

## Mapeamento das áreas suscetíveis à transferência de poluentes para os sistemas aquáticos em um município da região noroeste do Rio Grande do Sul

Viviane Capoane<sup>1</sup>  
Tatiana Mora Kuplich<sup>1</sup>  
Luis Fernando Flenik Costa<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Centro Regional Sul de Pesquisas Espaciais CRS-INPE  
Caixa Postal 5021 - 97105-970 - Santa Maria - RS, Brasil  
capoane@gmail.com; tatiana.kuplich@inpe.br; flenikcosta@gmail.com

**Abstract.** The purpose of this study is to generate a susceptibility map of the pollutants transfer from intensive pig farming to aquatic systems in Palmitinho County, northwest of Rio Grande do Sul, using cartographical data in a Geographic Information System environment. Our proposal aims to support pig farmers and municipal managers to define the priority areas for environmental management. The cartographic data used for the generation of Digital Elevation Model (DEM) were extracted from the topographic map of Palmitinhos in a 1:50.000 scale. The pixel size was 20 meters. From the DEM was determined the Topographic Wetness Index (TWI) and the Topographic Sediment Transport Capacity Index (TSTCI). The TWI and TSTCI were reclassified into five classes and proceeded to the cross tabulation. The 25 resulting combinations were grouped into four classes (Low, Medium, High and Very High) considering the susceptibility of the pollutants transfer into aquatic systems. Subsequently, were integrated into the map the buffer with the permanent preservation areas along the watercourses and the buffer of the pig farms. The generation of the susceptibility map allowed the identification of priority sites for the implementation of conservation management techniques, being them the farms located close to water courses (punctual sources of pollution) and agricultural areas (diffused sources of pollution) where the pig slurry is applied as fertilizer, located along the water courses in a permanent preservation area.

**Palavras-chave:** map algebra, swine effluents, environmental impact, álgebra de mapas, efluentes suínos, impactos ambientais.

## 1. Introdução

O Brasil é um ator importante no mercado global de carne de suínos, fornecedor de grandes compradores internacionais como Rússia, Singapura, China, Hong Kong, Leste Europeu e alguns países da América Latina como Chile, Argentina e Uruguai. Conforme a Associação Brasileira de Proteína Animal (ABPA, 2015), há também boas expectativas quanto à abertura do mercado da Coreia do Sul, Austrália, Nova Zelândia e União Européia. Em 2015 as exportações brasileiras totalizaram 555,1 mil toneladas (ABPA, 2016).

Atualmente, o Sul do Brasil detém a maior parte da produção de suínos nacional. Segundo a Pesquisa Pecuária Municipal de 2013 do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, o rebanho dessa região era da ordem de 17,9 milhões de cabeças, o que corresponde a 49% do total nacional. Os resíduos gerados por esta atividade são na totalidade utilizados como adubo na agricultura. Esta prática é uma solução fácil e barata para a eliminação dos resíduos de suínos nas propriedades agrícolas. Porém, apesar de o estrume de suínos apresentar inúmeros benefícios agrônômicos, é uma atividade de elevado risco ambiental (Seganfredo, 2007). Em muitas regiões, a quantidade de dejetos aplicados em áreas agrícolas excede a capacidade de absorção dos solos e, as aplicações anuais de grandes quantidades de estrume podem causar efeitos adversos para as plantas, solo e águas superficiais (De Conti et al., 2016; Lourenzi et al., 2015; 2014; Giacomini et al., 2009; Kato et al., 2009; Hadlich e Scheibe, 2007; Assis, 2004).

No município de Palmitinho, região noroeste do estado do Rio Grande do Sul (RS), a suinocultura é responsável por 70,3% da arrecadação do imposto sobre mercadorias e serviços, envolvendo mais de 100 famílias na atividade (EMATER/RS, 2014). Em 2015, o plantel de suínos correspondia a 88.222 suínos entre as unidades de produção de leitões e terminação (Secretaria de Agricultura do Município), representando um aumento de 35% em relação ao último Censo Agropecuário (IBGE, 2012). Embora esta atividade tenha grande importância econômica e social para o município, assim como nas demais regiões produtoras do país, a intensificação da produção tem provocado uma forte pressão sobre os recursos naturais, principalmente o solo e a água.

