



UNIVERSIDADE FEDERAL DE RIO GRANDE  
INSTITUTO DE CIÊNCIAS ECONÔMICAS, ADMINISTRATIVAS E CONTÁBEIS  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ECONOMIA APLICADA  
MESTRADO EM ECONOMIA

RELAÇÃO ENTRE BALNEABILIDADE E INTERNAÇÕES POR DOENÇAS  
GASTROINTESTINAIS NO RIO GRANDE DO SUL: UMA ANÁLISE ATRAVÉS  
DE REGRESSÃO COM DESCONTINUIDADE

EWERTON DA SILVA QUARTIERI

RIO GRANDE  
2019

EWERTON DA SILVA QUARTIERI

RELAÇÃO ENTRE BALNEABILIDADE E INTERNAÇÕES POR DOENÇAS  
GASTROINTESTINAIS NO RIO GRANDE DO SUL: UMA ANÁLISE ATRAVÉS  
DE REGRESSÃO COM DESCONTINUIDADE

Dissertação apresentada ao  
Programa de Pós-Graduação em  
Economia Aplicada da Universidade  
Federal do Rio Grande – FURG, em  
cumprimento às exigências para  
obtenção do título de Mestre em  
Economia Aplicada.

Orientador: Prof. Dr. Gibran  
Teixeira

RIO GRANDE

2019

## **TERMO DE APROVAÇÃO**

**EWERTON DA SILVA QUARTIERI**

### **RELAÇÃO ENTRE BALNEABILIDADE E INTERNAÇÕES POR DOENÇAS GASTROINTESTINAIS NO RIO GRANDE DO SUL: UMA ANÁLISE ATRAVÉS DE REGRESSÃO COM DESCONTINUIDADE**

Esta dissertação foi apresentada às 14:00 horas do dia 25 de abril de 2019 como requisito parcial para a obtenção do título de Mestre em Economia Aplicada do Programa de Pós-Graduação em Economia Aplicada da Universidade Federal de Rio Grande. O candidato foi arguido pela Banca Examinadora composta pelos professores abaixo citados. Após deliberação, a Banca Examinadora considerou o trabalho aprovado.

---

**Prof. Dr. Gibran da Silva Teixeira (Orientador)**  
PPGE - FURG

---

**Prof. Dr. Vinícius Halmenschlager**  
PPGE - FURG

---

**Profa. Dra. Angélica Massuquetti**  
PPGE – UNISINOS

**RIO GRANDE**  
**2019**

## AGRADECIMENTOS

Começo agradecendo o apoio institucional, da FURG e dos meus professores, em especial meu orientador Gibran, por tornarem possível a realização desta passagem. Pela atenção, consideração, fé e apoio. Até mesmo pelo afeto e por tentarem sempre me ajudar nos tantos momentos difíceis dessa caminhada. Agradeço também a CAPES, pelo financiamento e batalha pela pesquisa no Brasil. Todos vocês são fundamentais e um país precisa valorizar isto para dar certo.

Passo então a agradecer as pessoas que foram complemento a isso, pois é nelas que eu vejo meu futuro além de qualquer ciência. Minha família, que acima de tudo, sempre tiveram paciência para me aguentar e foram um alicerce fundamental para erguer esta pequena construção. Eu espero apenas valorizar o esforço de vocês, apesar dos pesares. Eu tenho uma segunda família também, e esta simplesmente me salvou de todos os dilemas que vivi durante estes dois anos, e eles sabem, não foram poucos. Eu preciso dedicar este pequeno pedaço a vocês, Christian, Diego, Marcos, Jean, Habner, Marcus, Raniel, Jones, Lucas, Alvacir, e tantas outras pessoas importantes, o que torna até impossível citar nominalmente. Vocês estiveram presentes em simplesmente todos os momentos e sempre torceram muito por mim. Eu tenho a certeza de que a minha vida seria infinitamente mais triste sem vocês. Preciso agradecer demais meus irmãos de, agora, tão longe, Rafael e Maicker, pela ajuda, pela parceria e pela saudade que eu sinto de vocês diariamente, seja no estudo, seja apenas na amizade. E, óbvio, eu preciso agradecer meus colegas, pessoas tão doces e inspiradoras que tornaram tudo mais fácil. Eu anseio mais o sucesso de vocês do que o meu, Natalia, Graziele, Isabella, Diego (e a adotada Talita), Regina e Fábio. Um dia ainda direi que vocês estudaram comigo e foram meus amigos, totalmente feliz e realizado por vocês.

Eu preciso separar um pedaço exclusivo para agradecer uma pessoa em especial. Essa pessoa participou por pouco tempo de tudo isso. Mas talvez não tenha existido melhor momento para ela estar aqui. Até em silêncio ela me elevou de todas as formas possíveis para que eu tivesse força e desejo de continuar. Eu preciso agradecer a Suzana, que foi minha companheira, minha amiga, minha inspiração e, por sorte minha, minha namorada no período que sem dúvidas é o mais difícil de todos, que é a aproximação do final. Eu espero que ela saiba e eternizo nestas humildes palavras que ela mudou minha vida e que foi determinante. Eu sou uma pessoa melhor hoje do que fui ontem graças a luz dessa presença nos meus dias. Agora direcionado a ela, não existiu nada melhor do que poder te conhecer e conviver contigo.

## RESUMO

O presente estudo intenciona verificar o reflexo de más condições de águas de contato primário sobre os índices de internações de doenças gastrointestinais de origem infecciosa, testando esta relação para o caso do estado do Rio Grande do Sul, no período que abrange desde novembro de 2004 até dezembro de 2015, considerando apenas os meses de alta temporada. Sabendo que há relação entre más condições de sanidade da água e doenças do trato digestivo, busca-se verificar qual o efeito de um balneário não conter águas próprias para banho sobre a taxa de internações associadas ao contato com águas impróprias para banho nos municípios costeiros do estado Rio Grande do Sul. Para tanto, usa-se as informações dos índices de balneabilidade, retiradas da FEPAM, e de internações, retiradas do SIH/DATASUS, analisando sua relação através de um modelo de Regressão com Descontinuidade, considerando como limite para seleção entre balneável e não balneável a norma estabelecida pelo CONAMA e, posteriormente, realizando a análise segundo a regra de tolerância dada pela Organização Mundial da Saúde (OMS). Os resultados se mostraram inconclusivos para o caso onde a seleção é realizada conforme a determinação do CONAMA, no entanto quando avaliados segundo a OMS demostram piorar as condições de saúde para o caso de coliformes termotolerantes, sendo um indício de que a norma nacional pode estar sendo branda em evitar os riscos da exposição a águas contaminadas.

**Palavras-chave:** Balneabilidade; Internações; Regressão com Descontinuidade

## **ABSTRACT**

This paper aims to verify the reflection of poor conditions of primary contact waters on the hospitalizations of infectious gastrointestinal diseases indexes, testing this relation for the case of the state of Rio Grande do Sul, from November 2004 to December 2015, considering only the summer season months. Once we know there is a relationship between poor sanitary conditions of water and diseases of the digestive system, we sought to verify the effect of a bathhouse which does not have bathing water conditions on the rate of hospitalizations associated with improper waters for bathing contact in the coastal municipalities of Rio Grande do Sul state. For this purpose, the information of the bathing indexes was collected from FEPAM and regarding the hospitalizations, collected from the SIH/DATASUS, analyzing this relation using a Regression with Discontinuity model, considering as limit for selection between wholesome and non-wholesome the norm established by CONAMA and, later on, conducting the analysis according to the rule of tolerance given by the World Health Organization (WHO). The results were (inconclusive) for the case which the selection is performed according to CONAMA's (determination), however, when evaluated according to the WHO, it is shown that the health conditions for the case of thermotolerant coliforms worsen, indicating that the national standard may be soft in order to avoid the risk of contaminated water exposure.

**Keywords:** Balneability; Hospitalization; Regression with Discontinuity.

## **SUMÁRIO**

<b>1. Introdução</b>	<b>11</b>
<b>2. Revisão de Literatura</b>	<b>13</b>
2.1 Problemas referentes a condições precárias de saneamento	13
2.2 Discussão sobre balneabilidade, saúde e fontes de distorção.....	16
<b>3. Estratégia empírica</b>	<b>20</b>
3.1 Base de dados e tratamentos	20
3.2 Regressão com descontinuidade	21
<b>4. Resultados</b>	<b>25</b>
4.1 Análise gráfica	25
4.2 Resultados da regressão com descontinuidade	27
<b>5. Considerações finais</b>	<b>30</b>
<b>Referências</b>	<b>30</b>

## **LISTA DE SIGLAS E ABREVIATURAS**

OMS – Organização Mundial da Saúde  
WHO – World Health Organization  
ODM – Objetivos de Desenvolvimento do Milênio  
RDD – Regressão com Descontinuidade  
SIH – Sistema de Informações Hospitalares  
SUS – Sistema Único de Saúde  
DATASUS – Departamento de Informática do Sistema Único de Saúde  
FEPAM - Fundação Estadual de Proteção Ambiental Henrique Luiz Roessler  
SNIS - Sistema Nacional de Informação sobre Saneamento  
RD – Regressão Descontínua  
CONAMA – Conselho Nacional do Meio Ambiente  
EC – Escherichia coli  
CT – Coliformes Termotolerantes

## **LISTA DE TABELAS**

Tabela 1 – Estatísticas Descritivas.....	21
Tabela 2 – Resultados da RDD utilizando a norma nacional.....	28
Tabela 3 – Resultados da RDD utilizando estreitamento na regra de seleção.....	29

## **LISTA DE FIGURAS**

Figura 1 – Pontos de coleta e análise no Rio Grande do Sul.....	19
Figura 2 – Representação genérica do impacto no caso de um quase-experimento através de um modelo de Recessão com Descontinuidade (tipo <i>sharp</i> ).....	23
Figuras 3.1 e 3.2 – Análise gráfica das internações contra o índice de balneabilidade conforme a norma nacional.....	26
Figuras 4.1 e 4.2 – Análise gráfica das internações contra o índice de balneabilidade conforme estreitamento da norma.....	26

## 1. INTRODUÇÃO

No Brasil há uma importante discussão quanto a necessidade de progresso quanto a preocupação dos agentes públicos com a questão de saneamento, visto que condições impróprias deste sistema acarretam muitas vezes barreiras permanentes ao desenvolvimento econômico e socioambiental. Em 2007, como resultado da adequação do país às Metas do Milênio<sup>1</sup>, com a Lei 11.445, o “Marco Regulatório do Saneamento”, o setor ganhou diretrizes para estimular o acesso a esses serviços básicos. Uma das obrigatoriedades mais importantes previstas na Lei foi de que todo município brasileiro deveria elaborar seu plano municipal de saneamento básico até o fim de 2017. Esta relação é direta com o principal objetivo do presente estudo, que é verificar a relação entre os índices de balneabilidade e as condições de saúde no Rio Grande do Sul, dado que as condições de balneabilidade estão relacionadas com a gestão e capacidade de absorção das pressões populacionais de altas temporadas, caso típico do período de análise deste estudo, que é a alta temporada (FERREIRA et al., 2013).

