



Avaliação dos impactos causados pelas enchentes em regiões ribeirinhas na cidade de Boa Vista/RR

Ofélia de Lira Carneiro Silva¹, Leonardo Soligo Gomes¹, Silvestre Nóbrega Lopes¹, Alex Bortolon de Matos¹, Pedro Alves da Silva Filho¹

¹ Departamento de Engenharia Civil
Universidade Federal de Roraima (UFRR) – Boa Vista – RR – Brasil

ofelia.lira@ufrr.br, leosoligo@yahoo.com.br
silvestre@engcivil.ufrr.br, alex.ufrr@gmail.com, pedro.filho@ufrr.br

Abstract. *The populations of the regions on the banks of Rio Branco suffer annually during the rainy season with flooding, which are inevitable for being a natural phenomenon of rivers, but you can reduce the impacts caused by the floods, with structural and non-structural measures, and to recommend the best solution is necessary to assess the impacts in the affected coastal regions. The aim of this study is to raise the causes of flooding and the effects caused by the occupation on the banks of Rio Branco, and to recommend control measures to minimize the social, economic and environmental damage. Initially it was necessary a bibliographic study and field visits. From a mapping, delimited the riverine areas, in order to know the area affected by the flood. It was also done a survey of data historical record from the Municipal Civil Defense, to obtain the socio-economic profile of the population. In order to meet the critical period of events aimed to hydrological historical record data at relevant organizations. To quantify and qualify the potential impacts we used environmental impact assessment methods resulting in a degree of 50% risk. The impacts indicated that the problem in the region is not only a structural problem, it is also social as families living there are poor and live basically of fishing on the Rio Branco.*

Resumo. *As populações das regiões às margens do Rio Branco sofrem anualmente no período de chuva com as enchentes, as quais são inevitáveis por ser um fenômeno natural dos rios, mas é possível diminuir os impactos causados pelas inundações, com medidas estruturais e não estruturais, e para recomendar a melhor solução é necessário avaliar os impactos causados nas regiões ribeirinhas atingidas. O principal objetivo deste estudo é levantar as causas das inundações e avaliar seus efeitos causados pela ocupação da margem do Rio Branco, e recomendar ações de controle para minimizar os prejuízos sociais, econômicos e ambientais. Inicialmente fez-se necessário um estudo bibliográfico e visitas em campo. A partir de um mapeamento, delimitou-se as áreas ribeirinhas, com o intuito de conhecer a região afetada pela inundação. Foi feito ainda um levantamento de dados de registro histórico, junto à Defesa Civil Municipal, para obtenção do perfil sócio-econômico da população atingida. Com o intuito de conhecer o período crítico de eventos buscou-se dados de registro histórico hidrológicos nos órgãos competentes. Para quantificar e qualificar os impactos potenciais utilizou-se métodos de avaliação de impactos ambientais obtendo-se um grau*



de 50% de risco. Os impactos indicaram que o problema na região não é apenas um problema estrutural, é também social, pois as famílias que ali residem são de baixa renda e vivem basicamente da pesca no Rio Branco.

1. Introdução

As cidades e os rios sempre conviveram em conformidade enquanto estes eram respeitados e percorriam seus leitos, inundando as várzeas durante a cheia e voltando depois ao seu curso natural sem prejudicar ninguém. Esta convivência pacífica sofreu abalo com a expansão das cidades e a consequente invasão das várzeas dos rios (OSTROWSKY, 1998).

As enchentes urbanas contribuem para os impactos sobre a sociedade que podem ocorrer devido à urbanização ou à inundação natural da proximidade ribeirinha. Para Tucci (2003) os problemas relacionados com as inundações ocorrem em áreas ribeirinhas sendo um processo natural de cheia do rio em eventos de grandes precipitações. Nestas ocasiões o nível d'água do rio sobe e passa a escoar em sua calha secundária, com uma recorrência de aproximadamente 2 anos.

Ainda Tucci (2003) a inundação ocorre quando essa calha secundária está ocupada por habitações humanas, que acabam por dificultar o escoamento das águas levando a uma elevação ainda maior no nível d'água e a um aumento na frequência de extravasamento da calha principal do rio. Essas inundações devido à urbanização ocorre principalmente em consequência do aumento da taxa de impermeabilização do solo.

