



## IMPACTOS AMBIENTAIS E INVESTIMENTOS EM ABASTECIMENTO DE ÁGUA NO BRASIL

**Regiane Lopes Rodrigues**

Programa de Pós-graduação em Economia, Universidade Federal de Uberlândia (PPGE/UFU)

[rlrodrigues@ufu.br](mailto:rlrodrigues@ufu.br)

**Carlos César Santejo Saiani**

Instituto de Economia e Relações Internacionais, Universidade Federal de Uberlândia (IERI/UFU)

[ssaiani@ufu.br](mailto:ssaiani@ufu.br)

**Michele Polline Veríssimo**

Instituto de Economia e Relações Internacionais, Universidade Federal de Uberlândia (IERI/UFU)

[micheleverissimo@ufu.br](mailto:micheleverissimo@ufu.br)

### Resumo

Este estudo pretende avaliar se os investimentos em abastecimento de água no Brasil são influenciados por situações ambientalmente inadequadas associadas ao saneamento básico, refletidas em perdas de água e saúde, e se os investimentos amenizam tais problemas. Para tanto, realiza-se uma análise econométrica com modelos de Vetores Autorregressivos (VAR) para dados anuais de 1995 a 2019. Os resultados sugerem que as decisões de investimento em abastecimento de água dos prestadores podem ser influenciadas pela ineficiência nos sistemas, mas não pelas externalidades ambientais. As evidências sinalizam, ainda, que os investimentos contribuem para a redução das externalidades ambientais refletidas na morbidade associada ao saneamento, mas não amenizam problemas na provisão que resultam em perdas, as quais podem levar à exaustão de fontes de recursos hídricos.

**Palavras-chave:** perdas, saúde, investimentos, impacto ambiental, saneamento básico.

### Abstract

This paper aims to evaluate whether water supply investments in Brazil are influenced by environmentally inadequate situations associated with basic sanitation, reflected in water and health losses, and whether the investments mitigate such problems. For this purpose, it performs an econometric analysis by Vector Autoregressive (VAR) models with annual data from 1995 to 2019. The results suggest that the water supply investment decisions of providers may be influenced by inefficiency in the systems, but not by environmental externalities. The evidence also show that investments contribute to the reduction of environmental externalities reflected in the morbidity related to sanitation, but they do not alleviate provision problems that result in water losses and can lead to the exhaustion of sources of water resources.

**Keywords:** losses, health, investments, environmental impact, basic sanitation.

**JEL Codes:** H40, Q01, Q25



## 1. Introdução

O acesso à água potável e ao esgotamento sanitário é reconhecido como uma condição essencial à proteção da saúde e à preservação da vida. Por isso, foi definido como um direito humano essencial pela Resolução da Organização das Nações Unidas (ONU) de 2010 (Reis; Carneiro, 2021). A essencialidade do acesso à água potável ganhou ainda mais destaque com a pandemia do Covid-19, dado que a ausência desse recurso impede que as pessoas adotem medidas preventivas contra a enfermidade, como a higienização das mãos (Goveia, 2021).

No entanto, a provisão de água potável para todos os brasileiros está longe da realidade. Há sérios déficits de acesso distribuídos desigualmente pelo país e concentrados nos “mais pobres” (Saiani et al., 2013; Santos et al., 2021). Outro importante problema dos sistemas de abastecimento de água é o elevado nível de perdas (Souza, 2016). Em 2019, o nível médio de perdas na distribuição era de 39,2% (SNIS, 2020). Conforme Miranda (2006), são fatores que contribuem para essa situação: baixa capacidade institucional, de gestão dos sistemas e de investimento; cultura de aumento da oferta e do consumo individual sem preocupações com a conservação e o uso racional do recurso hídrico; e falta de estudos de engenharia para a ampliação da carga hidráulica e expansão da rede para áreas periféricas.

O nível de perdas no sistema de abastecimento de água é de alta importância diante de cenários de escassez hídrica e altos custos de energia elétrica (Ana, 2019; SNIS, 2020), ambos evidentes atualmente no Brasil. Desse modo, a produção da água “perdida” nas tubulações gera grandes impactos ao meio ambiente, pois torna necessário que os prestadores aumentem as vazões de água nos sistemas, o que gera maior pressão em fontes de recursos hídricos, podendo até culminar no esgotamento destas (“tragédia dos comuns”) e, assim, na exploração de novos mananciais (Souza, 2016). Para que

os recursos hídricos sejam aproveitados respeitando as capacidades de suporte/carga e garantindo suas sustentabilidades, é fundamental o controle das perdas nos sistemas de abastecimento alinhado ao uso racional pela população (Van Bellen, 2004; Sobrinho; Borja, 2016).

Além da provável exaustão de um recurso ambiental renovável, é possível que as perdas, assim como a ausência de acesso aos serviços, resultem em danos à saúde. Isto porque pode haver contaminação das águas nas redes de abastecimento devido a rupturas de tubulações e aumento de criadouros de agentes patogênicos de várias doenças em função dos vazamentos, dado que áreas com águas paradas são ambientes propícios à proliferação de diversos destes agentes (Cvjetanovic, 1986; Souza, 2016).

Com o objetivo de expandir a cobertura dos serviços de saneamento no país, o Novo Marco Legal do Saneamento, Lei nº 14.026 de 2020 (Brasil, 2020), definiu a meta de acesso à água potável para 99% da população brasileira até o final de 2033 – ou janeiro de 2040 para os municípios com baixa capacidade de investimento. Além desta meta, o Novo Marco determinou a redução e o controle das perdas na distribuição de água tratada. Para isso, previu um instrumento de incentivo econômico depois normatizado pela Portaria nº 490 do Ministério do Desenvolvimento Regional (Mdr, 2021), na qual foram estabelecidas metas graduais de redução de perdas até 2034. Ao cumprimento dessas metas é condicionada a alocação dos recursos federais e, assim, o acesso dos prestadores a financiamentos com tais recursos. Ademais, a nova legislação aponta como objetivo geral a adequação das provisões dos serviços de abastecimento de água visando à saúde pública.

Para que tais metas e objetivo sejam atingidos, é preciso ampliar os investimentos em abastecimento de água. Neste contexto, uma questão passível de ser feita é se basta uma



elevação quantitativa dos recursos investidos ou se também é necessário mudar o padrão histórico dos investimentos no setor. Tal questionamento e o contexto supracitado motivam este estudo, que tem como objetivos investigar: i) se os investimentos em abastecimento de água no Brasil são influenciados por situações ambientalmente inadequadas, refletidas em perdas de água e saúde; ii) se eles amenizam tais problemas. Para tanto, é realizada uma análise econométrica com modelos de Vetores Autorregressivos (VAR) com dados anuais de 1995 a 2019.

Para o período anterior ao aqui analisado (de 1970 a 1991), durante o Plano Nacional de Saneamento (PLANASA), existem evidências da motivação dos investimentos pela ampliação quantitativa do abastecimento de água sem ações de racionalização do seu uso (Parlatore, 2000), o que teria reflexos em questões ambientais. Assim, é aqui avaliado se tal lógica persistiu de 1995 a 2019 e, a partir dos dados deste período, é projetado se os investimentos futuros, sem alteração de seus possíveis padrões históricos, seriam motivados por impactos ambientais (perdas de água e saúde) e os reduziram. Caso haja sinalização da necessidade de alteração do padrão dos investimentos, é sugerida a importância de instrumentos de incentivos para isso, podendo ser o caso, ainda de forma prospectiva, das metas de perdas associadas a restrições de acesso a recursos federais do Novo Marco Legal.

Portanto, se for constatada nas décadas de 1990 a 2010 a persistência de um viés pró-expansão do abastecimento sem preocupações ambientais, o presente estudo tem duas contribuições importantes. A primeira para a literatura sobre o tema, garantindo evidências adicionais para a não muito explorada discussão sobre motivações e consequências dos investimentos em saneamento no Brasil. A segunda para as políticas no setor ao sinalizar que o crescimento dos investimentos em

expansão das redes (metas de atendimento) que o Novo Marco Legal pode induzir, mantido o padrão histórico, terá sérios impactos ambientais em termos de perdas de recursos hídricos. Assim, as metas de perdas e seus efetivos cumprimentos são de suma importância. Dessa forma, é possível que os novos investimentos amenizem tanto as externalidades ambientais e, por meio dessas, sobre a saúde, como a possibilidade de exaustão de fontes de recursos hídricos.

