

## Modelo de Visualização de Cotas de Inundação. (O Caso de Rio Negrinho)

Marcos Jantsch<sup>1</sup>, Nilson Ribeiro Modro<sup>1</sup>, Alex Luiz de Sousa<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)

[marcos.jantsch@valorflorestal.com.br](mailto:marcos.jantsch@valorflorestal.com.br), [nilsonmodro@gmail.com](mailto:nilsonmodro@gmail.com)

[alex.sousa@udesc.br](mailto:alex.sousa@udesc.br), [luiz.dalmolin@udesc.br](mailto:luiz.dalmolin@udesc.br)

**Resumo.** As inundações são eventos hidrometeorológicos que podem impactar muito o cotidiano das pessoas. Exemplo disso são as significativas enchentes ocorridas na cidade de Rio Negrinho, SC, que provocaram muitos prejuízos e traumas à população, com o agravante da carência de mecanismos de prevenção. Neste sentido, este trabalho propõe um modelo para visualização de mapas de inundação, por cotas de níveis, permitindo ilustrar e simular uma inundação sobre mapas topográficos ou imagens aéreas da cidade. O modelo descrito é inovador e pode ser replicado em outras regiões suscetíveis à inundações.

**Abstract.** Floods are hydro-meteorological events that can impact people's daily lives. An example of this is the significant flooding in the city of Rio Negrinho - SC - Brazil. It's has caused many injuries and trauma to the population, aggravating the lack of prevention mechanisms. In this way, this work proposes a model for the visualization of flood maps, by quota layers. The proposed model allows to illustrate and to simulate a flood on topographic maps or city's aerial images. The innovative model can be replicated in other regions susceptible to flooding.

### 1. Problema das Enchentes

Desde os primórdios das civilizações, um dos principais fatores para a construção de cidades são os recursos naturais disponíveis, sendo o principal recurso a água. O grande adensamento populacional e o crescimento desordenado das cidades tornaram áreas naturalmente inundáveis ocupadas por construções. [Marandola and Hogan 2004] definem as ameaças hidro meteorológicas como processos ou fenômenos de origem atmosférica, hidrológicas ou oceanográficas que podem ocasionar mortes, lesões e outros impactos a saúde, gerando transtornos sociais, econômicos e danos ambientais, ocorrendo ainda um rompimento social. Se considerarmos os estudos da ONU o Brasil é o décimo terceiro país mais vulnerável em relação às enchentes no mundo [Chade 2012] e, um agravante é que nem sempre os municípios mais vulneráveis possuem uma estrutura de suporte à tais eventos que consiga suprir as necessidades de informação da população.

Neste sentido, este trabalho apresenta um modelo inovador para visualização de cotas de inundação. Para a validação do modelo o mesmo foi aplicado ao município de Rio Negrinho - SC. O crescimento da cidade de Rio Negrinho em Santa

Catarina não foi diferente das demais cidades brasileiras. O perímetro urbano de Rio Negrinho foi construído sobre os quatro principais rios e seus afluentes (o Rio Negro, Rio Negrinho, Rio do Bugre e o Rio Serrinha). Tais rios vêm sofrendo assoreamento, danos causados por lixo acumulado e falta de manutenções em suas margens gerando acúmulo de galhos e folhas. Estes fatores somados com as mudanças no clima tornam a cidade de Rio Negrinho propícia a alagamentos de grande porte como já ocorreu no passado. A história mostra que algumas medidas devem ser tomadas. Rio Negrinho sofreu com quatro grandes enchentes nos anos de 1983, 1992, 2001 e 2014. Os danos ocasionados pelas quatro enchentes foram de grande porte causando transtorno e prejuízos para a população, além de inúmeras outras inundações de pequeno porte ao longo dos anos como mostra a Figura 1. Para melhor compreensão, o trabalho está estruturado em quatro seções. A segunda seção aborda os mapas de riscos e as cotas de inundaçāo. Em seguida é apresentado o modelo proposto. Por fim, são apresentadas as considerações finais.



