

UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS

Faculdade de Ciências Econômicas

Programa de Pós-Graduação em Economia

Lucas Resende de Carvalho

**Três ensaios sobre a dengue no município de
Pedro Leopoldo: um estudo sobre o LIRAa**

Belo Horizonte

2023

Lucas Resende de Carvalho

**Três ensaios sobre a dengue no município de Pedro
Leopoldo: um estudo sobre o LIRAa**

Versão final

Tese apresentada ao curso de Doutorado em Economia do Centro de Desenvolvimento e Planejamento Regional da Faculdade de Ciências Econômicas da Universidade Federal de Minas Gerais, como requisito parcial à obtenção do título de Doutor em Economia.

Orientadora: Mônica Viegas Andrade
Coorientador: Pedro Vasconcelos Maia do Amaral

Belo Horizonte

2023

Ficha Catalográfica

C331t
2023 Carvalho, Lucas Resende de.
Três ensaios sobre a dengue no município de Pedro Leopoldo
[manuscrito]: um estudo sobre o LIRAA/ Lucas Resende de Carvalho.
– 2023.
89 f., il.

Orientadora: Mônica Viegas Andrade
Coorientador: Pedro Vasconcelos Maia do Amaral
Tese (doutorado) - Universidade Federal de Minas Gerais, Centro de
Desenvolvimento e Planejamento Regional.
Inclui bibliografia (f. 78-88) e anexo.

1. Dengue - Teses. 2. Serviços de saúde pública – Teses. 3. Pedro
Leopoldo (MG) 4. Economia – Teses. I. Andrade, Mônica Viegas. II.
Amaral, Pedro Vasconcelos Maia do. III. Universidade Federal de
Minas Gerais. Centro de Desenvolvimento e Planejamento Regional.
IV. Título.

CDD: 614.98151



UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS
FACULDADE DE CIÊNCIAS ECONÔMICAS
CENTRO DE DESENVOLVIMENTO E PLANEJAMENTO REGIONAL
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ECONOMIA

ATA DE DEFESA DE TESE

LUCAS RESENDE DE CARVALHO (MATRÍCULA Nº 2017670540)

Às dez horas do dia 16 de janeiro de 2023, reuniu-se, por videoconferência, a Comissão Examinadora de Tese, indicada "ad referendum" pelo Colegiado do Curso em 16 de dezembro de 2022, para julgar, em exame final, o trabalho final intitulado *Três Ensaios sobre a Dengue no Município de Pedro Leopoldo: um estudo sobre o LIRAq* requisito final para a obtenção do Grau de Doutor em Economia, área de concentração em Economia Aplicada. Abrindo a sessão, a Presidente da Comissão, Profa. Mônica Viegas Andrade, após dar a conhecer aos presentes o teor das Normas Regulamentares do Trabalho Final, passou a palavra ao candidato, para apresentação de seu trabalho. Seguiu-se a arguição pelos examinadores, com a respectiva defesa do candidato. Logo após, a Comissão composta pelos professores: Mônica Viegas Andrade, Pedro Vasconcelos Maia do Amaral, Kenya Valéria Micaela de Souza Noronha, Márcia Caldas de Castro, Antônio Silva Lima Neto e Pablo Secato Fontoura se reuniu, sem a presença do candidato e do público, para julgamento e expedição do resultado final. A Comissão **aprovou** o candidato por unanimidade. O resultado final foi comunicado publicamente ao candidato pela Presidente da Comissão. Nada mais havendo a tratar, a Presidente encerrou a reunião e lavrou a presente ATA, que será assinada por todos os membros participantes da Comissão Examinadora. Belo Horizonte, 16 de janeiro de 2023.

BANCA EXAMINADORA - participações por videoconferência

Profa. Mônica Viegas Andrade (Orientadora) (Cedeplar/FACE/UFMG)

Prof. Pedro Vasconcelos Maia do Amaral (Cedeplar/FACE/UFMG)

Profa. Kenya Valéria Micaela de Souza Noronha (Cedeplar/FACE/UFMG)

Profa. Márcia Caldas de Castro (Harvard University)

Prof. Antônio Silva Lima Neto (Secretária Municipal de Saúde de Fortaleza)

Prof. Pablo Secato Fontoura (Ministério da Saúde)

RAFAEL SAULO MARQUES RIBEIRO
Coordenador do Programa de Pós-Graduação em Economia



Documento assinado eletronicamente por **Kenya Valeria Micaela de Souza Noronha, Professora**



do **Magistério Superior**, em 17/01/2023, às 10:02, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 5º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).



Documento assinado eletronicamente por **Pablo Secato Fontoura, Usuário Externo**, em 17/01/2023, às 10:13, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 5º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).



Documento assinado eletronicamente por **Pedro Vasconcelos Maia do Amaral, Professor do Magistério Superior**, em 17/01/2023, às 15:24, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 5º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).



Documento assinado eletronicamente por **Rafael Saulo Marques Ribeiro, Coordenador(a) de curso de pós-graduação**, em 25/01/2023, às 16:20, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 5º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).



Documento assinado eletronicamente por **Monica Viegas Andrade, Professora do Magistério Superior**, em 09/02/2023, às 17:40, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 5º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).



A autenticidade deste documento pode ser conferida no site https://sei.ufmg.br/sei/controlador_externo.php?acao=documento_conferir&id_orgao_acesso_externo=0, informando o código verificador 2022382 e o código CRC 479C51AB.

ATA DE DEFESA DE TESE


LUCAS RESENDE DE CARVALHO (MATRÍCULA Nº 2017670540)

Às dez horas do dia 16 de janeiro de 2023, reuniu-se, por videoconferência, a Comissão Examinadora de Tese, indicada "ad referendum" pelo Colegiado do Curso em 16 de dezembro de 2022, para julgar, em exame final, o trabalho final intitulado *Três Ensaaios sobre a Dengue no Município de Pedro Leopoldo: um estudo sobre o LIRAA*, requisito final para a obtenção do Grau de Doutor em Economia, área de concentração em Economia Aplicada. Abrindo a sessão, a Presidente da Comissão, Profa. Mônica Viegas Andrade, após dar a conhecer aos presentes o teor das Normas Regulamentares do Trabalho Final, passou a palavra ao candidato, para apresentação de seu trabalho. Seguiu-se a arguição pelos examinadores, com a respectiva defesa do candidato. Logo após, a Comissão composta pelos professores: Mônica Viegas Andrade, Pedro Vasconcelos Maia do Amaral, Kenya Valéria Micaela de Souza Noronha, Márcia Caldas de Castro, Antônio Silva Lima Neto e Pablo Secato Fontoura se reuniu, sem a presença do candidato e do público, para julgamento e expedição do resultado final. A Comissão **aprovou** o candidato por unanimidade. O resultado final foi comunicado publicamente ao candidato pela Presidente da Comissão. Nada mais havendo a tratar, a Presidente encerrou a reunião e lavrou a presente ATA, que será assinada por todos os membros participantes da Comissão Examinadora. Belo Horizonte, 16 de janeiro de 2023.

Profa. Márcia Caldas de Castro

(Harvard University)

(participação por videoconferência)



Prof. Rafael Saulo Marques Ribeiro

Coordenador do Programa de Pós-Graduação em Economia

ATA DE DEFESA DE TESE

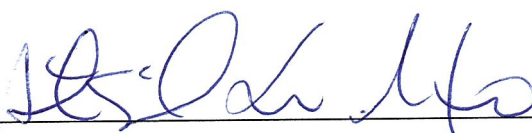
LUCAS RESENDE DE CARVALHO (MATRÍCULA Nº 2017670540)

Às dez horas do dia 16 de janeiro de 2023, reuniu-se, por videoconferência, a Comissão Examinadora de Tese, indicada "ad referendum" pelo Colegiado do Curso em 16 de dezembro de 2022, para julgar, em exame final, o trabalho final intitulado *Três Ensaaios sobre a Dengue no Município de Pedro Leopoldo: um estudo sobre o LIRAA*, requisito final para a obtenção do Grau de Doutor em Economia, área de concentração em Economia Aplicada. Abrindo a sessão, a Presidente da Comissão, Profa. Mônica Viegas Andrade, após dar a conhecer aos presentes o teor das Normas Regulamentares do Trabalho Final, passou a palavra ao candidato, para apresentação de seu trabalho. Seguiu-se a arguição pelos examinadores, com a respectiva defesa do candidato. Logo após, a Comissão composta pelos professores: Mônica Viegas Andrade, Pedro Vasconcelos Maia do Amaral, Kenya Valéria Micaela de Souza Noronha, Márcia Caldas de Castro, Antônio Silva Lima Neto e Pablo Secato Fontoura se reuniu, sem a presença do candidato e do público, para julgamento e expedição do resultado final. A Comissão **aprovou** o candidato por unanimidade. O resultado final foi comunicado publicamente ao candidato pela Presidente da Comissão. Nada mais havendo a tratar, a Presidente encerrou a reunião e lavrou a presente ATA, que será assinada por todos os membros participantes da Comissão Examinadora. Belo Horizonte, 16 de janeiro de 2023.

Prof. Antônio Silva Lima Neto

(Secretaria Municipal de Saúde de Fortaleza)

(participação por videoconferência)



Prof. Rafael Saulo Marques Ribeiro

Coordenador do Programa de Pós-Graduação em Economia

Agradecimentos

Irei tomar a liberdade de estender os agradecimentos dessa tese para além do meu doutorado de tal forma que encaro o encerramento dessa etapa como o ponto final na minha trajetória acadêmica na UFMG que começou, aos trancos e barrancos, em 2006.

A professora Mônica Viegas foi presente e fundamental em toda essa trajetória. Antes entrar na graduação em Economia cursei uma graduação interrompida em Matemática Computacional, também na UFMG. Abandonei o curso por diversos motivos, a maioria deles ligados a minha imaturidade. Passei alguns anos longe da universidade e fiz novamente o vestibular, apenas como uma necessidade vazia de ter um curso superior. De todos os mil motivos que eu teria para agradecer a Mônica – como amiga, professora, pesquisadora, supervisora de iniciação científica, orientadora de monografia, orientadora de mestrado e agora orientadora de doutorado – a principal lição ao longo desses anos foi de me ensinar o papel indispensável da universidade pública, gratuita e de qualidade, e de testemunhar sua luta incansável pelo SUS e por uma saúde pública para todos.

Agradeço também ao professor Pedro Amaral, coorientador de mestrado e doutorado. Pedro me abriu inúmeras portas e me ensinou a ser um pesquisador melhor. Pedro personifica todas as qualidades de um bom professor. Agradeço por sua generosidade sem tamanho, dedicação e pela infinita paciência comigo.

Não poderia deixar de agradecer também a sempre presente professora Kenya Noronha e a todos os bolsistas e pesquisadores que passaram pelo GEESC. Destaco a incrível Nayara Julião, Júlia Calazans, Daniel Nogueira, Aline Souza e Valéria Andrade.

A professora Marcia Castro, sempre atenciosa, que me apresentou essa agenda de pesquisa e me recebeu maravilhosamente bem em Boston durante o período sanduíche pandêmico.

Agradeço à Universidade Federal de Minas Gerais, à Faculdade de Ciências Econômicas e em especial ao CEDEPLAR, minha casa por treze anos. Agradeço primeiramente a todos os funcionários e técnicos administrativos com que tive contato nesse período, que destaco as imprescindíveis Carolina Dória e Maristela Dória. Agradeço também a todos os professores que tive desde a graduação. Em especial gostaria de agradecer a sempre muito generosa professora Ana Hermeto. Destaco também o professor Allan Claudius pelos inúmeros cafés pós almoço. Gustavo Britto e Frederico Gonzaga, também importantíssimos. Aos inúmeros amigos que o CEDEPLAR me deu: Philipe Scherrer, Alexandre Stein, Camila Tolentino, Ana Tereza Santos, Rodrigo Michel, Luiz Day Gama, Gabriel Vaz de Melo, Ian Almeida, Elton Freitas, Harley Silva, Luciana Servo e outras dezenas de pessoas.

Essa tese só foi possível devido a cooperação da Prefeitura Municipal de Pedro Leopoldo, que eu agradeço a Michelli Moreno em nome de todos os funcionários da Secretaria de Vigilância em Saúde que aturaram as minhas solicitações e dúvidas durante todo esse processo.

Agradeço à CAPES pelo privilégio do financiamento do mestrado e doutorado e pela oportunidade de participar do CAPES-PrInt com período sanduíche na Universidade de Harvard.

Dedico essa tese aos meus pais.

Resumo

A dengue é uma realidade no Brasil há décadas e seu principal vetor é o mosquito *Aedes aegypti*. O desenvolvimento do *Aedes* é predominantemente urbano, em criadouros gerados pela ação humana. No Brasil, a ferramenta utilizada como instrumento para nortear as medidas de controle desde 2003 é o Levantamento Rápido de Índices para *Aedes aegypti* – o LIRAA – sendo a principal política pública de monitoramento do vetor e executada de maneira obrigatória em municípios com mais de 2.000 imóveis. É nesse contexto que os três artigos dessa tese se inserem. Os três artigos usam os dados das visitas domiciliares georreferenciadas do LIRAA realizadas no município de Pedro Leopoldo/MG entre 2015 e 2018. O primeiro artigo estima os determinantes socioespaciais para a ocorrência de focos do mosquito nos domicílios. O segundo artigo tem com objetivo principal estimar a capacidade do LIRAA de antever epidemias de dengue. Por fim, o último artigo calcula a carga econômica da dengue para o município de Pedro Leopoldo, dando um destaque aos gastos relativos a realização do LIRAA.

Palavras-chave: dengue. vigilância em saúde. LIRAA. carga econômica. Pedro Leopoldo.

Abstract

Dengue fever has been endemic in Brazil for decades, and its primary vector is the *Aedes aegypti* mosquito. *Aedes* development is predominantly urban, in the interior of breeding habitats created by human action. In Brazil, the tool used as a guide for control measures since 2003 is the Rapid Survey of Indices for *Aedes aegypti* (LIRAA). LIRAA is the primary public policy for monitoring the vector and is mandatory in municipalities with more than 2,000 properties. The three articles in this thesis are inserted in this context, using georeferenced home visit data from LIRAA in Pedro Leopoldo/MG between 2015 and 2018. The first article estimates the socio-spatial determinants for the occurrence of mosquito breeding sites in households. The second article aims to evaluate the capacity of LIRAA to forecast dengue epidemics. Finally, the last article calculates the economic burden of dengue for the municipality of Pedro Leopoldo, highlighting the costs related to the execution of LIRAA.

Keywords: dengue fever. epidemiological surveillance. LIRAA. economic burden. Pedro Leopoldo.

Lista de ilustrações

Figura 1 – Imóveis visitados pelo LIRAA, Pedro Leopoldo, 2015 a 2018	30
Figura 2 – Localização dos 23 pontos estratégicos no município de Pedro Leopoldo	32
Figura 3 – Temperatura média diária e volume de chuva diário, Pedro Leopoldo, 2015 a 2018	33
Figura 4 – Número de casos anuais de dengue confirmados por município de notifi- cação, Pedro Leopoldo (2007 a 2021)	43
Figura 5 – Distritos municipais, Pedro Leopoldo (2010)	46
Figura 6 – Distribuição do número de casos confirmados, por janela temporal, Pedro Leopoldo (2015-2019)	48
Figura 7 – Datas da realização do LIRAA e casos confirmados de dengue por semana epidemiológica, Pedro Leopoldo, 2015-2018	50
Figura 8 – Composição dos gastos com dengue, por componente e ano, em US\$ de 2019, Pedro Leopoldo, 2015-2019	69
Figura 9 – Boletim de campo, LIRAA (2013)	90

Lista de quadros

Quadro 1 – Classificação dos recipientes com foto do mosquito <i>Aedes</i> no LIRAa	26
Quadro 2 – Framework utilizado por domínio, itens e agente financiador	62
Quadro 3 – Cenários construídos	70

Lista de tabelas

Tabela 1 – Imóveis visitados por execução do LIRAA e índice de infestação predial (2015-2018)	24
Tabela 2 – Descrição das variáveis utilizadas do CENSO 2010	27
Tabela 3 – Número e percentual dos focos encontrados em Pedro Leopoldo entre 2015 e 2019, por tipo de repositório	31
Tabela 4 – Estimação do modelo SAR Probit	34
Tabela 5 – Variáveis utilizadas na estimação do modelo, Pedro Leopoldo (2015-2018)	47
Tabela 6 – Imóveis visitados por execução do LIRAA (2015-2018)	49
Tabela 7 – Distribuição dos setores segundo tipo de recipiente e presença de foco no município de Pedro Leopoldo, 2015-2019	51
Tabela 8 – Resultado da estimação do modelo ZINB	52
Tabela 9 – Gastos da dengue, por componente e ano, em US\$ de 2019, Pedro Leopoldo, 2015-2019	68
Tabela 10 – Composição dos gastos com dengue, por componente e ano, em US\$ de 2019, Pedro Leopoldo, 2015-2019	68
Tabela 11 – Gastos totais e <i>per capita</i> por cenários construídos e ano, em US\$ de 2019, Pedro Leopoldo, 2015-2019	71
Tabela 12 – Gasto <i>per capita</i> com saúde e com atenção básica, por ano, em US\$ de 2019, Brasil, Minas Gerais e Pedro Leopoldo, 2015-2019	71
Tabela 13 – Percentual da carga econômica <i>per capita</i> da dengue em relação ao gasto total <i>per capita</i> em saúde, Pedro Leopoldo, em US\$ de 2019, 2015-2019	72
Tabela 14 – Quantidade de dias e agentes utilizados em cada LIRAA, 2015-2019 . .	72
Tabela 15 – Gasto com transporte e agentes para a realização do LIRAA, por LIRAA, em US\$ de 2019, Pedro Leopoldo, 2015-2019	73
Tabela 16 – Percentual do gasto anual do LIRAA em relação ao gasto de vigilância municipal e ao gasto total da dengue, em US\$ de 2019, Pedro Leopoldo, 2015-2018	73

Lista de abreviaturas e siglas

ACE	Agente de combate a endemias
CHIRPS	<i>Climate Hazards Group InfraRed Precipitation with Station</i>
DTN	Doenças tropicais negligenciadas
IB	Índice de Breteau
IIP	Índice de infestação predial
LIRAA	Levantamento rápido de índices para <i>Aedes aegypti</i>
OPAS	Organização Pan-Americana da Saúde
PE	Ponto estratégico
PNCDD	Programa nacional de controle da dengue
SAR	<i>Spatial autoregressive</i>

Sumário

	Introdução	17
1	PRIMEIRO ARTIGO	20
1.1	Introdução	21
1.2	Metodologia	23
1.2.1	Desenho do estudo	23
1.2.2	Fonte de dados	24
1.2.3	Método de análise	28
1.3	Resultados	29
1.3.1	Análise descritiva espacial	29
1.3.2	Modelo econométrico	33
1.4	Discussão	34
2	SEGUNDO ARTIGO	38
2.1	Introdução	39
2.2	Metodologia	42
2.2.1	Município do estudo	42
2.2.2	Fonte de dados	43
2.2.3	Abordagem econométrica	46
2.3	Resultados	49
2.3.1	Análise descritiva	49
2.3.2	Análise econométrica	51
2.4	Discussão	53
3	TERCEIRO ARTIGO	56
3.1	Introdução	57
3.2	Metodologia	59
3.2.1	Base de dados	59
3.2.2	Componentes de gastos	61
3.2.3	Gastos com a realização da política do LIRAA	66
3.3	Resultados	67
3.3.1	Carga econômica da dengue	67
3.3.2	Análise de sensibilidade	69
3.3.3	Gastos específicos do LIRAA	72
3.4	Discussão	73

Considerações finais	77
REFERÊNCIAS	79
ANEXO A – SEGUNDO ARTIGO	90

Introdução

A dengue é uma doença tropical negligenciada com maior morbidade, embora apresente uma mortalidade mais baixa. Ela é uma infecção viral transmitida por mosquitos, principalmente pelo *Aedes aegypti*, que se reproduz majoritariamente em recipientes com água parada criados pela ação humana, com a circulação de quatro sorotipos. Condições não adequadas de habitação, baixa cobertura de saneamento e abastecimento de água somados a aglomeração populacional são alguns fatores de risco. Doenças como a dengue, que tem características de uma carga econômica que a maioria dos gastos são com vigilância em saúde e absenteísmo (ANDRADE et al., 2017), oneram mais o estado e a população. Isso faz com que os esforços no combate sejam principalmente desses atores, sem incentivos e pressões para ações da iniciativa privada.

Na véspera do primeiro dia mundial das Doenças Tropicais Negligenciadas (DTN), em janeiro de 2022, a Organização Pan-Americana de Atenção a Saúde (OPAS) solicitou aos governos que fornecessem atenção integral e universal as milhões de pessoas afetadas por DTNs nas Américas (ORGANIZAÇÃO PAN-AMERICANA DA SAÚDE, 2022). Segundo a OPAS, mais de 20 doenças tropicais negligenciadas atingem as Américas e colocam em risco cerca de 200 milhões de pessoas no continente.

Somados aos desafios já existentes em relação a dengue no Brasil, com a ocorrência dos quatro sorotipos, houve também o aparecimento do Zika Vírus (ZIKV) e Chikungunya (CHIKV). Além disso, com a entrada da COVID-19 no Brasil no início de 2020, a vigilância e atenção da dengue foram impactadas em diversas maneiras. De forma mais direta, houve um aumento do risco de a população contrair mais de uma doença simultaneamente. Existiu também o confundimento no diagnóstico por parte dos profissionais de saúde, acompanhado de um aumento da sub-notificação da dengue e na suspensão e/ou redução das políticas públicas de combate ao vetor (LEANDRO et al., 2020; GIOVANNINI; FERRO, 2020; PAULA et al., 2022; ORGANIZAÇÃO PAN-AMERICANA DA SAÚDE, 2022). Ainda são escassos na literatura estudos que mensuram as implicações da co-circulação da dengue com ZIKV, CHIKV e COVID-19 que podem aumentar a carga dessas doenças e o desafio ao combate.

A principal forma de redução dos casos de dengue é o controle e a eliminação do seu vetor. No Brasil, a principal política de monitoramento do vetor da dengue é o Levantamento Rápido de Índices para o *Aedes aegypti* (LIRAA). O LIRAA é uma pesquisa domiciliar amostral para identificar locais com maior concentração de foco do mosquito. Com os resultados obtidos pelo LIRAA o gestor local pode planejar e direcionar as suas ações de combate ao vetor.

É nesse contexto que essa tese se insere. O objetivo geral é avaliar a política de combate a dengue — em especial o LIRAA — em um município de médio porte brasileiro. A realização dessa tese só foi possível devido a disponibilidade da Prefeitura Municipal de Pedro Leopoldo. Essa parceria foi formalizada mediante um termo de cooperação técnica firmado entre o Centro de Desenvolvimento e Planejamento Regional (CEDEPLAR) da UFMG e a Prefeitura Municipal de Pedro Leopoldo. O termo de cooperação técnica possibilitou o acesso a registros e informações em relação as políticas de controle e combate da dengue no município. Mais que isso, e mais importante, possibilitou também o contato com os técnicos da Secretaria Municipal de Saúde por meio de reuniões com transferência de informações e discussões de resultados.

A tese está organizada em três artigos. O primeiro artigo estima os determinantes sociodemográficos espaciais para a existência de focos do mosquito *Aedes*. Para essa estimativa foram utilizadas as fichas de visitas domiciliares do LIRAA com a informação se os imóveis visitados tiveram ou não focos em seu interior. Todos esses imóveis foram georreferenciados e caracterizados. Foi verificado que imóveis localizados em setores censitários com menor renda, mais arborizados, menos pavimentados e sujeitos a um maior volume pluviométrico tendem a ter uma maior probabilidade de apresentarem focos do mosquito. O abastecimento adequado de água também pode ter impactado no número de focos no município. Além disso, imóveis próximos de pontos estratégicos apresentam menor chance de ter focos, desde que não haja foco naquele ponto estratégico, indicando o êxito da política de combate vetorial quinzenal dos pontos estratégicos

O segundo artigo busca estimar qual a relação temporal dos resultados do LIRAA com os casos confirmados de dengue. Isto é, com qual janela temporal as localidades apontadas com maior número de focos vão estar correlacionadas com um aumento dos casos confirmados. Nessa estimativa foram utilizadas, além dos imóveis georreferenciados visitados pelo LIRAA, as coordenadas da residência de cada morador com dengue. Foram testadas as janelas com uma quinzena e duas quinzenas após a realização do LIRAA, controlando por outras variáveis espaciais. O índice de infestação predial se mostrou negativamente correlacionado com casos de dengue, no nível do setor censitário com uma janela temporal de 3 e 4 semanas no município de Pedro Leopoldo. Essa correlação negativa pode ser resultado das visitas domiciliares que podem ter produzido um efeito importante para eliminar os focos encontrados. Os resultados para os tipos de recipiente que apresentaram larvas também foram estatisticamente significativos com diferentes magnitudes.

O terceiro artigo tem como objetivo estimar a carga econômica da dengue para o município de Pedro Leopoldo a partir do *framework* proposto por [Castro, Wilson e Bloom \(2017\)](#). A carga econômica leva em conta os gastos diretos médicos, gastos indiretos médicos e gastos não médicos, além dos dados com a vigilância em saúde. Dentro da

carga econômica total, buscamos estimar também os custos municipais específicos para a realização do LIRAA. Os gastos totais com a dengue para o município de Pedro Leopoldo durante os anos de 2015 a 2019 foi de mais de US\$ 4 milhões. Nesse período os gastos anuais variaram entre cerca de US\$ 500 mil em 2017 a US\$ 1,2 milhão em 2019. O gasto *per capita* com dengue variou entre US\$ 8,55 em 2017 e US\$ 19,08 em 2019. O gasto total estimado do município de Pedro Leopoldo com o LIRAA entre os anos de 2015 e 2018 foi de US\$ 22.318,80 para a realização de 12 pesquisas.

Respeitando os princípios da reprodutibilidade e da ciência aberta, todos os códigos-fonte desenvolvidos nesse trabalho para a estimação dos modelos, georreferenciamento, criação de figuras, mapas e gráficos e organização das bases de dados estão disponíveis publicamente no GitHub <<https://github.com/lucasrdc/tese>> na licença GNU General Public License 3.0. As bases de dados, em função da Lei Geral de Proteção de Dados Pessoais (LGPD), estão disponíveis anonimizadas mediante solicitação ao autor.

1 Determinantes sociodemográficos espaciais dos focos do mosquito *Aedes aegypti* no município de Pedro Leopoldo, Minas Gerais, Brasil, 2015-2018

Resumo

O Levantamento Rápido de Índices de infestação pelo *Aedes aegypti* (LIRAA) é a principal política de monitoramento que orienta o controle vetorial no Brasil. Esse artigo tem como objetivo estimar os determinantes sociodemográficos espaciais da ocorrência de focos do mosquito *Aedes aegypti* nos imóveis que foram amostrados no LIRAA do município de Pedro Leopoldo, Minas Gerais, no período de 2015 a 2018. A estimação desses determinantes é importante para que o gestor municipal possa focalizar a atenção em saúde para as áreas mais propensas à existência do vetor. A inovação desse trabalho é ter como objeto de estudo os imóveis, e não os indivíduos que foram notificados ou confirmados com dengue. Os resultados encontrados indicam que imóveis localizados em setores censitários com menor renda, mais arborizados, menos pavimentados e sujeitos a um maior volume pluviométrico tendem a ter uma maior probabilidade de apresentarem focos do mosquito. O abastecimento adequado de água também pode ter impactado no número de focos no município. Além disso, imóveis próximos de pontos estratégicos apresentam menor chance de ter focos, desde que não haja foco naquele ponto estratégico, indicando o êxito da política de combate vetorial quinzenal dos pontos estratégicos. Por fim, é fundamental que o gestor leve em conta esse transbordamento espacial na formulação de políticas de combate ao mosquito *Aedes aegypti*.

Palavras-chave: Dengue. LIRAA. *Aedes aegypti*. focos domiciliares. determinantes sociodemográficos. econometria espacial.