Este estudo está dividido em três seções, além desta introdução e das considerações finais. Na segunda seção, são apresentados definições e alguns apontamentos importantes para este estudo sobre impactos ambientais, saneamento básico e perdas de água. A terceira seção contém a metodologia e os dados dos testes empíricos. Na quarta seção, são discutidos os resultados.

## **2. Impactos ambientais, saneamento, saúde e perdas de água: alguns apontamentos**

Impacto ambiental é qualquer alteração das propriedades físicas, químicas e biológicas do meio ambiente, causada pelas atividades humanas que afetam a saúde, a segurança e o bem-estar da população, a biota, as atividades sociais e econômicas, a qualidade dos recursos ambientais e as condições estéticas e sanitárias do meio ambiente (Conama, 1986). Assim, considerando a definição da OMS apontada na Introdução, a ausência ou a prestação inadequada de serviços de saneamento básico pode gerar impactos ambientais.

Para mais detalhes, deve-se considerar que, legalmente no Brasil, o saneamento básico abrange os serviços de limpeza urbana e manejo de resíduos sólidos, esgotamento sanitário, drenagem e manejo de águas pluviais urbanas e abastecimento de água (Brasil, 2007). A precariedade na provisão desses serviços é um risco à saúde da população, pois pode provocar diversas patologias, conhecidas como



doenças relacionadas ao saneamento inadequado (DRSAI) (Ibge, 2012). Isto porque a inadequação do saneamento contribui para enchentes, contaminações de solos, cursos d'água e ar, assoreamento de mananciais, e, assim, ambientes propícios para a proliferação de agentes patogênicos (Mucelin; Bellini, 2008; Follador et al., 2015).

Outro impacto ambiental pode ser a pressão sobre fontes de recursos hídricos, que, no geral, são renováveis, mas que podem ser levadas à exaustão (“tragédia dos comuns”). O mau uso e a ausência de processos de conservação e manutenção dos sistemas de produção de água comprometem a resiliência natural destes sistemas, podendo resultar em maior fragilidade dos mesmos à ocorrência e superação de choques e estresses, como crises hídricas, o que compromete a possibilidade de um desenvolvimento sustentável (Soares, 2011). Além de serem *per se* um problema, as perdas podem desencadear outros impactos ambientais, como alagamentos e contaminação de solos e de recursos hídricos, contribuindo, na lógica apontada, à proliferação de DRSAI (Heller, 1997; Souza, 2016; Trata Brasil, 2020).

Vale apontar, ainda, que as perdas de água na distribuição podem ser comerciais (aparentes) ou físicas (reais). As perdas físicas referem-se ao volume de água perdido nas diferentes etapas de sua produção (captação, tratamento, armazenamento e distribuição) antes de ser entregue ao consumidor final. Tais perdas podem ser causadas por vazamentos, extravasamentos e descargas, sendo a primeira causa o tipo de ocorrência mais comum (Abes, 2013). Para Tardelli Filho (2005), as perdas podem ser potencializadas por vários fatores, como falta de controle da pressão da água, má qualidade dos materiais, dos componentes e da mão-de-obra e idade (deterioração) da rede. Os vazamentos elevam o risco de contaminação da água, podendo causar variadas DRSAI (Souza, 2016).

Ademais, as perdas físicas afetam diretamente os custos de produção e a demanda hídrica, dado que é necessário a captação e produção de um volume de água superior ao efetivamente demandado, resultando, assim, em maior custo de insumos químicos, energia elétrica, manutenção da rede e equipamentos e uso de fontes de abastecimento alternativas de menor qualidade ou de difícil acesso – ampliação de mananciais (Trata Brasil, 2020). O repasse do aumento dos custos decorrente da perda de água para as tarifas pode reduzir o consumo de água pelos consumidores, enquanto o desperdício de recursos hídricos exerce pressão desnecessária nas fontes de abastecimento, fatores que geram impactos negativos ambientais e sobre a saúde (Abes; 2013; Souza, 2016; Trata Brasil, 2020).

Já as perdas comerciais equivalem ao volume efetivamente consumido pelo usuário, mas não medido ou contabilizado (SNIS, 2020). Normalmente são decorrentes de erros na medição dos hidrômetros (leituras equivocadas ou falha nos equipamentos), fraudes, ligações clandestinas, falhas no cadastro comercial, dentre outras causas. Erros na medição são o tipo de ocorrência mais usual (Abes, 2013; SNIS, 2020). Tais perdas afetam diretamente a geração de receita do prestador, dado que representam o volume de água produzido, consumido e não faturado. Portanto, grandes perdas comerciais reduzem a capacidade financeira dos prestadores e, conseqüentemente, suas capacidades de investir no sistema de abastecimento de água para expandir a oferta, melhorar a qualidade dos serviços ou manter e repor a infraestrutura existente. Ademais, o repasse das perdas à tarifa decorrente da queda de receita pode incitar fraudes e redução do consumo (Abes, 2013).

Por último, vale apontar que um índice de perdas de água é importante para mensurar a eficiência dos prestadores em suas atividades de planejamento, investimento, distribuição e manutenção. Ressalva-se, ainda, que a



ausência de perdas não é viável econômica e tecnicamente, dado que existe um limite econômico (quando os custos para reduzir as perdas superam o valor dos volumes recuperados) ou técnico – denominado de “perdas inevitáveis”, que corresponde ao volume mínimo de perdas, o qual não pode ser reduzido por limitações tecnológicas (Trata Brasil, 2020). Porém, os prestadores devem fazer um esforço para diminuir o nível de perdas de seus sistemas, pois a melhoria de produtos, processos e serviços levam a reduções dos impactos ambientais comentados (Viterbo, 1998).

### 3. Metodologia

Para cumprir os objetivos propostos na Introdução, são aqui realizadas estimações econométricas com base nos modelos de Vetores Autorregressivos (VAR) e dados anuais de 1995 a 2019. Essa metodologia é uma extensão de uma regressão univariada para uma análise multivariada em que cada equação definida pelo VAR corresponde a uma regressão por MQO de uma dada variável em função dos valores defasados dela mesma e das demais variáveis que compõem o modelo (Stock; Watson, 2001). Uma vantagem da abordagem é o fato de não exigir, *a priori*, a definição das variáveis endógenas ou exógenas ao sistema, visto que todas são tomadas como endógenas ou dependentes umas das outras e de seus valores defasados (Davidson; Mackinnon, 1993). Um modelo VAR de ordem ( $p$ ) pode ser expresso conforme a equação (1):

$$y_t = \alpha + \Phi_1 y_{t-1} + \Phi_2 y_{t-2} + \dots + \Phi_p y_{t-p} + \varepsilon_t \quad (1)$$

na qual  $y_t$  representa um vetor ( $n \times 1$ ) contendo os valores observados das  $n$  variáveis incluídas no modelo no tempo  $t$ ,  $\alpha$  um vetor ( $n \times 1$ ) dos termos constantes;  $\Phi_j$  matrizes ( $n \times n$ ) dos coeficientes estimados;  $\varepsilon_t$  um vetor ( $n \times 1$ ) dos termos de erro, sendo que  $\varepsilon_t \sim \text{IID}(0, \Omega)$ .

Tendo em vista que as matrizes de coeficientes dos modelos VAR são difíceis de serem interpretadas diretamente, uma análise mais sofisticada das estimações é geralmente realizada por meio de funções daquelas matrizes, como as Funções de Resposta aos Impulsos (FIR), a Análise de Decomposição da Variância dos Erros de Previsão (ADV) e os Testes de Causalidade de Granger.

A FIR projeta o efeito de um choque no tempo  $t$  dos termos de erro de uma variável específica sobre os valores correntes e futuros das variáveis que também fazem parte do VAR, mantendo todos os outros choques constantes. Considera-se que um choque para uma variável  $y_t$  qualquer afeta essa variável e é transmitido para as demais variáveis endógenas por meio da estrutura dinâmica do VAR (Enders, 2004).

A ADV informa as proporções (%) dos movimentos de uma variável devida aos seus próprios choques e aos choques dos erros de previsão das outras variáveis do VAR, relatando a importância relativa de cada inovação aleatória para as variáveis componentes do sistema. Deste modo, mede a importância do erro na  $j^{\text{ésima}}$  equação para explicar os movimentos inesperados na  $j^{\text{ésima}}$  variável. Quando os erros do VAR são não correlacionados entre as equações, a variância do erro de previsão no período  $s$  à frente pode ser escrita como a soma dos componentes resultantes de cada um destes erros.