A ligação entre a capacidade de cobertura de saneamento básico e regiões com áreas balneáveis pode acontecer de maneira perversa, sendo um canal direto de transmissão de poluentes e, por consequência, agentes patogênicos capazes de transmitir doenças de toda a sorte para a população impactada. Dados de 2015 publicados no Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento (SNIS) mostram que mais de 100 milhões de pessoas – o que corresponde a mais da metade da população – não tinham acesso à coleta de esgoto e, desse total, apenas 42% era tratado. Além disso, até o início de 2017, segundo dados do relatório *Panorama dos Planos Municipais de Saneamento Básico no Brasil* do instituto Trata Brasil, apenas 1.690, ou 30% dos municípios, haviam realizado seus planos, enquanto outros 2.116 (38%) declararam estar com ele em elaboração e os demais 32% não responderam (TRATA BRASIL, 2017).

As doenças causadas pela má gestão dos recursos hídricos e sistemas de saneamento vão desde leves alergias a problemas respiratórios e morbidades que afetam o trato digestivo (BERG et al, 2013), tendo nas gastroenterites a maior prevalência entre os usuários de águas de contato primário (CHEUNG et al., 2009; BALARAJAN et al., 1991; PRÜSS, 1998). No geral, problemas de saúde típicos de veiculação hídrica apresentam impactos principalmente a crianças, podendo ocasionar em deterioração da formação de capital humano ao longo do tempo (VYAS et al., 2016; HAMMERS; SPEARS, 2013). Segundo dados da Organização Mundial da Saúde (OMS, 2008), para cada US\$ 1 gasto em saneamento, são economizados aproximadamente US\$ 4 com saúde pública, o que por si só já justificaria um maior cuidado com problemas referentes a exposição dos indivíduos a agentes patogênicos provenientes tipicamente de más condições de sanidade. Diversos estudos mostram que os investimentos em saneamento básico, ao reduzir o custo de acesso à água tratada, leva a reduções importantes na ocorrência de infecções gastro-intestinais e óbitos, principalmente entre crianças de até 5 anos (PRÜSS et al., 2002; JALAN; RAVALLION, 2003; CHECKLEY et al, 2004; GALDO; BRICEÑO, 2005; WATSON, 2006).

Dito isso, com base no relatório da Companhia Ambiental do Estado de São Paulo (CETESB, 2003), onde a instituição relata que, mesmo conhecendo os canais de propagação e suas consequências, os efeitos da poluição da água para uso recreacional ainda são poucos conhecidos na saúde humana. O presente trabalho visa adentrar justamente nesta lacuna de análise de impactos, tendo como base a utilização de um instrumento que permite relacionar saneamento básico com saúde pública, que é o

---

<sup>1</sup> Programa das Organizações das Nações Unidas lançado em 2000 e pactuado pelos 191 países membros que então faziam parte da organização.

índice de balneabilidade. Primeiramente, propõe-se avaliar o impacto de um sítio ser não balneável sobre a saúde humana, utilizando como regra de seleção o limite determinado pela legislação aplicada pelo Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA). Logo após, realizou-se a análise com base na indicação de condições de qualidade de água dada pela OMS, uma forma de testar a efetividade da regra nacional, visto que como indica Stevenson (1953) e Cabelli et al. (1982), só o fato de se entrar em contato com águas balneáveis já apresenta um risco maior de contaminação em relação a não-banhistas. Assim, o presente estudo intenciona verificar o reflexo de más condições de águas de contato primário sobre os índices de internações de doenças gastrointestinais de origem infecciosa.

Para isto, propõe-se uma análise através de um modelo de Regressão com Descontinuidade (RDD), que diferencia dos demais trabalhos por se propor a inferir um efeito de causalidade entre as variáveis analisadas, combinando dados do Sistema de Informações Hospitalares (SIH) do Departamento de Informática do Sistema Único de Saúde (DATASUS) com informações acerca dos índices de balneabilidade coletados pela Fundação Estadual de Proteção Ambiental Luiz Henrique Roessler (FEPAM). Usa-se como medida de seleção o limiar indicado pelo CONAMA e, posteriormente, pela OMS. Dada a determinação ser imposta claramente como regra de seleção, utilizou-se como base de análise o desenho do tipo *sharp*.

O universo do trabalho tratará do caso de alguns municípios costeiros do Rio Grande do Sul, por isso a utilização das informações dispostas pelas FEPAM, no período que compreende a temporada de veraneio de 2004-2005 a 2014-2015. Para avaliar as condições de saúde, a variável proposta será o número de internações por enteropatias de origem infecciosa, ponderadas pelo número de habitantes vezes mil, dos municípios selecionados, explicitados na sequência do trabalho. Desta forma, a partir das regras de seleção dadas tanto pelo CONAMA quanto pela OMS, espera-se identificar, a partir de grupos de municípios muito próximos da regra de seleção, uma descontinuidade na variável de saúde acarretada pela falta de balneabilidade, visto que, pelo RDD, simula-se um processo de aleatoriedade ao analisarmos municípios próximos ao limiar da regra, neutralizando efeitos de características observáveis e não observáveis que poderiam estar influenciando a variável de saúde dos grupos de municípios próximos à regra.

Além desta introdução, este trabalho está organizado de forma a apresentar uma revisão de literatura, onde aborda pontos como a relação entre sanidade, saúde e balneabilidade; além de apresentar uma seção de discussão da metodologia aplicada, com apresentação do modelo selecionado e os dados utilizados; uma seção com apresentação dos resultados e sua discussão; além de apresentar as considerações finais.

## 2. REVISÃO DE LITERATURA

O principal debate proposto pelo trabalho gira em torno das questões relacionadas à má qualidade nas águas de contato primário, especificamente no impacto desta situação nas condições de saúde das populações expostas. Embora águas balneáveis tenham, por definição, função de lazer, prática de esportes, entre outras amenidades, os problemas da sua contaminação se assemelham as demais mazelas relacionadas aos problemas de saneamento precário, pois se proliferam através dos mesmos mecanismos. A intenção aqui é apresentar os efeitos nocivos causados por doenças típicas de situações onde o saneamento é precário, problema que reflete em deterioração da capacidade das águas de contato primário, trazendo o debate após isso para as questões mais específicas referentes a balneabilidade.

No caso estudado por Caland-Noronha e Moraes (1972) para as praias de Fortaleza-CE, os autores identificam que a maior parte da poluição nociva causada às águas de contato primário na região litoral da cidade advinha de má gestão de esgotos sanitários e industriais. Ainda nesse sentido, Ferreira et al. (2013) enfatizam que os canais de poluição das águas de contato primário por fatores antropogênicos são o contágio por produtos químicos, destinação incorreta do lixo, lançamento de esgoto não tratado em recursos hídricos, entre outros fatores relacionados com estes distúrbios. Mota (1997) ressalta que a principal causa de poluição na água se dá por uma infraestrutura urbana precária, incapaz de absorver corretamente as vias de contágio das águas. Pressões antropogênicas sobre a estrutura ambiental ocasionam problemas advindos da manutenção e manejo do sistema de saneamento; corrigir este problema, típico de balneários em alta temporada, garante a contenção de diversos problemas de saúde, relacionados entre si por serem causados pelos mesmos patógenos (BOELEE et al., 2019).

### 2.1 Problemas referentes a condições precárias de saneamento

Bateman e Smith (1991) analisam o caso da Guatemala, onde estes demonstram o efeito do acesso a saneamento em crianças menores de cinco anos nas zonas rural e urbana. Os autores evidenciam que o acesso a água tratada e a esgoto com tratamento adequado diminuem o risco de crianças apresentarem alguma falha no seu desenvolvimento, destacando-se que um sistema de tratamento de esgoto deficiente apresenta maior risco do que a falta de acesso a água tratada para o consumo. Os autores defendem que há pouca diferenciação nos riscos de crianças apresentarem problemas de desenvolvimento em áreas onde há um alto nível de cobertura de saneamento (acima de 75%), onde os riscos são de 31.5% e 33.3% em áreas urbanas e rurais nestas condições, respectivamente.

De forma mais específica, tratando dos casos de diarreia (uma das condições de morbidade mais sensíveis a águas balneáveis contaminadas), Checkley et al. (2004) analisam o caso de uma região pobre no Peru, construindo uma base de informações diárias de uma amostragem de crianças referente a casos de diarréias. Ao cruzar os dados coletados com informações sobre saneamento, os autores definiram dois grupos alocados em boas condições de saneamento e más condições de saneamento, demonstrando que crianças inseridas no segundo grupo apresentam 54% mais episódios de diarréia dentro do grupo analisado, além de apresentarem problemas de crescimento.

Os autores destacam que apenas a correção da adversidade no acesso a água tratada não resolve o problema sozinho, existindo ainda um déficit de crescimento se as crianças ainda assim estiverem expostas ao não tratamento de esgoto.

Cameron et al. (2013) realizam um teste aleatorizado em duas mil e cem residências antes e depois da implementação de um programa de melhoria de saneamento na Indonésia, avaliando o impacto deste nas condições de saúde dos afetados. Além da melhoria de cobertura da água e tratamento adequado de esgoto nas regiões analisadas, o principal resultado encontrado pelas autoras no sentido de contenção de problemas de saúde está no fato de que as unidades tratadas apresentaram uma redução de 30% na prevalência de diarreia. As autoras ainda destacam que os efeitos positivos são mais sensíveis quando se considera as residências menos pobres afetadas pelo programa. De forma semelhante, para o caso da Índia, Clasen et al. (2014) focam no programa de acesso total ao saneamento do governo indiano, focando no acesso a zona rural, utilizando-se de um teste aleatorizado em clusters de cem vilarejos entre tratados e controle, onde os autores encontram que a intervenção foi responsável por uma menor prevalência de diarreia e até mesmo falecimentos em crianças no grupo controle.

Esrey (1996) trata do caso de países na áfrica sub-sahariana, ásia e norte da áfrica e américa para avaliar os efeitos em casos de diarreia e condições nutricional conforme o acesso a água tratada e condições adequadas de saneamento. O autor defende que esforços para melhoria da água são responsáveis por melhores condições de saúde e desenvolvimento corporal de crianças nos países analisados ao longo dos continentes citados; tais resultados, encontrados através de uma regressão linear múltipla com controles por características socioeconômicas, demonstram que os benefícios são mais evidentes em regiões urbanas em relação a rurais, ainda indicando que os ganhos pelo acesso a água tratada só funcionam quando as demais condições de saneamento também são melhoradas.

Hathi et al. (2014) analisam a questão da densidade como um fator importante para potencializar os malefícios causados por más condições de saneamento. Este resultado é particularmente importante para este trabalho, pois como será apresentado na sequência, sabe-se que unidades que apresentam balneários sofrem com pressões de densidade populacional em períodos de alta temporada, o que pode ser altamente prejudicial aos agentes expostos, visto que os municípios podem não apresentar estrutura para acolher tamanha densidade. Os autores encontram resultados através de um painel com controle de efeitos fixos para regiões selecionadas de países em desenvolvimento e distritos de Bangladesh que demonstram que há relação entre maiores densidades e efeitos negativos, incluindo mortalidade, entre as pessoas expostas.

Condições precárias de sanidade ainda apresentam efeito no sentido de aumentar enteropatias, designação genérica para doenças do intestino, ainda quando há a ausência de diarreia (PICKERING et al., 2015). Há avanços na literatura sobre os temas que tratam de doenças no intestino relacionando-as a condições inóspitas de saneamento, colocando os indivíduos em situação de fragilidade em relação a agentes patogênicos encontrados em fezes, condição considerada como enteropatia de ambiente, onde os afetados são afetados porque se alocam em condições externas insalubres na questão de saneamento (LIN et al., 2013).

