

# CARACTERIZAÇÃO DAS ÁREAS DE ALAGAMENTOS NA CIDADE DE PAU DOS FERROS – RN

Izabel Letícia Vieira Vilaça <sup>1</sup>

Franklin Roberto da Costa <sup>2</sup>

## Resumo

O acelerado crescimento urbano ocorrido nas cidades brasileiras fez surgir inúmeros problemas ambientais, como é o caso dos alagamentos. Nesse sentido, o presente trabalho objetivou o mapeamento dos principais pontos de alagamentos na cidade de Pau dos Ferros - RN. Realizou-se um levantamento bibliográfico sobre temas como alagamentos, geotecnologias e urbanização. O mapeamento dos pontos de alagamentos se deu tendo como suporte, o Software QGIS. Foram realizadas visitas à campo para a elaboração dos mapas temáticos com os pontos identificados e a verificação da drenagem da cidade produzida em laboratório. Concluiu-se que os alagamentos são originados da falta de políticas públicas no planejamento territorial, observados pela ausência e/ou deficiência na drenagem urbana, tendo como consequência, a insuficiência na vazão necessária para o escoamento das águas pluviais.

**Palavras-chave:** Alagamentos, Drenagem, Planejamento Urbano, Problemas Ambientais, Geotecnologias.

## CHARACTERIZATION OF FLOOD AREAS IN PAU DOS FERROS – RN CITY

### Abstract

The accelerated urban growth in Brazilian cities has raised numerous environmental problems, such as flooding. In this sense, the present work aimed to map the main points of flooding in Pau dos Ferros - RN city. A bibliographic survey was conducted on topics such as flooding, geotechnologies and urbanization. The flood points mapping was based on the QGIS Software. Field visits were made to elaborate the thematic maps with the identified points and the verification of the drainage of the city produced in the laboratory. It was concluded that the flooding stems from the lack of public policies in the territorial planning, observed by the absence and/or deficiency in the urban drainage, resulting in the insufficiency in the flow necessary for the flow of rainwater.

**Keywords:** Flooding, Drainage, Urban Planning, Environmental Problems, Geotechnologies.

---

<sup>1</sup>Graduada em Geografia pela Universidade do Estado do Rio Grande do Norte – Campus Pau dos Ferros. E-mail: izabelleticia1@hotmail.com.

<sup>2</sup>Professor adjunto do Departamento de Geografia da Universidade do Estado do Rio Grande do Norte – Campus Pau dos Ferros. E-mail: franklincosta@uern.br.

## CARACTERIZAÇÃO DE ZONAS INUNDADAS EN LA CIUDAD DE PAU DOS FERROS - RN

### Resumen

El crecimiento urbano acelerado en las ciudades brasileñas ha planteado numerosos problemas ambientales, como las inundaciones. En este sentido, el presente trabajo tuvo como objetivo mapear los principales puntos de inundación en la ciudad de Pau dos Ferros - RN. Se realizó un estudio bibliográfico sobre temas como inundaciones, geotecnologías y urbanización. El mapeo de los puntos de inundación se basó en el software QGIS. Se realizaron visitas de campo para elaborar los mapas temáticos con los puntos identificados y la verificación del drenaje de la ciudad producido en el laboratorio. Se concluyó que las inundaciones se derivan de la falta de políticas públicas en la planificación territorial, observada por la ausencia y/o deficiencia en el drenaje urbano, resultando en la insuficiencia en el caudal necesario para el flujo de agua de lluvia.

**Palabras clave:** Inundaciones, Drenaje, Urbanismo, Problemas Ambientales, Geotecnologías.

### INTRODUÇÃO

Desde a metade do século XX e início do século XXI, várias cidades brasileiras apresentaram uma acelerada elevação populacional. Oliveira (1998, p.2) destaca que essa elevação acelerada influenciou no desencadeamento de impactos ambientais negativos, vinculados à ausência de planejamento para subsidiar o processo de expansão urbana.

Um dos fatores que confirmam a afirmativa anterior é explicado pelo desenvolvimento urbano das cidades brasileiras, que se iniciou próximo às margens dos rios, com o objetivo de usá-lo como deslocamento de mercadorias e indivíduos, em que o gado trilhava o curso do rio quando estava cheio. Segundo Costa (2010), com os avanços tecnológicos e econômicos, a cidade passou a ser o espaço da produção econômica e social, seja pelo comércio ascendente, como também pela instalação de serviços básicos, ligados às áreas da saúde, educação e lazer.

As consequências geradas, anteriormente e atualmente, por este avanço considerado acelerado, refletiram diante da infraestrutura urbana, ocasionando impactos sociais, econômicos e ambientais, em função do uso inadequado do meio físico no qual se instalaram (SATHLER, et al 2009).

Alguns dos impactos causados pelo processo desordenado de ocupação urbana se dá por razões ligadas à drenagem superficial. As enchentes, alagamentos e inundações são alguns dos

problemas geoambientais perceptíveis nessas áreas, causados pelo aumento do escoamento superficial em épocas chuvosas, em virtude da impermeabilização do solo, sendo, portanto, resultado das ações antrópicas e do processo de urbanização sem o planejamento adequado.

Na cidade de Pau dos Ferros, localizada na região Oeste Potiguar, não foi diferente. Os canais do rio Apodi-Mossoró e do riacho Cajazeiras vêm passando, nas últimas décadas, por um processo de ocupação urbana contínuo, seja por residências ou por estabelecimentos comerciais como, por exemplo, o centro da cidade. Outro ponto agravante foi o aumento significativo do êxodo rural nas últimas décadas, em que intensificou o processo de urbanização, originando bairros habitacionais relativamente novos, sem o devido planejamento urbano e próximo aos leitos dos rios.

Anualmente, com as chuvas muito intensas que ocorrem em um período de tempo curto (chuvas torrenciais), geralmente nos períodos de janeiro a maio, ocorreram inúmeros alagamentos em vários pontos da cidade. Tais problemas, proporcionaram significativos transtornos e perdas materiais para os moradores e comerciantes da cidade, tendo em vista que, em um primeiro momento, os impactos são sentidos de forma mais rápida nos locais que possuem maior circulação de pessoas, como é o caso das vias públicas, e em outros setores pela dificuldade observada na mobilidade urbana.