Já o teste de Causalidade de Granger verifica quão úteis algumas variáveis são para a previsão de outras. Neste sentido, o teste examina se os valores defasados de uma variável  $y$  ajudam a prever a variável  $x$ , condicional ao uso dos valores defasados de todas as variáveis, exceto  $y$ . Cabe apontar que a afirmação de que  $y$  causa (no sentido de Granger)  $x$  não implica que  $x$  é o efeito ou o resultado de  $y$ . Causalidade no sentido de Granger significa “precedência”. Como o futuro não pode prever o passado, se  $y$  causa (no sentido de Granger)  $x$ , então mudanças em  $y$



devem preceder mudanças em  $x$ . Portanto, em uma regressão de  $x$  sobre outras variáveis (incluindo seus próprios valores defasados), se a inclusão dos valores defasados de  $y$  melhorar significativamente a previsão de  $x$ , então é possível dizer que  $y$  causa (no sentido de Granger)  $x$ .

O modelo estimado neste estudo pela metodologia VAR é apresentado na equação (2). As variáveis utilizadas são descritas no Quadro 1. Três das quatro variáveis são provenientes do Sistema Nacional de Informações sobre o Saneamento (SNIS). Trata-se do maior banco de dados do setor de

saneamento no Brasil. Criado em 1995, ele é alimentado anualmente pelos prestadores. O último ano disponível é 2019. Assim, o período é definido pela disponibilidade do SNIS. As fontes da variável LDRSAI são o Departamento de Informática do Sistema Único de Saúde (DATASUS) (internações), que agrega e disponibiliza informações do Sistema de Informações Hospitalares, e o IBGE (população).

$$\text{VAR} = \text{LINVPC}, \text{LIPD}, \text{LDRSAI}, \text{LEXTREDE} \quad (2)$$

**Quadro 1 – Variáveis utilizadas**

| Variáveis | Descrições  | Fontes                             |
|-----------|---|------------------------------------|
| LINVPC    | Investimento <i>per capita</i> em abastecimento de água realizado pelo prestador do serviço (R\$/Hab.)      | SNIS<br>(1995 a 2019)              |
| LIPD      | Índice de perdas na distribuição (%)  | SNIS<br>(1995 a 2019)              |
| LDRSAI    | Doenças relacionadas ao saneamento ambiental inadequado (internações hospitalares a cada 10.000 habitantes) | DATASUS e<br>IBGE<br>(1995 a 2019) |
| LEXTREDE  | Extensão da rede de água (Km)   | SNIS<br>(1995 a 2019)              |

**Fonte:** Elaboração própria.

L indica variável em logaritmo natural.

A variável investimento *per capita* em abastecimento de água (INVPC) é calculada pela razão entre o investimento realizado em abastecimento de água pelos prestadores desse serviço e a população total no ano de referência, que equivale à soma da população total de todos os municípios que responderam ao questionário do SNIS no ano de referência; assim, não se trata da população total do Brasil. Os investimentos *per capita* são deflacionados para Reais de 2019 pelo Índice de Preços ao Consumidor Amplo (IPCA) do IBGE. Cabe apontar que os investimentos e todas as demais variáveis são empregadas em logaritmo natural

para lidar com as discrepâncias de dimensionamento das variáveis.

A variável índice de perdas na distribuição (IPD) é mensurada conforme a equação (3). O IPD abrange as perdas físicas (reais) e as perdas comerciais (aparentes). Em decorrência da indisponibilidade de dados sobre perdas físicas em nível nacional, optou-se por tal índice em razão de sua fácil compreensão (Vicentini, 2012), já que corresponde ao percentual não consumido do volume total de água disponibilizado para consumo (produzido mais importado, descontado o utilizado pelos próprios prestadores para a provisão dos serviços de saneamento).



$$IPD = \left( \frac{Vol. \text{ \u00e1gua produzido} + Vol. \text{ \u00e1gua tratada importado} - Vol. \text{ \u00e1gua consumido} - Vol. \text{ \u00e1gua servi\u00e7os}}{Vol. \text{ \u00e1gua produzido} + Vol. \text{ \u00e1gua tratada importado} - Vol. \text{ \u00e1gua servi\u00e7os}} \right) \times 100 \quad (3)$$

Ressalta-se que, apesar de abranger as duas dimens\u00f5es, e, *a priori*, o foco deste estudo seria as perdas f\u00edsicas, por denotarem um impacto ambiental direto, \u00e9 plaus\u00edvel considerar que perdas comerciais tamb\u00e9m sinalizem indiretamente poss\u00edveis consequ\u00eancias ambientais. Isto porque, sem medi\u00e7\u00e3o e pagamento, os usu\u00e1rios podem consumir \u00e1gua al\u00e9m do \u00f3timo do ponto de vista social, pressionando o esgotamento de fontes de recursos h\u00eddricos. Assim, \u00e9 plaus\u00edvel defender o IPD como uma boa *proxy* de impacto ambiental da inadequa\u00e7\u00e3o do abastecimento de \u00e1gua.

A outra *proxy* \u00e9 a morbidade hospitalar (interna\u00e7\u00f5es por 10 mil habitantes) por doen\u00e7as relacionadas ao saneamento ambiental inadequado (DRSAI). Enquanto as perdas sinalizam problemas no abastecimento de \u00e1gua que podem contribuir para a exaust\u00e3o de fontes

de recursos h\u00eddricos, a morbidade reflete uma consequ\u00eancia das externalidades ambientais geradas pela inadequa\u00e7\u00e3o do saneamento b\u00e1sico em geral e, especificamente, do abastecimento de \u00e1gua.

As DRSAI consideradas s\u00e3o listadas no Quadro 2, segundo as vias de transmiss\u00e3o. Opta-se pela morbidade ao inv\u00e9s da mortalidade por refletirem melhor, mesmo com limita\u00e7\u00f5es (casos sem interna\u00e7\u00f5es ou com mais de uma, por exemplo), a din\u00e2mica geral da incid\u00eancia das enfermidades e, assim, as poss\u00edveis rela\u00e7\u00f5es investigadas. Isto porque os \u00f3bitos s\u00e3o subnotificados. Ademais, a morbidade \u00e9 bastante sens\u00edvel a mudan\u00e7as no saneamento b\u00e1sico (Briscoe et al., 1986). A op\u00e7\u00e3o pela vari\u00e1vel por 10 mil habitantes segue o padr\u00e3o das estat\u00edsticas oficiais de sa\u00fade.

**Quadro 2 – Doen\u00e7as relacionadas ao saneamento inadequado (DRSAI)**

| Vias de Transmiss\u00e3o   | Doen\u00e7as  |
|--|---|
| Feco-Oral<br>(veicula\u00e7\u00e3o h\u00eddrica ou<br>relativa \u00e0 higiene) | C\u00f3lera; Infec\u00e7\u00f5es por Salmonela; Ameb\u00edases; Isospor\u00edases; Outras Infec\u00e7\u00f5es Intestinais (bact\u00e9rias, protozo\u00e1rios ou v\u00edrus); Febres Tif\u00f3ides e Parat\u00edf\u00f3ides; Hepatite A; Poliomielite; Leptospirose; Ascarid\u00edase; Tricur\u00edase |
| Inseto Vetor   | Filariose Linf\u00e1tica; Mal\u00e1ria; Doen\u00e7a de Chagas; Dengue; Febre Amarela; Leishmanioses; Doen\u00e7a do Sono  |
| Contato com a \u00c1gua  | Esquistossomose; Infec\u00e7\u00f5es por Helmintos; Ten\u00edase; Cisticercose  |
| Relacionadas \u00e0 Higiene  | Tracoma; Conjuntivites; Dermatofitoses; Micoses Superf\u00edciais   |

**Fontes:** Adaptado de Cairncross e Feachem (1990) e Mara e Feachem (1999).

A vari\u00e1vel extens\u00e3o da rede de \u00e1gua (EXTREDE) representa o tamanho total da malha de distribui\u00e7\u00e3o de \u00e1gua operada pelo prestador de servi\u00e7os no \u00faltimo dia do ano de refer\u00eancia. Trata-se da *proxy* utilizada para sinalizar a magnitude do servi\u00e7o prestado e, por meio da qual, \u00e9 avaliado se os investimentos mais recentes em abastecimento de \u00e1gua

seguiram a motiva\u00e7\u00e3o de anos anteriores (de 1970 a 1991), durante o Plano Nacional de Saneamento (PLANASA), de amplia\u00e7\u00e3o do abastecimento em detrimento da racionaliza\u00e7\u00e3o do uso (Parlatore, 2000). Tal fato ser\u00e1 sugerido se a extens\u00e3o da rede for mais sens\u00edvel aos investimentos (como causa ou consequ\u00eancia) do que as *proxies* de impactos ambientais, em especial as perdas de \u00e1gua.