Situações de sanidade precária criam problemas em escala onde os mais jovens, geralmente mais expostos e em fase de desenvolvimento, apresentam falhas na sua formação provenientes destes estigmas causados pelo ambiente não adequado. Lawson e Spears (2016) analisam esta hipótese para o caso indiano, levantando a questão que a

literatura econômica traça uma relação ainda mais forte em países em desenvolvimento dos efeitos positivos de se tratar de forma adequada saneamento. Os autores utilizam um modelo de Diferenças-em-Diferença entre os distritos selecionados da Índia, demonstrando que homens que cresceram sendo menos expostos a más condições de saneamento apresentaram maiores ganhos salariais nas suas vidas adultas por volta de \$1800, além de apresentar um impacto fiscal de cerca de \$400 para cada residência atendida por saneamento. Os benefícios de se tratar a questão dos problemas relacionados a qualidade da água e patógenos derivados de problemas de sanidade vão muito além de apenas beneficiar a saúde dos indivíduos, demonstrando a importância de se evitar que agentes se aloquem em condições prejudiciais à saúde, tendo no caso contrário a possibilidade de problemas permanentes ao longo da vida.

Scriptore (2016) também avalia o problema entre educação e acesso a condições de saneamento adequadas para o caso brasileiro, levando em consideração como fator negativo as doenças de veiculação hídrica. O autor, ao utilizar dados em painel para o espaço que compreende de 2000 a 2010, encontra que o efeito positivo de maior acesso e adequação das condições de saneamento apresentam melhoria nas condições de saúde, e este mecanismo afeta positivamente os resultados em educação dos indivíduos. No Brasil, foi significativa a diminuição da mortalidade infantil associada às doenças de veiculação hídrica ao longo das últimas duas décadas. Essa redução foi alcançada com a melhoria da cobertura dos serviços de saneamento e, também, devido ao melhor acesso a serviços de educação e saúde (MENDONÇA; MOTTA, 2005; ALVEZ; BELLUZO, 2004; SOARES, 2007; MACINKO; GUANAIS, 2006; GAMPER-RABINDRAN et al. 2010).

Ainda em se tratando no impacto negativo do desenvolvimento de indivíduos na primeira parte da vida, Spears (2013) utiliza a altura como medida de bom desenvolvimento entre crianças como forma de captar bom estado de saúde, e partir disso avaliar o efeito das condições de saneamento como fator impactante deste desempenho. O autor utiliza três estratégias empíricas: regressão avaliando diferencial entre cento e sessenta países, sendo setenta em desenvolvimento; regressão entre os diferenciais dentro de um mesmo país, utilizando os distritos indianos e; decomposição entre os diferenciais entre crianças na Índia e na África<sup>2</sup>. Os resultados se mostram robustos e os achados do autor demonstram que condições precárias de saneamento explicam tanto o atrofamento no desenvolvimento infantil, como também a sua severidade. Vogl (2014) defende a importância de se avaliar a altura como medida de desenvolvimento de capital humano, argumentando que trabalhadores mais altos apresentam melhores desempenhos de salários através de maior desenvolvimento de força e inteligência. O autor aplica esta hipótese avaliando trabalhadores mexicanos, demonstrando que trabalhadores mais altos apresentam um “prêmio” salarial e são alocados, em média, em funções que exigem menos força e maior capacidade cognitiva. O importante destes resultados é justamente o fato de que, conforme evidências epidemiológicas, os principais mecanismos para causa destes diferenciais são doenças causadas por patógenos relacionados a saneamento veiculação hídrica (WORLD BANK, 2008).

Zhang (2012) trata do caso das zonas rurais na China em relação ao programa de melhoramento do acesso a água tratada como mecanismo de contenção de doenças e ganho de altura e peso entre crianças e adultos. O autor verificou, através de uma

<sup>2</sup> Utiliza-se esta medida para demonstrar que riqueza não é a maior explicação entre os diferenciais de altura entre as crianças, uma vez que as crianças africanas costumam ser mais altas que as indianas, mesmo sendo em média mais pobres. Desta forma, o autor busca evidenciar que as condições de saneamento importam no desenvolvimento físico e, por consequência, cognitivo nos primeiros anos de vida.

estimação usando dados em painel, que a incidência de doenças em adultos apresentou um decréscimo de 11%, além de apresentarem um aumento da relação peso e altura em 0.835 quilos por metro; enquanto para as crianças o principal resultado foi o aumento da relação peso e altura em 0.446 quilos por metro, além de apresentarem um ganho de altura média de 0.962 centímetros. Zhang e Colin Xu (2016) ainda tratam do efeito do mesmo programa nos níveis de educação nas zonas rurais chinesas, identificando uma boa relação custo-benefício para o programa neste quesito, demonstrando que os ganhos em educação em jovens com acesso a água tratada se apresentam mais efetivos do que em outros momentos da vida.

É importante citar estudos como o de Sala-i-Martin (2005), que alertam para o fato de que a relação entre saúde e ganhos salariais é bicausal, uma vez que um baixo nível de renda causa saúde precária e essa, por sua vez, tende a causar um baixo nível de renda, gerando com isso um círculo vicioso. Apesar disso, no Brasil, estudos tem encontrado uma relação causal que vai na direção da condição de saúde para a renda (REIS; CRESPO, 2009; NORONHA et al., 2010; SANTOS et al. 2012), de modo que é possível dizer que uma melhora na saúde das pessoas está também relacionada a uma maior capacidade de rendimento destas.

Segundo Kronemberger e Júnior (2010), as diarreias - sintoma comum de uma infecção gastrointestinal causada por uma ampla gama de agentes patógenos, incluindo bactérias, vírus e protozoários –, em 2008, responderam por mais de 80% das doenças relacionadas ao saneamento básico inadequado, sendo responsáveis também por mais da metade dos gastos com esse tipo de enfermidade no Brasil. O custo de uma internação por infecção gastrointestinal no Sistema Único de Saúde (SUS), foi de cerca de R\$350 na média nacional, gerando uma despesa da ordem de R\$161 milhões/ano, apenas para tratamento hospitalar das pessoas infectadas. Conforme divulgado pelo instituto Trata Brasil (2017), além dos problemas no âmbito de coleta e tratamento adequados, a falta de água tratada apresenta impactos diretos sobre as condições de saúde dos agentes afetados, sobretudo pelo aumento de incidência de infecções do trato digestivo. Nota-se ainda que, quando conjugadas com uma saúde debilitada e com a desnutrição, essas doenças são potencializadas, configurando assim uma das principais causas da mortalidade infantil (IBGE, 2010).

No Brasil, foi significativa a diminuição da mortalidade infantil associada às doenças de veiculação hídrica ao longo das últimas duas décadas. Essa redução foi alcançada com a melhoria da cobertura dos serviços de saneamento e, também, devido ao melhor acesso a serviços de educação e saúde (MENDONÇA; MOTTA, 2005; ALVEZ; BELLUZO, 2004). A Organização Mundial da Saúde (2008) atribui como fator determinante para cerca de 80% das doenças em países em desenvolvimento a má qualidade da água. Dentre os grupos de maior risco, Azevedo et al. (2016) destacam o maior perigo para crianças, já que estas, no geral, têm maior contato com as águas e, ao mesmo tempo, maior fragilidade aos problemas relacionados a sua má condição.

## 2.2 Discussão sobre balneabilidade, saúde e fontes de distorção

Balneabilidade é definida como a capacidade de um determinado ponto garantir a qualidade sanitária para atividades de contato primário, sendo este um contato direto e persistente, prática habitualmente associada a medidas de recreação, como natação, por exemplo, conforme visto em Berg et al. (2013). Os autores ressaltam fatores que impactam na variabilidade dos indicadores de medição das condições de balneabilidade, indicando a importância de aspectos naturais e antrópicos; no primeiro caso, chuvas excessivas que alteram o volume de águas estranhas ao ambiente da costa, aumentando

a densidade de bactérias e corpos estranhos; no segundo caso, em períodos de grande concentração de pessoas nos litorais, o que gera desequilíbrio na gestão de esgoto/lixo, resultando num problema para condição da água destes locais.

Em um estudo precursor referente aos Estados Unidos, Stevenson (1953) detecta estatisticamente o aumento da incidência de doenças causado em banhistas de contato primário com ambientes naturais que apresentem condição de sanidade precária, comparando entre os experimentos grupos que têm contato com a água contaminada contra grupos que não mantém contato. O autor chama atenção para o fato de que é esperado que, mesmo em condições apropriadas para contato primário, banhistas em geral apresentam maior incidência de doenças, o que chama atenção para o fator ainda mais agravante no caso de ambientes poluídos. Superficialmente falando, o autor encontrou, dependendo da região avaliada ou grupo testado, aumento na ocorrência de problemas de pele, olhos, nariz, garganta, ouvidos e gastrointestinais.

Cabelli et al (1982) conduziram um estudo epidemiológico em Nova Iorque, buscando traçar uma relação entre a qualidade de águas de contato primário e gastroenterites na região. Os autores auferiram que, mesmo em condições de baixa densidade para os parâmetros de poluição testados, os sintomas de gastroenterite se mostraram mais prevalentes em banhistas em relação a não-banhistas. Os autores atestam que há uma relação direta entre o uso recreativo de águas de contato primário e doenças de gastrointestinais, mesmo que a taxa de poluição seja apenas marginal. Prüss (1998) realiza uma revisão minuciosa de literatura sobre a questão de balneabilidade e risco de contaminação do trato digestivo, relatando que o encontrado por Cabelli et al. (1982) se mantém, no sentido de que banhistas são naturalmente mais propensos a apresentarem sintomas de doenças gastrointestinais mesmo quando as contagens para os patógenos testados se mostram baixas, sugerindo uma forte relação entre gastroenterites e exposição a águas do contato primário.

Na Finlândia, durante o verão de 2014, foram relatados quinze surtos de doenças gastrointestinais relacionados a águas de contato primário. Destes, oito foram confirmados como a fonte sendo, de fato, a maior exposição a águas utilizadas para banho. A análise das regiões dos surtos indicou que houve contaminação da água devido a forte pressão e falta de higiene dos usuários deste recurso, sendo o mecanismo de contágio a presença de alta densidade de dejetos fecais (KAUPPINEN et al., 2017). De forma semelhante, Yoder et al. (2008) avaliaram a expansão de surtos de doenças de veiculação hídrica relacionados a águas recreacionais em trinta e um estados dos Estados Unidos entre 2005 e 2006, tendo maior prevalência casos de gastroenterites – 61.5% dos surtos. Os surtos afetaram mais de quatro mil pessoas, ocasionando cinco mortes provenientes deste problema. No Brasil, Girardi et al. (2019) relatam que há pouca investigação de surtos ligados a utilização de águas recreacionais, embora os autores tenham identificado a presença de maior risco de contaminação por vírus que causam problemas gastrointestinais, subnotificados, levantando a importância de uma vigilância mais rigorosa a fim de evitar tal ameaça.