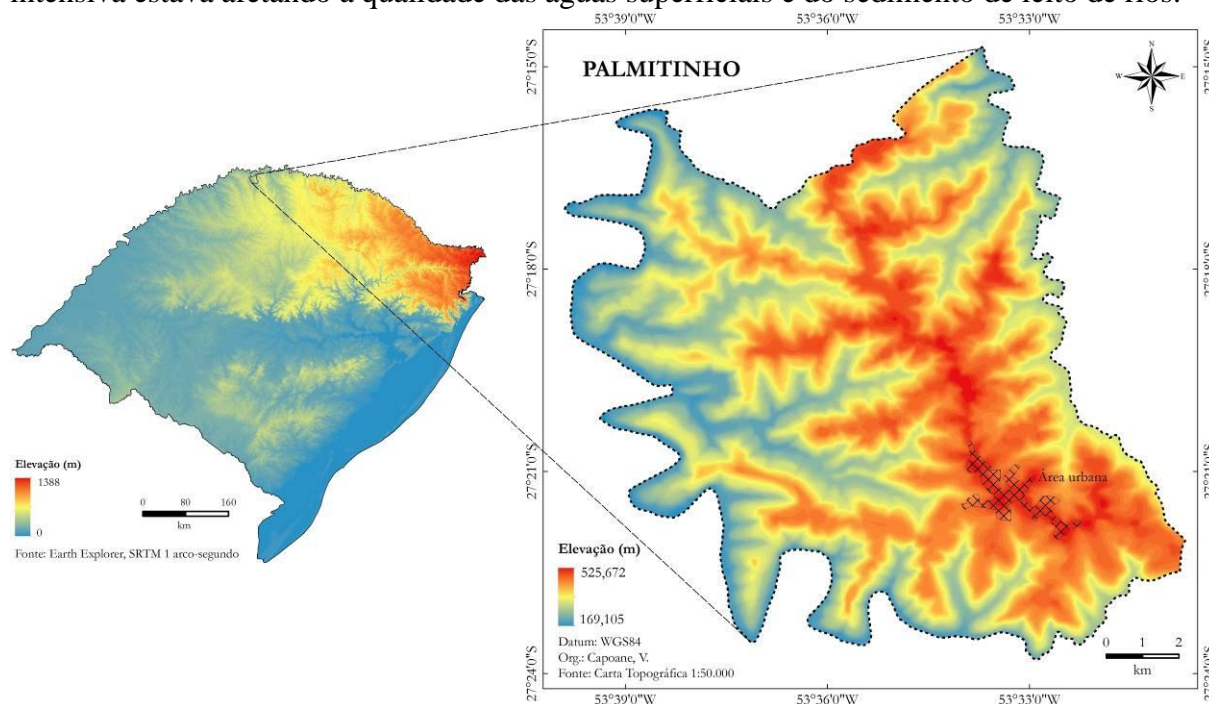
A problemática ambiental da suinocultura reside na dificuldade de se fazer o manejo ambientalmente adequado dos dejetos que são gerados nos sistemas confinados de produção. Atualmente, a forma predominante de manejo dos efluentes no município de Palmitinho e demais municípios criadores de suínos do país é o seu emprego como fertilizante orgânico em áreas agrícolas. Todavia, na região do noroeste do RS predominam pequenas propriedades rurais. Assim, em função da área agrícola reduzida e relevo acidentado, a maioria das propriedades que desenvolvem a suinocultura na forma intensiva, não tem condições de realizar a reciclagem dos dejetos sob a forma de fertilizante orgânico, potencializando assim o risco de degradação dos recursos naturais (Capoane et al., 2014).

Diante do exposto, a proposta do presente trabalho é gerar um mapa de suscetibilidade a transferência de poluentes para os sistemas aquáticos no município de Palmitinho utilizando informações cartográficas em ambiente do Sistema de Informação Geográfica, a fim de subsidiar suinocultores e gestores municipais na definição das áreas prioritárias para a gestão ambiental.

## 2. Metodologia de Trabalho

A área de estudo do presente trabalho é o município de Palmitinho (144,045 km<sup>2</sup>), localizado na região noroeste do estado do Rio Grande do Sul (Figura 1). Este município foi selecionado como área de estudo, pois trabalhos desenvolvidos por Capoane et al. (2016;

2015; 2014) em uma bacia hidrográfica inserida no município, constataram que a suinocultura intensiva estava afetando a qualidade das águas superficiais e do sedimento de leito de rios.