1.1 Introdução

As arboviroses são doenças causadas por vírus transmitidos por artrópodes (do inglês arthropod-borne virus) e, em especial, destaca-se a Dengue (DENV), Zika virus (ZIKV), Chikungunya (CHIKV) e Febre Amarela. São transmitidas pelo mosquito do gênero *Aedes*, em particular o *Aedes aegypti* e o *Aedes albopictus*. A dengue é uma doença que se espalhou rapidamente no mundo (WORLD HEALTH ORGANIZATION, 2020) e está presente em 129 países (BRADY et al., 2012). A maioria dos casos é assintomático ou leve, automedicado, ocasionando uma possível subnotificação ou confusão com outras doenças febris (WAGGONER et al., 2016). Bhatt et al. (2013) estimam por meio de simulações cerca de 390 milhões de infecções pelo vírus em todo o mundo por ano. Destas, cerca de 96 milhões com manifestação clínica. Segundo os dados da World Health Organization (2020), o número de casos global aumentou mais de 8 vezes nas duas últimas décadas, assim como o número de óbitos.

O DENV já é uma realidade no Brasil há décadas e a introdução do CHIKV e do ZIKV nos últimos anos no território brasileiro aumenta ainda mais os desafios e as preocupações de toda a sociedade. Além da incidência dessas arboviroses, existem ainda as complicações crônicas dessas doenças como a dengue hemorrágica, a Síndrome de Guillain-Barré (WORLD HEALTH ORGANIZATION, 2016; BARBOSA et al., 2019) e os casos de Síndrome da Zika Congênita, principalmente na região Nordeste do país (AMARAL et al., 2019; CASTRO et al., 2018).

O desenvolvimento do *Aedes aegypti* é predominantemente urbano, no interior de criadouros gerados pela ação humana, localizados no peridomicílio (NELSON, 1986) e uma ampla gama de recipientes contendo água limpa pode se tornar criadouro desse mosquito. Atualmente, é possível encontrar o vetor por quase todo território nacional, especialmente em ambiente urbano (BARRETO; TEIXEIRA, 2008). Devido a essa alta proliferação, partes do território brasileiro observado alta incidência de dengue, com um número grande de casos graves e alguns óbitos (ANDRIOLI; BUSATO; LUTINSKI, 2020), embora essas epidemias sejam concentradas e não ocorram simultaneamente no país.

A ocorrência dessas epidemias é influenciada por diversos fatores sociodemográficos e ambientais. Entre os fatores sociodemográficos há evidência de associação positiva com a incidência de dengue em áreas com menor renda domiciliar ou *per capita* (JOHANSEN et al., 2018; MACCORMACK-GELLES et al., 2018; RESENDES et al., 2010), maior proporção de residentes não brancos (JOHANSEN et al., 2018), maior proporção de casa alugada (JOHANSEN et al., 2018; LIPPI et al., 2018), maior proporção da população urbana (TEIXEIRA; MEDRONHO, 2008), menor percentual de cobertura de água encanada (ALMEIDA; MEDRONHO; VALENCIA, 2009; JOHANSEN et al., 2018; MACCORMACK-GELLES et al., 2018; RESENDES et al., 2010; TEIXEIRA; MEDRONHO, 2008) e maior cobertura do Estratégia de Saúde da Família (FARINELLI et al., 2018; TEIXEIRA;

MEDRONHO, 2008). O saneamento básico é apontado como uma das formas de evitar a proliferação da doença (ALMEIDA; MEDRONHO; VALENCIA, 2009; FARINELLI et al., 2018; JOHANSEN et al., 2018).

A dinâmica espacial da incidência da dengue é outro fator relevante que precisa ser considerado no Brasil. Segundo Cabral e Freitas (2012) a densidade demográfica é um dos determinantes do padrão espacial da distribuição dos casos de dengue nos municípios brasileiros pois, uma maior concentração de indivíduos no espaço aumenta o contato com o vetor e eleva a duração da epidemia, especialmente em populações vulneráveis a um sorotipo específico. A proximidade aos pontos estratégicos, localidades com características que favorecem a criação de mosquitos (por exemplo, ferro velho, cemitérios, borracharias), está também positivamente relacionada com os casos de dengue (JOHANSEN et al., 2018; JOHANSEN et al., 2021).

Em adição a condição socioeconômica das famílias, condições sociais no nível agregado como educação e a demografia familiar tem também se mostrado negativamente correlacionada com o aumento da carga de dengue (LIPPI et al., 2018). MacCormack-Gelles et al. (2018) mostraram, para Fortaleza, que a ocorrência de violência é um preditor importante para a alta incidência de dengue. Segundo os autores, a presença de violência impede o provimento de serviços de saúde pública, limitando o acesso da população aos serviços, como por exemplo, atuação dos agentes para um controle vetorial efetivo. Os autores observaram também que áreas específicas da cidade (por exemplo, com uma alta concentração de Pontos Estratégicos como ferro-velho e locais usados para armazenamento de pneus) foram críticas durante os períodos de chuva.

Além das características sociodemográficas, o componente ambiental é importante na proliferação do mosquito (FLAUZINO; SANTOS; OLIVEIRA, 2009). Há evidências para vários países sobre o volume de chuvas e o seu impacto na existência do mosquito (HII et al., 2012; KARIM et al., 2012; LI et al., 2019; LU et al., 2009). Especificamente para o Brasil, existem os trabalhos de Silva et al. (2016) que correlaciona temperatura e volume de chuvas com casos de dengue no município de São Luiz no Maranhão e o trabalho de Souza, Silva e Silva (2010) para o estado de Goiás. MacCormack-Gelles et al. (2018) e MacCormack-Gelles et al. (2020) estudaram, dentre outros determinantes, os efeitos da chuva e da temperatura nos casos de dengue, assim como a utilidade do LIRAA como indicativo de transmissão de dengue no município de Fortaleza. Por fim, Lowe et al. (2020) mostram que o aumento do desmatamento na região Amazônica, somados aos eventos climáticos extremos e as mudanças climáticas podem afetar a dispersão do mosquito.

No Brasil, a ferramenta utilizada como instrumento para nortear as medidas de controle desde 2003 é o Levantamento Rápido de Índices para *Aedes aegypti* (LIRAA) sendo a principal política pública de monitoramento do vetor, executada de maneira obrigatória em diversos períodos no ano em municípios com mais de 2.000 imóveis. É a

partir dos seus resultados que as ações públicas de curto prazo de controle e vigilância devem ser direcionadas e executadas no combate ao *Aedes* no Brasil uma vez que esta permite a identificação dos índices de infestação do mosquito em um prazo de até uma semana. A metodologia amostral de seleção dos imóveis investigados tem como unidade primária os quarteirões e como unidades secundárias os domicílios. Os Agentes de Combate às Endemias (ACE), realizam as visitas nos domicílios pré-selecionados, preenchendo o boletim de campo com o número de focos encontrados por cada tipo de recipiente.

Esse trabalho pretende abordar essa lacuna usando dados inéditos do LIRAA para Pedro Leopoldo que permitem identificar os locais de infestação. O objetivo do artigo é estimar os determinantes sociodemográficos e climáticos de um imóvel apresentar o foco do mosquito *Aedes aegypti*, utilizando os inquéritos domiciliares do LIRAA para indicar localidades que, dado as suas características, têm uma maior probabilidade de apresentar focos. Foi possível ter acesso aos registros manuais das visitas domiciliares dos ACE do município de Pedro Leopoldo, Minas Gerais, Brasil, viabilizando um estudo de caso com quatro anos de monitoramento. Os resultados deste trabalho podem auxiliar os gestores públicos como uma alternativa de direcionamento das ações de combate ao vetor, em uma política complementar a investigação do LIRAA.

1.2 Metodologia

1.2.1 Desenho do estudo

Esse trabalho é um estudo observacional longitudinal que investiga os determinantes socioespaciais da presença de focos do mosquito *Aedes* nos domicílios visitados pelo LIRAA em um município de médio porte do estado de Minas Gerais, Brasil. Este estudo utiliza dados inéditos disponibilizados pela prefeitura de Pedro Leopoldo por meio de um acordo de cooperação técnica.

Pedro Leopoldo está localizado no estado de Minas Gerais a 40 km de Belo Horizonte e tem população estimada de 64.712 habitantes ([MS/SVS/DASNT/CGIAE, 2015-2019](#)) em uma área de 293km^2 , no qual 15,94% correspondem ao perímetro urbano. O município apresentava em 2018 um PIB *per capita* de R\$22.412,54 (PIB *per capita* do estado é de R\$ 30.794,04) e a principal atividade econômica no município era o setor de serviços (47,7%), seguido da indústria (28,7%) e administração pública (22,8%). A agropecuária contribuía com apenas 0,9% na geração de valor agregado no município ([FUNDAÇÃO JOÃO PINHEIRO, 2018](#)). Em relação as condições de vida da população, 66,9% dos domicílios apresentavam esgotamento sanitário adequado (posição 398^o dentre os 853 municípios do estado), enquanto 86,7% (posição 131^o) de arborização das vias públicas e 41,7% (posição 218^o) de urbanização das vias públicas. O município apresenta, também, um IDH municipal (IDHm) de 0,757, considerado um valor médio ([CENSO, 2010](#)). Entre

2015 e 2018, em dois anos o número foi elevado de casos de dengue, com 1.008 casos em 2015 e 1.506 em 2016. Enquanto em 2017 foram 5 casos e 3 casos em 2018 (SINAN, 2015-2019).

1.2.2 Fonte de dados

1.2.2.1 Imóveis visitados pelo LIRAA e Pontos estratégicos

Os principais dados desse trabalho são as informações das visitas domiciliares do LIRAA para o município de Pedro Leopoldo aplicados nos anos de 2015 até 2018 (PREFEITURA MUNICIPAL DE PEDRO LEOPOLDO, 2019a). Ao todo foram realizadas 12 rodadas do LIRAA nesse período de análise. A Tabela 1 apresenta as datas das visitas para coleta das informações do LIRAA, o número de imóveis visitados e o índice de infestação verificado para a amostra coletada. Os pontos de corte preconizados pelo Ministério da Saúde para classificação do município quanto ao índice de infestação predial (IIP) são: menos de um imóvel positivo em cem pesquisados ($IIP \leq 0,9$), baixo risco; menos que quatro imóveis positivos em cem pesquisados ($0,9 < IIP \leq 3,9$), Médio Risco; e mais que quatro imóveis positivos em cem visitados ($IIP > 3,9$), Alto Risco.

Tabela 1 – Imóveis visitados por execução do LIRAA e índice de infestação predial (2015-2018)

Período	Imóveis	Índice predial (IIP)
12 a 15 jan/15	880	1,5
03 a 06 mar/15	930	3,3
19 a 23 out/15	1.052	1,4
18 a 20 jul/16	1.185	0,3
18 a 21 out/16	1.007	1,0
11 a 13 jan/17	1.140	0,6
06 a 10 mar/17	1.076	1,0
16 a 20 out/17	1.174	0,8
08 a 10 jan/18	1.138	2,0
09 a 13 abr/18	1.195	1,7
06 a 09 ago/18	960	0,9
22 a 24 out/18	966	1,3

Fonte: Prefeitura Municipal de Pedro Leopoldo (2019a).

Os boletins de campo são registrados à mão pelos ACEs. Nesse trabalho obtivemos acesso aos dados originais, em papel, diretamente com a Secretaria de Vigilância em Saúde da Secretaria Municipal de Saúde de Pedro Leopoldo, mediante um protocolo de cooperação técnica. A digitalização e organização de todas as informações foi organizada em uma base de dados que tem o imóvel como unidade de observação. Essa base de dados traz as seguintes informações oriundas dos boletins de campo: data da visita (mês, dia e ano), nome do agente, endereço completo do imóvel visitado (rua, número e CEP) e

número de focos encontrados por tipo de recipiente. O [Quadro 1](#) apresenta as categorias de recipiente. Após a digitalização, os endereços de todos os imóveis visitados foram georreferenciados usando o software R (v4.1.0) e o *OpenStreetMap*, sendo possível localizar 12.703 imóveis. 3.778 imóveis visitados tinham informações insuficientes para permitir o georreferenciamento e foram descartados, correspondendo a 22% dos imóveis visitados e 4,9% dos imóveis positivos totais. A variável final construída (Y) assume valor 1 se naquele imóvel visitado foi encontrado pelo menos um foco e zero caso contrário.

Além dos dados das visitas domiciliares do LIRAA, foram fornecidos, também em papel, os resultados das visitas a todos os 23 pontos estratégicos do município. Os pontos estratégicos (PE) são locais com grande quantidade de potenciais criadouros do *Aedes*, como por exemplo, cemitério, borracharia, indústrias e ferro-velho. É preconizado que os PE sejam observados e que estes devem ter um acompanhamento e tratamento intensificados. Segundo o Programa Nacional de Controle da Dengue (PNCD) ([MINAS GERAIS, 2009](#)) devem ser realizados controles larvários nesses pontos estratégicos quinzenalmente. No período de análise foram realizados cento e dois (102) ciclos de visitas aos pontos estratégicos que correspondem a visitas quinzenais. Através das informações sobre os PE, construímos duas variáveis utilizando os registros dos dois ciclos anteriores ao início da execução de cada rodada do LIRAA. Os domicílios visitados georreferenciados correspondem a pontos, com sua latitude e longitude específica. Para cada um dos 12.703 domicílios foi traçada uma circunferência de raio de 200m em torno desse ponto. Posteriormente foi computada qual a área de pontos estratégicos que estão contidas dentro desse *buffer*. Essa é a primeira variável construída, que informa a área (em m^2) de pontos estratégicos dentro desse raio de 200m de cada imóvel visitado. A segunda variável construída é a iteração dessa área com o número de focos encontrados nos dois ciclos anteriores a realização do LIRAA.

A unidade de observação são os domicílios visitados. As variáveis que foram obtidas no CENSO 2010 foram disponibilizadas por setores censitários. Por esse motivo, aqueles domicílios que se localizam no mesmo setor terão os mesmos valores,

Quadro 1 – Classificação dos recipientes com foto do mosquito *Aedes* no LIRAa

Tipo de recipiente	Descrição
A1	depósito de água elevado, ligado à rede pública e/ou ao sistema de captação mecânica em poço, cisterna ou mina d'água – caixas d'água, tambores, depósitos de alvenaria
A2	depósitos ao nível do solo para armazenamento doméstico – tonel, tambor, barril, tina, depósitos de barro (filtros, moringas, potes), cisternas, caixas d'água, captação de água em poço/cacimba/cisterna
B	depósitos móveis – Vasos/frascos com água, pratos, garrafas retornáveis, pingadeira, recipientes de degelo em geladeiras, bebedouros em geral, pequenas fontes ornamentais, materiais em depósitos de construção (sanitários estocados, canos, etc.), objetos religiosos/rituais
C	depósitos fixos – Tanques em obras de construção civil, borracharias e hortas, calhas, lajes e toldos em desnível, ralos, sanitários em desuso, piscinas não tratadas, fontes ornamentais; cacos de vidro em muros, outras obras e adornos arquitetônicas (caixas de inspeção/passagens)
D1	pneus e outros materiais rodantes (câmaras de ar, manchões)
D2	resíduos sólidos (recipientes plásticos, garrafas PET, latas), sucatas, entulhos de construção
E	naturais – Exemplo: axilas de folhas (bromélias, etc.), buracos em árvores e em rochas, restos de animais (cascas, carapaças, etc.)

Fonte: Brasil (2013).

1.2.2.2 CENSO (2010)

Além das informações dos boletins de campo, foram associadas a cada domicílio as características sociodemográficas do setor censitário do Censo demográfico (CENSO, 2010) onde o imóvel visitado está localizado. As variáveis utilizadas estão descritas na Tabela 2.

Tabela 2 – Descrição das variáveis utilizadas do CENSO 2010

Variável	Relação esperada com a incidência da dengue	Referencial teórico
Densidade demográfica (<i>hab/km²</i>)	Positivamente correlacionada	Almeida, Medronho e Valencia (2009), Cabral e Freitas (2012), MacCormack-Gelles et al. (2018), Resendes et al. (2010)
Rendimento nominal mensal médio (R\$)	Negativamente correlacionada	Johansen et al. (2018), Johansen et al. (2021), MacCormack-Gelles et al. (2018), Resendes et al. (2010), Santos, Honório e Nobre (2019)
% de domicílios alugados	Positivamente correlacionada	Johansen et al. (2018), Lippi et al. (2018)
% de domicílios com acesso a rede de água	Negativamente correlacionada	Almeida, Medronho e Valencia (2009), Johansen et al. (2018), MacCormack-Gelles et al. (2018), Resendes et al. (2010), Teixeira e Medronho (2008)
% de domicílios com acesso a rede de esgoto	Negativamente correlacionada	Almeida, Medronho e Valencia (2009), Johansen et al. (2018), MacCormack-Gelles et al. (2018)
% de domicílios com coleta de lixo	Negativamente correlacionada	Almeida, Medronho e Valencia (2009), Johansen et al. (2018), MacCormack-Gelles et al. (2018), Resendes et al. (2010)
% de domicílios com acesso a rede elétrica	Negativamente correlacionada	MacCormack-Gelles et al. (2018)
% de domicílios com pavimentação	Negativamente correlacionada	Johansen et al. (2021), Lippi et al. (2018)
% de domicílios com arborização	Positivamente correlacionada	Forattini et al. (1997), Lowe et al. (2020)

Fonte: CENSO (2010).

1.2.2.3 Volume de chuvas (CHIRPS) e Temperatura

A fim de considerar os aspectos climáticos, construímos variáveis sobre o volume pluviométrico diário acumulado (em *mm*) com resolução espacial de $0,05^\circ$ dos 15 dias que antecedem do início de cada aplicação do LIRAA. As informações utilizadas são provenientes dos *rasters* do *Climate Hazards Group InfraRed Precipitation with Station* (FUNK et al., 2014). Esses dados já foram utilizados e validados por diversos trabalhos (AYEHU et al., 2018; BAI et al., 2018; DINKU et al., 2018; PACCINI et al., 2018) e especificamente em estudos sobre dengue (JOHANSEN et al., 2021; MACCORMACK-GELLES et al., 2020; MACCORMACK-GELLES et al., 2018).

Em relação a temperatura, a variável construída é o *gap* diário médio (diferença entre a temperatura mínima e máxima diária) dos 15 dias que antecedem a aplicação de cada LIRAA. Essas temperaturas foram obtidas no site do *The Weather Underground* (THE WEATHER CHANNEL, 2015–2019) medidos na estação meteorológica do Aeroporto

Internacional Tancredo Neves (CNF) que fica a 11,4 km do município.

1.2.3 Método de análise

A estimação da probabilidade de o imóvel visitado ter foco de dengue requer o uso de modelos de regressão binários, como o modelo Probit, que podem ser aplicados quando a variável dependente Y assume valores 0 ou 1. Em nossa especificação a variável dependente para estimar a relação da presença do foco de dengue com as variáveis socioeconômicas corresponde ao desfecho da visita domiciliar do LIRAA para os domicílios visitados no município de Pedro Leopoldo (1, se foi encontrado foco do mosquito, e 0, caso contrário).

O modelo Probit estima a relação entre a variável binária e as variáveis independentes (X 's). No entanto, esse tipo de estimação tradicional não leva em conta a correlação espacial (AMARAL; ANSELIN, 2014). Devido a dinâmica espacial da reprodução do mosquito é esperado que a presença de focos seja correlacionada espacialmente, ou seja, imóveis próximos de imóveis com focos tenham maior chance de também apresentar o foco. Para incorporar a correlação espacial estimamos o modelo SAR Probit (*Spatial Autoregressive Probit*) conforme a Equação 1.1.

$$\begin{aligned} Y_i^* &= S^{-1}X_i\beta + S^{-1}\epsilon_i \\ S &= I_n - \rho W \end{aligned} \quad (1.1)$$

onde I_n é a matriz identidade de ordem n , ρ é o parâmetro espacial autorregressivo e W é a matriz de pesos espaciais.

Embora esses modelos já tenham sido implementados através de soluções do tipo Máxima verossimilhança (MLE, do inglês *Maximum-Likelihood Estimation*), essas estimações demandam elevados custos computacionais, especialmente em casos em que a variável dependente é discreta, o que é o caso do modelo SAR Probit. Uma possível solução é a implementação utilizando uma abordagem Bayesiana, com menor demanda computacional. Nesse trabalho utilizamos uma implementação Bayesiana de Monte Carlo via Cadeia de Markov (MCMC - *Markov Chain Monte Carlo*) utilizando o algoritmo de Gibbs desenvolvido por LeSage e Pace (2009) e implementada no software R (v4.1.0) através do pacote *spatialprobit* por (WILHELM; MATOS, 2013).

A Equação 1.2 descreve a especificação completa estimada. A unidade de observação do modelo são os imóveis visitados pelo LIRAA. As variáveis que foram obtidas pelo CENSO (2010) só puderam ser desagregadas por setor censitário. Por esse motivo, imóveis que se localizam no mesmo setor terão os mesmos valores para essas características. As informações de chuva, temperatura e dos pontos estratégicos têm variação intra-setor censitário. Foi considerada a estimação de um modelo do tipo multinível combinando as variáveis dos imóveis em um primeiro nível e as do setor censitário em outro. No entanto, julgamos que

temos um número de observações grande o suficiente para ter variabilidade e, portanto, o modelo multinível só melhora a eficiência. Como o modelo estimado já é consistente, assim, o foco em estimar um modelo Probit espacial foi a correção do viés.

$$\begin{aligned}
 y = & \beta_0 + \beta_1(\text{densidade demografica}) + \beta_2(\text{rendimento nominal médio}) + \\
 & \beta_3(\% \text{ de domicilios alugados}) + \beta_4(\% \text{ de domicilios com acesso a água}) + \\
 & \beta_5(\% \text{ de domicilios com acesso a esgoto}) + \beta_6(\% \text{ de domicilios com coleta de lixo}) + \\
 & \beta_7(\% \text{ de domicilios com energia elétrica}) + \beta_8(\% \text{ de domicilios com rua pavimentada}) + \\
 & \beta_9(\% \text{ de domicilios com rua arborizada}) + \beta_{10}(\text{chuva acumulada}) + \\
 & \beta_{11}(\text{variação média da temperatura}) + \beta_{12}(\text{área de PE}) + \\
 & \beta_{13}(\text{área de PE X número de focos}) + \rho W y
 \end{aligned}
 \tag{1.2}$$

A fim de testar a melhor especificação para a matriz de vizinhança foram estimados 30 modelos com a matriz W variando de 5 até 35 vizinhos mais próximos. O critério de escolha é o ajuste no log da maximaverossimilhança. O conceito de vizinhança utilizado será o de 7 domicílios visitados mais próximos.

Além disso, foi realizada uma modificação da matriz de peso em relação ao algoritmo usual do *knn* devido à natureza dos dados. Nesse trabalho a base de dados é construída a partir de informações de doze *cross-sections* empilhadas, sendo assim, as visitas domiciliares do LIRAA ocorreram em diferentes períodos do tempo, não sendo razoável supor que visitas não contemporâneas sejam vizinhas. Além disso, alguns imóveis foram visitados mais de uma vez, dessa forma, existem no banco de dados observações com as mesmas coordenadas, mas em diferentes períodos. Ao utilizar o algoritmo *default* do *knn* as visitas domiciliares realizadas em intervalos de tempo diferentes seriam vizinhas entre si. Para contornar esse problema, modificamos o algoritmo gerador da matriz de peso para não computar as observações como vizinhas aquelas que estão em ciclos diferentes do LIRAA.

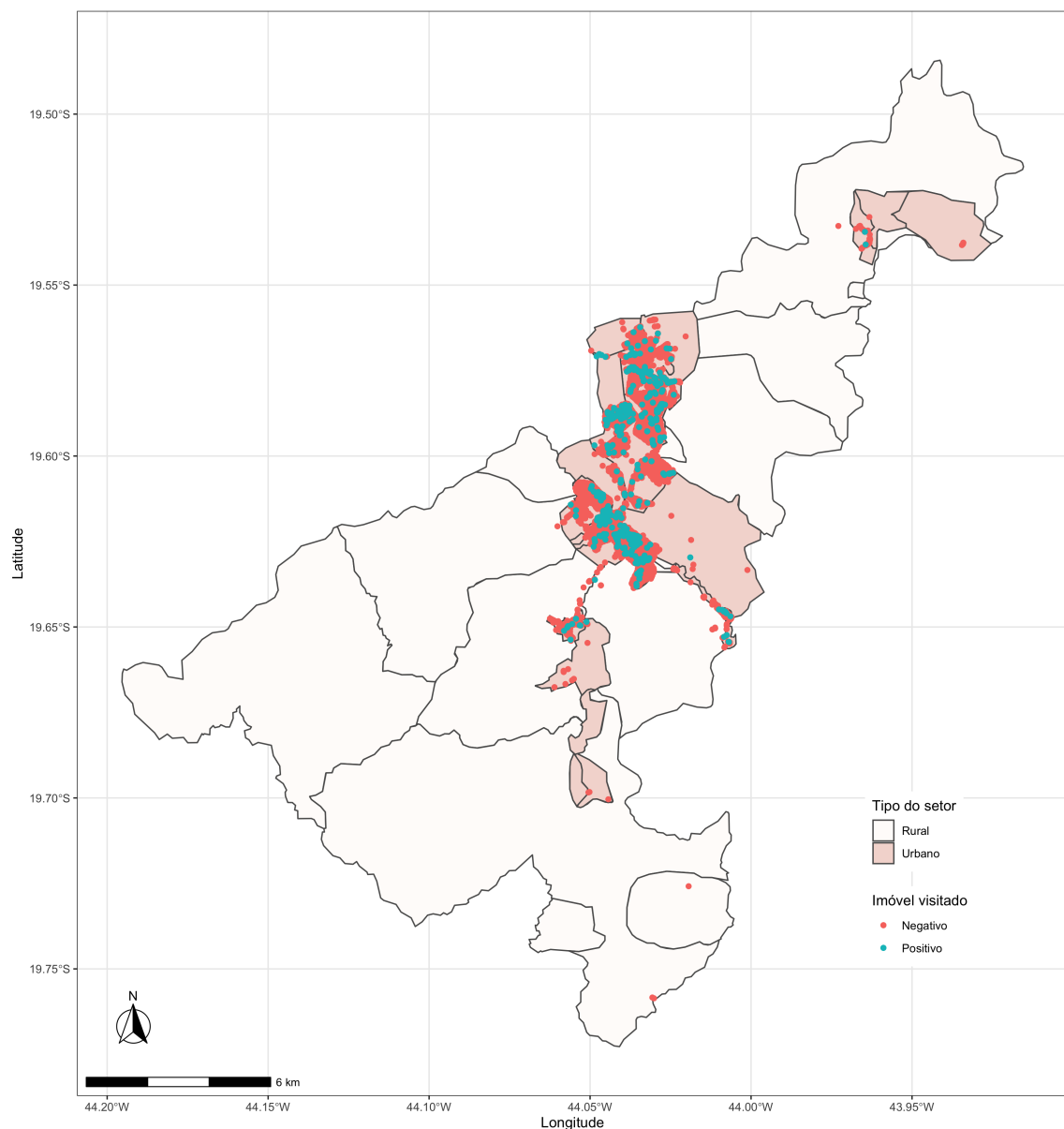
1.3 Resultados

1.3.1 Análise descritiva espacial

No período analisado foram visitados 12.703 imóveis — com uma média de 1.058 imóveis por LIRAA — em um município que possui 14.947 domicílios urbanos (CENSO, 2010). A distribuição espacial dos domicílios visitados em todas as realizações do LIRAA no período 2015-2018 está descrita na Figura 1. É possível verificar que a maioria dos imóveis visitados se encontra na área urbana do município. Cada realização do LIRAA durou entre 3 e 4 dias e foi necessária a utilização de 19 agentes de campo e 2 supervisores por aplicação (PREFEITURA MUNICIPAL DE PEDRO LEOPOLDO, 2019a). Dos domicílios

visitados em todo o período, foram encontrados focos dos mosquitos *Aedes aegypti* apenas em 369 deles, correspondendo a um percentual de 2,90%. No período dos quatro anos analisados, nenhuma aplicação do LIRAA indicou que o município apresentava um alto risco de presença dos mosquitos. Em termos espaciais, a matriz de 7 vizinhos mais próximos utilizada apresentou uma distância média entre os imóveis de 115,3248m, similar à distância média de voo do *Aedes* (HONÓRIO et al., 2003; LIEW; CURTIS, 2004).

