

UNIVERSIDADE FEDERAL DE JUIZ DE FORA  
FACULDADE DE CIÊNCIAS ECONÔMICAS

**ASSOCIAÇÃO CANÔNICA ENTRE INDICADORES DE  
INFRAESTRUTURA DE MORADIA E A INCIDÊNCIA DE DOENÇAS E  
MORTALIDADE INFANTIL PARA 2017**

**ALBERTO MARTUSCELLI JUNIOR**

JUIZ DE FORA

2021

Ficha catalográfica elaborada através do programa de geração automática da Biblioteca Universitária da UFJF, com os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

Martuscelli Junior, Alberto.

Associação Canônica entre indicadores de infraestrutura de moradia e a incidência de doenças e mortalidade infantil para 2017 / Alberto Martuscelli Junior. -- 2021.

28 f. : il.

Orientador: Weslem Faria

Trabalho de Conclusão de Curso (graduação) - Universidade Federal de Juiz de Fora, Faculdade de Economia, 2021.

1. Saneamento Básico. 2. Saúde Pública. 3. Análise de Correlações Canônicas. 4. Doenças Relacionadas ao Saneamento Ambiental. 5. Desenvolvimento Socioeconômico. I. Faria, Weslem , orient. II. Título.

**ASSOCIAÇÃO CANÔNICA ENTRE INDICADORES DE  
INFRAESTRUTURA DE MORADIA E A INCIDÊNCIA DE DOENÇAS E  
MORTALIDADE INFANTIL PARA 2017**

Projeto de pesquisa apresentado ao curso de Ciências Econômicas da Universidade Federal de Juiz de Fora, como requisito parcial à obtenção do título de bacharel em Ciências Econômicas.

Orientador: Prof. Weslem Rodrigues Faria

JUIZ DE FORA  
FACULDADE DE CIÊNCIAS ECONÔMICAS

2021

## AGRADECIMENTOS

O agradecimento inicial não poderia deixar de ser àqueles que foram fundamentais para que eu pudesse ter uma trajetória acadêmica: minha mãe, Vanessa, e meus irmãos Sabrina, Miguel e Natália. Agradeço por estarem comigo nos bons e nos maus momentos e por serem minha base de apoio incondicional independente das circunstâncias.

Agradeço a todos amigos que construí nesses anos de graduação, pelas trocas e discussões experienciadas indispensáveis para o desenvolvimento do meu pensamento crítico e que muito me ajudaram em todo meu processo de formação. Em especial, cito Bernardo, Miguel e Vavá, pessoas com quem tive a satisfação de dividir minha casa durante quatro anos e também a oportunidade de aproveitar o melhor da vivência universitária. Cito também Fraga, Nicole e Yuri, amigos que, dentro das nossas diferenças e confusões descobrimos uma amizade extremamente singular que pretendo carregar pro resto da vida. Os demais amigos do Despenca também podem se sentirem contemplados por esse agradecimento.

Deixo um agradecimento especial também para todos os professores e colegas de trabalho que contribuíram para minha trajetória acadêmica, profissional e pessoal. O último agradecimento vai para todas demais pessoas e eventos que a aleatoriedade do universo permitiu cruzarem meu caminho e, pelo bem ou pelo mal, me trouxeram até este exato instante.

*“É preciso grande sabedoria só para perceber a extensão da própria ignorância.”*

*Thomas Sowell*

## RESUMO

O presente trabalho teve como objetivo verificar a correlação entre indicadores de condições de infraestrutura básica de moradia e indicadores de saúde pública para os estados brasileiros no ano de 2017. O método utilizado foi a Análise de Correlações Canônicas (ACC). Foram encontradas duas correlações canônicas estatisticamente significantes. A primeira indica que as variáveis canônicas são determinadas principalmente pelo percentual da população urbana com abastecimento de água e pelo percentual da população urbana com acesso ao serviço de esgotamento sanitário, com coeficientes positivos e pelo percentual coleta de resíduos e percentual de vulneráveis à pobreza, com coeficientes negativos. A segunda indica que as variáveis mais representativas foram o percentual da população com abastecimento de água, o percentual de vulneráveis à pobreza e o percentual de esgoto tratado, com as duas primeiras com coeficiente positivo e a última com coeficiente negativo. Foi possível identificar uma associação de estados brasileiros com déficit em infraestrutura básica de moradia e indicadores de saúde pública, com diferenciação de *scores* baseados na região localizada. Estados da região Norte e Nordeste apresentaram *scores* inferiores aos estados do Sul, Sudeste e Centro-Oeste.

**Palavras-chave:** Saneamento Básico; Saúde Pública; Doenças Relacionadas ao Saneamento Ambiental, Desenvolvimento Socioeconômico; Análise de Correlações Canônicas; Estatística Multivariada

## ABSTRACT

This study aimed to verify the correlation between indicators of basic housing infrastructure conditions and public health indicators in Brazilian states in 2017. The methodology mainly consisted in the Canonical Correlation Analysis (CCA). There were two statistically significant canonical correlations. The first one indicates that the canonical variables are determined both by the percentage of the urban population connected to water supply and the percentage of the urban population that has access to sewage treatment, a pair that carries positive coefficients, but also by the percentage of waste collection and the percentage of vulnerability to poverty, which one and the other hold negative coefficients. The second relevant correlation demonstrates that the most representative variables were the percentage of the population connected to water supply, the percentage of vulnerability to poverty, and the percentage of sewage treatment: the first two hold a positive coefficient and the latter a negative one. Results imply that Brazilian states that bear deficits in basic housing infrastructure and public health indicators are located in specific regions. Therefore, there is a direct association between said indicators and location. Lower Northern and Northeastern states display lower scores than Southern, Southeastern, and Midwestern states.

**Key-words: Diseases Related to Environmental Sanitation, Socioeconomic Development; Canonical Correlation Analysis; Multivariate Statistics**

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 – Evolução dos índices de atendimento com rede de água e coleta de esgoto e do índice de tratamento do esgoto gerado nos municípios participantes do SNIS (em %) . . . . .	10
Figura 2 – Investimentos em saneamento básico no Brasil entre 1971 e 2015 (em % do PIB) . . . . .	10
Figura 3 – Matriz de correlação dos indicadores selecionados . . . . .	21
Figura 4 – Dispersão dos <i>scores</i> estaduais das variáveis canônicas U1 e V1 . . . .	24
Figura 5 – Dispersão dos <i>scores</i> estaduais das variáveis canônicas U2 e V2 . . . .	24

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Abastecimento de Água e Esgoto (em % da população) . . . . .	11
Tabela 2 – Incidência de doenças . . . . .	17
Tabela 3 – Indicadores utilizados (2017) . . . . .	18
Tabela 4 – Testes de Significância . . . . .	22
Tabela 5 – Coeficientes Canônicos . . . . .	23

