

# CHEIAS DO RIO BRANCO E EVENTOS DE INUNDAÇÃO NA CIDADE DE BOA VISTA, RORAIMA<sup>i</sup>

Branco river floods and flood events in the Boa Vista city, Roraima, Brazil

Llena del río Branco y eventos de inundaciones en la ciudad de Boa Vista, Roraima, Brasil

Carlos Sander<sup>ii</sup>

Fábio Luiz Wankler<sup>iii</sup>

Renato Augusto de Oliveira Evangelista<sup>iv</sup>

Celso Henrique Moraga<sup>v</sup>

José Francisco dos Santos Teixeira<sup>v</sup>

*Universidade Federal de Roraima*

## Resumo

O presente artigo tem como objetivo discutir as cheias provocadas pelo rio Branco que afetam a área urbana da cidade de Boa Vista. A cidade de Boa Vista está instalada na margem direita do rio Branco e é responsável pela drenagem de uma área de 100 mil km<sup>2</sup>. A metodologia envolveu o levantamento dos níveis máximos anuais de cheia do rio Branco em Boa Vista, na aplicação do método de Gumbel para definição da recorrência de eventos de inundação e na determinação da área inundada pelas maiores cheias do rio Branco a partir da associação da cota das cheias com a planta planialtimétrica de Boa Vista. Os resultados mostraram que o maior evento de cheia do Rio Branco registrado em Boa Vista ocorreu em junho de 2011, atingindo a cota altimétrica de 66,42 m, cobrindo uma área de 6,16 km<sup>2</sup> (616 ha) e apresentando um período de recorrência estimado em 42 anos. O segundo maior evento da série ocorreu em 1976, chegando à cota altimétrica de 65,95 m, quando afetou uma área de 5,85 km<sup>2</sup> (585 ha) e apresentou um tempo de retorno previsto de 21 anos. O estudo aponta para a insuficiência de dados para definição de cheias seculares e na possível influência de obras de engenharia no nível das principais cheias.

**Palavras-chave:** eventos de inundação; recorrência; rio Branco; Boa Vista-RR.

## Abstract

This article aims to discuss the flooding caused by the Branco river that affect the urban area of the city of Boa Vista. The Boa Vista city is installed on the right bank of the Branco river and is responsible for draining an area of 100,000 km<sup>2</sup>. The methodology involved a survey of the maximum annual flood of the Branco river in Boa Vista, the application of the Gumbel method to define there currence of flood event sand determining the area inundated by the worst flooding of the Branco river from the association's quota flood with the plantplanialtimetric of Boa Vista city. The results showed that the largest event of flooding of the Branco river occurred in June 2011, reaching the altimetry of 66.42m, covering an area of 6.16km<sup>2</sup> (616 ha), but with a recurrence period estimated at 42 years. The second major event of the series occurred in 1976, reaching the altimetry of 65.95m, when affected an area of 5.85km<sup>2</sup> and an expected turn around time of 21 years. The study points to the lack of data for defining full secular and the possible influences of engineering works at the level of major floods.

**Keywords:** flood events; recurrence; Branco river; Boa Vista, RR.

## Resumen

Este artículo tiene como objetivo discutir las inundaciones causadas por el río Branco que afectan a la zona urbana de la ciudad de Boa Vista. La ciudad de Boa Vista está instalado en la margen derecha del Río Branco, y es responsable para el drenaje de una superficie de 100.000 km<sup>2</sup>. La metodología consistió en una encuesta de la máxima crecida anual del río Branco, en Boa Vista, la aplicación del método de Gumbel para definir la recurrencia de las llena y la determinación de la zona inundada por las peores inundaciones del Río Branco de la cuota de la asociación inundaciones con la planta planialtimetrica de Boa Vista. Los resultados mostraron que el mayor evento de inundación del río Branco registrado en Boa Vista se produjo en junio de 2011, alcanzando a la altimetría de 66,42m, con una superficie de 6,16km<sup>2</sup> (616 hectáreas), pero con un período de recurrencia estimada en 42años. El segundo evento importante dela serie ocurrió en 1976, llegando a la altimetría de 65,95m, cuando afectó un área de 5,85km<sup>2</sup> (585hectáreas) y un plazo de entrega previsto de 21 años. El estudio señala la falta de datos para la definición completa y las posibles influencias de obras de ingeniería a nivel de las grandes inundaciones.

**Palabras clave:** eventos de llena; recurrencia; rio Branco; Boa Vista, RR.

## INTRODUÇÃO

Cheias, enchentes ou inundações, fenômenos comuns a todos os sistemas fluviais, correspondem à resposta destes a um determinado volume de água ofertado à rede de drenagem. Contudo, o nível das cheias é variável e depende de diversos fatores como as características da bacia hidrográfica (tamanho, forma, nível de dissecação/geomorfolgia, formas das vertentes, perfil transversal e longitudinal dos e capacidade do canal, pedologia/geologia, uso do solo e da influencia de estruturas de engenharia), do volume ofertado à rede de drenagem que acontecem pelo volume precipitado na bacia (intensidade, freqüência e área da bacia afetada), na abertura de comportas e rompimento de reservatórios.

É necessário distinguir o fenômeno da cheia de eventos de inundação. A primeira representa um período natural de aumento do fluxo que pode ou não extravasar o limite do canal (nível de margens plenas). A inundação, por sua vez, equivale ao processo de extravasamento das águas do canal de drenagem para as áreas marginais (planície de inundação, várzea ou leito maior do rio) quando a enchente atinge cota acima do nível máximo da calha principal do rio (FIGURA 1).

Além dos eventos citados acima (cheias e inundações) pode-se fazer referência ainda aos eventos de alagamentos. Estes correspondem ao acúmulo momentâneo de águas em uma dada área decorrente de deficiência do sistema de drenagem, muito comuns em áreas urbanas bastante impermeabilizadas.

O conhecimento acerca da amplitude do transbordamento dos leitos fluviais é extremamente necessário na determinação das áreas de risco. A área conhecida como leito maior, também denominada de leito maior periódico ou sazonal, tem como limite inferior o nível de margens plenas que estabelece o ponto onde uma cheia atinge o nível de inundação. Esta região é propensa a inundações anuais ou periódicas. Contudo, as grandes cheias, que acontecem com uma recorrência menor, de décadas ou séculos, atingem uma área conhecida como leito maior excepcional (CUNHA, 1995). Estas cheias são conhecidas pela sua capacidade catastrófica, causando grandes perdas financeiras, estruturais e humanas. Tais eventos se tornam ainda mais catastróficos quando da instalação de estruturas urbanas sobre tais ambientes (SUGUIO; BIGARELLA, 1990), situação comum a diversas cidades Brasileiras. Complementando tal questão Tucci (2003)