Figura 1 – Imóveis visitados pelo LIRAA, Pedro Leopoldo, 2015 a 2018



Fonte: Prefeitura Municipal de Pedro Leopoldo (2019a)

A Tabela 3 apresenta a caracterização dos tipos de repositórios em que foram encontrados focos do mosquito. Foram encontrados nos 369 imóveis positivos visitados pelo

LIRAA 438 focos do mosquito. Destes 438 focos, 138 (32%) foram do tipo de repositório A2¹.

Tabela 3 – Número e percentual dos focos encontrados em Pedro Leopoldo entre 2015 e 2019, por tipo de repositório

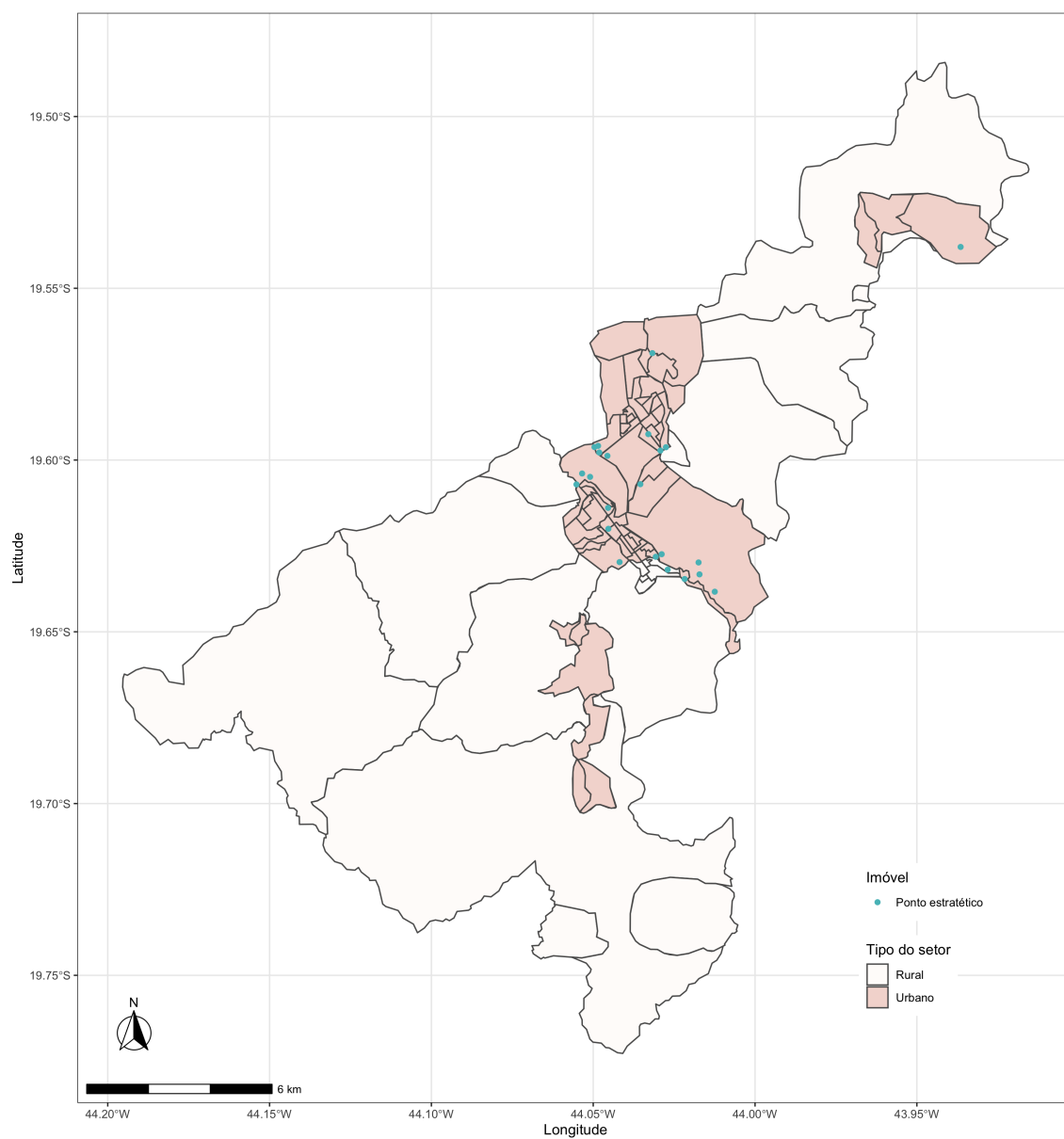
Tipo	n	%
A2	138	32%
B	84	19%
C	81	18%
A1	65	15%
D2	42	10%
D1	19	4%
E	9	2%
Total	438	100%

Fonte: Prefeitura Municipal de Pedro Leopoldo (2019a).

A [Figura 2](#) apresenta a localização dos pontos estratégicos. Todos se localizam em setores censitários urbanos sendo, a maioria deles, na área central do município. A distância média de cada imóvel ao ponto estratégico mais próximo é de, aproximadamente, 1km (desvio-padrão de 900 metros), com um valor mínimo de 11 metros e máximo de 14km.

¹ A tipologia A2 inclui depósitos ao nível do solo para armazenamento doméstico como: tonel, tambor, barril, tina, depósitos de barro (filtros, moringas, potes), cisternas, caixas d'água, captação de água em poço/cacimba/cisterna, usualmente dispositivos que são utilizados para o armazenamento de água para consumo.

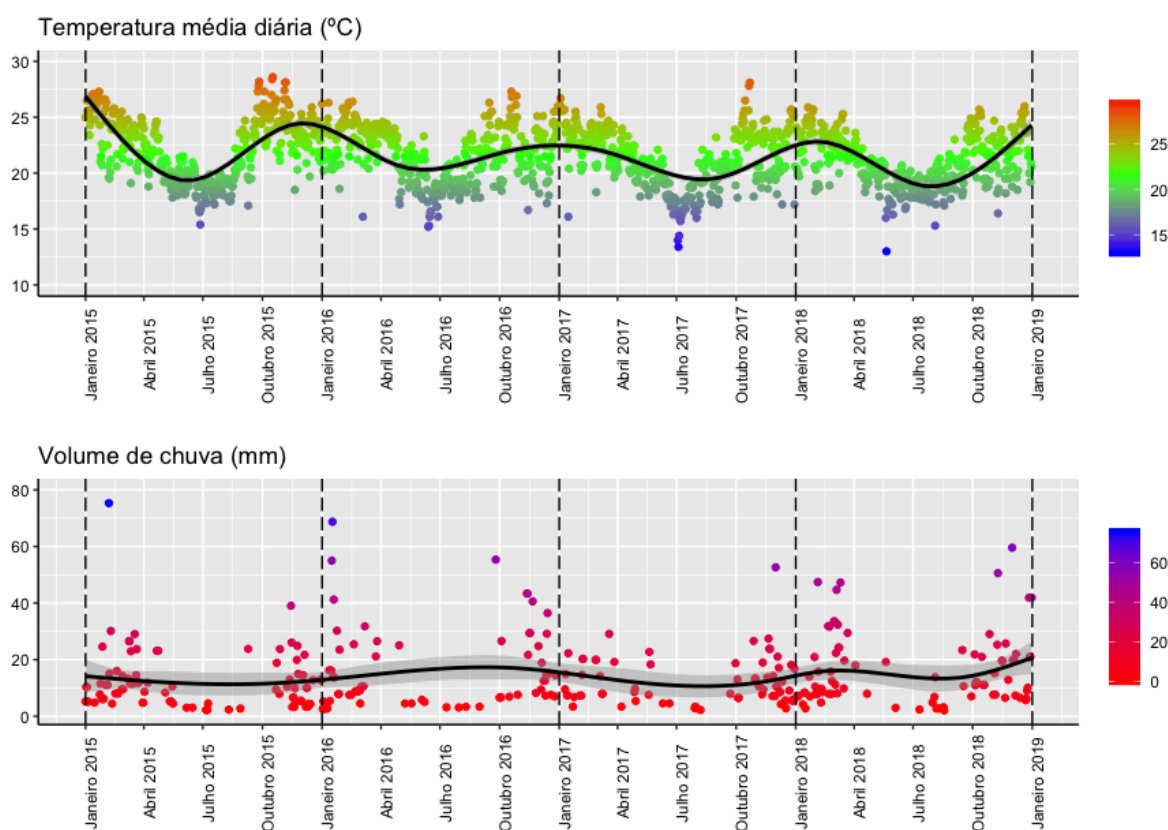
Figura 2 – Localização dos 23 pontos estratégicos no município de Pedro Leopoldo



Fonte: CENSO (2010), Prefeitura Municipal de Pedro Leopoldo (2019a)

O volume pluviométrico diário (em mm) e a temperatura diária do período são apresentadas na [Figura 3](#). O mês de outubro foi o período que apresentou menores volumes de chuva no município. No período analisado, em outubro de 2015 e outubro de 2017 não choveu nenhum dia no município nos 15 dias anteriores à execução do LIRAa. Os meses iniciais do ano, por outro lado, apresentaram maiores volumes pluviométricos e temperaturas. A variável climática construída foi a variação térmica diária média dos 15 dias anteriores a pesquisa de campo sendo a diferença média entre a temperatura máxima e mínima, por dia.

Figura 3 – Temperatura média diária e volume de chuva diário, Pedro Leopoldo, 2015 a 2018



Fonte: Funk et al. (2014), The Weather Channel (2015–2019)

1.3.2 Modelo econométrico

Os resultados da estimação do modelo SAR Probit estão sintetizados na [Tabela 4](#). Domicílios localizados em setores censitários com maior renda domiciliar apresentam menor probabilidade de apresentar foco do mosquito, enquanto setores censitários com maior percentual de imóveis alugados, maior arborização e menor pavimentação têm maior probabilidade. Foi observado, no entanto, que domicílios que se localizam em um

setor censitário com um maior acesso à rede de água têm uma maior probabilidade de apresentarem mais focos do mosquito em relação àqueles que se localizam em um setor com menor cobertura, resultado contraintuitivo. Entre as variáveis climáticas, o volume de chuvas acumulado nos últimos 15 dias naquele domicílio se mostrou estatisticamente significativo para existência de focos.

Tabela 4 – Estimação do modelo SAR Probit

Variável	Coefficiente	dp	p-valor	
Constante	-7,13377	5,91211	0,11	
Densidade de demográfica	-0,00001	0,00001	0,25	
Salário	-0,00013	0,00006	0,01	**
% de domicílios alugados	1,47691	0,39587	0,00	***
% de domicílios com acesso a água	1,63176	0,83477	0,02	**
% de domicílios com acesso a esgoto	-0,05889	0,07677	0,21	
% de domicílios com acesso a coleta de lixo	-0,40177	0,82579	0,34	
% de domicílios com acesso a energia elétrica	3,82697	5,85528	0,26	
% de domicílios com rua pavimentada	-0,66749	0,17329	0,00	***
% de domicílios com rua arborizada	0,38078	0,16850	0,01	**
Chuva acumulada - 15 dias anteriores (mm)	0,00524	0,00054	0,00	***
Variação média da temperatura - 15 dias anteriores (C)	0,00628	0,01151	0,32	
m^2 de PE em um raio de 200m	-27,57160	10,61404	0,00	***
m^2 de PE em um raio de 200m X número de focos	5,27982	3,77185	0,07	*
ρ	0,16986	0,08832	0,03	**
N interações		1.000		
N omitido (burn-in)		100		
N observações		12.703		
# de Y = 1		369		

Fonte: Elaborado pelos autores.

Domicílios que têm maior área de pontos estratégicos no raio de 200 metros apresentam menor probabilidade de ter foco do mosquito. No entanto, se levarmos em conta a interação com quantidade de focos positivos encontrados nesses PE, o resultado se inverte, com maior probabilidade. Isso é, imóveis que têm em seu entorno mais pontos estratégicos apresentam menor probabilidade de terem focos no seu interior. Por outro lado, se levarmos em conta a proximidade à pontos estratégicos com focos positivos, a probabilidade é maior daquele imóvel ter focos no seu interior.

Por fim, é importante destacar também a importância da *lag* espacial (ρ). Ela indica que um imóvel que tenha vizinhos com presença de foco tem uma maior probabilidade de também de apresentarem focos no seu interior, já controlando pelas características socioeconômicas e climáticas do local.

1.4 Discussão

Nesse trabalho foram usadas as informações das visitas domiciliares do LIRAA para analisar a associação das características dos imóveis do município de Pedro Leopoldo e

a quantidade de focos do mosquito *Aedes*. Sendo assim, a principal contribuição desse trabalho é a utilização dos dados do LIRAA no nível domiciliar de forma inédita, permitindo uma desagregação espacial maior que o usual. A análise realizada mostrou ser possível um novo uso das informações do LIRAA — pesquisa aplicada na maior parte dos municípios brasileiros — na formulação de análises que podem subsidiar públicas locais para o direcionamento de ações de combate ao vetor.

De maneira geral, os resultados encontrados no nível domiciliar vão ao encontro do apresentado pela literatura que mostram que em períodos chuvosos, os imóveis localizados em regiões de baixa renda, com pouca pavimentação, muito arborizados, com um percentual elevado de imóveis de aluguel demandam uma maior atenção do poder público. Assim, mesmo os achados não sendo novos na literatura, eles confirmam aqueles encontrados nos trabalhos onde a unidade observacional é o indivíduo ou bairro, e não o domicílio. Domicílios estes que são o objeto das intervenções de combate e controle vetorial.

O resultado encontrado para o abastecimento de água mostrou que os domicílios localizados em setores censitários com maior acesso à rede de água têm uma maior probabilidade de apresentarem mais focos do mosquito, já controlado pelas demais características do estudo. Esse resultado, embora contraintuitivo, pode ser explicado porque a variável utilizada mede o número de imóveis que tem acesso à rede de água e não se aquele imóvel, de fato, tem fornecimento regular de água. Somado a esse resultado, tem-se a crise hídrica ocorrida no Brasil por volta de 2015, especialmente na região Sudeste, provocando desabastecimento e fornecimento de água claudicante (COELHO; CARDOSO; FIRPO, 2016; MELO et al., 2020; NOBRE et al., 2016). Especificamente para o município de Pedro Leopoldo, é recorrente a falta de abastecimento de água durante os anos do estudo (COPASA, 2019; OLIVEIRA et al., 2020; PREFEITURA MUNICIPAL DE PEDRO LEOPOLDO, 2019b; VILELA, 2020). O abastecimento de água irregular pode ter levado a população a utilizar recipientes para o armazenamento de água ao nível do solo, maior percentual de repositório onde foram encontrados focos do mosquito em Pedro Leopoldo no período do estudo (Tabela 3). Assim, havendo provimento domiciliar de água contínuo não há necessidade de a população armazenar água potável, por vezes de maneira inadequada, reduzindo possíveis criadouros do mosquito e diminuindo a probabilidade do aparecimento de novos focos.

Além disso, é importante destacar a importância do componente espacial na proliferação do mosquito *Aedes*. A dispersão espacial é um componente fundamental para o combate ao vetor, tornando imprescindível que a política não atue pontualmente em um domicílio ou imóvel específico, mas com um escopo mais amplo na redondeza dessa localidade. Isso explicita as características espaciais da disseminação do mosquito *Aedes* e a necessidade da utilização de modelagens econométricas e políticas públicas que levem em conta esses *spillovers* espaciais. Isso posto, imóveis que apresentam focos tendem a

aumentar a probabilidade de encontrar focos nos seus vizinhos. Assim, localidades com uma maior probabilidade de apresentarem focos do *Aedes*, como os pontos estratégicos, demandam uma maior atenção pois estas produzem externalidades para o seu entorno. Caso haja um descontrole nessas localidades, com a existência de focos, essa externalidade espacial aumenta a probabilidade do aparecimento de focos nos imóveis no entorno.

Por fim, foi possível identificar um possível resultado exitoso da adoção da política dos pontos estratégicos e da relevância da sua continuidade. Os pontos estratégicos onde há um monitoramento constante sem a identificação de focos impactam significativamente na não existência de focos nos imóveis em seu entorno. Enquanto aqueles imóveis que se localizam próximos a pontos estratégicos com presença de larvas há uma maior probabilidade de também apresentarem focos. Outros trabalhos mostram resultados contraditórios do controle dos pontos estratégicos e sua relação à presença do mosquito. [Barbosa et al. \(2019\)](#), utilizando dados de ovitrampas, não encontraram relação entre os pontos estratégicos e dispersão do mosquito para o município de Campinas, enquanto [Johansen et al. \(2021\)](#) encontraram. Já [MacCormack-Gelles et al. \(2018\)](#) mostram uma associação forte em Fortaleza entre a existência de ferros-velhos e borracharias e focos do mosquito, especialmente em períodos de mais chuva. No entanto, esses trabalhos analisaram municípios grandes, com mais de um milhão de habitantes cada, e com uma infraestrutura que não dispõe o município de Pedro Leopoldo, seja em orçamento ou no quantitativo de profissionais para o controle epidemiológico. As visitas aos pontos estratégicos em Pedro Leopoldo foram contínuas no período estudado, com visitas quinzenais de controle em todos esses imóveis. O resultado encontrado nesse trabalho é uma evidência empírica em favor da eficácia da política de pontos estratégicos e pode indicar o benefício das visitas constantes desses pontos para o combate vetorial em municípios de porte e características semelhantes de Pedro Leopoldo, onde a identificação e controle desses imóveis pode ser menos custosa, em conjunto com campanhas educacionais para a população daquelas regiões que apresentem características que indiquem uma maior probabilidade de proliferação do mosquito.

Embora o LIRAA seja uma política mandatória para todos os municípios com mais de 2 mil imóveis, é importante destacar que não há regularidade de sua execução. O Ministério da Saúde recomenda que sejam realizadas quatro edições do LIRAA por ano. Em Pedro Leopoldo, em 2016, por exemplo, ano com maior número de casos no período desse estudo, com 24,08 casos por mil habitantes, foram realizadas duas rodadas do LIRAA, enquanto em 2018 foram realizadas quatro, ano com 0,17 casos por mil habitantes. Essa irregularidade na aplicação do LIRAA é um fator que pode limitar o seu uso. Um dos aspectos que pode explicar a dificuldade de aplicação é o número de profissionais envolvidos no processo, uma vez que a amostra de domicílios não é pequena. Em Pedro Leopoldo, por exemplo, em 2015 haviam 66 agentes comunitários de saúde e agentes epidemiológicos disponíveis, dos quais 21 seriam usados para a aplicação de cada LIRAA, correspondendo a quase de um terço de todos os agentes disponíveis ([RAIS, 2015-2019](#)).

O baixo número de agentes disponíveis pode explicar o fato que em anos com elevada epidemia de dengue sejam realizadas menos aplicações do LIRAA pois estes precisam ser deslocados para campanhas educacionais e atendimento da população, além da atenção para outros agravos existentes no município como raiva e leishmaniose.

Alguns trabalhos já demonstraram que o LIRAA apresenta algum grau de imprecisão, especificamente em relação a incidência, sendo recomendável ajustes na sua realização e a utilização de políticas complementares para incrementar a sua capacidade preditiva (ENSLÉN; LIMA NETO; CASTRO, 2020; MACCORMACK-GELLES *et al.*, 2020; RIBEIRO *et al.*, 2021; SOUZA *et al.*, 2018). Nesse sentido, o resultado desse trabalho pode ajudar no direcionamento das ações de controle, antecedendo ou complementando a política usual, indicando regiões mais críticas especialmente em um cenário em que o LIRAA não é executado em períodos epidêmicos, indicando características que aumentem a probabilidade de terem focos no território.

Em vista aos resultados encontrados, é importante destacar que, por ser um estudo de caso em um município de pequeno porte, há baixa validade externa, dificultando a generalização dos resultados para outras localidades. Por outro lado, esse trabalho é um dos primeiros na literatura que apresenta uma análise no nível domiciliar para um município de médio porte e busca descrever e caracterizar as visitas domiciliares das doze aplicações do LIRAA no município de Pedro Leopoldo nos anos de 2015 a 2018. Seus resultados podem auxiliar os municípios a direcionarem suas ações em períodos epidêmicos, onde não seja possível realizar uma aplicação do LIRAA.

2 O uso do LIRAA e sua relação com os casos de dengue: um estudo para o município de Pedro Leopoldo, Minas Gerais, 2015-2018

Resumo

A dengue é uma enfermidade com epidemias frequentes no Brasil. A principal forma de atuação para reduzir a circulação do vírus é o monitoramento dos índices de infestação larvárias que permite o combate ao vetor. Tradicionalmente, o índice de infestação (mensurado pela presença de estágios aquáticos do vetor) é utilizado por diversos países como a principal ferramenta de monitoramento do *Aedes*. O Levantamento Rápido de Índices para *Aedes aegypti* (LIRAA) é um levantamento amostral desenvolvido pelo Programa Nacional de Controle da Dengue (PNCD) que utiliza os três indicadores para o monitoramento larvário em todo o território brasileiro. Embora a aplicação do LIRAA seja de caráter obrigatório e uma das principais ferramentas de monitoramento da Dengue no Brasil, não é consenso na literatura a sua capacidade preditiva. Assim, o objetivo desse trabalho é analisar a correlação do IIP e notificação de casos de dengue no período de 2015 a 2019 utilizando duas janelas temporais e controlando pelo tipo de recipiente positivo. O índice de infestação predial se mostrou negativamente correlacionado com casos de dengue, no nível do setor censitário com uma janela temporal de 3 e 4 semanas no município de Pedro Leopoldo. Essa correlação negativa pode ser resultado das visitas domiciliares que podem ter produzido um efeito importante para eliminar os focos encontrados. Os resultados para os tipos de recipiente que apresentaram larvas também foram estatisticamente significativos com diferentes magnitudes.

Palavras-chave: Dengue. LIRAA. *Aedes aegypti*. vigilância em saúde. controle vetorial.

2.1 Introdução

A dengue é uma arbovirose com transmissão em diversos países do globo, especialmente em regiões tropicais, com estimativa de 390 milhões de novos casos anualmente no planeta (WORLD HEALTH ORGANIZATION, 2020). Causada pela família do vírus *Flaviviridae*, a dengue apresenta quatro sorotipos diferentes (DENV-1, DENV-2, DENV-3 e DENV-4) sendo que indivíduos que tenham contraído a infecção, uma vez recuperados, tem imunidade duradoura para aquele sorotipo específico (WORLD HEALTH ORGANIZATION, 2020). Os dois vetores da dengue são o *Aedes aegypti* e o *Aedes albopictus*, ambos em circulação no Brasil, com predominância maior do *Aedes aegypti* no meio urbano. Desde os anos 1980, há uma intensa circulação do vírus no Brasil, afetando todas as regiões do país, com recorrentes epidemias (BRAGA; VALLE, 2007).

A principal forma de atuação para reduzir a circulação do vírus é o monitoramento dos índices de infestação larvárias que permite o combate ao vetor. Tradicionalmente, o índice de infestação (mensurado pela presença de estágios aquáticos do vetor) é utilizado por diversos países como a principal ferramenta de monitoramento do *Aedes*. Esses índices larvárias, registrados pelas equipes de vigilância, são definidos como a proporção de propriedades ou recipientes que contêm a larva. O índice de infestação pode ser calculado considerando distintas unidades: (i) o número de propriedades (índice de infestação predial, IIP) ou (ii) recipientes pesquisados (índice por tipo de recipiente, ITR), ou (iii) alguma combinação dos dois (Índice de Breteau, IB). Esses índices são interpretados como uma proxy para o aumento do risco de circulação viral em uma localidade e começaram a ser utilizados após 1923 quando foi observado — para o controle da Febre Amarela na América do Sul — que uma redução substancial de criadouros do *Aedes aegypti* poderia reduzir a transmissão da doença (FOCKS; WORLD HEALTH ORGANIZATION, 2004). A partir dessa evidência a Fundação Rockefeller iniciou em 1933 um projeto para eliminar a Febre Amarela nas cidades litorâneas do nordeste brasileiro por meio da redução dos criadouros do mosquito, mensuradas pelo valor dos índices de infestação (SOPER, 1967).

Esses indicadores, embora sejam usados até hoje como parte das estratégias de vigilância em saúde, apresentam limitações (DAVID; OLIVEIRA; FREITAS, 2009; FORATINI et al., 1997; GARCÍA REJÓN et al., 2011; FREITAS; OLIVEIRA, 2011; TUN-LIN et al., 1996). Uma das limitações desses índices, segundo Focks e World Health Organization (2004), é desconsiderar que diferentes tipos de recipiente de criadouros apresentam, em geral, níveis distintos de capacidade de reprodução do vetor, mensurada pela relação entre as larvas existentes e o número que se transforma em mosquito. Por exemplo, um vaso de flor em um interior de uma casa é um recipiente comum onde se espera encontrar larvas, mas que dificilmente produzirá um mosquito adulto caso seja realizada a troca frequente da água armazenada devido a maior facilidade de intervenção dos moradores. Por outro lado, um tambor para armazenamento de água sem tampa tem potencial maior para o

nascimento de mosquitos adultos uma vez que essa água não é trocada com tanta frequência. Em grande parte dos domicílios em áreas rurais ou mais pobres, esse armazenamento é realizado sem tratamento da água e em recipientes sem tampa. Considerando o método de cálculo do índice larvário ambos os recipientes são igualmente positivos sem nenhuma distinção (FOCKS; WORLD HEALTH ORGANIZATION, 2004).

Não obstante a existência dessa crítica, o programa de combate vetorial no Brasil continua fazendo uso desses índices devido a sua facilidade e velocidade de aplicação. O Levantamento Rápido de Índices para *Aedes aegypti* (LIRAA) é um levantamento amostral desenvolvido pelo Programa Nacional de Controle da Dengue (PNCD) que utiliza os três indicadores para o monitoramento larvário em todo o território brasileiro. O PNCD foi desenvolvido em 2013 para padronizar a utilização do LIRAA nos municípios brasileiros e gerar resultados representativos no nível municipal, garantindo qualidade estatística e comparabilidade.

Desde 2017, com a promulgação da Resolução no 12 de 26 de janeiro de 2017 a realização do LIRAA passou a ser obrigatória para todos os municípios brasileiros com mais de 2 mil imóveis. Até então, o levantamento era feito por adesão voluntária dos municípios. Atualmente, o município que não realiza o LIRAA não recebe a segunda parcela do Piso Variável de Vigilância em Saúde, recurso financeiro extra que é utilizado exclusivamente para ações de combate ao mosquito.

Embora a aplicação do LIRAA seja de caráter obrigatório e uma das principais ferramentas de monitoramento da Dengue no Brasil, alguns autores criticam o seu uso e mostram problemas na sua capacidade preditiva. Bowman, Ranzinger e McCall (2014) mostraram em uma revisão sistemática que incluiu diversos países que há pouca evidência sobre a associação entre os índices vetoriais e a transmissão da dengue. Para o Brasil, Ribeiro et al. (2021) encontraram correlação estatisticamente significativa do IIP e casos de dengue para o estado do Rio de Janeiro somente em um ano de um estudo quinquenal, indicando que podem ocorrer epidemias mesmo quando os índices estão em patamares satisfatórios. Os autores observaram muitos municípios com valores de IIP classificados como de baixo risco em períodos que antecederam uma epidemia nessas localidades. Sendo assim, os autores sugerem alterações nos valores de referência adotados pelo LIRAA para as faixas de risco. Evidências opostas também foram reportadas no estudo: situações em que o LIRAA indicou um alto risco de epidemia que não foram sucedidas por altos níveis de infestação. Essa situação pode ser atribuída à imunidade populacional àquele sorotipo em circulação (RIBEIRO et al., 2021).

Dois trabalhos recentes trazem evidências para o Brasil das limitações preditivas do LIRAA. MacCormack-Gelles et al. (2020) mostram para o município de Fortaleza que não há uma correspondência direta entre as áreas de infestação do mosquito e as de incidência da doença, indicando que o LIRAA pode não direcionar de maneira correta

as estratégias de controle para o município em questão. Bairros com alta infestação não apresentavam sistematicamente incidência elevada, enquanto a transmissão intensa era comum em comunidades com infestação caracterizada de baixo-risco. [Enslén, Lima Neto e Castro \(2020\)](#) mostraram, no nível municipal, que os resultados do LIRAA não são um bom preditor para a ocorrência de futuras epidemias, subestimando sua ocorrência, especialmente em municípios caracterizados como de médio ou baixo risco. Os dois trabalhos afirmam que, dada a limitação do LIRAA, sua utilização deve ser combinada com outras ferramentas como armadilhas para os mosquitos ou ovitampas, amostra sorológica ou com um monitoramento intensivo das localidades com fatores de risco ecológicos já identificados. Além disso, o período de realização do LIRAA não deveria ser nacional porém regional, uma vez que o padrão de chuvas é distinto no Brasil.

