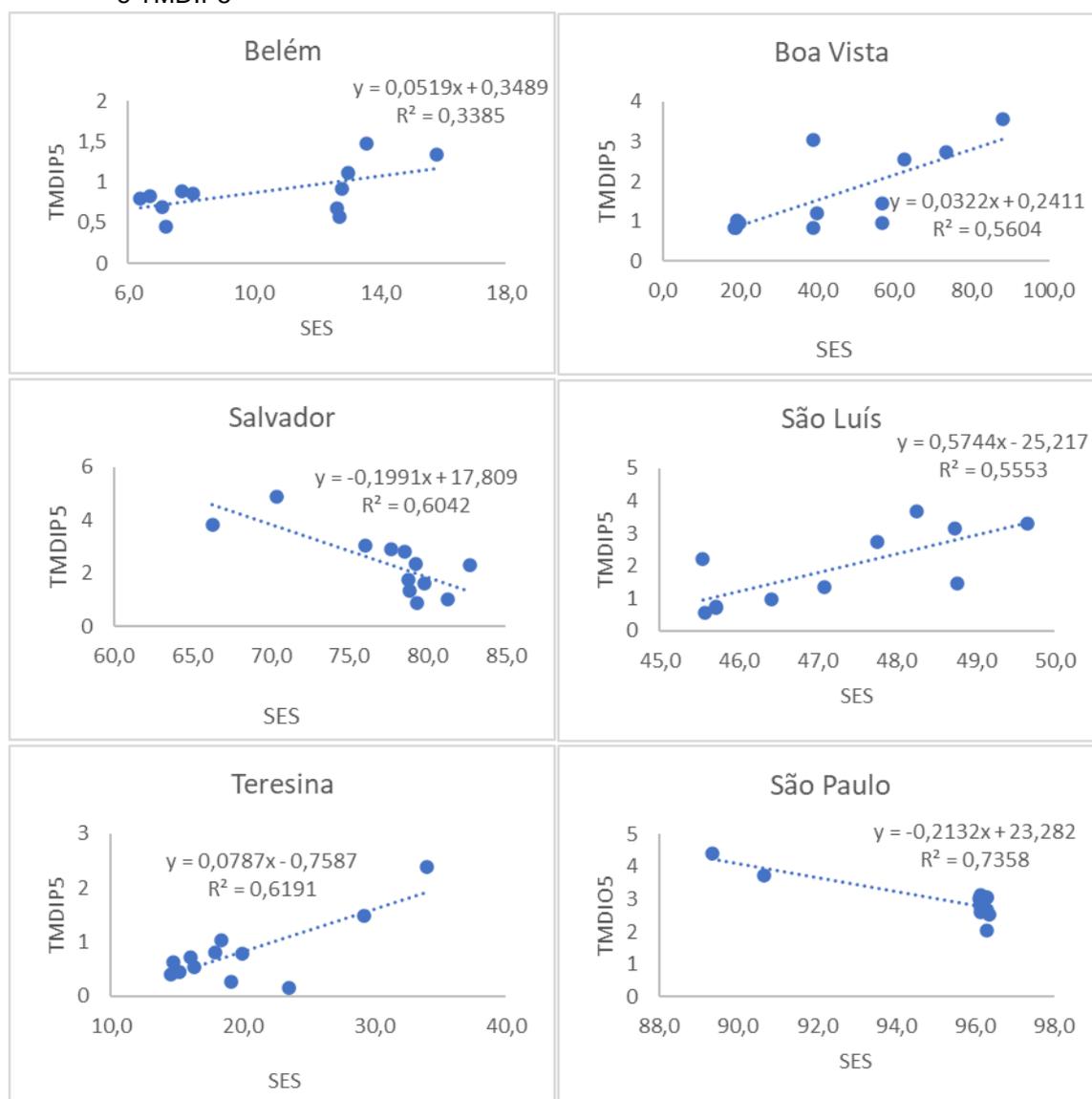
socioeconômico no cenário nacional bem como à dificuldade ao acesso aos serviços de saúde. A alta mortalidade está relacionada ao surto da doença Zika vírus e à crise econômica principalmente nas regiões Norte e Nordeste. Foi observado o aumento na Taxa de Mortalidade Infantil a partir de 2016 para as capitais com coeficiente significativo, Belém, Boa Vista, São Luís e Teresina, que influenciou em correlações proporcionais.

Dezessete capitais apresentaram correlação inversamente proporcional (Aracaju, Belo Horizonte, Brasília, Campo Grande, Cuiabá, Curitiba, Florianópolis, Fortaleza, Goiânia, Macapá, Manaus, Palmas, Porto Alegre, Recife, Rio Branco, Salvador, São Paulo) apenas 2 significativas, Salvador ( $r = -0,7774$ ) e São Paulo ( $r = -0,8577$ ) com forte correlação entre os indicadores. Essa correlação indica evidência de que quanto maior a abrangência do serviço de esgotamento sanitário menor é a incidência de mortes de crianças menores de cinco anos de idade por doenças infecciosas e parasitárias.

Os modelos lineares para as capitais que apresentaram correlação significativa entre os indicadores SES e TMDIP5 estão apresentados na Figura 5.6. São Luís obteve o maior coeficiente angular, dentre estas capitais, indicando que a cada aumento percentual do SES, há aumento de 0,5744 em percentual na TMDIP5. O menor coeficiente foi o de Boa Vista, para cada incremento percentual de SES, aumenta 0,0322 em percentual a TMDIP5. Para Belém o  $R^2$  foi de 33,8% da variabilidade do TMDIP5 que pode ser explicada pela variação do SES, já Boa Vista 56,0%, Salvador 60,4%, São Luís 55,5%, São Paulo 73,6% e Teresina 61,9%.

Teixeira, Gomes e Souza (2012) relataram relação inversamente proporcional entre indicadores de saúde e de saneamento. Em que, quanto maior a cobertura populacional por serviços de esgotamento sanitário e por sistemas de abastecimento de água, menor a taxa de mortalidade infantil em menores de cinco anos de idade, através de um estudo ecológico que incluiu dados de 21 países da América Latina, dentre eles o Brasil.

Figura 5.6 - Diagramas de dispersão e equações da reta da regressão linear simples das capitais que apresentaram correlação linear significativa entre os indicadores SES e TMDIP5



Fonte: A autora, 2021.

Nota: SES = Serviço de Esgotamento Sanitário; TMDIP5 = Taxa de Mortalidade em menores de 5 anos de idade; R² = coeficiente de determinação.

### 5.1.3 Serviço de Coleta de Resíduos Sólidos (SCR) *versus* Indicadores de Saúde (TIDVH, TMDIP1 e TMDIP5)

As correlações lineares entre os indicadores SCR e TIDVH estão apresentadas na Tabela 5.3. Foi observada correlação proporcional em 5 capitais (Boa Vista, Campo Grande, Florianópolis, Maceió e Teresina) sendo que nenhuma foi significativa estatisticamente. Dezesete capitais apresentaram correlação inversamente proporcional (Belém, Belo Horizonte, Brasília, Cuiabá, Fortaleza, Goiânia, João Pessoa, Macapá, Manaus, Natal, Palmas, Porto Alegre, Porto Velho, Rio Branco, Salvador, São Luís e São Paulo), seis delas com coeficiente significativo (Belo Horizonte, João Pessoa, Natal, Palmas, Porto Velho e Salvador). Indicando evidência de que quanto maior a abrangência do serviço de coleta de resíduos sólidos menor é a taxa de internamento por doenças consideradas de veiculação hídrica.

Os modelos de regressões lineares entre os indicadores SCR e TIDVH estão apresentados na Figura 5.7. O maior coeficiente observado, para estas capitais, foi de -0,3646 em João Pessoa, indicando que o acréscimo percentual em SCR, reduz em percentual 0,3646 em TIDVH. O menor coeficiente foi o de Salvador, indicando que a cada aumento percentual em SCR, reduz 0,0121 em TIDVH. Belo Horizonte apresentou  $R^2$  de 50,6%, que demonstra a porcentagem em que a variabilidade de TIDVH pode ser explicada pelo SCR, João Pessoa apresentou 55,1%, Natal 87,9%, Palmas 40,3%, Porto Velho 44% e Salvador 38,2%.

Com relação aos indicadores SCR e TMDIP1, identificou-se correlação linear positiva em 8 capitais (Belém, Campo Grande, Maceió, Natal, Palmas, Porto Velho, São Luís e Teresina), apenas Teresina ( $r = 0,6493$ ) com moderada correlação significativa. Como também observado na correlação entre SES x TMDIP5, Teresina apresentou um aumento nas Taxas de Mortalidade Infantil a partir de 2016 e também acréscimo nesse período do SCR, o que influenciou em uma correlação positiva. Catorze capitais apresentaram correlação negativa (Boa Vista, Belo Horizonte, Brasília, Cuiabá, Florianópolis, Fortaleza, Goiânia, João Pessoa, Macapá, Manaus, Porto Alegre, Rio Branco, Salvador e São Paulo), dentre elas, Porto Alegre ( $r = -0,6961$ ), Rio Branco ( $r = -0,8136$ ) e Salvador ( $r = -0,6986$ ) foram estatisticamente significativas.

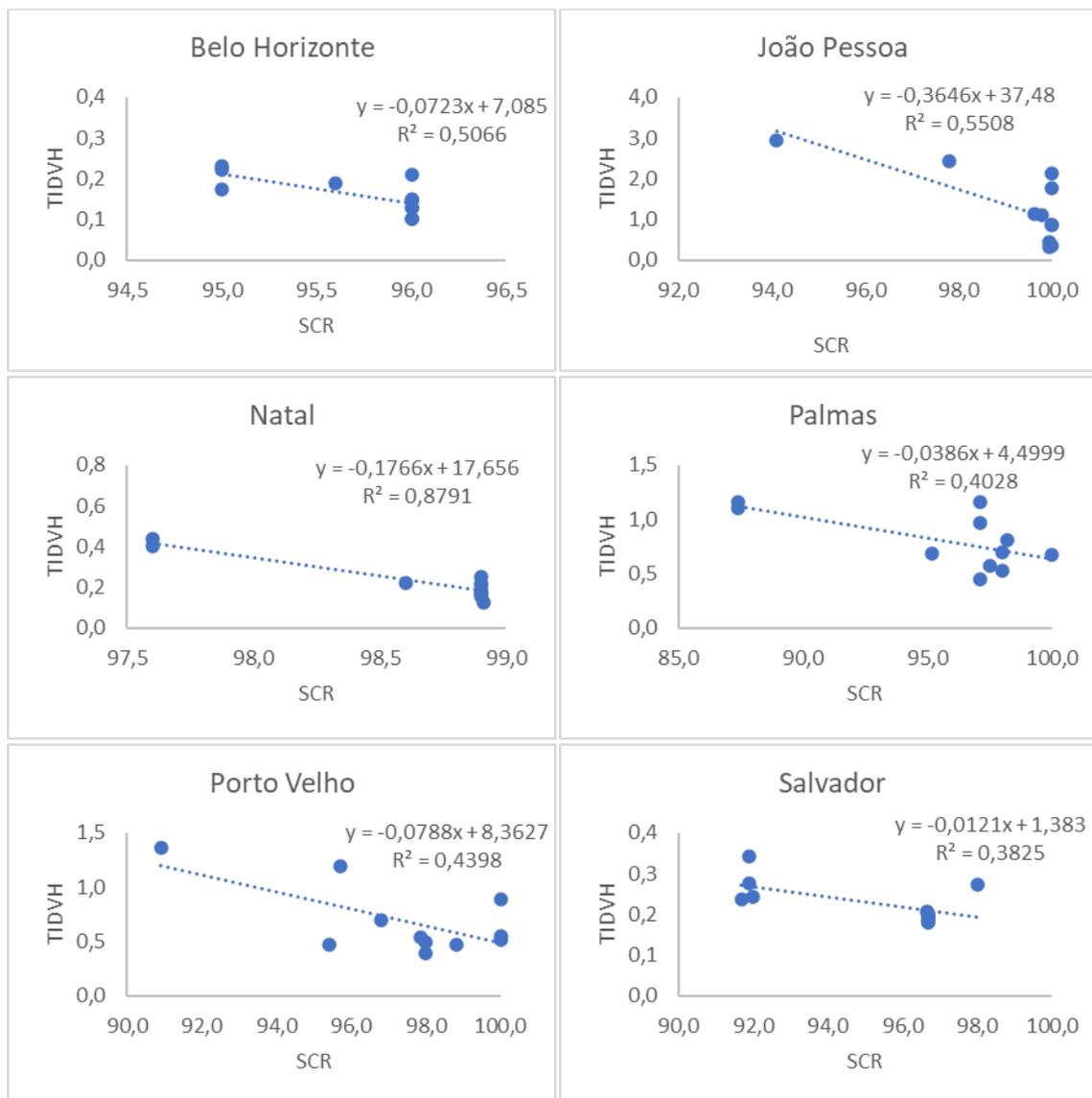
Tabela 5.3 - Resumo dos resultados obtidos para  $r$ ,  $p$ -valor e  $R^2$  das análises de correlação e regressão linear entre o Serviço de Coleta de Resíduos Sólidos e os Indicadores de Saúde

