

## Utilização de Sistemas de Informação Geográfica para Mapear o Potencial Poluidor das Indústrias no Município de São Bento do Sul - SC

Shirlei Stachin<sup>1</sup>, Luiz Cláudio Dalmolin<sup>1</sup>, Agnaldo Vanderlei Arnold<sup>1</sup>, Nilson Ribeiro Modro<sup>1</sup>

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

{shirlei.stachin, luiz.dalmolin, agnaldo.arnold,  
nilson.modro}@udesc.br

**Resumo.** *O presente trabalho pretende demonstrar a importância em associar gestão ambiental e sistemas de informações. A metodologia teve como base o uso de software livre e dados oficiais de indústrias visando gerar cartas temáticas que apresentem a localização das indústrias sediadas no município de São Bento do Sul – SC, e assim, através da interpolação dos dados, apresentar resultados referente ao Potencial Poluidor calculado. Os resultados alcançados sinalizam que a estimativa do Potencial Poluidor aqui proposta é uma estratégia útil para a tomada de decisão do gestor municipal no que tange a sustentabilidade espacial.*

**Abstract.** *This paper aims to demonstrate the importance of linking environmental management and information systems. The methodology was based on the use of free software and industry official data aimed at generating thematic maps showing the location of based industries in São Bento do Sul - SC, and thus, by interpolating the data, present results regarding the potential polluter calculated. The results achieved indicate that the estimated potential Polluter proposed here is a useful strategy for making a decision of the municipal manager in relation to space sustainability.*

### 1. Introdução

O Brasil durante muito tempo ocupou destaque econômico somente no setor primário, tendo hoje o décimo quinto lugar no segmento em escala global de industrialização. No cenário nacional a região Sul ocupa o segundo lugar, ficando atrás apenas da região Sudeste, onde o processo de industrialização teve início [FREITAS, 2016].

Denk (2014) destaca que, São Bento do Sul é o quarto município do Estado de Santa Catarina em relação ao número de empresas. Consta na Estrutura do Plano Diretor de Desenvolvimento Integrado e Participativo de São Bento do Sul 2006 – 2026 a seguinte visão: “Ser referência nacional no desenvolvimento, valorizando o meio ambiente, a economia, a educação, a justiça social e a diversidade cultural.”.

Esse crescimento da atividade industrial aumentou a demanda por matérias-primas e recursos naturais, conforme atesta Pena (2016). A indústria, consumidora desses recursos, é um dos principais agentes de transformação do espaço, porém ocasiona diversos impactos ambientais.

## **2. Gestão Ambiental**

Segundo Aquino (2008), entende-se como gestão ambiental a gestão das atividades da empresa que tem, tiveram ou podem ter impacto ambiental. Destaca também que o objetivo da gestão ambiental é preservar os recursos naturais, limitar a emissão de poluentes, os riscos ambientais e promover a segurança no local de trabalho.

Conforme observa Tachizawa (2009), a gestão ambiental e a responsabilidade social são importantes instrumentos gerenciais para capacitação e criação de condições de competitividade para as organizações, qualquer que seja seu segmento econômico. Dessa forma, as ações governamentais devem observar a escassez de recursos, principalmente os naturais, conforme cita Barbieri (2011), visando minimizar os impactos ambientais.

Entende-se por impacto ambiental qualquer mudança no ambiente natural e social decorrente de uma atividade ou de um empreendimento proposto. [BARBIERI, 2011].

### **2.1. Potencial Poluidor**

Moreno (2005), define o *potencial poluidor* (PP) de uma indústria como o 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.

A classificação desse potencial poluidor e do grau de utilização de recursos naturais dos empreendimentos é dada pelo inciso VIII do artigo 3º da Lei nº 6.938, de 1981, introduzido pela Lei nº 10.165, de 27 de dezembro de 2000.

Para Neumann e Loch (2016), a questão ambiental é sem dúvida o fato de maior relevância do momento na civilização humana contemporânea, introduz a dimensão temporal, os problemas passam a ser pensados em termos de décadas e mesmo séculos no futuro das gerações, traz também a dimensão espacial, a importância de uma melhor distribuição territorial de assentamentos humanos e das atividades econômicas.