As inundações podem ser intensificadas pelo homem, em vista de alterações no solo da bacia hidrográfica, como desmatamento, urbanização e a impermeabilização. Na medida em que a cidade se desenvolve, reduz-se a cobertura vegetal e impermeabilizam-se as superfícies, dificultando a infiltração da água de chuva no solo e assim, aumentando o volume de água escoada superficialmente, podendo superar a capacidade de escoamento de rios, córregos, canais e da própria rede de microdrenagem. Segundo Tucci (1997), as enchentes em áreas ribeirinhas podem ocorrer quando o rio ocupa seu leito maior, de acordo com os eventos chuvosos extremos, em média com tempo de retorno superior a 02 anos.

Segundo Braga (1994 apud Canholi, 2005), a maioria dos países em desenvolvimento, incluindo o Brasil, experimentou nas últimas décadas uma expansão com precária infraestrutura de drenagem, advindo os problemas de inundação principalmente da rápida expansão da população urbana, de baixo nível de conscientização do problema, da inexistência de planos e da manutenção inadequada dos sistemas de controle de cheias.

Os problemas de drenagem urbana são tratados preferencialmente no âmbito das grandes obras de engenharia, mas que na maioria das vezes são insuficientes para a solução dos problemas (AMORIM, 2003). Um grande número de municípios brasileiros enfrenta problemas com enchentes devido à ineficiência, falta de planejamento e investimento no setor. A Pesquisa Nacional de Saneamento Básico revela que mais da metade dos municípios brasileiros sofrem com alagamentos. Segundo dados divulgados no Censo do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE 2000), 78,6% dos municípios brasileiros apresentam um sistema de drenagem urbana sem se levar em consideração o índice de cobertura do sistema, apenas 26,3 % dos municípios com



sistemas dispõem de algum instrumento regulador da drenagem urbana (Plano Diretor de Drenagem, Plano Diretor Municipal, Legislação Municipal, leis de uso do solo, etc.) e 22,4% dos municípios brasileiros sofreram inundações ou enchentes nos dois últimos anos precedentes à divulgação da pesquisa. Faz-se necessária e urgente a combinação de soluções estruturais e não estruturais.

As medidas estruturais compreendem as obras de engenharia que podem ser implantadas visando a correção e/ou prevenção dos problemas decorrentes de enchentes. Já as soluções não estruturais são tomadas de decisão que buscam reduzir os danos ou as consequências das inundações por meio de normas e programas que visem o planejamento urbano de uso e ocupação do solo, a educação ambiental e uma política para o setor de saneamento que defina objetivos a serem alcançados e os instrumentos (legais, técnicos e financeiros) para atingi-los.

Segundo Tucci (1997) o controle das inundações ribeirinhas depende dos efeitos produzidos em médias e grandes bacias que envolvem vários municípios. Um programa de inundações deste tipo deve ser desenvolvido com bases Estaduais e Federais fundamentado nas seguintes ações: levantamento das cidades que periodicamente sofrem enchentes ribeirinhas; mapeamento das áreas de inundação das cidades; desenvolvimento de zoneamento de áreas de inundação; definindo os critérios de ocupação por município; implementação das medidas do zoneamento dentro da legislação do Plano Diretor urbano da cidade.

A bacia do Rio Branco possui um regime hidrográfico pluvial com precipitação média anual de 1.600 mm, (Barbosa, 1997). No período chuvoso, que ocorre entre os meses de abril e setembro áreas situadas próximas à margem e à mata ciliar costumam ser alagadas (em especial o bairro Beiral), no período seco, entre dezembro e março, o nível de água baixa, diminuindo a navegabilidade do baixo Rio Branco.

O sistema de drenagem natural da cidade de Boa Vista é formado pelo Rio Branco e seus afluentes, sendo os principais, o Rio Cauamé e o Igarapé Grande. Além destes, também é composto por uma densa e complexa rede de igarapés e lagoas que possuem regime permanente (perenes) ou temporário (intermitentes) durante o ano.

