

APLICAÇÃO DO INDICADOR DE SALUBRIDADE AMBIENTAL NO MUNICÍPIO DE JABOTICABA/RS

Application of the environmental health indicator in the municipality of Jaboticaba/RS

Tainan Weber Scolari

Mestre em Ciência e Tecnologia Ambiental, Universidade Federal de Santa Maria, Brasil.
tainanscolari5@hotmail.com

Raphael Corrêa Medeiros

Doutor em Engenharia Hidráulica e Saneamento, professor da Universidade Federal de Santa Maria, Brasil.
medeiroscg@yahoo.com.br

Aline Ferrão Custodio Passini

Doutora em Engenharia Química, professora da Universidade Federal de Santa Maria, Brasil.
alinefcustodio@gmail.com

Recebido: 09.06.2022

Aceito: 21.01.2023

Resumo

O Indicador de Salubridade Ambiental (ISA) foi proposto pelo Conselho Estadual de Saneamento de São Paulo (CONESAN), com a principal premissa de apresentar um valor numérico que represente o nível de salubridade ambiental. O ISA avalia diversos componentes do saneamento e seu valor varia de 0 até 1 (ou 0% até 100%), e quanto mais próximo de 1, maior é a salubridade ambiental da região analisada. O objetivo geral deste estudo foi realizar diagnóstico dos sistemas de saneamento básico no município de Jaboticaba/RS, por meio do ISA, apurando as condições atuais para desenvolvimento de um prognóstico visando melhorias. Para tal, realizou-se um levantamento de dados do município, os quais foram compilados e organizados para que se pudessem obter os valores dos indicadores de 3ª e 2ª ordem, resultando no valor do ISA para cada microrregião municipal, a fim de que, posteriormente, se pudesse obter o valor geral do, aqui denominado, ISA/JAB. Obteve-se o valor do ISA/JAB para as microrregiões do município, tanto rurais quanto urbanas, realizando uma análise aprofundada de todos os componentes do saneamento municipal. O valor geral do ISA/JAB foi de 51,82%, que enquadra a região como de média salubridade. O estudo apontou a necessidade de avanço em algumas esferas do saneamento, principalmente o esgotamento sanitário, que carecem de melhorias para elevar a salubridade ambiental local. Os melhores resultados foram apresentados pelo Indicador de Controle de Vetores, com 90,44% seguido pelo Indicador de Abastecimento de Água, com 81,70%.

Palavras-chave: Indicador de Salubridade Ambiental; Saneamento Básico; Gestão Pública; Qualidade de Vida.

Abstract

The Environmental Health Indicator (EHI) was proposed by the São Paulo State Sanitation Council (CONESAN) to present a numerical value that represents the level of environmental health. The EHI evaluates several sanitation components, and it varies from 0 to 1 (or 0% to 100%) closer to 1, the greater the environmental healthiness of the analyzed region. The

objective of this study was to diagnose the environmental sanitation systems in the municipality of Jaboticaba/RS, through the EHI, ascertaining the current conditions for developing a prognosis aimed at improvements. A survey of municipal data was carried out, which was organized so that the values of the 3rd and 2nd orders indicators could be obtained, resulting in the value of the EHI for each municipal micro-region so that, later on, it could get the general value of the, here called, EHI/JAB. The value of the EHI/JAB was obtained for the micro-regions of the rural and urban municipalities, carrying out an in-depth analysis of all components of municipal sanitation. The general value of the EHI/JAB was 51.82%, which fits the region as having medium health. The study pointed out the need for improvement in some spheres of sanitation, especially sanitary sewage, to increase local environmental health. The Vector Control Indicator presented the best results with 90.44%, followed by the Water Supply Indicator with 81.70%.

Keywords: Environmental Health Indicator; Basic sanitation; Public Management; Quality of life.

1. INTRODUÇÃO

Na sociedade contemporânea, a crescente urbanização, e conseqüente alta densidade demográfica, trouxe aumento da geração de resíduos, tanto líquidos quanto sólidos, que aliada a uma alta taxa de impermeabilização do solo, resultou em novas situações de perigo à saúde humana e ao meio ambiente (FUNASA, 2015).

O bem-estar da população está relacionado diretamente com as condições sociais e materiais, onde a população está inserida. As condições sociais referem-se a aspectos socioeconômicos, culturais e de satisfação das necessidades básicas. Já os aspectos materiais envolvem questões de moradia e infraestrutura disponibilizada pelo poder público, nas quais englobam os sistemas públicos de saneamento básico (DIAS, 2003).

A carência, ou precariedade, no fornecimento de saneamento básico acarreta conseqüências sociais, econômicas e ambientais, pois comprometem o equilíbrio dos ecossistemas, provocam doenças pela falta ou má qualidade da água e impedem o desenvolvimento socioeconômico (PHILIPPI JUNIOR, 2018).

Tendo em vista a necessidade de se avaliar o nível de salubridade ambiental de determinadas localidades, para que se permita determinar a eficiência dos sistemas de saneamento básico, surge, então, o Indicador de Salubridade Ambiental (ISA), como um instrumento capaz de mensurar de forma qualitativa e quantitativa a salubridade ambiental de uma região (TEIXEIRA, 2017).

O Indicador de Salubridade Ambiental foi proposto inicialmente pelo Conselho Estadual de Saneamento de São Paulo (CONESAN, 1999), para avaliar a situação ambiental dos municípios, com a principal premissa de: apresentar um valor numérico que

represente o nível de salubridade ambiental. Portanto, poder-se-ia determinar as dificuldades dos municípios, e fornecer informações para definir e balizar aplicações de políticas públicas para melhoria da qualidade de vida dos cidadãos (BATISTA, 2005).

O objetivo desta pesquisa foi realizar diagnóstico dos sistemas de saneamento nas microrregiões rurais e urbanas no município de Jaboticaba/RS, por meio do indicador de salubridade ambiental, apurando as condições atuais para desenvolvimento de um prognóstico visando melhor gestão pública.

2. MATERIAL E MÉTODOS

Para alcançar os objetivos desta pesquisa, inicialmente, efetuou-se um amplo levantamento bibliográfico sobre o tema. Em que foram averiguados outros estudos e casos de aplicação do Indicador de Salubridade Ambiental.

Sequencialmente, verificou-se a disponibilidade de informações para o cálculo do indicador nas bases de dados do: Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), Secretarias Municipais de Jaboticaba, Vigilância Sanitária, Coordenadoria Regional de Saúde (CRS), Consórcio Intermunicipal de Gestão de Resíduos Sólidos (CIGRES), e DataSUS.

Com posse dos elementos disponíveis, realizou-se uma simulação para o cálculo do indicador, utilizando a formulação inicialmente proposta. Nessa etapa, pôde ser verificada a necessidade de ajuste dos indicadores, para que se adequassem às características da região, e também, para que o ISA se adaptasse aos dados existentes e plausíveis de coleta. Como o próprio Manual Básico do Indicador de Salubridade Ambiental apresenta, a formulação do indicador é flexível e pode ser construída e constituída tendo em vista as peculiaridades do local de estudo (CONESAN, 1999).

Após definição da equação final do indicador, realizou-se o levantamento completo dos dados, os quais foram compilados e organizados, para que então, pudessem-se realizar de fato os cálculos dos valores de todos os indicadores que compõem o ISA em cada microrregião, a fim de que, posteriormente, se possa obter o valor geral do Indicador de Salubridade Ambiental para todo o município.

As microrregiões do município foram divididas em zona urbana da sede e distritos, e zona rural, com as popularmente conhecidas como “linhas do interior”. Elaborou-se essa divisão tendo em vista mapa geográfico do município de Jaboticaba, obtido juntamente com o setor de engenharia da Prefeitura Municipal.

A partir dessa divisão foram elaborados mapas que mostram os diferentes Indicadores de Salubridade Ambiental, de modo que se possam visualizar, de maneira clara, as localidades que necessitam de maior empenho pelo Poder Público nas políticas públicas de saneamento. A divisão e localização de cada microrregião em relação ao município, tanto urbana quanto rural, podem ser visualizadas por meio da Figura 1.