Para promover a equidade entre diferentes regiões geográficas, principalmente entre o rural e o urbano, a sustentabilidade espacial surge para criar um desenvolvimento mais sustentável. [Pensamento Verde, 2014].

Essa sustentabilidade espacial é fundamental para um desenvolvimento industrial adequado, tendo o processo de gestão ambiental um importante papel neste necessário equilíbrio ambiental.

## **3. Sistemas de Informação Geográfica**

SIG constituem uma categoria especial de Sistemas de Apoio à Decisão - SAD que, graças à tecnologia de visualização de dados, analisa e exibe dados para planejamento e tomada de decisões na forma de mapas digitalizados. O software pode reunir, armazenar, manipular e exibir informações geograficamente, amarrando dados com pontos, linhas e áreas de um mapa. O SIG também possui um recurso de modelagem,

permitindo aos gestores alterar dados e automaticamente revisar cenários de negócios em busca de melhores soluções. [LAUDON, 2010].

Assim, as aplicações dos SIG são incontáveis, principalmente quando vinculadas ao planejamento, à caracterização de espaços urbanos ou rurais.

Além da utilização de mapas diversos para a condução dos trabalhos com o uso de SIG, outros mapas podem ser obtidos como produtos derivados desses sistemas. Esses mapas geralmente se vinculam a um tema específico, sendo, em decorrência, denominados de mapas temáticos [FITZ, 2008].

Esses mapas, chamados de mapas ou cartas temáticas, tem por objetivo básico fornecer uma representação dos fenômenos existentes sobre a superfície terrestre fazendo uso de uma simbologia específica, sendo muito adequados para a representação de fenômenos naturais como a distribuição espacial de unidades industriais e os possíveis impactos ambientais gerados pelas mesmas.

#### **4. Análise Espacial**

Análise espacial pode ser considerada o ponto crucial dos SIG, pois inclui todas as transformações, manipulações e métodos que podem ser aplicados aos dados geográficos para adicionar valor a eles, para apoiar decisões e para revelar padrões e anomalias que não são óbvios à primeira vista. Em outras palavras, “análise espacial é o processo pelo qual transformamos dados brutos em informação útil na busca pela descoberta científica ou por uma tomada de decisão mais eficiente” [LONGLEY, 2013, p. 352].

Via de regra, a análise espacial faz uso de métodos de interpolação espacial, visando representar a distribuição de valores ou indicadores pela totalidade de uma determinada superfície. No caso da estimativa do potencial poluidor, a interpolação permite representar a influência de determinada fonte poluidora, ao emitir poluição, sobre suas redondezas.

##### **4.1. Interpolação Espacial**

De acordo com Longley (2013), a interpolação espacial é uma operação comum em SIG. Embora ela seja frequentemente usada de forma explícita na análise, ela também é usada implicitamente em várias operações, como na preparação de uma visualização de curvas de nível, na qual a interpolação espacial é feita sem um envolvimento direto do usuário. A interpolação espacial é um processo de aproximação inteligente no qual o pesquisador (e o SIG) busca fazer uma estimativa razoável dos valores de um campo contínuo em locais onde não foram feitas medidas em campo, principalmente quando se considera valores contínuos, como é o caso da poluição industrial.

Dentre os diversos métodos de interpolação espacial, destacam-se os *Polígonos de Thiessen*; a *Ponderação pelo inverso da distância (IDW)*; e o *Krigagem*.

#### **5. Ferramentas e Cenário**

De acordo com Longley (2013), geocodificação é o nome comumente dado ao processo de conversão de endereços de ruas para latitude e longitude, ou para algum sistema

universal similar de coordenadas, sendo amplamente utilizada. A geocodificação requer uma base de dados contendo registros que representem a geometria de segmentos de rua entre interseções consecutivas e os intervalos de endereços de cada lado de cada segmento. Os endereços são geocodificados pela busca do registro do segmento adequado da rua e estimando uma localização por meio de uma interpolação linear no intervalo de endereços.