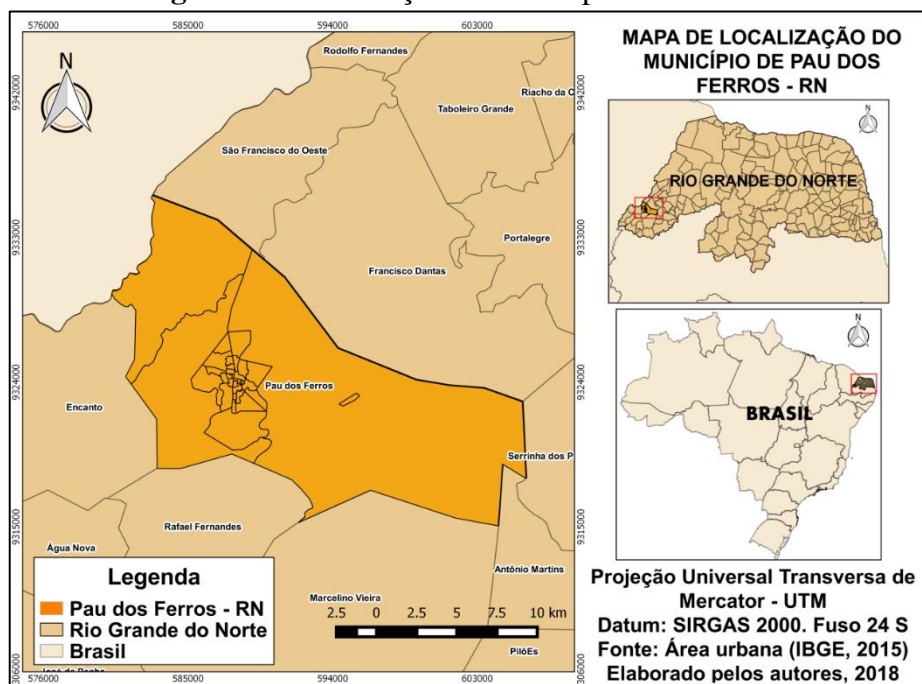
Nesse sentido, diante do que foi observado e vivenciado na cidade de Pau dos Ferros, localizada na região Oeste Potiguar, surgiram várias inquietações relacionadas às causas e consequências dos alagamentos frequentes que ocorrem na cidade, há muitos anos, nos períodos chuvosos; e ainda o desejo de realizar o mapeamento dessas áreas de risco, a partir do uso das geotecnologias, utilizadas como ferramentas para a identificação e controle das áreas de riscos, além de servir como auxílio para a gestão urbana e ambiental da cidade de Pau dos Ferros.

Diante do exposto, o presente trabalho procurou identificar as principais áreas de alagamento na cidade de Pau dos Ferros, decorrentes das precipitações anuais. Para alcançar esse objetivo, foi necessário elaborar um Banco de Dados Geográficos em ambiente SIG; identificar as possíveis causas e consequências dos alagamentos na cidade de Pau dos Ferros; elaborar mapas temáticos referentes às áreas de riscos de alagamentos presentes na cidade e propor soluções para a problemática identificada.

## CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

O município de Pau dos Ferros obteve na última estimativa da população, aproximadamente 30 mil habitantes (IBGE, 2017) (FIGURA 01).

**Figura 01.** Localização do município de Pau dos Ferros



Fonte: Elaborado pelos autores.

Localizada na porção oeste do estado Potiguar, tem uma área total de 259,96 km<sup>2</sup>, equivalente a 0,52% da superfície estadual, com uma área urbana de aproximadamente 5 km<sup>2</sup>, distante 400 km da capital Natal. É um município eminentemente urbano, uma vez que mais de 90% de sua população reside em sua sede e sua economia é sustentada pelo setor terciário (comércio, serviços públicos e privados).

O município é caracterizado por um clima muito quente e semiárido, com estação chuvosa atrasando-se para o outono. A pluviometria anual é de aproximadamente 720 mm, (IDEMA, 2003).

Os aspectos geológicos da cidade de Pau dos Ferros possuem muitas variações, tendo maior predominância da formação Jaguaretama por toda parte central a leste do município. Toda formação geológica teve seu embasamento cristalino com a presença de rochas bastante

resistentes, ou seja, compreende um mega cinturão formado no final do Pré-Cambriano, pela colisão de blocos continentais e micro continental (CPRM, 2010).

No tocante à Geomorfologia, a Depressão Sertaneja se faz presente de duas formas, tabulares e convexas. É marcada por apresentar formação proporcionada pelos processos de acumulação de sedimentos e aplainamento do relevo. Suas características topográficas variam de plana a levemente ondulada. Na sua composição litológica, há substrato com rochas do tipo metamórfica, resultantes da era Pré-Cambriana (MAIA e BEZERRA, 2014).

O município é considerado um dos principais polos regionais do estado, por agregar serviços públicos relacionados à educação nos diferentes níveis: médio, técnico, superior e pós-graduações, além de serviços públicos e privados de saúde, como também pelos produtos oferecidos pelo comércio local.

Pau dos Ferros teve sua origem devido à circulação mercantil e, principalmente, pelo crescimento da pecuária através dos caminhos que o gado percorria (CLEMENTINO, 1995). Segundo Dantas (2014), o povoamento se deu, inicialmente, em 1733, com uma trilha feita por vaqueiros e viajantes em busca de acesso à Província do Ceará. Essa trilha seguia um curso d'água sempre cheio no período chuvoso (janeiro a junho) e que viria a ser denominado Rio Apodi.

De acordo com o IBGE (2017):

A origem do topônimo Pau dos Ferros assim é explicada por Luís da Câmara Cascudo, com apoio na tradição oral sertaneja: os vaqueiros que transitavam pela zona e tinham por hábito repousar à sombra das frondosas oiticicas, que se erguiam à beira de pequena lagoa, gravavam no tronco de uma delas, com ferro em brasa, as marcas das respectivas fazendas, a fim de torná-las conhecidas, facilitando assim a identificação das reses tresmalhadas. A árvore ficou conhecida como Pau dos Ferros, nome que se estendeu à fazenda e, posteriormente, à freguesia e ao Município. O "pau-dos-ferros", comum a várias zonas pastoris, - acentua aquele escritor - constitui uma das mais curiosas instituições solidaristas do Nordeste (IBGE, 2017).