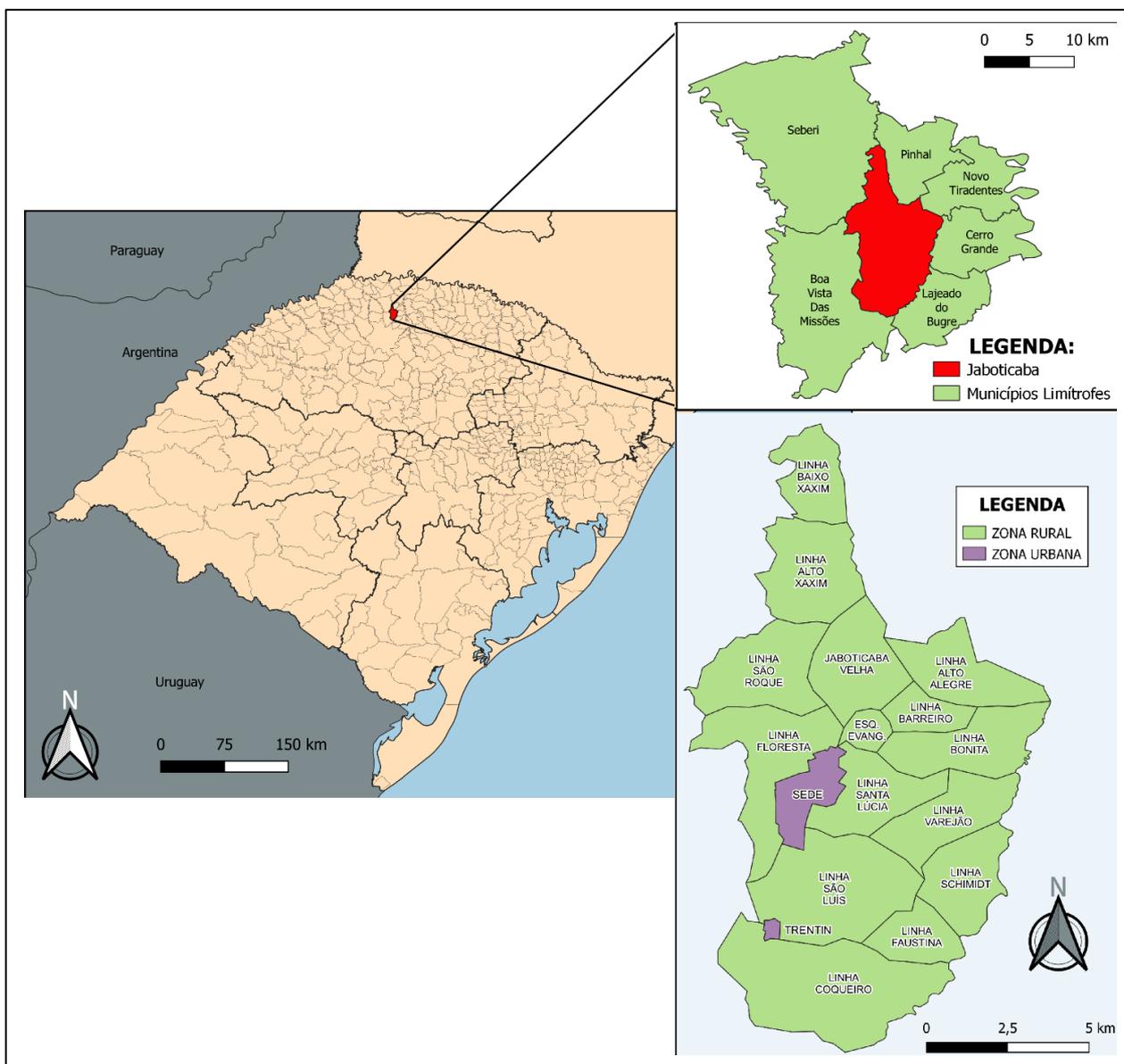


Figura 1 - Microrregiões do município de Jaboticaba/RS.

Fonte: Autores.

Por fim, realizou-se análise e investigação dos resultados, com a identificação dos locais com carência de saneamento no município, comparação das diferenças no atendimento das infraestruturas de saneamento para as áreas rurais e urbanas.

2.1. Estruturação do ISA

Com base no Indicador de Salubridade Ambiental (ISA) proposto pela CONESAN (1999), foram elaboradas algumas adaptações com o objetivo de verificar novas demandas do saneamento tendo em vista a bibliografia consultada, e também, para viabilizar a aplicação do indicador segundo as características do Município de Jaboticaba. Sendo assim, formularam-se, inicialmente, os indicadores apresentados na Equação (1), para a realização do cálculo do, aqui denominado, ISA/JAB.

$$ISA/JAB = 0,25I_{ab} + 0,25I_{es} + 0,25I_{rs} + 0,10I_{dr} + 0,10I_{cv} + 0,05I_{so} \quad (1)$$

Onde:

I_{ab} = Indicador de abastecimento de água;

I_{es} = Indicador de esgotos sanitários;

I_{rs} = Indicador de resíduos sólidos;

I_{dr} = Indicador de drenagem pluvial;

I_{cv} = Indicador de controle de vetores;

I_{so} = Indicador socioeconômico.

O ISA é denominado como indicador de 1ª ordem e é calculado a partir dos indicadores de 2ª ordem e estes são obtidos a partir dos indicadores de 3ª ordem que são calculados por meio dos dados coletados do município. O valor final do ISA (indicador de 1ª ordem) é classificado a partir das faixas de pontuação apresentadas no Quadro 1.

Quadro 1: Faixas de pontuação do ISA.

Insalubre	Baixa salubridade	Média salubridade	Salubre
0,00-0,25	0,26-0,50	0,51-0,75	0,76-1,00

Fonte: Dias (2003).

2.1.1. Indicador de abastecimento de água

O Indicador de abastecimento de água (I_{ab}) foi calculado por meio da Equação (2), com a média aritmética dos indicadores de 3ª ordem de cobertura no abastecimento (I_{ca}) e qualidade da água distribuída (I_{qa}).

$$I_{ab} = \frac{I_{ca} + I_{qa}}{2} \quad (2)$$

Para obtenção do valor do I_{ab} foram necessários então, os cálculos dos indicadores de 3ª ordem I_{ca} e I_{qa} , obtidos por meio das Equações (3) e (4).

$$I_{ca} = \frac{Da}{Dt} \quad (3)$$

Onde:

Da = Domicílios atendidos;

Dt = Domicílios totais.

$$I_{qa} = K \frac{NAA}{NAR} \quad (4)$$

Onde:

K = Relação entre número de amostras realizadas, pelo número mínimo de amostras exigidas na legislação;

NAA = Quantidade de amostras considerada como sendo de água potável (mensal);

NAR = Quantidade de amostras realizadas (mensal).

2.1.2. Indicador de esgoto sanitário

O indicador de esgoto sanitário (I_{es}) foi calculado conforme CONESAN (1999), pela média aritmética dos indicadores de cobertura na coleta de esgoto (I_{ce}), tratamento de esgoto e tanques sépticos (I_{te}) e saturação do sistema (I_{se}), conforme indica a Equação (5), que segue de forma muito análoga ao I_{ab} .

$$I_{es} = \frac{I_{ce} + I_{te} + I_{se}}{3} \quad (5)$$

Para obtenção do I_{es} foram necessários então, os cálculos dos indicadores de 3ª ordem, obtidos por meio das Equações (6), (7) e (8).

$$I_{ce} = \frac{Due}{Dt} \quad (6)$$

Onde:

Due: Domicílios atendidos por coleta;

Dut: Domicílios totais.

$$I_{te} = I_{ce} \frac{VT}{VC} \quad (7)$$

Onde:

VT: Volume tratado de esgoto medido ou estimado;

VC: Volume coletado de esgoto ou 80% do volume consumido de água.

$$n = \frac{\log\left(\frac{CT}{VT}\right)}{\log(1+t)} \quad (8)$$

Onde:

n= número de anos que o sistema ficará saturado;

CT: capacidade de tratamento;

t = taxa de crescimento anual populacional para os próximos 5 anos subsequentes.

A taxa de crescimento da populacional é calculada por meio do método geométrico, em que foram utilizados os dados da população jaboticabense nos censos de demográficos do IBGE de 2000 e 2010.

O valor de I_{se} é obtido em função de n, calculado conforme a Equação (8). Se o valor de n for ≥ 2 , adota-se $I_{se}=1$. Caso o valor de n seja ≤ 0 , adota-se $I_{se}=0$. E para valores dentro deste intervalo, é realizada uma interpolação linear para encontrar um valor proporcional.

2.1.3. Indicador de resíduos sólidos

O indicador de resíduos sólidos tem por finalidade quantificar a situação da disposição final dos resíduos e indicar a necessidade de novas instalações e ampliações do aterro sanitário (ALMEIDA, 1999). Foi calculado pela média aritmética dos indicadores de coleta de resíduos (I_{cr}), tratamento e disposição final de resíduos sólidos (I_{df}) e saturação do tratamento e disposição final de resíduos sólidos (I_{sr}), conforme Equação (9).

$$I_{rs} = \frac{I_{cr} + I_{df} + I_{sr}}{3} \quad (9)$$

O indicador de coleta de resíduos foi obtido por meio da Equação (10), o qual avalia a abrangência do atendimento da coleta de resíduos sólidos.

$$I_{cr} = \frac{Duc}{Dt} \quad (10)$$

Onde:

Duc = Domicílios atendidos por coleta;

Dt = Domicílios totais.