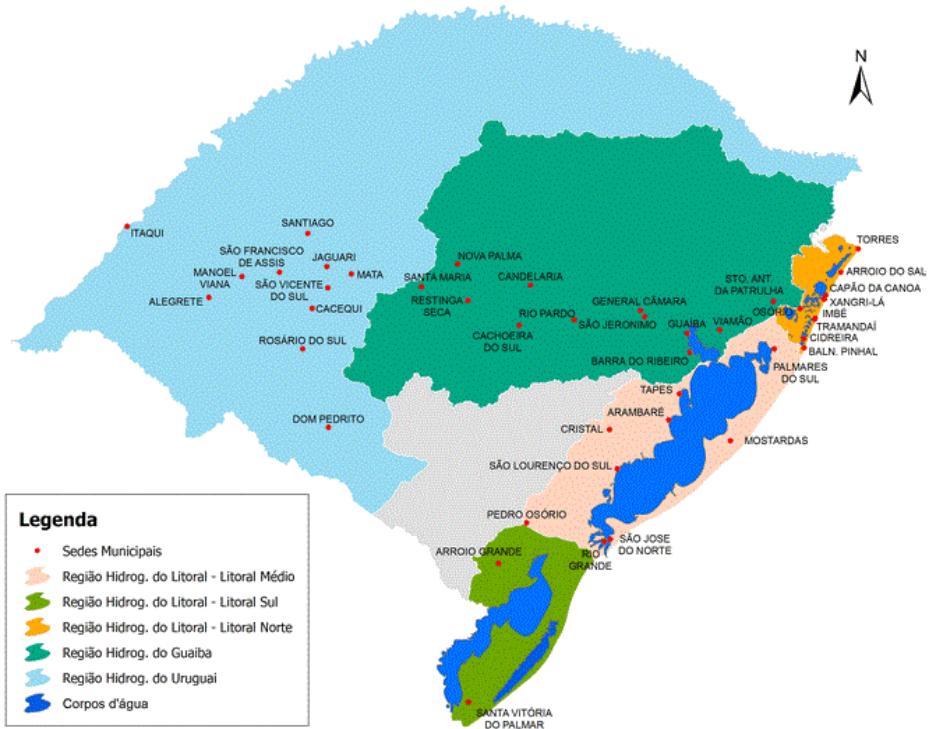
Sampsom et al. (2006) ainda chamam atenção para o fato de que, pelo menos empiricamente, não é possível determinar a chuva como principal fator no aumento da concentração de *E. coli* nas águas das praias, chamando atenção para a importância de determinar outros fatores relacionados a urbanização ou não urbanização das regiões próximas dos casos de estudo. No geral, os valores de microorganismos nocivos à saúde humana observados em águas de contato primário apresentam distância do padrão adequado em locais com proximidade de áreas urbanas desordenadas (FERREIRA et al., 2013).

Reforça-se o fato de que, durante temporadas de calor, locais que apresentam localidades propícias para a utilização de águas para banho apresentam um maior risco e maior velocidade de contaminação por agentes patógenos provenientes de poluentes, devido não somente a maior pressão populacional sobre o ambiente, mas também pelo maior número de indivíduos expostos (CHEUNG et al., 2009). Balarajan et al. (1991) ainda relatam que este tipo de exposição é ainda mais frequente em indivíduos que utilizam águas costeiras. Os autores monitoraram a situação de Ramsgate, na Inglaterra, relatando que cerca de 94% dos usuários das águas para fins recreacionais apresentaram algum tipo de problema, tendo nas gastroenterites a maior prevalência.

No Brasil, o órgão responsável por ditar as diretrizes acerca da balneabilidade é o CONAMA, Conselho Nacional do Meio Ambiente, e o faz a partir da base legal definida através da Resolução nº 274, de 2000, caracterizando as águas como própria quando em 80% ou mais de um conjunto de amostras coletadas nas 5 semanas anteriores, no mesmo local, houver, no máximo 1000 Coliformes Termotolerantes ou 800 *Escherichia coli* por 100 mililitros, ou imprópria, quando em mais de 20% de um conjunto de amostras coletadas nas 5 semanas anteriores, no mesmo local, os resultados das análises forem superiores a 1000 Coliformes Termotolerantes ou 800 *Escherichia coli* por 100 mililitros, ou quando o valor obtido na última amostragem for superior a 2500 Coliformes Termotolerantes ou 2000 *Escherichia coli* por 100 mililitros. A Resolução nº 357 do CONAMA, de 2005, considera aceitável para recreação águas que apresentem contagem de até 50000 células/mL ou 5mm<sup>3</sup>/L. O interesse do presente trabalho se dá sobre as condições de balneabilidade do Rio Grande do Sul, onde o órgão que compete o monitoramento da situação das águas de contato primário é a FEPAM, Fundação Estadual de Proteção Ambiental Henrique Luiz Roessler. A instituição mede e informa, com base nos limites determinados pelo CONAMA, os indicadores para acompanhamento da condição das águas para contato primário no estado.

Berg et al. (2013) ressaltam que a determinação seguida pelo CONAMA, além de apresentar defasagem cronológica, aparenta ser muito branda em relação aos padrões internacionais utilizados para medição de densidade de corpos microbiológicos responsáveis pela poluição das águas. A Figura 1 ilustra os pontos de coleta e análise da instituição no Rio Grande do Sul. Kueh et al. (1995) determinam que os indicadores de qualidade de águas para banho devem ser móveis, se adequando ao ambiente populacional no que tange a utilização e saúde, e não o contrário. Os autores relatam em seu estudo conduzido para Hong Kong que houve uma prevalência de problemas relacionados aos olhos, pele, respiratórios e gastrointestinais maior entre banhistas, considerando não banhistas com comparação. Nascimento (1996) já alertava para a necessidade de adequação do padrão utilizado pelo CONAMA, em comparação ao resto do mundo, tendo em vista que a falta de rigor pode ocasionar em problemas permanentes para a sociedade a longo prazo. Bravim (2004) relata que a legislação brasileira é mais rigorosa em relação a contagem para o parâmetro enterococo, porém este não é um dos parâmetros avaliados pela FEPAM, no período compreendido por este estudo.

**Figura 1 – Pontos de coleta e análise no Rio Grande do Sul**



Fonte: Fundação Estadual de Proteção Ambiental Henrique Luiz Roessler – RS.

Pessoa (2017) alerta que o Rio Grande do Sul coleta menos de 50% do esgoto produzido, destinando ao tratamento adequado apenas 13% desta parcela. Por si só, isso já é um sinal de alerta no que se refere ao risco de contaminação de águas de contato primário, visto que a cobertura e tratamento da rede de saneamento é deficitária, o que caracteriza um ambiente desordenado e propício para a geração de poluentes das águas. Ainda se leva em conta que, neste caso específico, trata-se de municípios que apresentam aumento da busca pelo uso da água para fins recreacionais nos períodos de alta temporada, considerando-se dessa forma uma possível fonte de piora da situação de sanidade da água. Berg et al. (2013) ressaltam que a baixa capacidade de absorção adequada de esgotos gerados são um fator ainda mais determinante para contaminação das águas para uso recreacional.

Tendo em vista os problemas elencados ao longo desta seção, a relação entre uma estrutura falha de saneamento e a contaminação de águas de uso primário e seus respectivos impactos na saúde, busca-se traçar o efeito de ser ou não balneável na saúde humana. A tipologia de doenças escolhidas, enteropatias, representadas pelo número de internações para casos deste tipo, é a mais citada na literatura e apresenta impactos permanentes, principalmente no desenvolvimento infantil. Como não há trabalhos dentro da literatura econômica que tratem especificamente do tema balneabilidade como instrumento para falta de saneamento, é um desafio traçar uma metodologia adequada para inferência dos efeitos pretendidos. Acredita-se que a melhor abordagem seja um modelo de Regressão com Descontinuidade pela característica dos dados, tendo na determinação de balneabilidade uma regra de seleção bem definida pela legislação, a fim de testar o comportamento da variável de interesse, taxa de internações, considerando o fato de um município se alocar entre balneável ou não-balneável ao longo do tempo.

### 3. ESTRATÉGIA EMPÍRICA

A estratégia de identificação adotada avalia a influência dos índices de balneabilidade na incidência de doenças gastrointestinais, informadas por local de contágio, para os municípios selecionados, utilizando para isso o método de Regressão com Descontinuidade em desenho *sharp*. Através disso, visa-se identificar o efeito do tratamento (não ser balneável) sobre a incidência de enteropatias, que é a definição genérica para doenças que acometem o trato digestivo, analisando o período de tempo que compreende de novembro de 2004 a dezembro de 2015 – considerando apenas os meses de alta temporada. Os dados relativos a internações por causas de doenças gastrointestinais são provenientes do departamento de informática do Sistema Único de Saúde (DATASUS) e os dados referentes às condições de balneabilidade foram retirados dos registros de coletas da Fundação Estadual de Proteção Ambiental Henrique Luiz Roessler (FEPAM), como destacados a seguir.

#### 3.1 Base de dados e tratamentos

A coleta de informações e testes dos parâmetros de avaliação da qualidade das águas de contato primário no Rio Grande do Sul são realizadas e informadas pela FEPAM. A instituição realiza o procedimento para os meses de alta temporada, no veraneio, embora não exista uma periodicidade específica ao longo do espaço temporal dos dados, podendo variar entre os municípios e até mesmo dentro da mesma temporada. De forma geral, não há informações para meses anteriores a novembro e tampouco para meses após abril, embora na maioria dos casos as coletas vão dos meses de novembro a março.

Nem todos os municípios avaliados pela FEPAM dispunham de informações dentro do SIH, optando-se por trabalhar apenas com os municípios que apresentassem tal informação. Desta forma, são estes: Alegrete, Arroio Grande, Bom Princípio, Cacequi, Cachoeira do Sul, Candelária, Capão da Canoa, Dom Pedrito, Guaíba, Itaqui, Jaguari, Mata, Mostardas, Nova Palma, Osório, Palmares do Sul, Pedro Osório, Pelotas, Restinga Seca, Rio Grande, Rio Pardo, Rosário do Sul, Santa Maria, Santa Vitória do Palmar, Santiago, Santo Antônio da Patrulha, São Francisco de Assis, São Jerônimo, São José do Norte, São Lourenço do Sul, São Vicente do Sul, Tapes, Torres, Tramandaí e Viamão.

Como explicado anteriormente, os parâmetros utilizados são: (i) a densidade de coliformes termotolerantes e (ii) a densidade de *Escherichia coli* presente nas águas testadas. Ambos parâmetros são patógenos que apresentam risco a saúde humana se houver contato com quantidades não indicadas. É importante ressaltar que também existe inconsistência ao longo da amostra no que tange os parâmetros utilizados; alguns municípios trabalham com ambos, tendo casos onde há informação inclusive no mesmo mês. No geral, os municípios analisados ao longo do tempo apresentam análise de ambos os parâmetros, em anos diferentes.