Neste trabalho, utilizou-se os recursos de geocodificação da empresa Google<sup>1</sup>, para converter os endereços físicos das empresas, a partir de dados cadastrais fornecidos pela Prefeitura Municipal de São Bento do Sul – SC, em coordenadas geográficas a serem representadas nas cartas temáticas, geradas pela ferramenta [gvSIG].

### **5.1. São Bento do Sul**

O escopo deste trabalho foi o município de São Bento do Sul – SC, onde a indústria representa 66,9% do movimento econômico, com participação de 20,53% do setor Metalmeccânico e 13,4% do setor móveis/madeira. São Bento do Sul tem 6 empresas em diferentes segmentos (metalmeccânico, têxtil, higiene e limpeza, cerâmico e móveis) entre as 500 maiores do Sul do Brasil, sendo a quinta cidade do estado de SC com o maior número de empresas conforme a Revista Amanhã<sup>2</sup>.

## **6. Metodologia**

A presente pesquisa foi baseada na pesquisa de Dalmolin (2013), adaptada para ser aplicada a área de um único município.

A partir dos dados secundários das indústrias do município e da geocodificação dos dados obtidos, foi realizada a interpolação dos dados, usando o método *ponderação pelo inverso da distância* (IDW), considerando a sua relativa facilidade de aplicação, quando comparada com outros métodos conhecidos. A partir desta interpolação, foram elaboradas cartas temáticas do potencial poluidor (PP) de indústrias, no mesmo município.

### **6.1. Detalhamento da Metodologia Aplicada**

Considerando como dados de entrada o cadastro de empresas industriais estabelecidas no município de São Bento do Sul – SC, no mês de maio de 2016, foram utilizados os endereços das empresas para espacializar as indústrias na área do município, permitindo associar às coordenadas geográficas os diferentes atributos de cada empresa.

Posteriormente, tendo por base a tipologia industrial, com base na Classificação Nacional de Atividades Econômicas (CNAE), e porte industrial, foi definido um valor estimado e relativo de Potencial Poluidor, para cada estabelecimento industrial, com base nas regras abaixo estabelecidas:

Quanto ao porte industrial, as indústrias receberam um valor denominado *multiplicador A*, de acordo com a tabela 1:

---

<sup>1</sup> <http://www.maps.google.com>

<sup>2</sup> <http://www.amanha.com.br>

**Tabela 1. Porte Empresarial e Multiplicador correspondente.**

| Porte Empresarial (de acordo com cadastro da Prefeitura Municipal) | Multiplicador (baseado na classificação de porte por número de empregados (Dalmolin, 2013)) |
|--|---|
| Microempresas  | 1   |
| Pequenas Empresas  | 20  |
| Médias Empresas  | 100   |
| Grande Empresas  | 500   |

Quanto ao nível de Potencial Poluidor da atividade (conforme CNAE e Dalmolin, 2013), as empresas receberam um *multiplicador B*, conforme tabela 2.

**Tabela 2. Nível de Potencial Poluidor e Multiplicador correspondente.**

| Nível do Potencial Poluidor (Baseado em FEE <sup>3</sup> ) | Multiplicador B |
|--|-----------------|
| Baixo  | 1               |
| Médio  | 2               |
| Alto   | 3               |

Com base nos multiplicadores definidos, cada empresa recebeu um valor de Potencial Poluidor baseado na fórmula:

$$PP_x = \text{Multiplicador } A_x \times \text{Multiplicador } B_x$$

Onde:

$$PP_x = \text{Potencial Poluidor da empresa } x.$$

$$\text{Multiplicador } A_x = \text{Multiplicador } A \text{ da empresa } x.$$

$$\text{Multiplicador } B_x = \text{Multiplicador } B \text{ da empresa } x.$$

Após a obtenção do  $PP_x$  de cada empresa industrial, foi aplicado o método de interpolação IDW para espacializar o Potencial Poluidor por toda a área geográfica do município, resultando na **Carta de Potencial Poluidor do Município**.