| CAPITAL         | SCR x TIDVH |            |        | SCR x TMDIP1 |            |        | SCR x TMDIP5 |            |         |
|-----------------|-------------|------------|--------|--------------|------------|--------|--------------|------------|---------|
|                 | $r$         | $p$ -valor | $R^2$  | $r$          | $p$ -valor | $R^2$  | $r$          | $p$ -valor | $R^2$   |
| Aracaju*        |             |            |        |              |            |        |              |            |         |
| Belém           | -0,1369     | 0,6881     | 0,0187 | 0,2963       | 0,3762     | 0,0878 | 0,4573       | 0,1573     | 0,2091  |
| Belo Horizonte  | -0,7118     | 0,014      | 0,5066 | -0,597       | 0,0636     | 0,3829 | -0,3943      | 0,2301     | 0,1555  |
| Boa Vista       | 0,167       | 0,6446     | 0,0279 | -0,0589      | 0,8716     | 0,0035 | -0,1463      | 0,6867     | 0,0214  |
| Brasília        | -0,3326     | 0,3177     | 0,1106 | -0,1044      | 0,7599     | 0,0109 | 0,0305       | 0,9289     | 0,0009  |
| Campo Grande    |             |            |        |              |            |        |              |            |         |
| Cuiabá          | -0,4027     | 0,2195     | 0,1621 | -0,8345      | 0,8073     | 0,007  | 0,1972       | 0,5612     | 0,0389  |
| Curitiba*       |             |            |        |              |            |        |              |            |         |
| Florianópolis   | 0,1632      | 0,6315     | 0,0266 | -0,5571      | 0,2508     | 0,3104 | -0,0292      | 0,9405     | 0,0009  |
| Fortaleza       | -0,1307     | 0,7016     | 0,0171 | -0,3659      | 0,2684     | 0,1339 | -0,4869      | 0,1288     | 0,237   |
| Goiânia         | -0,1094     | 0,7488     | 0,012  | -0,0294      | 0,9314     | 0,0009 | -0,22        | 0,5157     | 0,0484  |
| João Pessoa     | -0,7422     | 0,0089     | 0,5508 | -0,3732      | 0,2582     | 0,1393 | 0,1724       | 0,6069     | 0,0003  |
| Macapá          | -0,3818     | 0,2466     | 0,1457 | -0,2582      | 0,4434     | 0,0666 | 0,2843       | 0,3968     | 0,0808  |
| Maceió          | 0,5822      | 0,0602     | 0,3389 | 0,2318       | 0,4928     | 0,0537 | 0,0735       | 0,6058     | 0,0054  |
| Manaus          | -0,2841     | 0,3972     | 0,0807 | -0,2775      | 0,4088     | 0,077  | -0,275       | 0,4131     | 0,0756  |
| Natal           | -0,8185     | 0,0025     | 0,8791 | 0,2098       | 0,5357     | 0,044  | 0,3009       | 0,3685     | 0,0906  |
| Palmas          | -0,6347     | 0,0359     | 0,4028 | 0,364        | 0,3356     | 0,1325 | 0,0057       | 0,9876     | <0,0001 |
| Porto Alegre    | -0,2012     | 0,5529     | 0,0405 | -0,6961      | 0,0174     | 0,4845 | -0,4552      | 0,1595     | 0,2072  |
| Porto Velho     | -0,6632     | 0,0261     | 0,4398 | 0,367        | 0,2681     | 0,0654 | 0,4834       | 0,132      | 0,2337  |
| Recife*         |             |            |        |              |            |        |              |            |         |
| Rio Branco      | -0,2202     | 0,5124     | 0,4471 | -0,8136      | 0,0023     | 0,662  | -0,5908      | 0,0556     | 0,3491  |
| Rio de Janeiro* |             |            |        |              |            |        |              |            |         |
| Salvador        | -0,6184     | 0,0425     | 0,3824 | -0,6986      | 0,0168     | 0,488  | -0,6767      | 0,0222     | 0,4579  |
| São Luís        | -0,3168     | 0,3724     | 0,1004 | 0,0331       | 0,9337     | 0,0009 | 0,1144       | 0,753      | 0,0131  |
| São Paulo       | -0,1198     | 0,7258     | 0,0143 | -0,4823      | 0,1333     | 0,2326 | -0,5802      | 0,0613     | 0,3367  |
| Teresina        | 0,3778      | 0,252      | 0,1427 | 0,6493       | 0,0306     | 0,4217 | 0,3173       | 0,3385     | 0,1092  |
| Vitória*        |             |            |        |              |            |        |              |            |         |

Fonte: A autora, 2021.

Nota: SCR = Serviço de Coleta de Resíduos Sólidos; TIDVH = Taxa de Internamento por Doenças de Veiculação Hídrica; TMDIP1 = Taxa de Mortalidade por Doenças Infecciosa e Parasitária em menores de 1 ano; TMDIP5 = Taxa de Mortalidade por Doenças Infecciosa e Parasitária em menores de 5 anos;  $r$  = coeficiente de correlação linear;  $p$ -valores = significância estatística do coeficiente da correlação linear;  $R^2$  = coeficiente de determinação; \* = capital com 100% de cobertura SCR para o período de estudo em que foram registrados dados para os Indicadores de Saúde.

Figura 5.7 - Diagramas de dispersão e equações da reta da regressão linear simples das capitais que apresentaram correlação linear significativa entre os indicadores SCR e TIDVH



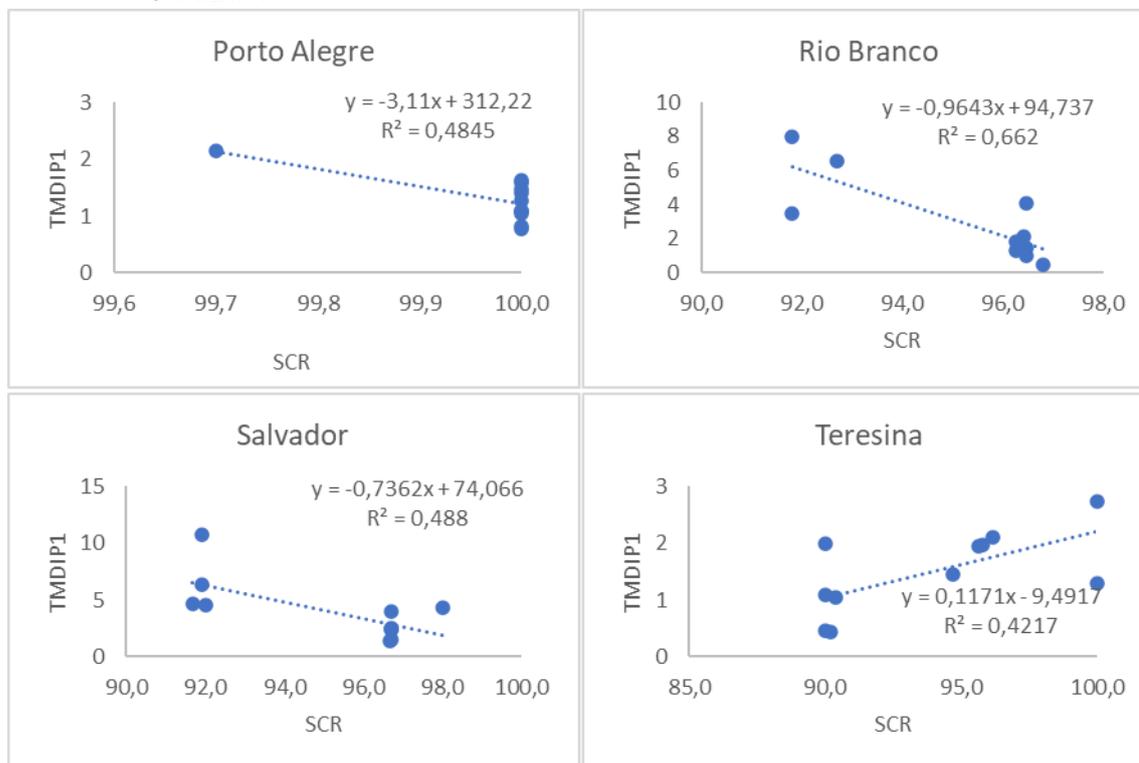
Fonte: A autora, 2021.

Nota: SCR = Serviço de Coleta de Resíduos Sólidos; TIDVH = Taxa de Internamento por Doenças de Veiculação Hídrica;  $R^2$  = coeficiente de determinação.

Os modelos de regressão linear para as capitais que apresentaram correlação significativa entre os indicadores SCR e TMDIP1 estão apresentados na Figura 5.8. A capital Porto Alegre obteve o maior coeficiente angular, mostrando que a cada aumento percentual do SCR, reduz 3,11 percentualmente a TMDIP1. Teresina apresentou o menor coeficiente, indicando que o aumento do SCR, também aumenta em percentual 0,1171 a TMDIP1. Para Porto Alegre, a partir do valor de  $R^2 = 48,4\%$  da variabilidade da TMDIP1, pode ser explicada pelo SCR, Rio Branco apresentou  $R^2$

= 66,2%, Salvador 48,8% e Teresina 42,2% da variabilidade da TMDIP1 que pode ser explicada pelo SCR.

Figura 5.8 - Diagramas de dispersão e equações da reta da regressão linear simples das capitais que apresentaram correlação linear significativa entre os indicadores SCR e TMDIP1



Fonte: A autora, 2021.

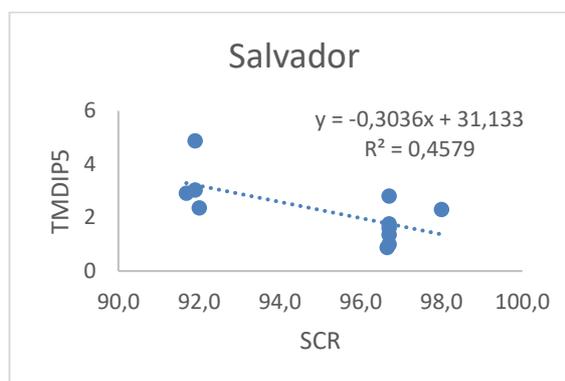
Nota: SCR = Serviço de Coleta de Resíduos; TMDIP1 = Taxa de Mortalidade em menores de 1 ano de idade;  $R^2$  = coeficiente de determinação.

Com as correlações lineares entre os indicadores SCR e TMDIP5, também apresentadas na Tabela 5.3, verificou-se correlação linear proporcional em 11 capitais (Belém, Brasília, Cuiabá, João Pessoa, Macapá, Maceió, Natal, Palmas, Porto Velho, São Luís e Teresina), nenhuma delas foi significativa. Outras 11 capitais apresentaram correlação inversamente proporcional (Belo Horizonte, Boa Vista, Campo Grande, Florianópolis, Fortaleza, Goiânia, Manaus, Porto Alegre, Rio Branco, Salvador e São Paulo), apenas a capital Salvador ( $r = -0,6767$ ) apresentou significância estatística com moderada correlação.

Para o modelo de regressão linear da capital Salvador, apresentado na Figura 5.9, a cada aumento percentual no SCR, se reduz 0,3036 em percentual a TMDIP5.

Com o valor obtido para  $R^2$ , verifica-se que 45,8% da variabilidade de TMDIP5 pode ser explicada pelo SCR.