A escolha para tratar dos níveis de balneabilidades, visto que o dado não é representado como um índice, mas sim apenas a informação da contagem dos referidos parâmetros na data de coleta, foi trabalhar com a média simples para o mês analisado, de forma que isto expresse de alguma forma como aquele município se aloca dentro da questão da balneabilidade. É importante colocar que o fato de o município ser balneável

não exclui risco, visto que em algum momento específico dentro do mesmo período ele pode ter contagens acima do permitido, o que não é fator determinante para o critério exigido pelo CONAMA. Espera-se dessa forma que a média da avaliação consiga amenizar este problema. A seguir, apresenta-se a Tabela 1, com dados referentes as médias dos níveis de coliforme termotolerantes e escherichia coli para a amostra selecionada. As doenças abordadas são referentes a problemas do aparelho gastrointestinal conforme as apresentadas por Berg et al. (2013), diarreia e gastrenterites infecciosas. Os dados são do Sistema de Internações Hospitalares (SIH) do Sistema Único de Saúde (SUS), referentes aos mesmos meses de informações para os níveis de coliformes termotolerantes e escherichia coli, contendo informações para os municípios de internação, de forma que isso englobe também as populações flutuantes, comuns em períodos de veraneio.

Para suavizar o problema do tamanho dos municípios, a variável para o nível de doenças é trabalhada como uma taxa bruta ponderada pela população, conforme indicado pelo próprio DATASUS. Onde consiste na seguinte relação:

$$\text{Taxa de Internações} = \frac{\text{Número total de internações}}{\text{Número total de habitantes}} \times 1000 \quad (1)$$

A seguir, na Tabela 1, apresenta-se as médias das contagens de coliformes termotolerantes e escherichia coli, bem como a média das internações para doenças infecciosas do aparelho gastrointestinal, para os municípios analisados.

**Tabela 1 – Estatísticas descritivas**

Variável	Média	Mínimo	Máximo	Observações
Escherichia Coli	874.2693	1	121133.5	810
Coliformes Termotolerantes	632.0459	0	50000	804
Doenças	26.59848	1	324	1452

Fonte: FEPAM e DATASUS.

De posse destas informações, o próximo passo é explicitar como funcionará o modelo de regressão com descontinuidade não-paramétrica, buscando elucidar a intenção do trabalho de forma mais detalhada, como funciona formalmente e a especificidades do RDD no desenho *sharp*. Lembrando que a utilização do instrumento de seleção será a média simples mensal dos parâmetros de balneabilidade analisados, enquanto que para captar as condições de saúde será usada a taxa de internações para doenças gastrointestinais.

### 3.2 Regressão com Descontinuidade

Em casos como o estudado, onde existe uma regra determinística que define tratados e controles ao longo do ponto de corte ou *cutoff*, a vantagem de se utilizar o *design* de Regressão com Descontinuidade (RDD) é por se tratar de um dos modelos mais críveis entre os quase-experimentos estatísticos (CALONICO et al. 2017). Além disso, o método é de fácil interpretação, apresentação, e falseamento, se mostrando uma estratégia adequada de identificação para casos como o abordado neste trabalho.

A principal característica a ser considerada, além do pressuposto de continuidade da variável de interesse, é se a regra de decisão é um parâmetro bem definido ou não,

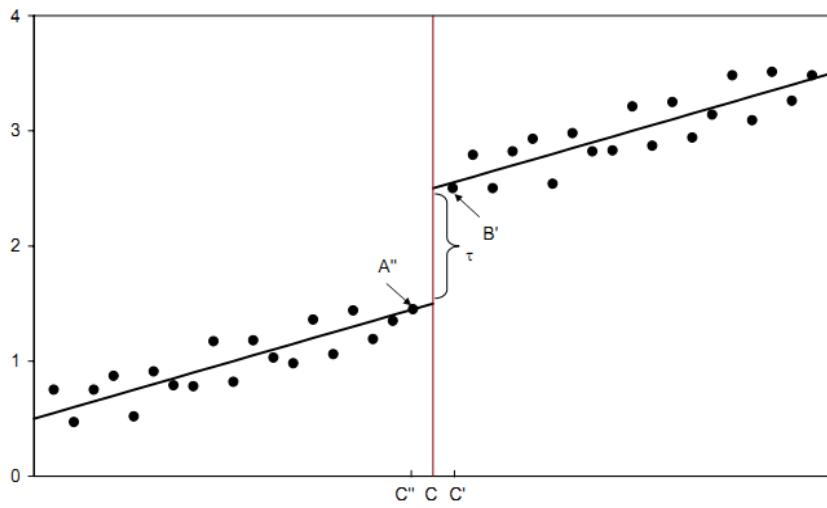
determinando assim a utilização do modelo em formato *Sharp* ou *Fuzzy*. No caso atual, como abordado previamente, a regra de seleção, ou seja, o ponto onde o ponto de coleta deixa ou não de ser balneável, é definido com base legal nas resoluções do CONAMA/OMS, o que indica o formato *Sharp* como o mais indicado. Isto significa que estar no grupo que recebe o tratamento está ligado a um valor exógeno não controlável pelos municípios, como no caso da regra utilizada pelo CONAMA/OMS, definido pela variável de classificação que é o índice observado de balneabilidade para cada município da amostra.

A estratégia de RDD se torna adequada por se tratar justamente de um método quase-experimental (LEE; LEMIUX, 2010), o que oferece controle sobre as relações de causalidade a serem testadas no modelo. Processos de quase-experimento são delineamentos que não consideram amostragem aleatorizada para definição dos grupos tanto de tratamento quanto de controle, o que se torna uma imensa barreira para tentativa de auferir relação causal com processos de pré-experimento padrão (SELLTIZ et al., 1976). Como a aleatorização não é possível, o processo de quase-experimento se torna a opção mais válida, logo em seguida, oferecendo uma alternativa de controle dos acontecimentos e interações entre os grupos (que se perderia em casos de uma abordagem simples de pré-experimento). Dessa forma, os modelos de quase-experimento apresentam alguma validade interna, em contraponto a quase nenhuma validade interna dos modelos simples pré-experimentais.

Para isso, o êxito do RDD depende de duas condições básicas: (i) a variável de classificação não pode ser causada ou influenciada pelo tratamento e; (ii) o ponto de corte precisa ser exógeno, garantindo que a atribuição a receber o tratamento seja garantida através do score do indivíduo em relação ao ponto de corte. No caso específico, a posição do município em relação a suas condições de balneabilidade é independente da regra definida tanto pelo CONAMA quanto pela OMS, ou seja, ser ou não balneável independe da vontade do município, visto que pressupõe-se exogenia na definição do parâmetro por parte do agente estadual credenciado, no caso a FEPAM, tornando essa relação incapaz de gerar viés de autosseleção, o que garante a validade interna da abordagem quase-experimental. Tal imprecisão no controle dos indivíduos sobre o ponto de corte garante que a variação do tratamento na vizinhança ao ponto de corte ser tão boa quanto uma aleatorização.

Abaixo é ilustrada a forma de distribuição de uma Regressão com Descontinuidade, onde C representa o ponto de *cutoff*, que para o caso específico seria o limite para um município ser balneável conforme a regra aplicada pelo CONAMA/OMS. Este parâmetro é o que vai delimitar se o município faz parte do grupo de controle (à esquerda de C) ou tratado (à direita de C). De forma prática, os tratados representam os grupos de municípios que sofrem com condições de águas impróprias para o contato primário. Como a intenção é verificar o efeito de ser impróprio nas condições de saúde, espera-se que os municípios no entorno do ponto de corte sejam semelhantes em características observáveis e não observáveis, fazendo com que o efeito seja explicado justamente na descontinuidade observada no ponto t da Figura 2.

**Figura 2: Representação genérica do impacto no caso de um quase-experimento através de um modelo de Regressão com Descontinuidade (tipo Sharp)**



Fonte: Elaboração própria, adaptado de Teixeira e Balbinotto (2016).

Em se tratando do modelo *Sharp RD*, a regra de decisão para o tratamento é determinística, como discutido anteriormente, e o tratamento é uma função descontínua de  $X_i$ , não importando a proximidade entre  $X_i$  e  $X_0$ , pois o tratamento só muda no momento exato onde ambos os parâmetros se igualam. Onde  $D_i = 1[\bar{X}_i > \bar{X}]$ , onde  $\bar{X}$  representa o ponto de corte definido pela regra do CONAMA, densidade de 1000 coliformes termotolerantes e 800 escherichia coli por 100ml de água, e OMS, densidade consideravelmente mais restrita, indicando como limite para este tipo de parâmetros apenas 60 por 100ml de água, enquanto  $X$  é a variável de classificação, considerando que  $\{(Y_i(0), Y_i(1), X_i) : i=1, 2, \dots, n\}$  seja uma amostragem aleatória de  $\{(Y_i(0), Y_i(1), X_i)\}$ , onde  $Y_i(0)$  representa o resultado sem tratamento, enquanto  $Y_i(1)$  representa o resultado com tratamento. Como tratamos neste caso de uma regra de seleção determinística,  $i$  será considerado tratamento se  $X_i > \bar{X}$ , sendo alocado no grupo de controle se  $X_i \leq \bar{X}$ . Dessa forma:

$$Y_i = \begin{cases} Y_i(1) & \text{se } X_i > \bar{X} \\ Y_i(0) & \text{se } X_i \leq \bar{X} \end{cases} \quad (2)$$

### 3.2.1 Regressão com descontinuidade não-paramétrica

O diferencial da utilização da abordagem não-paramétrica, conforme indicado por Cattaneo et al. (2014), parte do ponto de que ao invés de estimar propriamente os parâmetros, a regressão não-paramétrica constrói o estimador através da informação obtida nos dados, o que não assume uma forma funcional determinada. Isso implica que a estratégia não-paramétrica estima a própria forma funcional, de forma que se adeque a uma estimativa local de uma sub-amostragem dentro de uma certa largura de banda em torno do ponto de *cutoff*. A regressão polinomial local modela funções e ao se ajustar com os dados, o que atenua dispersões.

Formalmente, considerando que o desenho para o caso em questão é *sharp*, o efeito médio de tratamento se dá por:

$$\tau = E[Y_i(1) - Y_i(0) \vee X_i = \dot{X}] \quad (3)$$

O que implica que este estimando apresenta identificação não-paramétrica sob as condições de continuidade definidas por:

$$\tau = \lim_{x \downarrow \tilde{x}} E(Y_i \vee X_i = x^-) - \lim_{x \uparrow \tilde{x}} E(Y_i \vee X_i = \dot{X}) \quad (4)$$

Seguido disto, adiciona-se um estimador baseado no método de Kernel que apresenta função polinomial em ambos os lados do *cutoff*. Sendo assim, a regressão ajustada para unidades tratadas e unidades controles fica:

$$\hat{\tau}_p(h_n) = e_0' \hat{\beta}_{+p}(h_n) - e_0' \hat{\beta}_{-p}(h_n) \quad (5)$$

Onde

$$\hat{\beta}_{+,p}(h_n) = \arg \min_{\beta \in R^{p+1}} \sum_{i=1}^n I(X_i \geq \dot{x}) \left\{ Y_i - r_p(X_i - \dot{x})' \beta \right\}^2 K_{hn}(X_i - \dot{x}) \quad (6)$$

$$\hat{\beta}_{-,p}(h_n) = \arg \min_{\beta \in R^{p+1}} \sum_{i=1}^n I(X_i < \dot{x}) \left\{ Y_i - r_p(X_i - \dot{x})' \beta \right\}^2 K_{hn}(X_i - \dot{x}) \quad (7)$$

Assim,  $r_p(x) = (1, x, \dots, x^p)', e_0 = (1, 0, \dots, 0) \in R^{p+1}$  é o vetor de primeira unidade,  $K_h(u) = K(u/h)/h$  com  $K()$  uma função kernel,  $h_n$  é uma sequência positiva de largura de banda e  $I(.)$  denota a função indicador.