Para finalizar, cabe outros apontamentos sobre o SNIS. Como é composto por dados reportados pelos próprios prestadores, durante muito tempo sem obrigatoriedade e conferência, pode apresentar problemas, embora sua representatividade seja inquestionável. Apenas em 2009 ocorreram algumas mudanças importantes quanto à coleta dos dados que a melhoraram: i) todos os municípios passaram a ser convidados a enviar os seus dados – até então a solicitação era feita por amostragem; ii) inclusão de um questionário simplificado; e iii) obrigatoriedade de adimplência do município com o SNIS para acesso a recursos de investimentos em saneamento, de acordo com os Normativos do então Ministério das Cidades (SNIS, 2011).

Por isso, é comum que sejam necessárias algumas correções para a utilização dos dados do SNIS. Após análise pormenorizada, para este estudo, constatou-se a necessidade de ajustes em 1996 em variáveis de quatro municípios para depois gerar os indicadores brasileiros agregados. Isto porque os valores dessas variáveis são, no mínimo, aproximadamente mil vezes superiores à média dos anos 1997 e 1998 nos mesmos municípios. Logo, os valores de 1996 foram substituídos pela média destes dois

anos, conforme mostra a Tabela A.1 do Apêndice.

#### 4. Análise dos Resultados

A Tabela 1 expõe algumas estatísticas descritivas das variáveis usadas no presente estudo. Nota-se que o investimento médio em abastecimento de água no Brasil de 1995 a 2019 foi de R\$ 23,12/hab., variando entre R\$ 6,95/hab. e R\$ 52,95/hab. e com o desvio-padrão correspondendo a quase metade da média. Os sistemas de abastecimento sofreram perdas na distribuição, na média, equivalentes a 37,77%. Destaca-se que tal índice de perdas chegou a 52,97%, ou seja, mais da metade do volume de água produzido não foi contabilizado como consumido devido a vazamentos, ligações clandestinas ou falhas nos sistemas de medição, indicando assim um alto nível de ineficiência nos sistemas de abastecimento de água no Brasil e, conforme defendido anteriormente, impactos ambientais diretos e indiretos. As internações hospitalares (por 10.000 habitantes) devido às DRSAI foram, na média, iguais a 31,33, com pico de 52,67. A extensão de rede de água variou de 27.723 km a 706.696,2 km, sendo que a média (423.643) está abaixo da mediana (460.411,2).

**Tabela 1 – Estatísticas Descritivas (1995 a 2019)**

| Variáveis | Médias    | Desvios-Padrão | Medianas  | Mínimos   | Máximos   |
|-----------|-----------|----------------|-----------|-----------|-----------|
| INVPC     | 23,12     | 10,23          | 24,32     | 6,95      | 52,95     |
| IPD       | 37,77     | 5,84           | 37,03     | 23,69     | 52,97     |
| DRSAI     | 31,33     | 10,44          | 33,05     | 12,60     | 52,67     |
| EXTREDE   | 423.643,0 | 186.694,1      | 460.411,2 | 27.723,00 | 706.696,2 |

**Fontes: DATASUS, IBGE e SNIS.** Elaboração própria a partir dos resultados do Eviews 11.

Os testes de estacionariedade são pré-requisitos para a estimação do modelo VAR, uma vez que há a necessidade de utilização de variáveis estacionárias. Sendo assim, antes de estimar o modelo VAR proposto, foram realizados os testes de estacionariedade tradicionalmente mais utilizados na literatura – Augmented Dickey-Fuller (ADF), Phillips-Perron

(PP) e Kwiatkowski, Phillips, Schmidt e Shin (KPSS) – para identificar a presença de raiz unitária nas séries. Conforme mostra a Tabela 2, apenas as variáveis LINVPC e LIPD são estacionárias em nível. Já as variáveis LDRSAI e LEXTREDE tornam-se estacionárias quando tomadas em primeiras diferenças, sendo consideradas integradas de primeira ordem, I(1).



**Tabela 2 – Testes de Raiz Unitária**

|           | ADF      | Defasagem | PP       | Bandwidth | KPSS    | Bandwidth |
|-----------|----------|-----------|----------|-----------|---------|-----------|
| LINVPC    | -3,871*  | 0         | -4,013*  | 2         | 0,357   | 2         |
| LIPD      | -10,502* | 0         | -24,809* | 12        | 0,151   | 7         |
| LDRSAI    | 1,585    | 1         | 1,022    | 1         | 0,675** | 3         |
| DLDRSAI   | -5,925*  | 0         | -5,922*  | 1         | 0,208   | 0         |
| LEXTREDE  | -3,845*  | 1         | -5,647*  | 2         | 0,675** | 3         |
| DLEXTREDE | -3,665** | 1         | -9,023*  | 6         | 0,286   | 2         |

**Fontes: DATASUS, IBGE e SNIS.** Elaboração própria a partir dos resultados do Eviews 11.

Nota: Estimacões com constante.

D indica variáveis em primeira diferença.

Valores críticos testes ADF e PP: 1% (- 3,738) e 5% (-2,992).

Valores críticos teste KPSS: 1% (0,739) e 5% (0,463).

(\*) (\*\*) rejeição de H<sub>0</sub> a 1% e 5% de significância estatística, respectivamente.

ADF e PP: H<sub>0</sub>: Tem raiz unitária.

KPSS: H<sub>0</sub>: Não tem raiz unitária.

Na sequência, foi estimado o modelo VAR referente às variáveis apontadas na seção anterior, sendo adotadas, *a priori*, três defasagens. A Tabela 3 expõe a escolha das

defasagens para o modelo VAR mais adequado com base nos critérios de informação AIC, SC e HQ. Observa-se que o modelo apresenta os menores valores pelos diversos critérios de informação para a especificação com três defasagens.

**Tabela 3 – Escolha das Defasagens dos Vetores Autorregressivos (VAR)**

| Defasagens | AIC        | SC         | HQ         |
|------------|------------|------------|------------|
| 0          | -2,590888  | -2,391741  | -2,552012  |
| 1          | -5,198605  | -4,202872  | -5,004227  |
| 2          | -8,283899  | -6,491581  | -7,934020  |
| 3          | -11,17061* | -8,581706* | -10,66523* |

**Fontes: DATASUS, IBGE e SNIS.** Elaboração própria a partir dos resultados do Eviews 11.

Nota: \* indica defasagem escolhida pelos critérios de informação relevantes.

AIC: Critério de informação de Akaike.

SC: Critério de informação de Schwarz.

HQ: Critério de informação de Hannan-Quinn.

Com o propósito de verificar o número de defasagens suficiente para eliminar a autocorrelação dos resíduos no modelo, foi realizado o Teste Autocorrelação LM. A hipótese nula do teste é a de ausência de autocorrelação serial na defasagem correspondente. Pelos

resultados da Tabela 4, a utilização de apenas uma defasagem já se mostra suficiente (considerando o nível de 1% de significância estatística) à não rejeição da hipótese nula de ausência de autocorrelação no modelo. Assim, opta-se pela estimação do modelo com uma defasagem, o qual é denominado por VAR(1).

**Tabela 4 – Teste LM para Autocorrelação**

| Defasagens | LM-Stat. | Prob.  |
|------------|----------|--------|
| 1          | 21537,78 | 0,0318 |
| 2          | 19777,61 | 0,0327 |
| 3          | 56726,89 | 0,0234 |