Figura 5.9 - Diagrama de dispersão e equação da reta de regressão linear simples da correlação linear significativa entre os indicadores SCR e TMDIP5 de Salvador



Fonte: A autora, 2021.

Nota: SCR = Serviço de Coleta de Resíduos Sólidos; TMDIP5 = Taxa de Mortalidade em menores de 5 anos de idade;  $R^2$  = coeficiente de determinação.

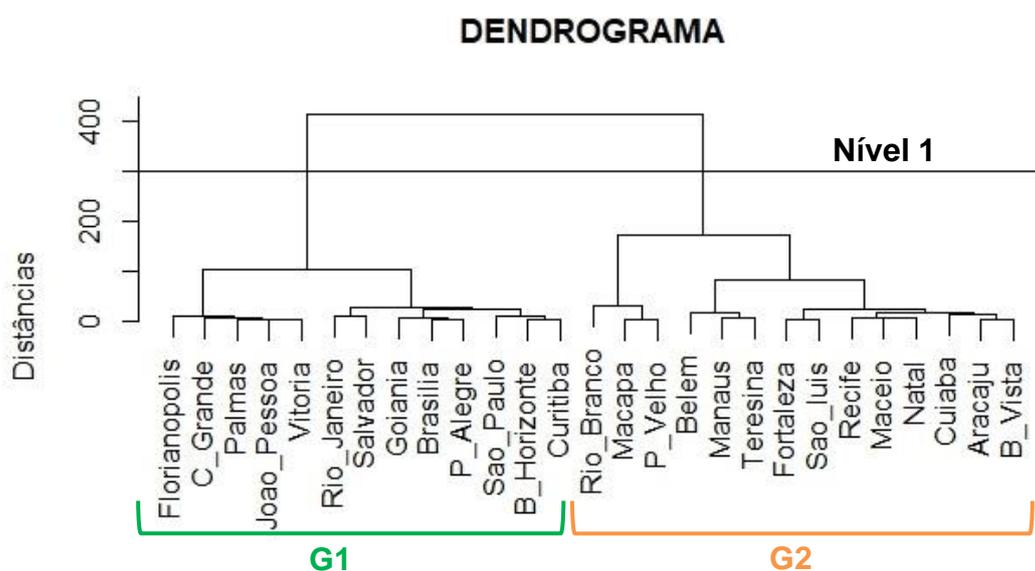
As capitais Aracaju, Curitiba, Recife, Rio de Janeiro e Vitória não apresentaram correlação linear entre o SCR e os Indicadores de Saúde, pois em todo o período avaliado, apresentaram 100% de SCR.

Nas correlações lineares realizadas entre os Indicadores de Saúde e de Saneamento Básico, pode-se perceber maior quantidade de capitais com coeficiente de correlação linear significativo nas correlações entre o Serviço de Esgotamento Sanitário e Taxa de Internamento por Doença de Veiculação Hídrica (15 capitais e com coeficientes negativos), que demonstra maior tendência para correlação linear simples entre esses indicadores. As correlações entre o SAA, SEE e SCR e os Indicadores de Saúde TMDIP1 e TMDIP5 apresentaram poucas capitais com coeficientes estatisticamente significativos.

## 5.2 ANÁLISE DE AGRUPAMENTO ENTRE OS INDICADORES DE SAÚDE E SANEAMENTO

Considerou-se para o estudo todos os Indicadores de Saúde (TIDHV, TMDIP1 e TMDIP5) e todos os Indicadores de Saneamento (SAA, SES e SCR) no período de 2008 a 2019 para as 27 capitais brasileiras. Obteve-se o dendrograma demonstrado na Figura 5.10.

Figura 5.10 - Dendrograma da Análise de Agrupamento a partir os Indicadores de Saúde (TIDHV, TMDIP1 e TMDIP5) e Indicadores de Cobertura por Serviços de Saneamento (SAA, SES e SCR) no período de 2008 a 2019 para as 27 capitais brasileiras



Fonte: A autora, 2021.

Considerando a metodologia descrita por Ferreira (2018) para a determinação do número de grupos, a linha de corte definiu a formação de 2 grandes grupos, denominados de Grupo 1 (G1) e Grupo 2 (G2).

O G1 foi formado pela semelhança de todas as capitais das regiões Sul (Florianópolis, Porto Alegre e Curitiba) e Sudeste (Vitória, Rio de Janeiro, São Paulo e Belo Horizonte), três capitais do Centro-Oeste (Campo Grande, Goiânia e Brasília), duas capitais do Nordeste (João Pessoa e Salvador) e apenas uma capital da região

do Norte (Palmas). Prevalendo neste grupo as capitais das regiões Sul, Sudeste e Centro-Oeste, quantificadas na Tabela 5.4.

No outro grande grupo, G2, observou-se a presença de uma capital da região Centro-Oeste (Cuiabá), sete capitais do Nordeste (Teresina, Fortaleza, São Luís, Recife, Maceió, Natal e Aracaju) e seis do Norte (Rio Branco, Macapá, Porto Velho, Belém, Manaus e Bela Vista). Prevalendo neste grupo as capitais das regiões Norte e Nordeste, também quantificadas na Tabela 5.4.

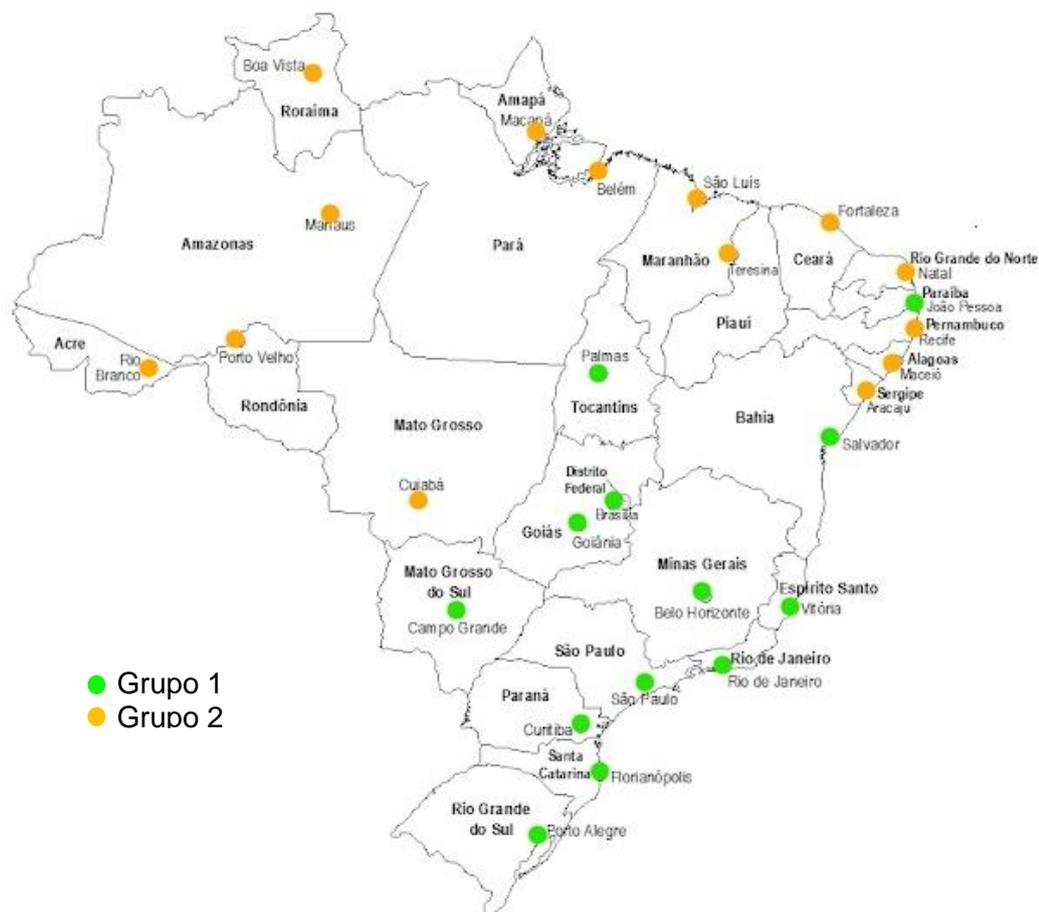
Tabela 5.4 - Quantidade de capitais presentes em cada grupo separadas por regiões

| <b>Regiões</b> | <b>Grupo 1</b> | <b>Grupo 2</b> |
|----------------|----------------|----------------|
| Sul            | 3              | -              |
| Sudeste        | 4              | -              |
| Centro-Oeste   | 3              | 1              |
| Nordeste       | 2              | 7              |
| Norte          | 1              | 6              |

Fonte: A autora, 2021.

A Figura 5.11 ilustra no mapa do Brasil as capitais dos estados correspondentes aos grupos G1 e G2, observa-se como citado anteriormente a predominância das capitais das regiões Sul, Sudeste e Centro-Oeste no G1 e as capitais das regiões Norte e Nordeste no G2. O que condiz com o estudo de Ferreira *et al.* (2021) que relatou a disparidade entre as regiões Sul e Sudeste quando comparado os indicadores em 2017 de cobertura dos serviços de saneamento e saúde, com as regiões Norte e Nordeste, regiões que concentraram muito mais internações hospitalares devido a doenças de veiculação hídrica.

Figura 5.11 - Mapa do Brasil representando a capital de cada estado referente aos grupos 1 e 2



Fonte: A autora, 2021.

A Tabela 5.5 apresenta as médias dos Indicadores de Saúde e Saneamento, para cada agrupamento das capitais formado. As capitais do G1 (predominantes da região Sul, Sudeste e Centro-Oeste) possuem 16,4% a mais de SAA que as capitais pertencentes ao G2 (predominância das capitais da região Norte e Nordeste). A discrepância é ainda maior quando comparado o SES, o G1 possui 49,4% a mais desse serviço que o G2. Para o SCR a diferença é apenas de 1,2% do G1 quando comparado com o G2. A TIDVH foi duas vezes maior no G2 do que no G1. Para TMDIP1 e TMDIP5 as médias dos grupos apresentaram taxas médias próximas, 2,7 e 2,8 para TMDIP1, 1,8 e 1,7 para TMDIP5.

A verificação da qualidade do agrupamento foi analisada por meio do coeficiente de correlação cofenética. Foi obtido o valor de 0,642, isso indica que os valores encontrados pelo dendrograma possuem uma correlação, de moderada a

forte, com as distâncias originais dos dados, ou seja, pode-se dizer que o agrupamento está retratando a realidade de forma moderada a forte.

Tabela 5.5 - Médias dos Indicadores de Saúde e Saneamento por agrupamento das capitais

|               | Média             |                   |
|---------------|-------------------|-------------------|
|               | Grupo 1           | Grupo 2           |
| <b>SAA</b>    | 97,6 %            | 81,2%             |
| <b>SES</b>    | 78,9%             | 29,5%             |
| <b>SCR</b>    | 98,4%             | 97,2%             |
| <b>TIDVH</b>  | 0,5 <sup>a</sup>  | 1,0 <sup>a</sup>  |
| <b>TMDIP1</b> | 2,7% <sup>b</sup> | 2,8% <sup>b</sup> |
| <b>TMDIP5</b> | 1,8% <sup>b</sup> | 1,7% <sup>b</sup> |

Fonte: A autora, 2021.

Nota: SAA = Serviço de Abastecimento de Água; SES = Serviço de Esgotamento Sanitário; SCR = Serviço de Coleta de Resíduos Sólidos; TIDVH = Taxa de Internamento por Doenças de Veiculação Hídrica; TMDIP1 = Taxa de Mortalidade por Doenças Infecciosa e Parasitária em menores de 1 ano; TMDIP5 = Taxa de Mortalidade por Doenças Infecciosa e Parasitária em menores de 5 anos; <sup>a</sup> = A cada 1.000 habitantes; <sup>b</sup> = razão entre a quantidade de óbitos e o número de AIH aprovadas.

Os resultados obtidos no agrupamento corroboram com os estudos de Mendes *et al.* (2000), que relataram que a oferta de serviços de saneamento básico e abastecimento de água são bastante desiguais entre as regiões brasileiras, refletindo no perfil de adoecimento da população, principalmente nas Regiões Norte e Nordeste onde há predominância de casos como cólera, febre tifoide e leptospirose.