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO . . . . .</b>	<b>9</b>
<b>2</b>	<b>REVISÃO DE LITERATURA . . . . .</b>	<b>13</b>
2.1	REVISÃO TEÓRICA . . . . .	13
2.2	REVISÃO EMPÍRICA . . . . .	14
<b>3</b>	<b>METODOLOGIA . . . . .</b>	<b>17</b>
3.1	BASE DE DADOS . . . . .	17
3.2	ANÁLISE DE CORRELAÇÕES CANÔNICAS . . . . .	19
<b>4</b>	<b>RESULTADOS . . . . .</b>	<b>21</b>
<b>5</b>	<b>CONSIDERAÇÕES FINAIS E TRABALHOS FUTUROS . .</b>	<b>25</b>
	<b>REFERÊNCIAS . . . . .</b>	<b>26</b>

## 1 INTRODUÇÃO

A preocupação com o abastecimento de água e o manejo de dejetos gerados pelas atividades humanas é presente desde o surgimento das primeiras cidades. De acordo com Athaydes, Parolin & Crispim (2020), as primeiras sociedades urbanas já se mobilizavam para afastar dejetos do perímetro das suas casas com sistemas rudimentares de esgotamento. Os primeiros sistemas focavam em retirar o esgoto da região da cidade e despejar, sem qualquer tratamento, em rios. Com os avanços da ciência e da tecnologia, diferentes culturas desenvolveram técnicas distintas para lidar com questões sanitárias.

O saneamento básico é assegurado pela Constituição brasileira através da Lei no. 11.445/2007. Esta lei define o saneamento básico como a provisão de serviços e infraestrutura com o objetivo de garantir o abastecimento de água, esgotamento sanitário, limpeza urbana, drenagem urbana, manejos de resíduos sólidos e de águas pluviais (Brasil, 2020).

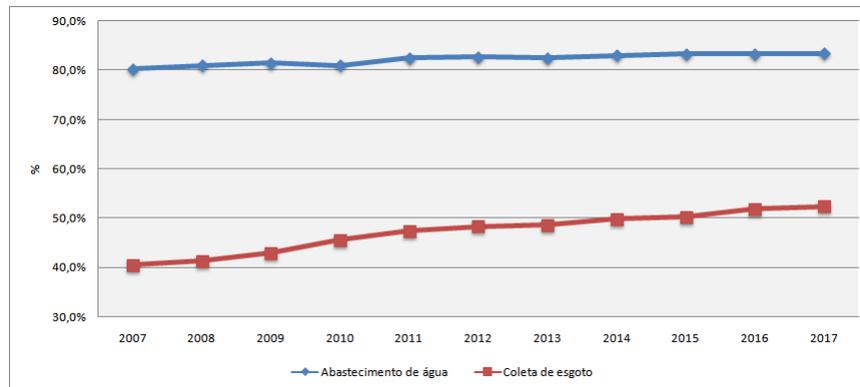
Em 2010, por meio da Resolução 64/292, a Organização das Nações Unidas (ONU, 2010) assinou o decreto que reconheceu o acesso à água potável e ao saneamento básico como direito humano essencial ao pleno desfrute da vida e de todos os direitos humanos. Posteriormente, no ano de 2016, a Organização estabeleceu os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS), em substituição aos Objetivos de Desenvolvimento do Milênio (ODM), que contêm metas de desenvolvimento social e econômico que os países devem atingir até o ano de 2030. O objetivo 6 dos ODS é “assegurar a disponibilidade e gestão sustentável da água e saneamento para todas e todos” e a primeira de suas metas é “até 2030, alcançar o acesso universal e equitativo à água potável segura para todos” (ONU, 2015).

Dados compilados pela iniciativa Joint Monitoring Programme for Water Supply and Sanitation (JMP), da ONU/Fundo das Nações Unidas para a Infância (UNICEF) indicaram que, no ano de 2010, 2,5 bilhões de pessoas utilizavam de condições inadequadas de saneamento ou defecavam a céu aberto e 783 milhões de pessoas não possuíam acesso à água saudável para beber (ONU/UNICEF, 2012).

Desde a década de 1970, houve planos de expansão dos sistemas de saneamento no Brasil. Ao longo da década o país expandiu de 35% para 55% o acesso ao abastecimento de água dos domicílios e de 15% para 29% o acesso à rede de coleta de esgoto (Saiani; Júnior, 2006). Mesmo com os avanços do investimento no setor na década de 1970, o país manteve investimentos aquém do esperado para corrigir o déficit no atendimento, principalmente em relação ao esgotamento sanitário (Araujo, 2008). O Gráfico 1 mostra a recente trajetória da cobertura dos índices de saneamento com base no SNIS.

A estabilidade dos indicadores no período se dá principalmente pela falta de investimentos no setor. O ministério das Cidades estipulou que para concluir a meta de universalização

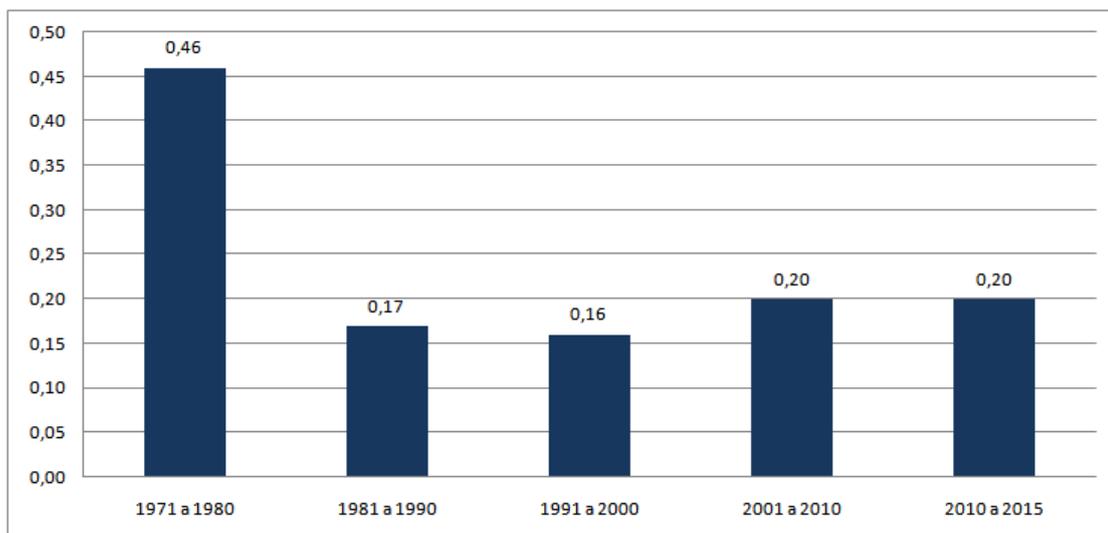
Figura 1 – Evolução dos índices de atendimento com rede de água e coleta de esgoto e do índice de tratamento do esgoto gerado nos municípios participantes do SNIS (em %)



Fonte: Elaboração própria baseado nos dados do SNIS (2007-2017)

do saneamento em 2020, seria necessário o investimento de aproximadamente 0,45% do PIB ao ano (Saiani; Júnior, 2006). Todavia, conforme podemos observar na Figura 2, os investimentos percentuais de 2001 a 2015 não chegam à metade do necessário.

