

# Avaliação das variações espaciais e temporais no Rio São Lourenço em área urbana e a correlação com eventos extremos

## RESUMO

No Brasil, a preocupação com os impactos dos desastres naturais sobre a sociedade tem aumentando significativamente nos últimos anos. O propósito do trabalho é realizar uma análise temporal das margens do arroio São Lourenço do Sul, através de imagens obtidas por sensoriamento remoto, e propor soluções para a região ligadas a contenção dos eventos extremos de inundação. Com as imagens de estudo foi possível observar que houve retirada da mata ciliar no entorno do corpo hídrico – possibilitando carreamento de sedimentos para o seu interior – além de ocupações irregulares nas margens. Estes pontos chave evidenciam o aumento de ocorrência de eventos como inundações ou enxurradas nas regiões. Propõem-se construção de bacias de retenção, dragagem do arroio e recuperação da área no entorno do arroio. Estas medidas devem estar relacionadas a fiscalização ambiental e programas de educação ambiental.

**PALAVRAS-CHAVE:** Análise temporal. Desastres naturais. Vulnerabilidade ambiental.

**Mayara Zanchin**

[mz@outlook.com.br](mailto:mz@outlook.com.br)

<https://orcid.org/0000-0002-8487-7867>

Universidade Federal de Pelotas (UFPe),  
Pelotas, Rio Grande do Sul, Brasil.

**Diuliana Leandro**

[diuliana.leandro@gmail.com](mailto:diuliana.leandro@gmail.com)

<https://orcid.org/0000-0002-8092-5550>

Universidade Federal de Pelotas (UFPe),  
Pelotas, Rio Grande do Sul, Brasil.

**Maurizio Silveira Quadro**

[mausq@hotmail.com](mailto:mausq@hotmail.com)

<https://orcid.org/0000-0001-8236-7479>

Universidade Federal de Pelotas (UFPe),  
Pelotas, Rio Grande do Sul, Brasil.

**Willian Cezar Nadaleti**

[williancezarnadaleti@gmail.com](mailto:williancezarnadaleti@gmail.com)

<https://orcid.org/0000-0002-4727-4127>

Universidade Federal de Pelotas (UFPe),  
Pelotas, Rio Grande do Sul, Brasil.

## INTRODUÇÃO

A preocupação com os impactos dos desastres naturais sobre a sociedade brasileira vem aumentando significativamente nos últimos anos, pelo incremento na frequência e na intensidade desses desastres associados às variações climáticas e aos problemas causados pela urbanização (MONTEIRO; PINHEIRO, 2012). No Brasil, ocorreram diversos eventos extremos nos últimos anos. De acordo com Tominaga et al. (2009), esses eventos extremos são considerados desastres naturais e, podem ser provocados por diversos fenômenos, tais como, inundações, escorregamentos, erosão, terremotos, tornados, furacões, tempestades, estiagem, entre outros. Em 2010, a Defesa Civil divulgou que o nordeste brasileiro foi atingido por enchentes arrasadoras, deixando mais de 50 vítimas fatais e uma estimativa de 150 mil desabrigados. Na região sul do país, a Defesa Civil informou, em 2009, que 150 municípios decretaram estado de emergência devido à estiagem. Segundo o INMET – Instituto Nacional de Meteorologia, 2009 foi o mais seco dos últimos 80 anos, em algumas regiões do estado.

O Estado do Rio Grande do Sul, localizado na região sul do país, é uma das regiões do Brasil mais impactadas por eventos extremos, como chuvas intensas, estiagem e granizo. A capital do Estado, Porto Alegre, teve a segunda maior enchente do Guaíba em 2015, quando as 14 comportas da barragem do Arroio Feijó, que protegem o centro do município, foram fechadas para evitar alagamento (DEFESA CIVIL, 2016).

Além da intensidade dos fenômenos naturais, o acelerado processo de urbanização verificado nas últimas décadas, em várias partes do mundo, inclusive no Brasil, levou ao crescimento das cidades, aumentando as situações de perigo e de risco a desastres naturais. No Brasil, segundo Moraes e Abiko (2016), o processo de urbanização iniciou-se em meados do século XX sob a influência de diversos fatores, como a migração rural-urbana e a explosão da industrialização nas grandes cidades. Da década de 60 a 90, o Brasil viu sua população urbana crescer um total de 400% onde, nesse contexto de expansão urbana, a preocupação do estado se restringiu aos investimentos em infraestrutura de transporte, comunicações e energia, enquanto os investimentos em saneamento básico e habitação ficaram em segundo plano (OLIVEIRA; AZEVEDO, 2015).