Na regressão não-paramétrica, a principal hipótese para validação do modelo é que os estimadores polinomiais locais satisfaçam as seguintes condições:

$$\beta_{+,p}(h_n) \rightarrow_p \beta_{+,p} \quad \text{e} \quad \beta_{-,p}(h_n) \rightarrow_p \beta_{-,p} \quad (8)$$

Com

$$\begin{aligned} & \frac{\mu_{+\check{o}^{[p]}}}{p!} \\ & \frac{\mu_{+\check{o}^{[2]}}}{2}, \dots, \check{o} \\ & + \check{o}, \mu_{+\check{o}^{[1]}, \check{o}} \\ & \beta_{+,p} = \check{o} \end{aligned} \quad (9)$$

$$\begin{aligned}
& \frac{\mu_{-\dot{i}^{(p)}}}{p!} \\
& \frac{\mu_{-\dot{i}^{(2)}}}{2}, \dots, \dot{i} \\
& -\dot{i}, \mu_{-\dot{i}^{(1)}, \dot{i}} \\
& \beta_{-, p} = \dot{i}
\end{aligned} \tag{10}$$

$$\begin{aligned}
& +\dot{i}(x) \\
& +\dot{i}^{(s)} = \lim_{x \uparrow \dot{x}} \frac{\partial^s}{\partial x^s} \mu_{\dot{i}} \\
& \mu_{\dot{i}}
\end{aligned} \tag{11}$$

$$+\dot{i}(x) = E\{Y(1) | X_i = x\} \tag{12}$$

$$\begin{aligned}
& \mu_{\dot{i}} \\
& -\dot{i}(x) \\
& -\dot{i}^{(s)} = \lim_{x \uparrow \dot{x}} \frac{\partial^s}{\partial x^s} \mu_{\dot{i}} \\
& \mu_{\dot{i}}
\end{aligned} \tag{13}$$

$$-\dot{i}(x) = E\{Y(0) | X_i = x\} \tag{14}$$

Onde  $s = 1, 2, \dots, p$ .

Isto posto, o modelo garante que o conjunto de estimadores de  $\tau$  sejam válidos e consistentes. Para o caso em específico, o que se busca testar é o efeito médio de tratamento, representado pela quebra em torno do ponto de seleção, através da estratégia de regressão não-paramétrica com um desenho *sharp*. Em outras palavras, ao utilizar-se de uma sub-amostragem no entorno do *cutoff*, usando a regressão polinomial local, demanda-se testar de que forma o nível de doenças gastrointestinais se comporta conforme a alocação dos municípios no que tange a sua condição de balneabilidade.

## 4. RESULTADOS

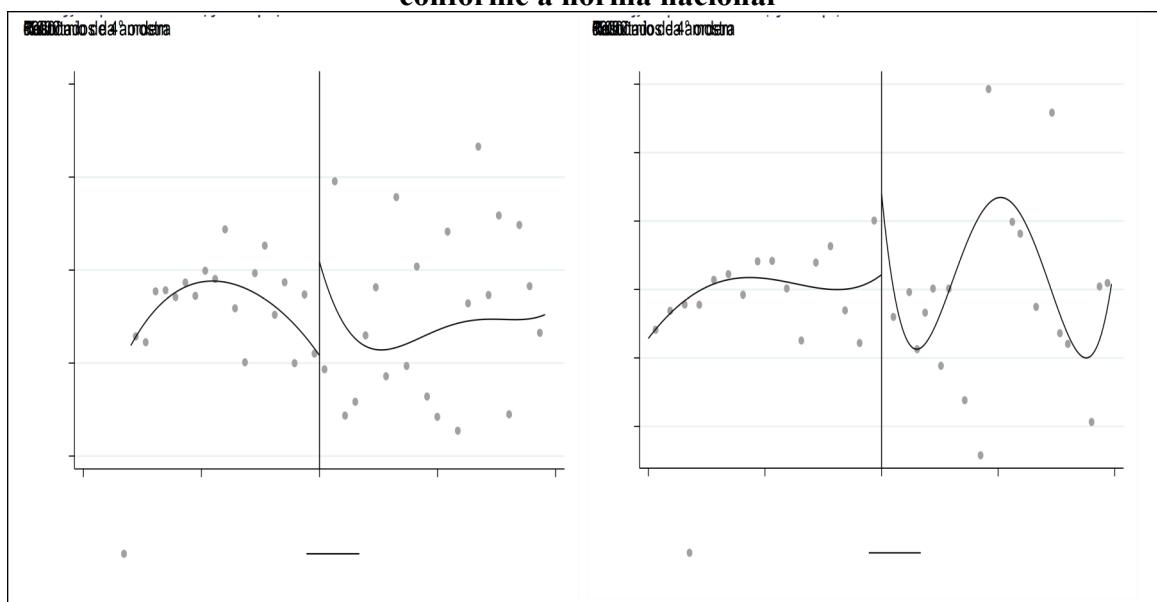
### 4.1 Análise gráfica

Nessa seção realiza-se a plotagem da variável de resultado em relação a variável usada como instrumento de forma a tornar mais visível o contraste “salto” dado pela descontinuidade nos pontos destacados pelas legislações, levando em consideração o design *Sharp*. A caracterização do RDD se dá pela total atribuição da formação dos grupos em relação ao ponto de corte, ou seja, observações à direita do *cutoff* recebem o efeito de tratamento (neste caso, ser não balneável), enquanto observações à esquerda do *cutoff* representam o grupo de controle (balneável). Isto implica que no design *Sharp*,

a probabilidade de receber tratamento varia de 0 para 1 de acordo com um critério exogenousamente definidos pelo CONAMA e a OMS.

Primeiramente, trata-se do caso onde a determinação da variável de seleção é atribuída pela regra do CONAMA. A direita do ponto de corte estão as unidades que receberam o tratamento, neste caso, são não balneáveis; a esquerda está o grupo de controle, unidades da amostra que são balneáveis. A figura 3 apresenta as funções de internações para ambos os parâmetros em função do índice de balneabilidade ponderado pelo dado como tolerável pelo CONAMA. A figura demonstra que há um salto positivo no limiar do critério de seleção, o que indicaria que, para a análise presente, haveria uma relação de impacto no sentido de aumentar a taxa de internações por *Escherichia Coli* e por Coliformes Termotolerantes devido ao município apresentar condições acima do aconselhável quanto à qualidade das suas águas de contato primário, o que seria no sentido esperado.

**Figura 3 – Análise gráfica das internações contra o índice de balneabilidade conforme a norma nacional**

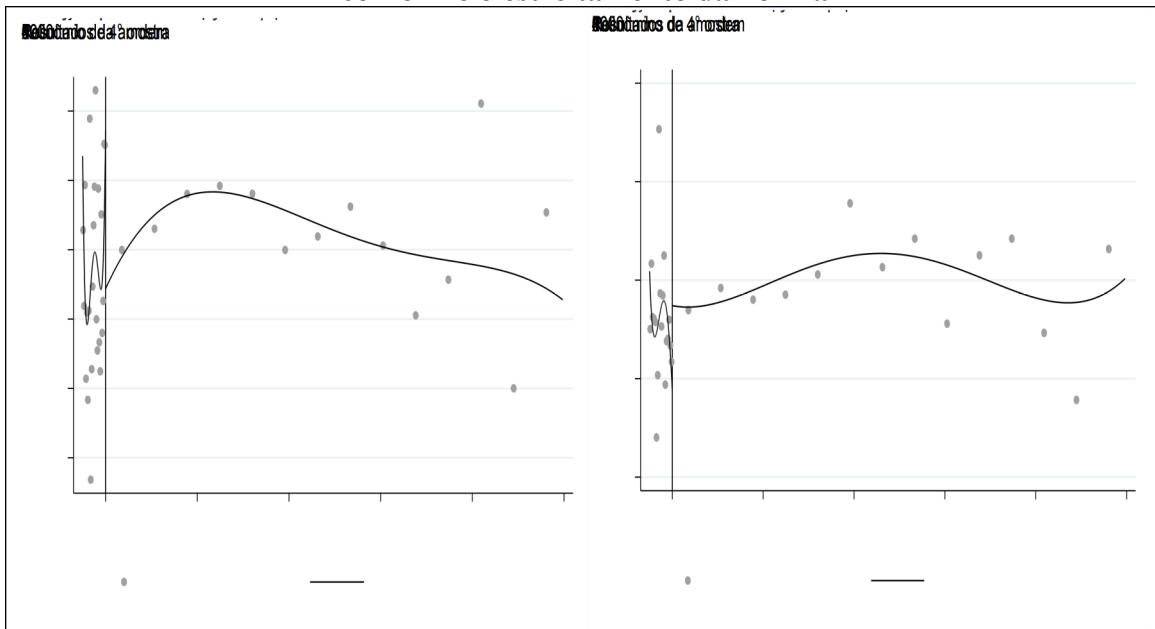


Fonte: elaboração própria com base nos dados retirados da FEPAM e SIH/DATASUS.

Num segundo momento, a intenção é trabalhar com uma alteração no critério de seleção, estreitando a normalização do índice de balneabilidade, como indicação feita

pela OMS (OMS, 2008), a fim de identificar se há impacto quando tratamos de uma regra hipotética mais rigorosa para o caso brasileiro, o que apresentaria um nível de tolerância ainda menor, considerando que há críticas ao limite aplicado no território nacional, conforme indica Berg et al. (2013). A figura 4 indica um salto positivo a partir do ponto de seleção, porém apenas no caso para coliformes termotolerantes, o que, nesse caso, traz a necessidade de uma investigação mais detalhada para o caso, visto o risco de contágio mesmo se tratando de uma condição permitida pela regra nacional.

**Figuras 4 – Análise gráfica das internações contra o índice de balneabilidade conforme o estreitamento da norma**



Fonte: Elaboração própria com base nos dados retirados da FEPAM e SIH/DATASUS.

A análise gráfica demonstra que pode haver impacto negativo, no caso de *Escherichia Coli*, o que se mostrou um contrassenso, ou positivo para o caso de Coliformes Termotolerantes quando se trabalha com a variável de seleção balizada conforme a indicação da OMS. Os gráficos analisados são importantes para indicar qual forma funcional melhor se ajusta ao conjunto de dados utilizados dentro do processo através das informações de *input* e *output* conforme indicado por CALONICO et al. (2014). A seguir, a discussão recairá sobre os resultados das regressões, buscando testar se há respaldo das indicações gráficas nos modelos estimados.

#### 4.2 Resultados da regressão com descontinuidade

A partir da indicação da sensibilidade da variável dependente em relação a variável de seleção, prossegue-se para a estimativa da regressão descontínua, onde os coeficientes indicam a magnitude do efeito, ou seja, o impacto da não balneabilidade sobre as variáveis de saúde, a partir de diferentes graus polinomiais. A análise gráfica indica os resultados para o polinômio de quarta ordem, porém serão testados polinômios de diferentes ordens para uma checagem de robustez dos resultados. As regressões são realizadas utilizando o método de seleção de banda ótima proposto por Calonico et al (2014).