**Fontes: DATASUS, IBGE e SNIS.** Elaboração própria a partir dos resultados do Eviews 11.

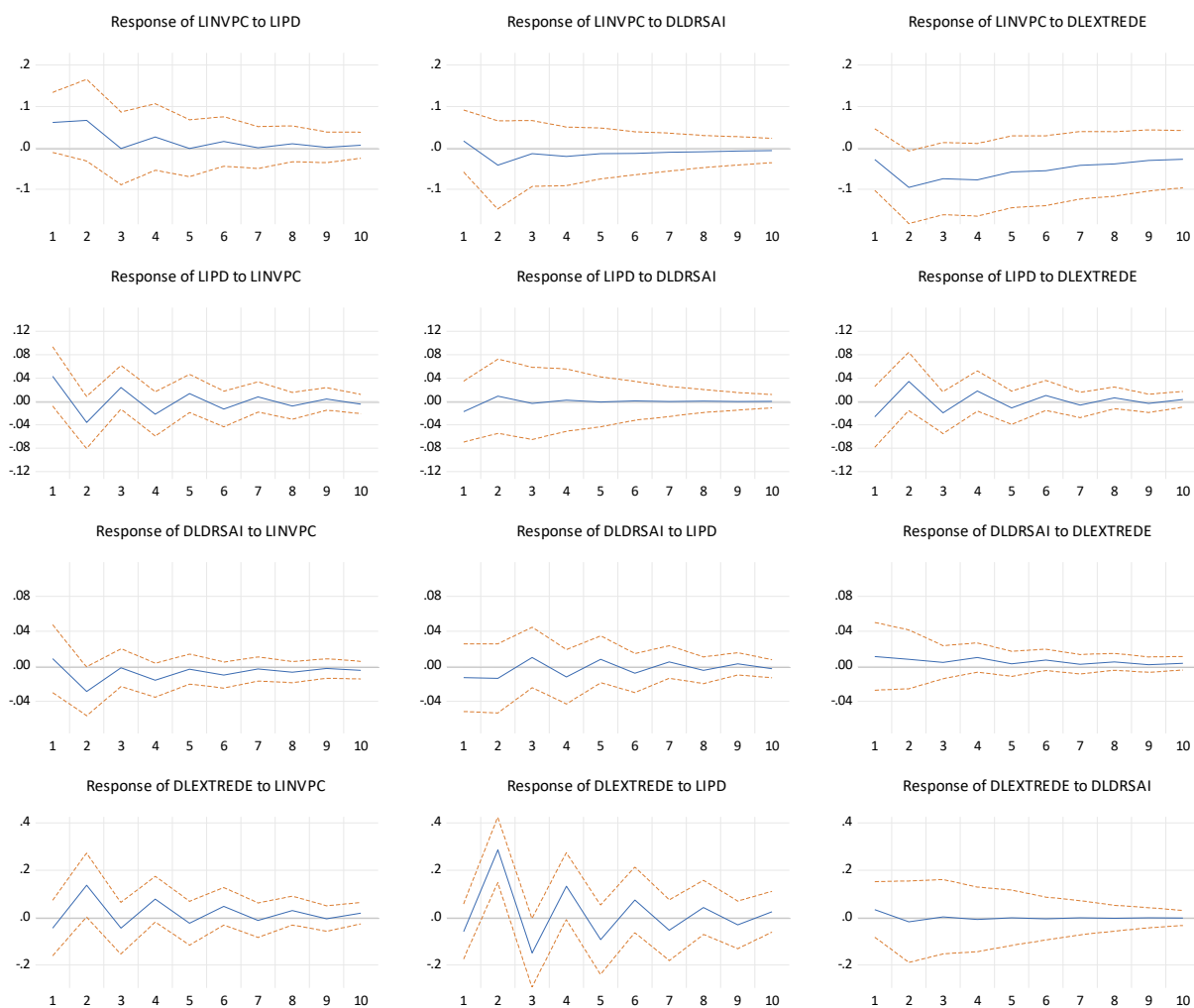


A partir do modelo selecionado, foram estimadas as Funções de Resposta aos Impulsos (FIR) na forma Generalizada<sup>1</sup>, em duas versões: a simples, que considera as respostas de uma variável aos choques das demais em cada período  $t$ ; e a acumulada, que considera o somatório de tais respostas ao longo tempo. As Figuras 1 e 2 apresentam, respectivamente, os resultados da FIR simples e acumulada para o modelo VAR proposto.

Analisando as evidências da FIR na Figura 1, nota-se que os investimentos *per capita* em abastecimento de água (LINVPC) respondem positivamente a choques do índice de perdas de água na distribuição (LIPD) nos três primeiros anos. A partir de então, os efeitos se dissipam no tempo. Ao observar as respostas acumuladas no tempo, ilustradas na Figura 2, a resposta dos investimentos (LINVPC) aos choques das perdas de água (LIPD) é positiva e estável no tempo.

**Figura 1 – Funções de Respostas aos Impulsos Generalizadas (Simples)**

Response to Generalized One S.D. Innovations  $\pm 2$ S.E.



**Fontes: DATASUS, IBGE e SNIS. Elaboração própria a partir dos resultados do Eviews 11.**

<sup>1</sup> Dado que os resultados da FIR são sensíveis à ordem de inserção das variáveis no modelo VAR, optou-se por estimar as FIR

Generalizadas, pois, neste caso, a ordenação das variáveis não influencia os resultados obtidos.

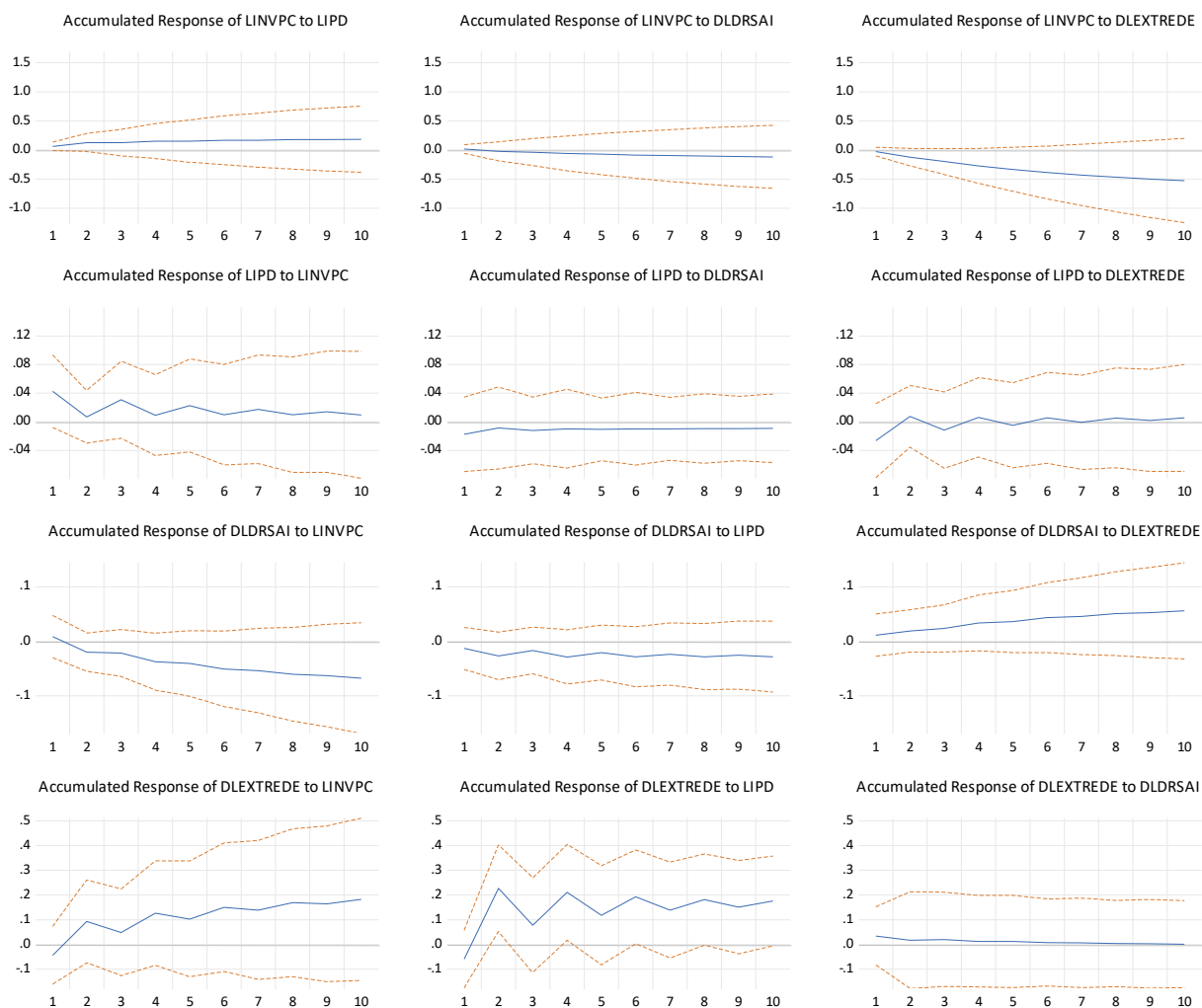


Esta evidência pode decorrer de fatores econômicos. Conforme discutido, o aumento das perdas eleva custos de produção, em especial se for necessário buscar recursos hídricos em locais mais distantes ou profundos (Trata Brasil, 2020). A ampliação dos custos torna necessária a elevação dos investimentos para garantir o fornecimento de água aos usuários. Com o tempo, o repasse do aumento dos custos de produção para a tarifa decorrente da perda pode desincentivar o uso racional de água pelos consumidores. Além disso, maiores

índices de perdas elevam o risco de contaminação da água nas redes de abastecimento (Abes; 2013; Souza, 2016; Trata Brasil, 2020). Assim, um aumento das perdas de água pode resultar em efeitos ambientais negativos (ampliação de mananciais, exaustão da fonte de recursos hídricos, contaminações etc.) e, conseqüentemente, motivarem os investimentos. Logo, é um indício de que os investimentos em abastecimento de água possam ser motivados por questões ambientais.