**Figura 1.** Localização do município de Palmitinho, Rio Grande do Sul.

Os dados cartográficos utilizados para a geração do Modelo Digital de Elevação (MDE) foram extraídos da carta topográfica de Palmitinhos na escala 1:50.000, folha SG-22-Y-C-I-4/MI-2884/4, fuso 22. As informações utilizadas foram as isolinhas das curvas de nível e os pontos cotados. O MDE foi obtido a partir da interpolação das curvas de nível e pontos cotados. Para a definição do tamanho de pixel optou-se por utilizar a equidistância vertical de 20 metros. A interpolação dos dados foi feita no *software* ArcGis® 10.2 utilizando o método *Topogrid* (Hutchinson, 1989). Posteriormente o MDE foi convertido para o formato txt e, no *software* SAGA GIS 2.2.5 (SAGA, 2016) foi determinado o Índice Topográfico de Umidade (ITU) (Figura 2A) e o Índice Topográfico de Capacidade de Transporte de Sedimentos (ITCTS) (Figura 3A) para o município de Palmitinho. A extensão utilizada no SAGA GIS foi a *Terrain Analysis* → *Compound Analysis* → *Basic Terrain Analysis*.

O ITU foi reclassificado em cinco classes (Figura 2B) considerando a distribuição de frequência do histograma e observação no *software* Google Earth da localização das áreas úmidas no município. O ITCTS também foi reclassificado em cinco classes (Figura 3B) considerando a distribuição de frequência do histograma e observação das curvas de nível da carta topográfica. A partir da reclassificação do ITU e do ITCTS foi feita a tabulação cruzada. As 25 combinações resultantes foram agrupadas em quatro classes considerando a suscetibilidade a transferência de poluentes para os sistemas aquáticos. A matriz resultante pode ser visualizada na Tabela 1.

**Tabela 1.** Combinações resultante da álgebra de mapas entre o ITU e o ITCTS.

ITCTS/ITU	< 1,5 <sub>(10)</sub>	1,5 - 3 <sub>(20)</sub>	3 - 6 <sub>(30)</sub>	6 - 9 <sub>(40)</sub>	9 - 21,8 <sub>(50)</sub>
< 4 <sub>(1)</sub>	11	21	31	41	51
4-5 <sub>(2)</sub>	12	22	32	42	52
5-6 <sub>(3)</sub>	13	23	33	43	53
6-8 <sub>(4)</sub>	14	24	34	44	54
8-24,11 <sub>(5)</sub>	15	25	35	45	55
Baixa	Média	Alta	Muito Alta		