A CONESAN (1999) atribui pontuação do I_{qr} em função do Índice de Qualidade de Resíduos (I_{QR}), que segue uma classificação de acordo com os critérios desenvolvidos e aplicados pela Companhia Ambiental do Estado de São Paulo (CETESB), por meio de informações coletadas em inspeções realizadas por todo o estado de São Paulo, não sendo aplicável, por conseguinte, à área de estudo em questão. Em vista disso, necessitou-se proceder a um ajuste e adaptação no I_{qr} , ao utilizar a metodologia empregada por Aravéchia Junior (2010) e Lima (2014), a partir da atribuição de pontos, conforme os critérios apresentados no 2.

Quadro 2: Critério de pontuação do I_{df}

Critério	Pontuação
Disposição final de resíduos sólidos por meio de aterro sanitário	1,00
Disposição final de resíduos sólidos por meio de aterro controlado	0,50
Deposito de resíduos sólidos por meio de lixão	0,00

Fonte: Adaptado de ARAVÉCHIA JUNIOR (2010).

O valor de I_{sr} foi obtido em função de n , calculado conforme a Equação (11). Se o valor de n obtido fosse ≥ 2 , adotou-se $I_{sr}=1$. Caso o valor de n fosse ≤ 0 , adotou-se $I_{sr}=0$. E para valores dentro deste intervalo, fez-se interpolação.

$$n = \frac{\log\left(\frac{CA}{VL} + 1\right)}{\log(1 + t)} \quad (11)$$

Onde:

n = número de anos em que o sistema ficará saturado;

VL = volume coletado de resíduos sólidos;

CA = capacidade restante do aterro;

t = taxa de crescimento anual médio da população para os 5 anos subsequentes.

2.1.4. Indicador de drenagem pluvial

Utilizou-se a metodologia de cálculo do indicador de drenagem desenvolvido por Batista (2005), o qual avalia a drenagem pluvial por ruas. O indicador de drenagem é calculado pela soma ponderada dos indicadores de alagamento (I_{al}), indicador de ruas pavimentadas (I_{rp}) e indicador de defeitos no pavimento (I_{dp}), conforme apresenta a Equação (12).

$$I_{dr} = 0,60I_{al} + 0,20I_{rp} + 0,20I_{dp} \quad (12)$$

Os critérios de avaliação dos componentes do indicador de drenagem, se deu pela atribuição de valores de 0 ou 1, sendo que o valor atribuído levou em consideração as regras delimitadas no Quadro 3.

Quadro 3: Critérios avaliativos dos indicadores de 3ª ordem para o indicador de drenagem pluvial.

Critério I_{al}	Critério I_{rp}	Critério I_{dp}
Ocorrência de inundação =0	Rua pavimentada =1	Pavimento com defeito =0
Sem ocorrência de inundação =1	Rua não pavimentada =0	Pavimento sem defeito =1

Fonte: Adaptado de Batista (2005).

2.1.5. Indicador de controle de vetores

O indicador de controle de vetores I_{cv} tem por objetivo identificar a necessidade de programas educacionais, preventivos de redução e eliminação dos vetores transmissores das doenças. Foi obtido pela Equação (13), a qual contempla os indicadores de 3ª ordem de dengue (I_{vd}), esquistossomose (I_{ve}) e leptospirose (I_{vl}).

$$I_{cv} = \frac{\frac{I_{vd} + I_{ve}}{2} + I_{vl}}{2} \quad (13)$$

Os critérios para pontuação e obtenção do I_{cv} , estão apresentados e especificados no Quadro 4.

Quadro 4: Critério de pontuação para os indicadores de 3ª ordem do Indicador de controle de vetores.

Critério I _{vd}	Critério I _{ve}	Critério I _{vi}	Pont
Sem infestação de <i>Aedes aegypti</i> nos últimos 12 meses	Sem casos nos últimos 5 anos	Sem enchentes e sem casos nos últimos 5 anos	1,00
Com infestação de <i>Aedes aegypti</i> e sem transmissão de dengue nos últimos 5 anos	Incidência anual menor que 1 caso	Com enchentes e sem casos nos últimos 5 anos	0,50
Com transmissão de dengue nos últimos 5 anos	Incidência anual maior ou igual a 1 e menor que 5	Sem enchentes e com casos nos últimos 5 anos	0,25
Ocorrência de dengue hemorrágica	Incidência anual maior ou igual a 5	Com enchentes e com casos nos últimos 5 anos	0,00

Fonte: Adaptado de CONESAN (1999).

2.1.6. Indicador socioeconômico

Para o indicador socioeconômico (I_{so}), adotou-se a metodologia de cálculo que também foi utilizada por Aravéchia Junior (2010), Bahia (2006), Cunha (2012) e Lima (2014), pela média aritmética do IDHM (índice de desenvolvimento humano municipal) de educação, longevidade e renda, conforme indica a Equação (14).

$$I_{so} = \frac{IDH_{educação} + IDH_{longevidade} + IDH_{renda}}{3} \quad (14)$$

O IDHM segue as mesmas dimensões do IDH global: avalia a saúde, medida pela expectativa de vida; educação, medida pela escolaridade da população adulta; e renda, medida pela renda per capita da população. Porém, sua metodologia se enquadra para avaliar o desenvolvimento dos municípios (PNUD, 2013).

3. RESULTADOS E DISCUSSÕES

3.1. Indicador de abastecimento de água

Para o cálculo do indicador de abastecimento de água, são necessários os indicadores I_{ca} e I_{qa} , que avaliam a cobertura e qualidade do abastecimento de água em todo o município de Jaboticaba, em que os valores calculados para os indicadores são apresentados no Quadro 5.

Quadro 5: Pontuação do I_{ab} .

LOCALIDADE	I_{ca}	I_{qa}	I_{ab}
DISTRITO SEDE	0,98273	1,0000	0,99136
DISTRITO TRENTIN	0,98273	1,0000	0,99136
JABOTICABA VELHA	0,60584	0,9615	0,78369
ESQUINA EVANGÉLICA	0,60584	1,0000	0,80292
LINHA COQUEIRO	0,60584	0,9167	0,76125
LINHA SÃO LUIZ	0,60584	0,9623	0,78405
LINHA FAUSTINA	0,60584	1,0000	0,80292
LINHA SCHIMIDT	0,60584	1,0000	0,80292
LINHA VAREJÃO	0,60584	1,0000	0,80292
LINHA SANTA LÚCIA	0,60584	1,0000	0,80292
LINHA BARREIRO	0,60584	1,0000	0,80292
LINHA BONITA	0,60584	1,0000	0,80292
LINHA ALTO ALEGRE	0,60584	1,0000	0,80292
LINHA ALTO XAXIM	0,60584	1,0000	0,80292
LINHA BAIXO XAXIM	0,60584	1,0000	0,80292
LINHA SÃO ROQUE	0,60584	0,9231	0,76446
LINHA FLORESTA	0,60584	0,9615	0,78369

Fonte: Autores.

O cálculo do Indicador de cobertura no abastecimento (I_{ca}) foi realizado pela relação entre domicílios que possuem rede geral de abastecimento de água e domicílios totais. Conseguiram-se os dados para cálculo deste indicador, por intermédio das informações coletadas sobre os domicílios no Censo do IBGE, efetuado no ano de 2010 (último Censo procedido no Brasil, em relação à data de coleta dos dados para esta pesquisa). Nas zonas urbanas (Distrito Sede e Distrito Trentin), a cobertura no abastecimento de água chegou quase à totalidade de domicílios (98,27%). Com relação às zonas rurais, a pontuação do I_{ca} caiu para 0,6058, demonstrando-se a necessidade de maiores investimentos no abastecimento de água no interior do município.

O cálculo do I_{qa} foi realizado por meio da relação entre o número de amostras em que a água foi considerada potável, e o número total de análises realizadas em função do número mínimo de amostras preconizadas na legislação. Ao total, analisaram-se 412 amostras de potabilidade da água do ano de 2020, em todas as microrregiões de Jaboticaba. Em 404 ensaios (98,06%) a qualidade foi satisfatória, e em 8 amostras (1,94%), os parâmetros da água não atingiram o mínimo previsto na legislação. Em todas as microrregiões analisadas, o valor do I_{qa} foi considerado excelente, visto que apresentaram números superiores a 90%. O menor valor foi obtido para a Linha Coqueiro, que resultou em 0,9167, de 24 análises, 22 apresentaram água em condições satisfatórias e 2 em condições insatisfatórias.

O valor final do I_{ab} foi obtido pela média aritmética entre o I_{ca} e I_{qa} . Destacam-se as microrregiões do Distrito de Trentin e Sede, que obtiveram a pontuação de 99,13%. Já, nas

regiões rurais, verificou-se redução no valor do indicador. Isso é devido, principalmente, ao I_{ca} , o qual apresentou menor valor para as regiões rurais, quando comparado às regiões urbanas. Os resultados do I_{ab} , distribuídos espacialmente, podem ser visualizados por meio da Figura 2.