Para o processo de urbanização ser consolidado, deve-se lembrar que há substituição de um ecossistema natural, dinâmico e harmônico por outro favorável ao homem (estabelecido conforme suas necessidades), porém desfavorável ao meio ambiente. Conforme Falcão et al. (2014), o uso excessivo do solo, e realizado sem planejamento, gera degradação dos recursos naturais existentes e, conseqüentemente, problemas ambientais associados. Geralmente, a população de baixa renda é atingida de forma diferenciada por estes impactos, pois sem acesso à moradia de maneira regularizada, acaba por ocupar áreas impróprias, como por exemplo leitos de corpos hídricos – áreas de preservação permanente – como também encostas ou lixões desativados.

A área urbana do município de São Lourenço do Sul representa uma dinâmica habitacional irregular, na qual historicamente indivíduos constroem suas residências em áreas de risco geomorfológicos e hidrológicos, nas margens do Arroio São Lourenço. Desta forma, expõem-se a acontecimentos ligados a escorregamento e deslizamento de encostas e enchentes, os quais caracterizam eventos extremos. De acordo com o exposto, esse trabalho tem por objetivo

realizar uma análise temporal das margens do arroio São Lourenço do Sul, através de imagens obtidas por sensoriamento remoto, e propor soluções para a região ligadas a contenção dos eventos extremos de inundação.

## REVISÃO DA LITERATURA

### EVENTOS EXTREMOS EM SÃO LOURENÇO DO SUL

No Banco Internacional de Dados de Desastres (EM-DAT) consta que as inundações reportadas até o ano de 2016 pelo Brasil representaram perdas de mais de 9 bilhões de dólares para o país, mais de 20 milhões de pessoas afetadas e 7.737 óbitos. Segundo o Atlas Brasileiro de Desastres Naturais (2013), as regiões Sul e Sudeste foram as mais afetadas com episódios de inundações em um período de 21 anos, de 1991 até 2012.

As enchentes ou transbordamentos das águas fluviais são fenômenos naturais, característicos de áreas de baixo curso dos rios, sendo um dos maiores problemas enfrentados pelas cidades brasileiras, o qual tem causado grandes prejuízos financeiros e até mesmo perdas de vidas humanas (GUERRA, 2011). As fortes chuvas de 2011 que atingiram o município de São Lourenço do Sul, localizado na região sul do Rio Grande do Sul, deixou 60% da cidade alagada (CEPED/RS, 2015).

O município de São Lourenço do Sul já sofreu uma série de eventos de desastres, tais como enxurradas, inundações, alagamentos, precipitações de granizo e vendavais, desde o ano de 1932 (CEPED/RS, 2015), segundo dados disponibilizados pela Coordenadoria Municipal de Defesa Civil de São Lourenço do Sul. Conforme Tabela 1, foram 14 registros de desastres naturais.

Tabela 1 – Registros de Desastres Naturais em São Lourenço do Sul

Ano	Ocorrência	Observação
1932	Inundação	-
1937	Inundação	-
1941	Inundação	-
1954	Inundação	50 famílias desabrigadas
1977	Inundação	300 pessoas desabrigadas
1984	Inundação	-
1987	Inundação	800 pessoas desabrigadas
1995	Inundação	Decreto Situação de Emergência ou Estado de Calamidade Pública
17/04/1998	Inundação	-
16/05/1998	Inundação	-
11/06/1998	Inundação	-
2009	Inundação	Danos em várias vias e pontes. 13.210 pessoas atingidas.
2011	Enxurrada	20.000 pessoas atingidas. 7 mortes. Decreto de Situação de Emergência ou Estado de Calamidade Pública
2013	Alagamento	

Fonte 1: CEPED/RS (2015).

Outro problema diretamente correlacionado com esses eventos extremos é a falta de planejamento e infraestrutura urbana, como por exemplo a desestruturação dos sistemas de saneamento básico, os quais podem ser influenciados pelo acréscimo de eventos como inundações, alagamentos ou enxurradas. Segundo consta na Lei Nacional da Política do Saneamento Básico, intitulada 11.445/2007, o saneamento é definido como sendo o conjunto de serviços, infraestruturas e instalações operacionais de: abastecimento de água potável, esgotamento sanitário, limpeza urbana e manejo de resíduos sólidos e drenagem e manejo das águas pluviais urbanas (BRASIL, 2007). Essa carência de infraestrutura de saneamento básico potencializa a magnitude dos desastres: as inundações propiciam um crescimento exponencial das doenças de veiculação hídrica; além disso, ocorrem afogamentos na correnteza dos rios e bueiros ocultos pelas enchentes (SANTOS, 2007). Dessa forma, a falta de planejamento para o desenvolvimento urbano acaba por gerar prejuízo social e ao meio ambiente. Assim, o solo deve ser utilizado de maneira ordenada, evitando a deterioração das áreas urbanas assim como a poluição e a degradação ambiental (BRASIL, 2017).

