

Uso de ferramentas de SIG para acelerar a avaliação de danos durante inundações: O exemplo do bairro da Cadeia Velha, Rio Branco, Acre, Brasil em 2015.

Alessandro do Nascimento Rocha^{1,2,3}
Sonaira Souza da Silva⁴
Cel. George Santos⁵
Irving Foster Brown^{4,6}

¹Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Acre – IFAC
Caixa Postal 495 – 69.900-640 – Rio Branco – Ac, Brasil

²Prefeitura Municipal de Rio Branco - PMRB/SMDGU
Caixa Postal 577 – 69.900-550 – Rio Branco - AC, Brasil

³Mestrado Profissional em Gestão de Áreas Protegidas - MPGAP/INPA
Caixa Postal 2223 – 69.060-001 – Manaus - AM, Brasil

⁴Universidade Federal do Acre - UFAC

Caixa Postal 96 - 13416-000 - Rio Branco - AC, Brasil

⁵Coordenadoria Municipal de Defesa Civil - COMDEC

Caixa Postal 972 – 69.900-854 - Rio Branco - AC, Brasil

⁶Woods Hole Research Center, 143 Woods Hole Road, Falmouth,
MA 02540 USA

eng.alessandro01@gmail.com; sonairasilva@gmail.com; georgeacre@gmail.com;
fbrown@uol.com.br

Abstract. The 2015 flood in Rio Branco, Acre, Brazil was the worst in more than 40 years, with damages and costs estimated at between 200 and 600 million reais. One of the problems during this event was the difficulty in anticipating the impacts of the rising flood to 18.4 meters. GIS tools are already in use in Rio Branco, however, they can be expanded to include real-time analysis. To test this possibility an analysis was carried out in the Cadeia Velha neighborhood. After the digitization of buildings through aero-photogrammetric images, it was possible to estimate the number of buildings reached in approximately 3 hours. This assessment can be replicated in many cities in southwestern Amazonia with high resolution images found in Google Earth using free access software and field observations to support emergency operation centers for decision making at the time the phenomenon is occurring.

Keywords: flood monitoring, real-time analysis, Amazon, monitoramento de inundações, análise em tempo real, Amazônia.

1. Introdução

O rápido crescimento das cidades nos países em desenvolvimento tem ocasionado diversos tipos de problemas. Dentre estes, se destacam: as inundações, degradação de mananciais e alterações microclimáticas que se relacionam com o uso e ocupação do solo e a proteção das áreas de preservação permanentes (APPs) e outras áreas de significativa importância para as cidades (Mendonça e Leitão, 2008).

De acordo com Teixeira (2013), decisão político-econômicas, nas cidades de países em desenvolvimento, não observam a necessidade de espaço ao longo dos rios, permitindo ou negligenciando ocupações inadequadas ao longo das APPs, como também, outras áreas impróprias para assentamentos urbanos.

Segundo Freitas et al. (2012), a vulnerabilidade das sociedades ou comunidades está diretamente relacionada ao nível de desenvolvimento destas. Nos últimos 40 anos, mais de 3,3 milhões de óbitos por desastres ambientais estiveram concentrados nos países mais pobres, e a cada ano, cerca de 226 milhões de pessoas são afetadas, onde destas em média 102 milhões de pessoas são afetadas por inundações no mundo.

Atualmente, os parâmetros que norteiam o uso e ocupação do solo têm sido negligenciados, como por exemplo, os Planos Diretores das cidades. Muitos rios e igarapés vêm sendo afetados pela urbanização e sistemas viários, prejudicados pelo lançamento de esgotos e pela grande quantidade de resíduos sólidos, (Pires e Ferreira, 2014). A principal consequência da urbanização e crescimento das cidades sem respeito às margens dos rios nas regiões de trópicos úmidos são, inevitavelmente, o aumento da vulnerabilidade às inundações (Girão e Correa, 2015).