A menor pontuação resultante foi para a microrregião da Linha Coqueiro, seguido da Linha São Roque, Linha Floresta, Jaboticaba Velha e Linha São Luiz (com 0,7840). Em todas essas microrregiões houve pelo menos uma análise da qualidade da água com resultado insatisfatório.

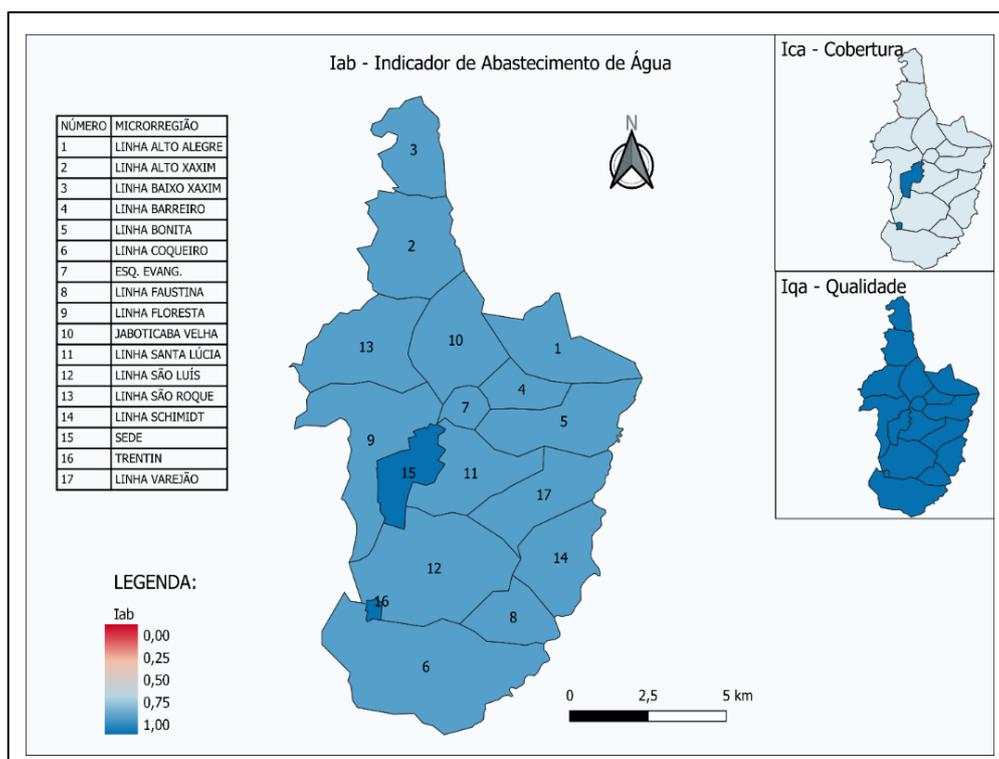


Figura 2 - Mapa quantitativo da pontuação do I_{ab} .
Fonte: Autores.

3.2. Indicador de esgoto sanitário

O I_{es} retrata a situação do município em relação ao esgotamento sanitário, e foi calculado por meio dos indicadores de 3ª ordem de Cobertura na Coleta de Esgoto (I_{ce}), de Tratamento de Esgoto (I_{te}) e de Saturação do Sistema de Esgoto (I_{se}), que avaliam todo o sistema de coleta e tratamento de esgoto, em que os valores dos indicadores calculados são apresentados no

Quadro 6.

Os valores do I_{ce} , I_{te} e I_{se} foram iguais a zero devido ao fato do município não possuir nenhuma rede coletora de esgoto, muito menos estação de tratamento de esgoto, o que

indica uma situação muito insatisfatória. Conseqüentemente, o valor do I_{es} foi igual à zero para todas as microrregiões do município, o que pode ser observado por meio da Figura 3, em que se apresentam os resultados do I_{se} distribuídos espacialmente.

Quadro 6: Pontuação do I_{es} .

LOCALIDADE	Ice	Ite	Ise	Ies
DISTRITO SEDE	0	0	0	0
DISTRITO TRENTIN	0	0	0	0
JABOTICABA VELHA	0	0	0	0
ESQUINA EVANGÉLICA	0	0	0	0
LINHA COQUEIRO	0	0	0	0
LINHA SÃO LUIZ	0	0	0	0
LINHA FAUSTINA	0	0	0	0
LINHA SCHIMIDT	0	0	0	0
LINHA VAREJÃO	0	0	0	0
LINHA SANTA LÚCIA	0	0	0	0
LINHA BARREIRO	0	0	0	0
LINHA BONITA	0	0	0	0
LINHA ALTO ALEGRE	0	0	0	0
LINHA ALTO XAXIM	0	0	0	0
LINHA BAIXO XAXIM	0	0	0	0
LINHA SÃO ROQUE	0	0	0	0
LINHA FLORESTA	0	0	0	0

Fonte: Autores.

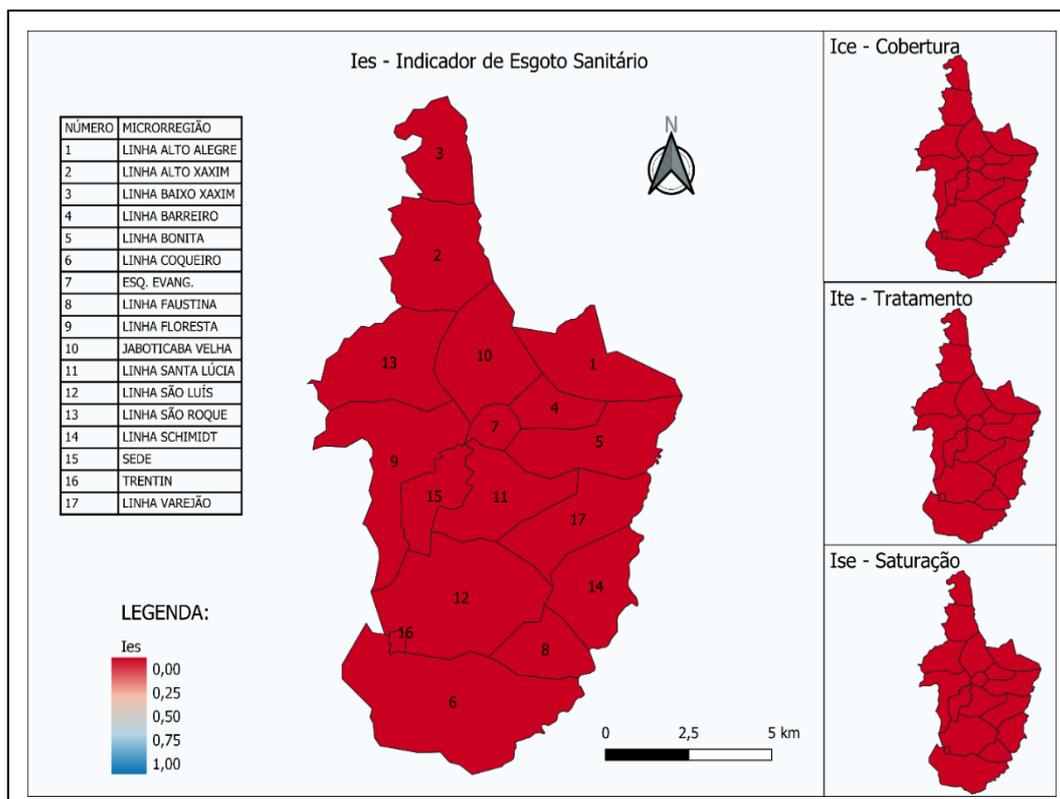


Figura 3: Mapa quantitativo da pontuação do I_{es} .

Fonte: Autores.

3.3. Indicador de resíduos sólidos

Os dados necessários para o cálculo do Indicador de Resíduos Sólidos foram obtidos por meio do Censo do IBGE (2010) e o CIGRES, consórcio do aterro sanitário onde é realizada a destinação final dos resíduos sólidos de Jaboticaba. Os resultados dos indicadores de cobertura de coleta, destinação final e saturação de resíduos sólidos são apresentados no Quadro 7, juntamente com o indicador de resíduos sólidos.

Quadro 7: Pontuação do I_{rs}.