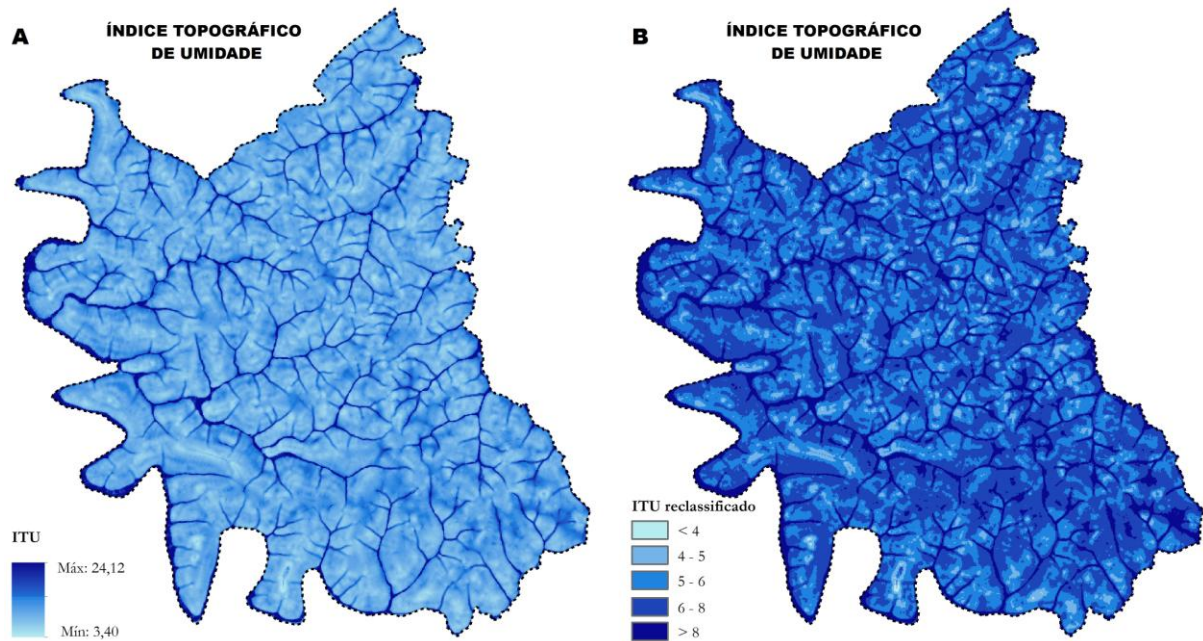


Figura 2. A) Índice Topográfico de Umidade; B) ITU reclassificado - Palmitinho, Rio Grande do Sul.

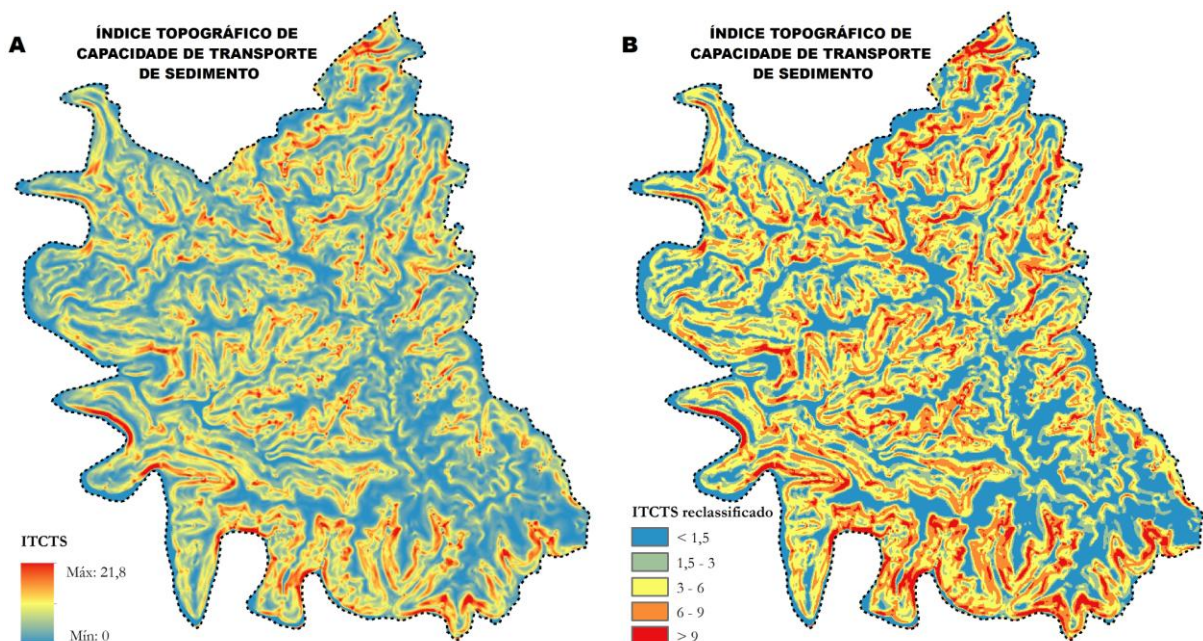
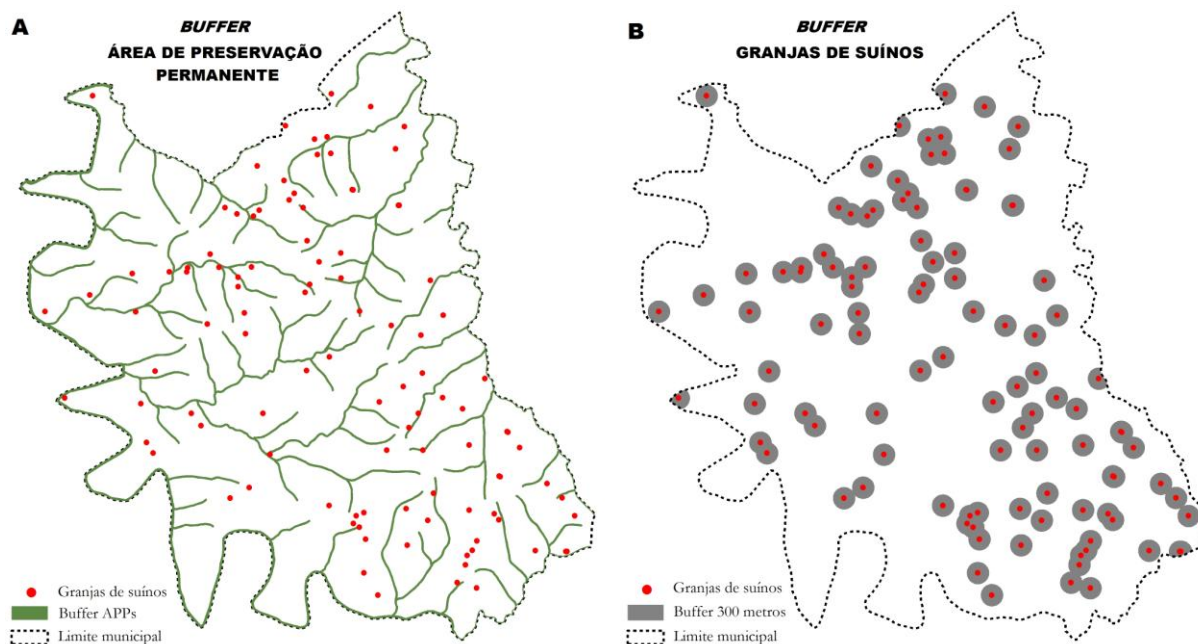


