

## Estimativa de potencial poluidor industrial no âmbito municipal com ênfase na espacialização dos dados

Lucas Kovalczuk Paulino<sup>1</sup>, Alana Mércia Engel<sup>1</sup>, Gabriel Peralta Ribas<sup>1</sup>, Nilson Ribeiro Modro<sup>1</sup>, Luiz Cláudio Dalmolin<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Universidade do Estado de Santa Catarina (UDESC)  
Centro de Educação do Planalto Norte (CEPLAN)

{lucaskpaulino,alana.m.engel,gabrielribas,nilsonmodro,lcdalmolin}@gmail.com

**Resumo:** A identificação do potencial poluidor de indústrias é um importante instrumento para o apoio à geração de políticas e programas públicos, planejamento e gestão ambiental de um determinado município. Diversas agências ambientais e instituições de atuação global, propõem métodos indiretos para estimar este potencial poluidor. A adoção ou adaptação de metodologias à realidade brasileira é dificultada pela carência de dados adequados. Alternativas foram propostas por diversos autores, porém com algumas restrições. Dessa forma, este trabalho propõe um método de estimativa do potencial poluidor de indústrias instaladas em um determinado município, e a subsequente geração de carta temática, com base em dados industriais disponibilizados por órgãos oficiais brasileiros. O método, que emprega inferência geoespacial difusa no tratamento de dados, foi avaliado na estimativa do potencial poluidor das indústrias do município de São Bento do Sul, no Estado de Santa Catarina. Os resultados mostraram que este método é inovador, viável, flexível e relativamente barato, permitindo identificar regiões com distintos níveis de potencial poluidor nas cartas temáticas resultantes das diferentes simulações possíveis.

**Palavras-chave:** poluição industrial, método de estimativa, inferência difusa.

**Abstract:** The identification of the polluting potential of industries is an important instrument to support the creation of public policies and programs, planning and environmental management of a determined county. Several environmental agencies and global institutions propose indirect methods to estimate this polluting potential. The adoption or adaptation of methodologies to the Brazilian reality is hampered by the lack of adequate data. Alternatives were proposed by several authors, but with some restrictions. Thus, this work proposes a method of estimating the polluting potential of industries installed in a given municipality, and the subsequent generation of thematic letter, based on industrial data made available by Brazilian official bodies. The method, which uses diffuse geospatial inference in data processing, was evaluated in the estimation of the polluting potential of the industries of the municipality of São Bento do Sul, in the State of Santa Catarina. The results showed that the method is feasible, flexible and relatively inexpensive, allowing to identify regions with different levels of polluting potential in the thematic charts resulting from the different possible simulations.

**Keywords:** industrial pollution, estimation method, fuzzy inference.

## **1. Introdução**

A ausência de dados referentes a emissão de poluentes pelas indústrias é um dos principais empecilhos encontrados no que se refere ao desenvolvimento de estudos e pesquisas sobre o potencial poluidor industrial no Brasil. Destaca-se, neste caso, a importância da adoção de métodos de estimativa de potencial poluidor industrial, como ferramentas de monitoramento importante no monitoramento ambiental, uma vez que essas não necessitam de altos investimentos para se alcançar resultados satisfatórios e úteis.

A produção industrial brasileira tem mostrado forte crescimento desde a década de setenta, fato que acaba por intensificar o potencial poluidor, como por exemplo: segmento da metalurgia, química, e minerais não metálicos. (moreno, 2005)

Devido a este demasiado crescimento, são necessárias cada vez mais, ferramentas para o monitoramento das regiões que possuem um alto nível de potencial poluidor.

Os processos industriais sujeitos a um potencial poluidor estão entre as maiores atividades econômicas causadoras da degradação ambiental. O potencial poluidor pode ser definido pelo risco que um estabelecimento tem de, sem praticar qualquer controle ambiental, causar dano ambiental, independentemente do seu porte. Em outras palavras, o potencial poluidor é a capacidade da atividade industrial de gerar despejos que venham a se tornar agentes provocadores, direta e indiretamente, de poluição. (MORENO, 2005).

Neste contexto, as metodologias de estimativa do potencial poluidor conseguem demonstrar zonas críticas de poluição, identificar tipologias industriais com maior potencial de poluição, assim se tornando um mecanismo de estimativa de emissões de poluentes.

