



**FABRICAÇÃO DIGITAL EMERGENCIAL DE UM MAPA
PLANIALTIMÉTRICO DE PELOTAS: UM APOIO À COMUNICAÇÃO E AO
PLANEJAMENTO DE AÇÕES DA DEFESA CIVIL EM MAIO/2024**

***EMERGENCY DIGITAL PRODUCTION OF A TOPOGRAPHIC MAP OF
PELOTAS: SUPPORT FOR CIVIL DEFENSE COMMUNICATION AND
ACTION PLANNING IN MAY/24***

ESLABÃO, Rafael Redü¹,
BRAGA, Karine Chalmes²,
JUNIOR, Edeimar Dias Xavier³,
DA SILVA, Samanta Quevedo⁴,
NUNES, Cristiane dos Santos⁵,
DA SILVA, Adriane Borda Almeida⁶,

1 Introdução

A crise climática que acometeu o estado do Rio Grande do Sul entre os meses de abril e maio de 2024, com enchentes nunca registradas antes nas regiões hidrográficas do guaíba e litoral foi um evento traumático para todo o estado do Rio Grande do Sul, com muitas cidades ficando quase inteiramente destruídas. A cidade de Pelotas, além de receber quantidades de chuva acima da média, com acumulado no período de 572,4 mm sendo a média histórica 201,0 mm conforme os dados do Instituto Nacional de Meteorologia, ainda recebeu as águas drenadas para a Laguna dos Patos, alguns dias depois, vindas da principal região hidrográfica atingida pelo excesso de águas, a do Guaíba. Tudo isto configurou uma situação bastante delicada, uma vez que parte da cidade é cercada por diques para evitar alagamentos e conta com um sistema de bombas para drenagem pluvial. A precipitação na zona urbana já havia causado transtorno com alagamentos pontuais e estragos em áreas próximas à mananciais. A drenagem urbana ficou dificultada e poderia ocorrer rompimento no sistema de diques que protege essas áreas.

¹ Centro Universitário Leonardo da Vinci, ORCID: 0009-0008-5026-1774, rafael.eslabao@outlook.com

² Universidade Federal de Pelotas, ORCID: 0009-0001-0438-916X, chalmes-karine@hotmail.com

³ Universidade Federal de Pelotas, ORCID: 0000-0002-3669-6527, ej1432@gmail.com

⁴ Universidade Federal de Pelotas, ORCID: 0000-0002-8925-3594, samantaq@outlook.com

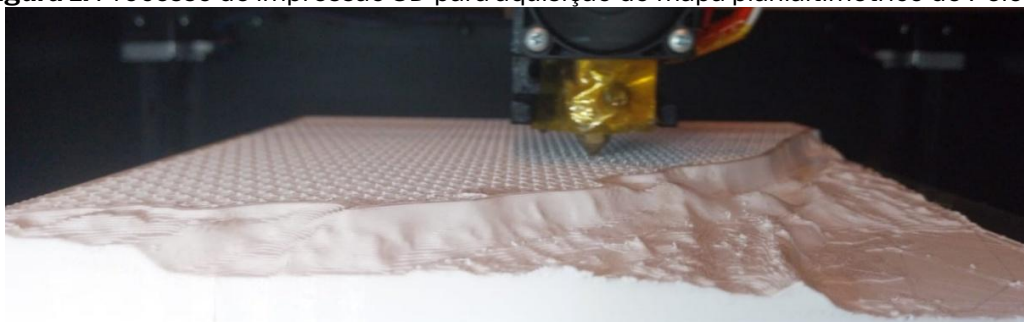
⁵ Universidade Federal de Pelotas, ORCID: 0000-0003-2297-8299, cristiane.nunes@outlook.com

⁶ Universidade Federal de Pelotas, ORCID: 0000-0001-6760-6566, adribord@gmail.com

Neste contexto, fora criada uma sala de situação composta por autoridades, representantes da sociedade civil, militares e universidades, com o propósito de planejar ações mitigatórias em caso de maiores problemas causados pelas águas. Pesquisadores da Universidade Federal de Pelotas, ali envolvidos, viram a necessidade da criação de um mapa planialtimétrico tridimensional físico da cidade. Segundo reportagem da RBS TV (2024), o mapa foi útil para facilitar a comunicação entre os integrantes da sala de situação sobre o estudo da possibilidade de alagamentos e de estratégias de acesso das equipes de resgate.