Figura 3. A) Índice Topográfico de Capacidade de Transporte de Sedimento; B) ITCTS reclassificado - Palmitinho, Rio Grande do Sul.

Posteriormente, foi integrado ao mapa de suscetibilidade o *buffer* das Áreas de Preservação Permanente (APPs) ao longo dos cursos d'água (Figura 4A) e, o *buffer* das granjas de suínos (Figura 4B). O *buffer* com as APPs foi gerado conforme a Lei 12.651/12, sendo 30 metros para os cursos d'água de menos de 10 metros de largura e 50 metros para os cursos d'água de 10 a 50 metros de largura, no caso do presente trabalho, o Rio Guarita. Não foi gerado o *buffer* das APPs de nascentes, pois a escala 1:50.000 não permite identificá-las. As APPs foram integradas a classe de suscetibilidade Alta. O *buffer* das granjas de suínos foi gerado seguindo os critérios técnicos da Fundação Estadual de Proteção Ambiental que diz que as "áreas de criação deverão situar-se a uma distância mínima de 300 metros de núcleos populacionais". Por ser uma fonte pontual de poluição e considerando que o efluente gerado

pela suinocultura é líquido, logo de fácil disseminação, o *buffer* foi integrado a classe Muito Alta.



**Figura 4.** A) *Buffer* com as áreas de preservação permanente ao longo dos cursos d'água; B) *Buffer* de 300 metros das granjas de suínos - Palmitinho, Rio Grande do Sul.