A árvore oiticica, que ficou famosa e deu nome à cidade, estava localizada nas proximidades do rio Apodi-Mossoró. No lugar tem-se um monumento em sua homenagem: o Obelisco, que está localizada em uma praça no centro da cidade.

Como consequência direta da construção da cidade às margens do rio nos dias atuais, observa-se a ocorrência de alagamentos frequentes em épocas chuvosas, que se dão entre os meses de janeiro e maio, proporcionando prejuízos para a população residente em áreas próximas ao leito do rio Apodi e do riacho Cajazeiras, consideradas de riscos (COSTA et al, 2013). Isso ocorre devido à falta de planejamento urbano e o crescimento desordenado da

população, tendo em vista que, para Sartori (2008, p.2), “os alagamentos em áreas urbanas são frutos das fortes chuvas sobre um ambiente extremamente urbanizado e solo intensamente impermeabilizado.

## REFERENCIAL TEÓRICO

O aumento do contingente populacional urbano e suas necessidades básicas como moradia, principalmente, faz refletir sobre os inúmeros problemas socioambientais que são acentuados por várias cidades no país. Nesse sentido, determinados usos e formas de ocupação da superfície terrestre aumentam a impermeabilidade do solo e, conseqüentemente, o escoamento superficial e a acumulação de água nas áreas mais planas e de topografia favorável em períodos chuvosos (OLIVEIRA, 2007).

Mendonça (2004, p. 140) destaca que,

O processo de urbanização atingiu, no final do século XX e início do XXI, índices bastante elevados, resultando que na atualidade a população do planeta é, majoritariamente, urbana. Esta condição engendra uma série de novos e complexos problemas para a compreensão e gestão do espaço e da sociedade urbana, sendo que aqueles de ordem socioambiental encontram-se destacados no contexto das cidades, particularmente daquelas de países em condições socioeconômicas de alta complexidade, como é o caso do Brasil (MENDONÇA, 2004, p. 140).

Diante das problemáticas ambientais que se fazem presentes nos municípios brasileiros, os alagamentos, as inundações e as enchentes surgem, nesse cenário, como os mais preocupantes, por serem mais frequentes nas cidades brasileiras. A diferenciação entre eles pode ser observada na figura 02.

**Figura 02.** Perfil esquemático de enchente, inundação e alagamento



Fonte: Defesa Civil de São Bernardo dos Campos – SP (2011).

Segundo Maia (2009, p. 20), “existe uma pequena confusão conceitual quando se designa ao fenômeno hidrológico de inundação, sendo este um fenômeno geomorfológico que ocorre no período de cheia, quando as águas fluviais extravasam o canal fluvial, inundando a região”. Ainda de acordo com Maia (2009), a “cheia” do curso fluvial é o termo técnico correto para descrever essa ação fluvial. No entanto, a “enchente” foi um termo popular também assimilado pela ciência e considerada um sinônimo de inundação.

Nesse caso, as enchentes são consideradas como resultado da dinâmica dos sistemas naturais na superfície terrestre, onde as águas alcançam o limite máximo do leito do rio, provocando grandes alterações no espaço geográfico. Para Lima e Amorim (2014), essa dinâmica não se restringe apenas ao aumento da vazão que leva à enchente, mas também aos movimentos atmosféricos, aos processos geomorfológicos e, principalmente, às repercussões ocorridas nas áreas afetadas pelas enchentes, em especial nas áreas urbanas situadas às margens dos rios, onde a ocorrência das enchentes são consideradas frequentes.

Então, as enchentes, quando analisadas pelos aspectos climáticos, possuem uma abordagem diferenciada da estudada em pesquisa da ciência geomorfológica. Nessa perspectiva, Wollman e Sartori (2008, p.2) afirmam que “as enchentes passam a ser vistas como azares da natureza, os quais o homem está frequentemente submetido e, nesse ínterim, prevenir-se das catástrofes passa a ser um dos grandes objetivos da relação dos seres humanos com o clima”.

Já os alagamentos, para Wollman e Sartori (2008, p.2), “estão restritos, na maioria das vezes, em áreas urbanas, sendo ocasionado pelas fortes chuvas sobre um ambiente extremamente urbanizado e solo intensamente impermeabilizado”. O Ministério das Cidades/IPT (2007) complementa, ao definir alagamento como o acúmulo momentâneo de águas, em uma dada área por problemas no sistema de drenagem, podendo ter ou não relação com processos de natureza fluvial.

De acordo com Grilo (1992), os alagamentos ocorrem, de modo geral, em áreas planas ou com depressões e fundos de vales, com o escoamento superficial comprometido pela topografia e falta ou insuficiência de um sistema pluvial no ambiente urbano. Portanto, quanto menor a extensão de áreas verdes, menor a infiltração de água no solo que alimenta os aquíferos suspensos, causando menor auxílio para o escoamento superficial, as quais poderiam atenuar as causas dos alagamentos (TEODORO; NUNES, 2007).

Pereira e Silva (2007) vêm afirmar que eles ocorrem, principalmente, devido ao desmatamento, à pavimentação do solo, às construções, aos movimentos de terra e aos aterros de reservatórios e de curso d'água, aumentando assim, a frequência e a magnitude das enchentes e alagamentos, que somados ao processo natural no qual compreende o volume da água do rio, transborda até o leito maior da planície de inundação, atingindo as habitações que ocupam áreas inapropriadas à ocupação humana. Como também foi destacado por Costa (2010, p.24):

A remoção do solo e/ou da cobertura vegetal, a emissão de resíduos sólidos e a impermeabilização das superfícies são responsáveis pelo aumento das vazões máximas dos canais e condutos que escoam as águas precipitadas nas cidades. O resultado direto destes fatores é o transbordamento das águas. A lavagem das ruas, o transporte de material sólido e as ligações clandestinas de esgoto cloacal e pluvial realizados pelas águas do transbordamento deterioram a qualidade das águas superficiais e subterrâneas.

Entende-se que o mapeamento de áreas suscetíveis aos alagamentos constitui-se uma ferramenta importante para o controle e prevenção, além de possibilitar a tomada de decisões emergenciais em casos extremos. A elaboração de mapas, utilizando ferramentas de geoprocessamento, contribui para a espacialização mais precisa dos eventos, além de propiciar mais alternativas para análise de fenômenos naturais e antrópicos, ligadas, principalmente, ao tipo de uso e cobertura da terra na superfície (FLORENZANO, 2002).