## 7. Resultados Obtidos

A Figura 1 apresenta a Carta de Potencial Poluidor (PP), do Município de São Bento do Sul – SC, resultante da aplicação do método aqui proposto.

---

<sup>3</sup> <http://cdn.fee.tche.br/ipp/metodologia.pdf>



**Figura 1. Carta de Potencial Poluidor do Município de São Bento do Sul - SC.**

Na referida carta de PP, evidenciam-se as regiões mais influenciadas pelo potencial poluidor industrial (cores mais claras) e a localização destas indústrias em relação às áreas urbanizadas do município, incluindo a divisão por bairros. O polígono com maior destaque representa a localização do Centro do Município, os demais polígonos representam a localização dos bairros da área urbana do Município, e os pontos representam a localização das indústrias.

A partir da carta gerada, é possível identificar regiões com maior ou menor potencial poluidor, considerando a concentração de indústrias, o porte e a tipologia industrial. Dessa forma, a carta temática gerada pode servir de instrumento para o planejamento, licenciamento ambiental e para a definição de políticas ambientais, associada com outros mecanismos e informações sobre o espaço estudado.

## **8. Considerações Finais**

A análise espacial tem contribuído para subsidiar a tomada de decisões e a consequente intervenção no espaço nas diversas áreas. Assim, devido à facilidade de análise e visualização a partir de cartas temáticas, geradas por um SIG, evidencia-se que uma das grandes capacidades de análise de dados georreferenciados é a sua manipulação para produzir novas informações.

Através desta pesquisa foi possível gerar cartas temáticas, levando-se em consideração o nível de potencial poluidor das empresas hoje existentes no município de

São Bento do Sul - SC. O resultado apresentado indica as áreas municipais com maior ou menor potencial poluidor industrial, servindo de suporte aos processos de planejamento, gestão e licenciamento ambiental, no âmbito do município de São Bento do Sul – SC.

A pesquisa apresentou assim uma ferramenta auxiliar na tomada de decisão em questões relacionadas a instalações de novas indústrias, ou mesmo ampliação do parque industrial já existente. Justifica-se assim a importância de aliar sistemas de informação geográfica com gestão ambiental para atingir a sustentabilidade espacial.

Evidenciou-se também a importância do geoprocessamento na preservação ambiental do território, propiciando maior eficiência no tratamento dos dados ou das hipóteses predefinidas, apontando contribuições valiosas para as políticas de desenvolvimento sustentável. As técnicas de geoprocessamento utilizadas permitiram visualizar a área de estudo e representar os resultados na carta temática supracitada facilitando a compreensão da dinâmica espacial dos fenômenos analisados nesse trabalho.

Considera-se o uso de tais ferramentas de apoio à decisão imprescindível ao processo de gestão, pois elas contribuem para a busca de uma sociedade mais sustentável do ponto de vista ambiental, apresentando um amparo para tomada de decisões no âmbito político-regional, fornecendo aos gestores e administradores o conhecimento do território ocupado e as necessidades relacionadas ao planejamento e gestão para a sustentabilidade espacial.

Como complemento desta pesquisa, identificou-se como trabalhos futuros, a necessidade de aprimoramento do método de interpolação utilizado, visando melhor representar a potencial influência da poluição industrial de indústrias sobre sua vizinhança. Da mesma forma, considera-se importante a criação de ferramentas mais amigáveis e/ou tutoriais que facilitem a aplicação do presente método em outras áreas de estudo.