O PNCD preconiza o uso do LIRAA pelos gestores municipais como um sistema de monitoramento e alerta. Poucos estudos avaliaram o LIRAA usando os resultados dos índices larvárias e das visitas domiciliares que investigam se naqueles domicílios visitados foram encontrados recipientes positivos para larvas do *Aedes*. A utilização dessas informações provenientes das visitas domiciliares possibilita também investigar a relação entre o IIP e os casos notificados a partir de agregações espaciais menores que o nível municipal ou estrato (agregações usualmente usadas). O uso de agregações espaciais menores permite considerar a heterogeneidade da transmissão da dengue no espaço intramunicipal.

Esse trabalho utiliza as informações dos domicílios visitados no levantamento do LIRAA para o município de Pedro Leopoldo, Minas Gerais, no período de 2015 a 2019. De maneira inédita, foi possível ter acesso a todas as fichas das visitas domiciliares, incluindo os resultados dos índices larvárias e informações de notificação com identificação do indivíduo. A correlação entre o índice predial e a transmissão da dengue pode estar condicionada à janela temporal em que essa correlação é analisada, definida como o momento das visitas domiciliares e a notificação dos casos. Além da utilização de duas janelas temporais, analisa-se também o impacto dos diferentes tipos de repositórios onde foram encontrados focos durante as visitas domiciliares.

Assim, o objetivo desse trabalho é analisar a correlação do IIP e notificação de casos de dengue no período de 2015 a 2019 utilizando duas janelas temporais e controlando pelo tipo de recipiente positivo. As taxas de incidência de dengue são calculadas por setor censitário, para a primeira e para a segunda quinzena após a realização de cada rodada do LIRAA. Além disso, o acesso a ficha de visita domiciliar possibilitou diferenciar o impacto dos diferentes tipos de recipiente na incidência de novos casos. Nesse sentido esse artigo busca complementar os achados já encontrados na literatura, investigando a relação entre o LIRAA e sua capacidade de antever surtos de dengue diferenciando o impacto da presença de infestação larvário segundo o tipo de recipiente positivo encontrado.

2.2 Metodologia

Com o intuito de verificar a capacidade do LIRAA de antever um aumento na incidência da dengue, serão utilizados os registros das visitas domiciliares do LIRAA entre os anos 2015 e 2019. Especificamente, analisaremos essa relação no município de Pedro Leopoldo onde foi possível ter acesso às fichas de todas as visitas domiciliares do LIRAA no período por meio de um termo de cooperação técnica. Essas informações permitem identificar os domicílios visitados e a presença de focos positivos, uma vez que há o registro da visita e da inspeção domiciliar. Os dados foram agregados por setor censitário¹ e a relação entre os resultados do LIRAA e a incidência da dengue analisadas considerando duas janelas temporais de modo a permitir três desfechos:

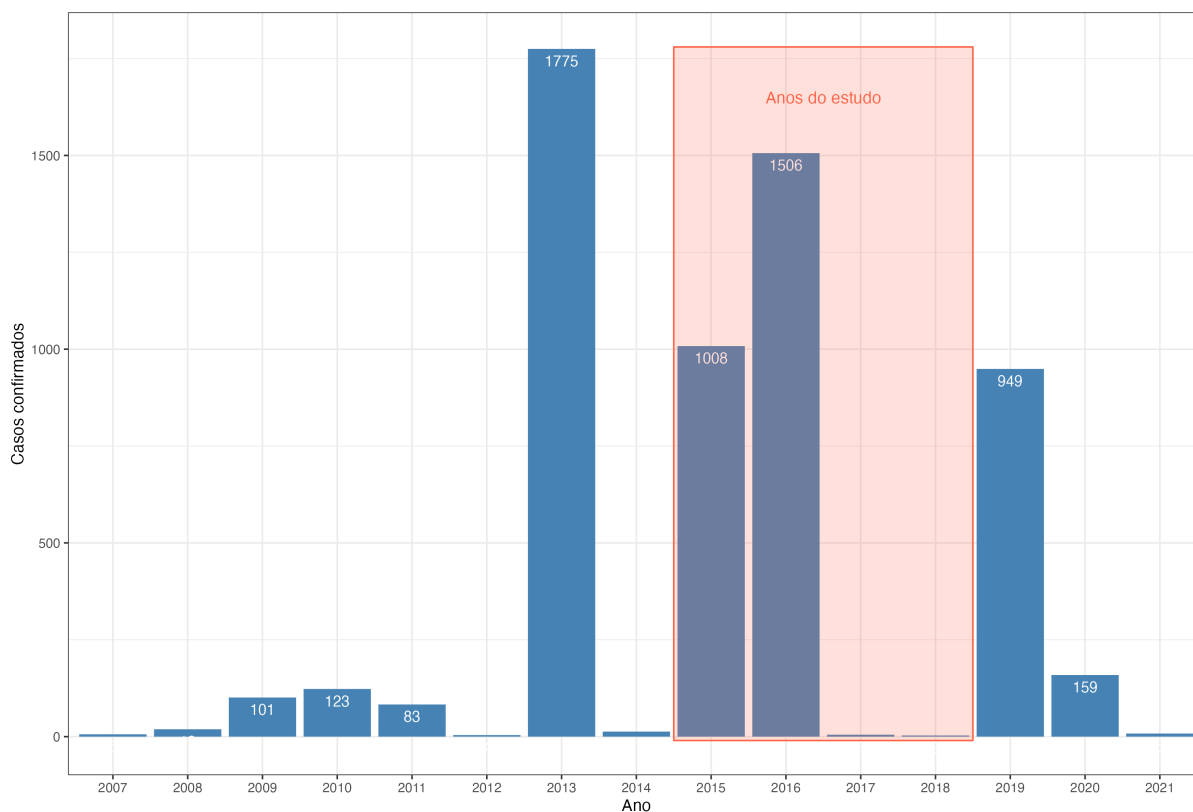
- Correlação entre o índice larvário e as taxas de incidência em até duas semanas após a visita;
- Correlação entre o índice larvário e as taxas de incidência na segunda quinzena após a pesquisa (terceira e quarta semana);
- Ausência de correlação nos dois recortes temporais considerados.

2.2.1 Município do estudo

Pedro Leopoldo é um município de médio porte localizado no estado de Minas Gerais, Brasil com população estimada de 64.258 habitantes em 2020, com cerca de 88% residente na área urbana (BRASIL, 2015–2019). O município tem um índice de desenvolvimento superior à média de Minas Gerais, com um Índice de Desenvolvimento Humano Municipal (IDHm) de 0,76, valor que posiciona o município entre os 25% melhores do estado (FUNDAÇÃO JOÃO PINHEIRO, 2018). Ele se localiza a 40,4 km (39 minutos de carro) de distância da capital do estado, Belo Horizonte (sexto maior município brasileiro em 2019) e a uma distância de 11,4 km (11 minutos de carro) do maior aeroporto do estado, Aeroporto Internacional Tancredo Neves (CNF) (CARVALHO; AMARAL; MENDES, 2020). O histórico desde 2007 dos casos confirmados de dengue no município está apresentado na Figura 4.

¹ Os dados foram agregados por setor censitário devido a elevada presença de visitas domiciliares sem a presença de recipientes positivos. A agregação possibilitou também calcular o índice de infestação predial (IIP) para cada setor do município, por LIRAA.

Figura 4 – Número de casos anuais de dengue confirmados por município de notificação, Pedro Leopoldo (2007 a 2021)



Fonte: SINAN (2007-2021).

Nota: Os anos destacados em vermelho correspondes aos utilizados nesse trabalho.

2.2.2 Fonte de dados

2.2.2.1 LIRAA

A principal fonte de dados dessa pesquisa são as informações provenientes do LIRAA para o município de Pedro Leopoldo aplicados no período de 2015 a 2018 (PREFEITURA MUNICIPAL DE PEDRO LEOPOLDO, 2019a). Nesse período de referência foram realizados 12 LIRAA. Os dados foram fornecidos pela Prefeitura Municipal de Pedro Leopoldo por meio das fichas das visitas domiciliares.

A metodologia amostral para seleção dos imóveis investigados tem como unidade primária os quarteirões e como unidades secundárias os domicílios. O município é dividido em estratos², considerando um limite entre 8.100 e 12 mil imóveis. A área desses estratos deve ser contínua e homogênea socioeconomicamente. Para cada estrato são sorteados quarteirões para serem investigados e, dentro dos quarteirões selecionados, sorteia-se cerca

² Pedro Leopoldo passou a ser dividido em três estratos em 2015.

de 20% dos domicílios. O intervalo de confiança utilizando essa metodologia é de 30%. Os Agentes de Combate às Endemias (ACE) realizam as visitas nos domicílios pré-selecionados, e preenchem o boletim de campo³ com o número de focos encontrados por tipo de recipiente em cada imóvel visitado (BRASIL, 2013).

Durante as visitas domiciliares os agentes de endemia investigam os imóveis e preenchem o Boletim de Campo e Laboratório do Levantamento Rápido de Índices com as informações do endereço completo do imóvel visitado e a quantidade de recipientes onde foram identificados focos do mosquito, por tipo de recipiente. Essas fichas, referentes a cada domicílio visitado, foram fornecidas em papel para o investigador principal desse trabalho, digitadas e georreferenciadas. Após localizar as coordenadas (latitude e longitude) dos imóveis, estes foram agregados por setor censitário. Devido a agregação em setores censitários, cada observação nesse estudo é um dos 81 setores censitários do município de Pedro Leopoldo. Como foram aplicados 12 LIRAAas no período, no limite, a base teria 81x12 observações, totalizando um máximo de 972. No entanto, devido a sua focalização urbana⁴, nem todos os 81 setores foram visitados em todas as aplicações do LIRAAa, sendo assim, a base final tem 798 observações.

As informações sobre a tipologia dos recipientes onde foram encontrados focos do *Aedes* também foram agregadas por setor censitário. Para cada LIRAAa foi imputado a cada setor censitário aquele tipo de recipiente mais prevalente⁵. A tipologia de recipiente utilizada é a definida no LIRAAa: o grupo A corresponde aos recipientes para armazenamento de água para consumo humano e são divididos em A1, depósitos elevados e A2, depósitos ao nível do solo. No grupo B estão incluídos os depósitos móveis como vasos e frascos de água, pratos ou material de depósito de construção. O grupo C são os recipientes fixos como calhas, sanitários em desuso, piscinas não tratadas e borracharias. O grupo D são objetos passíveis de remoção como pneus usados e lixo. Por fim, o grupo E são os repositórios naturais como bromélias, buracos em árvores e restos de animais. Nesse trabalho os tipos C, D e E foram agregados como ‘Outros’ por apresentarem baixa frequência.

Além das informações sobre as visitas domiciliares do LIRAAa, foram também disponibilizadas as fichas de todas as visitas quinzenais aos pontos estratégicos do município para o período de 2015 a 2018. Os pontos estratégicos são endereços classificados pela secretaria de vigilância do município como pontos de maior necessidade de atenção e vigilância. Essas localidades, conforme determina o PNCD, devem ser visitadas quinzenalmente e podem ser as mais diversas possíveis: depósitos de pneus, floriculturas, funilaria, cemitérios, transportadoras, ferros-velhos e etc (BRASIL, 2013). Os pontos estratégicos foram georreferenciados e identificadas sua localização segundo setor censitário. Para cada

³ O Boletim de campo encontra-se em anexo na Figura 9.

⁴ Cerca de 22% dos setores visitados nos doze LIRAAas realizados são classificados como rurais no CENSO Demográfico de de 2010.

⁵ Foi utilizado o tipo mais comum por setor censitário devido a baixa frequência de repositórios positivos.

setor foi possível definir a quantidade de pontos estratégicos em seu interior e a quantidade de pontos estratégicos nos setores censitários vizinhos⁶.

2.2.2.2 Sistema de Notificação de Agravos de Notificação (SINAN)

O Sistema de Notificação de Agravos de Notificação (SINAN) tem como finalidade fornecer dados de morbidade de forma rápida e eficiente para as três esferas de governo na tomada de decisão. A Prefeitura Municipal de Pedro Leopoldo disponibilizou os registros de todos os casos de dengue confirmados no município no período de 2015 a 2018 identificados com as informações e o endereço de cada paciente. A partir dessas informações foi possível georreferenciar todos os casos do município e identificar o setor censitário de residência de cada um desses indivíduos. A informação utilizada é a soma de todos os casos confirmados de dengue por setor censitário.

2.2.2.3 CHIRPS

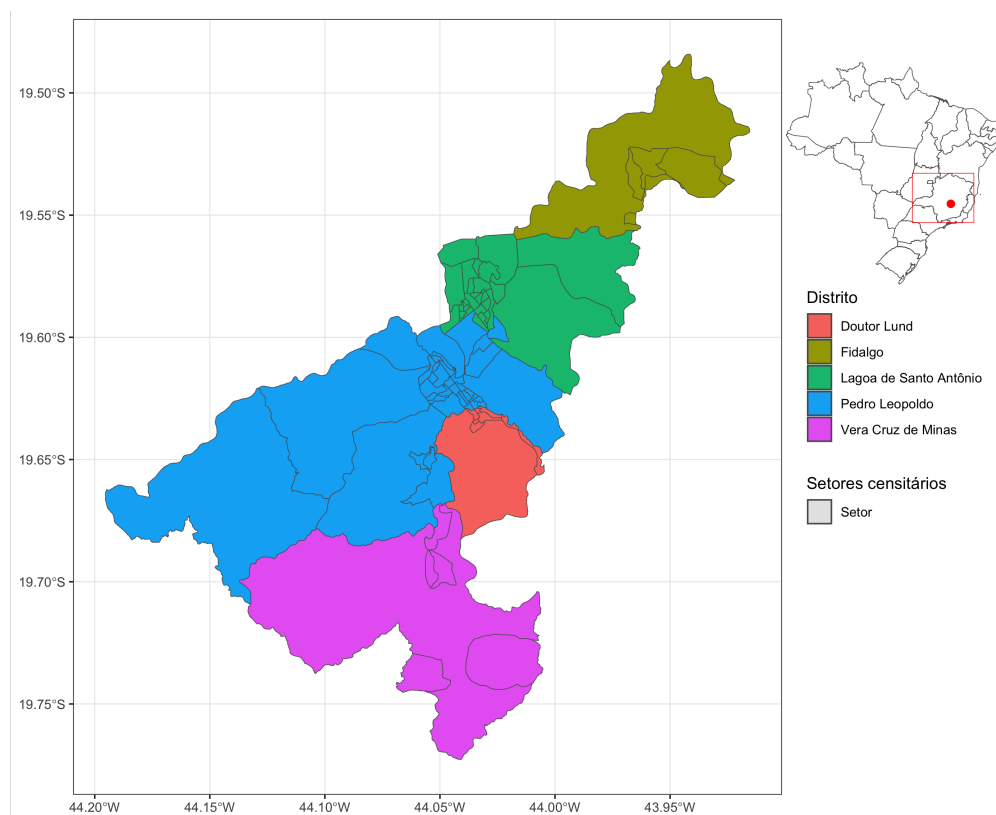
Climate Hazards Group InfraRed Precipitation with Station data (CHIRPS) é um conjunto de imagens de satélite com resolução de 0,05° para criar séries temporais de chuva para análise de tendências e monitoramento de secas sazonais. Diversos trabalhos mostram que há uma correlação positiva com o volume de chuvas e a incidência de dengue, isso é, períodos com maior volume de chuva tendem a ter mais casos de dengue, controlando por outras variáveis socioambientais (JOHANSEN et al., 2021; MACCORMACK-GELLES et al., 2020; MACCORMACK-GELLES et al., 2018). Serão selecionados os dados da chuva acumulada no município de Pedro Leopoldo nos 15 dias antes e 15 dias depois a cada LIRAA realizado. Esses dados serão organizados por setor censitário, com variação intra-municipal.

2.2.2.4 CENSO

A classificação de distrito municipal definida no Cadastro Nacional de Endereços para Fins Estatísticos (CNEFE, 2010) será utilizada com a intenção de inserir uma variável que controle espacial a dengue no município de Pedro Leopoldo nos diversos períodos. Os 81 setores censitários de Pedro Leopoldo são organizados em cinco distritos conforme apresentado na [Figura 5](#). Em razão do LIRAA ter uma focalização urbana e poucas observações nos distritos tipicamente rurais, Fidalgo e Vera Cruz de Minas serão agregados.

⁶ O conceito de vizinhança utilizado foi o da contiguidade (rainha, 1ª ordem).

Figura 5 – Distritos municipais, Pedro Leopoldo (2010)



Fonte: CENSO (2010).

2.2.3 Abordagem econométrica

Para estimar a relação entre o índice predial e os casos de dengue por setor censitário foi utilizado um modelo econométrico que permite estimar a correlação controlando por outras variáveis. A Tabela 5 apresenta as variáveis utilizadas e suas respectivas fontes. Os subscritos s indicam valores específicos para cada setor censitário, l valores para cada execução do LIRAA e q a janela temporal utilizada de uma e duas quinzenas.

Tabela 5 – Variáveis utilizadas na estimação do modelo, Pedro Leopoldo (2015-2018)

Coefficientes	Variável	Sigla	Fonte
	Casos de dengue (1^a e 2^a quinzena)	$Y_{s,l,q}$	SINAN
β_0	Constante		
β_1	Índice de infestação predial	$IIP_{s,l}$	LIRAA
β_2	Chuva acumulada antes e depois do LIRAA (duas semanas)	$rain_{s,l}$	CHIRPS
β_3	Pontos estratégicos no setor censitário	PE_s	LIRAA
β_4	Pontos estratégicos no setor censitário vizinho	PEV_s	LIRAA
β_5	<i>Dummy</i> de distrito	$distrito_s$	IBGE
β_6	<i>Dummy</i> de tipo de recipiente positivo	$tipo_{s,l}$	LIRAA
ϵ	Termo de erro		

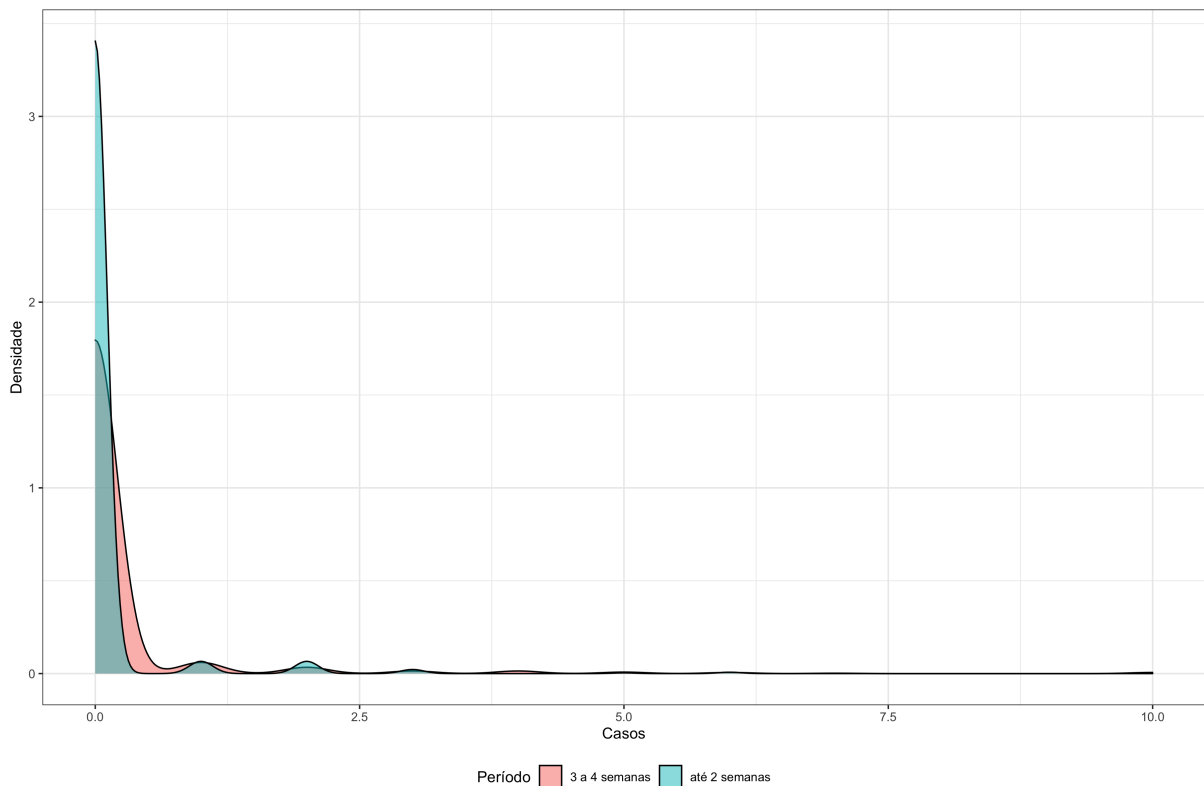
Fonte: Elaborado pelos autores.

A variação da janela temporal será modelada na variável Y , em função das demais variáveis de controle fixas. Foram testados nesse trabalho diversas janelas temporais variando entre uma e oito semanas, no entanto, somente os resultados para a primeira quinzena e a segunda quinzena serão apresentados. Assim, serão construídas duas variáveis $Y_{s,l,q}$, a primeira com o somatório de casos nas duas semanas subsequentes a realização do LIRAA (q_1) e uma segunda variável com os casos confirmados na terceira e quarta semana após a realização desse mesmo LIRAA (q_2). Portanto, serão estimados dois modelos separadamente. A [Equação 2.1](#) apresenta a especificação do modelo estimado.

$$Y_{s,l,q} = \beta_0 c + \beta_1 IIP_{s,l} + \beta_2 rain_{s,l} + \beta_3 PE_s + \beta_4 PEV_s + \beta_5 distrito_s + \beta_6 tipo_{s,l} + \epsilon_q \quad (2.1)$$

A [Figura 6](#) mostra a distribuição das duas variáveis dependentes ($Y_{s,l,q}$), que representa o número de casos confirmados nas duas janelas temporais: casos até duas semanas após a realização do LIRAA e casos confirmados de 3 a 4 semanas após a realização do LIRAA. É possível observar a grande concentração de zeros nas duas distribuições indicando que diversos setores censitários não apresentaram nenhum caso confirmado de dengue após a visita do LIRAA considerando as duas janelas temporais selecionadas. Mais que isso, a concentração de zeros dos casos agregados na primeira quinzena é praticamente o dobro dos casos agregados para a segunda quinzena. Isso já é um indício do tempo de transmissão da dengue, desde a maturação da larva, infecção do paciente e notificação confirmada do caso. Dado a natureza dos dados é fundamental que a modelagem econométrica considere o excessivo número de zeros na variável dependente. A regressão binomial negativa inflada por zero (ZINB) é utilizada para modelar variáveis de contagem com excesso de zeros sendo geralmente utilizada para variáveis de desfecho do tipo de contagem superdispersa.

Figura 6 – Distribuição do número de casos confirmados, por janela temporal, Pedro Leopoldo (2015-2019)



Fonte: Prefeitura Municipal de Pedro Leopoldo (2019a).

Além disso, o modelo binomial negativo pressupõe que os zeros em excesso são gerados por um processo separado dos valores de contagem sendo, portanto, modelados de forma independente. Os dois processos correspondem a um modelo binário, nesse caso um modelo *logit* para estimar o resultado zero e um modelo de contagem, neste caso, um modelo binomial negativo, para modelar o processo de contagem. A contagem esperada é expressa como uma combinação dos dois processos.

A organização e georreferenciamento dos domicílios e dos pontos estratégicos foram realizadas usando o software R (v4.1.0) e o *OpenStreetMap*. Foram localizados 12.703 imóveis, 3.778 imóveis visitados tinham informações insuficientes para permitir o georreferenciamento e foram descartados, correspondendo a 22% dos imóveis visitados e 4,9% dos imóveis positivos totais. Em relação aos casos confirmados de dengue, dos 2.522 casos no período foi possível encontrar latitude e longitude de 2.420 indivíduos, correspondendo a uma perda de 4,04%. A estimação do modelo ZINB também foi realizada no software R (v4.1.0) com o pacote *pscl* (v1.5.5).

2.3 Resultados

2.3.1 Análise descritiva

A [Tabela 6](#) apresenta as informações de cada aplicação do LIRAA: número de imóveis visitados, número de dias dispendido, e os respectivos índices predial e de Breteau do município. Em nenhuma aplicação do LIRAA no período de 2015 a 2019 o município de Pedro Leopoldo foi classificado como de alto risco, ou seja, com um índice predial indicando que em mais de 4% dos imóveis visitados foi detectada a presença de foco. O PNCD classifica o índice predial em três categorias de risco: (i) índices menores que 0,9 são de baixo risco, (ii) o intervalo de 1 até 3,9 médio risco, (iii) enquanto os valores acima de 4 são classificados como alto risco.

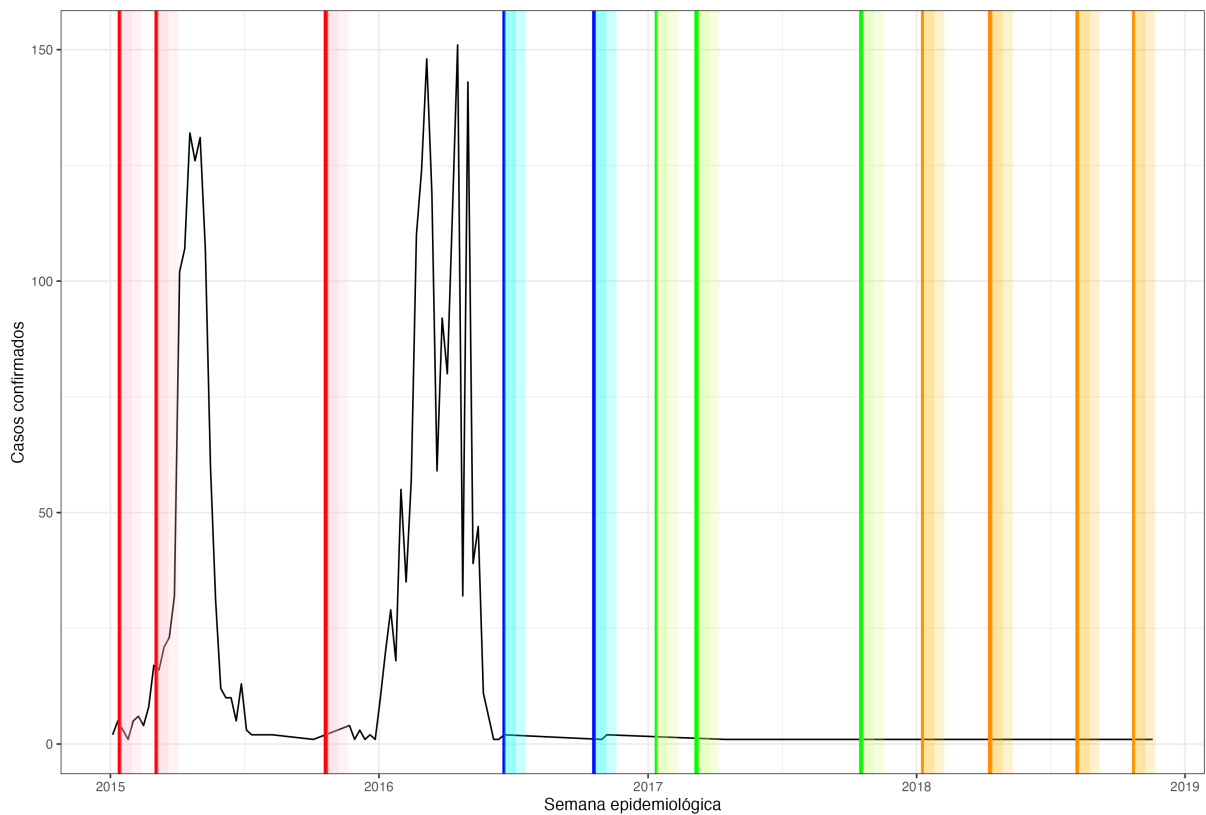
Tabela 6 – Imóveis visitados por execução do LIRAA (2015-2018)

Período	Imóveis	Índice predial (IIP)	Índice de Breteau (IB)
12 a 15 jan/15	880	1,5	1,9
03 a 06 mar/15	930	3,3	3,4
19 a 23 out/15	1.052	1,4	1,6
18 a 20 jul/16	1.185	0,3	0,4
18 a 21 out/16	1.007	1,0	1,1
11 a 13 jan/17	1.140	0,6	0,7
06 a 10 mar/17	1.076	1,0	1,2
16 a 20 out/17	1.174	0,8	0,8
08 a 10 jan/18	1.138	2,0	2,8
09 a 13 abr/18	1.195	1,7	2,0
06 a 09 ago/18	960	0,9	0,9
22 a 24 out/18	966	1,3	1,5

Fonte: [Prefeitura Municipal de Pedro Leopoldo \(2019a\)](#).