Figura 2 – Investimentos em saneamento básico no Brasil entre 1971 e 2015 (em % do PIB)



Fonte: Elaboração própria com base em Saiani & Júnior (2006) e dados do SNIS (2006-2015)

Além da falta de investimentos e do baixo crescimento dos índices de saneamento básico após os anos 2000, também é possível identificar que a distribuição de cobertura das redes de água e coleta de esgoto é extremamente desigual entre as regiões do Brasil. As regiões Norte e Nordeste são as que mais se distanciam da universalização, como indica a Tabela 1. Enquanto a região Sudeste apresenta o maior percentual de domicílios com acesso (SNIS, 2018).

As doenças relacionadas ao baixo nível de cobertura de saneamento e à falta de acesso de água de qualidade correspondem a cerca de 10% da carga global de doenças. Doenças diarreicas, infecções respiratórias agudas, desnutrição e infecções tropicais, como helmintos

Tabela 1 – Abastecimento de Água e Esgoto (em % da população)

<b>Região</b>	<b>Abastecimento de Água</b>	<b>Abastecimento de Esgoto</b>
Norte	57,1	10,5
Nordeste	74,2	28,0
Sudeste	91,0	79,2
Sul	90,2	45,2
Centro-Oeste	89,0	52,9
Total Geral	83,6	53,1

Fonte: Elaboração própria com base nos dados do SNIS (2015)

e esquistossomose, são as principais enfermidades associadas ao déficit de saneamento. A diarreia foi a doença mais prevalente em ambientes com baixo saneamento. Cerca de 1,7 milhões de pessoas morrem anualmente no mundo por conta da doença, sendo 90% crianças de até 5 anos de idade, 88% dos casos são relacionados à contaminação da água, saneamento inadequado e falta de higiene

As doenças relacionadas ao baixo nível de cobertura de saneamento e à falta de acesso de água de qualidade correspondem a cerca de 10% da carga global de doenças (Hutton *et al.*, 2008). Doenças diarreicas, infecções respiratórias agudas, desnutrição e infecções tropicais, como helmintos e esquistossomose, são as principais enfermidades associadas ao déficit de saneamento (Mara *et al.*, 2010). A diarreia foi a doença mais prevalente em ambientes com baixo saneamento. Cerca de 1,7 milhões de pessoas morrem anualmente no mundo por conta da doença, sendo 90% crianças de até 5 anos de idade, 88% dos casos são relacionados à contaminação da água, saneamento inadequado e falta de higiene (ONU/UNICEF, 2012; Mathers AD Lopez, 2006).

No Brasil cerca de 100 milhões de habitantes (47% da população) ainda não possuem acesso à rede de esgoto adequada e cerca de 35 milhões (16% da população) não têm acesso à água tratada (SNIS, 2018). Os dados indicam que há uma grande distância entre a situação real e a situação esperada de um modelo com saneamento universalizado. Para que se faça cumprir o objetivo 6 dos ODS, o Brasil precisará intensificar os investimentos no setor sanitário conjuntamente com sua cobertura. O objetivo deste trabalho é identificar as principais relações entre o acesso ao saneamento básico e métricas de qualidade de vida, de forma a incentivar o debate a respeito da expansão do acesso.

Em 2020 o debate público acerca do saneamento ganhou destaque com a tramitação do novo marco legal do saneamento básico (PL 4.162/2019) no Senado brasileiro, projeto que modifica a configuração vigente de contrato entre as empresas estaduais de água e esgoto com os municípios e estados e facilita a entrada de empresas privadas no setor. O projeto estabelece o regime de contratos por concessão obtidos por licitação, com estabelecimento de metas e demonstração de viabilidade financeira. As empresas, públicas e privadas, se

comprometeriam com a meta de universalização de cobertura de 99% para o fornecimento de água potável e de 90% para coleta e tratamento de esgoto até o ano de 2033 (Brasil, 2020).

Este trabalho tem como objetivo fomentar a discussão sobre a importância da universalização das condições sanitárias do país na medida em que investiga a associação entre indicadores de infraestrutura básica de habitação e a incidência de doenças e mortalidade infantil. Para a avaliação será utilizado o método Análise de Correlações Canônicas (ACC), técnica que permite encontrar a correlação entre grupos de variáveis de natureza distinta e seus pesos. Também espera-se esclarecer as conclusões e limitações do modelo de modo a contribuir para a construção de futuros trabalhos sobre o tema.

O Capítulo 2 traz uma revisão de literatura, abordando a definição de alguns conceitos essenciais acerca da literatura de desenvolvimento econômico e trabalhos anteriores que investigaram empiricamente a associação de indicadores socioeconômicos com a saúde pública e a qualidade de vida. O Capítulo 3 expõe as bases de dados e o método utilizado neste trabalho. O Capítulo 4 apresenta as saídas do modelo e suas estatísticas, além de uma análise das principais características observadas nos resultados. O Capítulo 5 traz as conclusões feitas a partir dos resultados do modelo e analisa as possibilidades de expansão deste tema em futuros trabalhos.

## 2 REVISÃO DE LITERATURA

### 2.1 REVISÃO TEÓRICA

A saúde é um componente essencial para a seguridade social e o exercício da cidadania. Roemer (1998) afirma que o objetivo da política pública é aumentar a utilidade de todos indivíduos, que devem ser considerados de maneira equânime. O aumento de acesso aos bens considerados como necessidades básicas (saúde, moradia digna, vestuário, alimentação, higiene e saneamento) seria suficiente para trazer mais qualidade de vida aos indivíduos. Rawls (1971) propôs uma teoria de bem estar que enfatiza a importância da justiça na determinação dos objetivos da sociedade e que, portanto, deve ser assegurado que todos tenham acesso aos *primary goods* (bens necessários para que os indivíduos atinjam outros bens). Sendo assim, indivíduos racionais sob o véu da ignorância prefeririam desenhos de política pública que atendessem ao princípio de justiça que garantiria o mínimo de *primary goods* para todos da sociedade, independente do recorte social.

Sen (1992) considera o acesso à saúde não apenas como um componente indispensável para o bem estar social, mas também como elemento essencial para o exercício da liberdade dos indivíduos. A exclusão de indivíduos do acesso às condições básicas de saneamento e saúde e as conseqüentes implicações em termos da prevalência de doenças, da fome e da mortalidade precoce revelam o aspecto redutor de liberdades dos grupos marginalizados sem acesso aos bens básicos.