A utilização de tecnologias de Geoprocessamento, como o SIG, pode levar os profissionais que trabalham com o espaço urbano a uma leitura mais próxima da realidade, e à definição de alternativas que auxiliem no planejamento e na tomada de decisões (ROCHA, 2013). Além disso, o armazenamento praticamente ilimitado de informações, além das inúmeras possibilidades de cruzamentos entre as mesmas, mostra o quão útil pode ser o emprego de técnicas do geoprocessamento na execução de trabalhos e pesquisas nesse campo de atuação (OLIVEIRA, 2007).

Destacam-se muitos autores que já dispõem de estudos utilizando as geotecnologias, como é o caso de Neto et al. (2014) e Silva & Cavalcante (2010), que desenvolveram trabalhos ligados à identificação das áreas vulneráveis de alagamento pluvial, propondo indicar as áreas vulneráveis à ocorrência de alagamentos por águas pluviais, baseados nas relações topográficas planialtimétricas e nos fluxos de drenagem.

O trabalho de Silva e Cavalcante (2010) teve como primeira etapa o mapeamento do entorno do Campus Central do IFRN, e posteriormente em toda a capital potiguar. Foi possível



concluir que existe uma quantidade de pontos vulneráveis bastante significativos. Segundo os autores, os fatores que causam os alagamentos podem ser generalizados: topografia favorável, com geometria côncava em vias coletoras de fluxo, e impermeabilização do solo, com número expressivo de cobertura pavimentada e pouca área permeável.

Outro trabalho com essa mesma temática foi desenvolvido na cidade de Niterói –RJ, por Neto et al. (2014), intitulado “Identificação de Áreas Susceptíveis a Eventos de Alagamento no Município de Niterói – RJ”, cujo objetivo foi identificar as áreas susceptíveis a alagamentos no município, por meio de ferramentas de geoprocessamento. Para a identificação de tais áreas foi gerado um mapa com a distribuição espacial das áreas alagadas.

Os resultados foram gerados tendo como metodologia a análise multicriterial, com o uso de dados extraídos do Modelo Digital de Elevação – MDE, a partir dos dados TOPODATA (VALERIANO, 2004) e de mapas de uso e cobertura da terra, construídos por Seabra et al. (n.d.), seguindo a metodologia baseada na pesquisa de Rodrigues (2012) e Lagoeiro et al. (2013), que utilizaram análises multicriteriais, buscando a construção de um modelo de susceptibilidade a alagamentos. A partir do uso de geotecnologias, permitiu-se uma investigação integrada, envolvendo diversas variáveis, que possibilitaram a identificação de áreas de maior susceptibilidade a alagamentos.

## METODOLOGIA

Para alcançar os objetivos propostos, o presente estudo foi dividido em 4 (quatro) etapas: Levantamento de dados bibliográficos; levantamento dos dados secundários; levantamento de campo (dados primários) e a construção do Banco de Dados Geográficos – BDG.

A primeira etapa da pesquisa consiste no levantamento de uma bibliografia base que auxiliou na preparação das ideias apresentadas. Para tanto, foi realizada uma busca bibliográfica por meios digitais, de trabalhos acadêmicos (artigos científicos, livros, revistas, mapas e dados secundários), seguindo a mesma temática.

Em seguida, realizou-se uma consulta na plataforma digital do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE, com a finalidade de encontrar dados estatísticos que comprovem o crescimento urbano da área delimitada para o desenvolvimento desse estudo, além de visita a secretaria de obras da cidade, em busca de informações relacionadas ao controle e prevenção dos alagamentos que ocorrem na cidade.

A segunda etapa consistiu na realização de busca de dados secundários referentes ao Modelo Digital de Elevação – MDE, extraídos dos dados TOPODATA da área de estudo, da folha 06S39\_, em formato raster. Obteve-se, também, dados vetoriais referentes aos limites do município e da área urbana de Pau dos Ferros, no site do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE. Os últimos dados obtidos foram os arquivos vetoriais referentes ao tema hidrografia, obtidos na Secretaria de Meio Ambiente e Recursos Hídricos – SEMARH/RN. Esses dados foram tratados por meio do Sistema de Informação Geográfica – SIG no software QGIS Essen 2.14.

A terceira etapa foi a realização da visita de campo nos locais de alagamentos. Os pontos foram identificados com o objetivo de conhecer as áreas de riscos que foram previamente identificadas no mapa hipsométrico, a fim de obter registros fotográficos com a câmera do celular, das ferramentas que os moradores construíram para reter a água nos períodos chuvosos, e marcar as coordenadas com o auxílio do GPS de navegação GARMIN Etrex Venture para a construção do mapa de localização das áreas que são alagadas nos períodos chuvosos.

Os produtos cartográficos foram organizados no Sistema de Referência Unidade Transversa de Mercator, Datum Horizontal SIRGAS 2000, Fuso 24 Sul. Em seguida, foi construída uma planilha no Excel com as coordenadas UTM, com a identificação dos logradouros, tipos de alagamentos, causas e consequências dos alagamentos que ocorrem em cada ponto identificado para alimentar o Banco de Dados Geográficos em Ambiente SIG.