Os alagamentos, enxurradas e inundações estão, muitas vezes, ligados também a disposição inadequada de resíduos e entulhos, por parte da população, em corpos hídricos ou vias públicas e, conseqüentemente, causando problemas no sistema de drenagem e na vazão dos rios. O esclarecimento da população por meio da educação ambiental é um caminho possível, proporcionando ao indivíduo o entendimento sobre o peso de suas atitudes individuais no meio ambiente, a importância de preservar e conservar características endêmicas e naturais de um ecossistema e compreender a difícil relação entre o homem e os eventos críticos. Entretanto, segundo Müller (2011), a educação ambiental é um processo de longa duração e difícil avaliação, que deve ir acompanhado de motivação e envolvimento.

A cidade de São Lourenço do Sul aderiu, em 2015, a Campanha “Construindo Cidades Resilientes”, da Organização das Nações Unidas (ONU), que é uma iniciativa da Secretaria Nacional de Defesa Civil (Sedec) e do Ministério da Integração Nacional. O objetivo dessa campanha é aumentar o grau de consciência e de compromisso em torno das práticas de desenvolvimento sustentável, por meio da implementação de 10 passos para construir cidades resilientes, como forma de redução de riscos a desastres e propiciar o bem-estar e segurança dos cidadãos.

Uma das formas associadas a redução de risco de desastres naturais é o mapeamento das áreas com maior vulnerabilidade ambiental. Através de sensoriamento remoto consegue-se empregar tecnologias que facilitem a avaliação dos recursos naturais em grandes extensões, com maior rapidez e precisão, proporcionando uma economia nos custos em relação aos levantamentos de campo.

## **AValiação Temporal**

O Sensoriamento Remoto, segundo Florenzano (2008), é uma tecnologia que permite a obtenção de imagens e outros dados, da superfície terrestre, através da captação e do registro da energia refletida e emitida pela superfície terrestre. Sem a necessidade de contato físico com a área em questão, é possível realizar estudos

da mesma, conforme Cabral et. al. (2013) e contribuir para o monitoramento de áreas em diferentes escalas de mapeamento, tanto em nível local, como regional e global. Pode-se definir de diversas maneiras o sensoriamento remoto, entretanto, de acordo com Duarte et. al. (2009), todas expressam um objetivo comum, ou seja, o conjunto de atividades utilizadas para obter informações a respeito dos recursos naturais, renováveis ou não, através da utilização de dispositivos sensores colocados em aviões, satélites ou, até mesmo, na superfície terrestre.

O Núcleo de Ensino, Pesquisa e Extensão em Saneamento Ambiental – NPSA, da Universidade Federal de Pelotas, desde o ano de 2013, vem realizando diversos estudos no município de São Lourenço do Sul/RS, como por exemplo, preposições de medidas estruturais para minimização dos eventos de inundação e indicação de processo de desassoreamento do leito do arroio São Lourenço. Para que as preposições iniciais possam ser definidas de forma mais efetiva, tornou-se essencial o conhecimento espacial (posição) e análise temporal das dimensões referentes às margens do arroio São Lourenço. E o Sensoriamento Remoto, através de imagens de satélite e fotos aéreas, possibilitou um melhor entendimento da área permitindo propor soluções para a região ligadas à contenção dos eventos extremos de inundação.

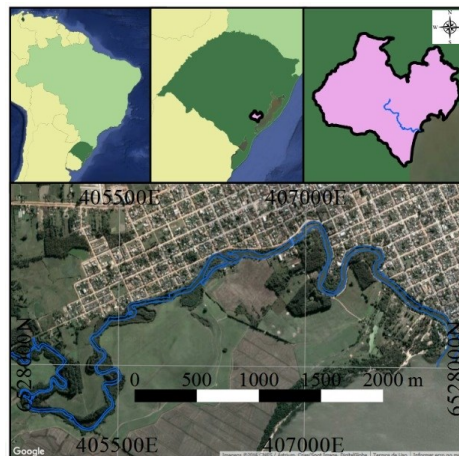
## **METODOLOGIA**

A localização da área de estudo, os dados geográficos e as fontes utilizadas na análise temporal das dimensões nas margens do arroio São Lourenço do Sul, assim como a metodologia empregada para tal serão apresentados a seguir.






## **CARACTERIZAÇÃO DA AREA DE ESTUDO**

O Município de São Lourenço do Sul, localizado na região sudeste do Estado do Rio Grande do Sul, está situado na margem direita da Lagoa dos Patos (Figura 1), e se encontra a uma distância aproximada de 195 km da capital do estado, e a 70 km do município de Pelotas (DORS, 2016). Segundo dados do IBGE (2010), a área total do município de São Lourenço do Sul é de 2036,125 km<sup>2</sup>, e a população estimada em 43.111 habitantes, sendo 56,22% urbana – atuante no comércio local, indústrias, pesca artesanal profissional e prestação de serviços – e 43,78% rural, atuando principalmente na agricultura familiar.

Figura 1 – Localização da Área de Estudo



Legenda

-  Arroio São Lourenço
-  Município de São Lourenço do Sul
-  Estado do Rio Grande do Sul
-  Brasil
-  América do Sul
- Google Satellite

Fonte 2: Autoria própria (2016).