**Figura 2 – Funções de Respostas aos Impulsos Generalizadas (Acumuladas)**

Accumulated Response to Generalized One S.D. Innovations  $\pm 2$ S.E.



**Fontes: DATASUS, IBGE e SNIS. Elaboração própria a partir dos resultados do Eviews 11.**

A resposta dos investimentos *per capita* em abastecimento de água (LINVPC) à morbidade por doenças relacionadas ao saneamento ambiental inadequado (LDRSAI) é negativa a

partir do segundo ano, mas perde magnitude ao longo dos anos. Analisando as respostas acumuladas no tempo (Figura 2), nota-se que os efeitos de LDRSAI sobre LINVPC também são negativos. Essa evidência sugere que os investimentos não são motivados pela



preocupação em melhorar as condições de saúde, pois o aumento no número de internações por DRSAI não gera aumento nos investimentos para a melhoria do serviço prestado.

Verifica-se, ainda, que os investimentos (LINVPC) também apresentam uma resposta negativa em relação aos choques da extensão da rede (LEXTREDE), mas neste caso os efeitos têm maior magnitude em todo período analisado (10 anos). Tais efeitos negativos são mantidos ao analisar as respostas acumuladas no tempo (Figura 2). Este resultado é consistente com o fato de que quanto maior a extensão da rede de água, maior a abrangência do serviço prestado e menor a necessidade de novos investimentos em expansão.

Já o índice de perdas de água na distribuição (LIPD) responde negativamente aos choques dos investimentos (LINVPC) no segundo ano e os efeitos oscilam no tempo. Na Figura 2, as respostas acumuladas do índice de perdas na distribuição (LIPD) em relação aos choques do investimento (LINVPC) são positivas. Logo, os investimentos dos prestadores não reduzem as perdas de água, ou seja, não diminui a ineficiência dos sistemas. Consequentemente, não reduzem o impacto ambiental que pode contribuir para o esgotamento de fontes de recursos hídricos.

Em relação aos choques das doenças relacionadas ao saneamento (LDRSAI), a resposta inicial do índice de perdas (LIPD) é negativa, mas se dissipa a partir do terceiro ano. As respostas acumuladas no tempo (Figura 2) de LDRSAI sobre LIPD também são negativas, mas de baixa magnitude. Esse resultado é contrário ao esperado, pois sugere que um aumento das doenças reduz o índice de perdas.

As evidências mostram que a resposta do índice de perdas (LIPD) em relação ao aumento da extensão de rede (LEXTREDE) é positiva no segundo ano, mas os efeitos oscilam e se dissipam a partir do sexto período. Analisando as respostas acumuladas no tempo na Figura 2,

os efeitos de LEXTREDE sobre LIPD são praticamente nulos.

Já a morbidade por doenças relacionadas ao saneamento ambiental inadequado (LDRSAI) responde negativamente aos choques dos investimentos (LINVPC) a partir do segundo ano, embora tal resposta perca magnitude ao longo do tempo. Esse resultado indica que um aumento dos investimentos contribui para a redução das doenças relativas ao saneamento inadequado. Ao se observar as respostas acumuladas no tempo, Figura 2, o indicador de saúde (LDRSAI) responde negativamente aos choques do investimento (LINVPC), corroborando a evidência de que as doenças associadas ao saneamento apresentam redução cumulativa no tempo com o aumento dos investimentos no abastecimento.

A resposta de LDRSAI aos choques de LIPD é negativa até o segundo ano, oscilando nos anos seguintes e se dissipando a partir do sétimo ano. Analisando as respostas acumuladas, Figura 2, observa-se que o indicador de saúde (LDRSAI) responde negativamente aos choques das perdas de água na distribuição (LIPD). Esses resultados são contrários ao esperado, pois sugerem que um aumento das doenças reduz o índice de perdas e que um aumento nas perdas de água contribui para a redução de doenças ligadas ao saneamento inadequado.

Analisando a Figura 1, observa-se ainda que os choques da extensão de rede de água (LEXTREDE) possuem uma influência positiva sobre o indicador LDRSAI. Esta evidência é verificada também pelas respostas acumuladas, Figura 2, denotando que um aumento da abrangência do serviço prestado tende a ampliar as doenças associadas ao saneamento. Segundo Oliveira (2019), as incidências das DRSAI são influenciadas pela cobertura e pela qualidade dos serviços de saneamento, sendo a cobertura fundamental para a eficácia dos efeitos do saneamento sobre a saúde. Logo, o resultado encontrado pode estar relacionado



com a dimensão não observável de qualidade do serviço de abastecimento de água.

Por fim, verifica-se que a extensão da rede de água (LEXTREDE) apresenta resposta positiva no curto prazo (segundo ano) em relação aos choques nos investimentos. Entretanto, tal resposta é bastante oscilante no tempo, apesar da magnitude dos efeitos positivos serem maiores que os negativos. Conforme a Figura 2, a extensão da rede de água apresenta uma resposta acumulada positiva em relação aos choques nos investimentos. Comportamento semelhante é observado em relação aos choques de LIPD sobre LEXTREDE. Quanto aos choques do indicador de doenças (LDRSAI), observa-se que a resposta da extensão de rede é positiva no primeiro ano, mas pouco expressiva, e se dissipa logo em seguida. De acordo com as respostas acumuladas no tempo, os efeitos de LDRSAI sobre LEXTREDE são praticamente nulos.

A Tabela 5 apresenta os resultados da ADV. Considerando que a sequência das variáveis inseridas no VAR influencia os resultados da ADV, foi utilizado o Block Exogeneity Wald Test para definir um ordenamento estatisticamente consistente das variáveis. Esse teste calcula a significância conjunta de cada variável endógena defasada em cada equação do VAR por meio da estatística qui-quadrado ( $\chi^2$ ), sendo que as variáveis mais exógenas (endógenas) possuem valores menores

(maiores) para a estatística. Conforme a Tabela A.2 (Apêndice), para efeito da Ordenação de Cholesky, foi estabelecida a seguinte ordem das variáveis no VAR (das mais endógenas para as mais exógenas): DLEXTREDE, LINVPC, DLDRSAI, LIPD.

Nota-se que a extensão da rede de água é a variável que mais contribui (25,02%) para explicar a variância dos investimentos em abastecimento de água *per capita*, seguido pelo índice de perdas de água (6,22%) e pelas doenças relacionadas ao saneamento ambiental inadequado. Esses resultados são coerentes com as evidências produzidas pelas FIRs. Sinalizam que a tomada de decisões de investimentos por parte dos prestadores de serviço de abastecimento de água é mais influenciada pela abrangência do serviço prestado do que pelos impactos ambientais gerados por essa atividade, sendo estes mensurados pelas variáveis índices de perdas na distribuição e DRSAI, as quais juntas explicam cerca de 9% dos investimentos.

As variáveis mais relevantes para explicar as mudanças no índice de perdas de água são os investimentos em abastecimento de água (12,16%) e a extensão da rede (9,43%). Essa evidência também está coerente com as análises da FIR, pois os prestadores precisam aumentar seus investimentos para suprir a ineficiência dos sistemas ou reduzi-los quanto maior for a magnitude do serviço prestado.