Em recente publicação de Queiroz no jornal A Folha de São Paulo (2015), foi destacado que os desastres causados principalmente por excesso de chuvas, atingiram 141 municípios no Brasil até julho de 2015, tendo a condição de situação de emergência reconhecida pelo governo federal nestes municípios.

Segundo o Plano de Contingência Operacional de Enchentes (2016) da Coordenadoria Municipal de Defesa Civil (Comdec) da cidade de Rio Branco observa-se que:

Ao longo de sua existência, o Estado do Acre foi atingido por enchentes de grande vulto que ocasionaram prejuízos de ordem econômica e social. Dentre várias enchentes ocorridas podem ser citadas as de 1972, 1974, 1978, 1982, 1984, 1986, 1988, 1991, 1997, 1999, 2006, 2009, 2010, 2011, 2012, 2013, 2014 e 2015, sendo que, em 2015 o Rio Acre atingiu sua MAIOR cota histórica de 18,40m.

Dados da Defesa Civil Municipal – Comdec (2016) esclarecem que a problemática proveniente do impacto das inundações em Rio Branco tem se intensificado nos últimos dez anos, e que as áreas atingidas são principalmente áreas de preservação permanentes (APPs) e regiões adjacentes à baixo da cota de soleira de 135 metros. Conforme Lei 1.611/06 cota de soleira é um parâmetros urbanístico regulador da ocupação do solo, conceituada como a cota altimétrica em relação ao nível do mar.

Como pôde ser visto nos dados acima o município de Rio Branco tem sofrido um aumento na frequência das inundações, definidas quando o Rio Acre ultrapassa a cota de alerta, que é de 13,50 metros medidos do leito do rio. Associando-se a cota da régua linimétrica (cota de alerta) às cotas altimétricas (soleira), a cota altimétrica referente à cota de alerta é de 128,5 m (Latuf, 2011).

No perímetro urbano de Rio Branco o Rio Acre possui uma faixa marginal de 100 metros para ambos os lados, considera área de preservação permanente (APP) conforme Plano Diretor da cidade de Rio Branco (Lei 1.611/06).

O presente artigo tem objetivo de testar como o uso de ferramentas de SIGs de acesso gratuito pode acelerar o processo de análise de edifícios atingidos, e consequentemente de pessoas em uma inundação, fornecendo informações em tempo real para centros de operações e acompanhamento de desastres nas cidades.

2. Material e métodos

2.1 Caracterização da área de estudo

A região de estudo compreende o bairro da Cadeia Velha, localizado no centro da cidade de Rio Branco capital do estado do Acre, com uma área de aproximadamente 174 hectares. O processo de ocupação deste bairro se deu de forma desordenada, sendo que a maior parte deste se encontra abaixo da cota de soleira de 135 metros (20 metros na medida de altura do rio Acre) que é a mínima permitida pela Lei 1.611/06 conhecida como Plano Diretor do município de Rio Branco. A Figura 1 apresenta a localização do bairro da Cadeia Velha. Este

bairro foi selecionado por ser um dos mais atingidos pelas recorrentes inundações do Rio Acre, sendo um dos bairros mais populosos da capital, que liga diferentes regiões administrativas da cidade, servindo assim, como região estratégica para o município de Rio Branco.