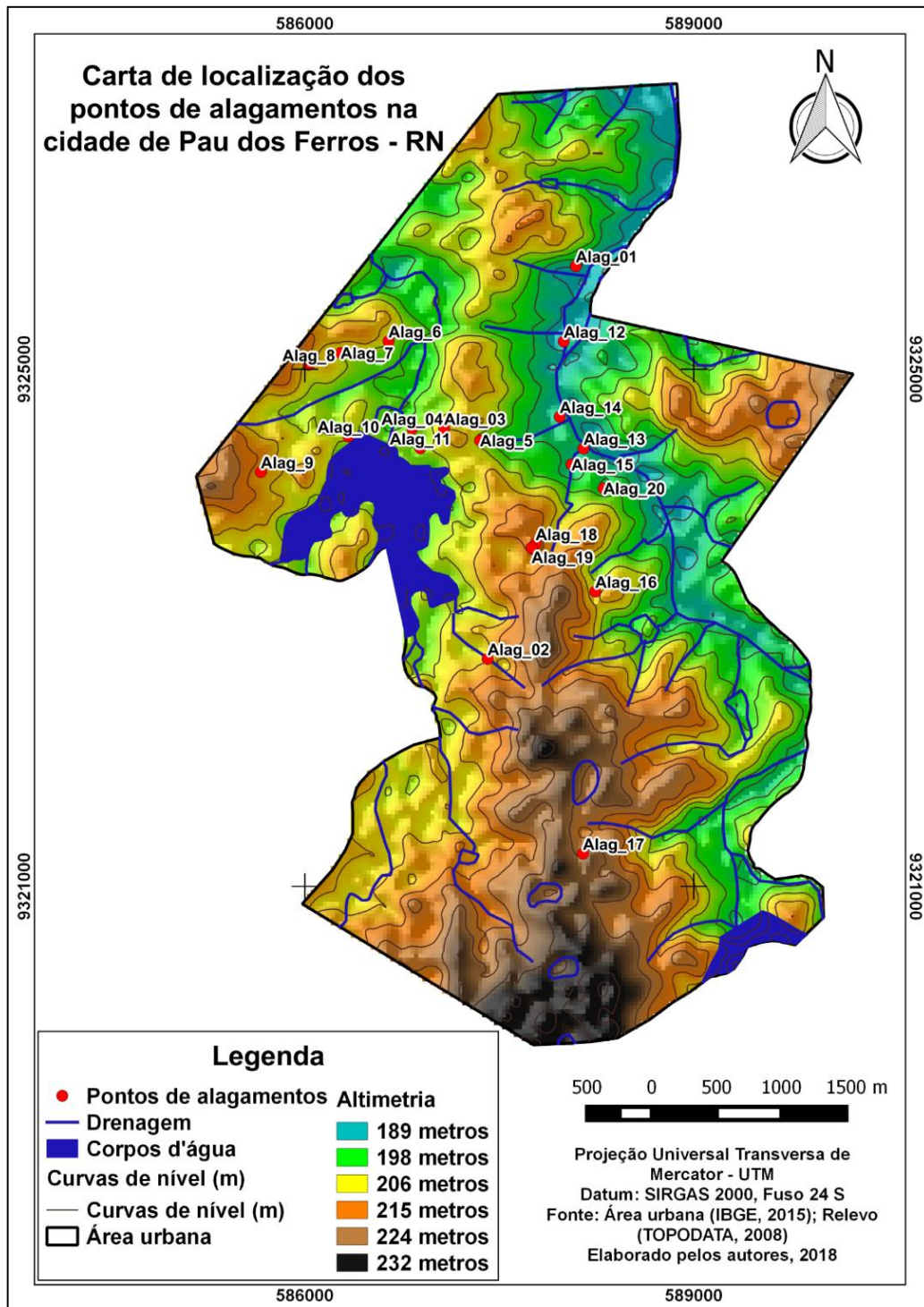
Para a construção do Banco de Dados Geográficos - BDG foi realizada a obtenção das cartas topográficas e dados TOPODATA da área de estudo, em formato vetorial e raster, respectivamente, ideais para serem trabalhadas em ambiente computacional. Esses dados foram trabalhados no Sistema de Informação Geográfica- SIG QGIS Girona 3.0 e na sequência, foram criados planos de informações, mapeando a área urbana do município de Pau dos Ferros e classificando as áreas de alagamentos, utilizando-se de imagens obtidos no Google Earth (2020), com escala de 1:25.000, aberto em ambiente SIG, através do pluginopenlayersplugin existente no SIG QGIS Girona 3.0.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Observou-se que os pontos de alagamentos são originados por diferentes fatores, gerando grandes danos para a população de forma geral, como mostra a figura 03 e a tabela 01. Os alagamentos ocorrem com frequência nos períodos chuvosos que são de janeiro a maio,

decorrentes da impermeabilização do solo, da drenagem insuficiente e da ocupação desordenada próximo ao leito do rio Apodi – Mossoró, Açude 25 de Março e córregos formados pela passagem da água nos períodos chuvosos.

**Figura 03.** Localização dos pontos de alagamentos identificados em Pau dos Ferros



Fonte: Elaborado pelos autores, 2018.

**Tabela 01.** Logradouros que sofrem com os alagamentos

<b>Código</b>	<b>Logradouro</b>	<b>Bairros</b>	<b>Coord. X</b>	<b>Coord. Y</b>
Alag_01	Rua Joana de Castro Feitosa	João XXIII	588091	9325798
Alag_02	Rua José Paulino do Rêgo	João XXIII	587998	9325215
Alag_03	Rua Brasil	Nações Unidas	587411	9322759
Alag_04	Rua da Padaria	Nações Unidas	587178	9322374
Alag_05	Rua Severino Rêgo	25 de março	587075	9324541
Alag_06	Rua José Romualdo de Paiva	25 de março	586829	9324541
Alag_07	Rua Vinte e Cinco de Março	25 de março	587352	9324448
Alag_08	Rua Benedito Sampaio	Carvão	586646	9325217
Alag_09	Rua Sem denominação	Carvão	586277	9325126
Alag_10	Rua Sem denominação	Carvão	586031	9325034
Alag_11	Rua Maria Edite	Riacho do Meio	585661	9324205
Alag_12	Rua Joel Praxedes	Riacho do Meio	586337	9324481
Alag_13	Rua Francisco do Rego Leite	Riacho do Meio	586891	9324388
Alag_14	Rua Dom Pedro II	Centro	588151	9324386
Alag_15	Rua Bevenuto Fialho	Centro	587967	9324632
Alag_16	Rua Tabelaio João Tomaz de Aquino	Centro	588058	9324263
Alag_17	Av. Independência (posto 2º melo)	Centro	587906	9324816
Alag_18	Av. Independência (hospital centenário)	Centro	587843	9324233
Alag_19	Rua Dr. José Torquato de Figueiredo	Manoel Deodato	588304	9324078
Alag_20	Rua Carloto Távoras	São Benedito	587965	9323618

Fonte: Dados coletados em trabalho de campo com GPS garminfrix.

Identificou-se também que os alagamentos existentes se dão pela deficiência na drenagem urbana, produzidos pela deficiência no escoamento pluvial que pode ocorrer de forma isolada ou combinada (TUCCI, 2008).

Desse modo, alguns pontos identificados pelo risco de alagamentos se deram por relatos de moradores e pela visualização de mecanismos adotados para reter a água, como calçadas elevadas, construção de meios-fios mais altos e afastados das calçadas.