Primeiramente, a tabela 2 indica a regressão para o parâmetro testado em relação à regra do CONAMA com o uso de quatro polinômios e três métodos não paramétricos

de regressão descontínua. Observa-se que os resultados demonstram um impacto médio negativo para o parâmetro de coliformes termotolerantes, mais precisamente 46.62% no método convencional e 50.8% nos demais métodos, o que iria ao contrário da hipótese defendida de que piores condições de balneabilidade implicam em aumento de doenças gastrointestinais infecciosas; de forma inversa, quando o teste é feito para eschirichia coli, o impacto se mostra positivo, numa magnitude de 11.92% no método convencional e de 11.82% para os demais métodos. Porém, todos os resultados estimados se mostraram não significativos para o caso em questão. Supõe-se que o sentido negativo do coeficiente pode implicar que quanto pior a situação de um município ou balneário perante a qualidade da água, menos atrativo ele se torna para o contato primário, afastando assim possíveis banhistas. Vale ressaltar também que o parâmetro abordado é apenas uma medida para avaliação de balneabilidade, embora existam outros fatores que indicam a precarização das águas de contato primário (não abordados nas coletas da FEPAM), como turbidez, por exemplo.

**Tabela 2 – Resultados da RDD utilizando a norma nacional**

Método	Ordem			
	p(1)	p(2)	p(3)	p(4)
Coliformes Termotolerantes				
Convencional	-0.0959 (0.263)	-0.375 (0.452)	-0.631 (0.530)	-0.763 (0.847)
Correção de viés	-0.0562 (0.263)	-0.412 (0.452)	-0.715 (0.530)	-0.849 (0.847)
Robusto	-0.0562 (0.333)	-0.412 (0.490)	-0.715 (0.568)	-0.849 (0.878)
Eschirichia Coli				
Convencional	0.199 (0.241)	0.228 (0.279)	0.299 (0.333)	-0.249 (0.435)
Correção de viés	0.251 (0.241)	0.261 (0.279)	0.303 (0.333)	-0.342 (0.435)
Robusto	0.251 (0.289)	0.261 (0.313)	0.303 (0.354)	-0.342 (0.474)
Observações	CT: 775		EC: 757	

Fonte: Elaboração própria com base nos dados da FEPAM e do DATASUS. Erros padrões robustos entre parênteses. \*p<0,1; \*\*p<0,05; \*\*\*p<0,01.

Partindo agora para a análise aplicando um estreitamento na variável de seleção, indicação da OMS para o tratamento de problemas que se relacionam a águas de contato primário em más condições, apresenta-se a tabela 3. Pode-se verificar que, nesse caso, o efeito foi conforme o esperado para coliformes termotolerantes e o contrário para o caso de *Escherichia Coli*. Nesta segunda análise, todos graus polinomiais apresentaram significância estatística, excetuando-se apenas os casos onde o método foi convencional no polinômio de primeira ordem e por correção de viés e robusto na regressão com polinômio de quarta ordem para coliformes termotolerantes e nos polinômios de ordem três e quatro no caso de *Escherichia coli*, onde a função não apresentou condições de realização da análise devido à ausência de informações suficientes na localidade ótima de banda, consequência do estreitamento para o caso neste parâmetro.

O efeito médio de tratamento no caso de coliformes termotolerantes apresenta diferentes graus de impacto, conforme o método e grau polinomial utilizado. A análise se dará considerando apenas os resultados estatisticamente significativos. Por isso, observa-se que no método convencional, o aumento na taxa de internações por enteropatias de origem infecciosa se dá, em média, num montante de 28.43%. O resultado converge também nos métodos analisados por correção de viés e robusto, apresentando um impacto de 28.47% na taxa de internações.

Tal resultado vai de encontro com o defendido por Stevenson (1953) e Cabelli et al. (1982), que defendem que, mesmo que haja poluição apenas de maneira marginal, o fato de se utilizar águas para contato primário como método recreacional já apresenta um maior risco de contrair doenças de veiculação hídrica. Além disso, outra crítica cabível dentro deste resultado é a avaliação do método do CONAMA, visto que, indiretamente, ao identificar o impacto das condições de balneabilidade sobre as taxas de internações por enteropatias é avaliar também a eficácia da lei, que tem como finalidade justamente proteger banhistas dos riscos de se entrar em contato com patógenos que podem causar enfermidades. Pelo menos de maneira preliminar, não é o que se verifica, uma vez que ao se utilizar a regra de seleção dada pela OMS, o que significaria trabalhar com efeito médio local de indivíduos mais próximos de condições ditas balneáveis, o efeito se mostrou positivo e significativo para a maioria dos critérios abordados, principalmente para Coliformes Termotolerantes. Isto vai de encontro com o que Kueh et al. (1995) defende, acreditando existir a necessidade de mais flexibilização na avaliação dos indicadores de balneabilidade, absorvendo mais os resultados no entorno do ambiente e não somente os resultados das culturas microbiológicas. No entanto, vai ao encontro do que Nascimento (1996) defende, indicando a necessidade de maior adequação da legislação proposta pelo CONAMA com os padrões internacionais, que são mais rigorosos.

**Tabela 3 – Resultados da RDD utilizando estreitamento na regra de seleção OMS**

Método	Ordem			
	p(1)	p(2)	p(3)	p(4)
Coliformes Termotolerantes				
Convencional	0.0730 (0.0721)	0.220** (0.105)	0.262* (0.150)	0.371* (0.210)
Correção de viés	0.207*** (0.0721)	0.250** (0.105)	0.397*** (0.150)	0.257 (0.210)
Robusto	0.207** (0.102)	0.250* (0.149)	0.397** (0.192)	0.257 (0.272)
<i>Escherichia Coli</i>				

Convencional	-0.099 (0.062)	-0.171* (0.098)	-	-
Correção de viés	-0.170*** (0.062)	-0.238** (0.098)	-	-
Robusto	-0.170* (0.098)	-0.238* (0.143)	-	-
Observações	CT: 775		EC: 757	

Fonte: Elaboração própria com base nos dados da FEPAM e do DATASUS. Erros padrões robustos entre parênteses. \*p<0,1; \*\*p<0,05; \*\*\*p<0,01.

Tanto a análise gráfica quanto o resultado das regressões descontínuas mostram que o sentido do efeito é positivo sobre a taxa de doenças apenas no caso onde se utiliza os limites definidos pela regra da OMS para os índices toleráveis de Coliformes Termotolerantes, apresentando também significância estatística. Isso implica que, ao se mudar a definição do instrumento que determinará se a unidade é ou não tratado, ou não balneável, há uma possível maior exposição aos problemas consequentes de águas de contato primário em más condições. Berg et al. (2013) alertam para o fato de a regulamentação do CONAMA ser, de fato, muito branda. Conforme tratado anteriormente, há também a possibilidade de afastamento de banhistas se a regra da OMS for aplicada, afinal isto demandaria campanhas de conscientização junto aos possíveis indivíduos que se colocariam em risco. Quanto ao caso para *Escherichia coli*, embora a análise demonstre resultados inversos ao esperado, vale ressaltar que ao se estreitar a regra de seleção as informações se tornam prejudicadas para o caso em questão em virtude da pouca robustez dos resultados. Uma explicação intuitiva para isso seria o fato de, ao se estreitar a regra, se considerando que dentro da amostra existem contagens de *Escherichia coli* que extrapolam o limite por terem valores muito altos registrados, isso implicaria que dentro da legislação vigente o ente público precisaria tomar medidas visíveis de informação à população da condição imprópria do local. Isso acarretaria afastamento dos banhistas que não se colocariam em risco independente de qual legislação seja considerada. Embora não se possa fazer afirmações sobre o caso, a diferença do parâmetro pode explicar a diferença de exposição dos banhistas ao risco.

## 5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este estudo buscou identificar o impacto dos índices de balneabilidade sobre as condições de saúde nos municípios selecionados no Rio Grande do Sul, considerando os períodos de alta temporada de novembro de 2004 até dezembro de 2015, tendo por base os indicadores de qualidade das águas para contato primário avaliados e informados pela FEPAM. Verificou-se a relação entre as taxas de internação por doenças de ordem gastrointestinais, sabidamente maior ocorrência entre os problemas enfrentados por banhistas e qualidade da água definida pelos índices de balneabilidade. Foram realizadas análises gráficas e também regressões com descontinuidade, levando em conta a legislação vigente no Brasil e também levando em consideração aos índices definidos pela OMS como regra de seleção entre controles (balneáveis) e tratamentos (não-balneáveis).

Os resultados apontaram que pela análise dos limites definidos pelo CONAMA, não houve uma relação causal significativa entre os níveis de balneabilidade e internações por EC e CT. No entanto, quando avaliados nos limites definidos pela OMS,

encontrou-se relação positiva para o caso de CT, indicando que quando os índices estão maiores do que os definidos pela instituição há um aumento de internações causados pelos CT. Este resultado torna-se relevante visto que se agrupa aos demais na preocupação da literatura quanto à ineficácia das normas propostas pelo CONAMA, o que implicaria em maior exposição ao risco por parte dos banhistas em águas recreacionais no contato primário dado a vigência da legislação atual. No caso para EC, a regressão local foi performada apenas nas duas primeiras ordens polinomiais, apresentando relação significativa e inversa ao esperado, porém os resultados não demonstraram robustez estatística.

O presente trabalho intenciona ser um primeiro passo no sentido de uma melhor investigação de impacto de águas de contato primário não apresentarem as condições próprias para banho, visto todos os problemas apresentados e discutidos ao longo do trabalho. É de suma importância trazer para o debate não apenas a avaliação dos efeitos das consequências negativas do contato com águas para banho contaminadas, mas também da validade e eficácia da norma nacional para o tema, visto que existem críticas ao modelo adotado pelo CONAMA. Isto implicaria na necessidade de revisão da regra por parte do CONAMA a fim de avaliar seu real impacto como medida de contenção ao risco, considerando que o tratamento deste caso, embora tenha uma abrangência muito menor, apresente riscos semelhantes a outros problemas de saneamento.

## **REFERÊNCIAS**

- ALVES, D.; BELLUZZO, W. **Infant mortality and child health in Brazil**. *Economics & Human Biology*, v. 2, n. 3, 2004.
- AZEVEDO-LOPES, F. W.; DAVIES-COLLEY, R. J.; VON SPERLING, E.; MAGALHÃES JÚNIOR, A. P. **A water quality index for recreation in Brazilian freshwaters**. *Journal of Water and Health*, v. 14, p. 243-254, 2016.
- BALARAJAN, R.; SONI RALEIGH, V.; YUEN, P.; WHEELER, D.; MACHIN, D.; CARTWRIGHT, R. **Health risks associated with bathing in sea water**. *BMJ (Clinical research ed.)*, v. 303, n. 6815, 1444–1445, 1991.
- BATEMAN, O. M.; SMITH, S. **A comparison of the health effects of water supply and sanitation in urban and rural Guatemala**. *WASH Field Report 352*, USAID, 1991.
- BERG, C. H.; GUERCIO, M. J; ULBRICHT, V. R. **Indicadores de Balneabilidade: A Situação Brasileira e as Recomendações da World Health Organization**. *Int. J. Knowl. Eng. Manag.*, ISSN 2316-6517, Florianópolis, v. 2, n. 3, p. 83-101, jul./out, 2013.
- BOELEE, E.; GEERLING, G.; van der ZAAN, B.; BLAUW, A.; VETHAAK, A. D. **Water and health: From environmental pressures to integrated responses**. *Acta tropica*, 2019.
- BRASIL. **Resolução CONAMA nº 274, de 29 de novembro de 2000**. Diário Oficial da República Federativa do Brasil, Brasília, DF, n. 18, 25 jan. 2001. Seção 1, p. 70-71.