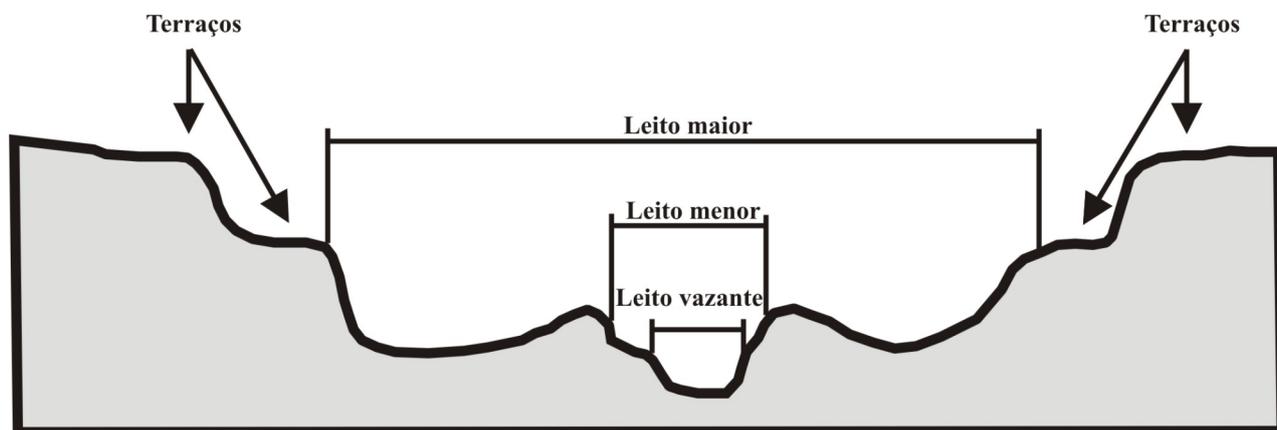


FIGURA 1 - Tipos de leitos de canais fluviais.

ressalta que os problemas resultantes da inundação dependem do grau de ocupação da várzea pela população e da frequência com a qual ocorrem as inundações.

O entendimento dos fatores que determinam a amplitude das cheias e inundações estão condicionadas ao balanço hídrico da região. Sua determinação envolve à análise comparativa entre as quantidades de águas que entram (precipitação) e saem (escoamento superficial, infiltração e evapotranspiração) do sistema escolhido (bacia ou micro-bacia hidrográfica), levando-se em conta as variações das reservas hídricas superficiais e subterrâneas, durante um determinado período de tempo. Estudos hidrológicos que optado pelo monitoramento anual do balaço hídrico (JORGE; UEHARA, 1998).

A presente pesquisa tem como objetivo discutir as cheias provocadas pelo rio Branco, afetando a área urbana de Boa Vista. Não serão abordadas questões associadas a cheias em pequenas bacias urbanas, nem avaliado o grau de impermeabilização da área considerada, pois tais fatores apresentam contribuições insignificantes a dinâmica de cheias do rio Branco. Cabe lembrar que as áreas drenadas pela bacia apresentam na maior parte pouca ou nenhuma alteração das condições naturais, o que enfraquece o fator antrópico como condicionante às cheias.

## **ENCHENTES URBANAS - ÊNFASE A ENCHENTES RIBEIRINHAS**

As enchentes são mais antigas que a existência do homem no planeta. Desde o passado o homem sempre se instalou próximo aos sistemas fluviais, pela utilização da água para consumo e produção de alimentos, assim como na utilização do rio como via de

deslocamento e transporte. Além disso, as áreas planas próximas aos canais sempre se mostraram atraentes a ocupação humana. Na região amazônica grande parte das cidades mantém uma forte relação de convivência e dependência com os rios e estão à mercê de seus eventos extremos.

As enchentes urbanas têm ganhado cada vez mais destaque nos meios de comunicação. Isto se dá em parte pelo processo de aproximação das moradias junto os cursos d'água seguindo uma lógica de urbanização. Hoje, na maior parte do país, a cada dez brasileiros, oito residem em áreas urbanizadas (IBGE, 2010). Infelizmente, as médias e grandes cidades brasileiras não têm conseguido conciliar o crescimento populacional com ocupação adequada do solo. É neste contexto que áreas ribeirinhas têm sido ocupadas e expostas a eventos catastróficos. A cidade de Boa Vista se encaixa nesta condição. Mesmo que esta conte com um histórico de cheias de quatro décadas, tais informações têm sido pouco consideradas e utilizadas no estabelecimento de limites de ocupação a áreas com risco de inundações. O histórico de cheias ainda limitado leva muitas vezes a estabelecer limites um tanto nebulosos sobre os níveis máximos de inundação.

Tucci (2003a) mostra que cheias podem apresentar dados bastante variados ao longo de históricos de monitoramento e que antecedem um processo de ocupação mais intenso. Segundo este autor o rio Itajaí, no trecho que compreende a cidade de Blumenau, apresentou suas três maiores cheias no período entre 1852 e 1911. Sua maior cheia aconteceu em 1880 e atingiu uma cota de 17,10 m. De 1911 a 1982, as maiores cotas foram sempre inferiores a 12,90 m. Em 1983, por sua vez, voltou a acontecer uma cota mais expressiva

atingindo a medida de 15,34 m (a segunda maior da história). Assim o planejamento urbano, vinculado as áreas adjacentes a sistemas fluviais, é uma tarefa bastante árdua e tem o monitoramento das cotas fluviais como um pré-requisito fundamental a tal atividade.

Segundo Tucci (2003b) a ocupação do leito maior é fruto das seguintes ações:

Como no Plano Diretor Urbano da quase totalidade das cidades (na América do Sul) não existe nenhuma restrição quanto ao loteamento de áreas de risco de inundação, a seqüência de anos sem enchentes é razão suficiente para que empresários loteiem áreas inadequadas;

Invasão de áreas ribeirinhas, que pertencem ao poder público, pela população de baixa renda;

Ocupação de áreas de médio risco, que são atingidas com frequência menor, mas que quando o são, sofrem prejuízos significativos.

Da mesma forma, o autor lista ainda os maiores impactos sobre a população dos eventos cíclicos de cheias:

Prejuízos de perdas materiais e humanas;

Interrupção da atividade econômica das áreas inundadas;

Contaminação por doenças de veiculação hídrica como leptospirose, cólera, entre outras;

Contaminação da água pela inundação de depósitos de material tóxico, estações de tratamentos entre outros.

Tucci (2003b) ainda destaca a dificuldade que instituições federais e estaduais no controle de inundações, quando destaca a deficiência destes na prevenção e no acompanhamento da recorrência de tais eventos. De acordo com o autor isso se deve a

vários fatores, entre os quais estão os seguintes:

A falta de conhecimento sobre controle de enchentes por parte dos planejadores urbanos;

A desorganização, a nível federal e estadual, sobre gerenciamento de enchentes;

A pouca informação técnica sobre o assunto em nível de graduação na Engenharia;

O desgaste político para o administrador público, resultante do controle não-estrutural (zoneamento), já que a população está sempre esperando uma obra hidráulica;

A falta de educação da população sobre controle de enchentes;

Não existe interesse na prevenção em alguns países considerando que quando a mesma ocorre é declarada calamidade pública pelo Estado e o município pode receber recursos a fundo perdido. Para o gasto destes valores não é necessário concorrência pública.

Quanto às condições para a ocorrência das inundações devem ser observadas diversas questões que estão associadas às características da área de captação, a dinâmica pluviométrica da área considerada e estruturas controladoras do escoamento. As características da área de captação envolvem as condições físicas da bacia (geomorfologia, área e forma da bacia, pedologia, geologia, uso do solo, etc.). A pluviosidade geralmente costuma apresentar um padrão comum a maior parte dos anos, onde geralmente ficam bem definidos os períodos de maior ou menor umidade, que ditam e auxiliam na definição de um padrão comum de cheias e vazantes. Cabe ressaltar, a padronização do comportamento pluviométrico deve ser tratada com cuidado, pois pode servir como parâmetro na ocupação de áreas com menor risco de inundação, mas que são afetados por eventos mais fortes e menos

recorrentes.