LOCALIDADE	I _{cr}	I _{df}	I _{sr}	I _{rs}
DISTRITO SEDE	0,96737	1,00	0,3331	0,7668
DISTRITO TRENTIN	0,96737	1,00	0,3331	0,7668
JABOTICABA VELHA	0,08516	1,00	0,3331	0,4728
ESQUINA EVANGÉLICA	0,08516	1,00	0,3331	0,4728
LINHA COQUEIRO	0,08516	1,00	0,3331	0,4728
LINHA SÃO LUIZ	0,08516	1,00	0,3331	0,4728
LINHA FAUSTINA	0,08516	1,00	0,3331	0,4728
LINHA SCHIMIDT	0,08516	1,00	0,3331	0,4728
LINHA VAREJÃO	0,08516	1,00	0,3331	0,4728
LINHA SANTA LÚCIA	0,08516	1,00	0,3331	0,4728
LINHA BARREIRO	0,08516	1,00	0,3331	0,4728
LINHA BONITA	0,08516	1,00	0,3331	0,4728
LINHA ALTO ALEGRE	0,08516	1,00	0,3331	0,4728
LINHA ALTO XAXIM	0,08516	1,00	0,3331	0,4728
LINHA BAIXO XAXIM	0,08516	1,00	0,3331	0,4728
LINHA SÃO ROQUE	0,08516	1,00	0,3331	0,4728
LINHA FLORESTA	0,08516	1,00	0,3331	0,4728

Fonte: Autores.

O cálculo do indicador de coleta de resíduos (I_{cr}) foi desenvolvido pela relação entre domicílios que possuem coleta de resíduos sólidos e domicílios totais. Assim como no I_{ca} e I_{ce}, conseguiram-se os dados para determinação deste indicador, por intermédio das informações obtidas no último Censo do IBGE. Destaca-se a diferença entre as áreas urbanas com relação à zona rural. Enquanto o I_{cr} do Distrito Sede e Distrito Trentin mostram que 96,74% dos domicílios dispõem de coleta de resíduos sólidos, as linhas do interior do município apresentaram a pontuação de 0,0852, não atingindo a marca de 10% de domicílios cobertos por coleta de resíduos sólidos.

A disposição final dos resíduos sólidos do município é realizada por meio do CIGRES (Consórcio Intermunicipal de Gestão de Resíduos Sólidos), no qual Jaboticaba está consorciado, juntamente com mais 30 municípios (CIGRES, 2021). Nesse sentido, todos os resíduos sólidos domésticos coletados no município são encaminhados para o CIGRES, o qual realiza a disposição final dos resíduos por meio de aterro sanitário. Dessa forma, a pontuação atribuída para todas as microrregiões do município foi de 1,00, a pontuação máxima.

O indicador de saturação da disposição final de resíduos sólidos informa sobre a necessidade de ampliação da estrutura do local onde ocorre a destinação dos resíduos

sólidos gerados no município. O valor obtido para o I_{sr} foi de 0,33, o que demonstra a necessidade de ampliações nas instalações do CIGRES. O valor de n foi de 0,66 anos, ou seja, 8 meses para que a célula em operação no aterro complete sua capacidade. O Consórcio informou que já havia iniciado o processo de licenciamento para instalação de nova célula, e que estaria em tramite durante a elaboração desta pesquisa.

O cálculo do I_{rs} foi desenvolvido por meio da pela média aritmética do I_{cr} , I_{df} e I_{rs} . Os resultados do I_{rs} distribuídos espacialmente podem ser visualizados por meio da Figura 4.

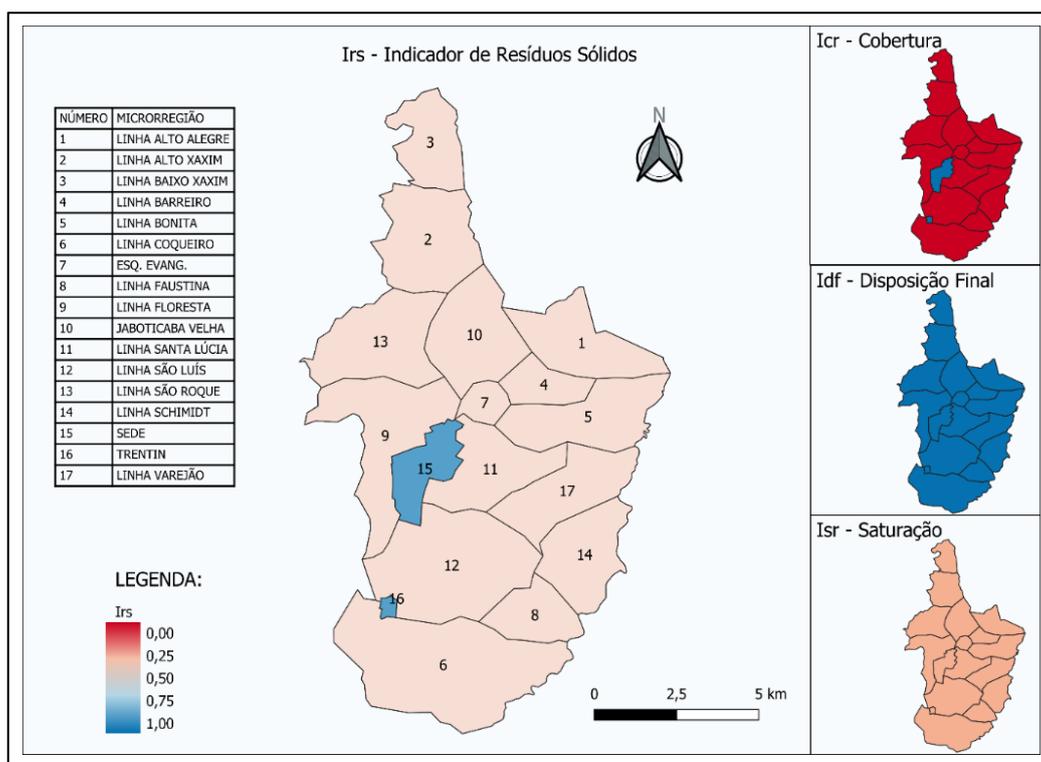


Figura 4 - Mapa quantitativo da pontuação do I_{rs} .
 Fonte: Autores.

A pontuação do I_{rs} se diferenciou entre a zona rural e urbana do município. Isso ocorreu, pois, utilizaram-se os dados do Censo do IBGE, em que as informações são divididas entre zonas urbanas e rurais. Verifica-se um valor razoável, de 76,68% para a zona urbana. Já para as microrregiões do interior, a pontuação ficou abaixo de 50% que representa uma condição de baixa salubridade, em razão, principalmente do I_{cr} .

3.4. Indicador de drenagem pluvial

O I_{dr} foi concebido junto ao ISA/JAB para verificar a qualidade das estruturas de acondicionamento das águas pluviais na avaliação da salubridade ambiental. Tem por objetivo verificar a existência de ruas pavimentadas, se estas possuem defeitos e se há a

existência de pontos com alagamentos. No Quadro 8 são apresentadas as pontuações dos indicadores.

Quadro 8: Pontuação do I_{dr} .

LOCALIDADE	I_{al}	I_{rp}	I_{dp}	I_{dr}
DISTRITO SEDE	0,9923	0,6783	0,6327	0,8576
DISTRITO TRENTIN	1	0,8115	0,7002	0,9023
JABOTICABA VELHA	1	0	0	0,6000
ESQUINA EVANGÉLICA	1	0	0	0,6000
LINHA COQUEIRO	1	0	0	0,6000
LINHA SÃO LUIZ	1	0	0	0,6000
LINHA FAUSTINA	1	0	0	0,6000
LINHA SCHIMIDT	1	0	0	0,6000
LINHA VAREJÃO	1	0	0	0,6000
LINHA SANTA LÚCIA	1	0	0	0,6000
LINHA BARREIRO	1	0	0	0,6000
LINHA BONITA	1	0	0	0,6000
LINHA ALTO ALEGRE	1	0	0	0,6000
LINHA ALTO XAXIM	1	0	0	0,6000
LINHA BAIXO XAXIM	1	0	0	0,6000
LINHA SÃO ROQUE	1	0	0	0,6000
LINHA FLORESTA	1	0	0	0,6000

Fonte: Autores.

A ocorrência de alagamentos ou inundações foi obtida por meio de observações em campo em períodos chuvosos assim como, em alguns casos, pelo relato de moradores locais. No Distrito sede, constatou-se a existência de alagamentos em duas ruas. Desse modo o I_{al} apresentou pontuação 0 para o somatório desses trechos de rua em questão.

A pontuação do I_{rp} foi em função da classificação das ruas em pavimentada e não pavimentada. No Distrito Sede, verificou-se maior presença de vias não pavimentadas, quando comparadas ao Distrito Trentin. Nas demais microrregiões, a conjuntura verificada foi de inexistência de vias pavimentadas, de modo que o I_{rp} e I_{dp} foram iguais à zero.

Os resultados do I_{dr} distribuídos espacialmente podem ser visualizados por meio da Figura 5. De modo geral o valor do I_{dr} apresentou valores razoáveis na zona rural, pois não se tem até o momento da elaboração desta pesquisa, a existência de vias pavimentadas nas linhas do interior do município. Já nas áreas urbanas, verificaram-se condições mais adequadas, com a presença de pavimento na maioria das ruas.