O Grupo de Estudos para o Ensino/Aprendizagem de Gráfica Digital da Faculdade de Arquitetura e Urbanismo da Universidade Federal de Pelotas (GEGRADI/FAUrb/UFPel) atendeu à demanda para a criação deste mapa, utilizando impressão 3D tipo FDM (Fig. 1). Neste trabalho, relata-se o processo de desenvolvimento do mapa, os desafios enfrentados e reflete-se sobre o papel dessa tecnologia no apoio a situações emergenciais.

Figura 1: Processo de impressão 3D para aquisição do mapa planialtimétrico de Pelotas



Fonte: Autores.

2 Desenvolvimento

O processo de elaboração do mapa planialtimétrico a ser impresso em 3D foi estruturado com uma divisão de tarefas levando em consideração a expertise de cada membro da equipe. Para coordenar as atividades, diversas reuniões on-line por videochamada foram realizadas, permitindo a participação ativa de todos, mesmo nos desafios específicos de áreas distintas. Dessa forma, apesar da fragmentação das etapas, o trabalho manteve-se colaborativo.

A concepção do mapa planialtimétrico das áreas de risco de Pelotas demandou um esforço considerável, principalmente devido à necessidade de dividi-lo em 31 partes para possibilitar a impressão 3D nas máquinas disponíveis e atender a dimensões adequadas para utilização.

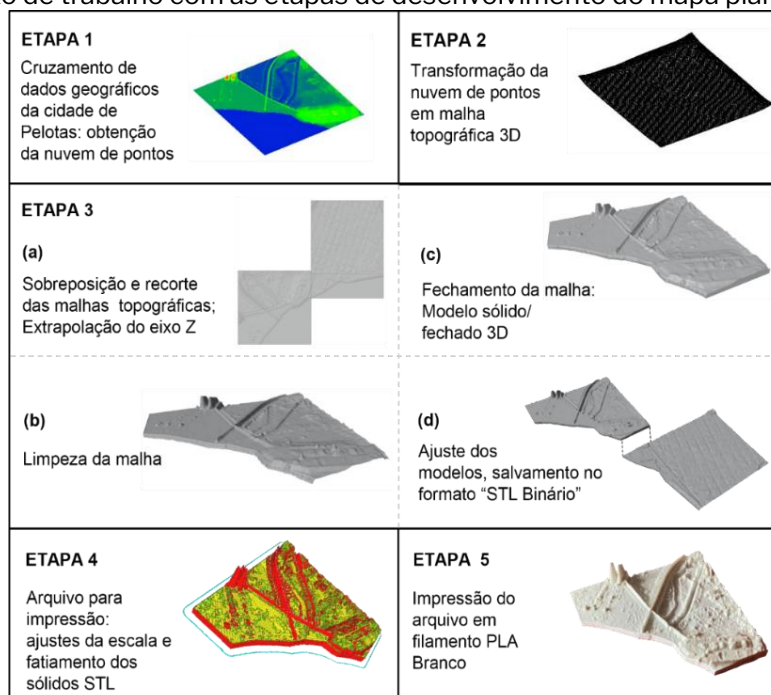
Essas exigências impactaram tanto o tamanho da equipe quanto o tempo total de impressão, dado o caráter urgente do produto. A equipe, composta por onze

colaboradores do GEGRADI, foi organizada conforme suas especialidades nas diferentes etapas do processo. A soma dos tempos de impressão de cada placa supera 210 horas, sem contar os erros de impressão e perdas de trabalho por quedas de energia elétrica.