O escoamento do rio também pode ser afetado por obras localizadas a montante ou a jusante e locais. Obras ou estruturas localizadas a montante podem minimizar ou até ampliar as cheias em um determinado lugar. Exemplos de regulação das cheias são as construções de reservatórios e que geralmente acabam por reduzir a recorrência de cheias. Contudo, quando o reservatório está saturado a abertura das comportas pode induzir às inundações.

Os controles de jusante e locais são destacados por Tucci (2003a). Os controles de jusante são aqueles que afetam o escoamento de um ponto a montante. Estes controles podem ser estrangulamentos do rio devido a pontes, aterros, mudança de seção, reservatórios, oceano. Assim, quando existe uma ponte, um aterro ou outra estrutura que cause algum tipo de obstrução, a vazão de montante é reduzida pelo represamento de jusante e não pela sua capacidade local. Com a redução da vazão, ocorre aumento dos níveis no local e a montante, efeito que é denominado de remanso.

Esses controles reduzem a vazão de um rio independentemente da capacidade local de escoamento. Os controles locais, por sua vez, definem a capacidade de cada seção do rio de transportar uma quantidade de água. A capacidade local de escoamento depende da área da seção, da largura, do perímetro e da rugosidade das paredes. Quanto maior a capacidade de escoamento, menor o nível de água.

## **ZONEAMENTO DE ÁREAS INUNDÁVEIS**

Estudos realizados nas últimas décadas no Brasil têm destacado o zoneamento das áreas sujeitas a inundação (FERRAZ et al., 1998;

OKIDA; VENEZIANI, 1998; BERTONI, 2003; FIGUEIREDO, 2003; TUCCI, 2003a e 2003b; MACÊDO et al., 2004; GRAMANI et al., 2004; SULEIMAN; BARBASSA, 2005; SILVA, 2006; SILVA, 2007; EXCIMAP, 2007). Além de auxiliar na definição de risco de cheias elas servem de embasamento para regulamentações em áreas sujeitas a enchentes. Segundo Silva (2006), o zoneamento de áreas inundáveis é realizado a partir da definição do risco de inundação de diferentes cotas e o respectivo mapeamento. A regulamentação ou zoneamento das áreas ribeirinhas definirá tipos de ocupação que serão permitidas nas regiões de maior ou menor risco à inundação e deve fazer parte do plano diretor da cidade.

A regulamentação do uso da terra ou zoneamento de áreas inundáveis. Portanto, envolve definição da ocupação das áreas de risco na várzea, regulamentados pelo plano diretor da cidade. No seu desenvolvimento é necessário estabelecer o risco de inundação das diferentes cotas das áreas ribeirinhas. Essas áreas, no caso de proximidades ou no perímetro urbano podem ser destinadas a determinados usos seguindo o nível de risco que essas áreas estão sujeitas. Por exemplo, em áreas sujeitas a inundações mais frequentes (de maior risco) não se utilizam estruturas de custos elevados, sendo recomendada nestes casos a instalação de áreas de lazer (parques ou áreas para práticas esportivas). Áreas de menor risco também exigem cuidados, mas que poderiam absorver maior infra-estrutura adaptadas as condições de cheias (TUCCI, 2003a; SILVA, 2006).

O zoneamento implica então em diversas etapas que envolvem desde a determinação do risco de inundação, mapeamento de áreas inundáveis, levantamento da ocupação da

população na área de risco, definição da ocupação e zoneamento das áreas de risco. Segundo a CPRM (2004), o mapeamento das planícies de inundação de uma cidade é um instrumento essencial para a ordenação do uso e ocupação do solo e o direcionamento das expansões urbanas, além de facilitar a elaboração do Plano de Defesa Civil que estabelece as ações individuais e corretivas para minimizar perdas durante as enchentes.

Tucci (2003a) define estratégias para o mapeamento preliminar e definitivo de áreas com risco de inundação. Para um mapeamento definitivo, além da definição das zonas de risco, é necessário além de um levantamento topográfico bastante detalhado para um tempo de retorno mais expressivo de até 100 anos. Este levantamento englobaria ainda a determinação de cotas (0,5 a 1 m), o levantamento de obstruções ao fluxo durante as cheias, batimetria ao longo da cidade para determinação das cotas de inundação e de levantamento da ocupação.

Um monitoramento detalhado dos níveis de cheias, associados a um detalhamento das áreas adjacentes ao canal (associados a etapas de mapeamento de áreas inundáveis), permite ações que podem definir diferentes áreas de risco de inundação e a partir disto partir para delimitação de uso seguindo as características de cada zona, devendo, além disso, ser apoiados e regulamentados pelo Plano Diretor do município envolvido.

O risco de inundação tem uma relação direta com a cota. Assim, quanto mais próxima a cota estiver em relação ao limite de transbordamento canal (nível de margens plenas), com mais frequência esta estará sendo ocupadas pelas inundações. Nas cotas mais elevadas (ocupadas pelo leito maior e leito maior excepcional) o período de recorrência de

eventos de inundações acontece com intervalos maiores, que podem variar de décadas até séculos de recorrência.

Considerando o intervalo entre as cheias, Tucci (2003a) afirma que se este for superior a dois anos, passa a haver uma tendência de a população ocupar a várzea. Além dos prejuízos a que estas passam a se submeter, pode favorecer a elevação do nível local e a montante devido à obstrução do escoamento do rio. Neste sentido, o autor, divide a seção de escoamento do rio em três zonas (FIGURA 2):

*Zona de passagem da enchente (1)* - Zona de recorrência de inundações até 10 anos. Deve ficar desobstruída para funcionar hidraulicamente, evitando gerar aumento de níveis para montante. Qualquer construção nessa área reduzirá a área de escoamento, elevando os níveis a montante desta seção;

*Zona com restrições (2)* - Zona de recorrência de inundações entre 10 e 100 anos. Esta é a área restante da superfície inundável que deve ser regulamentada. Esta zona fica inundada, mas, devido às pequenas profundidades e baixas velocidades, não contribuem muito para a drenagem da enchente.

*Zona de baixo risco (3)* - Esta zona possui pequena probabilidade de ocorrência de inundações, sendo atingida em anos excepcionais por pequenas lâminas de água e baixas velocidades. A definição dessa área é útil para informar a população sobre a grandeza do risco a que está sujeita.