Conforme apresentado na [Figura 7](#), os anos de 2015 e 2016 apresentaram uma quantidade elevada de casos confirmados de dengue no município, enquanto os anos de 2017 e 2018 tiveram poucos casos. Portanto, dos quatro anos desse estudo, dois deles apresentam um número significativo de casos enquanto em outros dois as notificações de dengue foram próximas de zero. Isso é importante para avaliar a correlação do índice obtido pelo LIRAA nesses dois cenários distintos. Em relação a periodização da realização do LIRAA nos anos do estudo, a mesma figura mostra quando foram realizadas as visitas domiciliares. Não necessariamente a realização do LIRAA antecedeu um período com um elevado número de casos e a frequência da sua realização não foi constante no quadriênio. Enquanto em 2018 (barras amarelas) foram realizados quatro LIRAA no município, em 2016 foram apenas dois (barras azuis), ambos executados após um período com elevado número de casos notificados no início do ano.

Figura 7 – Datas da realização do LIRAA e casos confirmados de dengue por semana epidemiológica, Pedro Leopoldo, 2015-2018



Fonte: SINAN (2015-2019).

Nota: As linhas verticais coloridas escuras indicam a data de realização do LIRAA, enquanto as barras verticais coloridas mais claras indicam a janela temporal de 2 e 4 semanas subsequente ao LIRAA.

Em relação ao tipo de recipiente mais comum em cada um dos setores visitados pelo LIRAA, foi observado que 589 setores (73,81%) não apresentaram nenhum recipiente com foco (Tabela 7). O tipo de recipiente com maior frequência de focos foi o tipo A2 (depósitos ao nível do solo para armazenamento doméstico como tonel, tambor, barril, tina ou depósitos de barro), com 68 setores (8,52%), enquanto o tipo menos comum foi o A1 (depósito de água elevado como caixas d'água, tambores, depósitos de alvenaria), com apenas 29 setores censitários com a incidência desse tipo. O tipo B, constituído de depósitos móveis, como vasos/frascos com água, pratos ou garrafas retornáveis apresentaram foco positivo para cerca de 7% das visitas. Os demais tipos foram agregados na categoria “Outros” por apresentarem baixa frequência.

Tabela 7 – Distribuição dos setores segundo tipo de recipiente e presença de foco no município de Pedro Leopoldo, 2015-2019

Tipo	N	%
Sem foco	589	73,81%
A2	68	8,52%
Outros	57	7,14%
B	55	6,89%
A1	29	3,63%
Total	798	100,00%

Fonte: Prefeitura Municipal de Pedro Leopoldo (2019a).

2.3.2 Análise econométrica

O resultado da relação entre o índice do LIRAA (IIP) e os casos confirmados de dengue (Tabela 8) — coeficientes em negrito — indicam que o índice predial tem uma correlação negativa com os casos de dengue naquele setor somente com uma janela temporal de três a quatro semanas. O resultado encontrado indica que 1% a mais de imóveis positivos visitados em um setor censitário impacta em uma diminuição de aproximadamente 5,3% no número de casos positivos na segunda quinzena (estatisticamente significativo à 5%). Ou seja, o LIRAA é correlacionado com os casos de dengue com uma defasagem de 3 a 4 semanas, mas não é correlacionado entre 1 e 2 semanas. Setores que foram visitados pelo LIRAA e foram encontrados focos (maior IIP), em média, tiveram uma redução no número confirmado de casos de dengue depois 3 a 4 semanas.

Outro achado importante se refere ao tipo do recipiente com foco encontrado por setor. Foi possível observar para a segunda quinzena da análise que todos os tipos de recipientes foram positivamente significativos *vis-a-vis* ao setor que não apresentou nenhum recipiente positivo. Porém a magnitude dos coeficientes variou em relação ao tipo, no sentido esperado. Recipientes que são de mais fácil intervenção apresentaram coeficientes menores (A2, B e Outros). Enquanto o tipo A1 apresentou maior coeficiente em relação aos demais. Esse tipo corresponde aos recipientes de armazenamento de água para consumo humano: caixa d'água elevada ligada à rede pública e/ou sistema de abastecimento particular (poço, cisterna, mina).

As demais variáveis de controle apresentaram o resultado esperado de acordo com a literatura. O volume de chuvas acumulado nos 15 dias antes da realização do LIRAA é estatisticamente significativo para aquele setor apresentar um valor diferente de zero de casos de dengue, em ambas as janelas temporais utilizadas. Isso é, um milímetro a mais de chuva duas semanas antes do LIRAA diminui a probabilidade de zero casos de dengue em cerca de 36% e 46%, respectivamente para a primeira e segunda quinzena. Após a estimação do *logit* para o primeiro estágio do modelo, foi verificado que o volume de chuvas acumulado continua estatisticamente significativo para aqueles valores diferentes de

zero. Um milímetro a mais de chuva acumulada aumenta a probabilidade de mais casos de dengue em aproximadamente 19% e 18% respectivamente para ambas as janelas temporais. Além disso, em relação à primeira quinzena, setores censitários que possuem nos seus setores vizinhos pontos estratégicos têm uma probabilidade maior que apresentarem casos confirmados de dengue, resultado não encontrado para a segunda quinzena. Já o controle por distrito se mostrou estatisticamente significativo para o distrito de Pedro Leopoldo (área central e mais urbana do município), com uma menor probabilidade de apresentarem casos de dengue na primeira quinzena em relação ao distrito de Dr. Lund.

Tabela 8 – Resultado da estimação do modelo ZINB

Variável	Primeira quinzena			Segunda quinzena			
	Coef.	sd	p-value	Coef.	sd	p-value	
Não zero (contagem)							
Constante	0,3548	1,1549	0,37	0,1196	-2,328	0,02	**
Chuva	1,1922	0,0838	0,04	1,184	3,181	0,00	***
IIP	0,9982	0,0283	0,95	0,947	-2,119	0,03	**
Ponto estratégico no setor	1,8922	0,3346	0,06	0,8766	-0,525	0,60	
Pronto estratégico no setor vizinho	0,7697	0,3973	0,51	1,4341	1,346	0,18	
Distrito (Ref.: Dr. Lund)							
Lagoa de Santo Antônio	0,5301	0,4533	0,16	1,0834	0,17	0,86	
Outros	2,8185	1,0893	0,34	2,1313	1,039	0,30	
Pedro Leopoldo	0,3649	0,3981	0,01	1,1875	0,376	0,71	
Tipo de recipiente (Ref.: Negativo)							
A1	0,3548	0,9209	0,26	10,4694	3,801	0,00	***
A2	1,0461	0,4419	0,92	2,3698	2,278	0,02	**
B	0,1971	0,6547	0,01	2,4532	1,94	0,05	*
Outros	1,1608	0,432	0,73	3,8159	3,665	0,00	***
Zero							
Constante	1607,7645	1,4545	0,00	1444,3433	1,3937	0,00	***
Chuva	0,6391	0,0995	0,00	0,5794	0,0818	0,00	***
IIP	1,0173	0,0541	0,75	0,996	0,0655	0,95	
Ponto estratégico no setor	0,8529	0,627	0,80	0,3733	0,5909	0,10	*
Pronto estratégico no setor vizinho	0,3246	0,6721	0,09	1,3105	0,5668	0,63	
Distrito (Ref.: Dr. Lund)							
Lagoa de Santo Antônio	1,2856	0,7901	0,75	0,2128	0,9566	0,11	
Outros	2,2732	1,8253	0,65	0,3014	1,5231	0,43	
Pedro Leopoldo	0,4728	0,7286	0,30	0,3854	0,9308	0,31	
Tipo de recipiente (Ref.: Negativo)							
A1	0,2116	1,9239	0,42	10,452	1,4511	0,11	
A2	0,7483	0,9056	0,75	0,6729	0,859	0,64	
B	0,0365	1,932	0,09	0,7913	0,9826	0,81	*
Outros	0,3183	0,9801	0,24	1,0173	0,9788	0,99	

Fonte: Prefeitura Municipal de Pedro Leopoldo (2019a).

Nota: Em vermelho variáveis estatisticamente significativas em até 10% e em negrito a variável de interesse desse artigo.

Domínio	Itens	Descrição	Agentes
Doença	Gastos médicos diretos		
	Cuidado ambulatorial	Despesas com pessoal para atendimento ambulatorial	Governo
		Testes de diagnósticos	
	Cuidado hospitalar	Gastos com internação (incluem todos os gastos relativos à internação hospitalar)	Governo seguros privados
	Gastos diretos não médicos		
	Cuidado hospitalar	Gastos com acompanhantes para menores e idosos	Domicílio
		Transporte para outros municípios	
	Medicamentos	Despesas com medicamentos para tratamento da doença	Governo
Gastos indiretos			
Absenteísmo	Dias perdidos com escola e trabalho	Domicílio	
Vigilância e ações preventivas	Vigilância	Pessoal, sistema de informação, ações preventivas e campanhas	Governo
	Insumos domésticos	Repelentes, telas, inseticida e ar-condicionado	Domicílio

2.4 Discussão

Esse trabalho mostrou que, o índice de infestação predial se mostrou negativamente correlacionado com casos de dengue, no nível do setor censitário com uma janela temporal de 3 e 4 semanas no município de Pedro Leopoldo. Essa correlação negativa pode ser resultado das visitas domiciliares que podem ter produzido um efeito importante para eliminar os focos encontrados. No caso da verificação de foco positivo, os ACEs tratam esses focos com larvicida e praticam a orientação dos residentes quanto àquele foco potencialmente reduzindo o número de casos confirmados da doença.

Os resultados para os tipos de recipiente que apresentaram larvas também foram estatisticamente significativos com diferentes magnitudes. Os setores com prevalência elevada de recipientes de armazenamento de água para consumo humano (A1) apresentaram 9 vezes mais chance de terem casos de dengue em relação àqueles setores que não tiveram nenhum foco encontrado. Para os demais tipos de recipiente a chance aumenta entre uma ou duas vezes, ou seja, inferior ao coeficiente observado para o tipo A1. Esse resultado pode indicar que recipientes do tipo A1 tem um potencial criador de mosquitos maior que os outros tipos. Intervir ou acessar esse tipo de recipiente é mais difícil se comparado aos demais repositórios que se localizam ao nível do solo ou são depósitos móveis. Esse resultado reforça o uso de políticas que combinem as visitas do LIRAA com outras estratégias, como a proposta por [Cunha et al. \(2021\)](#), que faz uso de imagens de drone e satélites para identificar piscinas e caixas d'água em risco, direcionando as ações dos gestores.

Ainda em relação aos tipos de recipiente, os achados para os repositórios tipo B⁷ também são interessantes. Para esses repositórios a visita do LIRAA está negativamente correlacionada com casos confirmados de dengue entre uma e duas semanas após a visita. Esse achado sugere que a visita ocasionou uma intervenção nesse tipo de recipiente que eliminou o ciclo reprodutivo do mosquito.

Em relação ao uso do LIRAA como ferramenta de monitoramento e alerta, os achados desse estudo para Pedro Leopoldo sugerem três aspectos que podem ser discutidos para melhor adequação da ferramenta. O primeiro aspecto se refere às atuais faixas de corte dos índices. Segundo especialistas em vigilância do município, os anos de 2015 e 2016, quando foram confirmados mais de 2.500 casos, foram anos epidêmicos e nenhum dos IIP desse período classificou o município como de alto risco de epidemia. [Ribeiro et al. \(2021\)](#) fazem essa crítica e sugerem adequação das faixas de corte utilizadas na classificação do IIP. Além disso, a não regularidade da realização do LIRAA, especialmente em períodos epidêmicos, dificulta o seu uso como uma ferramenta de gestão. No período analisado, por exemplo, em 2016, ano epidêmico em Pedro Leopoldo, foram realizados somente dois levantamentos, sendo o primeiro somente em julho daquele ano. Segundo gestores locais, em anos epidêmicos, a aplicação do LIRAA é dispensada pelo Ministério da Saúde, pois grande parte do território já pode estar apresentando a infecção. A justificativa para essa diretriz é que como a incidência é muito alta nesses períodos epidêmicos, não é interessante concentrar as ações de vigilância no monitoramento e visitas domiciliares *vis-a-vis* outras ações. O terceiro aspecto é a consideração dos tipos de recipiente. Como visto, o impacto dos diferentes tipos de repositório é importante para explicar a presença de casos confirmados. Na construção dos índices larvárias todos os recipientes recebem a mesma ponderação. Desconsiderar o tipo de recipiente com foco positivo pode subestimar a capacidade de reprodução do mosquito, levando a predição de uma incidência inferior à observada.

Esse trabalho apresenta algumas limitações associadas principalmente aos registros de casos notificados. A primeira delas é que estamos estimando a correlação entre a visita do LIRAA e a notificação do caso sob a hipótese de os indivíduos foram infectados no setor censitário de residência. No registro de notificação só há informação sobre o endereço de residência, embora ele possa ter sido infectado em outras localidades. A ausência do registro onde efetivamente os indivíduos são contaminados, pode ter subestimado a correlação encontrada nesse trabalho. Essa hipótese implica, por exemplo, que setores mais industrializados com poucas residências apresentariam um baixo contágio, o que não necessariamente pode ser verdade. Outra limitação associada aos dados disponíveis é a possível subnotificação dos casos de dengue. Da mesma forma que discutido anteriormente, a subnotificação dos casos também pode resultar em subestimação dessa correlação.

⁷ Recipientes do tipo B são depósitos móveis, por exemplo, vasos/frascos com água, pratos, garrafas retornáveis sendo, portanto, de fácil intervenção dos agentes de controle e dos residentes do domicílio.

Cabe mencionar ainda que o presente estudo tem baixa validade externa uma vez que a possibilidade de extrapolação dos resultados encontrados para outros municípios é limitada.

A despeito das limitações do uso do LIRAA como ferramenta de monitoramento, esse trabalho mostra que os dados dos levantamentos podem ser utilizados pelos gestores sob uma nova ótica. As informações das visitas domiciliares podem direcionar a atuação dos agentes endêmicos complementando a utilização do LIRAA como ferramenta de monitoramento. O LIRAA é uma política mandatória para todos os municípios com mais de dois mil imóveis, sendo fundamental que sejam exploradas todas as possibilidades de intervenção a partir de seus registros.

3 A carga econômica da dengue para o município de Pedro Leopoldo (2015-2019)

Resumo

A incidência e a carga econômica da dengue têm crescido em diversos países nas últimas décadas. Essa elevada carga econômica associada a dengue traz à tona a discussão sobre a necessidade de implementação de políticas de redução do número de casos que ocorre, principalmente, via combate do vetor. Esse trabalho tem como objetivo estimar a carga econômica da dengue do município de Pedro Leopoldo, distinguindo os gastos diretos e indiretos e seus diferentes componentes do cuidado. Além disso pretende-se analisar o valor dispendido na política do LIRAA em relação aos gastos de vigilância. Os gastos totais com a dengue para o município de Pedro Leopoldo durante os anos de 2015 a 2019 foi de US\$ 4.204.109,88. Nesse período os gastos anuais variaram entre US\$ 541.200,00 em 2017 a US\$ 1.225.833,32 em 2019. O gasto *per capita* com dengue variou entre US\$ 8,55 em 2017 e US\$ 19,08 em 2019. O maior percentual dos gastos se destina a vigilância em saúde, com pelo menos metade da carga da doença, de maneira estável em todos os anos desse estudo. O segundo maior componente foram os gastos estimados com absenteísmo nos anos com mais casos confirmados da doença. O gasto total estimado do município de Pedro Leopoldo com o LIRAA entre os anos de 2015 e 2018 foi de US\$ 22.318,80 para a realização de 12 pesquisas. Os gastos para cada LIRAA variaram em função dos setores censitários visitados, do preço do combustível, da remuneração média e do quantitativo de agentes empregados. Assim, ele variou de US\$ 1.200,48 em outubro de 2016 até US\$ 2.280,13 em janeiro de 2018.

Palavras-chave: Dengue. LIRAA. carga econômica. gastos diretos. gastos indiretos.

3.1 Introdução

A incidência da dengue tem crescido em diversos países nas últimas décadas. [Zeng et al. \(2021\)](#) apontam que o número global de casos de dengue passou de cerca de 23 milhões de casos em 1990 para 104 milhões de casos em 2017. Atualmente, segundo a [World Health Organization \(2020\)](#), cerca de 500 milhões de pessoas estão expostas ao risco de contrair dengue nas Américas, sendo o Brasil um dos países com maior incidência no mundo. Esses números provavelmente são ainda maiores devido à subnotificação de casos ([DUARTE; FRANÇA, 2006](#); [LIMA et al., 2007](#); [MELO et al., 2018](#); [MORAES; DUARTE, 2009](#); [TOLEDO et al., 2006](#)). No Brasil coexistem em circulação quatro sorotipos distintos (DENV-1, DENV-2, DENV-3 e DENV-4) e a cura da infecção por um sorotipo específico fornece imunidade somente contra esse tipo, mas não em relação aos demais vírus, e, portanto, um mesmo indivíduo pode ser infectado com dengue até quatro vezes.

Além da grande incidência, a carga econômica da dengue também merece destaque. De acordo com [Shepard et al. \(2016\)](#), o gasto global anual da dengue foi de US\$ 8,9 bilhões em 2013. Para a América Latina, uma revisão sistemática recente sobre o gasto da dengue estimou o impacto econômico médio anual de US\$ 3,2 bilhões, variando entre US\$ 1,4 e US\$ 5,9 bilhões ([PARENTE et al., 2018](#)). Os estudos incluídos diferem em relação a metodologia utilizada e aos componentes de gastos incluídos – gastos diretos médicos e não médicos e gastos indiretos, em diferentes cenários endêmicos e epidêmicos. Segundo [Yang et al. \(2021\)](#) a carga econômica da dengue tem aumentado desde 1990 devido ao processo de urbanização, mudanças climáticas e aumento da mobilidade humana. Os autores ressaltam que o Sudeste Asiático e o Sul da Ásia são áreas preocupantes, especialmente se observarmos nessas regiões o mesmo padrão de crescimento da carga econômica de dengue ocorrido nas Américas. [Nadjib et al. \(2019\)](#), em um estudo para a Indonésia, estimou, para 2015, carga econômica da dengue próxima a US\$ 381,15 milhões sendo, US\$ 355,2 milhões referente a gastos hospitalares e US\$ 26,2 milhões a cuidados ambulatoriais. Tendência crescente dos gastos hospitalar e ambulatorial também foi observada na Índia no período entre 2013 e 2018 como apontam [Hariharan et al. \(2019\)](#). Os autores mostraram que, em 2013, o gasto estimado com a dengue era de US\$ 1,51 bilhões, referente a mais de 18 milhões de casos sintomáticos e 1.602 mortes passando para US\$ 5,71 bilhões em 2018, com mais de 53 milhões de casos sintomáticos, 22.527 mortes.

Estudos recentes estimaram os gastos econômicos da dengue para o Brasil incluindo uma revisão sistemática ([SIQUEIRA JÚNIOR et al., 2022](#)). Foram incluídos 344 artigos que mostram aumento da incidência e da frequência de epidemias de dengue no país, com diferentes sorotipos. Dentre os 344 artigos incluídos, 12 apresentaram pelo menos uma estimativa de um componente de gasto com a dengue. Os gastos hospitalares por caso no período foram estimados em US\$ 3.416,27 (\pm US\$ 2.188,35) enquanto o gasto ambulatorial foi de US\$ 1.472,24 (\pm US\$ 1.695,50), variando entre regiões, grupo etário

dos pacientes e natureza do estabelecimento que oferta o serviço (público ou privado). Em termos regionais, os autores mostraram que a região Nordeste responde por quase metade dos gastos nacionais (48%), US\$ 81,12 milhões, seguida da região Sudeste com participação de 21% (US\$ 34,16 milhões). [Martelli et al. \(2015\)](#) usando metodologia de microcusteio estimaram o gasto com tratamento para os casos de dengue em quatro regiões brasileiras. Os autores encontraram impacto econômico variando de US\$ 468 milhões de dólares a US\$ 1,2 bilhões referentes a gastos médicos diretos (internação, atendimento ambulatorial), perda de produtividade e morte prematura para os pacientes com dengue dessas quatro regiões para os anos de 2009 a 2013. Os gastos foram estimados a partir de entrevistas com os pacientes e/ou com os respectivos cuidadores ([MARTELLI et al., 2015](#)). [Zara \(2016\)](#), a partir do cálculo da utilização de serviços ambulatoriais e hospitalares de pacientes com dengue em estabelecimentos públicos e privados de seis capitais brasileiras estimou o gasto total da dengue entre US\$ 760 e US\$ 854 milhões em 2013 e US\$ 760 milhões a US\$ 822 milhões em 2014. A estimativa incluiu os gastos médicos diretos e os gastos com o Programa Nacional de Controle da Dengue (PNCD). Desse montante, US\$ 551,4 milhões em 2013 e US\$ 652,5 milhões em 2014 são referentes ao gasto do PNCD ([ZARA, 2016](#)). [Godói et al. \(2018\)](#) estimaram os dispêndios do SUS com internação relacionada à dengue para o período de 2000 a 2015 e encontraram um gasto de US\$ 159 milhões para tratamento hospitalar da dengue e US\$ 10 milhões para tratamento da dengue grave ([GODÓI et al., 2018](#)). Em relação aos gastos com programas de controle vetorial, [Taliberti e Zucchi \(2010\)](#) calcularam que a Prefeitura Municipal de São Paulo realizou em 2005 um gasto total de aproximadamente US\$ 12,5 milhões com dengue, o que representa um gasto *per capita* de US\$ 1,14. Para o município de Goiânia os gastos *per capita* com controle vetorial parecem ser mais elevados que em São Paulo. [Santos et al. \(2015\)](#) estimaram um gasto total para o controle vetorial entre outubro de 2009 e setembro 2010 de US\$ 9 milhões, cifra que representa gasto *per capita* de US\$ 6,63.

A elevada carga econômica associada a dengue traz à tona a discussão sobre a necessidade de implementação de políticas de redução do número de casos que ocorre, principalmente, via combate do vetor. Atualmente no Brasil a principal ferramenta de controle e monitoramento do vetor é o Levantamento de Índices para o *Aedes aegypti* (LIRAA). O LIRAA é uma metodologia de amostragem que permite ao gestor conhecer, de forma ágil, a quantidade de imóveis em uma região com presença de recipientes com formas imaturas do *Aedes*, transmissor não só da Dengue, como da Chikungunya, Zika e Febre Amarela. No Brasil todos os municípios com mais de 2 mil imóveis são obrigados a executar o LIRAA ([BRASIL, 2013](#)). Espera-se que o LIRAA seja uma política eficaz no controle do vetor no território reduzindo assim os casos de dengue e, por consequência, a sua carga econômica.

Esse trabalho tem como objetivo estimar a carga econômica da dengue, distinguindo os gastos diretos e indiretos e seus diferentes componentes do cuidado. Além disso pretende-

se analisar o valor dispendido na política do LIRAA em relação aos gastos de vigilância. A análise é realizada para o município de Pedro Leopoldo, localizado em Minas Gerais no período de 2015 a 2019. A escolha do município se deve à oportunidade de acesso a dados inéditos sobre a implementação do LIRAA.

3.2 Metodologia

Este artigo é a primeira tentativa de estimar a carga econômica da Dengue em um município de médio porte do Brasil desagregando segundo as principais categorias de gastos diretos e indiretos. Adaptamos o método proposto por [Castro, Wilson e Bloom \(2017\)](#) para estimar a carga econômica da dengue usando principalmente dados administrativos secundários.

Apresentamos estimativas para a cidade de Pedro Leopoldo, localizada em Minas Gerais. Um município de porte médio (cerca de 60 mil habitantes), localizado próximo da capital do estado. Durante os anos de 2015 a 2019 o município teve, respectivamente, 1.008, 1.506, 5, 3 e 949 casos confirmados.

3.2.1 Base de dados

A partir de várias fontes de dados disponíveis organizamos uma base de dados para o período de 2015-2019 contendo todos os itens de dispêndio que serão considerados no cômputo da carga econômica da dengue, para cada ano do município de Pedro Leopoldo. Para a construção dessa base de dados foram utilizadas nove fontes de dados secundárias disponíveis publicamente pelo [DATASUS \(2015-2019\)](#) ou de pesquisas realizadas pelo Instituto Brasileiro Geografia e Estatística (IBGE). O período 2015-2019 inclui anos epidêmicos e não epidêmicos no município, permitindo o entendimento da variação dos gastos segundo os ciclos da doença. Todos os resultados foram calculados no R (v4.1.0).

3.2.1.1 Sistema de informação hospitalar (SIH)

A base de dados do [SIH \(2015-2019\)](#) contém informações mensais sobre todos os procedimentos hospitalares financiados e realizados no Sistema Único de Saúde. Todo prestador do SUS – público ou privado – deve preencher um formulário, denominado de autorização de internação hospitalar (AIH). Para cada diagnóstico, há uma lista de serviços e suprimentos de saúde esperados que devem ser reembolsados e seus valores são previamente pactuados pela tabela SIGTAP.

3.2.1.2 Sistema de informação sobre mortalidade (SIM)

O [SIM \(2015-2019\)](#) coleta todos os dados dos registros de mortalidade (certidões de óbito) no Brasil. Possui informações sobre características individuais, causa do óbito

(CID-10), data, local de ocorrência e residência dos óbitos por Dengue.

3.2.1.3 Sistema de informação de agravo de notificação (SINAN)

O SINAN (2010-2019) contém informações semanais sobre todos os casos de doenças que constam na lista nacional de doenças de notificação compulsória¹. Dengue, Zika e Chikungunya estão incluídos nesta lista. A notificação da dengue é obrigatória para estabelecimentos privados e públicos e inclui informações sobre o município de residência e ocorrência. Os dados das notificações de dengue foram solicitados diretamente ao município de Pedro Leopoldo. As demais doenças foram selecionadas pelo DATASUS.

3.2.1.4 Pesquisa nacional de saúde (PNS)

A PNS (2020) é uma pesquisa domiciliar sobre condições de saúde e uso de serviços de saúde representativa da população brasileira realizada pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE). Utilizamos sua edição de 2013 que tinha como amostra 81.767 domicílios em 1.600 municípios. A PNS será utilizada para parametrizar os dias afastados do trabalho/escola por caso de dengue.

3.2.1.5 Pesquisa nacional por amostra de domicílios (PNAD)

A PNAD (2020) é a principal pesquisa domiciliar do Brasil. É uma pesquisa realizada anualmente pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) com representatividade para todo o Brasil e Estados e investiga as condições socioeconômicas de todos os membros, composição familiar, emprego, escolaridade, além de outros temas específicos eventualmente incluídos. A PNAD será utilizada para parametrizar o salário nominal/hora para o período do estudo.

3.2.1.6 Pesquisa de orçamentos familiares (POF)

A POF (2017) é uma pesquisa nacional domiciliar realizada pelo IBGE que coleta informações sobre orçamento familiar como: consumo, despesas, renda e condições de vida. Neste artigo, utilizamos a edição referente aos anos de 2017-2018.