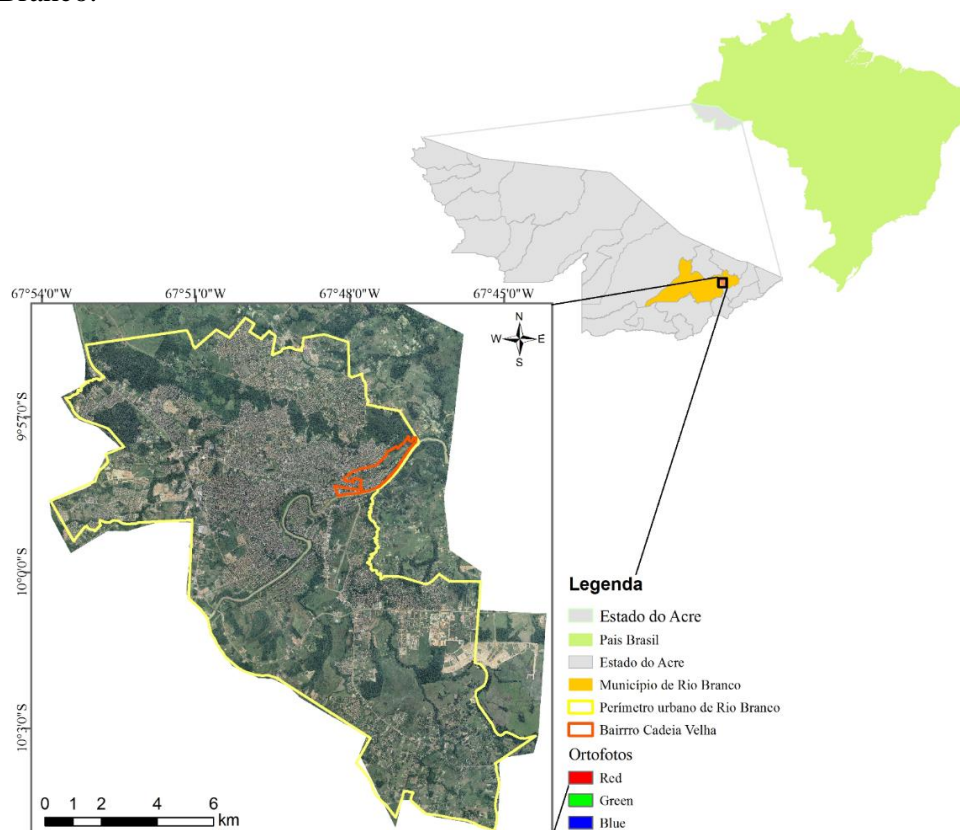


Figura 01 – Localização do bairro Cadeia Velha

Fonte: Base cartográfica Secretaria Municipal de Desenvolvimento e Gestão Urbana

2.2 Preparação do mosaico das ortofotos do bairro da Cadeia Velha

Com a necessidade de atualizar a base de dados do cadastro imobiliário a Prefeitura de Rio Branco realizou um levantamento aerofotogramétrico utilizando o método de aerotriangulação de imagens digitais.

Após processamento as imagens estão prontas para a compilação fotogramétrica, seja para modelagem do terreno, seja para restituição fotogramétrica digital, como para a geração das ortofotocartas (Rio Branco, 2013).

Com o levantamento aerofotogramétrico realizado em 2013 foram realizadas a captura de 199 imagens para atender ao mapeamento digital de todo o perímetro urbano da cidade na escala 1:2000, sendo empregada a metodologia PPP (Precise Point Positioning) para o cálculo preciso da trajetória do conjunto aeronave/câmera aérea digital.

Das 199 imagens, foram utilizadas 8 ortofotos que capturaram o bairro Cadeia Velha. Em seguida foi elaborado um mosaico dessas imagens compreendendo toda a extensão da área de estudo. Com a mesma metodologia foram realizados sobrevoos para captura de imagens no ano de 2015, no auge da grande inundação do Rio Acre, para aerofotogramento das áreas atingidas. Assim, foram criados mosaicos com este conjunto de imagens com a utilização do software livre QGIS versão 2.16.3.