**Figura 1. Foto - Enchente de 2014 em Rio Negrinho.**

## **2. Mapas de Risco e Cotas de Inundação**

O processo de criação do modelo de visualização de cotas de inundação é baseado no mapeamento de áreas de riscos e possui 6 passos conforme descrito na Figura 2.

O mapeamento de áreas de risco de inundações vem se tornando uma ferramenta no controle de prevenções de inundações. O planejamento de uma cidade deveria ter como base este tipo de mapeamento e demais mapas de riscos como o mapa de risco de deslizamentos para a construção de edificações e uso do solo em perímetro urbano.

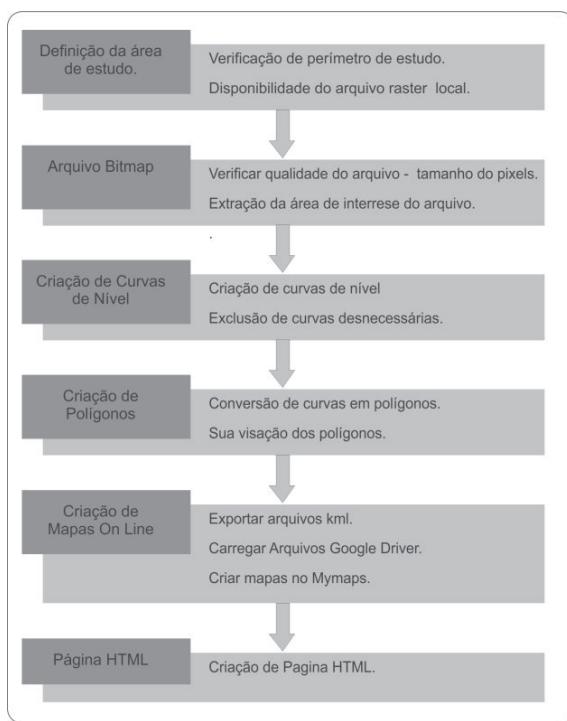
Os mapas de risco possuem um papel importante no sistema de prevenção de inundaçāo, pois em municípios pequenos e com poucos recursos econômicos torna-se muito difícil a implantação de sistemas mais sofisticados, como monitoramento e sistemas de alerta. O mapeamento de áreas de risco pode ser realizado de várias formas, sendo por levantamento de campo, por meio de modelos matemáticos ou por meio de cotas de inundaçāo.

[Tucci 2005] descreve que os mapas de inundaçāo de cidades são de dois tipos: mapas de planejamento e mapas de alerta. Os mapas de planejamento definem as áreas atingidas por cheias de tempo de retorno escolhidos. Enquanto que os mapas de alerta são preparados com valores de cotas em cada esquina da área de risco permitindo o acompanhamento da enchente por parte dos moradores, com base nas observações do nível de água em relação às réguas.

[Hora and Gomes 2009] No trabalho, os autores apresentam uma sistematização metodológica que é desenvolvida com base em técnicas de geoprocessamento, onde são apresentados na forma de mapas temáticos os produtos das técnicas utilizadas e a análise dos cruzamentos dos vários planos de informações com a área de risco de inundaçāo, sendo salientadas as várias possibilidades de uso da planta digital no estudo e apoio à tomada de decisão na condução da política urbana.