É possível observar também uma relação indissociável entre saúde e desenvolvimento socioeconômico. Schumpeter (1982) diferencia desenvolvimento e crescimento econômico na medida em que o primeiro conceito é mais abrangente e engloba diversos outros determinantes. Sachs (2004) compreende o desenvolvimento como a garantia do pleno exercício dos direitos humanos, sendo eles políticos, civis, econômicos, sociais e culturais e de bem-estar.

Fein (1964) fez uma ampla revisão de literatura de trabalhos que buscaram mensurar o valor econômico da vida humana e foi um dos precursores na formulação do conceito de "capital humano". O autor critica a abordagem Malthusiana que pressupõe que o impacto demográfico das melhorias de saúde trariam conseqüências negativas do ponto de vista do desenvolvimento econômico, devido à escassez de recursos. Para Fein (1964), os defensores dessa ideia erram ao medir o desenvolvimento econômico simplesmente em termos de renda *per capita* sem considerar os demais determinantes de qualidade de vida, inclusive a saúde. Outro ponto enfatizado é que além de reduzir a mortalidade, os investimentos em saúde impactam também na redução da morbidade, o que favorece o desempenho dos trabalhadores e conseqüentemente a produção econômica. O mesmo efeito também pode

ser esperado para os indicadores educacionais.

Stiglitz, Sen & Fitoussi (2009) definem o bem estar social como um conceito muito mais abrangente que a produção econômica. Uma definição multidimensional de bem estar incluiria bens e serviços que não podem ser expressos em quantidades monetárias, mas que são necessários para garantir a liberdade e o pleno exercício das capacidades dos indivíduos, como saúde, educação, moradia digna e direitos políticos.

Através da perspectiva econômica, Hutton (2013) mensurou a relação entre custo e benefício financeiro (BCR) da universalização do sistema de saneamento e provisão de água potável até 2015, conforme a meta dos ODM. Para determinar os benefícios financeiros, foram considerados os custos com sistema de saúde, redução de produtividade provenientes dos afastamentos por causa de doenças relacionadas à infecção em ambientes sem saneamento, redução de capital humano por conta da mortalidade. O estudo utilizou um modelo de estimação dos BCRs e pode concluir que para cada dólar investido na universalização, o retorno esperado seria de 5,5 dólares para saneamento, 2 dólares para fornecimento de água e 4,3 dólares para a combinação de ambos.

Libânio, Chernicharo & Nascimento (2005) identificam o saneamento ambiental como um componente essencial para o bem-estar da população e para a garantia de que os serviços de saúde sejam de fato aplicados. Independente da abundância hídrica da região, os indicadores sociais e de saúde são melhores retratados pela abrangência dos serviços de água e esgotamento sanitário.

## 2.2 REVISÃO EMPÍRICA

Na análise empírica das associações entre precariedade do saneamento básico e indicadores de saúde, Heller () investigou estudos que examinavam a cobertura dos sistemas de saneamento e identificou que a abrangência dos sistemas está diretamente relacionada com indicadores de saúde pública e de qualidade de vida. Diarreia, mortalidade infantil e indicadores antropométricos estão entre as principais variáveis de saúde relacionadas com o quadro sanitário, sendo a primeira o indicador mais adequado para se identificar os impactos de acordo com o autor. Também enfatiza que não apenas esgotamento sanitário e o abastecimento de água estão relacionados com a piora dos indicadores de saúde, mas também a drenagem pluvial, o manejo de resíduos sólidos e a higiene pessoal e doméstica. Teixeira, Gomes & Souza (2011) realizaram um estudo relacionando indicadores de saúde e as condições de saneamento nos estados brasileiros utilizando dos dados secundários do banco de dados “Indicadores e Dados Básicos para a Saúde 2008” (IDB, 2008) do Ministério da Saúde. Através de uma análise de regressão multivariada, foi possível verificar que a cobertura por sistemas de esgotamento sanitário teve correlação negativa com a taxa de

mortalidade infantil.

Em relação às doenças tropicais, Oliveira & Valla (2001) estudaram a incidência de dengue no município do Rio de Janeiro e apontaram a relação entre serviço de saneamento básico deficiente nas favelas e a prevalência de epidemias de dengue. A falta de acesso a um saneamento adequado incentivaria práticas inadequadas que favoreceriam a proliferação de focos de dengue. Mondini & Neto (2007) investigaram a associação entre incidência de dengue e agrupamentos censitários de diferentes níveis socioeconômicos para a cidade de São José do Rio Preto, no estado de São Paulo entre os anos 1990 e 2002. Não foi encontrada associação em quase todo o período analisado. Apesar da diferença socioeconômica, a cobertura de esgotamento, acesso à água encanada e serviço de coleta de lixo era superior a 99% para todos os estratos. Os autores sugerem que a alta cobertura de saneamento entre os diferentes grupos pode ser responsável pela ausência de diferença significativa na prevalência de dengue ao longo dos anos.

Saucha, Silva & Amorim (2006) analisaram localidades hiperendêmicas de esquistossomose no estado de Pernambuco em 2012 e identificaram forte relação entre a deficiência sanitária das regiões e o percentual de positividade para a detecção do parasita entre a população. Dentre as localidades com maior percentual de *Schistosoma mansoni*, nenhuma possuía rede de coleta e tratamento de esgoto doméstico e a maioria não possuía água encanada e fossa séptica. Ludwig, Frei & Ribeiro-Paes (1999) observaram 18.366 exames oriundos dos postos de atendimento sanitário da cidade de Assis, Estado de São Paulo, e identificaram menor prevalência de parasitoses intestinais em regiões que expandiram as ligações de água e esgoto.

Busato *et al.* (2014) analisaram a relação entre as condições de saneamento e a incidência de parasitoses intestinais em usuários do Sistema Único de Saúde na cidade de Chapecó (SC) no período de 2008 e 2009 e identificaram que os Centros de Saúde da Família (CSFs) que possuíam melhores condições sanitárias apresentavam 9,3 vezes menos de risco de contaminação por parasita.

Fonseca & Vasconcelos (2011), através do uso do método de autocorrelação espacial identificaram que a incidência de Doenças Relacionadas ao Saneamento Ambiental Inadequado (DRSAI) possuíam altos e baixos valores associados em algumas regiões, sendo possível identificar a presença de alguns *clusters*. Localidades com alta incidência das DRSAI eram associadas a municípios vizinhos com a mesma situação. Rondônia foi o estado que apresentou maior índice de internação por DRSAI no estudo.

Siqueira *et al.* (2017) investigaram a ocorrência das internações por DRSAI financiada pelo SUS entre pessoas residentes na Região Metropolitana de Porto Alegre (RS) entre 2010 e 2014 e identificou que as internações se concentravam em crianças e idosos e que 93,7%

delas estavam relacionadas com transmissão feco-oral, com letalidade de 2,2%. O gasto estimado decorrente das internações foi de cerca de R\$ 6,1 milhões. Os resultados mostram que a incidência das DRSAI é um problema relevante para a Região Metropolitana de Porto Alegre mesmo com a região apresentando altos índices de desenvolvimento.