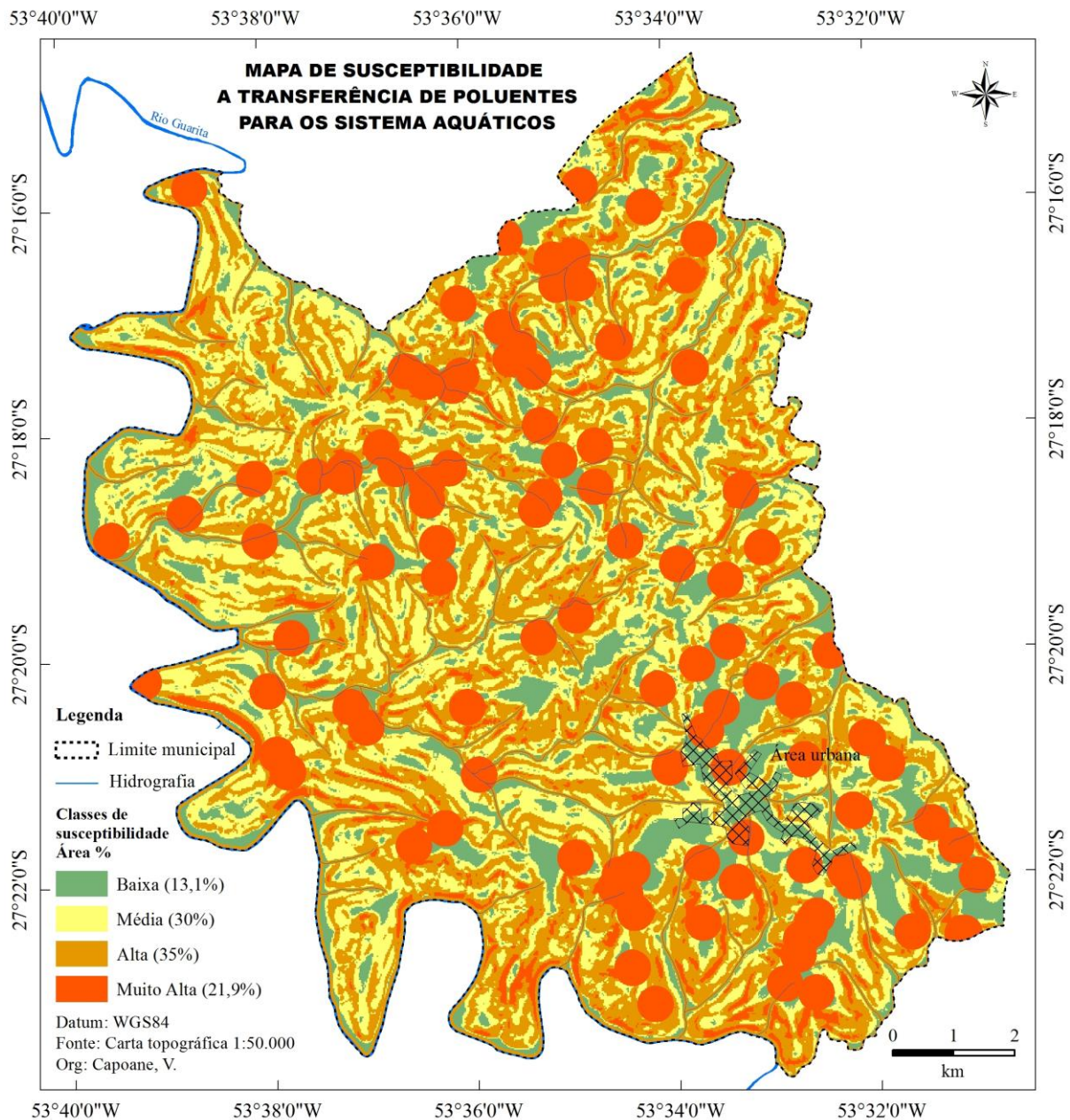
### 3. Resultados e Discussão

A integração dos diferentes atributos - ITU, ITCTS, *buffer* das APPs e *buffer* das granjas de suínos - resultou em quatro classes de suscetibilidade à transferência de poluentes dos sistemas terrestres para os aquáticos, como pode ser visualizado na Figura 5. A classe Baixa corresponde a 13,1% da área do município de Palmitinho, a classe Média 30%, a classe Alta 35% e a classe Muito Alta 21,9%.

Muitas das áreas classificadas com suscetibilidade Muito Alta encontram-se próximas aos cursos d'água (Figura 5), dessa forma esses locais devem ser prioritários para a gestão, pois os dejetos de suínos contêm quantidades consideráveis de nutrientes, tais como nitrogênio, fósforo e outras substâncias excretadas tais como hormônios, antibióticos, agentes patogênicos e metais pesados, que são introduzidas através de alimentos para animais. Assim, se o manejo não for adequado, a lixiviação e o escoamento destas substâncias tem o potencial de resultar na contaminação dos recursos hídricos superficiais e subterrâneos (Kato et al., 2009; Sharpley et al., 2001).