Como pode ser observado na figura 04, que são os mecanismos adotados pelos moradores para contenção das águas dos alagamentos. A) calçadas construídas com uma altura bem considerável (Bairro Carvão), B) e C) meios fios afastados das calçadas como uma forma de conter a água das precipitações (Conjunto Manoel Deodato).

Dos 20 pontos de alagamentos identificados, 05 (cinco) são do tipo instantâneo, ou seja, alagam rapidamente quando as chuvas são iniciadas, como é o caso do ponto 14, que se deu pela ocupação indevida próximo ao leito do rio Apodi-Mossoró, aliado à impermeabilização do solo e à drenagem insuficiente para escoamento da água localizados por trás do Supermercado Queiroz, na rua Dom Pedro II.

**Figura 04.** Mecanismos adotados para conter a água

Fonte: Elaborado pelos autores.

No ponto 14, o acúmulo da água se estende pela rua e acaba invadindo estabelecimentos residenciais e comerciais, causando perdas materiais para os proprietários e também à obstrução da via pública, impossibilitando o tráfego por horas. É válido ressaltar também a dificuldade de carga e descarga de mercadorias dos estabelecimentos comerciais que ocorrem nesse logradouro.

Os pontos 15 e 16 foram identificados como susceptíveis pelos mesmos motivos do ponto 14. No entanto, o ponto 15 é considerado mais grave pelo acúmulo duradouro da água quando o rio Apodi-Mossoró está no período de cheia, pois a água fica acumulada e não consegue seguir o fluxo do rio pela drenagem natural. Além disso, o local é facilmente alagado devido à impermeabilização do solo. O resultado é que chuvas de pouca intensidade já são suficientes para deixar os comerciantes ilhados.

Nesses pontos também ocorrem inundações (figuras 04 e 05), que segundo Rocha (1995) é necessário haver uma cheia que provoque o transbordamento do leito normal, ou leito menor do rio. Este transbordamento (ou seja, inundação) ocorre a partir de condições meteorológicas e hidrológicas e seus impactos são classificados em naturais e artificiais (SILVA e BARBOSA, 2007).

**Figura 04 e 05.** Alagamento e inundação que ocorreram no ponto 14 no ano de 2008.



Fonte: Blog do João Moacir (2008).

Com o acúmulo da água, as vias de tráfego, os estabelecimentos comerciais, os feirantes e o Açougue Público da cidade ficam impossibilitados de serem frequentados pelos consumidores, gerando prejuízos financeiros aos proprietários, além de propiciar a proliferação de mosquitos e animais causadores de doenças.

O ponto 15 gera a obstrução do logradouro, dificultando o tráfego de automóveis e pedestres, além da invasão da água nas residências gerando perdas materiais aos moradores.

Os pontos 01 e 02 sofrem diretamente com os alagamentos anuais, segundo relatos de moradores, devido a rua ser próxima às margens do rio Apodi, tendo como resultado a invasão da água nas residências, causando transtornos e prejuízos materiais à população desse bairro.

Já nos pontos 05, 06, 10, 11, 12 e 13, localizados próximos ao açude 25 de março e no bairro Carvão, os alagamentos são gerados pela ocupação inapropriada de áreas próximas à drenagem das águas do riacho Cajazeiras em direção ao açude nos períodos de chuvas, e agravados nos períodos de cheias, tendo em vista que os alagamentos são frequentes em quase todas as ruas do bairro Carvão e são intensificados pela drenagem ineficiente.

Algumas medidas já foram tomadas pela Secretaria Municipal de Obras para a contenção da água até o término do período chuvoso. Porém, ainda não é possível comprovar se essas medidas serão suficientes para solucionar os problemas decorrentes desses alagamentos.

Outro fator que acentua a ocorrência dos alagamentos nesse local é a própria localização geográfica que se encontram nos pontos 08, 09 e 10. O relevo ondulado apresenta áreas com algumas ruas mais íngremes, propiciando a drenagem acelerada da água da chuva para as ruas

mais baixas. A drenagem percorre o bairro e leva as águas para o açude 25 de março nos períodos de cheias, transbordando e causando alagamentos, bem como inundações ao seu redor. No entanto, desde quando o bairro foi construído, o açude ainda não atingiu o seu limite máximo de capacidade e os problemas dos alagamentos ainda não se apresentaram mais graves.

Do total de pontos identificados como propícios a alagamentos, 15 (quinze) são causados pela deficiência na drenagem pluvial e estão bem distribuídos pela cidade. Nos pontos 17, 18, pôde-se observar uma sequência lógica dos pontos que se localizam ao longo da mesma avenida, em que um ponto de alagamento vai dando origem aos demais, sendo causados pela falta de planejamento urbano, decorrentes dos desníveis na avenida e, principalmente, pela impermeabilização do solo e deficiência na drenagem pluvial, gerando transtornos na avenida e complicação no tráfego de automóveis.

Fato parecido ocorre na avenida Alagado, na cidade de Santa Maria – DF, em que, segundo Braga (2016, p. 28)

É possível notar nos principais pontos o desnível entre as ruas e avenidas em relação aos loteamentos. Isso promove a concentração do fluxo do escoamento superficial, a que torna as ruas verdadeiros rios em dias de eventos de chuva extrema. A saturação dos sistemas convencionais de drenagem da Santa Maria também ficou evidente a partir dos problemas enfrentados. Apesar de o sistema ser implantado, é ineficiente diante do nível de impermeabilização do solo e da expansão urbana. O sistema não suporta os eventos extremos de chuva e é por este motivo que o problema, mesmo com o passar dos anos, não apresenta melhora (BRAGA, 2016, p.28).

Os alagamentos originados por essas causas também ocorrem em Natal – RN, como foram apontados por Silva e Cavalcanti (2010, p. 30), da seguinte maneira:

Onde o alto nível de impermeabilização do solo aliado ao sistema de drenagem insuficiente e/ou inexistente em diversos pontos, acrescido da falta de manutenção dos sistemas de drenagens artificiais, lixo que causa entupimentos, falta de saneamento básico e as ligações clandestinas de esgotos. Todos esses fatos não apenas são geradores de risco de alagamento, mas acentuam os problemas de saúde (SILVA E CAVALCANTI, 2010, p. 30).

Os alagamentos observados no ponto 19 se dão pela falta de planejamento urbano do bairro periférico Manoel Deodato, que teve a construção de suas primeiras casas feitas pela posse dos moradores de classe média baixa que necessitavam de moradias. Com isso, o bairro foi sendo habitado pelas pessoas sem a orientação por parte das autoridades com relação às consequências que poderiam ser geradas com essas construções.