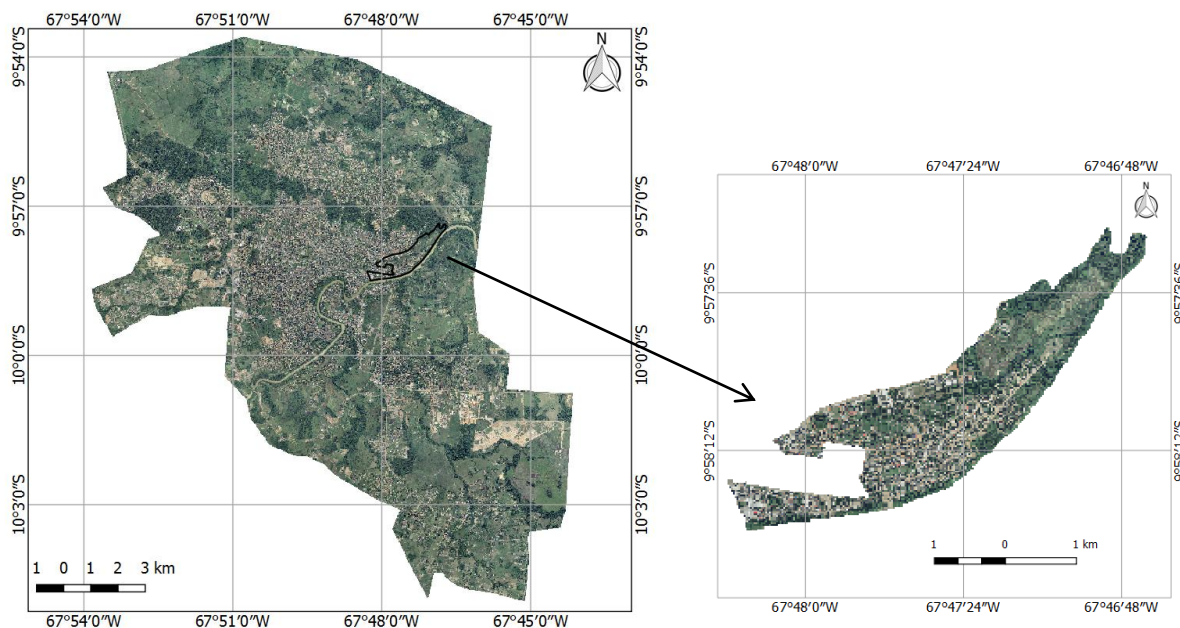


Figura 2 – Perímetro Urbano da cidade de Rio Branco e recorte do bairro Cadeia Velha
Fonte: Base cartográfica Secretaria Municipal de Desenvolvimento e Gestão Urbana

2.3 Área atingida pela inundação de 2015

Com o mosaico do bairro da cadeia velha foi possível sobrepor a mancha da inundação em formato de camada vetorial fornecida pela Secretaria Municipal de Desenvolvimento e Gestão Urbana. A mancha foi elaborada após vetorização das imagens de sobrevoio quando o rio atingiu a cota de 18,4m. Os polígonos das cotas de 14,0m e 16,0 metros foram fornecidos pelo Departamento de Cadastro Imobiliário da Secretaria Municipal de Desenvolvimento e Gestão Urbana da cidade de Rio Branco.