## **CIDADE DE BOA VISTA E AS CHEIAS DO RIO BRANCO**

Assim como a maioria das cidades amazônicas, a cidade de Boa Vista foi constituída a margem de um rio (FIGURA 3). Segundo Silva (2007), a área que hoje é ocupada

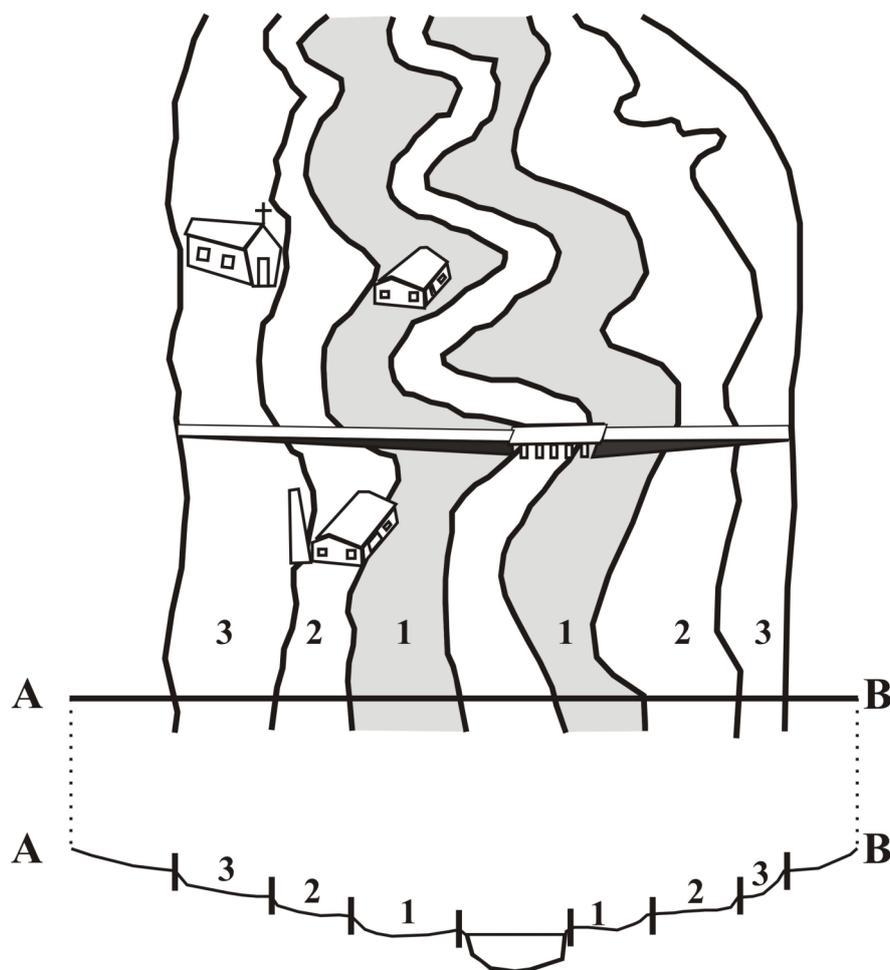


FIGURA 2 - Regulamentação da zona inundável, representada em planta e em perfil (modificado de TUCCI, 2003a).

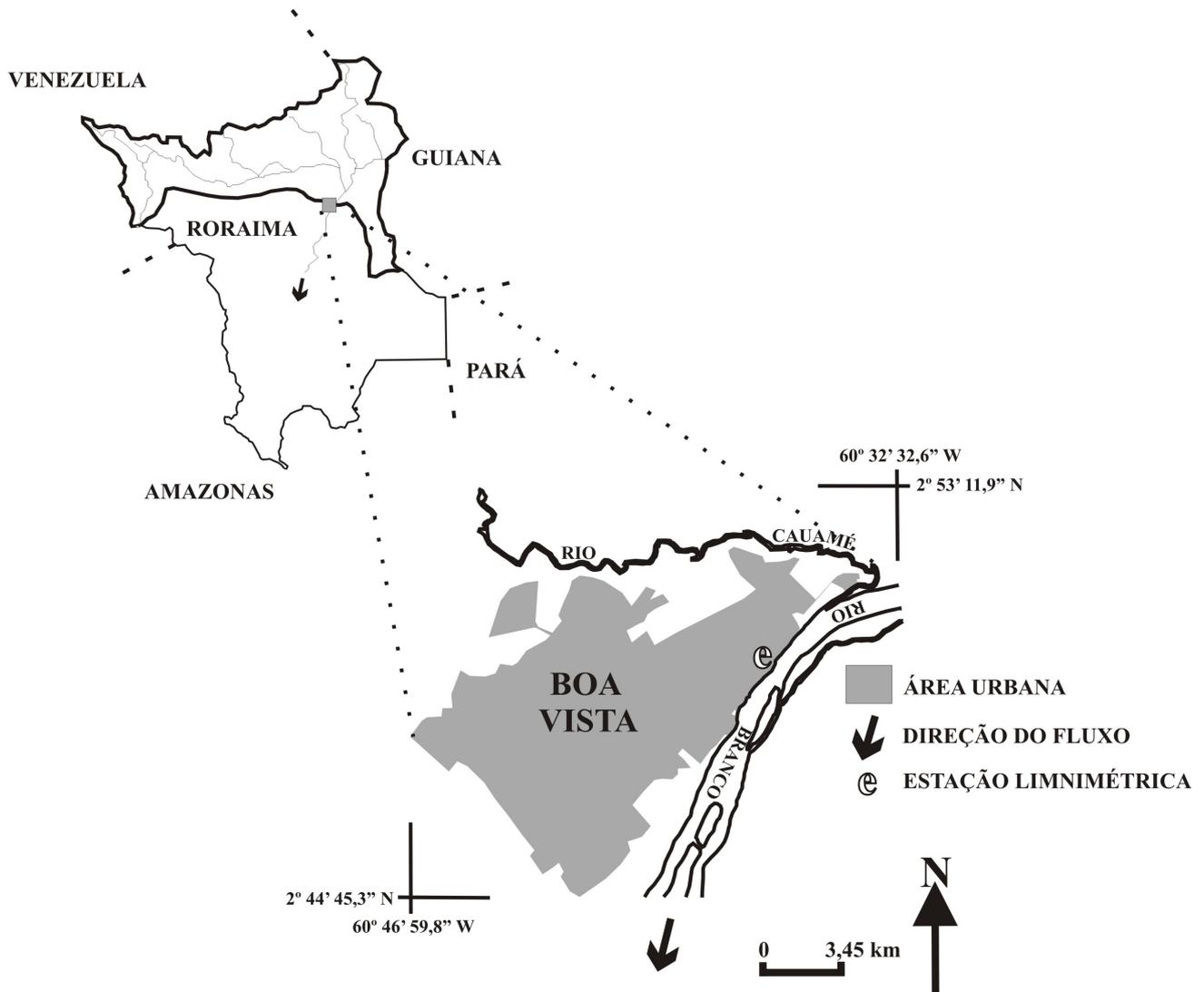
pela cidade passou a ser povoada no final do Século XVIII. Passou a estar mais aparelhada a partir da implantação da Freguesia de Nossa Senhora do Carmo em 1858 e chegando a categoria de município em 1890, quando recebeu o nome de Boa Vista do Rio Branco. Em 1938, este teve seu nome simplificado para Boa Vista. A condição para que esse processo de ocupação fosse bem sucedido foi o ingresso feito por intermédio do rio Branco, principal rio e via de acesso até meados da década de 1970.