Paiva e Souza (2018) verificaram que as internações e gastos por doenças veiculadas à água, levando em conta as grandes regiões brasileiras, as regiões mais pobres encontram-se as maiores taxas de internação. Sendo que as regiões Norte e Nordeste concentram grande parte dessas internações no Brasil, nelas também existe um elevado déficit de acesso aos serviços de água e esgoto, conforme verificado no presente estudo através da formação dos grupos, onde o G2 foi formado pela maioria das capitais das regiões Norte e Nordeste. Estas regiões são as mesmas a apresentar menores níveis de renda média e escolaridade em relação às demais regiões.

### 5.3 INTERVALO DE CONFIANÇA DOS INDICADORES SAÚDE E SANEAMENTO

Na análise dos intervalos de confiança foram construídos gráficos para cada um dos Indicadores de Saúde (TIDVH, TMDIP1 e TMDIP5) e de Cobertura por Serviços de Saneamento (SAA, SES e SCR), apresentando os intervalos de confiança das médias das 27 capitais no período de estudo com nível de significância de 0,05.

#### 5.3.1 Serviço de Abastecimento de Água

Os intervalos de confiança para as médias do SAA das 27 capitais, apresentados na Figura 5.12, demonstram que as capitais das regiões Sul, Sudeste e Centro Oeste possuem intervalos das médias superiores a 90%, na região Nordeste os intervalos para SAA variaram entre 100 e 80%. No Norte observou-se maior variabilidade dos intervalos de confiança e das médias das capitais, quando comparado com as outras regiões, enquanto a capital Boa Vista possui em média 97% de cobertura do SAA, Macapá e Porto Velho tem entre 40 e 30% da cobertura deste serviço. A maior média das capitais do Brasil foi a de Porto Alegre (Sul) com 100% de cobertura e a menor foi de Porto Velho com 38% (Norte).

Observando individualmente cada região pela semelhança (sobreposição dos intervalos de confiança) e dissemelhança entre SAA das capitais, a região:

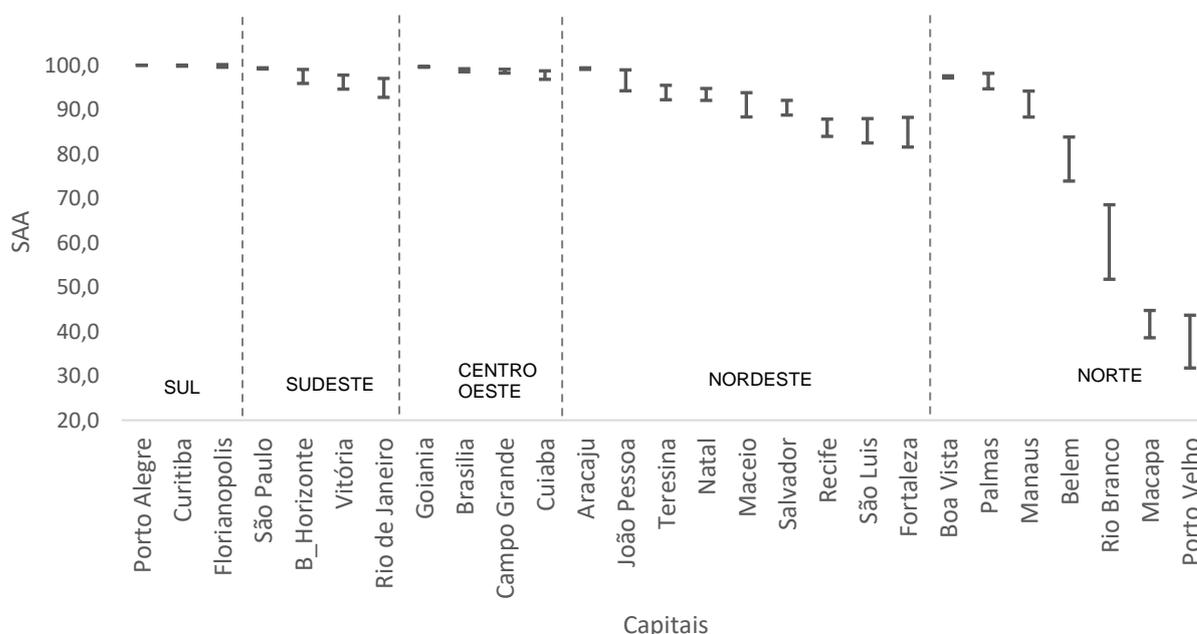
- **Sul:** demonstra semelhança entre as 3 capitais, Porto Alegre, Curitiba e Florianópolis;
- **Sudeste:** as capitais São Paulo e Belo Horizonte apresentaram semelhança entre elas e as maiores médias da região. Belo Horizonte, Vitória e Rio de Janeiro foram semelhantes entre si;
- **Centro-Oeste:** Brasília, Campo Grande e Cuiabá apresentam semelhança, sendo Goiânia a maior média e considerada diferente as demais;
- **Nordeste:** Nessa região as capitais que se assemelham foram:
  - João Pessoa, Teresina, Natal e Maceió;
  - Natal, Maceió e Salvador;
  - Recife, São Luís e Fortaleza;

Aracaju apresentou a maior média e foi considerada diferente das demais.

- **Norte:** apresentou maior variação dos intervalos médios das capitais, observou-se semelhança entre:
  - Boa Vista e Palmas, apresentaram as maiores médias da região;
  - Palmas e Manaus;
  - Macapá e Porto Velho, possuíram as menores médias da região;

Belém e Rio Branco não apresentaram semelhança com nenhuma outra capital da região.

Figura 5.12 - Intervalos de confiança para as médias de Serviço de Abastecimento de Água das 27 capitais brasileiras entre os anos 2008 e 2019



Fonte: A autora, 2021.

Apesar do avanço da cobertura deste serviço ao longo dos anos de estudo, as regiões Norte e Nordeste demonstram as menores taxas de cobertura SAA, o que pode contribuir para a ocorrência dos índices de adoecimentos da população.

No Brasil, o déficit dos serviços de água é mais acentuado nas populações de baixa renda, as quais apresentam maiores problemas de saúde pública (HELLER, 2005). Este déficit evidencia características de desigualdades sob os aspectos inter-regional, renda familiar e localização do domicílio. O abastecimento por redes, mais

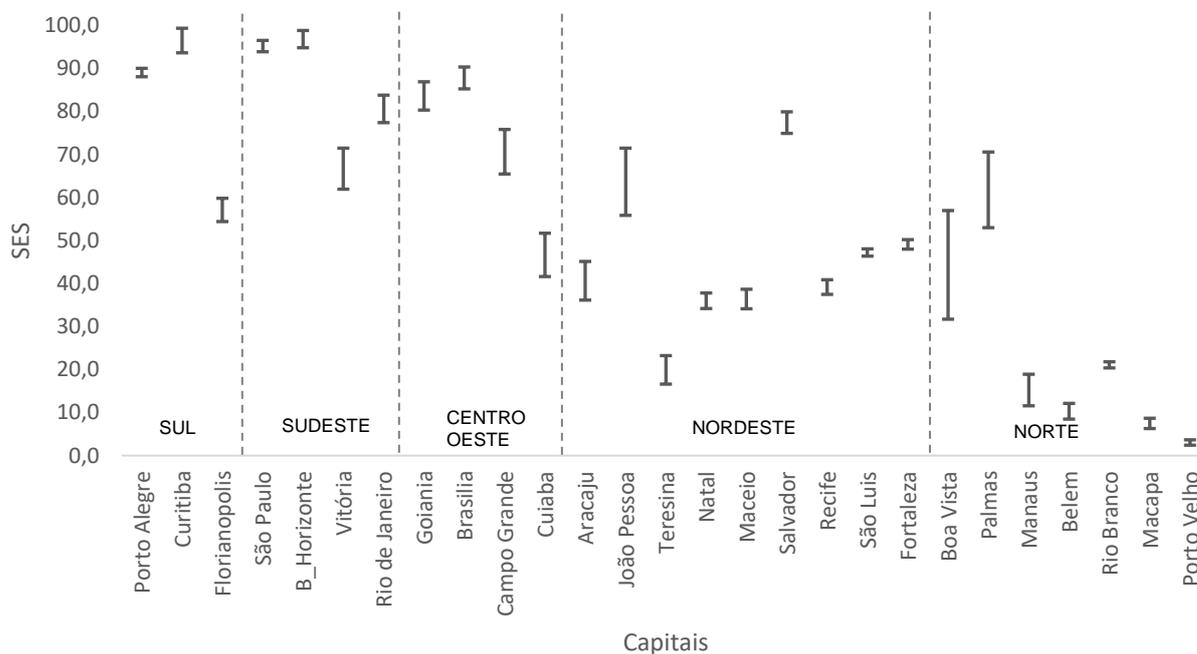
adequado do ponto de vista sanitário, é maior nas regiões Sul e Sudeste, nos extratos de renda elevados e nas áreas urbanas (GALVÃO JUNIOR, 2009).

De acordo com o estudo realizado por Landau e Moura (2016), em 2010 a maioria dos domicílios urbanos com abastecimento de água através de rede geral (quando o domicílio ou o terreno, ou a propriedade onde está localizado, está ligado a uma rede geral de distribuição de água) concentrava-se nas Regiões Sudeste (95,29%), Sul (94,72%), com valores maiores que a média nacional (91,91%), e Nordeste (90,47%). A Região Norte foi a que apresentou a maior percentagem de domicílios urbanos com abastecimento de água proveniente de poços (32,61%). Poucos domicílios urbanos utilizavam outras fontes de abastecimento de água (poços, água da chuva, caminhão pipa, entre outros), concentrando-se, estes, nas Regiões Nordeste (2,46%) e Norte (1,15%) do país. Nas demais Regiões esse valor não chegou a 1,00%.

### 5.3.2 Serviço de Esgotamento Sanitário

Na Figura 5.13 estão apresentados os intervalos de confiança para as médias do SES das 27 capitais, percebe-se que as capitais das regiões Sul, Sudeste e Centro Oeste possuem intervalos de confiança acima de 50%, apenas Cuiabá (Centro Oeste) apresentou intervalo menor que 50%. Nas regiões Norte e Nordeste, somente João Pessoa, Salvador e Palmas possuem intervalos das médias superiores a 50% do SES, as demais capitais apresentaram intervalos abaixo de 50%. Porto Velho e Macapá, pertencentes a região Norte, possuem os menores intervalos e menores médias de todas as capitais, com médias de cobertura de 7,5 e 3%. Belo Horizonte e Curitiba apresentaram as maiores médias deste indicador, 96,8 e 95,5%.

Figura 5.13 - Intervalos de confiança para as médias de Serviço de Esgotamento Sanitário das 27 capitais brasileiras entre os anos 2008 e 2019



Fonte: A autora, 2021.

Analisando individualmente cada região pela semelhança entre SES das capitais, a região:

- **Sul:** As médias das três capitais foram diferentes. Curitiba apresentou a maior média, seguida de Porto Alegre e Florianópolis a menor da região;
- **Sudeste:** São Paulo e Belo Horizonte apresentam as maiores médias da região e foram semelhantes. Em seguida a média de Rio de Janeiro e a menor média foi de Vitória.
- **Centro-Oeste:** Demonstra semelhança entre Goiânia e Brasília que apresentaram as maiores médias da região. Campo Grande e Cuiabá não apresentaram semelhança entre as capitais da região, sendo Cuiabá com a menor média.
- **Nordeste:** Nessa região as capitais que se assemelharam foram:
  - Aracaju, Natal, Maceió e Recife.
  - São Luís e Fortaleza.

João Pessoa, Teresina e Salvador a apresentaram diferentes médias com as capitais da região. Salvador e João pessoa possuíram as maiores médias da região e Teresina a menor.

- **Norte:** As capitais semelhantes são:
  - Boa Vista e Palmas, estas apresentaram as maiores médias da região.
  - Manaus e Belém.

Rio Branco, Macapá e Porto Velho apresentaram médias diferentes das demais capitais da região, Porto velho apresentou a menor média da região e de todas as capitais do estudo.

Assim como SAA, o SES nas capitais das regiões Norte e Nordeste demonstram menores taxas de cobertura comparado com as capitais das demais regiões, o que pode justificar e contribuir para o adoecimento da população. De acordo com Heller (2005) como serviços de água o esgotamento sanitário é mais acentuado nas populações de baixa renda. No entanto, as desigualdades de cobertura por redes de esgoto são maiores do que as de redes de água (GALVÃO FILHO, 2005).