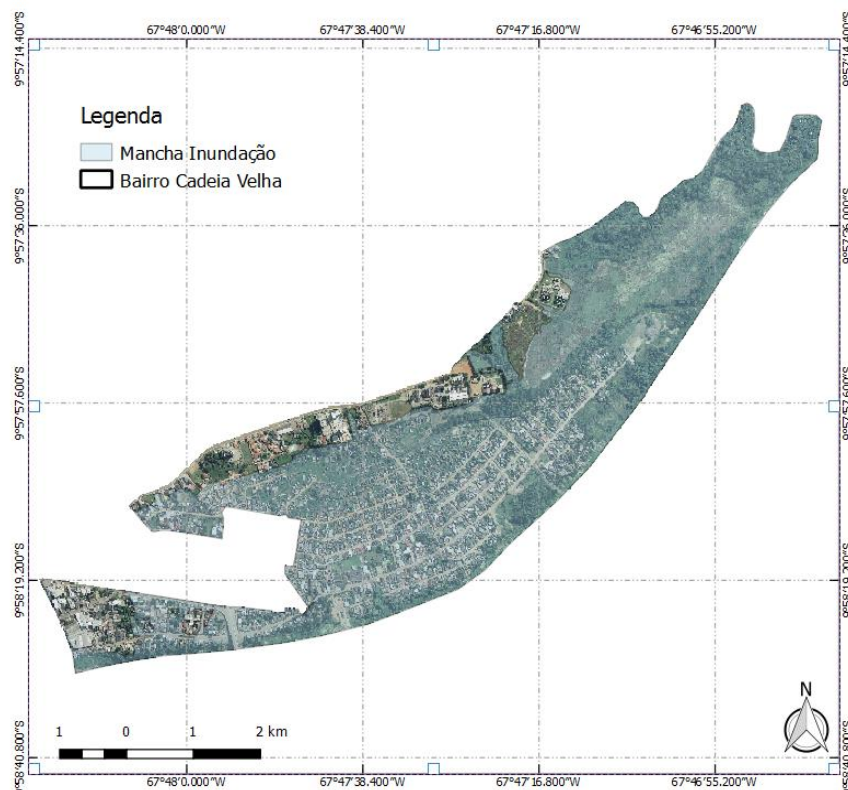


Figura 3 – Mancha da inundação cota 18,4m

2.4 Análise da distribuição ocupacional e mancha da inundação

A metodologia de análise da distribuição dos edifícios no bairro Cadeia Velha consistiu na criação de camadas vetoriais dividindo o bairro em 5 setores: A, B, C, D e APP do Rio Acre. Baseado neste critério foi possível aferir como o processo de ocupação em cada setor do bairro. O critério adotado para definição dos setores foi o nível de ocupação destes, considerando o intervalo de 1 a 3, sendo 1 para região consolidada (totalmente ocupada) critério considerado quando não há mais lotes não edificadas, 2 para região em processo de ocupação onde há forte pressão ocupacional e aproximadamente 40% de lotes não edificadas, e 3 para região pouco ocupada quando 80% da região apresenta vazios urbanos, e ainda a área de preservação permanente que conforme artigo 78 da lei 1.611/06 (Plano Diretor de Rio Branco), classifica a região como faixas em que não pode haver edificações.

Para verificação do quantitativo de edifícios atingidos pela inundação do Rio Acre em 2015, foi criada uma camada vetorial de pontos para cada edifício, observando o mosaico formado pelo conjunto de imagens. Foi atribuído um ponto para cada telhado observado, como demonstrado na Figura 4, da mesma forma foi elaborada uma camada vetorial de polígono demarcando a área de preservação permanente do Rio Acre. Assim, foi possível aferir quantos imóveis foram atingidos.