2.1 Fluxo de trabalho

Os dados planialtimétricos da cidade de Pelotas foram disponibilizados pelos técnicos da UFPel presentes na sala de situação, quando também foi particularizada, pela defesa civil, a área urbana que abrange zonas de risco e que deveriam ser priorizadas na representação. Como ilustrado na Figura 2, o fluxo de trabalho seguiu cinco etapas, utilizando softwares específicos para processar dados do Sistema de Informação Geográfica (GIS) para convertê-los em nuvem de pontos, e, em malhas triangulares, para tratar e adequar estas malhas para a geração de modelos sólidos passíveis de serem impressos e comporem um jogo de peças para representar a região em sua planialtimétrica.

Figura 2: Fluxo de trabalho com as etapas de desenvolvimento do mapa planialtimétrico 3D



Fonte: Autores.

Na **primeira etapa** foi realizado o cruzamento de dados geográficos da cidade de Pelotas para a obtenção da nuvem de pontos com a longitude (x), latitude (y) e altitude (z). Na **segunda etapa** foi feita a transformação da nuvem de pontos em malha topográfica 3D. Essas duas etapas demandaram um conhecimento especializado, para resolver a interoperabilidade entre os formatos dos dados, e por isso foram realizadas por um único integrante do grupo com formação em ciência da

computação e especialidade em manejo com nuvem de pontos, o terceiro autor deste trabalho.

Na **terceira etapa** as malhas foram trabalhadas em um software de modelagem. Esse momento envolveu os processos de sobreposição e recorte das malhas topográficas, extrapolação medidas do eixo Z para facilitar as correções e o fechamento das malhas para formação de um sólido. Esses arquivos, formando modelos sólidos com parte superior com o relevo desejado, foram exportados em formato STL, adequado para a impressão 3D. Todo este processo envolveu uma equipe com seis pessoas. Um membro da equipe reuniu os modelos em um único arquivo, ajustando a altura das 31 partes do mapa planialtimétrico digital à medida que ficavam prontas, para o correto posicionamento.

Na **quarta etapa** foram executados últimos ajustes nos modelos e a impressão 3D. As escalas horizontais e verticais foram setadas (1:5000 e 1:300, respectivamente) objetivando otimizar o tempo de impressão e fornecer dimensões adequadas para visualização do relevo. Adicionou-se uma base de 1 cm abaixo de cada parte para prover resistência, principalmente aos modelos com menor espessura. A seguir, realizou-se o fatiamento de cada arquivo e a impressão 3D. Os modelos foram impressos por uma equipe de cinco membros, entre docentes e discentes.

Na **quinta etapa**, foi realizado o pós-processamento dos modelos impressos com a retirada de rebarbas e outros defeitos com uso de alicates de corte diagonal, alicates de manicure, lixas finas e manualmente, em locais mais delicados.

2.2 Entrega e montagem do mapa na sala de situação

As partes do mapa foram levadas para o 9º Batalhão de Infantaria Motorizada do Exército, onde estava localizada a sala de situação da defesa civil, conforme ilustrado na Figura 3. A impressão das placas foi iniciada pela região de maior risco de inundação e elas foram transportadas e montadas à medida que eram impressas e ficavam prontas. Dessa forma, o mapa planialtimétrico tridimensional completo da área de risco foi sendo construído progressivamente e concluído antes que o Canal São Gonçalo e a Laguna dos Patos atingissem suas cotas históricas (3,06 m e 2,88 m respectivamente).

Figura 3: (a) Da esquerda para a direita: Eduardo Leite (Governador do Estado), Paula Mascarenhas (então Prefeita de Pelotas), Isabela Andrade (então Reitora da UFPel) com o mapa planialtimétrico na sala de situação. (b) (1) Mapa parcial na sala de situação (2) Mapa do Estado do Rio Grande do Sul (3) Mapa da região sul do estado



Fonte: (a) ANDRADE, Isabela. Pelotas, 6 jun. 2024. Instagram: @bebelafa. Disponível em: <https://bit.ly/4bxMooY>. Acesso: 22 ago. 2025. (b) VASCONSELOS, Tássia. Pelotas, 29 mai. 2024. Instagram: @tassiavas. Disponível em: <https://bit.ly/4hMKDXy>. Acesso: 21 ago. 2025.