## **3. Metodologia**

O processo de criação do modelo de visualização de cotas de inundaçāo possui os seguintes passos e então detalhados na sequencia:

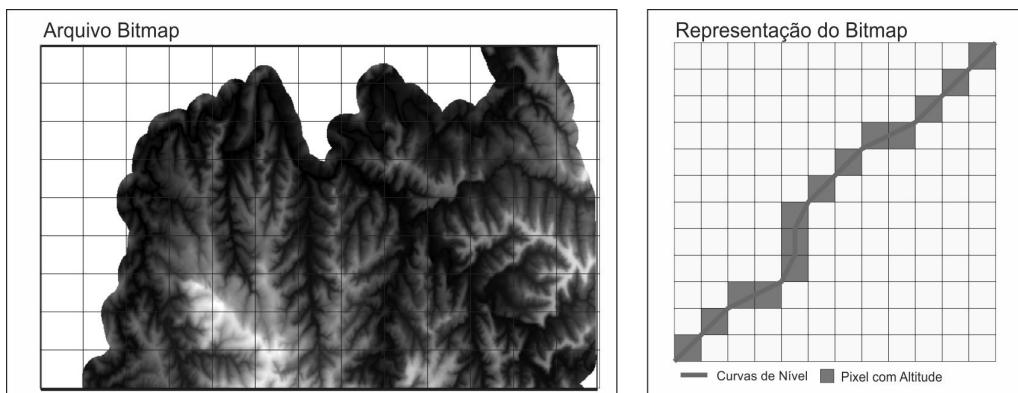


**Figura 2. Passos para criação do modelo proposto.**

Definição da área de estudo, é um passo muito importante no processo pois uma mesma cidade pode possuir cotas de altitude muito diferentes, Quanto maior a área de estudo corre o risco de uma distorção nos resultados.

Definição do arquivo *Bitmap*, o terreno é representado por uma matriz  $M(i, j)$ , composta por  $i$  colunas e  $j$  linhas e mais variáveis se necessário, que definem células, denominadas como *pixel* (*picture cell*). Ao se cruzarem cada pixel apresenta um valor referente ao atributo, além dos valores que definem o número da coluna e o número da linha, correspondendo, quando o arquivo está georreferenciado, às coordenadas x e y, respectivamente.

Como representado na figura 03, um arquivo *Bitmap*, cada célula contém informações, neste caso a informação utilizada foi a altitude de cada célula.



**Figura 3. Representação do Arquivo Bitmap.**

Para a edição dos dados cartográficos foi utilizado o *software* ARCGIS® que é um conjunto integrado de softwares de sistemas de informações geográficas produzido pela empresa americana ESRI (Environmental Systems Research)<sup>1</sup> que fornece ferramentas avançadas de análise espacial, manipulação de dados e cartografia.

Importando o arquivo *Bitmap* para ARCGIS®, para a criação de curvas de nível foi utilizado o comando “*Contour*” da pasta “*Raster Surface*” da caixa de ferramentas “*3D Analyst Tools*”. Utilizando como *input* o arquivo *raster* com “*Contour Interval*” de 0,5 metros, “*Base Contour (optional)*” de 0 metros e “*Z factor (optional)*” com base de 1 metro. Este processamento de dados foi capaz de gerar um arquivo *shapefile* contendo as curvas de nível já cotados. Neste caso utilizando o *Contour Interval* de 0,5, foi gerado as curvas de nível com diferença de 0,5 metros de altitude entre cada curva.

As curvas de nível são representadas na planta com determinada altitude entre cada curva de acordo com a precisão requerida. As curvas de nível são obtidas através da projeção horizontal da interseção do terreno com um plano horizontal, o que resulta em uma linha curva e que passa por todos os pontos do terreno que têm a mesma altitude. Formando assim uma sequência de curvas que representam o relevo de um terreno em um mapa plano como representada na figura 03.

Tendo como base o arquivo de curvas de nível foi possível a criação de um arquivo de polígonos cotados. Selecionando cada curva de nível de determinada altitude, e utilizando o comando “*Construct Polygons*” da caixa de ferramenta “*Advanced Editing*”, foi possível a criação de cada polígono com sua altitude já determinada.

Também foi utilizada uma função (“Generaliza”, da caixa de ferramentas “*Advanced Editing*”) para que o tamanho de cada arquivo fosse reduzido (em número de vértices), considerando a limitação das ferramentas de visualização de polígonos georreferenciados.