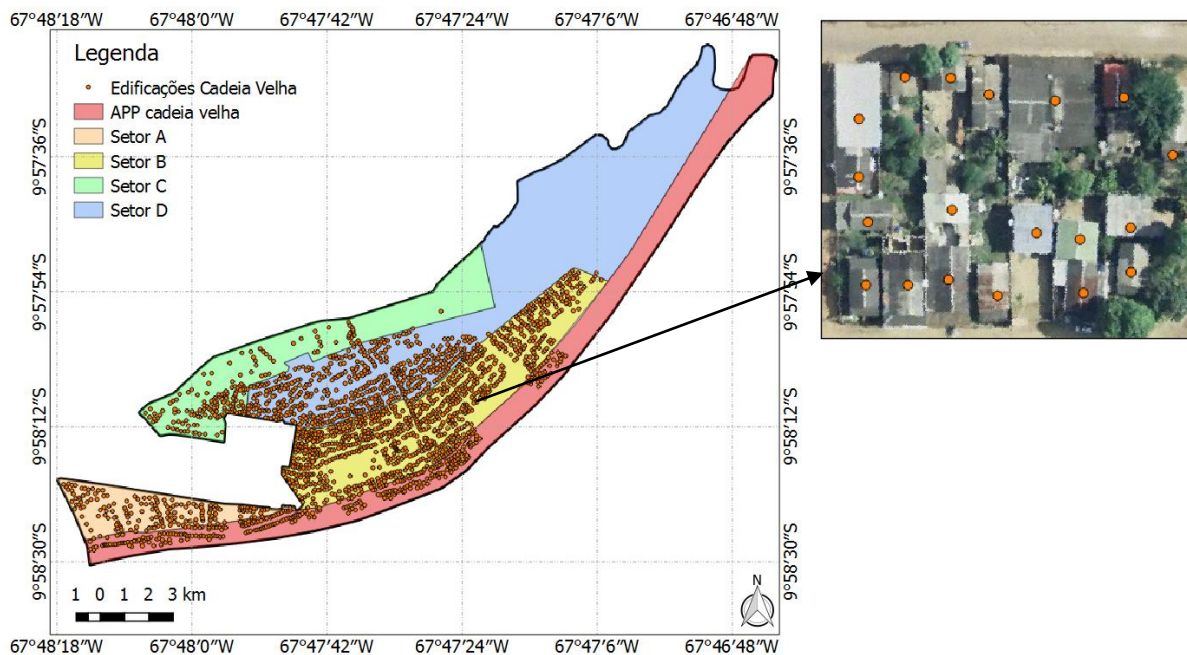


Figura 4 – Divisão dos edifícios por setores no Bairro Cadeia Velha

3. Resultados e Discussão

Com o mosaico do bairro da Cadeia Velha elaborado, e as manchas da inundação do rio acre nas cotas 14, 16 e 18,4 metros fornecidos pela Secretaria Municipal de Desenvolvimento e Gestão Urbana, foi possível avaliar em aproximadamente 3 horas de trabalho, o número de edifício atingidos por cota (Tabela 1).

Tabela 1 – Edifícios atingidos por cota e setor do bairro Cadeia Velha

Setores e Edifícios existentes		Edifícios atingidos por cota		
		14,0m	16,0m	18,4m
A	178	0	6	119
B	957	7	120	957

C	164	0	20	123
D	506	0	469	506
APP	324	7	141	246
Total	2.129	14	756	1.951

Com relação à distribuição ocupacional, foi observado que nos setores A e C há uma ocupação consolidada, sendo que no setor A existe predominância de construções comerciais pelo fato da região ser cortada por uma das principais avenidas do município, a Avenida Ceará. Já o setor C se apresenta como uma área que nos últimos anos tem atraído construções de grande porte, demonstrando vocação para construções multifamiliares como prédios de apartamentos, sendo uma das áreas mais valorizadas do município, tendo também uma área destinada a uma subestação de energia elétrica. Este setor apresenta 90% de sua área acima da cota de soleira mínima que conforme já comentada é de 135 metros, sendo a região do bairro menos afetada pela inundação.

O setor B tem preponderantemente sua ocupação com edifícios de uso residencial, e apresenta a região do bairro com toda a área abaixo da cota de soleira de 135 metros, e que na inundação em estudo foi o mais atingido, tendo toda sua área afetada na cota 18,40 metros. Este setor possui muitos lotes sem ocupação ainda, demandando muitas ações ostensivas de fiscalização visando o controle com o objetivo de impedir construções naquela região, que devido a proximidade com o centro da cidade sofre constantes pressões de ocupação.

O setor D é o mais extenso do bairro, com toda sua área abaixo da cota 135 metros. Tem sua ocupação com edifícios de uso residencial provenientes de ocupações espontâneas, sendo a região com os piores serviços de infraestrutura do bairro. Este setor também apresenta grande pressão de ocupação, e o que apresenta maiores vazios ocupacionais.