¹ A lista de doenças de notificação obrigatória incluídas no SINAN: acidente com animais peçonhentos, AIDS adulto, AIDS criança, atendimento antirrábico, botulismo, cólera, coqueluche, dengue, difteria, doença de chagas aguda, acidente de trabalho, câncer relacionado ao trabalho, dermatoses ocupacionais, exposição a material biológico, LER/DORT, PAIR, pneumoconiose, transtorno mental, epizootia, esquistossomose, febre amarela, febre de Chikungunya, febre do Nilo, febre maculosa, febre tifoide, gestante HIV, hanseníase, hantavírus, hepatites virais, influenza, intoxicação exógena, leishmaniose tegumentar americana e visceral, leptospirose, malária, meningite, poliomielite, peste, raiva humana, rotavírus, rubéola, sarampo, sífilis congênita e em gestante, síndrome de rubéola congênita, surto de doenças transmitidas por alimentos, tétano acidental e neonatal, tracoma, tuberculose, violência interpessoal/autoprovoada e Zika vírus.

3.2.1.7 Relação anual de informações sociais (RAIS)

A RAIS (2015-2019) é um relatório solicitado pelo Governo Federal para todas as pessoas jurídicas e outros empregados, anualmente. Ele contém informações sobre rendimentos, duração dos vínculos e carga horária de trabalho, por vínculo empregatício.

3.2.1.8 Sistema de informações sobre orçamentos públicos em saúde (SIOPS)

O financiamento do sistema público de saúde nacional é realizado pelas três esferas de governo e, essas informações sobre receitas e despesas são organizadas no SIOPS (2015-2019). Com esses dados será possível selecionar os gastos que o município de Pedro Leopoldo informa de gasta com Vigilância em saúde.

3.2.1.9 Estimativas populacionais

As informações demográficas populacionais utilizadas serão as estimativas elaboradas pela Coordenação-Geral de Informações e Análises Epidemiológica do Ministério da Saúde (MS/SVS/DASNT/CGIAE, 2015-2019) desagregadas por município e por ano com base nas projeções populacionais de 2018 (IBGE, 2018).

3.2.2 Componentes de gastos

Os componentes de gastos incluídos são estimados considerando dois domínios de acordo com a estrutura adaptada por Castro, Wilson e Bloom (2017): (1) Doença; e (2) Vigilância e Ações Preventivas. O domínio da doença compreende o tratamento da doença, incluindo gastos diretos médicos (cuidados ambulatoriais e de internação, medicamentos e testes), gastos diretos não médicos (alimentação, hospedagem e transporte) e gastos indiretos (absenteísmo devido à doença). O domínio da vigilância e ações preventivas inclui o gasto com vigilância em saúde assim como suprimentos/insumos para prevenção. Os valores estimados foram validados com os especialistas da Secretaria Municipal de Saúde de Pedro Leopoldo.

O manejo clínico para o tratamento da Dengue definido pelo Ministério da Saúde (BRASIL, 2013) recomenda, para os casos menos severos, a realização de uma consulta médica e, caso seja critério médico, a realização de um teste RT-PCR e de um hemograma completo. Tem caráter obrigatório somente a realização da sorologia IgM e da prova do laço, sendo a consulta médica uma recomendação.

No município de Pedro Leopoldo, o atendimento para casos suspeitos de dengue é em geral referenciado no posto de saúde mais próximo da residência de cada morador. O morador que procura atendimento recebe uma consulta com um profissional de saúde onde é realizado o teste do tipo RT-PCR. Este teste é realizado em um laboratório particular previamente contratado pelo município. Após o exame, e caso este seja positivo, o paciente

é submetido a um hemograma completo, também já previamente contratado nesse mesmo laboratório particular. No próprio posto de saúde, o paciente é orientado quanto a linha de cuidado da dengue e são fornecidos gratuitamente todos os medicamentos necessários para o tratamento protocolar.

O **Quadro 2** mostra os itens considerados na estimativa. Todos os valores foram convertidos em dólares americanos PPP de 2019². Os valores estimados foram validados com a equipe técnica da Secretaria de Saúde do Município de Pedro Leopoldo.

Quadro 2 – Framework utilizado por domínio, itens e agente financiador

Domínio	Itens	Descrição	Agentes
Doença	Gastos médicos diretos		
	Cuidado ambulatorial	Despesas com pessoal para atendimento ambulatorial	Governo
		Testes de diagnósticos	
	Cuidado hospitalar	Gastos com internação (incluem todos os gastos relativos à internação hospitalar)	Governo e seguros privados
	Gastos diretos não médicos		
	Cuidado hospitalar	Gastos com acompanhantes para menores e idosos	Domicílios
		Transporte para outros municípios	
	Medicamentos	Despesas com medicamentos para tratamento da doença	Governo
Gastos indiretos			
Absenteísmo	Dias perdidos com escola e trabalho	Domicílios	
Vigilância e ações preventivas	Vigilância	Pessoal, sistema de informação, ações preventivas e campanhas	Governo
	Insumos domésticos	Repelentes, telas, inseticida e ar-condicionado	Domicílios

Fonte: Adaptado de [Castro, Wilson e Bloom \(2017\)](#).

A próxima seção apresenta em detalhes como cada componente foi mensurado e as hipóteses adotadas no trabalho.

3.2.2.1 Domínio da doença

Gastos médicos diretos:

Os gastos médicos diretos correspondem ao cuidado ambulatorial e hospitalar que os moradores de Pedro Leopoldo receberam ao procurar atendimento com sintomas de dengue. Esses cuidados incluem gastos com consultas, testes de diagnósticos, internações hospitalares, medicamentos e insumos médicos.

- Cuidado ambulatorial:

² A conversão foi realizada utilizando a ferramenta CCEMG – EPPI Centre Cost Converter <<https://eppi.ioe.ac.uk/costconversion/>>

Os gastos com cuidado ambulatorial correspondem basicamente aos gastos com pessoal para atendimento dos pacientes (consultas). Neste trabalho supomos que cada notificação (confirmada ou descartada) de dengue corresponde a uma consulta ambulatorial. Usualmente, o indivíduo realiza uma consulta ambulatorial, faz o teste e, caso positivo é orientado e procede à recuperação em casa. Eventualmente, podem ocorrer duas consultas no caso de o indivíduo receber a primeira consulta e retornar para uma consulta de acompanhamento. Como não é possível saber de maneira objetiva quantas consultas cada paciente realizou, adotaremos esses dois cenários na estimativa. O primeiro cenário base onde todos os casos notificados realizam somente uma consulta ambulatorial e um segundo cenário onde todos os pacientes positivos retornam para uma consulta de acompanhamento. O valor da consulta ambulatorial foi definido segundo o procedimento código SIGTAP 03.01.01.007-2, consulta médica em atenção especializada, no valor de R\$10,00.

- Testes de diagnóstico:

Os gastos com testes diagnósticos foram disponibilizados diretamente pelo município de Pedro Leopoldo pois eles são terceirizados para um laboratório privado. Ou seja, o município tem um contrato com o laboratório privado para cobertura de todos os testes de dengue. Todos os pacientes que procuram atendimento relacionados à dengue no município realizam um teste do tipo PCR. No caso de resultado positivo, realizam também um hemograma completo. Os valores despendidos com todos os testes PCR e hemogramas realizados no município foram disponibilizados pela Secretaria Municipal de Saúde por ano.

- Hospitalizações:

No SUS, as internações são financiadas principalmente por transferência federal fundo a fundo e por contrapartidas municipais. O gasto com hospitalização por Dengue foi obtido somando anualmente o valor transferido do governo federal para o município para o financiamento dessas internações. Foram selecionadas todas as internações cujos diagnóstico principal era atinente a procedimentos de tratamento de dengue clássica: código SIGTAP 03.03.01.0010; dengue hemorrágica, código 03.03.01.002; e procedimentos em que o diagnóstico principal CID-10 estava associado a dengue (A90 e A91). Embora o município participe do financiamento do gasto hospitalar, os dados financeiros não permitem identificar qual é o valor dispendido no município com a dengue. Nesse trabalho, os gastos financiados diretamente pelo município de Pedro Leopoldo com internação hospitalar não foram considerados.

Como o Brasil possui um sistema de saúde misto, os gastos com saúde podem também ser financiados por operadoras de planos de saúde. Nesse contexto, a mensuração

da carga econômica deve considerar também os gastos atinentes à parcela da população beneficiária de plano de saúde. Como os registros de internações no setor de saúde suplementar ainda são subnotificados, para incluir os gastos do setor privado com internações de dengue, supusemos que a mesma proporção de casos hospitalizados no SUS seja observada no setor privado. Dessa forma, para contabilizar os gastos privados com hospitalização, consideramos um fator de expansão do gasto público definido a partir da parcela da população que possui seguros privados de saúde no município para cada ano (ANS, 2015-2019).

- Medicamentos e outros insumos:

Em Pedro Leopoldo os pacientes com diagnóstico positivo para dengue, recebem todos os medicamentos gratuitamente pela prefeitura. Os valores dessas compras foram fornecidos diretamente pelo município, por ano. Esses insumos incluem Soro Fisiológico 0,9%, Dipirona (líquido, venoso e comprimido), sais de Reidratação, metoclopramida venoso, dispositivos intravenosos nº 16 até nº 24, além de equipo microgotas. Essas compras foram exclusivas para tratamento de dengue. Todos os gastos com esses insumos foram fornecidos pela Secretaria Municipal de Saúde de Pedro Leopoldo para o período do estudo.

Gastos não médicos diretos:

- Transporte intermunicipal para internações hospitalares:

Os gastos com transporte se referem somente aos pacientes residentes de Pedro Leopoldo que realizaram a internação em outros municípios. Esses pacientes realizam gastos de transporte referente ao deslocamento Pedro Leopoldo-município de ocorrência da internação. Considerando uma eficiência de combustível de 10 km/litro de gasolina o gasto de transporte foi estimado considerando a distância intermunicipal com transporte rodoviário segundo [Carvalho, Amaral e Mendes \(2020\)](#). O preço médio de gasolina por litro foi obtido na ANP ([AGÊNCIA NACIONAL DO PETRÓLEO, 2015-2019](#)). O deslocamento intramunicipal não foi contabilizado uma vez que todos os atendimentos de dengue no município são realizados nos postos de saúde, em geral, próximos à residência do paciente.

- Gastos com alimentação dos acompanhantes:

Os pacientes hospitalizados, em geral, possuem acompanhantes durante o período da internação. Esses acompanhantes dispendem gastos com alimentação e transporte que compreendem gastos diretos não médicos. Nesse trabalho, para cada paciente idoso (maior que 65 anos) ou menor de idade (menor que 18 anos) foi considerada a presença de um

acompanhante que realiza com gastos de alimentação durante o período da hospitalização. O valor do gasto com alimentação diário foi mensurado utilizando como *proxy* o valor do salário-mínimo dia. Não será imputado gasto para o transporte desse acompanhante. Faremos a hipótese que ele se deslocou junto com o paciente.

Gastos indiretos:

- Absenteísmo:

Além dos gastos diretos médicos e não médicos, a dengue acarreta também gastos indiretos. Nesse trabalho incluímos somente o absenteísmo que corresponde aos dias de trabalho ou escola perdidos em decorrência da dengue.

O número de dias perdidos por absenteísmo por dengue foi obtido na Pesquisa Nacional de Saúde (PNS, 2020) com, em média, 6,07 dias. Essa estimativa de dias foi obtida no Módulo J da PNS sobre Utilização de Serviços de Saúde. Mais especificamente, a pergunta J003 que questiona o indivíduo quantos dias ele deixou de realizar suas atividades habituais, combinado com a pergunta J00402 que indica que esse absenteísmo foi devido a Dengue, Chikungunya, Zika Vírus ou Febre amarela.

Para mensurar o absenteísmo valoramos os dias de trabalho potencialmente perdidos devido à dengue a partir do valor do salário-hora nominal para maiores de 18 anos obtido na PNAD (2020) para a RMBH. A valoração para os indivíduos com menos de 18 anos foi gasto diário nacional por aluno foi obtido nas Education Statistics do Banco Mundial (WORLD BANK, 2017). Ambos foram usados como *proxies* para gastos de oportunidade de tempo para indivíduos maiores e menores de 18 anos.

3.2.2.2 Domínio de vigilância e ações preventivas

O domínio da vigilância e ações preventivas inclui dois componentes. O primeiro componente são os gastos com vigilância em saúde e o segundo componente os gastos domiciliares com insumos de prevenção a dengue.

- Vigilância epidemiológica³:

A principal dificuldade para contabilizar os gastos de vigilância em saúde é que, em geral, os sistemas de contabilidade não são organizados por doença. Dessa forma, o desafio é identificar de maneira direta os gastos com vigilância específicos para o combate e

³ A resolução SES/MG nº 7.733, de 22 de setembro de 2021 institui e normaliza as ações estratégicas e o repasse de incentivo financeiro aos municípios para auxiliar no enfrentamento das arboviroses. Não foi possível acessar o volume financeiro recebido em Pedro Leopoldo que tiveram origem do estado ou união que foram destinados exclusivamente para fortalecimento da vigilância em Dengue para o período do estudo.

controle da dengue. Diante da inexistência da informação, adotamos, nesse trabalho, rateio dos gastos totais de vigilância declarados no SIOPS (2015-2019) considerando a proporção das notificações da dengue em relação as notificações totais de todas as doenças incluídas no SINAN (2010-2019). Em função do comportamento cíclico da dengue e das demais doenças do SINAN, o rateio foi realizado considerando as informações do período de 2010 até 2019, por ano. A proporção que será utilizada como rateio foi construída considerando três cenários. O primeiro cenário (baseline) considera a proporção média dos anos 2010 até 2019 para o município. O segundo cenário utiliza como rateio da vigilância a mediana da proporção de casos notificados de dengue em relação as notificações de todas as doenças. Por fim, o terceiro cenário exclui os três maiores e menores valores para a proporção de casos de dengue em relação ao total de doenças por notificação compulsória observado no período de 2010 a 2019 e calcula a média para os quatro anos restantes.

- Dispendios domiciliares com insumos para a prevenção da dengue:

Os gastos domiciliares com insumos de combate ao mosquito, incluem gastos com inseticida, repelente, telas de proteção e ar-condicionado. Esse consumo foi obtido na POF (2017) que apresenta o quantitativo de cada item consumido pelas famílias. Nesse trabalho supomos que qualquer utilização desses insumos foi relacionada à atividade de prevenção da dengue. Como o menor nível de desagregação da POF é região metropolitana, não é possível obter a informação de consumo considerando somente famílias residentes em Pedro Leopoldo. Para contornar essa limitação utilizamos a informação disponível para a RMBH supondo que a estrutura de consumo das famílias observada com esses itens na RMBH é a mesma dos residentes de Pedro Leopoldo. O valor dispendido pelas famílias de Pedro Leopoldo foi obtido atribuindo aos gastos totais observados na RMBH a proporção da população de Pedro Leopoldo em relação dos residentes da RMBH (excluindo a capital).

3.2.3 Gastos com a realização da política do LIRAA

Um dos componentes dos gastos incluídos na vigilância são os gastos específicos do LIRAA para o período⁴. O LIRAA é a principal ferramenta de monitoramento do *Aedes* no Brasil e de aplicação obrigatória em todos os municípios com mais de dois mil imóveis. O seu desenho é definido em Brasil (2013) e consiste em visitas domiciliares para localizar e monitorar os focos do mosquito pelo território do município. Serão incorporados nos gastos do LIRAA os seguintes componentes:

Pessoal: gasto com os agentes responsáveis pelas visitas domiciliares do LIRAA. Durante a execução do LIRAA, os agentes preenchem a ficha de visita domiciliar com

⁴ Os gastos com o LIRAA já estão incluídos no componente de vigilância. Por esse motivo esse gasto não entrará no somatório dos gastos totais da carga da doença para evitar dupla contagem desses valores. Além disso, só foi possível ter acesso aos dados do LIRAA para os anos de 2015 a 2018. Por tal motivo, não serão calculados os gastos do LIRAA para o ano de 2019.

as informações dos imóveis visitados, a data da visita e o nome do agente que realizou (identificação única). Através dessas informações é possível mensurar o número de agentes que efetivamente trabalharam em cada LIRAA considerando a duração em dias de sua realização. O gasto com pessoal foi estimado considerando o número de dias de trabalho dedicados à coleta das informações do LIRAA. O salário médio dos agentes foi calculado a partir do valor da remuneração média declarada na (RAIS, 2015-2019) para cada ano pelo município de Pedro Leopoldo para as seguintes ocupações: Agente de combate às endemias (5151-40) ou Agente Comunitário de Saúde (5151-05). A [Equação 3.1](#) descreve o método de cálculo dos gastos com recursos humanos:

$$\frac{(\text{salário médio dos agentes})}{30} \times \text{dias de duração das visitas} \times \text{número de agentes empregados} \quad (3.1)$$

Transporte: O gasto com transporte decorre do valor gasto com combustível para deslocamento dos agentes aos domicílios a serem visitados. Esse deslocamento foi estimado a partir do percurso de carro do prédio da secretaria municipal de vigilância até o ponto médio de cada imóvel visitado em cada pesquisa, por setor censitário. Essa distância foi obtida pela API do *OpenStreet Maps*. A estimativa do número de litros de combustível foi realizada considerando um consumo médio de 10km/l. O valor do combustível foi obtido no portal da ANP ([AGÊNCIA NACIONAL DO PETRÓLEO, 2015-2019](#)).

3.3 Resultados

3.3.1 Carga econômica da dengue

Os resultados estimados para os gastos estão apresentados na [Tabela 9](#) em dólares americanos PPP de 2019. Os gastos totais com a dengue para o município de Pedro Leopoldo durante os anos de 2015 a 2019 foi de US\$ 4.204.109,88. Nesse período os gastos anuais variaram entre US\$ 541.200,00 em 2017 a US\$ 1.225.833,32 em 2019. O gasto *per capita* com dengue variou entre US\$ 8,55 em 2017 e US\$ 19,08 em 2019. Esses valores representam uma variação de 126,16%. Os menores valores de gasto *per capita* foram observados em anos com baixo número de casos notificados, enquanto, os maiores gastos *per capita* ocorreram nos anos com maior número de casos.

Tabela 9 – Gastos da dengue, por componente e ano, em US\$ de 2019, Pedro Leopoldo, 2015-2019

Componentes	2015	2016	2017	2018	2019
Cuidado ambulatorial	35.089,10	33.863,99	21.198,09	37.601,54	87.631,13
Cuidado hospitalar	1.395,52	1.341,64	129,39	44,17	3.230,56
Medicamentos	84.011,06	101.906,10	106.924,38	131.038,37	112.134,76
Absenteísmo	214.186,91	308.265,04	8.808,67	6.742,07	246.802,75
Vigilância	374.820,67	498.313,12	365.587,38	488.022,57	739.983,74
Insumos domésticos	43.120,18	39.894,97	38.552,09	37.419,54	36.050,38
Gasto total	752.623,45	983.584,86	541.200,00	700.868,25	1.225.833,32
População	62.353	62.834	63.305	63.789	64.258
Gasto per capita	12,07	15,65	8,55	10,99	19,08
Casos notificados	1.008	1.506	5	3	949

Fonte: Elaborado pelos autores.

Em relação a composição dos gastos por componentes (Tabela 10), observa-se que o maior percentual dos gastos se destina a vigilância em saúde, com pelo menos metade da carga da econômica, de maneira estável em todos os anos desse estudo. O segundo maior componente foram os gastos estimados com absenteísmo, que um valor máximo de 31,34% em 2016. O terceiro maior componente na carga total da doença foram os medicamentos fornecidos pela prefeitura previamente comprados, variando entre 10% e 20% da carga municipal total.

Os demais componentes — cuidados ambulatoriais e hospitalares e gastos com insumos domésticos — apresentaram baixo percentual em relação aos demais gastos municipais. Isso indica que a grande maioria dos moradores de Pedro Leopoldo infectados não demandam um montante financeiro elevado de internações hospitalares. A maioria dos atendimentos é realizada no ambiente ambulatorial através das consultas, realização de testes PCR e disponibilização de medicamentos.

Tabela 10 – Composição dos gastos com dengue, por componente e ano, em US\$ de 2019, Pedro Leopoldo, 2015-2019

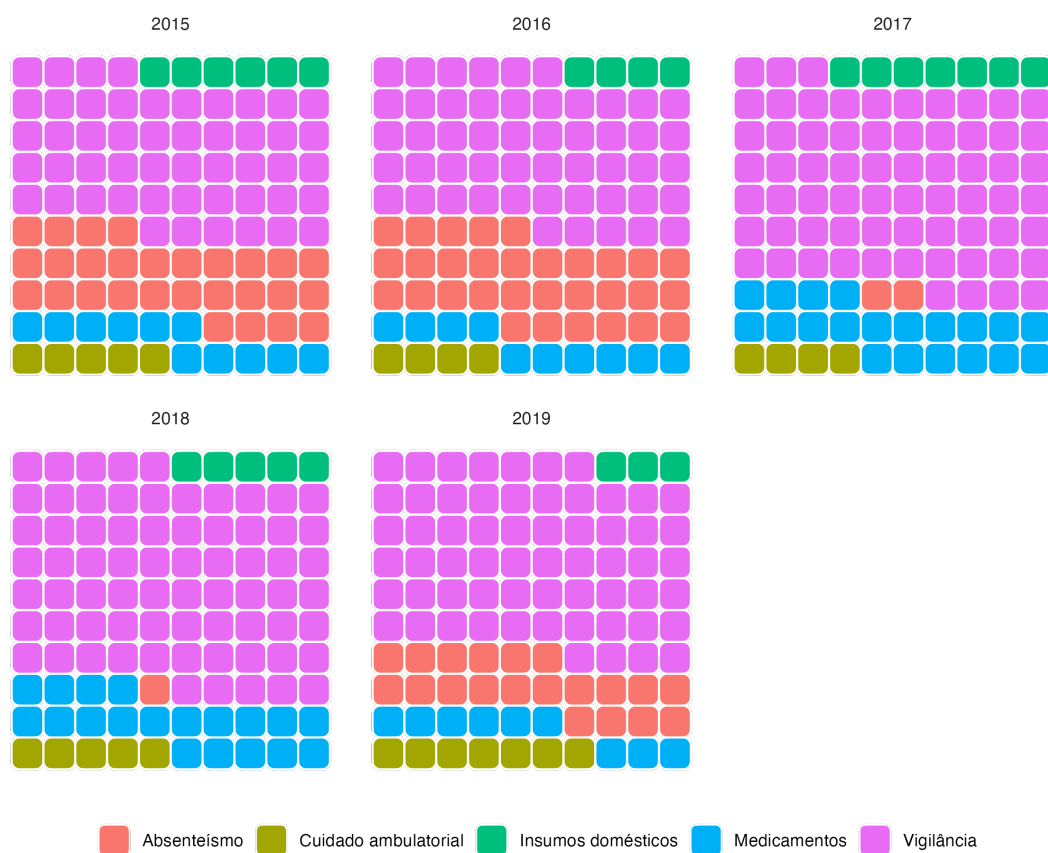
Componentes	2015	2016	2017	2018	2019
Cuidado ambulatorial	4,66%	3,44%	3,92%	5,36%	7,15%
Cuidado hospitalar	0,19%	0,14%	0,02%	0,01%	0,26%
Medicamentos	11,16%	10,36%	19,76%	18,70%	9,15%
Absenteísmo	28,46%	31,34%	1,63%	0,96%	20,13%
Vigilância	49,80%	50,66%	67,55%	69,63%	60,37%
Insumos domésticos	5,73%	4,06%	7,12%	5,34%	2,94%
Gasto total	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%

Fonte: Elaborado pelos autores.

A Figura 8 mostra um resultado similar a Tabela 10 anterior. Na figura é possível verificar que componentes que variam pouco em relação a anos epidêmicos (aqui consi-

derados 2015-2016 e 2019) ou endêmicos (2017-2018), enquanto outros componentes são função desse número de casos. O componente do absenteísmo, por exemplo, é função direta dos casos confirmados. Nos anos com maior volume de casos confirmados no município (2015-2016 e 2019), os gastos com absenteísmo foram maiores. Já os gastos com vigilância em saúde ou medicamentos são mais estáveis ao longo dos anos, não variando muito em função da sobrecarga no sistema de saúde.

Figura 8 – Composição dos gastos com dengue, por componente e ano, em US\$ de 2019, Pedro Leopoldo, 2015-2019



Fonte: Elaborado pelos autores.

Nota: Cada quadrado corresponde a 1% do gasto total. Os gastos com cuidado hospitalar foram omitidos devido ao baixo percentual (> 1%).

3.3.2 Análise de sensibilidade

Os gastos estimados nesse trabalho foram obtidos por meio de gastos realizados que foram possíveis de ser mensurados. Portanto, é possível que haja alguma imprecisão ou sub mensuração de alguns dos componentes, especialmente aqueles que foram baseados em algum pressuposto ou hipótese de construção determinística. Com a intenção de

incorporar na estimativa da carga econômica da dengue algumas possíveis variações nesses cenários, iremos realizar uma análise de sensibilidade variando dois componentes: número de consultas ambulatoriais e gastos com vigilância.

Os resultados apresentados até então correspondem ao chamado de cenário *baseline*. Esse cenário imputa uma consulta ambulatorial para cada paciente que procurou atendimento com sintomas de dengue e realizaram o teste PCR (seja ele com resultado positivo ou descartado). Esse cenário também utiliza os rateios médios do período de 2010 a 2019 com vigilância⁵.

Os demais cenários serão construídos com duas consultas ambulatoriais por paciente e com a mediana dos gastos de vigilância e com a exclusão de gastos de vigilância que foram atípicos (foram excluídos os 3 maiores e 3 menores valores do período). A combinação desses dois cenários de consultas ambulatoriais e três de vigilância produz cinco cenários, além do cenário base (Quadro 3).

Quadro 3 – Cenários construídos

Cenário	Variáveis
<i>Baseline</i>	1 consulta ambulatorial e vigilância média
Cenário 1	1 consulta ambulatorial e vigilância mediana
Cenário 2	1 consulta ambulatorial e vigilância sem outliers
Cenário 3	2 consultas ambulatoriais e vigilância média
Cenário 4	2 consultas ambulatoriais e vigilância mediana
Cenário 5	2 consultas ambulatoriais e vigilância sem outliers

Fonte: Elaborado pelos autores.

Os resultados dos gastos estimados para todos os cenários estão apresentados na Tabela 11 abaixo, em valores totais e *per capita*. Os gastos tiveram como menores valores o cenário *baseline* construído e como maiores gastos o Cenário 4, com duas consultas ambulatoriais e mediana dos gastos de vigilância do município no período de 2010 a 2019.

Observa-se, ainda, que em anos com maiores casos de dengue os valores, tanto os valores absolutos como *per capita* foram maiores, indicando que na carga econômica da dengue alguns valores são função direta dos casos, enquanto existe um componente que é fixo.

⁵ O período utilizado para estimar os gastos com vigilância foi de 2010 a 2019.

Tabela 11 – Gastos totais e *per capita* por cenários construídos e ano, em US\$ de 2019, Pedro Leopoldo, 2015-2019

	Gasto total				
	2015	2016	2017	2018	2019
<i>Baseline</i>	752.623,45	983.584,86	541.200,00	700.868,25	1.225.833,32
Cenário 1	805.772,98	1.054.245,62	593.040,26	770.069,81	1.330.762,94
Cenário 2	804.731,75	1.052.861,33	592.024,68	768.714,11	1.328.707,31
Cenário 3	758.936,40	991.907,43	541.401,58	701.038,82	1.232.082,71
Cenário 4	812.085,94	1.062.568,18	593.241,83	770.240,38	1.337.012,33
Cenário 5	811.044,71	1.061.183,90	592.226,25	768.884,68	1.334.956,70

	Gasto <i>per capita</i>				
	2015	2016	2017	2018	2019
<i>Baseline</i>	12,07	15,65	8,55	10,99	19,08
Cenário 1	12,92	16,78	9,37	12,07	20,71
Cenário 2	12,91	16,76	9,35	12,05	20,68
Cenário 3	12,17	15,79	8,55	10,99	19,17
Cenário 4	13,02	16,91	9,37	12,07	20,81
Cenário 5	13,01	16,89	9,36	12,05	20,77

Fonte: Elaborado pelos autores.

Em relação aos valores do gasto *per capita* encontrados para o município, a [Tabela 12](#) abaixo compara o intervalo dos cenários com os gastos *per capita* com atenção básica e gasto com saúde de Minas Gerais e do Brasil. O município de Pedro Leopoldo apresentou no período do estudo um gasto com atenção básica e gasto total com saúde *per capita* acima dos gastos nacionais e de Minas Gerais. Isso pode ser explicado por, além de outros fatores, o município provê serviços e cuidados além daqueles preconizados na linha guia de atenção à dengue, embora tenha apresentado uma queda nos gastos *per capita* com atenção básica no município nos anos de 2018 e 2019.