O presente trabalho busca aprofundar essa literatura ao verificar a relação entre indicadores de infraestrutura básica de moradia e a incidência de doenças nos estados do Brasil. A utilização do método de Análise de Correlação Canônica tem por objetivo encontrar a correlação entre um grupo de variável de natureza socioeconômica/habitacional e um grupo de variável de saúde.

### 3 METODOLOGIA

#### 3.1 BASE DE DADOS

O objetivo deste trabalho é observar a relação entre dois grupos de variáveis de natureza distinta através da Análise de Correlações Canônicas (ACC). Um grupo será de variáveis que expressem as condições de habitação da população em relação à qualidade sanitária e um indicador de vulnerabilidade social e o outro grupo será de variáveis de Doenças Relacionadas ao Saneamento Ambiental Inadequado (DRSAI).

Dentre os dados de infraestrutura básica de moradia, foi utilizada a base do Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento (SNIS, 2017) para a coleta de informações sobre condições de habitação. Foram utilizados indicadores de acesso ao esgotamento sanitário, acesso ao tratamento de água e acesso à coleta de lixo para as variáveis de saneamento (em % da população). As informações de vulnerabilidade socioeconômica foram obtidas no Atlas de Desenvolvimento Humano no Brasil (2017).

Quanto aos dados de incidência das DRSAI, foi utilizado o Sistema de Informação de Agravos de Notificação (SINAN, 2017), todos disponibilizados pelo Departamento de Informática do Sistema Único de Saúde (DataSUS) do Ministério da Saúde.

Tabela 2 – Incidência de doenças

Indicadores	Descrição
1. Doenças de transmissão feco-oral	Febre Tifóide Hepatite A
2. Doenças transmitidas por inseto vetor	Zika Virus Chikungunya Malária Leishmaniose Visceral Doença De Chagas Dengue
3. Doenças transmitidas através do contato com a água	Leptospirose Esquistossomose

Fonte: Elaboração própria adaptado de Costa *et al.* (2002)

As DRSAI são agrupadas nas seguintes categorias: doenças de transmissão feco-oral, doenças transmitidas por inseto vetor, doenças transmitidas através de contato com a água, doenças relacionadas com a higiene e doenças associadas à geo-helminhos e teníases. Não foi incluída nenhuma variável de doença das categorias doenças relacionadas com a higiene e doenças associadas à geo-helminhos e teníases, uma vez que não são notificadas pelo SINAN (Costa *et al.*, 2002; Moura *et al.*, 2016). A Tabela 2 apresenta as categorias

utilizadas no modelo com as respectivas doenças utilizadas.

A Tabela 3 apresenta os indicadores utilizados na análise. Foram selecionados dados por estado brasileiro para o ano de 2017. A escolha dos dados por estado se deu pela restrição de dados para os municípios, a ausência de dados dificultaria a análise.

Tabela 3 – Indicadores utilizados (2017)

<b>Indicadores Socioeconômicos</b>						
Sigla	Indicador	Fonte	Média	DP	Min	Max
%AGU	da população urbana residente em domicílios ligados à rede de abastecimento de água 2017	SNIS	85,71	15,90	40,44	99,69
%ES1	% da população urbana residente em domicílios ligados à rede de esgotamento sanitário 2017	SNIS	39,64	25,42	5,95	91,92
%ES2	% de esgoto tratado 2017	SNIS	82,23	18,78	32,42	100,00
%CO2	% da população urbana atendida por serviços regulares de coleta de resíduos domiciliares 2017	SNIS	78,38	12,75	46,86	100,00
%VUL	% de vulneráveis à pobreza 2017	Atlas Brasil	30,47	14,09	7,71	52,59
<b>Indicadores de Saúde</b>						
Sigla	Indicador	Fonte	Média	DP	Min	Max
MOR	Taxa de mortalidade infantil 2017	Atlas Brasil	13,20	2,48	9,93	19,61
ZIK	Zika Virus	DataSUS	1.210,52	1.312,04	60,00	4.882,00
CHI	Chikungunya	DataSUS	9.172,67	26.668,90	363,00	140.406,00
MAL	Malária	DataSUS	11,52	20,97	0,00	103,00
LEP	Leptospirose	DataSUS	111,81	147,13	0,00	550,00
LEI	Leishmaniose Visceral	DataSUS	147,67	226,77	0,00	796,00
FEB	Febre Tifóide	DataSUS	3,15	8,15	0,00	35,00
ESQ	Esquistossomose	DataSUS	161,44	386,66	0,00	1.941,00
CHA	Doença De Chagas	DataSUS	11,11	52,62	0,00	274,00
DEN	Dengue	DataSUS	9.009,19	13.837,48	183,00	64.068,00
HEP	Hepatite A	DataSUS	70,26	191,24	4,00	1.010,00

Fonte: Elaboração própria com base nos dados do Atlas do Desenvolvimento Humano no Brasil (2017), SNIS (2017) e DataSUS (2017).

### 3.2 ANÁLISE DE CORRELAÇÕES CANÔNICAS

A ACC é uma técnica estatística multivariada que determina combinações lineares entre dois grupos de variáveis maximizando a correlação entre eles. Dessa forma, é possível determinar os pares de combinações lineares  $U = a'X$  e  $V = b'Y$  que possuem a maior correlação possível. Essas correlações são chamadas de correlações canônicas. Dessa forma, considerando duas combinações lineares X e Y:

$$U = a_1x_1 + a_2x_2 + \dots + a_nx_n \quad (3.1)$$

$$V = b_1x_1 + b_2x_2 + \dots + b_nx_n$$

Tal que correlação  $Corr(U, V)$  seja maximizada.

Sendo X descrito por uma matriz nxp e Y por uma matriz nxq.

$$C = cov(X, Y) \quad (3.2)$$

As matrizes de variância e de covariância do modelo serão dadas por:

$$C = \begin{bmatrix} \Sigma_{XX} & \Sigma_{XY} \\ \Sigma_{YX} & \Sigma_{YY} \end{bmatrix} \quad (3.3)$$

As covariâncias entre variáveis de diferentes conjuntos, isto é, variáveis do vetor X e do vetor Y, estão representados pelas matrizes  $\Sigma_{XY}$  e  $\Sigma_{YX}$ . Quanto maior forem p e q, mais complexo se torna a análise das covariâncias entre as variáveis. Dessa forma, a ACC resume a associação entre X e Y em um número reduzido de pares canônicos, ao invés de pxq correlações.