Em comparação com a margem esquerda do rio Branco na região de Boa Vista (com uma área inundável que varia de 1 a 1,5 km) a margem direita, por ser mais elevada, serviu de parâmetro para instalação da cidade de Boa Vista, e se mostrou bem sucedida em sua

planta inicial até a metade do Século XX. Assim como na maior parte das capitais, a forte expansão urbana de Boa Vista, assistida no último meio século, impulsionada por um salto populacional de 16,7 mil em 1970 (SILVA, 2007) para quase 300 mil habitantes em 2010 (IBGE, 2010), resultou na ocupação de áreas depressivas em pequenas bacias, além da instalação de estruturas em áreas mais próximas ao canal do rio Branco.

Mesmo que as cheias e a vazantes sejam periódicas e estão relacionados ao cotidiano e lazer dos boavistenses, pouco se atentou a entender a dinâmica de seu vizinho ilustre.

Apesar disso, não se pode negar que, ao mesmo tempo em que a cidade começou a ocupar parte do leito maior do rio Branco, passaram a se registrar as variações de níveis



**FIGURA 3** - Posição da cidade de Boa Vista em relação ao rio Branco e a área de captação da bacia do alto rio Branco no estado de Roraima.

deste rio, resultando numa série histórica de 43 anos, fundamental à previsão de cheias e delimitação de áreas ocupáveis pela infraestrutura urbana. Mesmo de posse destas informações, pouco foi feito no sentido de se ordenar a ocupação de áreas próximas a mananciais e sistemas fluviais.

Recentemente, o Programa de Monitoramento Morfológico de Ambientes Fluviais de Roraima, vinculado hoje ao Hydros, em parceria com CPRM e Prefeitura de Boa Vista, tem buscado respostas quanto ao funcionamento de sistemas fluviais em Boa Vista. Os resultados que ressaltando a forte dependência com o regime sazonal resultante

de um clima típico tropical (quente ao longo do ano e estações secas e úmidas bem distintas) (SANDER et al, 2008; EVANGELISTA et al, 2008; SANDER; WANKLER, 2008).

### A RECORRÊNCIA DE EVENTOS DE CHEIAS

Mesmo que as atividades de planejamento de áreas urbanas que buscam mecanismos de previsão dos eventos de cheias remontam ao Egito Antigo (TUCCI, 2003a), ainda assim a sociedade se vê afetada por eventos de cheias em áreas urbanas. As discussões acadêmicas em torno do ciclo hidrológico, do uso do solo e da circulação da

água nos sistemas fluviais tem sido pouco aplicada à esfera do planejamento urbano. Em parte, isso se dá pela falta de pessoal técnico qualificado na área de planejamento urbano para avaliar cenários de risco, pela brevidade e não continuidade dos planos de trabalhos dos mandatários. É inclusive comum o choque de intenções entre secretarias públicas quanto à ocupação ou revitalização de áreas. Problemas do gênero são observados com muita frequência na América Latina (TUCCI, 2003a).

Ao longo das últimas décadas diversos trabalhos passaram a se dedicar ao entendimento da origem das cheias, sendo estas de origem natural (vinculados a fortes volumes precipitados e a resposta de cada bacia) ou antropogênica (devido a alteração do uso do solo, impermeabilização, ou fruto da interferência de engenharia), a estudar seu comportamento (tempo de duração e área atingida, volume/cota, área afetada e recorrência), medidas de contenção, delimitação e regulamentação do uso de áreas sujeitas as inundações (TUCCI, 1997; TUCCI; BERTONI, 2003; COLLISCHONN; RAUBER, 2004; FERREIRA et al., 2007).

Sob este contexto, tem se destacado a busca pelo entendimento do intervalo entre as cheias (recorrência) e suas cotas, além da área afetada. Os trabalhos têm buscado identificar eventos periódicos, que acontecem em intervalos curtos de tempo (um ou dois anos), até os acontecem em intervalos maiores com retorno que ultrapassam décadas, séculos e até milênios (CHRISTOFOLETTI, 1981; TUCCI, 2003a; SILVA, 2006).

Tucci (2003a) considera que o “Tempo de retorno” de um evento de inundação representa o tempo, em média, que este evento tem chance de se repetir. Neste sentido, um

tempo de retorno de 40 anos significa que, em média, uma cheia pode se repetir a cada 40 anos. Seguindo esta lógica, o autor mostra que não se pode esquecer que uma cheia com intervalo previsto de 40 anos poderá acontecer antes ou depois deste prazo. Assim justifica-se a necessidade de se delimitar e regulamentar os usos em áreas que compõe o leito maior do rio Branco na cidade de Boa Vista.

Por outro lado destaca-se a importância de séries históricas longas para estimar a recorrência de eventos extremos e a respectiva área afetada. Registros de algumas séries históricas de rios brasileiros mostram a necessidade de cautela quanto à delimitação das áreas sob influência de eventos de cheias extremas. Levantamentos realizados no rio Itajaí, na cidade de Blumenau-SC, mostram que cheias ocorridas na segunda metade do Século XIX foram maiores que as registradas ao longo do Século XX (TUCCI, 2003a).

As previsões de inundações têm buscado apresentar informações sobre o nível/cota das cheias, seu tempo de recorrência e a área afetada (CHRISTOFOLETTI, 1981; FERRAZ et al., 1998; DIAS et al., 2002; CORDERO; MEDEIROS, 2003; FIGUEIREDO, 2003; TUCCI, 2003a; COLLISCHONN e RAUBER, 2004; GRAMANI et al., 2004; SULEIMAN; BARBASSA, 2005; MARQUES et al., 2005; SIQUEIRA et al., 2006; ALCANTARA e ZEILHOFER, 2006; SILVA, 2006; SILVA, 2007; CORDERO et al., 2007; CHICATI et al., 2009; CHEN et al., 2009). Baseado nestas informações busca-se delimitar as zonas de risco (zona de passagem de enchente, zona de restrições e zona de baixo risco). Os padrões de recorrência de cheias comumente para rios são os intervalos de 5, 10, 25, 50 e 100 anos. Seguindo tal modelo destaca-se o trabalho de

Período de recorrência (anos)	Área inundada (ha)	Altitude (m)
5	24,74	468
10	69,12	470
25	116,73	473
50	160,39	475
<b>100</b>	<b>205,37</b>	<b>477</b>

**TABELA 1** - Vazões e altitudes para cada período de recorrência calculado do rio Piracicaba na cidade de Piracicaba (FERRAZ et al., 1998).

Ferraz et al (1998) que estudou as cheias do rio Piracicaba na cidade de Piracicaba, relacionando dados de intervalo de retorno, às cotas e a área total alagada (TABELA 1).

Alguns trabalhos tem estendido os cálculos de tempo de retorno para períodos maiores, como os trabalhos de Cordero et al., (2007) que estimou a recorrência de eventos até 500 anos para a cidade de Gaspar-SC, Marques et al. (2005), estimando o volume de cheias para até 1000 anos em Coimbra-Portugal e Silva (2006), que projetou níveis de cheias com recorrência até 1500 anos no rio Sapucaí, no município de Itajubá-MG.