**BRASIL. Resolução CONAMA nº 357, de 17 de março de 2005.** Conselho Nacional de Meio Ambiente. Disponível em: <http://www.mma.gov.br>. 2005.

**BRAVIM, A. D; BRAVIM, J. S; SANT'ANNA, R. O.; BARROSO, G. F.; SILVEIRA, I. M. O. Avaliação da balneabilidade da Praia da Curva da Jurema (Vitória-ES), UFES, 2004.**

**CABELLI, V. J.; DUFOUR, A. P.; McCABE, L. J.; LEVIN, M. A. SWIMMING-ASSOCIATED GASTROENTERITIS AND WATER QUALITY.** American Journal of Epidemiology, v. 115, 1982.

**CALAND-NORONHA; M. C & MORAIS, J. O. Aspectos da poluição marinha em frente ao Município de Fortaleza.** Arquivo de Ciências do Mar, v. 12, n. 2, p.109-115, Fortaleza-CE. 1972.

**CALONICO, S., CATTANEO, M. D., & TITIUNIK, R. Robust nonparametric confidence intervals for regression-discontinuity designs.** Econometrica, v. 82, n. 6, p. 2295-2326, 2014.

**CAMERON, A. C.; SHAH, M.; OLIVIA, S. Impact evaluation of a large-scale rural sanitation project in Indonesia.** World Bank Policy Research, Working Paper, 6360, 2013.

**CETESB. Relatório de balneabilidade das praias paulistas.** Estado de São Paulo, 2003.

**CHECKLEY, W.; GILMAN, R. H.; BLACK, R. E.; EPSTEIN, L. D.; CABRERA, L.; STERLING, C. R.; MOULTON, L. H. Effect of water and sanitation on childhood health in a poor Peruvian peri-urban community.** The Lancet, v. 363, n. 9403, 2004.

**CHEUNG, W.; CHANG, K.; HUNG, R. Variations in microbial indicator densities in beach waters and health-related assessment of bathing water quality.** Epidemiology and Infection, v. 106, n. 2, p. 329-344, 2009.

**CLASEN, T.; BOISSON, S.; ROUTRAY, P.; TORONDEL, B.; BELL, M.; CUMMING, O.; RAY, S. Effectiveness of a rural sanitation programme on diarrhoea, soil-transmitted helminth infection, and child malnutrition in Odisha, India: a cluster-randomised trial.** The Lancet Global Health, v. 2, n. 11, p. 645-653, 2014.

**ESREY, S. A. Water, waste and well-being: a multi-country study.** Am. J. Epidemiol., v. 143, n. 6, 1996.

**FERREIRA, K. C. D.; ANDRADE, M. V.; COSTA, A. G. A influência do lançamento de efluentes de galerias pluviais na Balneabilidade da Praia do Futuro em Fortaleza – CE.** Conex. Ci e Tecnol. Fortaleza/CE, v. 7, n. 3, p. 9-17, 2013.

**GALDO, V.; BRICEÑO, B. An impact evaluation of a potable water and sewerage expansion in Quito: Is water enough.** Banco Interamericano de Desarrollo, 2005.

- GAMPER-RABINDRAN, S.; KHAN, S.; TIMMINS, C. **The impact of piped water provision on infant mortality in Brazil: A quantile panel data approach.** Journal of Development Economics, v. 92, n. 2, 2010.
- GIRARDI, V.; DEMOLINER, M.; GULARTE, J. S.; SPILKI, F. R. **“Don’t put your head under water”: enteric viruses in Brazilian recreational waters.** New microbes and new infections, v. 29, 2019.
- HAMMER, J.; SPEARS, D. **Village sanitation and child health: Effects and external validity in a randomized field experiment in rural India.** Journal of Health Economics, v. 48, p. 135–148, 2013.
- HATHI, P.; HAQUE, S.; PANT, L.; COFFEY, D; SPEARS, D. **Place and child health: the interaction of population density and sanitation in developing countries.** World Bank Policy Research, Working Paper, 2014.
- JALAN, J.; RAVALLION, M. **Does piped water reduce diarrhea for children in rural India?** Journal of Econometrics, v. 112, n. 1, 2003.
- KAUPPINEN, A.; AL-HELLO, H.; ZACHEUS, O.; KILPONEN, J.; MAUNULA, L.; HUUSKO, S.; RIMHANEN-FINNE, R. **Increase in outbreaks of gastroenteritis linked to bathing water in Finland in summer 2014.** Eurosurveillance, v. 22, n. 8, 2017.
- KRONEMBERGER, D. M. P.; JÚNIOR, J. C. Esgotamento sanitário inadequado e impactos na saúde da população. **Instituto Trata Brasil**, 2010.
- KUEH, C. S. W.; TAM, T. Y.; LEE, T.; WONG, S. L.; LLOYD, O. L.; YU, I. T. S.; BASSETT, D. C. J. **Epidemiological study of swimming-associated illnesses relating to bathing-beach water quality.** Water Science and Technology, v. 31, n. 5-6, p. 1-4, 1995.
- LAWSON, N.; SPEARS, D. **What doesn't kill you makes you poorer: adult wages and the early-life disease environment in India.** Econ. Hum. Biol., v. 21, 2016.
- LEE, D; LEMIEUX, T. **Regression Discontinuity Designs in Economics.** Journal of Economic Literature, vol. 48, p. 281-355, 2010.
- LIN, A.; ARNOLD, B. F.; AFREEN, S.; GOTO, R.; HUDA, T. M. N.; HAQUE, R.; LUBY, S. P. **Household environmental conditions are associated with enteropathy and impaired growth in rural Bangladesh.** The American journal of tropical medicine and hygiene, v. 89, n. 1, p. 130-137, 2013.
- MACINKO, J; GUANAIS, F. C. **Evaluation of the impact of the Family Health Program on infant mortality in Brazil, 1990-2002.** Journal of Epidemiology & Community Health, v. 60, n. 1, 2006.
- MENDONÇA, M. J. C.; MOTTA, R. S. **Saúde e saneamento no Brasil.** Texto para Discussão, Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada (IPEA), 2005.

- MOTA, S. **Introdução à engenharia ambiental.** 1. ed. [S.l.]: ABES, 1997.
- NORONHA, K.; FIGUEIREDO, L. D.; ANDRADE, M. V. **Health and economic growth among the states of Brazil from 1991 to 2000.** Revista Brasileira de Estudos de População, v. 27, n. 2, 2010.
- ORGANIZAÇÃO MUNDIAL DA SAÚDE. **Progress on drinking water and sanitation: special focus on sanitation,** 2008.
- PESSOA, M. L. (Org.). Saneamento no RS. In: **Atlas FEE.** Porto Alegre: FEE, 2017. Disponível em: <<http://atlas.fee.tche.br/rio-grande-do-sul/socioambiental/saneamento/>>. Acesso em: 20 de fevereiro de 2019.
- PICKERING, A. J.; DJEBBARI, H.; LOPEZ, C.; COULIBALY, M.; ALZUA, M. L. **Effect of a community-led sanitation intervention on child diarrhoea and child growth in rural Mali: a cluster-randomised controlled trial.** Lancet Global Health, v. 3, n. 11, 2015.
- PRÜSS, A. **Review of epidemiological studies on health effects from exposure to recreational water.** International Journal of Epidemiology, v. 27, 1998.
- PRÜSS, A.; KAY, D.; FEWTRELL, L.; BARTMAN, J. **Estimating the Burden of Disease from Water, Sanitation, and Hygiene at a Global Level.** Environmental Health Perspectives, v. 110, n. 5, 2002.
- REIS, M.; CRESPO, A. **O impacto da renda domiciliar sobre a saúde infantil no Brasil.** Texto para Discussão, Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada (IPEA), 2009.
- SALA-I-MARTIN, X.; Health and Economic Growth Findings and policy implications. In: LÓPES-CASASNOVAS, B. R.; CURRAIS, L. (eds.): **Health and Economic growth: findings and policy implications,** 2005.
- SAMPSON, R. W.; SWIATNICKI, S. A.; McDERMOTT, C. M.; KLEINHEINZ, G. T. **The effects of rainfall on Escherichia coli and total coliform levels at 15 Lake Superior recreational beaches.** Water Resources Management, v. 20, n. 1, p. 151–159, 2006.
- SANTOS, A. M. A. D.; JACINTO, P. D. A.; TEJADA, C. A. O. **Causalidade entre renda e saúde: uma análise através da abordagem de dados em painel com os estados do Brasil.** Estudos Econômicos (São Paulo), v. 42, n. 2, 2012.
- SCRIPTORE, J. **Impactos do saneamento sobre saúde e educação: uma análise espacial.** 2016. 204 f. Tese (Doutorado em Economia) – Programa de Pós-Graduação em Economia, Universidade de São Paulo (USP), São Paulo, 2016.
- SELLTIZ, C.; WRIGHTSMAN, L. S.; COOK, S. W. Research methods in social relations, 3<sup>a</sup> Ed., New York: Holt, Rinehart & Winston, 1976.
- SOARES, R. R. **Health and the evolution of welfare across Brazilian municipalities.** Journal of Development Economics, v. 84, n. 2, 2007.

SPEARS, D. **How Much International Variation in Child Height can Sanitation Explain?** World Bank Policy Research, Working Paper 6351, 2013.

STEVENSON, A. H. **Studies of bathing water quality and health.** Am J Public Health, n. 43, p.529-538, 1953.

TEIXEIRA, G. S.; BALBINOTTO NETO, G. **Seguro-desemprego brasileiro e salário de reinserção:** uma análise via regressão com descontinuidade e propensity score matching. Nova Economia (UFMG. impresso), v. 26, p. 943/9-980, 2016.

TRATA BRASIL. Panorama dos Planos Municipais de Saneamento Básico no Brasil, 2017.

VYAS, S.; KOV, P.; SMETS, S.; SPEARS, D. **Disease externalities and net nutrition: evidence from changes in sanitation and child height in Cambodia, 2005–2010.** Econ Hum Biol.; v. 23, p. 235–45, 2016.

VOGL, T. S. **Height, skills, and labor market outcomes in Mexico.** J. Dev. Econ., v. 107, 2014.

WATSON, T. **Public health investments and the infant mortality gap: Evidence from federal sanitation interventions on U.S. Indian reservations.** Journal of Public Economics, v. 90, n. 8-9, 2006.

WORLD BANK. **Environmental Health and Child Survival: Epidemiology, Economics, Experiences.** World Bank, 2008.

YODER, J. S.; HLAVSA, M. C.; CRAUN, G. F.; HILL, V.; ROBERTS, V.; YU, P. A.; BEACH, M. J. **Surveillance for waterborne disease and outbreaks associated with recreational water use and other aquatic facility-associated health events—United States, 2005–2006.** MMWR Surveill Summ, v. 57, n. 9, p. 1-29, 2008.

ZHANG, J. **The impact of water quality on health: Evidence from the drinking water infrastructure program in rural China.** Journal of health economics, v. 31, n. 1, p. 122-134, 2012.

ZHANG, J.; XU, L. C. **The long-run effects of treated water on education: The rural drinking water program in China.** Journal of Development Economics, v. 122, p. 1-15, 2016.