Apesar do presente estudo avaliar a situação das capitais brasileiras, o estudo de Rossoni *et al.* (2020), realizado entre o período de 2008 e 2010, observaram que as regiões Norte e Centro-Oeste apresentam a menor quantidade de municípios que possuem prestadores de serviços de esgotamento sanitário. Dos 449 municípios da região Norte, apenas 13,33% possuem essas prestadoras de serviços. Já na Região Sudeste, esses serviços são encontrados em 94,90% dos 1.668 municípios. Para as demais macrorregiões, a constatação não é favorável, sendo que menos da metade das cidades possui esses serviços (28,32% no Centro-Oeste, 39,30% no Sul e 45,00% no Nordeste).

Para obter condições sanitárias realmente adequadas não é suficiente saber se o esgoto é apenas coletado, mas também ter informações se há tratamento posterior, para evitar contaminação dos recursos hídricos e a proliferação de doenças. O estudo realizado por Landau e Moura (2016), considerou como tratamento “adequado” de esgoto os domicílios que possuíam rede geral de esgoto/pluvial ou fossa séptica, como “inadequado” quando utilizado fossa rudimentar, vala e despejo em rio, lago ou mar e considerado “sem esgotamento sanitário” os domicílios que não tinham banheiro nem sanitário. O esgotamento sanitário adequado foi observado na

maioria dos domicílios brasileiros em 2010 (67,06%). A classe de esgotamento sanitário “inadequado” correspondeu a 30,3% dos domicílios brasileiros, e a classe “sem esgotamento sanitário”, a 2,64% dos domicílios do Brasil. Em termos regionais, as Regiões Sudeste e Sul foram as que apresentaram as maiores percentagens de domicílios classificados como “adequado”, sendo 86,51% e 71,46%, respectivamente, resultados acima da média nacional. Na Região Norte, mais da metade dos domicílios (62,55%) apresentaram esgotamento sanitário “inadequado”. As Regiões Centro-Oeste (47,84%) e Nordeste (46,98%) também apresentaram percentagens altas de domicílios nessa classe. Na Região Nordeste foi observada a maior percentagem de domicílios “sem esgotamento sanitário” (7,81%), sendo que nas demais regiões os domicílios nessa classe não alcançaram 5,00%.

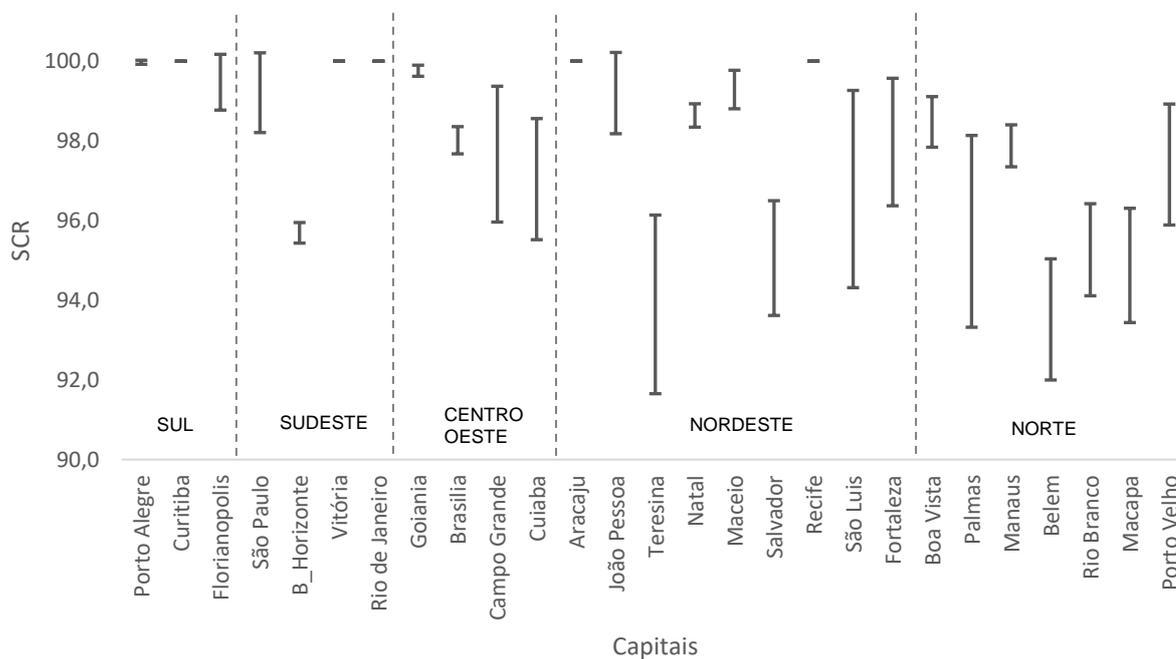
### 5.3.3 Serviço de Coleta de Resíduos Sólidos

Os intervalos de confiança para as médias do SCR das 27 capitais, apresentados na Figura 5.14, demonstram que as capitais de todas as regiões do Brasil possuem intervalos de confiança das médias acima de 92%. Curitiba, Vitória, Rio de Janeiro, Aracaju e Recife possuem 100% do SCR em todo período de estudo.

Analisando individualmente cada região pela semelhança entre SCR das capitais (sobreposição dos intervalos de confiança), a região:

- **Sul:** a média das 3 capitais podem ser consideradas iguais;
- **Sudeste:** A menor média encontrada foi para Belo Horizonte, as demais capitais da região são superiores e podem ser consideradas iguais entre si;
- **Centro-Oeste:** observou-se semelhança entre Brasília, Campo Grande e Cuiabá. Goiânia obteve a maior média da região e não apresentou semelhança entre as demais capitais.

Figura 5.14 - Intervalos de confiança para as médias de Serviço de Coleta de Resíduos Sólidos das 27 capitais brasileiras entre os anos 2008 e 2019



Fonte: A autora, 2021.

- **Nordeste:** nessa região as capitais que se assemelharam foram:
  - Aracaju, João Pessoa, Natal, Maceió, Recife, São Luís e Fortaleza.
  - Teresina, Salvador e São Luís.
- **Norte:** apresentaram semelhança neste indicador as seguintes capitais:
  - Boa Vista, Palmas, Manaus e Porto Velho.
  - Palmas, Belém, Rio Branco e Macapá.

Massa e Chiacegatto Filho (2021) também verificaram que a distribuição da cobertura dos serviços de saneamento, especificamente esgotamento sanitário, abastecimento de água e coleta de resíduos sólidos nas capitais brasileiras, demonstrou variações entre capitais de mesma e de diferentes regiões.

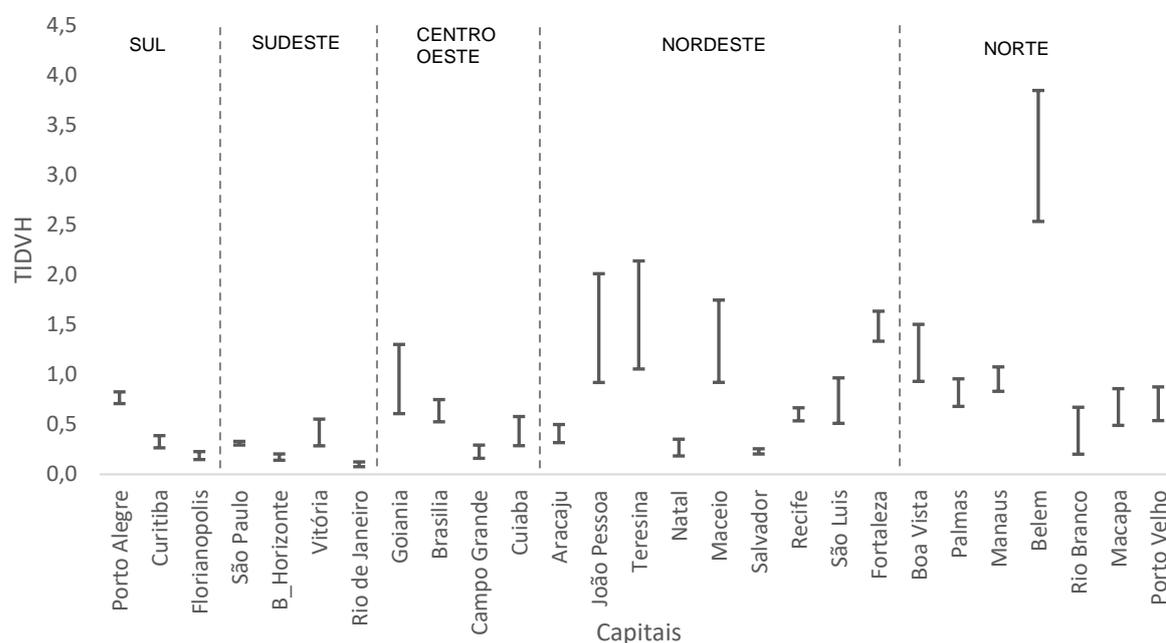
De acordo com Landau e Moura (2016) em 2010, a coleta de resíduos sólidos por serviço de limpeza (coleta porta a porta) e a queima de resíduos na propriedade foram os destinos mais frequentes na maior parte dos domicílios do Brasil (80,23% e 9,56%). Em 7,18% dos domicílios, os resíduos sólidos eram coletados em caçambas de serviços de limpeza. A porcentagem observada de domicílios que jogavam os resíduos sólidos em terreno baldio ou logradouro foi de 1,98%. Os demais destinos -

enterrado (na propriedade), jogado em rio/lago/mar e outros - foram pouco representativos (0,58%, 0,07% e 0,40%). As regiões com maiores percentagens de resíduos sólidos coletados por serviço de limpeza foram: Sudeste (89,09%), Sul (87,19%) e Centro-Oeste (83,63%). Em 11,06% dos domicílios do Nordeste e em 8,13% dos domicílios do Norte, os resíduos sólidos eram coletados por caçambas de serviços de limpeza. As regiões Norte e Nordeste se destacaram com as maiores percentagens de domicílios que queimavam seus resíduos na propriedade (21,80% e 17,93%) e jogavam em terreno baldio ou logradouro (Nordeste: 5,92% e Norte: 2,18%). O estado do Maranhão é o que apresentou os maiores valores para esses tipos de destino, em 32,60% dos domicílios os resíduos sólidos eram queimados na propriedade, e, em 9,49%, eram jogados em terreno baldio ou logradouro. Também foi o único estado em que menos da metade (46,87%) dos resíduos eram coletados por serviços de limpeza.

#### 5.3.4 Taxa de Internamento por Doença de Veiculação Hídrica

Os intervalos de confiança para as médias do TIDVH, dispostos na Figura 5.15, demonstram que as capitais das regiões Sul, Sudeste e Centro Oeste apresentaram intervalos para TIDVH inferiores a 1,0, apenas Goiânia com intervalo inferior a 1,5. As regiões Norte e Nordeste, demonstraram intervalos de confiança inferiores a 2,0, Belém (região Norte) apresentou o intervalo mais elevado de todas as capitais do estudo, com média de 3,2. A menor média foi a do Rio de Janeiro com 0,1.

Figura 5.15 - Intervalos de confiança para as médias da Taxa de Internamento por doença de Veiculação Hídrica das 27 capitais brasileiras entre os anos 2008 e 2019



Fonte: A autora, 2021.

Observando individualmente cada região pela semelhança entre TIDVH das capitais, a região:

- **Sul:** as capitais Curitiba, Porto Alegre e Florianópolis não apresentaram semelhança entre si. Porto Alegre teve a maior média da região e Florianópolis a menor;
- **Sudeste:** as capitais com médias semelhantes foram São Paulo e Vitória. Belo Horizonte e Rio de Janeiro apresentaram médias diferentes das capitais da região.
- **Centro-Oeste:** demonstraram-se semelhantes:
  - Goiânia e Brasília;
  - Campo Grande e Cuiabá;
- **Nordeste:** possui semelhança entre:
  - João Pessoa, Teresina, Maceió e Fortaleza (intervalos de confiança médios mais elevados da região);
  - Recife e São Luís;
  - Aracaju, Natal e Salvador;
- **Norte:** observa-se semelhança nas capitais:

- Boa Vista, Palmas e Manaus;
- Palmas, Rio Branco, Macapá e Porto Velho;

Belém não apresentou semelhança com nenhuma outra capital da região e demais regiões, possui o maior intervalo de confiança e maior média para TIDVH do estudo. Um levantamento realizado pela Associação Brasileira de Engenharia Sanitária (ABES) revelou que Belém, em 2020, foi a capital do Brasil com maior média de internações hospitalares em decorrência de doenças relacionadas à falta de saneamento básico. De acordo com o estudo, cerca de 7% dos leitos da rede municipal de saúde são ocupados por pacientes com doenças transmitidas pela água sem tratamento. Este resultado está cerca de 3% acima da média nacional de ocupação de leitos. Em todo o Brasil 4,2% dos leitos são ocupados por pacientes dessas enfermidades (RANKING DE SANEAMENTO, 2021).