## DADOS GEOGRÁFICOS UTILIZADOS NA AVALIAÇÃO TEMPORAL DO MUNICÍPIO

As análises foram realizadas no *software* de geoprocessamento *QGIS* e *Google Earth PRO*, é um *software* de SIG gratuito e de código aberto, o segundo a versão gratuita de um *software* comercial. Sendo os dados *raster* obtidos através do Google Earth Pro na ferramenta imagens históricas, oriundas dos sensores *Ikonos* (2004), *TH-1* (2011) e *Worldview 3* (2016). E o dado *raster* do ano de 1977 é uma ortofoto em escala 1:8.000 oriunda do levantamento realizado pela CLM – Comissão Mista Brasileiro-Uruguiaia para o Desenvolvimento da Bacia da Lagoa Mirim no ano de 1977. Todos os dados, indiferente do sistema de referência inicial, foram alocados e compatibilizados no banco de dados em um sistema de referência único, Datum SIRGAS2000 (Sistema de Referência Geocêntrico para as Américas – 2000), projetados em UTM (Universal Transversa de Mercator) no fuso 22S.

## MÉTODOS EMPREGADOS

As áreas de estudo foram delimitadas a partir de polígonos em formato *kml* no *software Google Earth Pro*. Posteriormente se verificou as imagens de satélite disponíveis para essas áreas em épocas distintas a partir do *Google Earth Pro*, através da ferramenta "Imagens Históricas", as imagens de 2004 e 2011 foram salvas no formato *tiff*, juntamente com o polígono de cada área orientado para a direção do Norte e sem inclinação, através da ferramenta de ajuste por inclinação e bússola. Concomitantemente os polígonos em formato vetorial, foram abertos no *QGIS* e convertidos do formato *kml* para *shapefile* e, salvos no sistema de referência SIRGAS2000 com a projeção UTM fuso 22 Sul.

Na sequência, as imagens da área de estudo foram carregadas no *software* QGIS e georreferenciadas através da ferramenta *Georreferenciador*, através de pontos com coordenadas conhecidas dispostos nas imagens. Inicialmente através das coordenadas dos quatro cantos da imagem e posteriormente através de 20 pontos como cantos de muros e telhados distribuídos em toda a cena *Wordview* 3, utilizando como base o complemento *OpenLayers Plugin* na escala 1:2500. Esse complemento de acordo com Duarte et al. (2018), permite acesso a imagens de satélite de empresas como *DigitalGlobe*, *GeoImage* ou NRSC (na Índia) que visa fornecer imagens de satélite gratuitas e de alta qualidade para pesquisadores e estudantes para uso não comercial.

Utilizou-se, também, uma foto aérea de 1977, a qual não estava georreferenciada. Portanto, realizou-se o georreferenciamento da mesma no QGIS utilizando 12 pontos de controle dispostos homogeneamente em toda a imagem, possibilitando associar o mesmo sistema de referência e de projeção dos polígonos, através do uso de transformações geométricas. E dessa forma gerou-se novas imagens agora georreferenciadas. A prefeitura do município de São Lourenço contratou ainda em 2016 um voo de drone para a aquisição de imagens atualizadas da área, com resolução espacial de 5 cm, as quais foram utilizadas nesse estudo.

Com os dados *raster* de épocas distintas georreferenciados foi possível iniciar uma comparação das mudanças ocorridas no arroio do ano de 1977 a 2016, para tal foram gerados quatro *shapfiles*, do tipo linha, uma para cada ano, a partir dos quais através da análise visual das imagens realizou-se a vetorização do arroio São Lourenço em cada uma das imagens e identificou-se as variações entre a posição das margens do arroio ao longo dos anos (Tabela 2).

Tabela 2 – Variações de imagens utilizadas ao longo dos anos

Dado	Época
Foto aérea – aerofotogrametria convencional	1977
Imagem de Satélite	2004
Imagem de Satélite	2011
Imagem de Satélite e Imagem aérea – Drone	2016

Fonte 3: Autoria própria (2016).

As variações espaciais do recurso hídrico que ocorreram no decorrer do tempo consideradas para esse estudo de 1977, 2004, 2011 e 2016 situam-se em duas áreas críticas relacionadas a eventos extremos de inundação recorrentes no município – a foz do Arroio São Lourenço do Sul e a área urbana localizada em uma área que apresenta uma declividade acentuada (variando de 0% a aproximadamente 45% em uma distância horizontal de 50m).