Além da proximidade de muitas granjas de suínos dos cursos d'água, há o agravante de a maioria dos sistemas de armazenamento do município serem esterqueiras, muitas subdimensionadas e sem cobertura, dessa forma, em dias chuvosos pode haver o extravasamento das mesmas. Além disso, a água da chuva causará uma excessiva diluição dos dejetos incrementando sensivelmente os custos de armazenagem e transporte (Kunz et al., 2004), além da diminuição do potencial fertilizante.

Perdas substanciais de nitrogênio, fósforo dentre outros contaminantes também podem ocorrer por lixiviação quando o estrume é aplicado em terras agrícolas e pastagens. Uma vez atingindo os cursos d'água, estes nutrientes podem ocasionar um elevado crescimento de algas e resultar na eutrofização, com sérios danos aos ecossistemas aquáticos. Diante disso, lavouras e pastagens próximas a cursos d'água onde o dejetos líquido de suínos é aplicado como fertilizante orgânico, também devem ser prioritárias para planejamento e gestão. Uma alternativa seria a inserção de técnicas de manejo conservacionistas.



**Figura 5.** Classes de suscetibilidade a transferência de poluentes para os sistemas aquáticos no município de Palmitinho.

Conforme Silva e Bassi (2012), o problema da gestão dos dejetos de suínos é complexo e não existe a priori uma única solução, ou mesmo uma solução em curto prazo. As pesquisas desenvolvidas até o momento buscam novas alternativas que integrem a produtividade de suínos com a preservação ambiental. Porém, o ritmo de crescimento da atividade e seus impactos têm sido muito maiores do que das tecnologias geradas. Os impactos ambientais das operações de pecuária suína intensiva tendem a se intensificar nos próximos anos, afetando cada vez mais a saúde pública, pela poluição da água devido à entrada excessiva de nutrientes e pelo uso abusivo de fármacos; do solo, pela utilização indiscriminada de efluente líquido como fertilizante e; do ar, pela emissão de odores.

Diante deste cenário a definição de locais prioritários para o manejo considerando a suscetibilidade a transferência de poluentes para os sistemas aquáticos em regiões produtoras, poderia ser um primeiro passo na tentativa de minimizar os impactos dessa atividade nos recursos naturais solo e água.

#### 4. Conclusões

A geração do mapa de suscetibilidade a transferência de poluentes dos sistemas terrestres para os aquáticos para o município de Palmitinho permitiu a identificação dos locais prioritários para a implementação de técnicas de manejo conservacionista, sendo elas as granjas de suínos localizadas próximas aos cursos d'água (fontes pontuais de poluição) e, áreas agrícolas e pastagens (fontes difusas de poluição) onde o dejetos líquido de suínos é aplicado como fertilizante, localizadas ao longo dos cursos d'água em área de preservação permanente.

#### Referências Bibliográficas

Associação Brasileira de Proteína Animal - ABPA. **Avicultura e suinocultura do Brasil: Produção e Exportação**. Disponível em: <http://abpa-br.com.br/noticia/avicultura-e-suinocultura-do-brasil-producao-e-exportacao-previsoes-para-2015-e-2016-1478>. Acesso em: 05 de jun. 2016.

Associação Brasileira de Proteína Animal - ABPA. **Embarques de carne suína crescem 9,7% em 2015**. Disponível em: <http://abpa-br.com.br/noticia/informes/press-releases/embarques-de-carne-suina-crescem-97-em-2015-1524>. Acesso em: 05 de jun. 2016.

Assis, f. O. Bacia hidrográfica do rio Quilombo: dejetos de suínos e impactos ambientais. **RA'E GA**, n. 8, p. 107-122, 2004.

Capoane, V.; Tiecher, T.; Schaefer, G.L.; Alvarez, J.W.R.; Burrow, R.A.; Santos, D.R. Avaliação da qualidade dos sedimentos de leito em uma bacia hidrográfica do noroeste do Rio Grande do Sul. **Boletim Gaúcho de Geografia**, v. 42, n. 2, p. 1-20, 2016.

Capoane, V.; Tiecher, T.; Schaefer, G.L.; Ciotti, L.H.; Santos, D.R. Transferência de nitrogênio e fósforo para águas superficiais em uma bacia hidrográfica com agricultura e produção pecuária intensiva no Sul do Brasil. **Ciência Rural**, v. 45, p. 647-650, 2015.