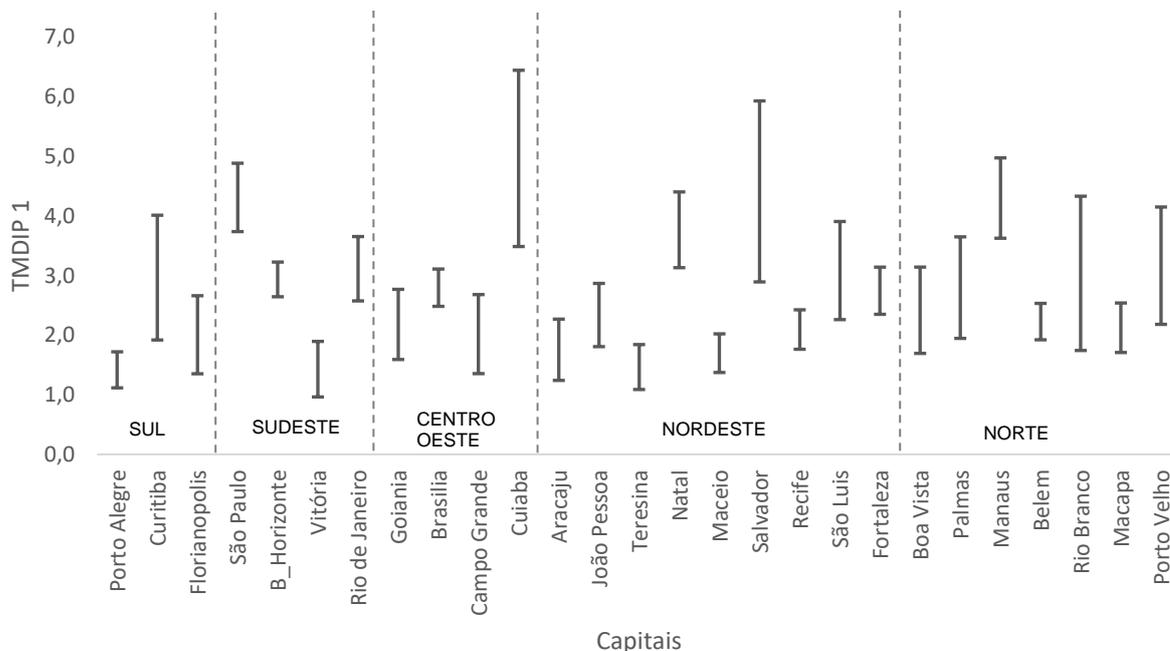
Existe predominância de casos como cólera, febre tifoide e leptospirose, nas Regiões Nordeste e Norte do Brasil. A escassez de serviços de saneamento e extrema pobreza de suas populações ampliam o risco de adoecimento (MENDES et al., 2000). Heller (2005) observou que as regiões que possuíam maiores problemas com saúde pública eram as mesmas que apresentaram população com baixa renda e maior déficit dos serviços de água e esgoto. No presente trabalho, verificou-se que as capitais das regiões Norte e Nordeste concentram grande parte das internações por doenças de veiculação hídrica no Brasil, e apresentam também as menores médias das capitais para os indicadores de SAA e SES.

O impacto das DRSAI também varia de acordo com as regiões do Brasil e os grupos sociais, de forma que se torna importante conhecer o perfil dessas doenças, tal que possa permitir apontar caminhos para a formulação de políticas públicas visando o desenvolvimento de programas de controle das doenças endêmicas. Contudo, os estados mais afetados pelas DRSAIs estão localizados nas Regiões Norte e Nordeste, apontadas também como as de situação mais precária em serviços de saneamento básico (LANDAU; MOURA, 2016).

### 5.3.5 Taxa de Mortalidade por Doença Infecciosa e Parasitária em menores de um ano de idade

A Figura 5.16, apresenta os intervalos de confiança para as médias da TMDIP1 nas 27 capitais brasileiras. As regiões Centro Oeste e Nordeste apresentaram as duas capitais com maiores médias para este indicador, são elas Cuiabá (5,0%) e Salvador (4,4). As menores médias foram das capitais Porto Alegre (Sul) e Vitória (Sudeste) ambas com média de 1,4%.

Figura 5.16 - Intervalos de confiança para as médias da Taxa de Mortalidade por doença Infecciosa e parasitária em menores de um ano de idade das 27 capitais brasileiras entre os anos 2008 e 2019



Fonte: A autora, 2021.

Para o indicador TMDIP1 as capitais apresentaram médias mais semelhantes entre as regiões do Brasil, não havendo grandes diferenças entre regiões como visto para SAA, SES e TIDVH.

Observando individualmente cada região pela semelhança entre TMDIP1 das capitais, a região:

- **Sul:** apresentou semelhança entre as capitais:

- Porto Alegre e Florianópolis, Porto Alegre com a menor média da região.
- Curitiba e Florianópolis, Curitiba com a maior média.
- **Sudeste:** observa-se semelhança entre Belo Horizonte e Rio de Janeiro. São Paulo e Vitória não apresentaram semelhança ente as capitais da região, onde São Paulo apresentou a maior média e Vitória a menor.
- **Centro-Oeste:** as capitais Goiânia, Brasília e Campo Grande demonstram ser semelhantes entre si. Cuiabá teve a maior média e não apresentou semelhança entre as capitais da região.
- **Nordeste:** as capitais que apresentaram semelhança foram:
  - Aracaju, João Pessoa, Teresina, Maceió, Recife, São Luís e Fortaleza;
  - Natal, Salvador e São Luís. Salvador apresentou a maior média da região;
- **Norte:** as capitais que apresentaram semelhança foram:
  - Boa Vista, Palmas, Belém, Rio Branco, Macapá e Porto Velho;
  - Manaus, Rio Branco e Porto Velho. Manaus apresentou a maior média da região.

A tendência de declínio na mortalidade infantil começou nos países desenvolvidos no final do século XIX. No século XX, essa tendência foi observada nos demais países do mundo, quando a expansão do acesso ao saneamento básico e a assistência à saúde passaram a integrar políticas públicas prioritárias (AHMAD *et al.*, 2000).

De acordo com o Ministério da Saúde, a primeira causa de mortalidade infantil no período pós-neonatal é presumivelmente devido a causas relacionadas a doenças infectoparasitárias, considerada a terceira causa de mortalidade geral em menores de um ano (BRASIL, 2014).

A taxa de mortalidade infantil é um dos indicadores mais utilizados para análise da situação de saúde de um país. Na mortalidade infantil, importante parcela da responsabilidade é atribuída aos serviços de saúde e de saneamento. Sabe-se que medidas sanitárias adequadas e serviços de saúde acessíveis e de boa qualidade podem ter um impacto positivo na redução da mortalidade infantil (TEIXEIRA; GOMES; SOUZA, 2012).

Segundo o estudo de Lanzieri *et al.* (2011) as taxas de mortalidade infantil por gastroenterites no Brasil têm variado muito por região sendo maior no Norte e Nordeste, que são as regiões mais empobrecidas do país. No presente trabalho, também verificou-se essa variabilidade por região, para TMDIP1. A diarreia é comum em crianças com menos de 2 anos de idade, normalmente de forma aguda (diarreia com menos de 2 semanas de duração), quando crônica (diarreia com mais de duas semanas de duração), comumente tem origens alérgicas ou por agentes infecciosos (JAY *et al.*, 2018).

Silva e Esperidião (2017) observaram que as regiões que possuem maiores índices de serviços inadequados de água e esgoto, são aquelas que também possuem maior número de mortalidade infantil. Onde há melhoria da educação, ocorre maior procura pelos serviços de saneamento básico de qualidade, que se traduz na redução das doenças adquiridas pelo déficit desses serviços e mortalidade infantil.

#### 5.3.6 Taxa de Mortalidade por Doença Infecciosa e Parasitária em menores de cinco anos de idade

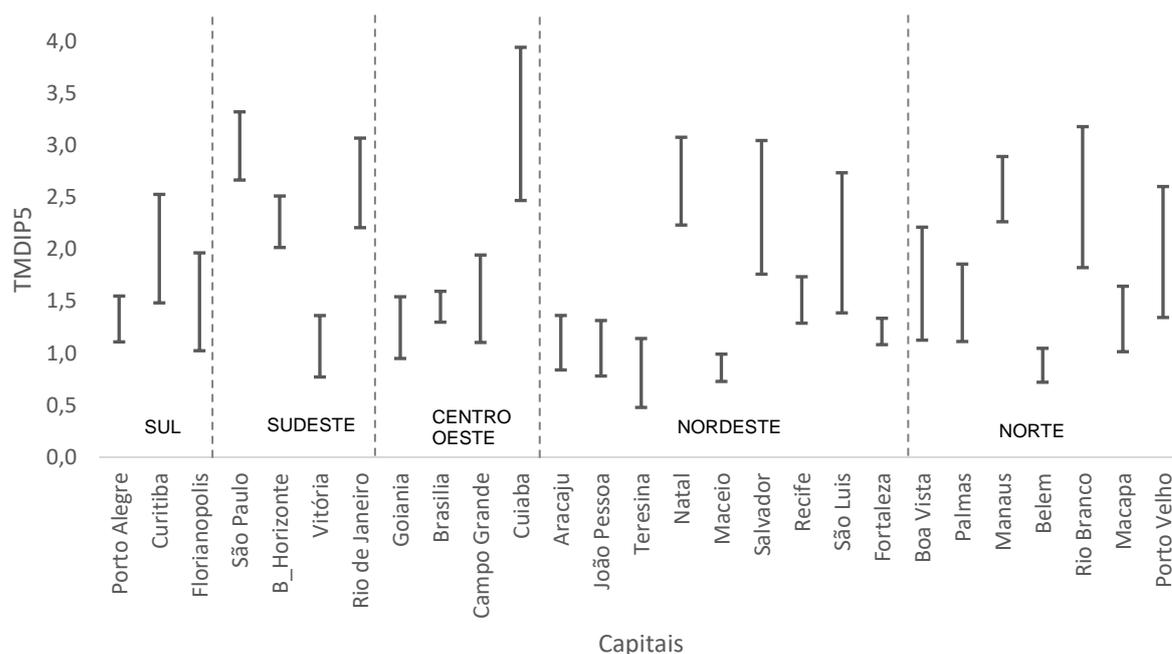
Os intervalos de confiança para as médias do TMDIP5 das 27 capitais, estão apresentados na Figura 5.17. O Sul apresentou intervalos de confiança das capitais entre 1 e 2,5%, Sudeste, Norte e Nordeste entre 0,5 e 3,5% e o Centro Oeste de 0,5 a 4%. Cuiabá (Centro Oeste) e São Paulo (Sudeste) foram as duas capitais com mais elevado intervalo de confiança para esse indicador com médias de 3,2 e 3%. As menores médias foram em Teresina (0,8%), Maceió (0,9%) e Belém (0,9%), pertencentes as regiões Norte e Nordeste.