Tabela 12 – Gasto *per capita* com saúde e com atenção básica, por ano, em US\$ de 2019, Brasil, Minas Gerais e Pedro Leopoldo, 2015-2019

Gasto <i>per capita</i>		2015	2016	2017	2018	2019
Brasil	Atenção Básica	60,29	57,4	55,27	54,17	60,01
	Gasto total com Saúde	309,06	309,38	313,3	314,82	305,42
Minas Gerais	Atenção Básica	13,24	22,3	19,51	13,51	33,68
	Gasto total com Saúde	269,84	199,03	200,56	185,23	217,69
Pedro Leopoldo	Atenção Básica	136,88	135,24	120,63	78,29	87,1
	Gasto total com Saúde	430,87	434,42	404,52	410,42	426,54
Carga Econômica da Dengue		12,07-13,02	15,65-16,91	8,55-9,37	10,99-12,07	19,08-20,81

Fonte: Elaborado pelos autores.

O percentual da carga econômica da dengue *per capita* em relação ao gasto total

com saúde municipal está apresentado na [Tabela 13](#). Esse percentual variou em função dos cenários construídos e apresentou os maiores percentuais no ano de 2019 e menores no ano de 2017. Durante todos os anos do estudo a carga econômica com dengue no município correspondeu a um percentual entre 2,11% e 4,88% do gasto total *per capita* com saúde do município de Pedro Leopoldo.

Tabela 13 – Percentual da carga econômica *per capita* da dengue em relação ao gasto total *per capita* em saúde, Pedro Leopoldo, em US\$ de 2019, 2015-2019

	2015	2016	2017	2018	2019
Mínimo	2,80%	3,60%	2,11%	2,68%	4,47%
Máximo	3,02%	3,89%	2,32%	2,94%	4,88%

Fonte: Elaborado pelos autores.

3.3.3 Gastos específicos do LIRAA

O gasto total estimado do município de Pedro Leopoldo com o LIRAA entre os anos de 2015 e 2018 foi de US\$ 22.318,80 para a realização de 12 pesquisas ([Tabela 15](#)). Os gastos para cada LIRAA variaram em função dos setores censitários visitados, do preço do combustível, da remuneração média e do quantitativo de agentes empregados. Assim, ele variou de US\$ 1.200,48 em outubro de 2016 até US\$ 2.280,13 em janeiro de 2018. A [Tabela 14](#) apresenta a duração e a quantidade de agentes empregados em cada LIRAA.

Tabela 14 – Quantidade de dias e agentes utilizados em cada LIRAA, 2015-2019

Período	Duração (dias)	Recursos humanos (agentes)
jan/15	5	21
mar/15	4	21
out/15	5	20
jul/16	3	20
out/16	4	15
jan/17	3	20
mar/17	5	20
out/17	5	15
jan/18	5	20
abr/18	5	20
ago/18	5	20
out/18	5	20

Fonte: Elaborado pelos autores.

Na estimativa dos gastos específicos com a realização do LIRAA o maior componente do gasto foi a remuneração dos agentes. Essa remuneração variou entre US\$ 1.153,37 até US\$ 2.232,91, uma variação percentual de 94,60%. Os gastos com combustíveis foram mais estáveis, entre US\$ 42,97 e US\$ 57,79, variando 34,49%.

Tabela 15 – Gasto com transporte e agentes para a realização do LIRAA, por LIRAA, em US\$ de 2019, Pedro Leopoldo, 2015-2019

Ano	Mês	Transporte	Remuneração dos agentes	Gasto por LIRAA	Gasto anual
2015	janeiro	44,91	1.917,23	1.962,14	5.415,38
	março	42,97	1.533,78	1.576,75	
	outubro	50,56	1.825,93	1.876,49	
2016	julho	52,37	1.153,37	1.205,74	2.406,22
	outubro	47,11	1.153,37	1.200,48	
2017	janeiro	47,01	1.339,75	1.386,75	5.391,54
	março	47,19	2.232,91	2.280,10	
	outubro	50	1.674,68	1.724,68	
2018	janeiro	56,79	2.223,34	2.280,13	9.105,66
	abril	50,6	2.223,34	2.273,94	
	agosto	53,83	2.223,34	2.277,17	
	outubro	51,08	2.223,34	2.274,42	

Fonte: Elaborado pelos autores.

Em termo percentuais (Tabela 16), os gastos anuais com o LIRAA correspondem a algo na ordem de 1% dos gastos de vigilância e da carga total da dengue no município. Esse percentual varia em função da quantidade de LIRAA realizadas em cada ano. Em 2018 foram realizadas quatro pesquisas domiciliares, enquanto em 2016 foram apenas duas.

Tabela 16 – Percentual do gasto anual do LIRAA em relação ao gasto de vigilância municipal e ao gasto total da dengue, em US\$ de 2019, Pedro Leopoldo, 2015-2018

Ano	LIRAA	Vigilância		Gasto total com dengue	
		Valor	%	Valor	%
2015	5.415,38	374.820,67	1,44	752.623,45	0,72
2016	2.406,22	498.313,12	0,48	985.016,98	0,24
2017	5.391,54	365.587,38	1,47	542.583,91	0,99
2018	9.105,66	488.022,57	1,87	700.868,25	1,3

Fonte: Elaborado pelos autores.

3.4 Discussão

Esse trabalho teve como objetivo principal estimar a carga econômica da dengue em Pedro Leopoldo, Minas Gerais, nos anos de 2015 a 2019. A carga econômica municipal variou entre US\$ 514.200,00 a US\$ 1.225.833,32, por ano, com um valor total para o período de cinco anos de uma carga total de US\$ 4.204.109,88. Em valores *per capita*, a carga estimada variou US\$ 20,81 a US\$ 8,55 por habitante do município, correspondendo entre cerca de 2% e 5% dos gastos totais *per capita* em saúde de Pedro Leopoldo.

Em relação aos gastos *per capita*, [Andrade et al. \(2017\)](#) estimou, com metodologia similar a desse trabalho para o Brasil e Unidades da Federação, um gasto *per capita* nacional em 2015 de US\$ 16,12 e para Minas Gerais de US\$ 15,75. [Martelli et al. \(2015\)](#) estimou um gasto *per capita* nacional entre US\$ 7,40 e US\$ 20,98. Nesse trabalho o gasto *per capita* de Pedro Leopoldo para 2015 variou entre US\$ 12,07 e US\$ 13,02, na mesma ordem de grandeza dos demais trabalhos.

Especificamente em relação aos gastos com vigilância, esses foram os mais significativos na carga econômica municipal da dengue. Esses gastos variaram entre US\$ 360 mil a US\$ 739 mil, correspondendo a um gasto *per capita* entre US\$ 6,01 e US\$ 11,52. Esses gastos estão acima de [Taliberti e Zucchi \(2010\)](#) — US\$ 1,47 *per capita* — e próximos ao calculado por [Santos, Honório e Nobre \(2019\)](#) — US\$ 7,75 *per capita* (todos os valores estão em US\$ de 2019).

A carga econômica incluiu em seu cálculo uma série de componentes baseados no *framework* proposto por [Castro, Wilson e Bloom \(2017\)](#). Os gastos foram divididos em dois domínios: o domínio da doença e o domínio da vigilância em saúde e ações preventivas. No domínio da doença estão incluídos componentes que incluem gastos diretos médicos (hospitalares, ambulatoriais, testes e medicamentos) como gastos diretos não médicos (gastos com alimentação de acompanhantes e transporte intermunicipal para internações hospitalares) e gastos indiretos (absenteísmo). O componente da vigilância em saúde e ações preventivas incluem o componente do gasto municipal com vigilância em saúde e gastos das famílias com prevenção da doença.

Os valores estimados mostraram que mais de 50% da carga econômica da dengue no município foi referente aos gastos com vigilância em saúde, seguido do absenteísmo, que apresentou em um ano uma proporção de 30% da carga total. No entanto, o comportamento desses dois componentes ao longo dos anos é distinto. Os gastos com absenteísmo variaram em função do número de casos da doença por ano, pois, somente pacientes acometidos com a doença estariam sujeitos ao absenteísmo escolar ou laboral. Assim, anos com maior volume de casos de dengue tendem a ter maior absenteísmo. Por outro lado, os gastos de vigilância não variaram tanto ao longo dos anos do estudo, não apresentando comportamento proporcional ao número de casos notificados. Nesse sentido, a redução dos casos de dengue por meio do combate ao vetor, e em um segundo momento a redução do número de casos, tem uma maior margem de redução dos gastos estimados para aqueles componentes que tem uma maior elasticidade em relação aos casos, como o absenteísmo.

Um resultado que merece destaque são os gastos ambulatoriais que incluem os testes de diagnóstico do tipo RT-PCR. Não foi observado para esse componente uma elasticidade significativa em relação ao número de casos notificados. Isso acontece porque, em períodos epidêmicos, o diagnóstico de muitos pacientes procurando atendimento com sintomas de dengue é feito por critério clínico-epidemiológico, em detrimento ao teste. Nos anos de 2015

e 2016, por exemplo, anos com mais casos notificados, foram realizados 186 e 93 testes do tipo RT-PCR. Em 2017 e 2018, anos com poucos casos confirmados, foram realizados 188 e 664⁶ testes do tipo RT-PCR, respectivamente. Já em 2019, ano com muitos casos, grande parte dos diagnósticos foram realizados por critério laboratorial, com 2.508 testes RT-PCR realizados. Portanto, o aumento dos gastos ambulatoriais apresentados, especialmente para o ano de 2018 e 2019, é devido a uma mudança na política de diagnóstico do município que passou a ser mais intensiva no critério clínico. O mesmo comportamento pode ser observado em relação aos medicamentos e insumos médicos onde o quantitativo comprado aumenta nos anos do estudo sem acompanhar de maneira direta os casos confirmados. Estes, no entanto, podem ser armazenados e utilizados no futuro e, por não serem específicos, podem ser indicados para outras doenças caso não empregados totalmente para dengue. Tais características indicam uma melhora na prestação de serviço municipal no atendimento de pacientes com dengue no período analisado.

Em relação aos gastos específicos com a realização do LIRAA, foram estimados um gasto médio de US\$ 1.859,90 por LIRAA executado no município entre 2015 e 2018. Durante o período do estudo, foram executados doze LIRAA em quatro anos com um gasto total de US\$ 22.318,79. Dos dois componentes incluídos na estimativa do LIRAA, vemos que a maior parte desse gasto é relativo aos gastos com pessoal para realizar as visitas domiciliares. Participaram na realização de cada levantamento cerca de 20 profissionais da secretaria de vigilância do município, que duraram cerca de cinco dias por aplicação. Os gastos com combustível para deslocamento das equipes foram baixos em relação a remuneração dos agentes. Santos et al. (2015) encontrou uma composição da estimativa dos gastos de controle vetorial para Goiânia com cerca de 80% dos gastos com recursos humanos, 9,4% com transporte e os demais 3,8% com insumos diversos. Devido as características do município de cerca de 60 mil habitantes, onde 88% residindo na área urbana de predominância urbana e com setores censitários de área média de 0,74 km². Esse adensamento fez com que, em média, a distância de percurso realizada pelos agentes do município partindo da Secretária Municipal de Vigilância até cada setor censitário visitado pelo LIRAA de 3,87km percorridos, com um tempo médio de deslocamento de um pouco mais de 5 minutos.

Nesse sentido, esse resultado indica que o LIRAA pode ser uma política de baixo volume financeiro, especialmente para municípios que características semelhantes as de Pedro Leopoldo: de médio porte, adensado e predominantemente urbano. Em municípios com essas características a aplicação do LIRAA tende a ser mais rápida, demandar menos dias e menos agentes em campo. Além disso, o gasto do deslocamento, tanto em tempo despendido como em distância percorrida minimizam ainda mais esses gastos.

Esse trabalho apresenta algumas limitações. A principal delas é não ter acesso

⁶ Dos 664 testes realizados em 2018, 501 (75,45%) foram realizados no mês de dezembro.

de maneira direta a um gasto com vigilância específico para dengue. Como a atividade de vigilância em saúde sobrepõe sua atuação em diversas doenças, não é trivial separar gastos específicos para só uma doença específica. Além disso, não foi possível ter acesso a repasses extras estaduais e federais recebidos pelo município em períodos epidêmicos. A incorporação desses repasses tende a elevar ainda mais a carga da doença e os incentivos à redução de casos e controle vetorial. Além disso, um gasto significativo na realização do LIRAA são os gastos com inseticida e com a compra e manutenção da bomba de aplicação. No entanto, em relatos da equipe técnica municipal, esses gastos são realizados pela Secretaria Estadual de Saúde de Minas Gerais e repassados ao município. Assim, os gastos estimados do LIRAA nesse trabalho podem ser considerados como o dispêndio do município para a sua realização, sem incluir as doações e empréstimos realizados pelo governo estadual. A outra limitação é não incluir no gasto do LIRAA os valores referentes a um supervisor de campo e também dos agentes utilizados para organizar, sintetizar e enviar para o Ministério da Saúde o resultado das visitas domiciliares.

A despeito dessas limitações, esse trabalho é uma primeira iniciativa de estimar a carga econômica da dengue no nível municipal no Brasil. A realização desse trabalho só foi possível por meio de reuniões, fornecimento de dados e validações constantes com a equipe técnica da Secretaria de Vigilância do município. Esperamos por meio desse trabalho fornecer subsídios aos gestores locais para mensurar e alocar recursos financeiros para tratamento, controle e vigilância da dengue.

Considerações finais

Essa tese é composta por três artigos independentes que têm como objetivo principal avaliar a política de controle da dengue no domicílio de Pedro Leopoldo, utilizando dados das visitas domiciliares do LIRAA. No primeiro artigo avaliamos os determinantes socioespaciais dos focos do mosquito. Os resultados encontrados nesse estudo vão ao encontro dos achados na literatura. Imóveis localizados em regiões de baixa renda, com muitos imóveis alugados, pouca pavimentação e em locais muito arborizados têm maior probabilidade de apresentarem focos do *Aedes* em períodos chuvosos. Os resultados também mostram que a política de visitas quinzenais em pontos estratégicos pode ser eficaz no controle de focos do mosquito no seu entorno. Domicílios localizados próximos a pontos estratégicos, que são frequentemente vistoriados pelos agentes de combate a endemias, apresentam menor probabilidade de ter focos. Por fim, encontramos uma relação positiva entre o acesso ao abastecimento de água e a quantidade de focos do mosquito no domicílio. É importante ressaltar que o acesso ao abastecimento de água é condição necessária para o provimento do serviço, mas não suficiente. A falta recorrente no abastecimento de água faz com que a população utilize reservatórios de água improvisados, aumentando as chances de criadouros do mosquito. Garantir o provimento domiciliar de água contínuo é uma ação importante para o controle de focos do mosquito *Aedes*.

No segundo artigo analisamos a relação entre o Índice de Infestação Predial (IIP) e a transmissão de casos de dengue após a sua realização. De acordo com os resultados, o IIP é negativamente correlacionado com os casos confirmados de dengue com uma janela temporal que varia de 3 a 4 semanas. Esse resultado mostra que as inspeções feitas pelos Agentes de Combate a Endemias (ACE) nos domicílios podem estar produzindo um efeito importante para a eliminação dos focos encontrados. Além disso, também encontramos que as chances de casos de dengue variam significativamente de acordo com o tipo de recipiente em que são encontradas larvas do mosquito.

No terceiro artigo estimamos a carga econômica da dengue para o município de Pedro Leopoldo, dando destaque aos gastos relativos à realização do LIRAA. A carga econômica dos anos de 2015 a 2019 foi de mais de US\$ 4 milhões, variando entre US\$ 500 mil, em 2017, e US\$ 1,2 milhões, em 2019. Em valores *per capita*, a carga estimada variou de US\$ 20,81 a US\$ 8,55 por habitante do município, correspondendo a cerca de 2% e 5% dos gastos totais *per capita* em saúde de Pedro Leopoldo. Em relação aos gastos específicos com a realização do LIRAA, foram estimados um gasto médio de US\$ 1.859,90 por LIRAA executado no município entre 2015 e 2018.

Da carga econômica total da dengue no município foi observado que cerca de 50%

são destinados somente para a vigilância. O elevado volume financeiro destinado a vigilância é observado constantemente nos municípios para a realização, por exemplo, de visitas domiciliares, do LIRAA, para uso de inseticidas/larvicidas e na realização de campanhas educacionais. Concomitante a esses esforços existe o desafio hercúleo de modificar também os determinantes para a presença do vetor. Garantir condições melhores de moradia, com abastecimento de água potável, acesso ao esgoto e da coleta de lixo e resíduos sólidos são desafios importantes que podem gerar um efeito positivo no controle do mosquito e no arrefecimento dessas epidemias, desafogando e desonerando as atividades paliativas da vigilância em saúde. Não é razoável esperar que o estado tenha capilaridade para identificar e eliminar todos os criadouros do mosquito existentes com a frequência e a velocidade necessárias.

É notório o esforço vigilância realizado no município, com aumento dos gastos, realizações de visitas domiciliares, periodicidade constante na atenção aos pontos estratégicos e no fornecimento de uma política de testagem e cuidado além daquela preconizada. Esse esforço, embora os resultados encontrados indiquem que foi importante, não deixou a população do município imune a ocorrência de epidemias. Além disso, baixa imunidade da população a um sorotipo específico é um fator que não foi considerado nesse trabalho que explica muito sobre a intensidade e a duração de uma epidemia de dengue. Ademais, Pedro Leopoldo é um município de médio porte e com características próprias que fazem com que as conclusões aqui apresentadas sejam generalizadas com cautela. Ainda assim, esses resultados podem ajudar a subsidiar o planejamento e a gestão nos municípios com perfil similar ao de Pedro Leopoldo.

A realização dos três artigos só foi possível devido a cooperação da Prefeitura Municipal de Pedro Leopoldo e levanta a discussão da importância de parcerias entre universidades e o Estado. É fundamental que exista um esforço para uma política transparente de vigilância, com disponibilização fácil e organizada de bancos de dados. Essa transparência tende a fomentar mais trabalhos conjuntos para que os resultados produzidos sejam disponibilizados para toda a sociedade e para os atores que atuam no planejamento e na ponta.

Referências

- AGÊNCIA NACIONAL DO PETRÓLEO. *Levantamento de Preços de Combustíveis*. Brasília: ANP, 2015–2019. Disponível em: <<https://www.gov.br/anp/pt-br/assuntos/precos-e-defesa-da-concorrenca/precos/levantamento-de-precos-de-combustiveis-ultimas-semanas-pesquisadas>>. Citado 2 vezes nas páginas 64 e 67.
- ALMEIDA, Andréa Sobral de; MEDRONHO, Roberto de Andrade; VALENCIA, Luís Iván Ortiz. Spatial analysis of dengue and the socioeconomic context of the city of Rio de Janeiro (Southeastern Brazil). *Rev Saude Publica*, v. 43, n. 4, p. 666–73, ago. 2009. ISSN 1518-8787 (Electronic) 0034-8910 (Linking). Disponível em: <<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/19649472>>. Citado 3 vezes nas páginas 21, 22 e 27.
- AMARAL, Pedro Vasconcelos Maia do; ANSELIN, Luc. Finite sample properties of Moran’s I test for spatial autocorrelation in tobit models. *Papers in Regional Science*, v. 93, n. 4, p. 773–781, 2014. ISSN 10568190. Disponível em: <<https://rsaiconnect.onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1111/pirs.12034>>. Citado na página 28.
- AMARAL, Pedro Vasconcelos Maia do et al. Geospatial modeling of microcephaly and zika virus spread patterns in Brazil. *PLoS One*, v. 14, n. 9, p. e0222668, 2019. ISSN 1932-6203 (Electronic) 1932-6203 (Linking). Disponível em: <<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/31557165>>. Citado na página 21.
- ANDRADE, Mônica Viegas et al. The economic burden of dengue in Brazil: a subnational analysis 2010-2015. *No prelo*, p. 32, 2017. Citado 2 vezes nas páginas 17 e 74.
- ANDRIOLI, Denise Catarina; BUSATO, Maria Assunta; LUTINSKI, Junir Antônio. Spatial and temporal distribution of dengue in Brazil, 1990 - 2017. *PLoS One*, v. 15, n. 2, p. e0228346, 2020. ISSN 1932-6203 (Electronic) 1932-6203 (Linking). Disponível em: <<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/32053623>>. Citado na página 21.
- ANS. *Beneficiários por município*. Rio de Janeiro: ANS, 2015–2019. Disponível em: <<https://www.gov.br/ans/pt-br/aceso-a-informacao/perfil-do-setor/dados-e-indicadores-do-setor>>. Citado na página 64.
- AYEHU, Getachew Tesfaye et al. Validation of new satellite rainfall products over the Upper Blue Nile Basin, Ethiopia. *Atmospheric Measurement Techniques*, v. 11, n. 4, p. 1921–1936, 2018. ISSN 1867-8548. Disponível em: <<https://www.atmos-meas-tech.net/11/1921/2018/amt-11-1921-2018.pdf>>. Citado na página 27.
- BAI, Lei et al. Accuracy of CHIRPS Satellite-Rainfall products over Mainland China. *Remote Sensing*, v. 10, n. 3, 2018. ISSN 2072-4292. Disponível em: <https://res.mdpi.com/d_attachment/remotesensing/remotesensing-10-00362/article_deploy/remotesensing-10-00362-v2.pdf>. Citado na página 27.
- BARBOSA, Gerson Laurindo et al. Influence of strategic points in the dispersion of *Aedes aegypti* in infested areas. *Rev Saude Publica*, v. 53, p. 29, abr. 2019.

ISSN 1518-8787 (Electronic) 0034-8910 (Print) 0034-8910 (Linking). Disponível em: <<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/30942271>>. Citado 2 vezes nas páginas 21 e 36.

BARRETO, Maurício Lima; TEIXEIRA, Maria Glória. Dengue no Brasil: situação epidemiológica e contribuições para uma agenda de pesquisa. *Estudos Avançados*, v. 22, n. 64, p. 53–72, 2008. ISSN 0103-4014. Disponível em: <<https://www.scielo.br/j/ea/a/7FKpQj7MLZ7WbcGtfccxZrd/?lang=pt&format=pdf>>. Citado na página 21.

BHATT, Samir et al. The global distribution and burden of dengue. *Nature*, v. 496, n. 7446, p. 504–7, abr. 2013. ISSN 1476-4687 (Electronic) 0028-0836 (Print) 0028-0836 (Linking). Disponível em: <<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/23563266>>. Citado na página 21.

BOWMAN, Leigh; RANZINGER, Silvia Runge; MCCALL, Philip. Assessing the relationship between vector indices and dengue transmission: a systematic review of the evidence. *PLoS Negl Trop Dis*, v. 8, n. 5, p. e2848, maio 2014. ISSN 1935-2735 (Electronic) 1935-2727 (Print) 1935-2727 (Linking). Disponível em: <<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/24810901>>. Citado na página 40.

BRADY, Oliver et al. Refining the global spatial limits of dengue virus transmission by evidence-based consensus. *PLoS Negl Trop Dis*, v. 6, n. 8, p. e1760, 2012. ISSN 1935-2735 (Electronic) 1935-2727 (Print) 1935-2727 (Linking). Disponível em: <<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/22880140>>. Citado na página 21.

BRAGA, Ima Aparecida; VALLE, Denise. Aedes aegypti: histórico do controle no Brasil. *Epidemiologia e Serviços de Saúde*, v. 16, n. 2, p. 113–118, 2007. ISSN 1679-4974. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.5123/S1679-49742007000200006>>. Citado na página 39.

BRASIL. *Dengue: diagnóstico e manejo clínico, adulto e criança*. 4. ed. Brasília: Ministério da Saúde, 2013. ISBN 978-85-334-2001-4. Disponível em: <https://bvsmms.saude.gov.br/bvs/publicacoes/dengue_diagnostico_manejo_clinico_adulto.pdf>. Citado na página 61.

BRASIL. Levantamento rápido para índices de Aedes aegypti (LIRAA) para vigilância entomológica do Aedes aegypti. Secretaria de Vigilância em Saúde, Departamento de Vigilância das Doenças Transmissíveis, Brasília, p. 84, 2013. ISSN 9788533419995. Disponível em: <https://bvsmms.saude.gov.br/bvs/publicacoes/manual_liraa_2013.pdf>. Citado 5 vezes nas páginas 26, 44, 58, 66 e 90.

BRASIL. Estimativas preliminares elaboradas pelo Ministério da Saúde/SVS/DASNT/CGIAE. Ministério da Saúde, Brasília, 2015–2019. Disponível em: <<http://tabnet.datasus.gov.br/cgi/tabcgi.exe?ibge/cnv/poptgo.def>>. Citado na página 42.

CABRAL, Joílson Assis de; FREITAS, Maria Viviana de. Distribuição espacial e determinantes socioeconômicos e demográficos da dengue nos municípios brasileiros. *Revista Brasileira de Estudos Regionais e Urbanos*, v. 06, n. 1, p. 81–95, 2012. Disponível em: <<https://revistaaber.org.br/rberu/article/view/82/109>>. Citado 2 vezes nas páginas 22 e 27.

CARVALHO, Lucas Resende de; AMARAL, Pedro Vasconcelos Maia do; MENDES, Philipe Scherrer. Matrizes de distâncias e tempo de deslocamento rodoviário entre os municípios brasileiros: uma atualização metodológica para 2020. *Texto para discussão n° 630 (CEDEPLAR/UFMG)*, p. 1–12, 2020. ISSN 2318-2377. Disponível em: <<https://ideas.repec.org/p/cdp/texdis/td630.html>>. Citado 2 vezes nas páginas 42 e 64.

CASTRO, Marcia et al. Implications of Zika virus and congenital Zika syndrome for the number of live births in Brazil. *Proc Natl Acad Sci U S A*, v. 115, n. 24, p. 6177–6182, jun. 2018. ISSN 1091-6490 (Electronic) 0027-8424 (Print) 0027-8424 (Linking). Disponível em: <<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/29844186>>. Citado na página 21.

CASTRO, Marcia; WILSON, Mary; BLOOM, David. Disease and economic burdens of dengue. *Lancet Infect Dis*, v. 17, n. 3, p. e70–e78, mar. 2017. ISSN 1474-4457 (Electronic) 1473-3099 (Linking). Disponível em: <<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/28185869>>. Citado 5 vezes nas páginas 18, 59, 61, 62 e 74.

CENSO. *Censo demográfico*. Rio de Janeiro: Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, IBGE, 2010. Disponível em: <<https://censo2010.ibge.gov.br>>. Citado 7 vezes nas páginas 23, 26, 27, 28, 29, 32 e 46.

CNEFE. *Cadatro Nacional de Endereços para Fins Estatísticos*. Rio de Janeiro: Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, IBGE, 2010. Disponível em: <<https://censo2010.ibge.gov.br/cnefe>>. Citado na página 45.

COELHO, Caio Augusto dos Santos; CARDOSO, Denis Harley Feijó; FIRPO, Maria Fernanda. A seca de 2013 a 2015 na região sudeste do Brasil. *Climanálise*, n. 1, p. 55–61, 2016. Disponível em: <<http://climanalise.cptec.inpe.br/~reliamanl/revista/pdf/30anos/Coelhoetal.pdf>>. Citado na página 35.

COPASA. Interrupção do abastecimento na região norte do município de Pedro Leopoldo. fev. 2019. Disponível em: <<http://copasa.com.br/wps/portal/internet/imprensa/noticias/informacoes-sobre-abastecimento/2019/fevereiro19co/interruptao-do-abastecimento-em-bairro-pedro-leopoldo-02-02/>>. Citado na página 35.

CUNHA, Higor Souza et al. Water tank and swimming pool detection based on remote sensing and deep learning: Relationship with socioeconomic level and applications in dengue control. *PLoS One*, v. 16, n. 12, p. e0258681, 2021. ISSN 1932-6203 (Electronic) 1932-6203 (Linking). Disponível em: <<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/34882711>>. Citado na página 53.