3 Considerações Finais

Frente à iminente possibilidade de uma inundação catastrófica em várias regiões da cidade, o conjunto da sociedade passou a atentar-se ao planejamento urbano e à crise climática, com o reconhecimento da planialtimétrica da cidade em relação às áreas de banhados e do conceito de áreas esponjas, que absorvem grandes volumes de água. A elaboração deste mapa foi um esforço multidisciplinar colaborativo envolvendo universidade, poder público e outros agentes, com intensão de aumentar a consciência em relação a áreas de possíveis alagamentos como contingenciar cenários de desastre, considerando possíveis falhas nos diques.

Sobre o processo de fabricação, devemos observar que todo o desenvolvimento não foi criado nesta, ou para esta situação, mas anteriormente, de forma fragmentada, para diversos usos em trabalhos acadêmicos em pesquisa, ensino e extensão. Assim, fora possível conectar e transpor as aplicações, antes dirigidas à documentação de patrimônio cultural edificado com superfícies complexas e à produção de modelos táteis para a comunicação acessível. A equipe envolvida articulou o conhecimento necessário para atender à demanda.

Em relação as medidas do mapa planialtimétrico 3D físico, a dimensão horizontal máxima de cada um dos 31 modelos foi de **20 cm x 20 cm**, escolhida para otimização do tempo de impressão e compatibilidade com a dimensão das impressoras resultando em uma **escala horizontal de 1:5000**. Já no plano vertical (altitude), foi feita uma extrapolação das dimensões possibilitando a impressão 3D adequada para o entendimento, pois o relevo é muto plano. A **escala vertical escolhida foi de 1:300**. A dimensão do mapa final, com as placas ordenadas conforme localização, em justaposição, é de 80 x 240 cm e a altura máxima 6,7 cm.

Houve problemas técnicos com as impressoras 3D devido a dificuldades financeiras para a manutenção, tendo sido resolvidos com soluções temporárias, possíveis por conta da especialidade do primeiro autor deste trabalho e pela contribuição de recursos financeiros da própria equipe.

Esta produção segue em desenvolvimento, sob o propósito de ampliar e qualificar o mapa planialtimétrico, com desdobramentos importantes, como o uso do mapa em ações educativas e em uma exposição permanente junto à Secretaria de Urbanismo de Pelotas, seguindo de apoio às reflexões sobre o planejamento urbano da cidade.

Esta grave crise climática foi para nós, além de tudo, um aviso: que o porvir poderá trazer eventos mais frequentes e severos diante das mudanças climáticas aceleradas, como aponta o último relatório publicado pelo Intergovernmental Panel On Climate Change (2023).

Por fim, agradecemos aos demais membros da equipe (GEGRA/FAUrb/PROGRAU/UFPel): graduandos Adriel Matielo, Aline Ferreira, Dener Machado, Luís Mombelli; Ma. Arq. Cláudia Andriele Freitas, Dra. Luísa Félix, Bach. em Ciência e Animação Maurício Montone, Dra. Tássia Vasconcelos; aos colaboradores Dra. Diuliana Leandro (PPGCamb/UFPel), Me. Arq. Otávio Peres (PósARQ/UFSC), Me. Arq. Otávio Viana (PROGRAU/UFPel) pelo trabalho desenvolvido.

Referências

INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA. **Históricos de Dados Meteorológicos**. Disponível em: <https://bit.ly/3Xsfy36>. Acesso em: 22 fev. 2025.

INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE. **Climate Change 2023: Synthesis Report**. Contribution of Working Groups I, II and III to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Genebra, Suíça: 2023. 184p. ISBN: 978-92-9169-164-7. DOI: 10.59327/IPCC/AR6-9789291691647.001.

RBS TV. **Bom Dia Rio Grande**: Exposição incentiva discussão sobre enchentes em Pelotas. RBS TV, 2024. 1 vídeo (3 min). Disponível em: <https://globoplay.globo.com/v/12734415/>. Acesso em 2 mar. 2025.