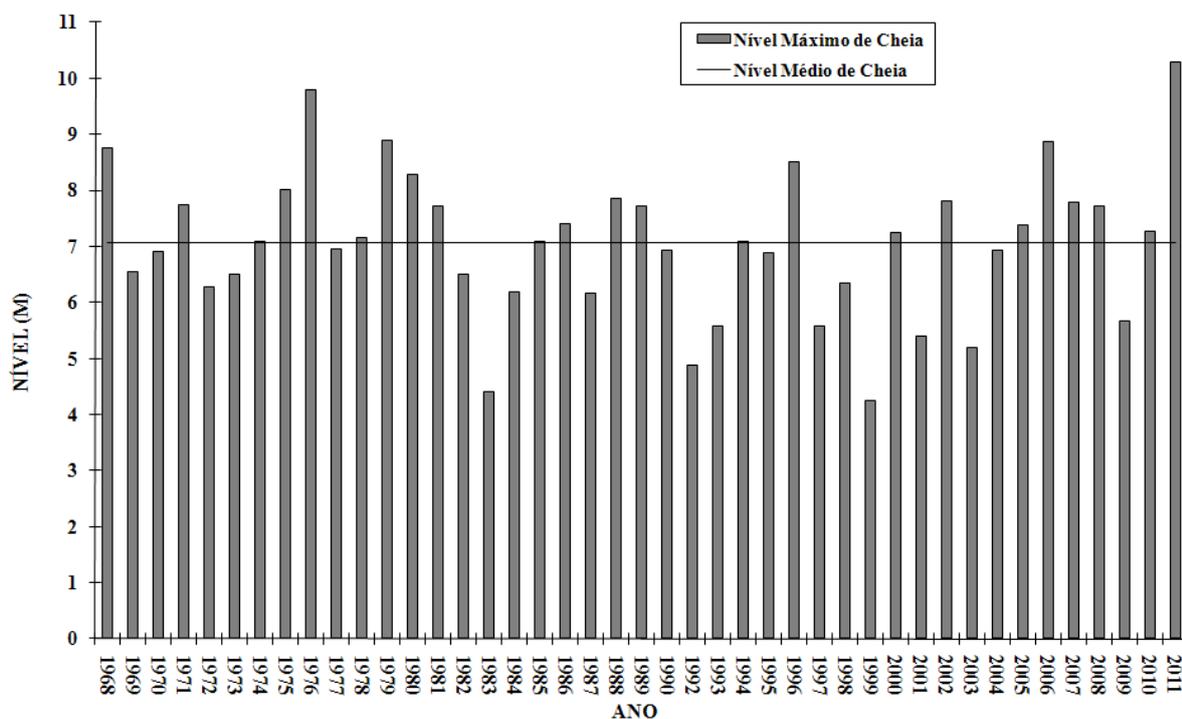
A série histórica do rio Branco é levantada desde 1968, totalizando 43 anos de monitoramento obtidos junto à régua limnimétrica localizada no ponto de captação de água localizada sede da Companhia de Água e Esgoto de Roraima (CAER). Os dados históricos de cheia mostram máximos anuais oscilando entre 60,34 m em 1999 e 66,43 metros de altitude em junho de 2011, apresentando uma média histórica de cheias máximas anuais de 63,21 m (FIGURA 4). Utilizando os métodos de Gumbel (CHIRSTOFOLETTI, 1981), foi possível determinar eventos de cheias com recorrência até quatro décadas na cidade de Boa Vista (TABELA 2).

Na tabela 2 verificou-se que entre os

intervalos de recorrência de 1 e 2 anos, ocorre a maior variação de cota da série limnimétrica, chegando a 2,23 m, representando 37 % da amplitude total da série histórica de cheias máximas anuais. Isto se dá pelo fato das cheias com tempo de recorrência igual ou superior a 2 anos passam então a ocupar parte importante da planície de inundação do rio Branco. Desse modo, para que exista ganho de cotas são exigidas vazões maiores, proporcionais ao aumento da capacidade do canal.

A série limnimétrica de Boa Vista não é o suficiente para avaliar a interferência das oscilações dos totais pluviométricos ao longo das décadas nos ciclos de cheias. Oscilações dos totais pluviométricos em Boa Vista foram observados por Evangelista et al. (2008) que identificaram ciclos mais úmidos e mais secos ao longo de um século de levantamento. Outro problema é a baixa cobertura de estações pluviométrica na bacia e a existência de séries pluviométricas curtas o que dificulta o estudo da contribuição das áreas de captação da bacia na formação das maiores cheias. Além disso, é um desafio ainda avaliar a interferência dos fenômenos climáticos do *El niño* e *La niña* na disposição das cheias.

Apesar destas limitações, a relação entre dados limnimétricos com plantas topográficas representam bases potenciais para mapeamento de áreas afetadas a inundação.



**FIGURA 4** - Nível de cheias máximas anuais do rio Branco levantados junto a sede da CAER, na cidade de Boa Vista, sendo que a o valor de 7,06 da régua limnimétrica equivale a cota altimétrica de 63,21 m.

Assim, unindo dados limnimétricos a carta topográfica de Boa Vista foi mapeada a área das duas maiores cheias do rio Branco. A cheia de 1976, com previsão de recorrência estimado em 21 anos (TABELA 2) atingiu uma área de 5,85 km<sup>2</sup> (585 ha), chegando a uma cota altimétrica de 65,95 m (FIGURA 5). Em junho de 2011, por sua vez, foi registrada a maior cheia da série de monitoramento atingindo a cota de 66,43 m e inundando uma área de 6,16 km<sup>2</sup> (616 ha) do perímetro urbano de Boa Vista

(FIGURA 5), com um acréscimo aproximado de 5,3 % em relação à área alagada na cheia de 1976. Além disso, esta cheia foi responsável pelo isolamento de várias áreas por ter trechos de estradas, rodovias e pontes submersos pelas águas do rio branco, repercutindo no desabastecimento da cidade de produtos provenientes do interior e de fora do estado. Mesmo, que ambas as cheias representem os maiores eventos de inundação já registrados oficialmente, não conhecimento de registros de

Período de Recorrência (anos)	Cotas Limnimétricas (m)	Cotas altimétricas (m)
1	4,87	61,02
2	7,10	63,25
3	7,72	63,87
4	7,80	63,95
5	8,02	64,17
6	8,28	64,43
7	8,50	64,65
10	8,88	65,03
14	8,90	65,05
21	9,80	65,95
<b>42</b>	<b>10,28</b>	<b>66,42</b>

**TABELA 2:** recorrência de eventos de cheias do rio Branco e cotas atingidas em Boa Vista, utilizando o método de Gumbel.



**FIGURA 5** - Área inundada pelas cheias de 1976 e 2011 do rio Branco na cidade de Boa Vista, RR.

anteriores 1968. Desta forma, o registro de eventos de cheias fica limitado a menos de meio século, conseqüentemente eventos de cheias seculares não são cobertos, o que deve ser considerado para fins de mapeamento de áreas de risco de inundação.

É o exemplo observado em Santa Catarina no rio Itajaí e retratado por Tucci (2003a), que em mais de um século e meio de monitoramento teve sua maior cheia registrada em 1880, atingindo a marca de 17,10 m, numa época que o grau de ocupação de tal bacia era ainda baixa. Segundo este autor a segunda maior marca foi registrada somente depois de um século, em 1882 com uma cota quase 2 m inferior a primeira com 15,34 m. Tal exemplo mostra a necessidade de não se limitar

a atual série, considerando ainda o precário conhecimento hidrológico da área de contribuição da bacia do alto rio Branco.