Analisando individualmente cada região pela semelhança entre TMDIP5 das capitais, a região:

- **Sul:** As três capitais apresentaram médias consideradas iguais;
- **Sudeste:** observa-se semelhança entre Belo Horizonte, São Paulo e Rio de Janeiro. Vitória apresentou a menor média e não foi semelhante as capitais da região;

- **Centro-Oeste:** Goiânia, Brasília e Campo Grande apresentaram semelhança entre elas. Cuiabá apresentou a maior média, sendo diferente das demais capitais da região;
- **Nordeste:** as capitais que apresentaram semelhança foram:
  - Aracaju, João Pessoa, Teresina, Maceió e Fortaleza;
  - Natal, Salvador, Recife e São Luís;
- **Norte:** as capitais que apresentaram semelhança foram:
  - Boa Vista, Palmas, Belém e Macapá;
  - Manaus, Rio Branco e Porto Velho;

Figura 5.17 - Intervalos de confiança para as médias da Taxa de Mortalidade por Doença Infecciosa e Parasitária em menores de cinco anos de idade das 27 capitais brasileiras entre os anos 2008 e 2019



Fonte: A autora, 2021.

Assim como para o indicador TMDIP1, para o indicador TMDIP5 as capitais apresentaram médias mais semelhantes entre as regiões do Brasil, não havendo grandes diferenças entre regiões como visto para SAA, SES e TIDVH. A capital Cuiabá apresentou os maiores e mais elevados intervalos para os dois indicadores da Taxa de Mortalidade Infantil. De acordo com o estudo de Lima (2015) a Taxa de

Mortalidade Infantil em Cuiabá sofreu variação no período entre 2006 e 2008, onde apresentou um aumento, voltando a declinar em 2009 e 2010. O autor ressalta que se deve ter cuidado ao analisar tais achados, pois eles não significam necessariamente que a Taxa de Mortalidade Infantil tenha aumentado, mas sim que houve uma melhoria dos sistemas de informações ao longo dos anos.

O saneamento é um fator de relevância na diminuição dos óbitos infantis, pois as doenças diarreicas são as principais causas deste tipo de mortalidade. Isso ocorre porque as crianças perdem com facilidade nutrientes importantes na idade em que mais necessitam para se desenvolver e sobreviver (SILVA; ESPERIDIÃO, 2017).

A maioria das crianças menores de 5 anos já não recebem os anticorpos da mãe pela amamentação e brinca no peridomicílio, se expondo mais ao ambiente e aumentando o risco de adquirir infecções intestinais (TEIXEIRA; GOMES; SOUZA, 2012). Heller e Azevedo (2006) afirmam que crianças com idade entre 1 e 5 anos residentes em áreas sem abastecimento de água e sem esgotamento sanitário têm uma probabilidade cinco vezes maior de apresentarem diarreia quando comparadas com crianças residentes em áreas onde esses serviços sanitários estão presentes.

Doenças associadas a diarreia adquiridas após nascimento são frequentemente de origem infecciosa, devido a doenças entéricas comuns virais, bacterianos, parasitas patógenos (menos comum) ou causado por distúrbios alérgicos induzidos pela exposição a alimentos alérgenos, como a proteína do leite de vaca. Causas infecciosas frequentemente levam a sintomas agudos, mas em alguns casos pode resultar em diarreia crônica em pacientes imunodeficientes ou diarreias persistentes devido a uma enteropatia pós-infecciosa (JAY *et al.*, 2018).

Os óbitos infantis além de estarem relacionados ao saneamento básico, também são associados a outras condições socioeconômicas, como nível de escolaridade da mãe, raça/cor, média de moradores por domicílio, residência em áreas urbano/rural e nível de renda (KAEMPFFER; MEDINA, 2006).

## 6 CONCLUSÃO

A partir do estudo realizado verificou-se que apesar de haver indícios de correlação e regressão linear entre a cobertura dos Serviços de Abastecimento de Água, Coleta de Resíduos Sólidos e os Indicadores de Saúde, somente algumas capitais obtiveram coeficiente estatisticamente significativos. Havendo pouca evidência de que maior a abrangência de oferta destes serviços possa reduzir as taxas de internamentos por doenças de veiculação hídrica e mortalidade infantil em menores de um e cinco anos de idade.

Observa-se uma tendência maior para a linearidade quando são analisados dados do Serviço de Coleta de Esgoto Sanitário e a Taxa de Internamento por Doenças de Veiculação Hídrica, onde grande parte das capitais apresentaram coeficiente de correlação inversamente proporcionais e estatisticamente significativos. O que indica a importância da abrangência deste serviço para redução dos internamentos por doenças de veiculação da água. Algumas capitais brasileiras, como Aracaju, Teresina, Natal, Maceió, Recife, Manaus, Belém, Rio Branco, Macapá e Porto Velho, possuem menos de 50% da população abastecida por esgotamento sanitário. Poucas capitais apresentaram relação estatisticamente significativa entre este serviço e a taxa de mortalidade em menores de um e cinco anos de idade.

As capitais foram classificadas por similaridade dos Indicadores de Saúde e Saneamento em dois diferentes grupos, onde predominou-se em um deles as capitais da região Sul, Sudeste e Centro-Oeste, no outro grupo prevaleceram as capitais da região Norte e Nordeste. Este resultado demonstra a existência de desigualdade na oferta de Serviços de Saneamento Básico que refletem em taxas mais altas de internamentos por doenças de veiculação hídrica nessas regiões.

Entre as capitais brasileiras existe grande desigualdade nos indicadores estudados, principalmente na oferta de Serviços de Esgotamento Sanitário, Abastecimento de Água e Doenças de Veiculação Hídrica. Enquanto Porto Alegre possui 100% da população abastecida por água tratada, Macapá e Porto Velho dispõe apenas de aproximadamente 40% da população atendida por este serviço. O mesmo é visto para coleta de esgoto, ao passo que Belo Horizonte e Curitiba apresentam entre 95% de cobertura, Macapá e Porto Velho possuem menos de 10% da população

atendida por este serviço. Notou-se também que as capitais com menor oferta de água tratada e coleta de esgoto estão nas regiões Norte e Nordeste, que apresentaram as taxas mais elevadas para internamentos por doenças de veiculação de água.

Algumas limitações nos lançamentos dos dados nas bases consultadas podem ter afetado a qualidade das informações obtidas no estudo, como:

- Existe grande variedade de tipos de usuários que operam os Sistemas de Informações com diferentes incentivos para realizar lançamentos de dados. Em muitos casos, as informações são lançadas para cumprir necessidades burocráticas e/ou administrativas, sem o cuidado devido com o detalhamento e a precisão da informação;
- Os estabelecimentos de saúde que fazem uso do registro manual em formulários impressos, formulários estes que depois são reinseridos em sistemas de informação, implicando em retrabalho que frequentemente acarreta problemas de integridade ou perdas importantes no processo de captação das informações;
- O sistema do DATASUS ainda não dispõe de informações precisas sobre a rede privada não conveniada ao SUS, dados que acabam não sendo contabilizados;
- A unidade do sistema do DATASUS é a internação, representada pela AIH, e não o paciente em si, assim cada contato do paciente com a assistência hospitalar é contabilizada, com isso o sistema gera um novo registro, que aumenta o número de internações.

Como sugestão para trabalhos futuros relacionados ao tema, sugere-se a segregação das doenças relacionadas com ao saneamento inadequado que refletem nas taxas de mortalidade em menores de um e cinco anos de idade, como a mortalidade por diarreia. Podem existir também outras variáveis que influenciam os indicadores do estudo, como renda, IDH, raça/cor, escolaridade, entre outros, com isso se faz necessário estudos mais aprofundados para detectar essas influências e a partir disso realizar novas análises, podendo ser utilizado outras técnicas de estatística multivariada ou regressão múltipla.

## REFERENCIAS

AHMAD, O.B.; LOPEZ, A.D.; INOUE, M. The decline in child mortality: a reappraisal. **Bull World Health Organ**. v. 78, n.10, p. 1175-9, 2000.

BARBOSA, M. N. **Possibilidades e limitações de uso das bases de dados do Datasus para fins de ações de controle externo na área de saúde**. Trabalho de Conclusão de Curso (Especialização em Auditoria do Setor Público) – Instituto Serzedelo Corrêa, TCU. Brasília, 2019.

BRASIL. Agência Nacional de Águas (ANA). **Atlas esgotos: despolição de bacias hidrográficas**. Brasília, 2017.

BRASIL. Lei nº 11.445, de 5 de janeiro de 2007. Estabelece as diretrizes nacionais para o saneamento básico; cria o Comitê Interministerial de Saneamento Básico; altera as Leis nos 6.766, de 19 de dezembro de 1979, 8.666, de 21 de junho de 1993, e 8.987, de 13 de fevereiro de 1995; e revoga a Lei nº 6.528, de 11 de maio de 1978. **Diário Oficial da União**, Brasília, 8 jan. 2007.

BRASIL. Lei nº 14.026, de 15 de julho de 2020. Atualiza o marco legal do saneamento básico e altera a Lei nº 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 nº 10.768, de 19 de novembro de 2003, para alterar o nome e as atribuições do cargo de Especialista em Recursos Hídricos, a Lei nº 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 nº 11.445, de 5 de janeiro de 2007, para aprimorar as condições estruturais do saneamento básico no País [...]. **Diário Oficial da União**, Brasília, 15 jul. 2020.

BRASIL. Lei nº 12.305, de 2 de agosto de 2010. Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos; altera a Lei no 9.605, de 12 de fevereiro de 1998; e dá outras Providências. **Diário Oficial da União**, Brasília, 2 ago. 2010.

BRASIL. Impactos na saúde e no Sistema Único de Saúde decorrentes de agravos relacionados a um saneamento ambiental inadequado. **Fundação Nacional de Saúde**. Brasília: Fundação Nacional de Saúde, 2010

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA). **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. Disponível em:

<http://www2.mma.gov.br/port/conama/legipesq.cfm?tipo=3&numero=&ano=&texto=>. Acesso em: 01 mar. 2021.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA). **Resolução nº 357, de 15 de junho de 2005**. 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. Disponível em: <http://www2.mma.gov.br/port/conama/legipesq.cfm?tipo=3&numero=&ano=&texto=>. Acesso em: 01 mar. 2021.

BRASIL. Ministério da Saúde. Secretaria de Vigilância em Saúde, Departamento de Vigilância Epidemiológica. **Doenças Infecciosas e Parasitárias: guia de bolso**. 8 ed., Brasília, 2010.

BRASIL. Ministério da Saúde. **Saúde no Brasil 2013: uma análise da situação e das doenças transmissíveis relacionadas à pobreza**. Brasília: Ministério da Saúde, 2014.

BRASIL. Ministério da Saúde. **Departamento de Informática do SUS – DATASUS**. Disponível em: <http://www2.datasus.gov.br/DATASUS/index.php?area=0201>. Acesso em: 14 fev. 2021.

BRASIL. Ministério da Saúde. Secretaria de Atenção à Saúde. Departamento de Atenção Básica. **Política Nacional de Atenção Básica (PNAB)**. Brasília, 2017.

BRASIL. Ministério da Saúde. **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. Disponível em: [http://bvsms.saude.gov.br/bvs/saudelegis/gm/2017/prc0005\\_03\\_10\\_2017.html](http://bvsms.saude.gov.br/bvs/saudelegis/gm/2017/prc0005_03_10_2017.html). Acesso em: 17 abr. 2021.

BRASIL. Ministério da Saúde. **Secretaria de Vigilância em Saúde**. Guia Prático para o Controle das Geo-helmintíases. Departamento de Vigilância das Doenças Transmissíveis. Brasília: Ministério da Saúde, 2018.

BRASIL. Ministério da Saúde. **Secretaria de Vigilância em Saúde. Coordenação-Geral de Desenvolvimento da Epidemiologia em Serviços**. Guia de Vigilância em Saúde: volume único. 3.ed. Brasília: Ministério da Saúde, 2019.

BRASIL. Ministério da Saúde. **Portaria GM/MS nº 888, de 4 de maio de 2021**. Altera o Anexo XX da Portaria de Consolidação GM/MS nº 5, de 28 de setembro de 2017,

para dispor sobre os procedimentos de controle e de vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade. Disponível em: <https://www.in.gov.br/en/web/dou/-/portaria-gm/ms-n-888-de-4-de-maio-de-2021-318461562>. Acesso em: 08. ago. 2021.

BRASIL. Sistema Nacional de Informação sobre Saneamento - SNIS. **Diagnóstico dos serviços de Água e Esgoto**. Disponível em: <http://app4.mdr.gov.br/serieHistorica>. Acesso em: 07 fev. 2021.

BEVENUTI, T. *et al.* Constructed floating wetland for the treatment of domestic sewage: A real-scale study. **Journal of Environmental Chemical Engineering**. v.18, p. 5706-5711, Oct. 2018.