Após a exportação de todos os polígonos em arquivo e demais arquivos “*.kml*” foram importados para o Google Driver visando a criação de mapa a partir da ferramenta Google My Maps.

Utilizando a ferramenta de criação de mapas *on line* *Google My Maps*, foram criados todos os mapas digitais e arquivados na ferramenta *Google Driver*. Também nesta fase foi realizado uma breve pesquisa de fotos históricas de enchentes e as mesmas foram georreferenciadas. Com todos os arquivos armazenados, foi necessária a criação de um modo de exibição representado na figura 4.

---

<sup>1</sup><https://www.arcgis.com/features/index.html>



**Figura 4. Criação de Mapas online.**

Dispondo de todos os mapas armazenados no *Google Driver*, foi gerada a página web utilizando programação HTML, com a capacidade de visualizar cada curva de nível, mapa fotográfico e o mapa de risco.

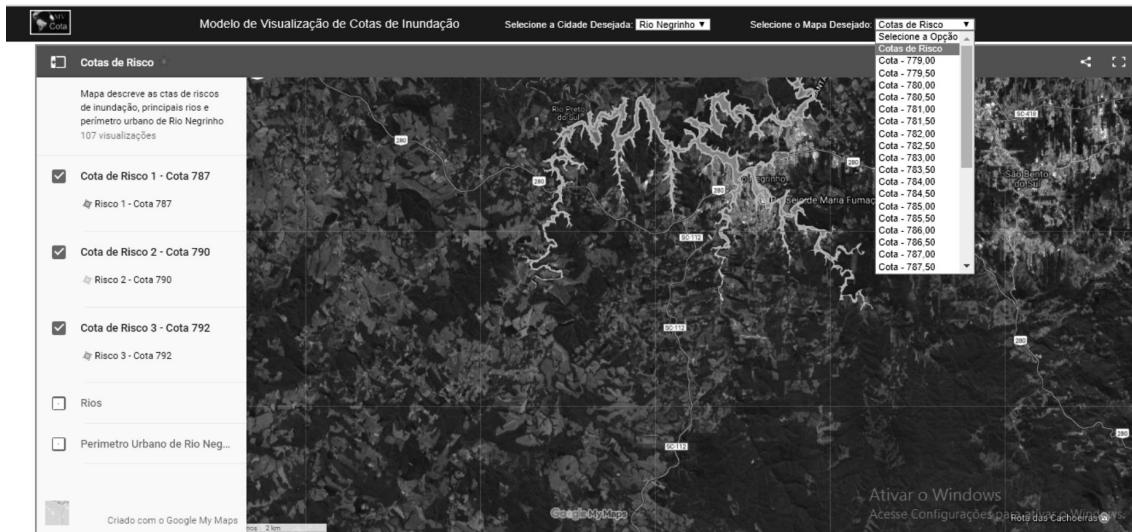
O modelo para visualização de cotas de inundação visa disponibilizar todos os mapas gerados de forma fácil e versátil em forma de páginas de internet. Originalmente programado para funcionar no navegador Chome da Google e no Mozilla da Firefox.

O Diferencial do modelo está na facilidade de construção, com base em um arquivo de dados *bitmap*, seguido do processamento de curvas de nível e construção de polígonos com sua altitude definida, torna possível a visualização de manchas de inundação. O modelo ainda possui um formato simples de visualização destas manchas de inundação.

O site possui uma interface simples, interativa, que facilita a geração e manipulação dos mapas a partir do modelo proposto.

A caixa de seleção da cidade permite o usuário do site selecionar a cidade desejada. Por se tratar de um modelo o site aponta apenas para a cidade de Rio Negrinho, o mesmo foi escrito de forma que possam ser incluídas mais cidades. Apenas após a escolha de uma cidade a caixa de seleção de mapa é ativada com os mapas da cidade selecionada como representado na figura 05.