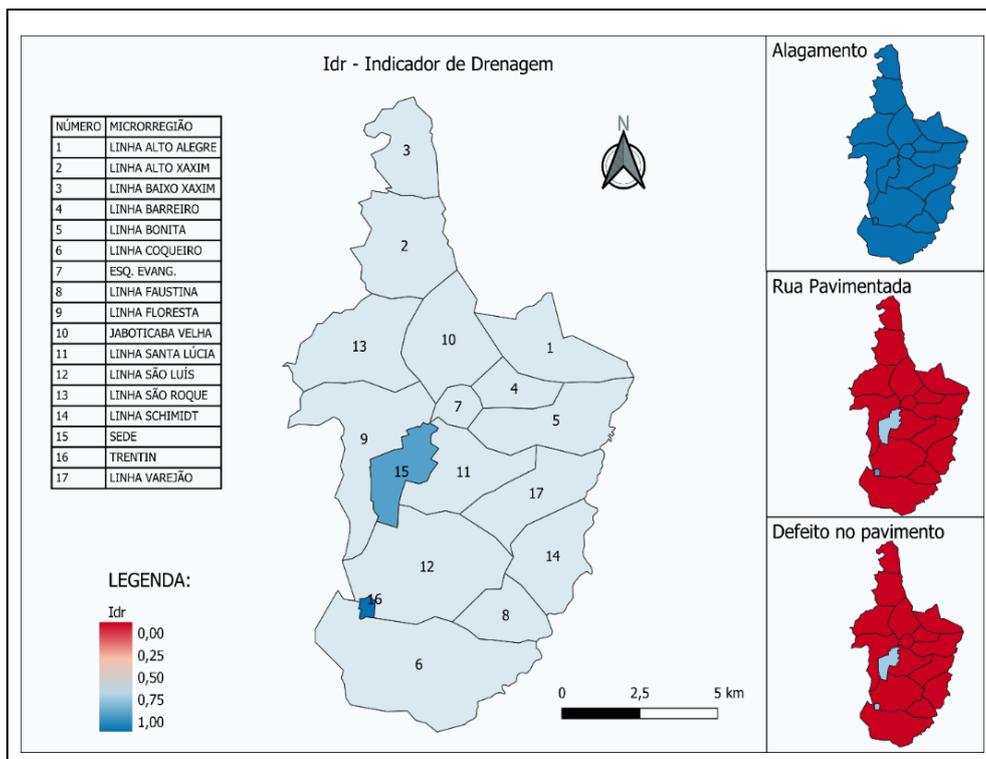


Figura 5 - Mapa quantitativo da pontuação do Idr.
Fonte: Autores.

Destaca-se o Distrito Trentin que apresentou a maior pontuação dentre as regiões. Em seguida tem-se o Distrito Sede, com algumas ruas com a existência de alagamento, e por ter um maior número de ruas não pavimentadas em relação às pavimentadas.

3.5. Indicador de controle de vetores

O indicador de controle de vetores tem por objetivo identificar a incidência de casos de doenças, que podem ser ocasionadas pela precariedade do saneamento básico, bem como a necessidade de programas de prevenção, redução e eliminação dos vetores de doenças (CONESAN, 1999). Realizou-se visita presencial junto à Secretaria de Saúde do município de Jaboticaba, para coleta de informações sobre os casos de Dengue, Esquistossomose e Leptospirose. Os resultados obtidos dos indicadores são apresentados no Quadro 9.

Com relação a Dengue, não houve registros de casos autóctones da doença no município de Jaboticaba nos últimos cinco anos. Contudo, os servidores municipais da vigilância sanitária alertaram sobre a existência de infestação urbana do mosquito *Aedes aegypt* na sede do município. Dessa forma, o I_{vd} do Distrito Sede é igual a 0,50, devido à presença de infestação do mosquito transmissor da Dengue. Nas demais localidades do município, atribui-se a pontuação máxima (1,00).

Quadro 9: Pontuação do I_{cv}

LOCALIDADE	I_{vd}	I_{ve}	I_{vl}	I_{cv}
DISTRITO SEDE	0,50	1,00	1,00	0,8750
DISTRITO TRENTIN	1,00	1,00	1,00	1,0000
JABOTICABA VELHA	1,00	1,00	0,25	0,6250
ESQUINA EVANGÉLICA	1,00	1,00	1,00	1,0000
LINHA COQUEIRO	1,00	1,00	0,25	0,6250
LINHA SÃO LUIZ	1,00	1,00	1,00	1,0000
LINHA FAUSTINA	1,00	1,00	1,00	1,0000
LINHA SCHIMIDT	1,00	1,00	1,00	1,0000
LINHA VAREJÃO	1,00	1,00	1,00	1,0000
LINHA SANTA LÚCIA	1,00	1,00	1,00	1,0000
LINHA BARREIRO	1,00	1,00	0,25	0,6250
LINHA BONITA	1,00	1,00	1,00	1,0000
LINHA ALTO ALEGRE	1,00	1,00	1,00	1,0000
LINHA ALTO XAXIM	1,00	1,00	0,25	0,6250
LINHA BAIXO XAXIM	1,00	1,00	1,00	1,0000
LINHA SÃO ROQUE	1,00	1,00	1,00	1,0000
LINHA FLORESTA	1,00	1,00	1,00	1,0000

Fonte: Autores.

Conforme informações fornecidas, nos últimos cinco anos não houveram registros de casos de Esquistossomose no município de Jaboticaba. Por conseguinte, o I_{ve} se enquadra na situação de “sem casos nos últimos 5 anos”. Dessa maneira, atribuiu-se a pontuação de 1,00 para todas as microrregiões do município.

As informações obtidas sobre a leptospirose demonstraram a existência de quatro casos de nos últimos anos em Jaboticaba. Os casos ocorreram todos em zona rural, nas microrregiões de Jaboticaba Velha, Linha Coqueiro, Linha Barreiro e Linha Alto Xaxim. Dessa forma, as pontuações atribuídas, para as localidades que apresentaram casos confirmados de leptospirose, foram de 0,25. As demais microrregiões obtiveram pontuação máxima.

Os resultados do I_{cv} distribuídos espacialmente podem ser visualizados por meio da Figura 6.

O fator que mais prevaleceu para a redução da pontuação do I_{cv} foram os 4 casos de leptospirose diagnosticados na zona rural no município. Com exceção da linha Coqueiro, que se situa ao sul, as demais microrregiões que apresentaram casos de leptospirose são próximas entre si. Isso pode ser explicado pela presença dos vetores transmissores da doença nessas localidades.

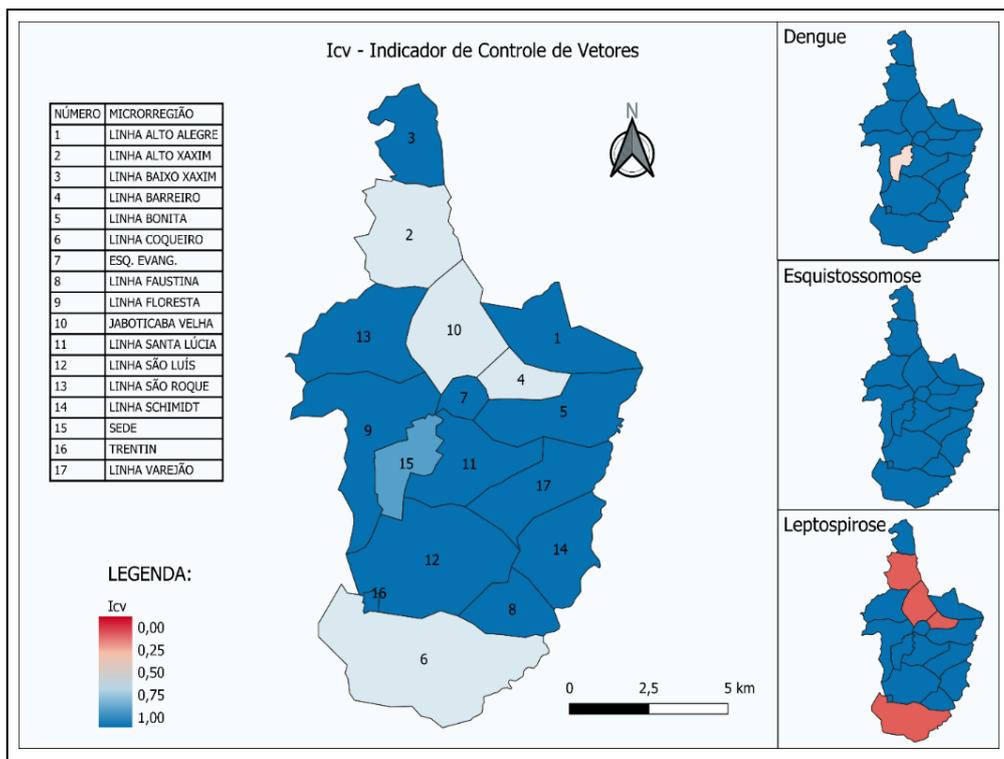


Figura 6 - Mapa quantitativo da pontuação do I_{cv}.
 Fonte: Autores.