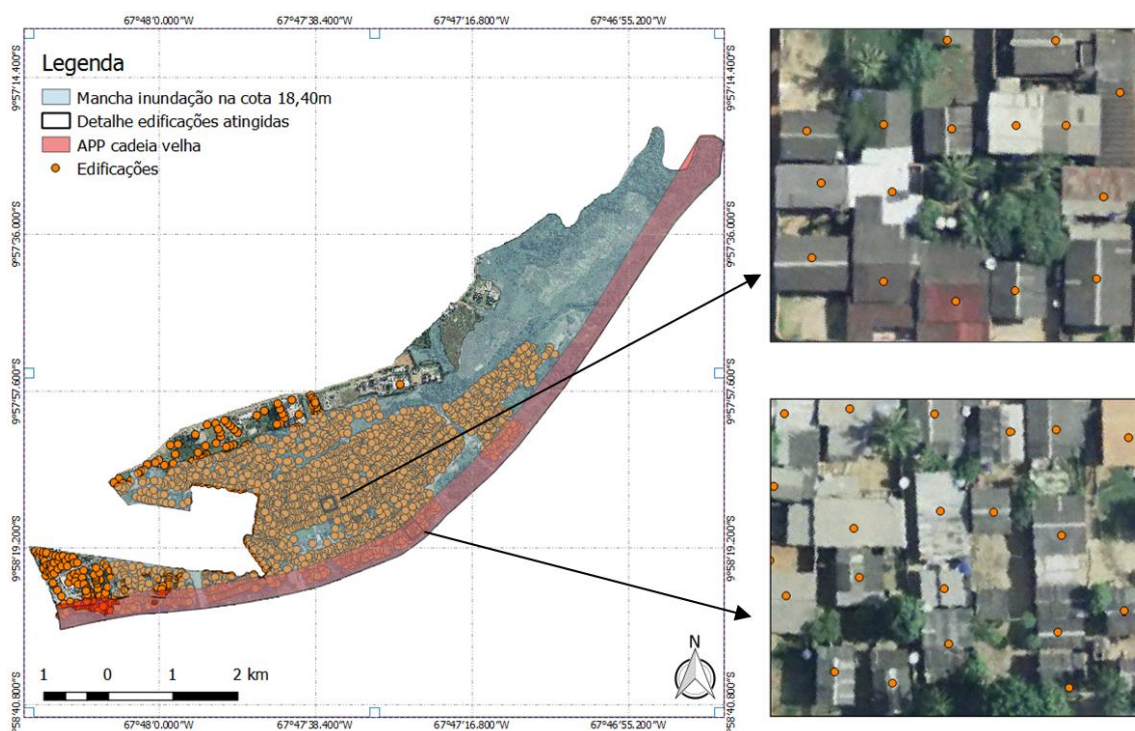


Figura 5 – Edifícios atingidos na cota 18,40 metros

Este estudo pode ser replicado com utilização de imagens de alta resolução do Google Earth, utilizando software SIG gratuito para análise, oferecendo uma alternativa de baixo

custo e de rápida aplicação, pois constatamos que 2/3 das áreas urbanas das cidades do Estado do Acre tem imagens de alta resolução tiradas entre os anos 2014 e 2016. As inundações têm sido frequentes não somente na capital mas na maiorias das cidades do Estado do Acre, e com ferramentas de baixo custo e de rápida aplicação, é possível análises do impacto das inundações para tomada de decisões em tempo real, como também, para posterior planejamento urbano.

4. Conclusões

A vetorização de edifícios usando como base imagens aerofotogramétricas permitiu uma melhor estimativa do impacto da inundação comparado com dados do cadastro imobiliário do município, pois incluiu edifícios em áreas de riscos e de áreas de preservação permanentes.

Para um bairro urbano de 174 hectares com 2129 edifícios foi possível realizar este procedimento em aproximadamente 3 horas. A extração dos edifícios por cota de inundação levou em torno de 1 hora por cota.

A agilidade de análise possibilita o uso desta metodologia para fornecer informações em tempo real, facilitando a resposta a inundações pelas Defesas Civis municipais.

A metodologia utilizada com a vetorização de imagens aerofotogramétricas pode ser replicada com imagens de alta resolução de livre acesso do Google Earth. Mais de dois terços das cidades no estado do Acre possuem imagens a partir de 2014, como também, de cidades em países vizinhos, como: Puerto Maldonado, Madre de Dios e Cobja, no Peru e Bolívia respectivamente.