Com a experiência obtida com os registros do rio Itajaí em Santa Catarina quanto às cheias excepcionais, entende-se que as cheias do rio Branco tendem a superar a marca de 2011 em até meio século. Isto deve pelo fato de a totalidade os eventos de cheias monitoradas em Boa Vista compreenderem pouco mais que quatro décadas. Neste sentido, as cotas afetadas por eventos de cheias seculares possivelmente ainda não são conhecidos, merecendo assim visibilidade na confecção de mapas risco para cidade de Boa Vista. Por exemplo, se as cheias com retorno de 100 anos atingirem a cota de 67,5 m, pouco mais

de 1m acima do maior evento registrado na série (66,42 m em 2011), a área urbana total inundada da Capital seria de 6,96 km<sup>2</sup> (696 ha). Isto representaria um acréscimo de aproximadamente 13 % à cheia de 2011 e de 18 % ao segundo maior evento da série histórica, registrado em 1976.

O desnível da linha da água deve ser considerado na execução do mapeamento. Utilizando um único ponto de referência (uma única cota) acaba por reduzir a inundada mapeada a montante e aumentar a área inundada a jusante. Além disso, deve ainda ser considerada a obstrução do fluxo por obras de engenharia que possivelmente nivelam trechos de rios durante as maiores cheias. Tomando por base isso foi definida a cota de 66,5 m (FIGURA 5) como área de segurança para última cheia, a fim de sobrepor variações de nivelamentos do rio, principalmente em pontos localizados no trecho montante do rio

Branco, na cidade de Boa Vista.

Cada inundação apresenta variações de largura em seu perímetro que vão de poucas dezenas de metros até larguras de quilômetros, nas áreas onde se posicionam vales de afluentes que tem seus trechos inferiores represados e inundados devido ao elevado ganho de cota do rio Branco (FIGURA 6). O exemplo mais interessante é a inundação de áreas urbanas adjacentes ao rio Cauamé distantes 6 - 12 km de sua foz (bairros Paraviana e Jardim Caranã) que tiveram seu fluxo, e de seus afluentes no seu trecho inferior, represados e aumentados pela subida do rio Branco durante as cheias de junho/2011 (FIGURA 5).

Quanto à obstrução do fluxo das cheias do rio Branco pode ser considerada a provável influência da ponte dos Macuxis. Durante as fortes cheias, parte da planície de inundação é utilizada para escoamento das cheias, essa área



**FIGURA 6** - Inundação em área urbanizada, av. Sebastião Diniz, bairro Calungá, sentido bairro-centro. Fotografado por Fábio Wankler, em junho de 2011.



**FIGURA 7** - Represamento do fluxo do rio Branco em sua margem esquerda pelo aterro da Rodovia BR 401, sentido Bonfim – Boa Vista.

Fotografado por Fábio Wankler em junho/2011.

54

recebe a denominação de zona de passagem da enchente. A redução da área de passagem repercute no arrefecimento da capacidade de escoamento da seção transversal, fazendo que neste ponto e em locais a montante passe a existir uma elevação dos níveis das cheias e o aumento da área inundada. A construção da ponte dos Macuxis acabou por reduzir a zona de passagem das cheias ao limite do canal fluvial (FIGURA 7). Assim, para dar conta do aumento da descarga do sistema fluvial há uma elevação do nível de água até que a seção transversal consiga atingir sua capacidade de escoamento de fluxo. Neste sentido, grandes cheias de volume semelhante a outras ocorridas anteriormente à construção da ponte tendem a atingir níveis mais elevados.

### CONSIDERAÇÕES FINAIS

O estudo do histórico de cheias do rio Branco mostra que há um longo caminho a se percorrer quanto à determinação dos mapas de risco assim como na instalação de sistemas de alerta a fim de minimizar os efeitos dos eventos de inundação. O sucesso dos estudos a respeito das inundações depende de infra-estrutura, apoiados por uma rede de estações de

monitoramento hidrológico (fluviométricas e pluviométricas) bem distribuídas por toda bacia. Este depende também da consolidação de uma equipe qualificada para observação da evolução dos níveis fluviométricos para evacuação das áreas possivelmente afetadas pelas cheias, na determinação das áreas de risco de inundação, na avaliação do efeito de obras de engenharia na cota das inundações e na definição de estratégias de ocupação das áreas ribeirinhas (planejamento urbano).

Pelo fato da bacia do alto rio Branco estar ainda próximo as condições naturais, exibindo em grande parte as vegetações naturais e com suas drenagens ainda bem preservadas, a bacia está sujeita a modificações em sua hidrologia com a consolidação de projetos de intensificação do uso do solo e aproveitamento energético (investimentos já previstos pela Secretaria de Planejamento do Estado SEPLAN/RR). Contudo, na contramão disso, está à consolidação de reservas indígenas Yanomami e Raposa Serra do Sol, que contribuem para redução do ímpeto do agronegócio na bacia.

É necessária ainda a ampliação do diálogo e parcerias entre as instituições

administrativas (Estado e Município), de pesquisa (CPRM, UFRR) e emergenciais (Defesa Civil) na avaliação dos eventos periódicos e excepcionais, traçando estratégias de alerta para eventos extremos assim como na ocupação do solo da cidade, sustentados pela confecção de mapas de risco e sua devida regulamentação.

## NOTAS

<sup>i</sup> Os autores agradecem ao Eng. Adelelmo da Silva Marques, diretor de Engenharia e Gestão Ambiental da CAER, por sua colaboração, cedendo dos dados limnimétricos e, também, aos revisores deste trabalho pelas contribuições.

<sup>ii</sup> Geógrafo; Doutorando em Geografia pela Universidade Estadual de Maringá (UEM); Professor Assistente do Departamento de Geografia da Universidade Federal de Roraima (UFRR).

E-mail: [sandergeo@yahoo.com](mailto:sandergeo@yahoo.com)

<sup>iii</sup> Geólogo; Doutor em Geologia pela Universidade do Vale do Rio dos Sinos (UNISINOS); Professor Adjunto do Departamento de Geologia da Universidade Federal de Roraima (UFRR).

E-mail: [fwankler@uol.com.br](mailto:fwankler@uol.com.br)

<sup>iv</sup> Geólogo; Doutor em Energia Nuclear na Agricultura pela Universidade de São Paulo (USP); Professor Adjunto do Departamento de Geologia da Universidade Federal de Roraima (UFRR).

E-mail: [renato\\_ufr@yaho.com.br](mailto:renato_ufr@yaho.com.br)

<sup>v</sup> Graduados em Geografia pela Universidade Federal de Roraima (UFRR).

## REFERÊNCIAS

ALCANTARA, L. H.; ZEILHOFER, P. Aplicação de técnicas de geoprocessamento para avaliação de enchentes urbanas: estudo de caso - Cáceres, MT. 1º Simpósio de Geotecnologias no Pantanal. *Anais... Campo Grande: Embrapa Informática Agropecuária/INPE*, 2006. pp.18-27.

ANA/Brasil. *Dados fluviométricos da Agência Nacional de Águas*. M.M.A. Disponível em: <http://hidroweb.ana.gov.br> . Acessado em 4 de setembro de 2009.

CHEN, J.; HILL, A. A.; URBANO L. D. A GIS-based model for urban flood inundation. *Journal of Hydrology*, 373, 2009. pp.84-192

CHICATI, M, L.; NANNI, M. R.; CEZAR, E.; GROFF, E. C. Uso de sensoriamento remoto no estudo da planície de inundação na margem esquerda do Rio Paraná. Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, *Anais... Natal: INPE*, 2009. pp.3657-3664.