Resumindo a equação (3.2):

$$U = a'X, V = b'Y \quad (3.4)$$

As variâncias e a covariância de U e V serão definidas por:

$$Var(U) = a'Cov(X)a = a' \sum_{xx} a \quad (3.5)$$

$$Var(V) = b'Cov(Y)b = b' \sum_{yy} b$$

$$Cov(U, V) = a'Cov(X, Y)b = a' \sum_{xy} b$$

A ACC tem por objetivo determinar os vetores  $a$  e  $b$  de forma que a correlação descrita na equação (3.6) seja a maior possível, onde  $\rho^*$  é a correlação canônica.

$$\rho_{U,V}^* = Corr(U, V) = \frac{a' \sum_{xy} b}{\sqrt{a' \sum_{xx} a} \sqrt{b' \sum_{yy} b}} \quad (3.6)$$

Onde o o máximo,

$$max_{a,b} = Cov(U_i, V_i) = \rho_i^* \quad (3.7)$$

é obtido pelas combinações lineares (primeiro par de variáveis canônicas):

$$U_1 = e_1' \sum_{xx}^{-\frac{1}{2}} X \quad (3.8)$$

$$V_1 = f_1' \sum_{yy}^{-\frac{1}{2}} Y$$

Existirão  $min(q, p)$  pares de variáveis canônicas independentes que satisfazem a igualdade e que irão expressar a variância total dos dois grupos. Dessa forma, temos  $k$  pares de canônicas,  $k = 1, 2, \dots, p$ ,

$$U_k = e_k' \sum_{xx}^{-\frac{1}{2}} X \quad (3.9)$$

$$V_k = f_k' \sum_{yy}^{-\frac{1}{2}} Y$$

que maximizam a equação:

$$Cov(U_k, V_k) = \rho_k^* \quad (3.10)$$

entre as combinações lineares não correlacionadas com as precedentes  $k = 1, 2, \dots, k - 1$  variáveis canônicas.

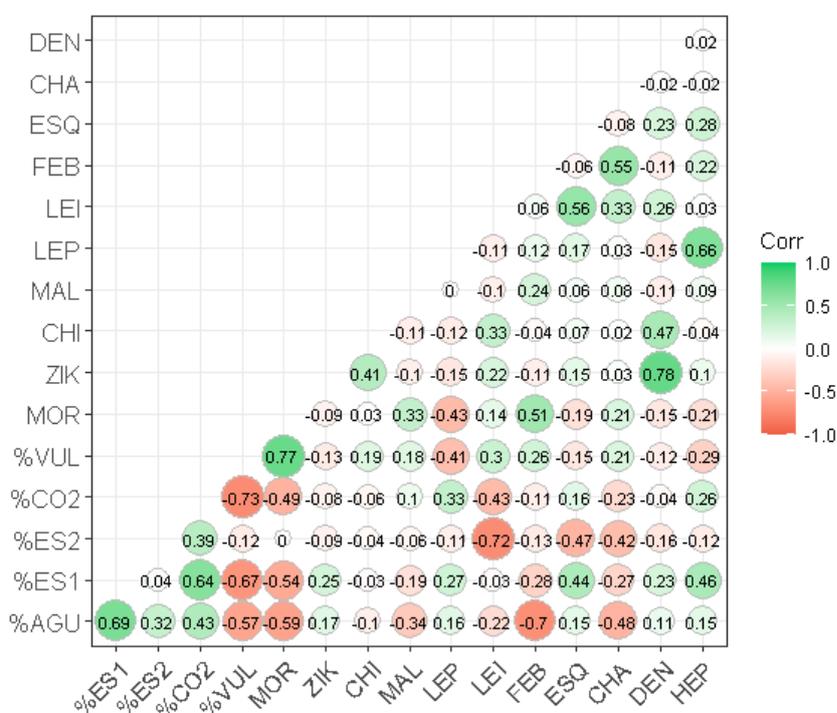
Tem-se que  $\rho_1^* \geq \rho_2^* \geq \dots \geq \rho_p^*$  como valores próprios de matriz  $\sum_{XX}^{-1/2} \sum_{XY} \sum_{YY}^{-1} \sum_{YX} \sum_{XX}^{-1/2}$  e  $e_1, e_2, \dots, e_p$  e são os  $(p \times 1)$  valores associados. Os valores  $\rho_1^*, \rho_2^*, \dots, \rho_p^*$  são também os  $p$  valores próprios da matriz  $\sum_{YY}^{-1/2} \sum_{YX} \sum_{XX}^{-1} \sum_{XY} \sum_{YY}^{-1/2}$  com os  $(q \times 1)$  valores correspondentes  $f_1, f_2, \dots, f_p$ . Cada vetor  $f_i$  é proporcional à matriz  $\sum_{YY}^{-1} \sum_{YX} \sum_{XX}^{-1/2} e_i$ , logo, a correlação entre  $U_k$  e  $V_k$  é definida por:

$$Cov(U_k, V_k) = \rho_k^* = \sqrt{\rho_k^*} \quad (3.11)$$

## 4 RESULTADOS

A Figura 3 apresenta a representação visual da matriz de correlação dos indicadores utilizados para o ano de 2017, em que os círculos verdes indicam correlação positiva entre os indicadores e os círculos vermelhos indicam correlação negativa. Pode-se observar que os indicadores sanitários de abastecimento de água (%AGU), acesso à esgotamento sanitário (%ES1), tratamento de esgoto (%ES2) e coleta de lixo (%C02) possuem relação inversa com a % de vulneráveis à pobreza (%VUL), mortalidade infantil (MOR) e a incidência de doenças como Febre Tifóide (FEB), Doença de Chagas (CHA) e Leishmaniose (LEI).

Figura 3 – Matriz de correlação dos indicadores selecionados



Fonte: Elaboração própria

O objetivo da Análise de Correlação Canônica neste trabalho foi identificar a relação entre os indicadores de natureza socioeconômica e sanitária e indicadores de saúde pública nos estados brasileiros no ano de 2017. O método produz uma combinação linear para cada um dos grupos de variáveis e a associação dos grupos é determinada a partir da correlação entre os grupos. Foram utilizadas cinco variáveis para a composição dos indicadores socioeconômicos e onze variáveis para a composição dos indicadores de saúde. A ACC produz um número de pares de variáveis canônicas igual ao número de variáveis existentes do conjunto com menos variáveis. Sendo assim, foram gerados cinco pares de variáveis canônicas. A Tabela 4 mostra os testes de significância das correlações para o primeiro par de variáveis canônicas.

Tabela 4 – Testes de Significância

	Lambda de Wilks	Traço de Pillai	Traço de Hotelling	Traço de Roy
Estatística	0,01	2,88	8,49	0,78
P-Valor	0,03	0,01	0,10	0,00

Fonte: Elaboração própria

Para cada par de variável canônica gerado é produzido um coeficiente de correlação canônica, respectivamente  $\rho_1 = 0,88$ ,  $\rho_2 = 0,83$ ,  $\rho_3 = 0,77$ ,  $\rho_4 = 0,66$  e  $\rho_5 = 0,63$ . A correlação do primeiro par de variáveis canônicas foi considerada estatisticamente significativa ao nível de 5% para os testes Lambda de Wilks, Traço de Pillai e Traço de Roy e ao nível de 10% para o teste Traço de Hotteling. O segundo par de variáveis canônicas foi significativa ao nível de 10% para os testes de Lambda de Wilks e Traço de Pillai. Os demais coeficientes de correlação não foram estatisticamente significantes ao nível de 10%. Portanto, a análise realizada considera apenas a correlação entre os dois primeiros pares de variáveis canônicas.