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

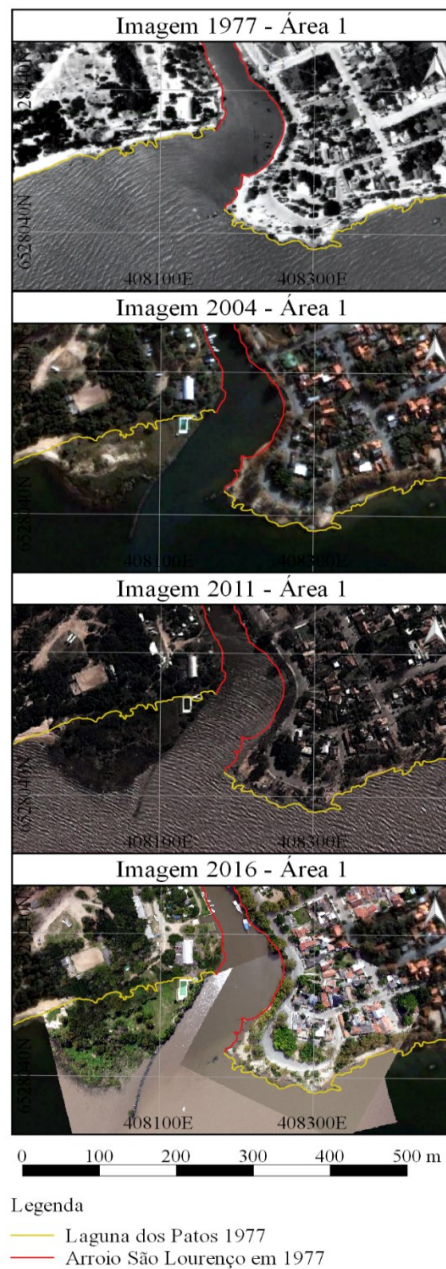
Através das imagens obtidas entre os anos de 1977 a 2016, no município de São Lourenço do Sul/RS, foi possível realizar uma análise comparativa das mudanças temporais ocorridas na localização das margens existentes no arroio da região. Na Figura 2, apresenta-se a variação temporal realizada na foz do arroio São Lourenço do Sul, denominada de Área 1. Nas imagens aéreas nota-se que



passou a existir uma área de terra, no ano de 2004 que, no ano de 1977 era inexistente. Através da análise das fotos ou imagens, fica evidente a criação de uma barreira submersa – possivelmente de pedras – margeando toda extensão dessa nova área.

Ambos os lados das margens do arroio, desde 1977 até os dias atuais, aumentaram seu crescimento vegetativo e urbano. Com isso, a foz do arroio São Lourenço do Sul teve seu tamanho reduzido, quando desemboca na Lagoa dos Patos. Logo é possível que, em épocas de correntes direcionadas para a barreira, a água colida nelas e retorne para o arroio, aumentando seu nível e provocando futuros desastres.

Figura 2 – Variação posicional das margens da foz do Arroio São Lourenço





Na Figura 3, denominada de Área 2, segue representada a variação temporal da localização da área urbana, localizada em um local que apresenta diferenças de alturas significativas (aproximadamente 7 metros entre linha de água e a margem norte) para a região, dentro do município. Nesta área, as imagens referentes ao ano de 1977, mostram o caminho do arroio livre de assoreamento, entretanto, nota-se que o recuo necessário entre a margem do corpo hídrico e as habitações (50 metros de mata ciliar como área de preservação permanente) não foi respeitado e, o que se visualiza são habitações irregulares (seja por ilegalidade ou pelo risco contínuo de catástrofes) muito próximas do recurso hídrico.

Na imagem de 2011, pode-se analisar pontos esbranquiçados ao longo do arroio, demonstrando um arraste de material sólido para o interior do corpo hídrico. A ocorrência disto, possivelmente, está associada a falta de mata ciliar protegendo as margens do arroio bem como, a existência de habitações no entorno que, conseqüentemente, aumentam a poluição no local.

Figura 3 – Variação posicional da margem do arroio São Lourenço no decorrer do tempo.



Legenda

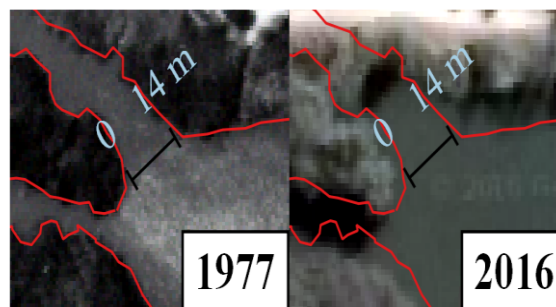
— Arroio São Lourenço em 1977

Fonte 5: Autoria própria (2016).

Através destas imagens, podemos detectar os pontos chave que originam estes desastres como, por exemplo, a constante retirada das matas ciliares que contornam o curso hídrico. Sem as matas ciliares, as margens do arroio tornam-se desprotegidas e o solo fica exposto – podendo ocorrer arraste de sedimento para o interior do mesmo. De acordo com Attanasio et al. (2006), as matas ciliares, entre outros papéis ecológicos, atuam na contenção de enxurradas, na infiltração do escoamento superficial, na absorção do excesso de nutrientes, na retenção de sedimentos e agrotóxicos, colaboram na proteção da rede de drenagem e ajudam a reduzir o assoreamento da calha do rio, favorecem o aumento da capacidade de vazão durante a seca.