Optando a cidade desejada (figura 5) é possível visualizar os mapas criados para cada cidade. Selecionando a cidade de Rio Negrinho imediatamente o mapa central passa a ser o da cidade com perímetro urbano e rios. Após é ativada a caixa de seleção de mapas onde estão disponíveis: o mapa de cotas de risco, mapas de cotas entre as 779 m até 794m, também está disponível um mapa fotográfico, e o mapa inicial.



**Figura 5. Visualização do Site**

Também é possível utilizar as ferramentas interativas. Na barra superior do mapa no canto direito é possível expandir a imagem para a tela inteira e compartilhar nas redes sociais. No canto inferior esquerdo é possível aumentar e diminuir o zoom do mapa selecionado. Também clicando na tela com o mouse o zoom é ativado. Outra forma de redimensionar é com o botão de rolagem do mouse.

No campo superior esquerdo está localizado o menu principal do mapa interativo. Este menu permite a ativação de cada mapa disponível. No canto inferior esquerdo é possível alterar o tipo de mapa de satélite, para mapa rodoviário.

Como exemplo no mapa de cotas de risco, está disponível a visualização dos mapas de cotas de risco 1, risco 2 e risco 3 que estão descritos no Plano Diretor da cidade de Rio Negrinho, também o mapa dos principais rios, perímetro urbano figura 5.

Na caixa de seleção de mapas, optando por uma cota o menu disponibiliza a cota desejada, os principais rios e perímetro urbano.

Quando a opção selecionada é o mapa fotográfico são disponibilizadas fotos por ano, as fotos estão georreferenciadas aproximadamente no ponto de onde a foto foi registrada. Clicando em uma foto no mapa ou no menu lateral a imagem é aberta no menu. Com um clicar do mouse na imagem ela abre em tela inteira.



**Figura 6. Visualização do Site - Mapa fotográfico**

#### 4. Considerações Finais

O presente trabalho apresentou um modelo de visualização de cotas de inundação para a cidade de Rio Negrinho, possibilitando localizar pontos de inundação, cotas de risco e fotos históricas de inundação.

É importante notar que a qualidade de trabalho depende principalmente da qualidade do arquivo *bitmap*, ou seja do tamanho do *pixel* deste arquivo. Quanto menor o tamanho do *pixel* melhor a qualidade da curva de nível obtida.

Apesar do mapeamento de risco de inundação por cotas de altitude não ser um modelo exato, ele é uma modelo de baixo custo de implantação, chegando muito perto dos modelos matemáticos complexos.

Este modelo além de replicação para outra cidades, pode utilizar outras cotas de inundação como as geradas por modelos matemáticos, para a disponibilização das manchas de inundação. O mesmo modelo possui melhor aplicação no caso de inundação por elevação de marés, ou até mesmo pode ser usado para a visualização de inundações por barragens.

#### Referências

- CHADE, J. Mudança do clima custou quase o PIB brasileiro. Estadão, 2012. Disponível em: [hhttp://www.estadao.com.br/noticias/impresso, mudanca-do-clima-custou-quaseo-pib-brasileiro-,886037,0.html](http://www.estadao.com.br/noticias/impresso, mudanca-do-clima-custou-quaseo-pib-brasileiro-,886037,0.html). Acesso em: 02 FEV. 2014.
- HORA, Silmara Borges da.; GOMES, Ronaldo Lima. Mapeamento e avaliação do risco a inundação do Rio Cachoeira em trecho da área urbana do município de Itabunaba. Sociedade Natureza, Uberlândia, p. 57 a 75, 2009.
- MARANDOLA, Eduardo Jr.; HOGAN, Daniel Joseph. Natural hazards: o estudo geográfico dos riscos e perigos. Ambiente & Sociedade, 2004.
- TUCCI, C. E. M. Gestão das inundações urbanas. Global Water Partnership. edição em arquivo digital. Brasília, 2005.