Para verificação de topografia pode ser utilizado ortofotos com utilização de drones, que conforme comunicação pessoal com o Dr. Evandro Orfano (EMBRAPA) tem demonstrado ser uma ferramenta eficiente.

Recomendamos realizar outros estudos para verificar:

(a) Se as estimativas oficiais de edifícios atingidos estão subestimadas, considerando que muitos dos imóveis não cadastrados no banco de dados do município de Rio Branco não são incluídos nestas estimativas; e

(b) Se as manchas de inundação baseadas em análises topográficas correspondem às manchas observadas em campo.

5. Agradecimentos

Os autores agradecem à Secretaria Municipal de Desenvolvimento e Gestão Urbana e à Coordenadoria Municipal de Defesa Civil ambas da cidade de Rio Branco, pelo fornecimento dos dados utilizados neste artigo. Agradecem também ao Instituto Federal de Educação do Acre e ao Programa de Mestrado Profissional em Gestão de Áreas Protegidas do INPA pelo apoio institucional fornecido. Produto do Setor de Estudos do Uso da Terra e Mudanças Globais (Setem) do Parque Zoobotânico da Universidade Federal do Acre, Rio Branco, Acre.

6. Referências Bibliográficas

Brasil. Lei Federal 12.651 Novo Código Florestal Brasileiro. Brasília, 2012.

Comdec – Coordenadoria Municipal de Defesa Civil. **Plano de Contingencia Operacional de Enchentes**. Relatório técnico. Rio Branco: COMDEC, 2016, p. 10.

Freitas, C. M. et. al. Vulnerabilidade socioambiental, redução de riscos de desastres e construção da resiliência. **Ciência e Saúde Coletiva**, v. 17, n. 6, p. 1577-1586, 2012.

Girão, O.; Correa, A. C. B. Progresso nos Estudos de Geomorfologia Fluvial Urbana ao Final do Século XX. **Revista Geo UERJ**, n. 26, p. 245-269, 2015.

Latuf, M. O. **Modelagem hidrológica aplicada ao planejamento dos recursos hídricos na bacia hidrográfica do Rio Acre**. Tese (Doutorado em Geografia) – Faculdade de Ciencia e Tecnologia, Universidade Estadual Paulista, Presidente Prudente. 2011. 238 p.

Pires, E. G.; Ferreira M. E. **Monitoramento da temperatura de superfície em áreas urbanas utilizando geotecnologias**. In: Simpósio Regional de Geoprocessamento e Sensoriamento Remoto. (GEONORDESTE), 2014, Aracaju. **Anais...** Sergipe: RESGEO Artigos, p. 477-481. Disponível em : <http://www.resgeo.com.br/geonordeste2014/anais/doc/pdfs/88.pdf>. Acesso em: out. 2016 Brasil. Novembro, 2014.

Queiroz, A. **Desastres naturais atingiram uma em cada cinco cidades do país em 2015**. Folha de São Paulo, Publicado em: 29 de jul. 2015. Disponível em: <http://www1.folha.uol.com.br/cotidiano/2015/07/1660202-emergencia-ou-calamidade-atingiram-22-dos-municipios-do-pais-em-2015.shtml>>. Acesso em out. 2016.

Rio Branco. Lei Municipal Nº. 1.611 **Plano Diretor da Cidade de Rio Branco**, 2006. Disponível em <http://www.riobranco.ac.gov.br/index.php/gestao/gestao-itens/plano-diretor.html>

Rio Branco. Prefeitura Municipal. **Aerotriangulação Digital**, 2013.

Texeira, M. P. **Vazios urbanos no contexto do ambiente promotor de saúde com foco no planejamento por microbacias hidrográficas para cidades brasileiras**: proposta de roteiro de análise e classificação. Tese, Campinas: Doutorado em Engenharia Civil, Universidade Estadual de Campinas, 2013. 779 p.