Capoane, V.; Tiecher, T.; Schaefer, G. L.; Santos, D. R. Impactos da suinocultura na qualidade da água da bacia hidrográfica do Arroio Caldeirão, Palmitinho, Rio Grande do Sul. **Brazilian Geographical Journal: geosciences and humanities research medium**, v. 5, p. 494-509, 2014.

De Conti, L.; Ceretta, C.A.; Ferreira, P.A.A. ; Lourenzi, C.R.; Giroto, E.; Lorensini, F.; Tiecher, T.L.; Marchezan, C.; Anchieta, M.G.; Brunetto, G. Soil solution concentrations and chemical species of copper and zinc in a soil with a history of pig slurry application and plant cultivation. **Agriculture, Ecosystems & Environment**, v. 216, p. 374-386, 2016.

Empresa de Assistência Técnica e Extensão Rural - EMATER. **Cadeia da suinocultura é debatida em Seminário Regional em Palmitinho**. Disponível em: <http://www.emater.tche.br/site/noticias/detalhe-noticia.php?id=20468#VenmuvlViko>. Acesso em: 10 de fev. 2014.

Food and Agriculture Organization - FAO. **Livestock's long shadow: environmental issues and options**. Steinfeld, H.; Gerber, P.; Wassenaar, T.; Castel, V.; Rosales, M.; Haan, C. Rome. 2006. Disponível em: [http://www.virtualcentre.org/en/library/key\\_pub/longshad/a0701e/A0701E00.pdf](http://www.virtualcentre.org/en/library/key_pub/longshad/a0701e/A0701E00.pdf). Acesso em: 10 de set. 2016.

Giacomini, S.J.; Aita, C.; Jantalia, C.P.; Urquiaga, S. Aproveitamento pelo milho do nitrogênio amoniacal de dejetos líquidos de suínos em plantio direto e preparo reduzido do solo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 44, p. 761-768, 2009.

Hadlich, G.M.; Scheibe, L.F. Dinâmica físico-química de águas superficiais em região de intensa criação de suínos: exemplo da bacia hidrográfica do rio Coruja-Bonito, município de Braço do Norte, SC. **Geochimica Brasiliensis**, v. 21, p. 245-260, 2007.

Hutchinson, M. F. A new procedure for gridding elevation and stream line data with automatic removal of spurious pits. **Journal of Hydrology**, v.106, n.3-4, p.211-232, 1989.

Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE. **Censo agropecuário 2012**. Disponível em: <http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/economia/ppm/2012/>. Acesso em: 20 de jan. 2016.

Kato, T. et al. Runoff characteristics of nutrients from an agricultural watershed with intensive livestock production. **Journal of Hydrology**, v. 368, n. 1-4, p. 79-87, 2009.

Kunz, A; Oliveira, P.A.; Higarashi, M. M.; Sangoi, V. Recomendações para uso de esterqueiras para armazenagem de dejetos de suínos.. Concórdia.SC: Embrapa Suínos e Aves. **Comunicado Técnico**, 361, 2004

\_\_\_\_\_. **Lei 12.651/2012**. Disponível em: [http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_ato2011-2014/2012/lei/112651.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2011-2014/2012/lei/112651.htm). Acesso em: 28 de set. 2016.

Lourenzi, C.R.; Ceretta, C.A.; Tiecher, T.L.; Lorensini, F.; Cancian, A.; Stefanello, L.; Giroto, E.; Vieira, R.C.B.; Ferreira, P.A.A.; Brunetto, G . Forms of phosphorus transfer in runoff under no-tillage in a soil treated with successive swine effluents applications. **Environmental Monitoring and Assessment**, v. 187, p. 209, 2015.

Seganfredo, M.A. Uso de dejetos suínos como fertilizante e seus riscos ambientais. In: In: SEGANFREDO, M.A. (Ed.). **Gestão ambiental na suinocultura**. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2007. p.150-175.

Sharpley, A.N.; McDowell, R.W.; Weld, J.L.; Kleinman, P.J. A. Assessing site vulnerability to phosphorus loss in an agricultural watershed. **Journal of Environmental Quality**, v. 30, p. 2026-2036, 2001.

Silva, C.L.; Bassi, N.S.S. Análise dos impactos ambientais no Oeste Catarinense e das tecnologias desenvolvidas pela Embrapa Suínos e Aves. **Informe Gepec**, v. 16, p. 128-143, 2012.