**Tabela 5 – Análise de Decomposição de Variância (ADV)**

| Decomposição de Variância de LINVPC  |          |          |          |           |
|--------------------------------------|----------|----------|----------|-----------|
| Período                              | LINVPC   | LIPD     | DLDRSAI  | DLEXTREDE |
| 1                                    | 97,45232 | 0,000000 | 0,000000 | 2,547683  |
| 5                                    | 68,67098 | 5,489103 | 2,963090 | 22,87683  |
| 10                                   | 65,86952 | 6,224395 | 2,880536 | 25,02555  |
| Decomposição de Variância de LIPD    |          |          |          |           |
| Período                              | LINVPC   | LIPD     | DLDRSAI  | DLEXTREDE |
| 1                                    | 10,18678 | 82,78054 | 2,419968 | 4,612706  |
| 5                                    | 11,96914 | 77,20133 | 1,576741 | 9,252788  |
| 10                                   | 12,16486 | 76,89760 | 1,498717 | 9,438821  |
| Decomposição de Variância de DLDRSAI |          |          |          |           |
| Período                              | LINVPC   | LIPD     | DLDRSAI  | DLEXTREDE |



|    |          |          |          |          |
|----|----------|----------|----------|----------|
| 1  | 1,385094 | 0,000000 | 97,08970 | 1,525208 |
| 5  | 9,841890 | 4,225830 | 83,10836 | 2,823915 |
| 10 | 10,82128 | 4,853868 | 80,74431 | 3,580536 |

Decomposição de Variância de DLEXTREDE

| Período | LINVPC   | LIPD     | DLDRSAI  | DLEXTREDE |
|---------|----------|----------|----------|-----------|
| 1       | 0,000000 | 0,000000 | 0,000000 | 100,0000  |
| 5       | 11,13308 | 48,18998 | 0,383104 | 40,29384  |
| 10      | 11,72736 | 49,06686 | 0,378206 | 38,82757  |

Cholesky Ordering: DLEXTREDE LINVPC DLDRSAI LIPD

**Fontes: DATASUS, IBGE e SNIS.** Elaboração própria a partir dos resultados do Eviews 11.

Cabe destacar, ainda, que os investimentos em abastecimento de água explicam 10,82% da variância do indicador de saúde ambiental, enquanto o índice de perdas explica 4,85%. Já a extensão da rede sofre maior influência das mudanças no índice de perdas (49,07%), seguido pelos investimentos em abastecimento de água, que explicam 11,73% das mudanças naquela variável.

Por fim, a Tabela 6 apresenta os resultados do Teste de Causalidade de Granger. Nota-se que o investimento *per capita* em abastecimento de água pelo prestador causa, no sentido Granger, doenças relacionadas ao saneamento ambiental inadequado (5% de significância estatística). Este resultado é coerente com a literatura, pois

o aumento nos investimentos em saneamento básico precede a redução das doenças.

É possível verificar que a relação de causalidade, no sentido Granger, das variáveis extensão da rede de água e investimentos é bidirecional (a 10%). Tal evidência pode sinalizar que onde há rede de água, o prestador precisa investir para obter produto suficiente a fim de suprir as necessidades de seus consumidores. Por outro lado, os investimentos também são utilizados para aumentar a extensão da rede de água. Os testes mostram ainda que o índice de perdas na distribuição causa, no sentido Granger, extensão da rede de água (a 1%).

**Tabela 6 – Testes de Causalidade de Granger**

| Hipótese Nula                                       | Estatística |        |
|---|-------------|--------|
|   | F           | Prob.  |
| LIPD não causa no sentido de Granger LINVPC         | 0,04235     | 0,8390 |
| LINVPC não causa no sentido de Granger LIPD         | 0,34193     | 0,5653 |
| DLDRSAI não causa no sentido de Granger LINVPC      | 0,71881     | 0,4071 |
| LINVPC não causa no sentido de Granger DLDRSAI**    | 4,70404     | 0,0430 |
| DLEXTREDE não causa no sentido de Granger LINVPC**  | 7,16063     | 0,0149 |
| LINVPC não causa no sentido de Granger DLEXTREDE*** | 3,59995     | 0,0731 |
| DLDRSAI não causa no sentido de Granger LIPD        | 0,02051     | 0,8876 |
| LIPD não causa no sentido de Granger DLDRSAI        | 0,76577     | 0,3925 |
| DLEXTREDE não causa no sentido de Granger LIPD      | 0,55144     | 0,4668 |
| LIPD não causa no sentido de Granger DLEXTREDE*     | 27,9614     | 4,E-05 |
| DLEXTREDE não causa no sentido de Granger DLDRSAI   | 9,4E-05     | 0,9924 |
| DLDRSAI não causa no sentido de Granger DLEXTREDE   | 0,01147     | 0,9158 |

Fonte: Elaboração própria a partir dos resultados do Eviews 11

Nota: (\*) (\*\*) (\*\*\*) indica a rejeição da hipótese nula a 1%, 5% e 10% de significância estatística, respectivamente.



Portanto, analisando todas as evidências conjuntamente, nota-se que as decisões de investimentos por parte dos prestadores podem não ser influenciadas pelas externalidades negativas na saúde decorrentes da prestação do serviço de modo inadequado, mas é possível que sejam influenciadas por questões ambientais decorrentes das perdas de água. No entanto, esta evidência pode ser simplesmente um efeito de aumento de custos de produção, o que levaria os prestadores de abastecimento de água a aumentarem os investimentos apenas para conseguir produzir e fornecer o produto de modo satisfatório a todos os usuários, ou seja, superando a ineficiência dos sistemas.

Por outro lado, o aumento dos investimentos em abastecimento de água contribui para reduzir o número de casos de doenças relacionadas ao serviço de saneamento ambiental inadequado. Tal evidência corrobora com a literatura sobre o tema. Porém, os investimentos não contribuem para reduzir perdas de água. Ou seja, os investimentos amenizam as externalidades ambientais, mas não minimizam os problemas na provisão do abastecimento de água que podem contribuir para a exaustão de um recurso ambiental (recursos hídricos).

## 5. Considerações Finais

O acesso à água potável é essencial para a proteção da saúde e preservação da vida, ainda mais em contexto de crise sanitária, como a do Covid-19, em que práticas de higiene são de fundamental importância. Ademais, a adequação dos serviços de abastecimento de água é fundamental para evitar externalidades negativas ambientais que transbordam na saúde e desperdícios de recursos ambientais, em especial as perdas de água, que podem contribuir para a exaustão de fontes de recursos hídricos. No Brasil, são históricos os problemas na provisão dos serviços de abastecimento de água, contribuindo para elevados índices de

perdas de água e, conseqüentemente, para os já rotineiros episódios de crises hídricas ao longo do território.

Para lidar com tais problemas e os também históricos déficits de acesso aos serviços de saneamento, incluindo o abastecimento de água, o Novo Marco Legal do setor, promulgado em 2020, definiu metas de expansão do atendimento até 2033 – ou 2040 para os municípios com baixa capacidade de investimento – e de redução de perdas d'água. Além disso, declara a melhora da saúde como um objetivo implícito a todas as metas. Para as atingir, serão necessários grandes investimentos. Um questionamento a ser realizado é se basta um aumento quantitativo dos recursos investidos ou se também é necessário mudar algum padrão que possa ter os investimentos realizados no setor, considerando um possível viés para obras de expansão de rede para o fornecimento e uma menor preocupação com a eficiência e impactos ambientais.

O presente estudo contribui com algumas evidências empíricas para responder este questionamento. Por meio de um modelo de Vetores Autorregressivos (VAR), investigou-se se os investimentos dos prestadores do abastecimento de água no Brasil de 1995 a 2019 foram influenciados por situações ambientalmente inadequadas associadas ao serviço (perdas de água e saúde) e se tais investimentos amenizaram os mesmos problemas. Os resultados sugerem que os prestadores do abastecimento de água podem estar mais preocupados em fornecer o serviço aos usuários (viés expansionista das redes) do que com os impactos ambientais, pois um choque nos investimentos aumenta a magnitude do serviço prestado, reduzindo as externalidades na saúde, mas não diminui perdas de água que pressionam a exaustão de recursos hídricos.

Assim, é possível sugerir que o Novo Marco Legal do saneamento brasileiro acertou ao



estabelecer metas de redução das perdas de água, o que as evidências deste estudo sugerem não ter sido uma preocupação dos investimentos anteriores. Portanto, se tiver sucesso na indução dos investimentos para cumprir as metas de atendimento, é preciso que a meta de perdas seja efetiva para mudar o aparente padrão histórico de preocupação com a expansão das redes de abastecimento de água, mas não com os seus impactos ambientais.