BIRGANI, Y. T.; YAZDANDOOST, F. A framework for evaluating the persistence of urban drainage risk management systems. **Journal of Hydro-environment Research**. v. 8, p. 330-342, Dec. 2014.

BRITO, A. G.; OLIVEIRA, J. M.; PEIXOTO, J. M. **Tratamento de água para consumo humano e uso industrial: Elementos teórico-práticos**. 2.ed. Porto: Publindústria, 2014.

CAIRNCROSS, S.; FEACHEM, R. **Environmental health engineering in the tropics: an introductory text**. 2.ed. Chichester (UK): Wiley&Sons, 1993.

CAMPOS, J. Q. *et al.* **Epidemiologia e Saneamento**. São Paulo: Editora Jotacê, 1998.

CESA, M. V.; DUARTE, G. M. A qualidade do ambiente e as doenças de veiculação hídrica. **Geosul**. v. 25, n.49, p. 63-78, jun. 2010.

CHAVES, V. S. *et al.* Desempenho das estações de tratamento do esgoto de Aracaju. **Revista DAE**. v. 66, n. 209, p. 51-58, mar. 2018.

CRESPO, A. A. **Estatística fácil**. 17.ed. São Paulo: Saraiva, 2002.

CUNHA, D.G.F; SABOGAL-PAZA, L. P.; DODDS, W. K. **Land use influence on raw surface water quality and treatment costs for drinking supply in São Paulo State (Brazil)**. *Ecological Engineering*. v. 94, p. 516–524, June 2016.

FERREIRA, D. C. *et al.* Investment in drinking water and sanitation infrastructure and its impact on waterborne diseases dissemination: The Brazilian case. **Science of the Total Environment**. v. 779, July 2021.

FERREIRA, D. I. F. **Estatística Multivariada**. 3.ed. Lavras: Editora UFLA, 2018.

FERREIRA FILHO, S. S. **Tratamento de água: concepção, projeto e operação de estações de tratamento**. 1.ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2017.

FUNDAÇÃO NACIONAL DE SAÚDE (FUNASA). **Impactos na saúde e no sistema único de saúde decorrentes de agravos relacionados a um saneamento ambiental inadequado**. Brasília, 2010.

GALVÃO JUNIOR, A.C. Desafios para a universalização dos serviços de água e esgoto no Brasil. **Rev Panam Salud Publica**. v. 25, n.6, p. 548–56, 2009.

GARCIA-DIAS, R. *et al.* Clustering analysis. *In*: MECHELLI, A; VIEIRA, S. **Machine Learning: Methods and Applications to Brain Disorders**. Academic Press, 2020, p. 227-247

GRANZIERA, M. L. M. Planos de drenagem urbana e perspectivas para a proteção das Áreas de Preservação Permanente. **Revista de Direito Econômico e Socioambiental**. v. 3, n.1 , p. 43-78, jun. 2020.

GUEDES, R. V. S.; MACEDO, M. J. H.; SOUSA, F. A. S. Análise espacial de eventos de secas com base no índice padronizado de precipitação e análise de agrupamento. **Revista Brasileira de Ciências Ambientais**. v. 23, p. 55-65, mar. 2012.

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

HELLER, L.; NASCIMENTO, N.O. Pesquisa e desenvolvimento na área de saneamento no Brasil: necessidades e tendências. **Eng Sanit Ambient**. v.10, n.1, p.24–35, 2005.

HELLER, L.; AZEVEDO, E.A. **Exclusão sanitário em Belo Horizonte (MG): caracterização e associação com indicadores de saúde**. Fundação Nacional da Saúde. Brasília: Funasa, 2006.

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Estimativas de População**. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br>. Acesso em: 08 jun. 2021.

JAY, R. T. *et al.* Reviews in basic and clinical gastroenterology and hepatology: Advances in Evaluation of Chronic Diarrhea in Infants. **Gastroenterology**. vol. 154, n. 8, p. 2045–2059, 2018.

JUCA, J. F. T.; BARBOSA, K. R. M.; SOBRAL, M. C. Sustainability indicators for municipal solid waste management: A case study of the Recife Metropolitan Region, Brazil. **Waste Management & Research**. v. 38, p. 1450-1454, May 2020.

KAEMPFER, A. R.; MEDINA, E. L. Mortalidad infantil reciente em Chile: éxitos Y desafíos. **Revista Chilena de Pediatría**. v. 77, n. 5, p. 492-500, oct. 2006.

KATZ, N. **Inquérito Nacional de Prevalência da Esquistossomose mansoni e Geo-helmintoses**. Belo Horizonte: CPqRR, 2018.

KREMER, G. M.; DEINA, C.; SIQUEIRA, H. Correlação e Regressão Linear de Variáveis que interferem no Produto Interno Bruto do Brasil: Uma Análise Estatística de Dados. **Revista Gestão Industrial**. v. 15, p. 233-254, abr./jun. 2019.

LANZIERI, T. M. *et al.* Impact of rotavirus vaccination on childhood deaths from diarrhea in Brazil. **International Journal of Infectious Diseases**. v. 15, p. 206-210, Mar. 2011.

LANDAU, E. C.; MOURA, L. **Variação geográfica do saneamento básico no Brasil em 2010: domicílios urbanos e rurais**. Brasília: Embrapa, 2016.

LIMA, J. C. **Fatores de risco associados à mortalidade infantil no município de Cuiabá - MT, 2006-2010**. Dissertação (Mestrado em Saúde Coletiva) - Universidade Federal de Mato Grosso, Instituto de Saúde Coletiva, Cuiabá, 2015.

LIMA, R. P.; SILVA, A. S.; RAMINELLI, J.A. Variabilidade espacial de atributos físicos do solo por análise de agrupamento de pontos amostrais. **Revista Agrarian**. v. 7, n.23, p.82-88, ago. 2014.

LOESCH, C.; HOELTGEBAUM, M. **Métodos estatísticos multivariados**. São Paulo: Saraiva, 2012.

LOURENÇO, I. B. *et al.* Land as a sustainable resource in city planning: the use of open spaces and drainage systems to structure environmental and urban needs. **Journal of Cleaner Production**. June 2020.

MACEDO, M. B. *et al.* Learning from the operation, pathology and maintenance of a

bioretention system to optimize urban drainage practices. **Journal of Environmental Management**. v. 204, p. 454-466, Aug. 2017.

MALLICK, R.; MANDAL, S.; CHOUHAN, P. Impact of sanitation and clean drinking water on the prevalence of diarrhea among the under-five children in India. **Children and Youth Services Review**. v. 118, Nov. 2020.

MASSA, K. H. C.; CHIACEGATTO FILHO, A. D. P. Saneamento básico e saúde auto avaliada nas capitais brasileiras: uma análise multinível. **Rev. bras. epidemiol.** v.23, jun. 2020.

MARTINS, G. A. **Estatística Geral e Aplicada**. 3 ed. São Paulo: Atlas, 2006.

MENDES, A. C. G. *et al.* Sistema de informações hospitalares fonte complementar na vigilância e monitoramento das doenças de veiculação hídrica. **Informe Epidemiológico do Sus**. v. 9, n. 2, p. 125-136, jun. 2000.

MINGOTI, S. A. **Análise de dados através de métodos de estatística multivariada: uma abordagem aplicada**. 1 ed. Belo Horizonte: Editora UFMG, 2005.

MIOT, H. A. Avaliação da normalidade dos dados em estudos clínicos e experimentais, **Jornal Vascular Brasileiro**. v. 16, n. 2, p. 88-91, abr./jun., 2017.

MORETTIN, P. A.; BUSSAB, W. O. **Estatística Básica**. São Paulo: Saraiva, 2004.

ONU - Organização das Nações Unidas. Disponível em: <<https://news.un.org/pt/story/2020/03/1708162>> Acesso em: 11 abr. 2021.

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

PINTO, A. L. *et al.* Alguns métodos estatísticos voltados às unidades de informação. **Biblios**. v. 46, p. 1-13, 2012.

PFUETZENREITER, M. R.; ÁVILA-PIRES, F. D. Epidemiologia da teníase/cisticercose por *Taenia solium* e *Taenia saginata*. **Ciência Rural**. v. 30, n. 3, p. 541-548, 2000.

PRION, S. K.; HAERLING, K. A. Making Sense of Methods and Measurements: Simple Linear Regression. **Clinical Simulation in Nursing**. v. 48, p. 94-95, Oct. 2020.

RADIN, A. A. **Análise de prevalência de internamentos por doenças relacionadas ao saneamento ambiental inadequado (DRSAI) em função da condição do Saneamento Básico, qualidade das águas superficiais e cocorrências de alagamentos – no município de Araucária – Paraná/Brasil**. Dissertação ( Mestrado Profissional em Governança e Sustentabilidade) - Instituto Superior e Administração e Economia, Curitiba, 2020.

RANKING DE SANEAMENTO 2020. Disponível em: <https://abes-dn.org.br/?p=34979>. Acesso em: 20 set. 2021;

REIS, V. Especial Abrasco sobre o aumento da mortalidade infantil e materna no Brasil em 2018. Associação Brasileira de Saúde Coletiva. Disponível em: <https://www.abrasco.org.br/site/noticias/institucional/especial-abrasco-sobre-o-aumento-da-mortalidade-infantil-e-materna-no-brasil/36777/>. Acesso em: 22 sep. 2021.

ROSSONI, H. A. V.; FARIA, M. T. 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. **Eng Sanit Ambient**. v. 25, n. 2, p. 393-4-2, mar./abr. 2020.

SCARATTI, D.; MICHELON, W.; SCARATTI, G. Avaliação da eficiência da gestão dos serviços municipais de abastecimento de água e esgotamento sanitário utilizando Data Envelopment Analysis. **Engenharia Sanitária Ambiental**. v.18, n.4, p. 333-340, dez. 2013.

SILVA, V.A.; ESPERIDIÃO, F. Saneamento básico e seus impactos na mortalidade infantil e no desenvolvimento econômico da região Nordeste. **Scientia Plena**. v.13, n. 10, set. 2017.

SOARES, S. R. A; BERNARDES, R. S.; CORDEIRO NETTO, O. M. Relações entre saneamento, saúde pública e meio ambiente: elementos para formulação de um modelo de planejamento em saneamento. **Caderno de Saúde Pública**. v. 18, n. 6, p. 1713-1724, dez. 2002.

SOUZA, V. C. B.; MORAES, L. R. S.; BORJA, P. C. Déficit na drenagem urbana: buscando o entendimento e contribuindo para a definição. **Revista Eletrônica de Gestão e Tecnologias Ambientais (GESTA)**. v. 1, p. 162-175, 2013.

SPEICH, B. *et al.* Effect of sanitation and water treatment on intestinal protozoa infection: A systematic review and metaanalysis. **The Lancet Infectious Diseases**. v. 16, n. 1, p. 87–99, Sept. 2016.

SUTHERLAND, C. *et al.* Socio-technical analysis of a sanitation innovation in a peri-urban household in Durban, South Africa. **Science of the Total Environment**. v. 75, n. 2, Feb. 2021.

VANDERLEI, L. E FRIAS, P. Avanços e desafios na saúde materna e infantil no Brasil. **Revista Brasileira de Saúde Materno Infantil**, v. 15, n. 2, 2015.

VILHENA, A. **Lixo municipal: manual de gerenciamento integrado**. 4.ed. São Paulo (SP): CEMPRE, 2018.

VON SCHIRNDING, Y. **Health in sustainable development planning: the role of indicators**. Geneva: World Health Organization, 2002.

VON SPERLING, M. **Introdução à qualidade de águas e ao tratamento de esgotos**. 4.ed. Belo Horizonte: Editora UFMG, 2014.

VON SPERLING, M. **Princípios básicos de tratamento de esgotos**. 2.ed. Belo Horizonte: Editora UFMG, 2016.

TRATA BRASIL. Disponível em: <http://www.tratabrasil.org.br/>. Acesso em: 11 abr. 2020.

TEIXEIRA, J.C.; GOMES, M.H.R.; SOUZA, J.A. Associação entre a cobertura por serviços de saneamento e indicadores epidemiológicos nos países da América Latina: estudo com dados secundários. **Rev Panam Salud Publica**. v. 32, n.6, p.419-425, dez. 2012.