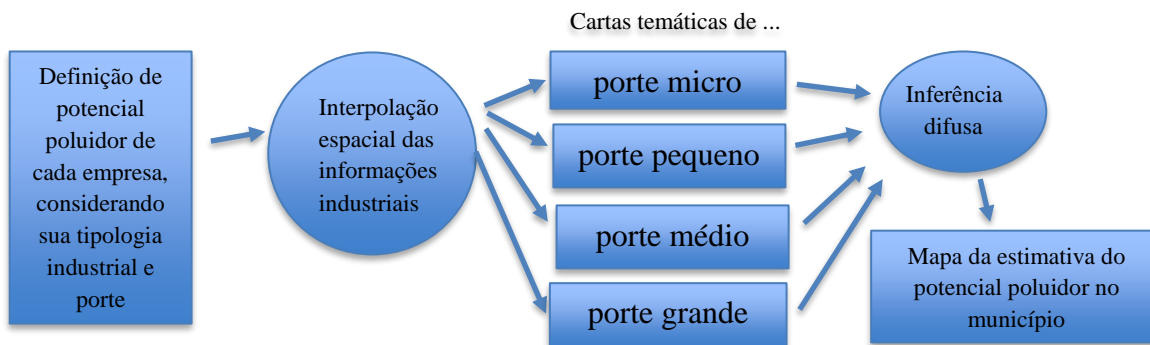
## **2. Material e Métodos**

Esta pesquisa teve início na revisão bibliográfica, a qual analisou as principais metodologias existentes para a estimativa do potencial poluidor. Em seguida, focou-se em encontrar características relevantes dessas metodologias, com o objetivo de definir a melhor abordagem a ser tomada na definição de um método de estimativa de potencial poluidor para ser aplicado em um determinado município.

Após essa etapa, os dados referentes à região de estudo foram coletados, selecionados e filtrados, para então servir de base de dados para a criação de cartas temáticas de potencial poluidor industrial. Simultaneamente a isto, foi definido o escopo do método proposto, através da escolha de um município para a aplicação do referido método.

O método proposto utiliza-se de dados secundários obtidos através de órgãos oficiais, neste caso obtidos junto aos órgãos municipais. Posteriormente, já com os dados selecionados e o escopo do método definido, deu-se início a busca por ferramentas computacionais adequadas, para os processos de espacialização dos dados, construção de cartas temáticas e por fim a aplicação da inferência difusa, conforme definida por (Dalmolin, 2015).

Por fim, foram construídas as cartas temáticas resultantes da aplicação do método. A figura 1 apresenta as diferentes etapas do método proposto.



**Figura 1 – Método de estimativa do potencial poluidor industrial municipal**

O processo se resume no esquema acima, o qual permite a melhor visualização do método como um todo, começando com a entrada dos dados brutos, que após o devido tratamento através da interpolação e inferência da lógica difusa, resulta em uma carta que estima o potencial poluidor no município de São Bento do Sul.

### 3. Estudo de Caso

Para a realização de um estudo de caso, foi-se adotado como escopo o município de São Bento do Sul. A cidade é conhecida por sua força no segmento da indústria moveleira e metalúrgica, contando com centenas de indústrias, sendo algumas de grande porte. Ambas atividades, geram impactos ambientais e, juntamente com as demais áreas industriais, podem apresentar altos níveis de potencial poluidor, o que justifica a necessidade de análises referentes à sustentabilidade espacial. As empresas foram classificadas de acordo com o seu porte, para que fossem construídas então as cartas temáticas, e posteriormente aplicada a inferência difusa espacial, resultando em cartas temática de potencial poluidor industrial na área de estudo.

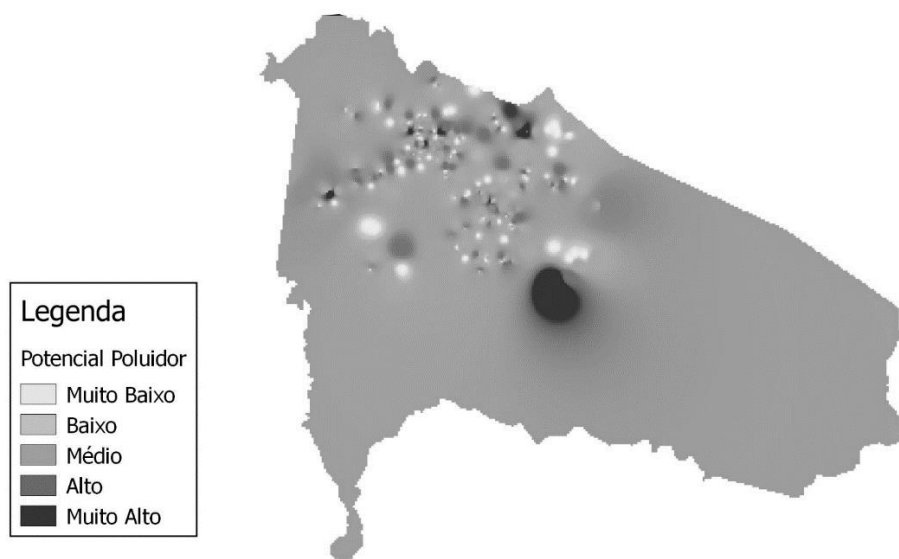
O método propôs inicialmente subdividir as empresas de acordo com o seu porte, criando assim quatro cartas temáticas (micro, pequeno, médio e grande porte), cada qual dando ênfase ao seu determinado grupo. Então, estas quatro cartas passam pela lógica difusa, gerando como resultado final uma única carte temática, que leva em conta a percepção do usuário para com relação aos dados.