3.6. Indicador socioeconômico

Os dados do Índice de Desenvolvimento Humano Municipal (IDHm), necessários para o cálculo do Indicador Socioeconômico, foram obtidos por meio da plataforma eletrônica do Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento (PNUD) Brasil. O Quadro 10 apresenta os valores obtidos do IDHm para o município de Jaboticaba. Nota-se que o maior valor se refere ao IDHI de longevidade, seguido por IDHr, de renda, e IDHe, de educação.

O IDHm se refere a todo o município, sem distinções ou divisão em microrregiões municipais. Portanto, adotou-se o mesmo valor para o indicador socioeconômico (I_{so}) em todos os bairros, distrito e linhas do município de Jaboticaba; sendo considerado, conforme classificação do PNUD, de médio desenvolvimento humano. Os resultados do I_{so} distribuídos espacialmente podem ser visualizados por meio da Figura 7.

Quadro 10: Pontuação do I_{so}.

LOCALIDADE	IDHe	IDHI	IDHr	Iso
DISTRITO SEDE	0,547	0,820	0,636	0,66767
DISTRITO TRENTIN	0,547	0,820	0,636	0,66767
JABOTICABA VELHA	0,547	0,820	0,636	0,66767
ESQUINA EVANGÉLICA	0,547	0,820	0,636	0,66767
LINHA COQUEIRO	0,547	0,820	0,636	0,66767
LINHA SÃO LUIZ	0,547	0,820	0,636	0,66767
LINHA FAUSTINA	0,547	0,820	0,636	0,66767
LINHA SCHIMIDT	0,547	0,820	0,636	0,66767
LINHA VAREJÃO	0,547	0,820	0,636	0,66767
LINHA SANTA LÚCIA	0,547	0,820	0,636	0,66767
LINHA BARREIRO	0,547	0,820	0,636	0,66767
LINHA BONITA	0,547	0,820	0,636	0,66767
LINHA ALTO ALEGRE	0,547	0,820	0,636	0,66767
LINHA ALTO XAXIM	0,547	0,820	0,636	0,66767
LINHA BAIXO XAXIM	0,547	0,820	0,636	0,66767
LINHA SÃO ROQUE	0,547	0,820	0,636	0,66767
LINHA FLORESTA	0,547	0,820	0,636	0,66767

Fonte: Autores.

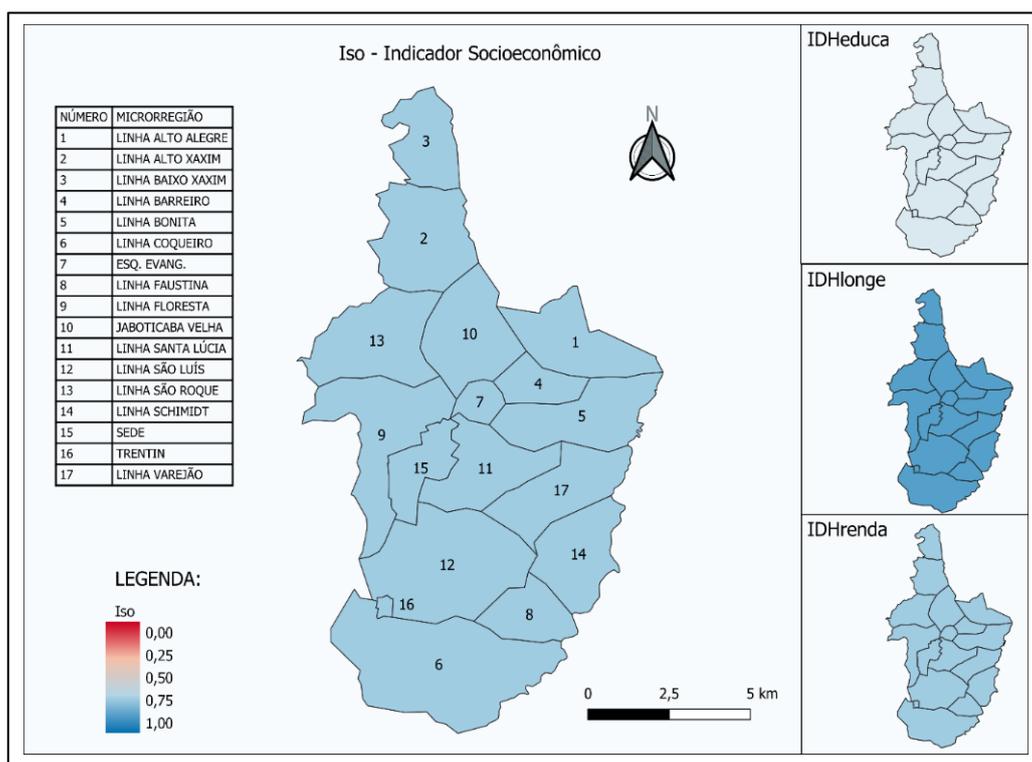


Figura 7 - Mapa quantitativo da pontuação do Iso.

Fonte: Autores.

3.7. Resultado final e valor do ISA/JAB

A partir dos resultados dos indicadores apresentados, foi possível desenvolver o resultado final para o ISA/JAB em todas as microrregiões avaliadas juntamente com o valor final para todo o município, os quais são apresentados no Quadro 11.

O ISA/JAB identificado para todo o município, obtido por meio de média aritmética entre o ISA de cada microrregião, foi de 51,82%, sendo classificado como de Média Salubridade. Valor que indica a perspectiva de que a qualidade de vida da população possa

ser afetada devido às condições do meio. Resultados semelhantes foram encontrados por Zachi *et al.*, (2020) e Barreto *et al.*, (2020). Além disso, os autores também apontam a questão do esgotamento sanitário como a mais crítica.

A principal razão de o ISA/JAB apresentar a classificação de média salubridade, se deu em função do *les*, que apresentou o valor igual a 0. Demonstra-se dessa forma, a necessidade de se haver intervenções para a instalação de redes de coleta e estação de tratamento de esgoto de forma adequada no município.

Quadro 11: Valor final do ISA/JAB para todas as microrregiões.

LOCALIDADE	lab	les	lrs	ldr	lcv	lso	ISA
DISTRITO SEDE	0,9914	0,0000	0,7668	0,8576	0,8750	0,6677	0,6462
DIST. TRENTIN	0,9914	0,0000	0,7668	0,9023	1,0000	0,6677	0,6632
JAB. VELHA	0,7837	0,0000	0,4728	0,6000	0,6250	0,6677	0,4700
E. EVANGÉLICA	0,8029	0,0000	0,4728	0,6000	1,0000	0,6677	0,5123
LINHA COQUEIRO	0,7613	0,0000	0,4728	0,6000	0,6250	0,6677	0,4644
LINHA SÃO LUIZ	0,7841	0,0000	0,4728	0,6000	1,0000	0,6677	0,5076
LINHA FAUSTINA	0,8029	0,0000	0,4728	0,6000	1,0000	0,6677	0,5123
LINHA SCHIMIDT	0,8029	0,0000	0,4728	0,6000	1,0000	0,6677	0,5123
LINHA VAREJÃO	0,8029	0,0000	0,4728	0,6000	1,0000	0,6677	0,5123
LINHA STA LÚCIA	0,8029	0,0000	0,4728	0,6000	1,0000	0,6677	0,5123
LINHA BARREIRO	0,8029	0,0000	0,4728	0,6000	0,6250	0,6677	0,4748
LINHA BONITA	0,8029	0,0000	0,4728	0,6000	1,0000	0,6677	0,5123
LINHA A. ALEGRE	0,8029	0,0000	0,4728	0,6000	1,0000	0,6677	0,5123
LINHA A. XAXIM	0,8029	0,0000	0,4728	0,6000	0,6250	0,6677	0,4748
LINHA B. XAXIM	0,8029	0,0000	0,4728	0,6000	1,0000	0,6677	0,5123
LINHA S. ROQUE	0,7645	0,0000	0,4728	0,6000	1,0000	0,6677	0,5027
LINHA FLORESTA	0,7837	0,0000	0,4728	0,6000	1,0000	0,6677	0,5075
Média	0,8170	0,0000	0,5074	0,6329	0,9044	0,6677	0,5182

Fonte: Autores.

Em análise às microrregiões, o Distrito Trentin foi quem obteve o maior valor; enquanto que a microrregião da Linha Coqueiro apresentou o menor, classificada como de baixa salubridade. Nesta, bem como em Jaboticaba Velha, Linha Alto Xaxim e Linha Barreiro, indica-se a necessidade de uma maior atenção, por parte do poder público, para as condições ambientais vivenciadas pela população local. Outros autores relataram também localidades com baixa salubridade (Cunha, 2012; Teixeira, 2017).