Conforme evidenciado nos dados anteriormente apresentados na Tabela 1 de eventos históricos do município de São Lourenço do Sul, tem-se que nos anos de 1977 e 2011 houveram episódios de inundação e enxurrada, respectivamente, demonstrando que as variações no entorno do arroio no decorrer do tempo estão relacionadas com os eventos de desastres naturais. Segundo a Figura 4, analisando a área 2 durante os 39 anos – 1977 a 2016 – tem-se que em diversos locais o rio sumiu e deu lugar a uma área assoreada. Já, segundo as análises realizadas na área 1, nos 39 anos de variação temporal avaliados, Figura 5, o aumento de área foi de, aproximadamente, 18.285 m<sup>2</sup>.

Figura 4 – Variação Temporal da largura das margens do Arroio São Lourenço

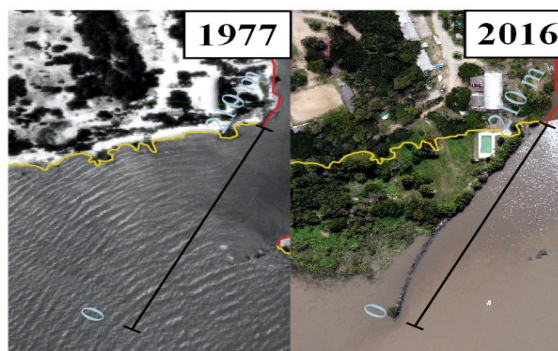


Legenda

— Arroio São Lourenço em 1977

Fonte 6: Autoria própria (2016).

Figura 5 – Variação Temporal da largura das margens do Arroio São Lourenço



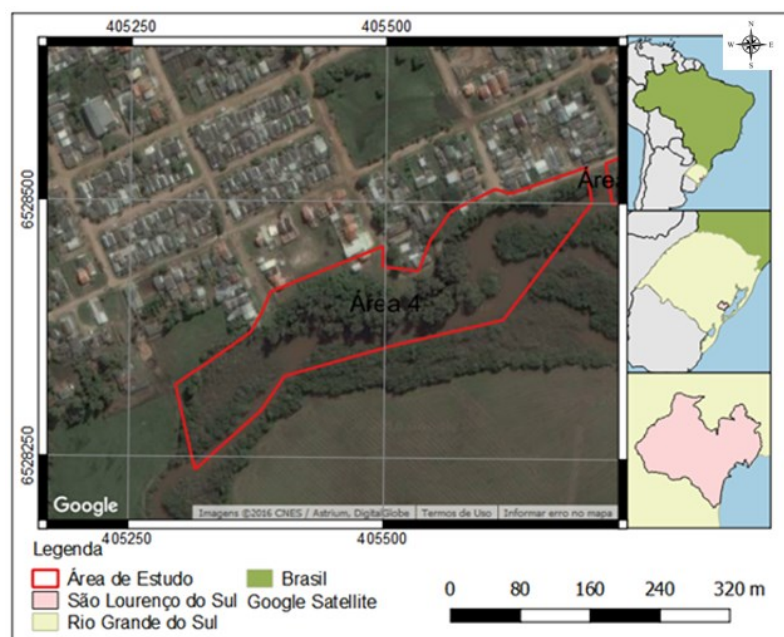
Legenda

— Arroio São Lourenço em 1977  
— Laguna dos Patos 1977

Fonte 7: Autoria própria (2016).

Consoante aos dados apresentados, notam-se relações tênues entre a intensidade dos desastres que acometem uma região com o aumento da fragilidade ambiental do local, quase sempre relacionada a ações humanas que, muitas vezes, desconhecem ou ignoram as leis vigentes. Nesse sentido, propõem-se para a região a construção de uma bacia de retenção, que são aquelas que permanecem secas na maior parte do tempo, recebendo aporte de águas apenas nos dias de chuva. Dessa forma, quando não estiver inundada, a bacia pode ser aproveitada para atividades de lazer, se forem do tipo aberta. Um local estudado para construção da bacia de retenção seria no bairro Lomba, município de São Lourenço do Sul, à aproximadamente 2 km do centro da cidade em um terreno vazio, pertencente a Prefeitura – em vermelho segue indicado o curso hídrico que a bacia de retenção influenciaria (Figura 6).

Figura 6 – Localização para possível implantação da bacia de retenção.



Fonte 8: Autoria própria (2016). (Sistema SIRGAS 2000, UTM 22S).

Além da bacia de retenção, outra medida a ser implantada é a dragagem do arroio, ou seja, a remoção de sedimentos como lodo e areia do leito do corpo hídrico para solução dos problemas ambientais relacionados, utilizando dragas hidráulicas. Entretanto, apenas retirar o sedimento do arroio é uma medida pontual – resolvendo por hora os eventos relacionados a inundação. O ponto chave é realizar a recuperação da área no entorno do arroio (margens) com a revegetação e, conseqüente, estruturação do solo, evitando assim novos episódios de arraste de sedimento para o interior do corpo hídrico, ampliando seu leito.