## Referências

- Abes – Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental, 2013. Perdas em sistemas de abastecimento de água: diagnóstico, potencial de ganhos com sua redução e propostas de medidas para o efetivo combate. São Paulo.
- Ana – Agência Nacional de Águas, 2019. Conjuntura recursos hídricos Brasil 2019. Brasília.
- Brasil, 2007. Lei Federal nº 11.445. Lei do Saneamento Básico.
- Brasil, 2020. Lei Federal nº 14.026. Novo Marco Legal do Saneamento Básico.
- Briscoe, J., Feachem, R. G. e M. M. Rahaman., 1986. Evaluating health impact; water supply, sanitation, and hygiene education. Ottawa: International Development Research Centre.
- Cairncross, S. e R. G. A. Feachem., 1990. Environmental health engineering in the tropics: an introductory text. 2ª ed. Chichester: John Wiley & Sons.
- Conama – Conselho Nacional do Meio Ambiente, 1986. Resolução nº 001/1986.
- Cvjetanovic, B., 1986. Health effects and impact of water supply and sanitation. World Health Statistics Quarterly Vol. 39: 105-117.
- Datasus – Departamento de Informática do SUS. Informações de Saúde, Epidemiológicas e Morbidade: banco de dados. Disponível em: <https://datasus.saude.gov.br/informacoes-de-saude-tabnet/> [Acessado em 7 de junho de 2022]
- Davidson, R. e J. G. Mackinnon., 1993. Estimation and Inference in Econometrics. New York, Oxford: Oxford University Press.
- Enders, W., 2004. Applied Econometric Time Series. 2ª ed. New York: John Wiley & Sons.
- Follador, K., Prado, G. P. do, Passos, M. G. dos e S. C. Nothhaft., 2015. Saneamento básico: meio ambiente e saúde. Uningá Review Vol. 23: 24-28.
- Goveia, L. A. M., 2021. Covid-19 e acesso à água na Amazônia brasileira. Mundo Amazônico Vol. 12: 18-42.
- Heller, L., 1997. Saneamento e Saúde. Organização Pan-Americana da Saúde, Brasília.
- Ibge – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, 2012. Indicadores de Desenvolvimento Sustentável – Brasil 2012. Estudos e Pesquisas. Informação Geográfica Vol. 9. Rio de Janeiro.
- Mara, D. D. e R. G. A. Feachem., 1999. Water and excreta related diseases: unitary environmental classification. Journal of Environmental Engineering Vol. 125: 334-339.
- Mdr – Ministério do Desenvolvimento Regional. 2021. Portaria nº 490, 22 de março.
- Miranda, E. C., 2006. Gerenciamento de perdas de água, em Heller, L. e V. L. de Pádua (eds) Abastecimento de água para consumo humano. Belo Horizonte: Editora UFMG.
- Mucelin, C. A. e M. Bellini., 2008. Lixo e impactos ambientais perceptíveis no ecossistema urbano. Sociedade & Natureza Vol. 20: 111-124.
- Oliveira, W. T. de., 2019. Trade-off custo-qualidade na provisão de serviços públicos: comparação entre os modelos de provisão de saneamento básico no Brasil e efeitos sobre a saúde. Dissertação de Mestrado em Economia, Universidade Federal de Uberlândia.
- Parlatore, A. C., 2000. Privatização do setor de saneamento no Brasil, em Pinheiro, A. C. e K. Fukasaku. (eds) A privatização no Brasil: o caso dos serviços de utilidade pública. Rio de Janeiro:





Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social.

Reis, C. A. S. e R. Carneiro., 2021. O direito humano à água e a regulação do saneamento básico no Brasil: tarifa social e acessibilidade econômica. *Revista Desenvolvimento em Questão* Vol. 19: 123-142.

Santos, P. L., Vieira, E. B., Saiani, C. C. S. e C. R. L. Piorski., 2021. Conscientização e serviços ambientalmente adequados: evidências para acesso a saneamento no Brasil. *Revista Iberoamericana de Economía Ecológica* Vol. 34: 1-24.

Saiani, C. C. S., Rodrigues, R. L. e G. C. Galvão., 2016. Saneamento básico no Brasil e Objetivos de Desenvolvimento do Milênio: evoluções dos déficits de acesso de 1990 a 2010. *Cadernos de Ciências Sociais Aplicadas* Vol. 12: 329-360.

Silva, J. A. C., 1995. Diagnóstico do setor de saneamento: estudo econômico e financeiro. *Série Modernização do Setor Saneamento* Vol. 4, Brasília: Ministério do Planejamento e Orçamento. Secretaria de Política Urbana/IPEA.

SNIS – Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento, 2011. Diagnóstico dos serviços de água e esgotos – 2009. Brasília, DF: Secretaria Nacional de Saneamento Ambiental, Ministério das Cidades.

SNIS – Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento, 2020. Diagnóstico dos serviços de água e esgotos – 2019. Brasília, DF: Secretaria Nacional de Saneamento Ambiental, Ministério das Cidades.

Soares, S. C., Peres, K. O., Zanini, E. O. e M. R. von B. Roesler., 2021. Resiliência climática e a questão hídrica como desafio contemporâneo. *International Journal of Environmental Resilience Research and Science* Vol. 3: 75-88.

Sobrinho, R. A. e P. C. Borja., 2016. Gestão das perdas de água e energia em sistema de

abastecimento de água da Embasa: um estudo dos fatores intervenientes na RMS. *Revista de Engenharia Sanitária e Ambiental* Vol. 21: 783-795.

Souza, D. L. A. de., 2016. Análise dos impactos ambientais relacionados às perdas de água em rede de distribuição: estudo de caso em Olinda/PE. *Dissertação de Mestrado em Engenharia de Produção, Universidade Federal de Pernambuco.*

Stock, J. H. e M. W. Watson., 2001. Vector Autoregressions. *Journal of Economic Perspectives* Vol. 15: 101-115.

Tardelli Filho, J., 2005. Controle e redução de perdas, em Tsutiya, M. T. (eds) *Abastecimento de Água*. Departamento de Engenharia Hidráulica e Sanitária da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo.

Trata Brasil, 2020. *Perdas de água 2020 (SNIS 2018): desafios para disponibilidade hídrica e avanço da eficiência do saneamento básico*. São Paulo.

Van Bellen, H. M., 2004. Desenvolvimento sustentável: uma descrição das principais ferramentas de avaliação. *Ambiente & Sociedade* Vol. 7: 67-88.

Vicentini, L. P., 2012. Componentes do balanço hídrico para avaliação de perdas em sistemas de abastecimento de água. *Dissertação de Mestrado em Engenharia, Universidade de São Paulo.*

Viterbo, J. E., 1998. Sistema integrado de gestão ambiental: como implementar um sistema de gestão que atenda à norma ISSO 14001, a partir de um sistema baseado na norma ISSO 9000. 2ª ed. São Paulo: Aquariana.

WHO – World Health Organization, 2004. *Water, sanitation and hygiene links to health.*

**Apêndice****Tabela A.1 – Ajustes realizados em dados de municípios do SNIS de 1996**

| Municípios | Variáveis    | 1996           | 1997      | 1998      | Ajuste/Média |
|------------|--------------|----------------|-----------|-----------|--------------|
| Curitiba   | EXTREDE      | 4.883.646      | 4.982     | 5.024     | 5.003        |
| Londrina   | EXTREDE      | 1.620.120      | 1.691     | 1.708     | 1.699,50     |
| Maringá    | EXTREDE      | 1.300.565      | 1.420     | 1.423     | 1.421,50     |
| Salvador   | INVESTIMENTO | 26.465.758.127 | 5.722.719 | 9.250.362 | 7.486.540,50 |

Fonte: SNIS (1996, 1997 e 1998). Elaboração própria.

**Tabela A.2 – Testes de Causalidade Granger/Block e Exogeneidade Wald**

|               | LINVPC   |        | LIPD     |        | DLDRSAI  |        | DLEXTREDE |        |
|---------------|----------|--------|----------|--------|----------|--------|-----------|--------|
|               | $\chi^2$ | Prob.  | $\chi^2$ | Prob.  | $\chi^2$ | Prob.  | $\chi^2$  | Prob.  |
| LINVPC        |          |        | 0.3228   | 0.5699 | 4.3497   | 0.0370 | 1.7808    | 0.1821 |
| LIPD          | 0.3228   | 0.5699 |          |        | 0.2527   | 0.6152 | 21.8544   | 0.0000 |
| DLDRSAI       | 0.0120   | 0.9126 | 0.0120   | 0.9126 |          |        | 0.0784    | 0.7795 |
| DLEXTRED<br>E | 0.7776   | 0.3779 | 0.7776   | 0.3779 | 0.1903   | 0.6627 |           |        |
| Total         | 8.8012   | 0.8433 | 0.8256   | 0.8433 | 5.6228   | 0.1315 | 29.4196   | 0.0000 |
| Ranking*      | 3º.      |        | 1º.      |        | 2º.      |        | 4º.       |        |

Fonte: Elaboração própria a partir dos resultados do Eviews 11.

Nota: O “ranking” de exogeneidade segue uma ordem crescente (1º = mais exógeno)