## Referências

- Aquino, A.R. Almeida, J. (2008). Análise de sistemas de gestão ambiental: ISO 14000, ICC, EMAS/organização Afonso Rodrigues de Aquino, Josimar Ribeiro de Almeida, Igor de Abreu. Rio de Janeiro: Thex.
- BARBIERI, J. C. (2011). Gestão ambiental empresarial: conceitos, modelos e instrumentos / José Carlos Barbieri. – 3.ed. atual e ampliada. – São Paulo: Saraiva.
- BRASIL. Constituição (1988). Constituição da República Federativa do Brasil: versão atualizada até a Emenda n. 91/2016. Disponível em: <[http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/constituicao/ConstituicaoCompilado.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/constituicao/ConstituicaoCompilado.htm)> Acesso em: 08 abr. 2016.
- \_\_\_\_\_. Lei Federal nº 6.938, de 31 de agosto de 1981. Política Nacional de Meio Ambiente. Disponível em: <[http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/leis/L6938.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/L6938.htm)> Acesso em: 05 abr. 2016.
- \_\_\_\_\_. Lei Federal nº 10.165, de 27 de dezembro de 2000. Altera a Lei nº 6.938, de 31 de agosto de 1981, que dispõe sobre a Política Nacional de Meio Ambiente... Disponível em: <[http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/leis/L10165.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/L10165.htm)> Acesso em: 05 abr. 2016.

- \_\_\_\_\_. Lei Federal nº 10.257, de 10 de julho de 2001. Regulamenta os arts. 182 e 183 da Constituição Federal, estabelece diretrizes gerais da política urbana e dá outras providências. Disponível em: <[http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/leis/LEIS\\_2001/L10257.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/LEIS_2001/L10257.htm)> Acesso em: 08 abr. 2016.
- DALMOLIN, L. C. Elaboração de cartas temáticas de potencial poluidor industrial com base em dados econômicos oficiais e lógica difusa. 2013. Tese. 125 p. (Doutorado em Ciência e Tecnologia Ambiental) Universidade do Vale do Itajaí. Santa Catarina. Brasil.
- DENK, A.; BENDA, C.; WESTPHAL, A. (2015). Panorama Socioeconômico de São Bento do Sul: 2015 / Adelino Denk / Caroline Benda / Adriano Westphal – São Bento do Sul.
- FREITAS, E. (2016). "Indústria Contemporânea no Brasil"; *Brasil Escola*. Disponível em <<http://brasilecola.uol.com.br/brasil/a-industria-contemporanea-no-brasil.htm>>. Acesso em: 01 abr. 2016.
- FITZ, P. R. (2008). Geoprocessamento sem complicação / Paulo Roberto Fitz. São Paulo: Oficina de Textos.
- GVSIG. Manual do usuário: gvSIG 2.2. Disponível em <<http://www.gvsig.com>>. Acesso em: 16 abr. 2016.
- LAUDON, K. (2010). Sistemas de informação gerenciais / Kenneth Laudon, Jane Laudon; tradução Luciana do Amaral Teixeira; revisão técnica Belmiro Nascimento João. 9. ed. São Paulo: Pearson Prentice Hall.
- LONGLEY, P. A. (2013). Sistemas e ciência da informação geográfica / Paul A. Longley ... [et al.]; [tradução: André Schneider ... et al.]; revisão técnica: Heinrich Hasenack, Eliseu José Weber. 3. ed. Porto Alegre: Bookman.
- MORENO, R. A. M. Estimativa de Potencial Poluidor nas Indústrias: o caso do Estado do Rio de Janeiro. 2005. Dissertação. 165 p. (Mestrado em Ciências e Planejamento Energético) Universidade Federal do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro, Brasil.
- NEUMANN, P. S. LOCH, C. Sustentabilidade Espacial e Desenvolvimento do Espaço Rural. Disponível em: <<http://coral.ufsm.br/desenvolvimentorural/textos/18.pdf>>. Acesso em: 07 abr. 2016.
- PENA, R. F. A. (2016). "Industrialização e seus efeitos"; *Brasil Escola*. Disponível em <<http://brasilecola.uol.com.br/geografia/industrializacao-seus-efeitos.htm>>. Acesso em: 01 abr. 2016.
- PENSAMENTO Verde. Você sabe o que é sustentabilidade espacial? Disponível em: <<http://www.pensamentoverde.com.br/meio-ambiente/voce-sabe-o-que-e-sustentabilidade-espacial/>>. Acesso em: 06 abr. 2016.
- TACHIZAWA, T. (2009). Gestão ambiental e responsabilidade social corporativa: estratégias de negócios focadas na realidade brasileira / Takeshy Tachizawa. – 6. Ede. Revista e ampliada – São Paulo: Atlas.