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os desastres, no país, tendem a estar relacionados a fenômenos climáticos, potencializados pela ação do homem. Logo, o que mais se percebe é que, conforme há o aumento da degradação ambiental, aumenta proporcionalmente a ocorrência de possíveis perigos naturais. Sendo assim, qualquer perigo pode vir a transformar-

se em uma situação de emergência, originando desastres que causam danos às pessoas e ao ambiente.

Com o trabalho conseguiu-se realizar uma análise temporal, através do sensoriamento remoto, do Arroio São Lourenço do Sul e correlacionar suas constantes ocorrências de inundação e enxurradas com as mudanças percebidas ao longo dos anos nas margens do corpo hídrico. Sendo assim, evidencia-se que o registro de eventos de desastres está ligado a ocupação irregular no entorno do arroio, bem como na retirada da mata protetora das margens – expondo o solo e possibilitando seu deslizamento e, conseqüente, assoreamento do curso hídrico.

Propõem-se soluções como a construção de bacias de retenção, dragagem do arroio e recuperação da área degradada em seu entorno. Acompanhado das soluções mecânicas, devem ser incentivados projetos de educação ambiental e monitoramento de áreas de vulnerabilidade ambiental; além de fiscalização rígida dos órgãos responsáveis.

# Evaluation of spatial and temporal variations in the São Lourenço River in an urban area and the correlation with extreme events

## ABSTRACT

In Brazil, concern about the impacts of natural disasters on society has increased significantly in recent years. The purpose of the work is to carry out a temporal analysis of the São Lourenço do Sul riverbank, through remote sensing images, and to propose solutions for the region related to the containment of extreme flood events. With the study images, it was possible to observe that there was a removal of the riparian forest around the water body - allowing the sediment to be carried to its interior - besides irregular occupations in the margins. These key points highlight the increased occurrence of events such as floods or floods in the regions. They propose the construction of basins of arrest, dredging of the stream and recovery of the area around the stream. These measures should be related to environmental monitoring and environmental education programs.

**KEYWORDS:** Temporal analysis. Natural disasters. Environmental vulnerability.

## AGRADECIMENTO

Agradecemos a Prefeitura da cidade de São Lourenço do Sul pelo apoio no desenvolvimento das atividades e pela disponibilização de materiais complementares ao estudo.

## REFERÊNCIAS

ATLAS BRASILEIRO DE DESASTRES NATURAIS. Sistema Integrado de Informações sobre Desastres. Centro Universitário de Estudos e Pesquisas sobre Desastres. **Atlas Brasileiro de Desastres Naturais: 1991 a 2012**. 2 ed. rev. Florianópolis: CEPED/UFSC, 2013.

ATTANASIO, C. M.; RODRIGUES, R. R.; GANDOLFI, S.; NAVE, A. G. Adequação Ambiental de Propriedades Rurais, Recuperação de Áreas Degradadas e Restauração de Matas Ciliares. Apostila Teórica. Piracicaba, 2006. 66p.

BRASIL. **Lei nº 11.445, de 05 de janeiro de 2007**. Estabelece diretrizes nacionais para o saneamento básico; altera as Leis nos 6.766, de 19 de dezembro de 1979, 8.036, de 11 de maio de 1990, 8.666, de 21 de junho de 1993, 8.987, de 13 de fevereiro de 1995; revoga a Lei no 6.528, de 11 de maio de 1978; e dá outras providências. Diário Oficial da República Federativa do Brasil, Poder Executivo, Brasília, DF. 2007.

BRASIL. **Ministério do Meio Ambiente**. MMA. Recuperação de Áreas Degradadas, s.d. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/informma/item/8705-recupera%C3%A7%C3%A3o-de-%C3%A1reas-degradadas>>. Acesso em: 03 mar. 2017.

CABRAL, C. J.; SANTOS, L. S.; SILVA, J. C. B. Aplicação do sensoriamento remoto para monitoramento de eventos extremos urbanos: uma análise do município São Lourenço da Mata – PE. **Anais XVI Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto - SBSR**, Foz do Iguaçu, PR, Brasil, 13 a 18 de abril de 2013.

CENTRO UNIVERSITÁRIO DE ESTUDOS E PESQUISAS SOBRE DESASTRES. CEPED. Mapeamento de vulnerabilidade de áreas suscetíveis a deslizamentos e inundações – São Lourenço do Sul/RS. **Relatório**. Porto Alegre, 2015.

DEFESA CIVIL. Defesa Civil do Rio Grande do Sul. Ano 2016.