A figura 2 apresenta uma carta de potencial poluidor industrial do município de São Bento do Sul, com dados obtidos no ano de 2017, com ênfase maior no porte industrial de cada empresa.



**Figura 2 – Carta temática com a estimativa do Potencial Poluidor das Indústrias para o Município de São Bento do Sul para o ano de 2017 com ênfase no Porte Industrial.**

Devido ao poder de adaptação do método, a partir dos mesmos dados iniciais, é possível criar diferentes cartas temáticas, dando maior relevância de acordo com a necessidade do operador. Podemos ver como exemplo na Figura 3, que por sua vez, utilizou o nível de potencial poluidor como base para a aplicação da Lógica Difusa.



**Figura 3– Carta temática com a estimativa do Potencial Poluidor das Indústrias para o Município de São Bento do Sul para o ano de 2017 com ênfase no Nível de Potencial Poluidor.**

## 4. Resultados e Discussão

A carta temática resultante, permite identificar regiões com maior ou menor potencial poluidor industrial, de acordo com os dados das indústrias instaladas no município, com a localização geográficas dessas indústrias e, principalmente com a percepção do agente envolvido na aplicação do método, considerando a possibilidade de definição de diferentes importâncias para os parâmetros considerados na aplicação do referido método.

Dessa forma, diferentes cartas temáticas podem ser resultantes da aplicação do método para uma mesma região, possibilitando a elaboração de diferentes cenários de potencial poluidor, visando auxiliar, principalmente o planejamento e a gestão ambiental municipal, considerando o potencial poluidor industrial instalado ou futuro.

Os resultados obtidos permitem evidenciar que o presente método de criação de cartas temáticas se mostra adaptável às diferentes particularidades referentes as mais diversas áreas do conhecimento, dando maior destaque à percepção do agente envolvido na aplicação do método proposto.

Sendo assim, é possível que especialistas com diferentes pontos de vista, utilizem o método para alcançar diferentes soluções pertinentes as suas devidas áreas.

## 5. Considerações Finais

Esta pesquisa teve por objetivo propor um método de construção de cartas temáticas, utilizando ferramentas de SIG e aplicação flexível da Lógica Difusa, aliados à dados secundários para a obtenção de cartas voltadas aos mais diversos segmentos.

A fácil compreensão das cartas temáticas, assim como a facilidade de adaptação do método para muitas áreas do conhecimento e baixo custo, demonstra a viabilidade da pesquisa realizada. Uma vez que se utiliza apenas de ferramentas gratuitas e de código aberto, este método tem um custo insignificante, fato que evidencia a sua eficácia diante dos resultados apresentados.

Destaca-se também, a possibilidade de diferentes usuários, de áreas de conhecimento distintas, utilizar tal método para elaborar cenários relacionados à espacialização de dados relativos à poluição, atribuindo diferentes importâncias para as variáveis utilizadas, dentro da experiência e compreensão que o mesmo tem sobre o tema, possibilitando uma análise mais detalhada e direcionada para diferentes áreas profissionais.

## 6. Referências

ABBAS ASAKEREH, M. S. ↑. M. J. S. **A GIS-based neuro-fuzzy procedure for integrating knowledge**, p. 342–353, 2017.

AREFIEV, N. **GIS-based Fuzzy Method for Urban Planning**. Saint-Petersburg: Elsevier. 2015. p. 39-44.

DALMOLIN, L. C. **Análise do Potencial Poluidor Industrial Baseado em Sistemas de Informação Geográfica**, 2015.

MORENO, R. D. A. M. **Estimativa de Potencial Poluidor nas Indústrias: o Caso do Estado do Rio de Janeiro**. Universidade Federal do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro, p. 165. 2005.

R, G. **A fuzzy GIS-based system to integrate local and technical knowledge in soil salinity monitoring**. Environmental Modeling & Software, Bari, v. 36, p. 49-63, Outubro 2012.

VAHIDNIA, M. H. et al. **A GIS-based neuro-fuzzy procedure for integrating knowledge**. ELSEVIER, p. 1101–1114, 2010.