DATASUS. *Departamento de Informática do Sistema Único de Saúde*. Brasília: DATASUS, 2015–2019. Disponível em: <<https://datasus.saude.gov.br>>. Citado na página 59.

DAVID, Mariana Rocha; OLIVEIRA, Ricardo Lourenço de; FREITAS, Rafael Maciel de. Container productivity, daily survival rates and dispersal of *Aedes aegypti* mosquitoes in a high income dengue epidemic neighbourhood of Rio de Janeiro: presumed influence of differential urban structure on mosquito biology. *Mem Inst Oswaldo Cruz*, v. 104, n. 6, p. 927–32, set. 2009. ISSN 1678-8060 (Electronic) 0074-0276 (Linking). Disponível em: <<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/19876569>>. Citado na página 39.

DINKU, Tufa et al. Validation of the CHIRPS satellite rainfall estimates over eastern Africa. *Quarterly Journal of the Royal Meteorological Society*,

- v. 144, n. S1, p. 292–312, 2018. ISSN 0035-9009 1477-870X. Disponível em: <<https://rmets.onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1002/qj.3244>>. Citado na página 27.
- DUARTE, Heloisa Helena Pelluci; FRANÇA, Elisabeth Barboza. Data quality of dengue epidemiological surveillance in Belo Horizonte, Southeastern Brazil. *Rev Saude Publica*, v. 40, n. 1, p. 134–42, fev. 2006. ISSN 0034-8910 (Print) 0034-8910 (Linking). Disponível em: <<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/16410994>>. Citado na página 57.
- ENSLEN, Andrew; LIMA NETO, Antônio Silva; CASTRO, Marcia. Infestation measured by *Aedes aegypti* larval surveys as an indication of future dengue epidemics: an evaluation for Brazil. *Trans R Soc Trop Med Hyg*, v. 114, n. 7, p. 506–512, jul. 2020. ISSN 1878-3503 (Electronic) 0035-9203 (Linking). Disponível em: <<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/32346740>>. Citado 2 vezes nas páginas 37 e 41.
- FARINELLI, Elaine Cristina et al. Low socioeconomic condition and the risk of dengue fever: a direct relationship. *Acta Trop*, v. 180, p. 47–57, abr. 2018. ISSN 1873-6254 (Electronic) 0001-706X (Linking). Disponível em: <<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/29352990>>. Citado 2 vezes nas páginas 21 e 22.
- FLAUZINO, Regina Fernandes; SANTOS, Reinaldo Souza; OLIVEIRA, Rosely Magalhães. Dengue, geoprocessing, and socioeconomic and environmental indicators: a review. *Rev Panam Salud Publica*, v. 25, n. 5, p. 456–61, maio 2009. ISSN 1020-4989 (Print) 1020-4989 (Linking). Disponível em: <<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/19695137>>. Citado na página 22.
- FOCKS, Dana Alan; WORLD HEALTH ORGANIZATION. *A review of entomological sampling methods and indicators for dengue vectors*. Gainesville, Florida, USA: World Health Organization, 2004. (Special Programme for Research and Training in Tropical Diseases (TDR)). Disponível em: <<https://apps.who.int/iris/handle/10665/68575>>. Citado 2 vezes nas páginas 39 e 40.
- FORATTINI, Oswaldo Paulo et al. Productivity of a breeding place of *Aedes albopictus* in an urban environment. *Rev Saude Publica*, v. 31, n. 6, p. 545–55, dez. 1997. ISSN 0034-8910 (Print) 0034-8910 (Linking). Disponível em: <<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/9629709>>. Citado 2 vezes nas páginas 27 e 39.
- FREITAS, Rafael Maciel de; OLIVEIRA, Ricardo Lourenço de. Does targeting key-containers effectively reduce *Aedes aegypti* population density? *Trop Med Int Health*, v. 16, n. 8, p. 965–73, ago. 2011. ISSN 1365-3156 (Electronic) 1360-2276 (Linking). Disponível em: <<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/21605290>>. Citado na página 39.
- FUNDAÇÃO JOÃO PINHEIRO. Índice mineiro de responsabilidade social. FJP, 2018. Disponível em: <<http://imrs.fjp.mg.gov.br>>. Citado 2 vezes nas páginas 23 e 42.
- FUNK, Chris et al. A quasi-global precipitation time series for drought monitoring. v. 832, p. 4, 2014. ISSN 2327-638X. Disponível em: <<https://pubs.usgs.gov/ds/832/pdf/ds832.pdf>>. Citado 2 vezes nas páginas 27 e 33.
- GARCÍA REJÓN, Julián Everardo et al. Productive container types for *Aedes aegypti* immatures in Merida, Mexico. *J Med Entomol*, v. 48, n. 3, p. 644–50, maio 2011. ISSN 0022-2585 (Print) 0022-2585 (Linking). Disponível em: <<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/21661326>>. Citado na página 39.

GIOVANNINI, Camilla Mesquita Sampaio; FERRO, Rodrigo Sala. Diagnóstico diferencial entre dengue e COVID-19: relato de caso. *Brazilian Journal of Development*, v. 6, n. 11, p. 86400–86410, 2020. Disponível em: <<https://ojs.brazilianjournals.com.br/ojs/index.php/BRJD/article/view/19597/15700>>. Citado na página 17.

GODÓI, Isabella Piassi et al. Economic and epidemiological impact of dengue illness over 16 years from a public health system perspective in Brazil to inform future health policies including the adoption of a dengue vaccine. *Expert Rev Vaccines*, v. 17, n. 12, p. 1123–1133, dez. 2018. ISSN 1744-8395 (Electronic) 1476-0584 (Linking). Disponível em: <<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/30417706>>. Citado na página 58.

HARIHARAN, Dhvani et al. Economic burden of dengue illness in India from 2013 to 2016: a systematic analysis. *Int J Infect Dis*, v. 84S, p. S68–S73, jul. 2019. ISSN 1878-3511 (Electronic) 1201-9712 (Linking). Disponível em: <<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/30641201>>. Citado na página 57.

HII, Yien Ling et al. Forecast of dengue incidence using temperature and rainfall. *PLoS Negl Trop Dis*, v. 6, n. 11, p. e1908, 2012. ISSN 1935-2735 (Electronic) 1935-2727 (Print) 1935-2727 (Linking). Disponível em: <<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/23209852>>. Citado na página 22.

HONÓRIO, Nildimar Alves et al. Dispersal of *Aedes aegypti* and *Aedes albopictus* (Diptera: Culicidae) in an urban endemic dengue area in the State of Rio de Janeiro, Brazil. *Mem Inst Oswaldo Cruz*, v. 98, n. 2, p. 191–8, mar. 2003. ISSN 0074-0276 (Print) 0074-0276 (Linking). Disponível em: <<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/12764433>>. Citado na página 30.

IBGE. *Projeções da população: Brasil e unidades da federação (revisão 2018)*. Rio de Janeiro: IBGE, 2018. v. 40. Disponível em: <<https://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/livros/liv101597.pdf>>. Citado na página 61.

JOHANSEN, Igor Cavallini et al. Environmental and demographic determinants of dengue incidence in Brazil. *Rev Salud Publica (Bogota)*, v. 20, n. 3, p. 346–351, maio 2018. ISSN 0124-0064 (Print) 0124-0064 (Linking). Disponível em: <<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/30844008>>. Citado 3 vezes nas páginas 21, 22 e 27.

JOHANSEN, Igor Cavallini et al. Population mobility, demographic, and environmental characteristics of dengue fever epidemics in a major city in Southeastern Brazil, 2007-2015. *Cad Saude Publica*, v. 37, n. 4, p. e00079620, 2021. ISSN 1678-4464 (Electronic) 0102-311X (Linking). Disponível em: <<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/33886707>>. Citado 4 vezes nas páginas 22, 27, 36 e 45.

KARIM, Nazmul et al. Climatic factors influencing dengue cases in Dhaka city: a model for dengue prediction. *Indian J Med Res*, v. 136, n. 1, p. 32–9, jul. 2012. ISSN 0971-5916 (Print) 0975-9174 (Electronic) 0971-5916 (Linking). Disponível em: <<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/22885261>>. Citado na página 22.

LEANDRO, Cícero dos Santos et al. Reduction of dengue incidence in Brazil in 2020: control or sub notification of cases due to COVID-19? *Research, society and development*, v. 9, n. 11, p. e76891110442, 2020. ISSN 2525-3409. Disponível em: <<https://rsdjournal.org/index.php/rsd/article/view/10442>>. Citado na página 17.

- LESAGE, James; PACE, Robert Kelley. *Introduction to spatial econometrics*. 1. ed. Boca Raton, Flórida: CRC Press, 2009. (Introduction to Spatial Econometrics). ISBN 978-1-4200-6425-4. Citado na página 28.
- LI, Ruiyun et al. Climate-driven variation in mosquito density predicts the spatiotemporal dynamics of dengue. *Proc Natl Acad Sci U S A*, v. 116, n. 9, p. 3624–3629, fev. 2019. ISSN 1091-6490 (Electronic) 0027-8424 (Print) 0027-8424 (Linking). Disponível em: <<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/30808752>>. Citado na página 22.
- LIEW, Christina; CURTIS, Chris Francis. Horizontal and vertical dispersal of dengue vector mosquitoes, *Aedes aegypti* and *Aedes albopictus*, in Singapore. *Med Vet Entomol*, v. 18, n. 4, p. 351–60, dez. 2004. ISSN 0269-283X (Print) 0269-283X (Linking). Disponível em: <<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/15642001>>. Citado na página 30.
- LIMA, Virgília Luna Castor de et al. Dengue: sero-epidemiological survey and virological surveillance in Campinas, São Paulo, Brazil. *Cad Saude Publica*, v. 23, n. 3, p. 669–680, mar. 2007. ISSN 0102-311X (Print) 0102-311X (Linking). Disponível em: <<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/17334580>>. Citado na página 57.
- LIPPI, Catherine et al. The social and spatial ecology of dengue presence and burden during an outbreak in Guayaquil, Ecuador, 2012. *Int J Environ Res Public Health*, v. 15, n. 4, abr. 2018. ISSN 1660-4601 (Electronic) 1661-7827 (Print) 1660-4601 (Linking). Disponível em: <<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/29690593>>. Citado 3 vezes nas páginas 21, 22 e 27.
- LOWE, Rachel et al. Emerging arboviruses in the urbanized Amazon rainforest. *BMJ*, v. 371, p. m4385, nov. 2020. ISSN 1756-1833 (Electronic) 0959-8138 (Print) 0959-8138 (Linking). Disponível em: <<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/33187952>>. Citado 2 vezes nas páginas 22 e 27.
- LU, Liang et al. Time series analysis of dengue fever and weather in Guangzhou, China. *BMC Public Health*, v. 9, p. 395, out. 2009. ISSN 1471-2458 (Electronic) 1471-2458 (Linking). Disponível em: <<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/19860867>>. Citado na página 22.
- MACCORMACK-GELLES, Benjamin et al. Epidemiological characteristics and determinants of dengue transmission during epidemic and non-epidemic years in Fortaleza, Brazil: 2011-2015. *PLoS Negl Trop Dis*, v. 12, n. 12, p. e0006990, dez. 2018. ISSN 1935-2735 (Electronic) 1935-2727 (Print) 1935-2727 (Linking). Disponível em: <<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/30507968>>. Citado 5 vezes nas páginas 21, 22, 27, 36 e 45.
- MACCORMACK-GELLES, Benjamin et al. Evaluation of the usefulness of *Aedes aegypti* rapid larval surveys to anticipate seasonal dengue transmission between 2012-2015 in Fortaleza, Brazil. *Acta Trop*, v. 205, p. 105391, maio 2020. ISSN 1873-6254 (Electronic) 0001-706X (Linking). Disponível em: <<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/32057775>>. Citado 5 vezes nas páginas 22, 27, 37, 40 e 45.
- MARTELLI, Celina Maria Turchi et al. Economic impact of dengue: Multicenter study across four Brazilian regions. *PLoS Negl Trop Dis*, v. 9, n. 9, p. e0004042, 2015. ISSN 1935-2735 (Electronic) 1935-2727 (Print) 1935-2727 (Linking). Disponível em: <<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/26402905>>. Citado 2 vezes nas páginas 58 e 74.

MELO, Maria Aparecida de Souza et al. Percepção dos profissionais de saúde sobre os fatores associados à subnotificação no sistema nacional de agravos de notificação (SINAN). *Revista de Administração em Saúde*, v. 18, n. 71, 2018. ISSN 2526-3528. Disponível em: <<https://cqh.org.br/ojs-2.4.8/index.php/ras/article/download/104/153>>. Citado na página 57.

MELO, Marília Carvalho et al. Avaliação da segurança hídrica para abastecimento público na região metropolitana de Belo Horizonte: estudo da crise hídrica 2014-2015. *Revista Brasileira de Climatologia*, v. 27, n. 0, p. 680–701, 2020. ISSN 2237-8642. Disponível em: <<https://revistas.ufpr.br/revistaabclima/article/view/62462/41839>>. Citado na página 35.

MINAS GERAIS. Dengue: Linha-guia de saude. SAS/MG, Belo Horizonte, p. 104, 2009. Disponível em: <<https://www.nescon.medicina.ufmg.br/biblioteca/imagem/2121.pdf>>. Citado na página 25.

MORAES, Giselle Hentzy; DUARTE, Elisabeth Carmen. Reliability of dengue mortality data in two national health information systems, Brazil, 2000-2005. *Cad Saude Publica*, v. 25, n. 11, p. 2354–64, nov. 2009. ISSN 1678-4464 (Electronic) 0102-311X (Linking). Disponível em: <<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/19936474>>. Citado na página 57.

MS/SVS/DASNT/CGIAE. *Estimativas populacionais elaboradas pelo Ministério da Saúde/SVS/DASNT/CGIAE*. Brasília: Coordenação-Geral de Informações e Análises Epidemiológica do Ministério da Saúde, 2015–2019. Disponível em: <<http://tabnet.datasus.gov.br/cgi/deftohtm.exe?ibge/cnv/popsvsbr.def>>. Citado 2 vezes nas páginas 23 e 61.

NADJIB, Mardiati et al. Economic burden of dengue in Indonesia. *PLoS Negl Trop Dis*, v. 13, n. 1, p. e0007038, jan. 2019. ISSN 1935-2735 (Electronic) 1935-2727 (Print) 1935-2727 (Linking). Disponível em: <<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/30629593>>. Citado na página 57.

NELSON, Michel. *Aedes Aegypti: biologia y ecologia*. Washington, D.C.: Organización Panamericana de la Salud, 1986. (Organización Pan-americana de la Salud). Disponível em: <<https://iris.paho.org/handle/10665.2/28513>>. Citado na página 21.

NOBRE, Carlos Afonso et al. Some characteristics and impacts of the drought and water crisis in Southeastern Brazil during 2014 and 2015. *Journal of Water Resource and Protection*, v. 08, n. 02, p. 252–262, 2016. ISSN 1945-3094 1945-3108. Disponível em: <https://www.scirp.org/pdf/JWARP_2016022515213640.pdf>. Citado na página 35.

OLIVEIRA, Dayane de Lima et al. Custo das internações por dengue no estado de Goiás, no período de 2016 a 2018. *Brazilian Journal of Development*, v. 6, n. 5, p. 30695–30697, 2020. ISSN 25258761 25258761. Disponível em: <<https://doi.org/10.34117/bjdv6n5-506>>. Citado na página 35.

ORGANIZAÇÃO PAN-AMERICANA DA SAÚDE. Doenças tropicais negligenciadas: OPAS pede fim dos atrasos no tratamento nas Américas. OPAS, Washington, 2022. Disponível em: <<https://www.paho.org/pt/noticias/28-1-2022-doencas-tropicais-negligenciadas-opas-pede-fim-dos-atrasos-no-tratamento-nas>>. Citado na página 17.

PACCINI, Laura et al. Intra-seasonal rainfall variability in the Amazon basin related to large-scale circulation patterns: a focus on western Amazon-Andes transition region. *International Journal of Climatology*, v. 38, n. 5, p. 2386–2399, 2018. ISSN 08998418. Disponível em: <<https://rmets.onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1002/joc.5341>>. Citado na página 27.

PARENTE, Mirian Perpétua Palha Dias et al. Systematic review of societal and health system cost of dengue in Latin America. *Revista de Patologia Tropical*, v. 46, n. 4, 2018. ISSN 1980-8178 0301-0406. Disponível em: <<https://revistas.ufg.br/iptsp/article/download/51011/25000>>. Citado na página 57.

PAULA, Emanuella Claudino de et al. The impact of the COVID-19 pandemic on dengue notification in Brazil. *Research, society and development*, v. 11, n. 16, p. e558111638606, 2022. ISSN 2525-3409. Disponível em: <<https://rsdjournal.org/index.php/rsd/article/view/38606>>. Citado na página 17.

PNAD. *Pesquisa Nacional por Amostra de Domicílios*. Rio de Janeiro: IBGE, 2020. Disponível em: <<https://sidra.ibge.gov.br/pesquisa/pnad>>. Citado 2 vezes nas páginas 60 e 65.

PNS. *Pesquisa Nacional de Saúde: informações sobre domicílios, acesso e utilização dos serviços de saúde*. Rio de Janeiro: IBGE, 2020. Disponível em: <<https://sidra.ibge.gov.br/pesquisa/pns>>. Citado 2 vezes nas páginas 60 e 65.

POF. *Pesquisa de Orçamentos Familiares*. Rio de Janeiro: IBGE, 2017. Disponível em: <<https://www.ibge.gov.br/estatisticas/sociais/saude/24786-pesquisa-de-orcamentos-familiares-2.html?=&t=resultados>>. Citado 2 vezes nas páginas 60 e 66.

PREFEITURA MUNICIPAL DE PEDRO LEOPOLDO. Levantamento rápido de índices para *Aedes aegypti* (LIRAA). Secretaria Municipal de Vigilância em Saúde, Pedro Leopoldo, v. 1, 2019. Citado 10 vezes nas páginas 24, 29, 30, 31, 32, 43, 48, 49, 51 e 52.

PREFEITURA MUNICIPAL DE PEDRO LEOPOLDO. Notícia administração cobra da COPASA soluções emergenciais para a falta de água em PL. *Site Oficial da Prefeitura de Pedro Leopoldo*, Online, set. 2019. Disponível em: <<https://pedroleopoldo.mg.gov.br/?p=9720>>. Citado na página 35.

RAIS. *Relação anual de informações sociais*. Brasília: Ministério do Trabalho e Emprego, MTE, 2015–2019. Disponível em: <<http://www.rais.gov.br>>. Citado 3 vezes nas páginas 36, 61 e 67.

RESENDES, Ana Paula da Costa et al. Determination of priority areas for dengue control actions. *Rev Saude Publica*, v. 44, n. 2, p. 274–82, abr. 2010. ISSN 1518-8787 (Electronic) 0034-8910 (Linking). Disponível em: <<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/20339626>>. Citado 2 vezes nas páginas 21 e 27.

RIBEIRO, Mário Sérgio et al. *Aedes aegypti* larval indices and dengue incidence: an ecological study in the state of Rio de Janeiro, Brazil. *Cad Saude Publica*, v. 37, n. 7, p. e00263320, 2021. ISSN 1678-4464 (Electronic) 0102-311X (Linking). Disponível em: <<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/34287587>>. Citado 3 vezes nas páginas 37, 40 e 54.

SANTOS, Jefferson Pereira Caldas dos; HONÓRIO, Nildimar Alves; NOBRE, Aline Araújo. Definition of persistent areas with increased dengue risk by detecting clusters in populations with differing mobility and immunity in Rio de Janeiro, Brazil. *Cad Saude Publica*, v. 35, n. 12, p. e00248118, 2019. ISSN 1678-4464 (Electronic) 0102-311X (Linking). Disponível em: <<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/31800796>>. Citado 2 vezes nas páginas 27 e 74.

SANTOS, Sandra Maria dos et al. Estimativa de custos diretos do programa municipal de controle da dengue de Goiânia-GO. *Epidemiologia e Serviços de Saúde*, v. 24, n. 4, p. 661–670, 2015. ISSN 1679-4974. Disponível em: <<https://doi.org/10.5123/S1679-49742015000400008>>. Citado 2 vezes nas páginas 58 e 75.

SHEPARD, Donald et al. The global economic burden of dengue: a systematic analysis. *Lancet Infect Dis*, v. 16, n. 8, p. 935–41, ago. 2016. ISSN 1474-4457 (Electronic) 1473-3099 (Linking). Disponível em: <<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/27091092>>. Citado na página 57.

SIH. *Sistema de informações hospitalares*. Brasília: DATASUS, 2015–2019. Disponível em: <ftp://ftp.datasus.gov.br//dissemin/publicos/SIHSUS/200801_/Dados/>. Citado na página 59.

SILVA, Fabrício Drummond et al. Temporal relationship between rainfall, temperature and occurrence of dengue cases in São Luis, Maranhão, Brazil. *Cien Saude Colet*, v. 21, n. 2, p. 641–6, fev. 2016. ISSN 1678-4561 (Electronic) 1413-8123 (Linking). Disponível em: <<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/26910171>>. Citado na página 22.

SIM. *Sistema de informação sobre Mortalidade*. Brasília: DATASUS, 2015–2019. Disponível em: <<ftp://ftp.datasus.gov.br//dissemin/publicos/SIM/CID10/DORES/>>. Citado na página 59.

SINAN. *Casos confirmados de Dengue*. Brasília: DATASUS, 2007–2021. Disponível em: <<ftp://ftp.datasus.gov.br//dissemin/publicos/SINAN/DADOS/FINAIS/>>. Citado na página 43.

SINAN. *Casos confirmados de Dengue*. Brasília: DATASUS, 2010–2019. Disponível em: <<ftp://ftp.datasus.gov.br//dissemin/publicos/SINAN/DADOS/FINAIS/>>. Citado 2 vezes nas páginas 60 e 66.

SINAN. *Casos confirmados de Dengue*. Brasília: DATASUS, 2015–2019. Disponível em: <<ftp://ftp.datasus.gov.br//dissemin/publicos/SINAN/DADOS/FINAIS/>>. Citado 2 vezes nas páginas 24 e 50.

SIOPS. *Sistema de Informações sobre Orçamentos Públicos em Saúde*. DATASUS, 2015–2019. Disponível em: <<https://www.gov.br/saude/pt-br/aceso-a-informacao/siops>>. Citado 2 vezes nas páginas 61 e 66.

SIQUEIRA JÚNIOR, João Bosco et al. Epidemiology and costs of dengue in Brazil: a systematic literature review. *Int J Infect Dis*, v. 122, p. 521–528, set. 2022. ISSN 1878-3511 (Electronic) 1201-9712 (Linking). Disponível em: <<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/35793756>>. Citado na página 57.

- SOPER, Fred. The prospects for *Aedes aegypti* eradication in Asia in the light of its eradication in Brazil. *Bull World Health Organ*, v. 36, n. 4, p. 645–7, 1967. ISSN 0042-9686 (Print) 0042-9686 (Linking). Disponível em: <<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/5299470>>. Citado na página 39.
- SOUZA, Kathleen Ribeiro et al. Knowledge and practices in *Aedes aegypti* control among different social subjects in Salvador, Bahia State, Brazil. *Cad Saude Publica*, v. 34, n. 5, p. e00078017, 2018. ISSN 1678-4464 (Electronic) 0102-311X (Linking). Disponível em: <<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/29846399>>. Citado na página 37.
- SOUZA, Sócrates Siqueira de; SILVA, Ionizete Garcia da; SILVA, Heloísa Helena Garcia da. Association between dengue incidence, rainfall and larval density of *Aedes aegypti*, in the State of Goiás. *Rev Soc Bras Med Trop*, v. 43, n. 2, p. 152–5, mar. 2010. ISSN 1678-9849 (Electronic) 0037-8682 (Linking). Disponível em: <<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/20464144>>. Citado na página 22.
- TALIBERTI, Helena; ZUCCHI, Paola. Custos diretos do programa de prevenção e controle da dengue no município de São Paulo em 2005. *Rev Panam Salud Publica*, v. 27, n. 3, p. 175–80, 2010. Disponível em: <<https://www.scielosp.org/pdf/rpsp/v27n3/a04v27n3.pdf>>. Citado 2 vezes nas páginas 58 e 74.
- TEIXEIRA, Tatiana Rodrigues de Araujo; MEDRONHO, Roberto de Andrade. Socio-demographic factors and the dengue fever epidemic in 2002 in the State of Rio de Janeiro, Brazil. *Cad Saude Publica*, v. 24, n. 9, p. 2160–70, set. 2008. ISSN 1678-4464 (Electronic) 0102-311X (Linking). Disponível em: <<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/18813692>>. Citado 3 vezes nas páginas 21, 22 e 27.
- THE WEATHER CHANNEL. *Weather History and Data Archive*. 2015–2019. Disponível em: <www.wunderground.com>. Citado 2 vezes nas páginas 27 e 33.
- TOLEDO, Ana Lúcia Araujo de et al. Reliability of the final dengue diagnosis in the epidemic occurring in Rio de Janeiro, Brazil, 2001-2002. *Cad Saude Publica*, v. 22, n. 5, p. 933–40, maio 2006. ISSN 0102-311X (Print) 0102-311X (Linking). Disponível em: <<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/16680346>>. Citado na página 57.
- TUN-LIN, Willoughby et al. Critical examination of *Aedes aegypti* indices: correlations with abundance. *Am J Trop Med Hyg*, v. 54, n. 5, p. 543–7, maio 1996. ISSN 0002-9637 (Print) 0002-9637 (Linking). Disponível em: <<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/8644913>>. Citado na página 39.
- VILELA, Daniel. Em dias calor recorde, moradores de Pedro Leopoldo e Lagoa Santa sofrem com falta de água. *Jornal Estado de Minas*, Online, out. 2020. Disponível em: <https://www.em.com.br/app/noticia/gerais/2020/10/07/interna_gerais,1192492/calor-recorde-moradores-pedro-leopoldo-lagoa-santa-sofrem-falta-agua.shtml>. Citado na página 35.
- WAGGONER, Jesse et al. Viremia and clinical presentation in Nicaraguan patients infected with zika virus, chikungunya virus, and dengue virus. *Clin Infect Dis*, v. 63, n. 12, p. 1584–1590, dez. 2016. ISSN 1537-6591 (Electronic) 1058-4838 (Print) 1058-4838 (Linking). Disponível em: <<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/27578819>>. Citado na página 21.

WILHELM, Stefan; MATOS, Miguel Godinho de. Estimating spatial probit models in R. *The R Journal*, v. 5, n. 1, p. 130–143, 2013. ISSN 2073-4859. Disponível em: <<https://journal.r-project.org/archive/2013/RJ-2013-013/RJ-2013-013.pdf>>. Citado na página 28.

WORLD BANK. *Education Statistics (EdStats)*. 2017. Disponível em: <<https://datatopics.worldbank.org/education/>>. Citado na página 65.

WORLD HEALTH ORGANIZATION. *Situation report Zika virus october 27*. Switzerland, 2016. 1–6 p. Disponível em: <<https://reliefweb.int/report/world/who-zika-virus-microcephaly-and-guillain-barr-syndrome-situation-report-27-october-2016>>. Citado na página 21.

WORLD HEALTH ORGANIZATION. *Dengue and severe dengue*. 2020. Disponível em: <<https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/dengue-and-severe-dengue>>. Citado 3 vezes nas páginas 21, 39 e 57.

YANG, Xiaorong et al. Global burden for dengue and the evolving pattern in the past 30 years. *J Travel Med*, v. 28, n. 8, dez. 2021. ISSN 1708-8305 (Electronic) 1195-1982 (Linking). Disponível em: <<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/34510205>>. Citado na página 57.

ZARA, Ana Laura de Sene Amâncio. *Estimativa de utilização de serviços de saúde e de custos associados à dengue no Brasil*. Tese (Doutorado e Medicina Tropical e Saúde Pública) — Universidade Federal de Goiás, Goiânia, ago. 2016. Disponível em: <<http://repositorio.bc.ufg.br/tede/handle/tede/7727>>. Citado na página 58.

ZENG, Zhilin et al. Global, regional, and national dengue burden from 1990 to 2017: A systematic analysis based on the global burden of disease study 2017. *EClinicalMedicine*, v. 32, p. 100712, fev. 2021. ISSN 2589-5370 (Electronic) 2589-5370 (Linking). Disponível em: <<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/33681736>>. Citado na página 57.