Diante disso, os alagamentos se desencadearam causando vários transtornos e prejuízos para a população, além de contribuir para a proliferação de mosquitos causadores de doenças pela quantidade de lixo trazido pelas águas e seu acúmulo momentâneo nas áreas mais baixas.

Nos pontos 03, 04 e 07, as causas dos alagamentos não são diferentes dos demais, seguindo a mesma problemática na deficiência da drenagem e no planejamento urbano, que não priorizou a drenagem natural das águas pluviais, provocando “invasão” das águas nas residências. Já os alagamentos que ocorrem no ponto 20, a água da chuva segue o escoamento artificial, passando pelas ruas que antecedem a Rua Dinarte Mariz, desaguando para o ponto 16, gerando transtornos por todo o percurso que a mesma segue.

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

Com o desenvolvimento deste trabalho, foi possível concluir que na cidade de Pau dos Ferros, as causas dos alagamentos são, em geral, ocasionadas pelo uso e ocupação inadequados do território para a construção de moradias, tanto por parte da população quanto aos órgãos responsáveis pelo financiamento de residências, o que deu origem a novos bairros na cidade, como é o caso dos Bairros Chico Cajá e Carvão, tendo em vista que tais construções foram realizadas sem o devido planejamento urbano.

É válido ressaltar que essas construções estão, na maioria das vezes, localizadas em áreas próximas ao leito do Rio Apodi-Mossoró e do Riacho Cajazeiras, e nas proximidades do Açude 25 de março, como é caso do Bairro Carvão, que se encontra no trajeto que a drenagem do riacho percorre nos períodos de cheias.

Outro ponto relevante é a do sistema de drenagem pluvial, que possui inúmeras falhas e não é suficiente, como no caso dos alagamentos que ocorrem na Av. Independência e na rua Dinarte Mariz. Ambos possuem “bocas de lobos” e os alagamentos são frequentes, em dias com poucas precipitações.

Ainda é importante destacar outros aspectos que contribuem para a ocorrência desses alagamentos, tais como a própria formação geológica e geomorfológica em que a cidade está assentada. A geomorfologia se apresenta irregular, com relevo ondulado a médio ondulado e uma geologia com embasamento cristalino, ou seja, compreende um cinturão formado no final do Pré-Cambriano que aumenta os custos para a construção de sistemas de drenagem mais eficientes.



**REFERÊNCIAS**

- BRAGA, Júlia Oliveira. **Alagamentos e inundações em áreas urbanas: estudo de caso na cidade de Santa Maria**. Brasília, DF: 2016. Originalmente apresentada como dissertação de mestrado, Universidade de Brasília: DF, 2016. p. 42. Disponível em: <[http://bdm.unb.br/bitstream/10483/19267/1/2016\\_JuliaOliveiraBraga.pdf](http://bdm.unb.br/bitstream/10483/19267/1/2016_JuliaOliveiraBraga.pdf)>. Acesso em: 13 out. 2020, 10:45:00.
- BRASIL. **Codificação Brasileira de Desastres**, 2012. Disponível em: <<http://www.mi.gov.br/web/guest/defesa-civil/cenad/entenda-os-desastres?inheritRedirect=true>> Acesso em: 16 jun. 2020, 11:17:00.
- CLEMENTINO, Maria do Livramento. **Economia e urbanização: o Rio Grande do Norte nos anos 70**. Natal: Ed UFRN, 1995.
- COSTA, Franklin Roberto da; LIMA, Raquel Franco de Souza; SILVA, Sebastião Milton Pinheiro. Carta de risco de inundação a partir de modelos SRTM na área urbana de Pau dos Ferros - RN. **Geografia Ensino & Pesquisa**, Natal/RN, v. 7, n. 2, p.182-198, maio/ago. 2013.
- COSTA, Franklin Roberto da. **Inundações urbanas no semiárido nordestino: o caso da cidade de Pau dos Ferros- RN**. 2010. 86 f. Originalmente apresentada como dissertação de mestrado, Universidade Federal do Rio Grande do Norte: RN, Natal 2010.
- CPRM – SERVIÇO GEOLÓGICO DO BRASIL. **Relevo do Estado do Rio Grande do Norte**. Disponível em: [https://www.researchgate.net/publication/306423874\\_Relevo\\_do\\_Estado\\_do\\_Rio\\_Grande\\_do\\_Norte](https://www.researchgate.net/publication/306423874_Relevo_do_Estado_do_Rio_Grande_do_Norte)> Acesso em 23 out. 2020, 13:30:00.
- DANTAS, Joseney Rodrigues de Queiroz. **As cidades médias no desenvolvimento regional: um estudo sobre Pau dos Ferros (RN)**. 261 f. Originalmente apresentada como tese de doutorado, Universidade Federal do Rio Grande do Norte: RN, Natal, 2014.
- DEFESA CIVIL DE SÃO BERNARDO DOS CAMPOS. São Paulo. 2011. Disponível em: <<http://dcsbcsp.blogspot.com/2011/06/enchente-inundacao-ou-alagamento.html>> Acesso em 04 Out. 2020, 20:20:00.
- FLORENZANO, Tereza Gallotti. **Imagens de satélite para estudos ambientais**. São Paulo: Oficina de Textos, 2002.
- GRILO, Roseana Correa. **A precipitação pluvial e o escoamento superficial na cidade de Rio Claro/SP**. 1992. 103 f. Originalmente apresentada como dissertação de mestrado, Instituto de Geociências e Ciências Exatas da Universidade Estadual Paulista, Rio Claro: SP, 1992.
- INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Panorama de Pau dos Ferros/ RN**. 2017. Disponível em: <<https://cidades.ibge.gov.br/brasil/rn/pau-dos-ferros/panorama>>. Acesso em: 19 jun. 2020, 10:17:00.

INSTITUTO DE DESENVOLVIMENTO ECONÔMICO E DO MEIO AMBIENTE DO RIO GRANDE DO NORTE. **Perfil do seu município. Natal – RN.** 2003. Disponível em < [www.idema.rn.gov.br](http://www.idema.rn.gov.br) > Acesso em 08 out. 2020, 22:45:00.

INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS-IPT. **Mapeamento de riscos em encostas e margens de rios.** Brasília: Ministério das Cidades. 2007.