CHRISTOFOLETTI, A. *Geomorfologia fluvial*. São Paulo: Edgard Blücher, 1981.

COLLISCHONN, E.; RAUBER, A. Inundação X crescimento urbano - um estudo de caso na cidade de Venâncio Aires - RS. Simpósio Brasileiro de Desastres Naturais, *Anais... Florianópolis: GEDN/UFSC*, 2004. pp.288-296. [CD-ROM].

CORDERO, A.; MEDEIROS, P. A. Previsão de Enchentes do Rio Itajai-Açu em Gaspar. Simpósio de Recursos Hídricos do Norte e Centro-Oeste. *Anais... Cuiabá: ABRH*, 2007. [CDROM].

CPRM, ANA e IGAM. *Definição da Planície de inundação da cidade de Governador Valadares*. Belo Horizonte, 2004.

CUNHA, S. B. da. Geomorfologia fluvial. In: GUERRA, A. J. T.; CUNHA, S. B. da (Org.). *Geomorfologia: uma atualização de bases e conceitos*. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 1995.

DIAS, J. E.; GOMES, O. V. de O.; COSTA, M. S. G. C. da; GARCIA J. M. P.; GOES, M. H. de B. Impacto ambiental de enchentes sobre áreas de

expansão urbana no município de Volta redonda/Rio de Janeiro. *Rev. Biociência*, Taubaté, v.8, n.2, jul.-dez.2002. pp.19-26.

EVANGELISTA, R. A. O., SANDER, C., WANKLER, F. L. Estudo Preliminar da distribuição pluviométrica e do regime fluvial da bacia do rio Branco, estado de Roraima. In: SILVA, P. R. de; OLIVEIRA, R. da S. (Org.). *Roraima 20 anos: as Geografias de um novo Estado*. Boa Vista: EdUFRR, 2008. pp.142-167.

EXCIMAP (a European Exchange Circle on Flood Mapping). *Handbook on good practices for flood mapping in Europe*. Water Directors, 2007.

FERRAZ, F. F., FERRAZ, E. S.; BALLESTER, M. V. R.; MORAES, J.; VICTORIA, R. L.; MARTINELLI, L. A. Previsão de áreas inundadas na cidade de Piracicaba (SP) através de Sistema de Informações Geográficas (SIG). *RBRH – Revista Brasileira de Recursos Hídricos*, v. 3, n. 3, jul./set. 1998. pp.17-27.

FIGUEIREDO, A. P. S. Determinação da mancha de inundação do município de Itajubá na enchente de janeiro/2000. SBSR, *Anais...* Belo Horizonte: INPE, 2003. pp.1791-1794.

GRAMANI, M. F.; SILVA, F. C.; ALMEIDA FILHO, G. S.; GOUVEIA, M. I. F. Diagnóstico das inundações em áreas urbanizadas do rio Paraíba do Sul e Mantiqueira, SP: subsídio para o plano de contingência. Simpósio Brasileiro de Desastres Naturais, *Anais...* Florianópolis: GEDN/UFSC, 2004. pp.539-553. [CD-ROM].

IBGE. [http://www.ibge.gov.br/home/presidencia/noticias/noticia\\_visualiza.php?id66](http://www.ibge.gov.br/home/presidencia/noticias/noticia_visualiza.php?id66). Acesso em abril de 2010.

JORGE, F. N.; UEHARA, K. Águas de Superfície. In: OLIVEIRA, A. M. dos S.; BRITO, S. N. A. de (Org.). *Geologia de engenharia*. São Paulo: ABGE - Associação Brasileira de Geologia de Engenharia, 1998.

MACÊDO, R. F.; SOUZA, S. A.; ANDRADE, J. P. M.; MARCO, G. DE; MENDIONDO, E. M. Cenários de políticas de controle de impactos devido a inundações. I Seminário Latinoamericano de Políticas Públicas em

Recursos Hídricos. *Anais...* Brasília: ABRH, 2004.

OKIDA, R.; VENEZIANI, P. Sensoriamento Remoto como Alternativa no Estudo de Áreas de Inundação: um exemplo na região de Caraguatatuba (SP). IX Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, *Anais...* Santos: INPE, 1998. pp.425-429.

SANDER, C.; WANKLER, F. L.; TONELLO, M. F.; SOUSA, V. P. de. Levantamento Hidrológico do Igarapé Carrapato, Boa Vista, RR: Dados Preliminares. *ACTA Geográfica*, v.2, n.3, 2008. pp.119-129.

SANDER, C. ; WANKLER, F. L. Avaliação do comportamento da Descarga do Igarapé Carrapato, Município de Boa Vista, Roraima. *Geografia. Ensino & Pesquisa (UFSM)*, v. 12, 2008. pp.2736-2747.

SILVA, A. P. M. *Elaboração de manchas de inundação para o município de Itajubá, utilizando SIG*. Universidade Federal de Itajuba (Mestrado em Engenharia da Energia), 2006.

SILVA, K. A. da. *Análise da eficiência de métodos de controle de enchentes na atenuação de picos de cheias utilizando o modelo computacional SWMM – Storm Water Management model*. Universidade Federal de Goiás (Mestrado em Engenharia do Meio Ambiente), 2007.

SILVA, P. R. de F. *Dinâmica territorial urbana em Roraima – Brasil*. Universidade de São Paulo (Doutorado em Geografia Humana), 2007.

SIQUEIRA; M. R. DE A.; BATISTA, G. T.; TARGA, M. dos S. T.; CATELANI, C. de S. Mapeamento das áreas de inundações das planícies aluviais de Guaratinguetá através de técnicas de geoprocessamento. *Seminário de Geoprocessamento do Vale do Paraíba, Anais ... Taubaté: GEOVAP/UNITAU*, 2006. pp.54-64.

SUGUIO, Kenitiro Suguio & BIGARELLA, João J. *Ambientes Fluviais*. Florianópolis: Editora da UFSC/ Editora da UFPR, 1990.

SULEIMAN, H. C.; BARBASSA, A. P. Mapeamento preliminar de áreas urbanas de inundação: Preliminary mapping of

inundation in urban areas. *Ciência & Engenharia (Science & Engineering Journal)*, 915/2, 2005. pp.51-58.

TUCCI, C.E. M. *Hidrologia – Ciência e Aplicação*. Porto Alegre: Ed. da Univ. Federal do Rio Grande do Sul, 1997.

TUCCI, C. E. M. Inundações e Drenagem Urbana. In: TUCCI, C. E. M.; BERTONI, J. C. (Org.). *Inundações Urbanas na América do Sul*. Associação Brasileira de Recursos Hídricos,

2003a. pp.145-181.

TUCCI, C. E. M. *Águas urbanas*. In: TUCCI, C. E. M.; BERTONI, J. C. (Org.). *Inundações Urbanas na América do Sul*. Associação Brasileira de Recursos Hídricos. 2003b. pp.11-44.

TUCCI, C. E. M.; BERTONI, J. C. (Org.). *Inundações Urbanas na América do Sul*. Associação Brasileira de Recursos Hídricos. 2003. pp.145-181.