As áreas urbanas apresentaram resultados melhores que as regiões rurais, em decorrência de uma maior abrangência no abastecimento de água e também na coleta de resíduos sólidos. Apesar de que o impacto ambiental local da ação humana, nas regiões rurais, é menor devido à baixa densidade populacional e distribuição demográfica.

A utilização do ISA/JAB no Plano Municipal de Saneamento Básico também pode ser muito viável, durante a sua revisão. Grande parte dos dados utilizados no indicador proveio da própria administração municipal, que poderá analisar as informações de modo mais simplificado. A atualização dos valores do ISA/JAB poderá ser realizada

concomitantemente com a renovação do PMSB, o qual se sugere a inclusão do Indicador junto ao capítulo do diagnóstico municipal.

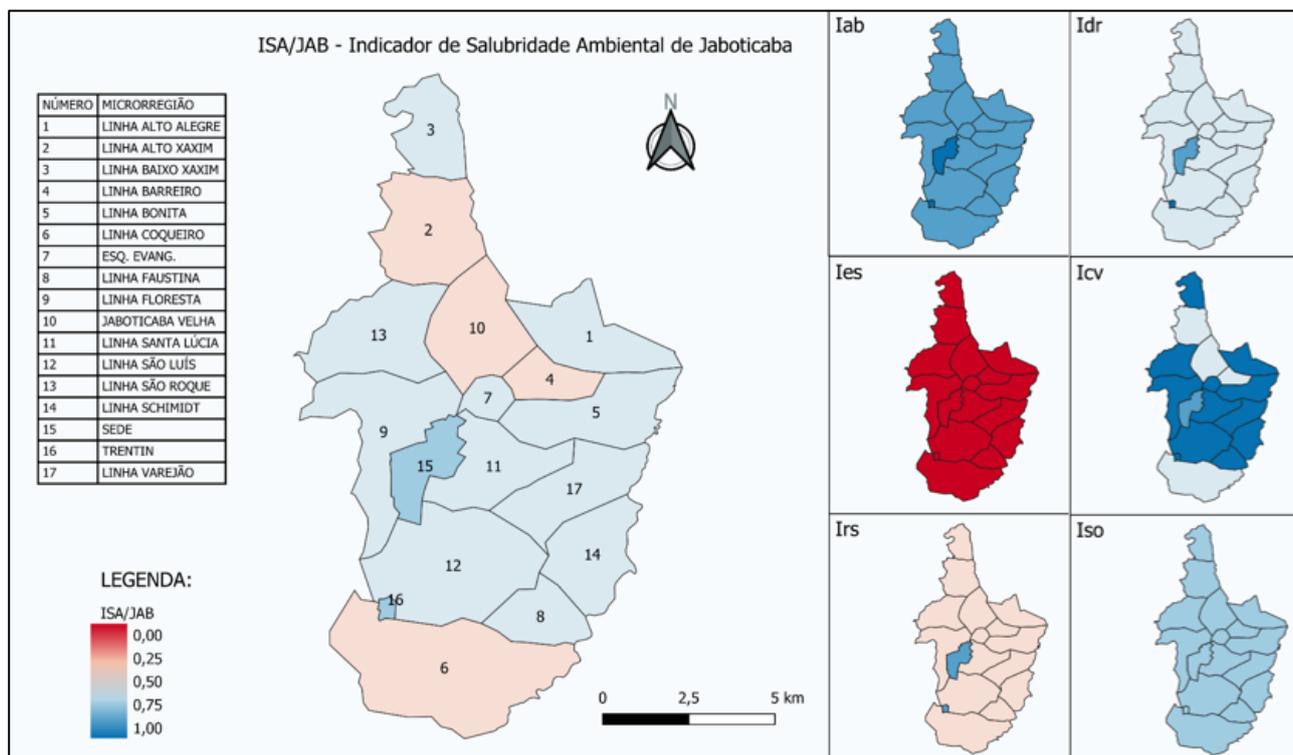


Figura 8: Mapa da pontuação do ISA/JAB.
 Fonte: Autores.

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

É um grande desafio para o desenvolvimento dos indicadores de saneamento, pois os dados necessitam ser os mais recentes possíveis e fornecidos por fontes confiáveis. Dessa forma, o ISA/JAB se mostrou eficaz na finalidade a qual se propôs: apresentar a situação do saneamento ambiental das diferentes microrregiões do município de Jaboticaba - RS.

O valor final do ISA/JAB foi classificado como média salubridade, o que traz a necessidade de melhoria em algumas esferas do saneamento ambiental, merecendo maior atenção ao esgotamento sanitário.

Entre as microrregiões, notou-se menor amplitude de valores, devido alguns dados serem agregados para todo o município. As maiores diferenças puderam ser notadas entre as áreas rurais e urbanas, sendo que algumas microrregiões ficaram classificadas como de baixa salubridade.

Sugere-se atualização do manual básico, bem como para que o uso do ISA seja padronizado. Visto que ao se utilizar o indicador a partir de cálculos diferentes prejudica a

comparação e a padronização das informações. Há ainda a necessidade constante de se adotar medidas para a atualização dos dados, e, por consequência, a renovação do valor de cada indicador.

O cálculo do ISA/JAB se mostrou eficiente para demonstrar a situação da salubridade ambiental no município de Jaboticaba como um todo, porém, a análise por regiões do município se tornou dificultada, visto que em muitos indicadores os valores das regiões foram iguais devido à falta de dados desagregados.

Por fim, o diagnóstico realizado no município foi inédito e pode se tornar uma importante ferramenta na gestão, ao direcionar, aos tomadores de decisão, futuras ações relacionadas à melhoria do saneamento básico visando aumentar a salubridade ambiental do município.

REFERÊNCIAS

ALMEIDA, M. A. P. **Indicadores de salubridade ambiental em favelas urbanizadas: o caso de favelas em áreas de proteção ambiental**. 1999. 243 f. Tese (Doutorado em Engenharia de Construção Civil e Urbana – Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1999).

ARAVÉCHIA JUNIOR, J. C. **Indicador de salubridade ambiental (ISA) para a Região Centro-Oeste: um estudo de caso no Estado de Goiás**. 2010. 134 f. Dissertação (Mestrado em Gestão Ambiental) - Universidade Católica de Brasília, Brasília, 2010.

BAHIA, J. A. **A aplicação do Indicador de Salubridade Ambiental (ISA) na determinação da vulnerabilidade dos recursos hídricos superficiais da bacia hidrográfica do Rio Cachoeira – Sul da Bahia**. 2006. 89 f. Dissertação (Mestrado em Desenvolvimento Regional e Meio Ambiente) – Universidade Estadual de Santa Cruz, Ilhéus, 2006.

BARRETO, J. B. *et al.* Criação de um modelo de indicador de salubridade ambiental (ISA) adaptado ao contexto de municípios de pequeno porte (ISA/MPP). **Revista Ibero-Americana de Ciências Ambientais**, v. 11, n. 2, p. 278–295, 2020.

BATISTA, M. E. M. **Desenvolvimento de um sistema de apoio à decisão para gestão urbana baseado em indicadores ambientais**. 2005. 124 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental) - Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa, 2005.

CIGRES. **Municípios Consorciados**. 2021. Disponível em: <http://www.cigres.com.br>. Acesso em: 22 mai. 2021.

CONESAN. **ISA - Indicador de Salubridade Ambiental: Manual Básico**. São Paulo: Conesan, 1999.

CUNHA, T. B. **Análise Integrada de Salubridade ambiental e Condições de Moradia: Aplicação no município de Itaguaçu da Bahia**. 2012. 134 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil e Ambiental) - Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa, 2012.

FUNASA. **Manual de Saneamento**. Brasília: FUNASA, 2015.

IBGE. **Censo Brasileiro de 2010**. Rio de Janeiro: IBGE, 2010.

JUNIOR, A. P. **Saneamento, Saúde e Ambiente: Fundamentos para um Desenvolvimento Sustentável**. Barueri: Manole, 2018. 1000p.

LIMA, A. S. C. **Diagnóstico das condições de saneamento básico dos municípios do estado de Goiás operados pelas prefeituras**. 2014. 106 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia do Meio Ambiente) - Universidade Federal do Goiás, Goiânia, 2014.

PNUD. **IDHM Municípios 2010**. 2010. Disponível em: <https://www.br.undp.org/content>. Acesso em: 9 mar. 2021.

PNUD. **O Índice de Desenvolvimento Humano Municipal Brasileiro**. Brasília: Portal Print, 2013.

TEIXEIRA, D. A. **Construção e determinação do indicador de salubridade ambiental (ISA/OP) para as áreas urbanas do município de Ouro Preto, MG**. 2017. 171 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental) - Universidade Federal de Ouro Preto, Ouro Preto, 2017.

ZACHI, L. *et al.* Aplicação do Indicador de Salubridade Ambiental (ISA) no município de Frederico Westphalen - RS. **Revista DAE**, v. 68, p. 182–196, 2020.

Recebido: 09.06.2022
Aceito: 21.01.2023