LAGOEIRO, G. S. P; SANT'ANA, P. M. S; SEABRA, V. S. Análise multicriterial na avaliação de risco de enchentes: um estudo de caso no município de São Gonçalo: RJ. II Jornada de Geotecnologias. 2013.

LIMA, Altieris. Porfírio; AMORIM, Margareth Cristiane de Costa Trindade. Análise de episódios de alagamentos e inundações urbanas na cidade de São Carlos a partir de notícias de jornal. **Revista Brasileira de Climatologia.** Presidente Prudente. v. 15, n. 0, p.182-204, jul/dez, 2014.

MAIA, Rubson Pinheiro; BEZERRA, Hilário H.R. Condicionamento Estrutural do Relevo no Nordeste Setentrional Brasileiro. In: **Revista Mercator Geográfica da UFC:** Fortaleza, v. 13, n. 1, p. 127-141, jan./abr. 2014. Disponível em: < <http://www.mercator.ufc.br/mercator/article/view/1233> > Acesso em: 05 maio 2020, 09:15:00.

MAIA, Diego Corrêa. **Impactos pluviiais na área urbana de Ribeirão Preto – SP.** Originalmente apresentada como tese de doutorado do Instituto de Geociências e Ciências Exatas - UNESP. Rio Claro, 2009.

MENDONÇA, Francisco de Assis. Sistema socioambiental urbano: uma abordagem dos problemas socioambientais da cidade. In: (Org.) **Impactos socioambientais urbanos.** Curitiba: Ed. UFPR, 2004.

MOACIR, João. **Voltei.** 2008. Disponível em < [http://joaomoacir.zip.net/arch2008-03-30\\_2008-04-05.html](http://joaomoacir.zip.net/arch2008-03-30_2008-04-05.html) > Acesso em: 11 out. 2020, 08:15:00.

NETO, D.S; SEABRA, V.S; CORREIA, M.R.; SANTOS, A.A.B. Identificação de áreas susceptíveis a eventos de alagamento no município de Niterói – RJ. **Revista Geonorte,** Niterói – Rj, v. 10, n. 1, p.473-477. 2014.

OLIVEIRA, Guilherme Garcia. **Mapa de suscetibilidade a inundações da sub-bacia do arroio da areia, Porto Alegre/RS.** 96 f. Originalmente apresentada como monografia na Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Instituto de Geociências, Porto Alegre: RS, 2007.

OLIVEIRA, Regina Célia de. **Medidas não estruturais na prevenção e controle de enchentes em áreas urbanas, como subsídios para o planejamento de uso e ocupação do solo:** estudo de caso da bacia do córrego do Gregório – São Carlos: SP. Originalmente apresentada como dissertação de mestrado na Universidade de São Paulo, São Carlos, 1998.

PEREIRA E SILVA, Leonardo. **Modelagem e geoprocessamento na identificação de áreas com risco de inundação e erosão na bacia do rio Cuiá.** João Pessoa: PB. Originalmente apresentada como dissertação de mestrado na Universidade Federal da Paraíba.118p. 2007.

RODRIGUES, Jorge Luiz Moreira. **Identificação de Áreas Susceptíveis à Inundação na bacia hidrográfica do rio Caceribu.** (Aperfeiçoamento/Especialização em Dinâmicas Urbano Ambientais e Gestão do Território) - Universidade do Estado do Rio de Janeiro. 2012.

ROCHA, Luciana Santiago. **Mapeamento de áreas de vulnerabilidade hídrica através do processamento de informações espaciais e registros de ocorrências da defesa civil.** 144 f. originalmente apresentada como dissertação de mestrado na Universidade Federal da Bahia, Escola Politécnica, Salvador: BA, 2013.

ROCHA, João Soromenho. Prevenção de inundações e reabilitação de edifícios em zonas inundáveis. In: **Revista Territorium**, Coimbra, pp. 11-19. 1995.

SATHLER, Douglas; MONTE-MÓR, Roberto L.; CARVALHO, José Alberto Magno. As redes para além dos rios: urbanização e desequilíbrios na Amazônia brasileira. In: **Revista Nova Economia**. Belo Horizonte, vol.19, nº.1, 2009.

SILVA, Matheus Lisboa Nobre; CAVALCANTI NETO, Mário Tavares de Oliveira. Identificação de áreas vulneráveis ao alagamento pluvial na cidade de Natal/RN. **Holos**, Natal/RN, v.4, n.25, p.19-31. 2010. Disponível em: <file:///C:/Users/Notebook/Downloads/459-1455-1-PB%20(3).pdf> Acesso em: 10 out. 2020.

TEODORO, Pacelli Henrique Martins; NUNES, José Osvaldo Rodrigues. Os alagamentos em Presidente Prudente: SP. Um trabalho interdisciplinar embasado no mapeamento geológico. **Revista Formação**, n.17, volume 2 – p. 81-102. São Paulo, 2007.

TUCCI, Carlos Eduardo Morelli. Inundações urbanas. In: Tucci, Carlos Eduardo Morelli, Porto, Rubem La Laina, Barros, Mario Thadeu Leme de. (Org.) **Drenagem urbana**. 1.ed. v 5. Porto Alegre. ABRH/Editora da Universidade/UFRS, cap.1, p.15-36. 1995.

TUCCI, Carlos Eduardo Morelli. **Águas Urbanas**. Vol. 22, nº 63, São Paulo: 2008. Disponível em < [http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0103-40142008000200007&lng=pt&tln=pt](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0103-40142008000200007&lng=pt&tln=pt) > Acesso em: 06 de jun. 2020, 14:00:00.

VALERIANO, Márcio de Morrissom. **Modelo digital de elevação com dados SRTM disponíveis para a América do Sul.** São José dos Campos, SP: INPE: Coordenação de Ensino, Documentação e Programas Especiais (INPE-10550-RPQ/756). 72p. 2004.

WOLLMANN, Cássio Arthur; SARTORI, Maria da Graça Barros. O estudo das enchentes nas diferentes linhas de pesquisa da geografia física: uma revisão teórica. XIII Simpósio Brasileiro de Geografia Física Aplicada - SGBFA. Viçosa – MG, **Anais eletrônicos...** 2008.

*Recebido em 22 de novembro de 2021.*

*Aceito em 05 de maio de 2022.*

*Publicado em 29 de julho de 2022.*