OLIVEIRA, T. A.; TAVARES, C. M. G.; FERREIRA, C.C.M. IMPACTOS DA PRECIPITAÇÃO NO ESPAÇO URBANO DE JUIZ DE FORA- MG: REPERCUSSÕES DAS CHUVAS DE FEVEREIRO DE 2016 NOS VEÍCULOS DE MÍDIA. In: Simpósio Brasileiro de Climatologia Geográfica: VARIABILIDADE E SUSCEPTIBILIDADE CLIMÁTICA: Implicações Ecológicas e Sociais, 2016, Goiânia. Goiânia: **ABCLIMA**, 2016. v. 1. p. 1500-1511

DORS, G. **Delimitação dos índices de fragilidade ambiental do Município de São Lourenço do Sul – RS**. 2016. 97f. Trabalho apresentado ao Curso de Engenharia Ambiental e Sanitária, da Universidade Federal de Pelotas, como requisito parcial



à obtenção do título de Bacharel em Engenheiro Ambiental e Sanitarista, Pelotas. 2016.

DUARTE, C. R.; SENA, I. P. S. da; MENEZES, C. P. de; PETTA, R. A. Avaliação temporal de imagens SPOT 4 para mapeamento de uso e ocupação do solo na região de Pedra Grande, litoral setentrional do Rio Grande do Norte. **Anais XIV Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto**, Natal, Brasil, 25-30 abril 2009, INPE, p. 1331-1337.

EMERGENCY EVENTS DATABASE. **EM-DAT**. Disasters by Country. 2016.

FALCÃO, M. T.; LAWISCH, M. F. G.; PINHEIRO, M. N. M.; OLIVEIRA, S. K. S.; PEREIRA, C. A. B. Impactos Ambientais Decorrentes da Implantação de Loteamento Residencial Particular em Boa Vista – Roraima. **REVISTA GEONORTE**. Edição Especial 4, V.10, N.1, p.494-498, 2014.

FLORENZANO, T. G. **Geomorfologia: Conceitos e tecnologias atuais**. São Paulo: Oficina de Textos, 2008, 318p.

GUERRA, A. J. T. **Geomorfologia Urbana**. 1 ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2011.

INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA. **INMET**. Rio Grande do Sul: 2009.

DUARTE, L.; SILVA, P.; TEODORO, A.C. Development of a QGIS Plugin to Obtain Parameters and Elements of Plantation Trees and Vineyards with Aerial Photographs. **ISPRS Int. J. Geo-Inf.** v. 7, n. 3, 109, mar. 2018. <https://doi.org/10.3390/ijgi7030109>.

MONTEIRO, J. B.; PINHEIRO, D. R. de C. O desastre natural como fenômeno induzido pela sociedade: abordagens teóricas e metodologias operacionais para identificação/mitigação de desastres naturais. **Revista de Geografia – PPGEO**. v. 2, n. 1, p.1-9, 2012.

MORAES, O. B.; ABIKO, A. K. Considerações Sobre a Utilização de Medidas de Incerteza em Dados de Percepção do Morador. In: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 11., 2006, Florianópolis. **Anais...** Florianópolis: ANTAC, p. 1243-1252, 2006.

MÜLLER, A. S. **Aplicabilidade de medidas não-estruturais no controle de cheias urbanas: estudo de caso Bacia Hidrográfica do Rio Cachoeira - Joinville - SC**. 2011. Dissertação (Mestrado em Engenharia Hidráulica) - Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2011. <https://doi.org/10.11606/D.3.2011.tde-05082011-145343>.

OLIVEIRA, D. N.; AZEVEDO, J. A. M. Dinâmica do Crescimento Urbano-industrial do Município de Três Rios/ RJ: notas sobre os impactos ambientais e vulnerabilidade social. **Revista Espacios**. v. 36, n. 20, 2015.

SANTOS, R. F. **Vulnerabilidade Ambiental: Desastres naturais ou fenômenos induzidos?** Brasília: MMA, 2007. 192 p.

TOMINAGA, L. K; SANTORO, J.; DO AMARAL, R. **Desastres naturais: conhecer para prevenir**. São Paulo: Instituto Geológico, 2009. 196p.

**Recebido:** 05 mai. 2017

**Aprovado:** 04 maio. 2018

**DOI:** 10.3895/rbgeo.v6n2.5875

**Como citar:** ZANCHIN, M.; LEANDRO, D.; QUADROS, M. S.; NADALETI, W. C. Avaliação das variações espaciais e temporais no Rio São Lourenço em área urbana e a correlação com eventos extremos. **R. bras. Geom.**, Curitiba, v. 6, n. 2, p. 139-154, abr/jun. 2018. Disponível em: <<https://periodicos.utfpr.edu.br/rbgeo>>. Acesso em: XXX.

**Correspondência:**

Mayara Zanchin

Rua Anchieta, 1139, CEP 96015-420, Pelotas, Rio Grande do Sul, Brasil.

**Direito autoral:** Este artigo está licenciado sob os termos da Licença Creative Commons-Atribuição 4.0 Internacional.