A Tabela 5 expressa os coeficientes das variáveis associadas a cada combinação linear dos grupos de Indicadores Socioeconômicos e Indicadores de Saúde, os chamados pesos canônicos. Analisar os pesos canônicos permite verificar quais variáveis mais influenciam na explicação da variável canônica. A primeira combinação linear das variáveis socioeconômicas U1 expressa 41,63% da variabilidade total da matriz de covariância intragrupo e é determinada principalmente pelo percentual da população urbana com abastecimento de água (%AGU) e pelo percentual da população urbana com acesso ao serviço de esgotamento sanitário (%ESG1), com coeficientes positivos e pelo percentual coleta de resíduos (%COL2) e percentual de vulneráveis à pobreza (%VUL), com coeficientes negativos. Um estado que tivesse altos índices de cobertura de abastecimento de água e que possuísse baixo percentual de coleta de lixo e de vulneráveis à pobreza teria um alto *score* na primeira variável canônica do grupo de variáveis de saúde (V1), uma vez que a correlação entre os grupos foi de 0,88. A variável canônica V1 expressa 17,64% da variância total explicada e é definida principalmente pela taxa de mortalidade infantil (MOR), pela incidência de malária (MAL), febre tifóide (FEB), com coeficientes negativos. esquistossomose (ESQ), doença de chagas (CHA), e hepatite (HEP) tiveram coeficientes positivos. Assim, um estado com alto percentual de acesso ao abastecimento de água e ao esgotamento sanitário e baixo percentual de vulneráveis à pobreza, coleta seletiva e tratamento de esgoto tenderia a ter menor mortalidade infantil e baixa incidência de malária e febre tifóide e alta incidência de esquistossomose, doença de chagas, e hepatite.

expressa 41,63% da variabilidade total da matriz de covariância intragrupo

A Figura 4 expressa a relação dos estados brasileiros de acordo com os *scores* do primeiro

Tabela 5 – Coeficientes Canônicos

Grupo 1: Variáveis Socioeconômicas			
Variáveis		Combinações Lineares	
		U1	U2
%AGU	x1	0,047	0,018
%ES1	x2	0,002	0,009
%ES2	x3	-0,009	-0,052
%CO2	x4	-0,023	0,006
%VUL	x5	-0,038	0,040
Variância Total Explicada		41,63%	22,97%
Grupo 2: Variáveis de Saúde			
Variáveis		Combinações Lineares	
		V1	V2
MOR	y1	-0,145	0,105
ZIK	y2	0,000	0,000
CHI	y3	0,000	0,000
MAL	y4	-0,011	0,002
LEP	y5	0,000	0,001
LEI	y6	-0,001	0,003
FEB	y7	-0,063	-0,049
ESQ	y8	0,001	0,001
CHA	y9	0,001	0,006
DEN	y10	0,000	0,000
HEP	y11	0,001	0,001
Variância Total Explicada		17,64%	13,94%

Fonte: Elaboração própria

par de variáveis canônicas (U1 e V1) para ambos os grupos de variáveis (socioeconômicas e de saúde). Pelo gráfico de dispersão é possível observar que os estados das regiões Sul, Sudeste e Centro-Oeste apresentam altos *scores* para o primeiro par de variáveis canônicas, com São Paulo, Minas Gerais, Rio de Janeiro, Goiás, Mato Grosso do Sul, Santa Catarina, Paraná e Rio Grande do Sul ocupando as oito primeiras posições. Esses estados foram os que apresentaram maiores percentuais de acesso à infraestrutura básica de saneamento em conjunto com menor incidência de doenças relacionadas ao saneamento e mortalidade infantil. Já os estados da região Norte e Nordeste são os que apresentam menores *scores* para o primeiro par de variáveis canônicas, com os estados Pará, Amapá, Amazonas, Ceará e Maranhão ocupando as cinco observações inferiores à esquerda do gráfico.

Para o segundo par de variáveis canônicas, que teve correlação de 0,83, foi observado uma inversão de sinais no percentual de coleta de resíduos (%COL2) e percentual de vulneráveis à pobreza (%VUL) para a variável canônica U2 e da mortalidade infantil (MOR), malária (MAL) e leishmaniose (LEI). U2 teve 22,97% da variância total explicada. As variáveis



## 5 CONSIDERAÇÕES FINAIS E TRABALHOS FUTUROS

O atual trabalho teve o intuito de investigar a correlação entre conjuntos de variáveis de natureza socioeconômicas e sanitárias e conjuntos de variáveis de saúde pública para os estados brasileiros no ano de 2017. Foram utilizadas as bases de dados do Atlas do Desenvolvimento Humano no Brasil, do Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento e do DataSUS. Para conduzir a análise, foi utilizado o método Análise de Correlações Canônicas com o objetivo de verificar como as características de cobertura de saneamento básico se relacionam com os indicadores de saúde para os estados brasileiros. As teorias de desenvolvimento econômico e trabalhos empíricos anteriores a este trabalho apontam para a associação entre o saneamento básico inadequado e a redução em indicadores de saúde e qualidade de vida.

Os resultados do modelo foram duas correlações canônicas estatisticamente significantes. O primeiro par de variáveis canônicas indicou que estados que possuíam altos índices de abastecimento de água, acesso ao serviço de esgotamento e baixo índice de vulnerabilidade à pobreza tendiam a apresentar menor incidência de malária, Febre tifóide e uma menor taxa de mortalidade infantil. O segundo par de variáveis canônicas indicou que estados que possuíam menores índices de esgoto tratado e maior percentual de vulneráveis à pobreza, abastecimento de água, acesso ao serviço de esgotamento e acesso ao serviço de coleta de resíduos tendiam a apresentar maior incidência de mortalidade infantil, Doença de Chagas e menor incidência de febre tifoide. Para a segunda correlação canônica, nenhum dos coeficientes dos indicadores de saúde teve peso negativo.

Este trabalho pretende contribuir para o aprofundamento do entendimento da associação entre as condições sanitárias de habitação e a qualidade de vida e bem estar da população. Ao utilizar o método Análise de Correlações Canônicas, este estudo permite uma compreensão agregada da correlação entre indicadores de natureza socioeconômica e de natureza de saúde pública. Tal compreensão busca fomentar a discussão acerca deste tema que é essencial para a garantia dos direitos humanos da população conforme garantido pela Constituição Federal (Brasil, 1988) e auxiliar na tomada de decisão acerca de investimentos e estratégias para combater o déficit sanitário no Brasil.

## REFERÊNCIAS

- ARAÚJO, F. C. **Estrutura tarifária e investimento em saneamento básico no Brasil**. 2008.
- ATHAYDES, Tiago Vinicius Silva; PAROLIN, Mauro; CRISPIM, Jefferson de Queiroz. Análise histórica sobre práticas de saneamento básico no mundo. **XVI Fórum Ambiental–Ita Paulista**, 2020.
- BRASIL. **Senado Federal**. 2020. Disponível em: <<https://legis.senado.leg.br/norma-/32462863/publicacao/32491972>>.
- BUSATO, Maria Assunta; ANTONIOLLI, Marinez Amabile; TEO, Carla Rosane Paz Arruda; FERRAZ, Lucimare; POLI, Gianfranco; TONINI, Paulo. Relação de parasitoses intestinais com as condições de saneamento básico. *Cienc Cuid Saude*, v. 13 (2), p. 357–363, 2014.
- COSTA, André Monteiro; CARLOS; PONTES, Antonio Alves; GONÇALVES, Fernando Ramos; LUCENA, Regina Célia Borges de; CASTRO, Claudia Cristina Lima de; GALINDO, Evania Freires; MANSUR, Marília Coser. Impactos na saúde e no sistema Único de saúde decorrentes de agravos relacionados a um saneamento ambiental inadequado. 2002.
- FEIN, Rashi. Health programs and economic development. 1964.
- FONSECA, Fernanda Rodrigues; VASCONCELOS, Cíntia Honório. Análise espacial das doenças relacionadas ao saneamento ambiental inadequado no Brasil. *Cad. Saúde Colet.*, v. 19, n. 4, p. 448–453, 2011.
- HELLER, Léo. Saneamento e saúde. **Organização PanAmericana da Saúde**.
- HUTTON, Guy. Global costs and benefits of reaching universal coverage of sanitation and drinking-water supply. **Journal of Water and Health**, World Health Organization 2013, v. 11, n. 1, p. 1–11, 2013.
- HUTTON, Guy; RODRIGUEZ, UE; NAPITUPULU, Lydia; THANG, Pham Ngoc. Economic impacts of sanitation in southeast Asia. **Jakarta: World Bank**, World Health Organization 2013, 2008.
- LIBÂNIO, Paulo Augusto Cunha; CHERNICHARO, Carlos Augusto de Lemos; NASCIMENTO, Nilo de Oliveira. A dimensão da qualidade de água: Avaliação da relação entre indicadores sociais, de disponibilidade hídrica, de saneamento e de saúde pública. *Eng. sanit. ambient.*, v. 10 (3), p. 219–228, 2005.
- LUDWIG, Karin Maria; FREI, Firmino Alvares Filho Fernando; RIBEIRO-PAES, João Tadeu. Correlação entre condições de saneamento básico e parasitoses intestinais na população de assis, estado de São Paulo. **Revista da Sociedade Brasileira de Medicina Tropical**, v. 32, n. 5, p. 547–555, 1999.
- MARA, D; LANE, J; SCOTT, B; TROUBA, D. Sanitation and health. **PLoS**, 2010.
- MATHERS AD LOPEZ, CJL Murray CD. The burden of disease and mortality by condition: data, methods, and results for 2001. New York: Oxford University Press, p. 45–240, 2006.

MONDINI, Adriano; NETO, Francisco Chiaravalloti. Variáveis socioeconômicas e a transmissão de dengue. **Revista de Saúde Pública**, v. 41, n. 6, p. 923–930, 2007.

MOURA, Larissa; LANDAU, Elena Charlotte; FERREIRA, Adriana de Melo; ; . Variação geográfica do saneamento básico no Brasil em 2010: domicílios urbanos e rurais. v. 8, p. 189–211, 2016.

OLIVEIRA, Rosely Magalhães de; VALLA, Victor Vincent. As condições e as experiências de vida de grupos populares no Rio de Janeiro: repensando a mobilização popular no controle do dengue. **Cad. Saúde Pública**, v. 17, p. 77–88, 2001.

ONU. **Resolução A/RES/64/292**. 2010. Disponível em: <<http://www.un.org/es-comun/docs/?symbol=A/RES/64/292lang=E>>.

ONU. **Transforming our world: the 2030 Agenda for Sustainable Development**. 2015. Disponível em: <[https://www.un.org/ga/search/view\\_doc.asp?symbol=A/RES/70/1Lang=E](https://www.un.org/ga/search/view_doc.asp?symbol=A/RES/70/1Lang=E)>.

ONU/UNICEF. **Joint Monitoring Programme Progress on Drinking Water and Sanitation**. 2012.

RAWLS, John. A theory of justice. **The Belknap Press of Harvard University Press**, 1971.

ROEMER, John E. Theories of distributive justice. **Harvard University Press, Paperback Edition**, 1998.

SACHS, Ignacy. Desenvolvimento incluído, sustentável, sustentado. **Sciences Po University Press**, 2004.

SAIANI, Carlos César Santejo; JÚNIOR, Rudinei Toneto. Evolução do acesso a serviços de saneamento básico no Brasil (1970 a 2004). **Economia e Sociedade**, v. 19, n. 1, p. 79–106, 2006.

SAUCHA, Camylla Veloso Valença; SILVA, José Alexandre Menezes da; AMORIM, Liliane Barbosa. Condições de saneamento básico em áreas hiperendêmicas para esquistossomose no estado de Pernambuco em 2012. **Epidemiol. Serv. Saúde**, v. 24, n. 3, p. 497–506, 2006.

SCHUMPETER, Joseph Alois. **A Teoria do Desenvolvimento Econômico: uma investigação sobre lucro, capital, crédito, juro e o ciclo econômico**. Rio de Janeiro: Nova Cultural, 1982.

SEN, Amartya. Inequality reexamined. **Oxford University Press**, 1992.

SIQUEIRA, Mariana Santiago; ROSA, Roger dos Santos; BORDIN, Ronaldo; NUGEM, Rita de Cássia. Internações por doenças relacionadas ao saneamento ambiental inadequado na rede pública de saúde da região metropolitana de Porto Alegre, Rio Grande do Sul, 2010-2014. **Epidemiol. Serv. Saude**, v. 26, n. 4, p. 795–806, 2017.

STIGLITZ, Joseph E.; SEN, Amartya; FITOUSSI, Jean-Paul. Report by the commission on the measurement of economic performance and social progress. 2009. Disponível em: <[https://www.cps.fgv.br/ibrecps/nw/rapport\\_anglais\\_1-18.pdf](https://www.cps.fgv.br/ibrecps/nw/rapport_anglais_1-18.pdf)>.

TEIXEIRA, Júlio César; GOMES, Maria Helena Rodrigues; SOUZA, Janaina Azevedo de. Análise da associação entre saneamento e saúde nos estados brasileiros – estudo comparativo entre 2001 e 2006. Engenharia Sanitária e Ambiental, Universidade Federal de Juiz de Fora, v. 16, n. 2, p. 197–204, 2011.