O presente estudo tem como objetivo levantar as principais causas das inundações nas regiões ribeirinhas, avaliar os impactos causados pela ocupação da margem do Rio Branco e recomendar medidas preventivas e corretivas para minimizar os prejuízos sociais, econômicos e ambientais.

2. METODOLOGIA

Para a consecução dos objetivos do trabalho a metodologia compreende as seguintes etapas:

- a) Caracterização das áreas de inundação;
- b) Levantamento das causas das inundações;
- c) Levantamento de dados hidrológicos;
- d) Levantamento dos aspectos sócio-econômicos;



- e) Levantamentos dos impactos;
- f) Recomendações de soluções mitigadoras para diminuir os impactos.

O estudo foi embasado em informações fornecidas pelos moradores, dados estatísticos fornecidos pelo IBGE (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística), CBMRR (Corpo de Bombeiros do Estado de Roraima), Defesa Civil do estado de Roraima e Prefeitura Municipal de Boa Vista, além de obras já publicadas como livros e trabalhos científicos. Assim como em levantamento de dados em campo, e visita nas áreas ribeirinhas buscando o máximo de informação sobre a localidade, como as maiores cheias do rio, periodicidade das enchentes, e como os moradores lidam com essa situação.

2.1. Caracterização das áreas de inundação

A área do objeto de estudo está localizada no município de Boa Vista, região centro leste do Estado de Roraima, sendo a única capital brasileira localizada totalmente ao norte da linha do Equador, com latitude 2° 49' N; longitude 60° 39' W, possuindo uma área de 5.711,9 Km². A área de estudo corresponde as margens ocupadas do Rio Branco dando-se enfoque ao bairro mais atingido pelas enchentes, Francisco Caetano Filho, popularmente conhecido como “Beiral”.

Segundo Veras (2009), a gênese do Estado de Roraima, mais precisamente da capital, ocorreu às margens da via fluvial, a partir da antiga fazenda Boa Vista, implantada em 1830, e transformado em município em 1890. Área física que se tornou estratégia da geopolítica, onde foram se instalando povoado, com comércios as margens do rio, área com baixa densidade demográfica, habitações sendo construídas em áreas não alagáveis. Até os dias atuais, perduram às margens do rio Branco, e de seu entorno habitações no estilo palafitas (casas de madeiras suspensas) pequenos comércios, bares, casas noturnas, e pescadores.

A história da área Caetano Filho, está intrinsecamente ligada ao processo de formação da cidade de Boa Vista, zona onde se encontrava a antiga Fazenda Boa Vista que deu origem a esta cidade. A partir das comunidades indígenas ocorre o processo de periferação e, conseqüentemente, segregação de algumas famílias, já que estes não faziam parte das grandes famílias locais e estavam a margem da sociedade. O bairro foi criado sem o devido planejamento e destinação de áreas institucionais, bem como sem obedecer aos limites das áreas de preservação permanente de rio.

O bairro Caetano Filho, apresenta problemas de urbanização e de segurança pública, problemas estes que de alguma forma contribuem para a perpetuação da pobreza e criminalidade. A falta de estrutura urbana e área degradada contribuem para caracterizar parte daquela área em favela, assim como a falta de segurança pública efetiva no local favorece um dos principais problemas contemporâneos que conduz a comunidade ao risco de vulnerabilidade.

Além dessa ausência de segurança, a população convive com os perigos naturais. Por se tratar de um espaço a margem do Rio Branco, ao longo dos anos, as pessoas que moram naquele local, repetidamente, passam por dificuldades durante o período de chuva, sendo obrigadas a abandonarem suas moradias e se deslocarem para abrigos em virtude das cheias provocadas pelas chuvas.

A partir da caracterização da área de inundação e por meio do mapeamento das possíveis áreas inundáveis, a Defesa Civil Municipal elabora um mapa de alerta a ser utilizado durante as inundações para orientar a população e informar os locais de inundação em função do nível do rio.

A figura 1 ilustra o mapeamento da área específica de estudo representando as áreas de alagamento às margens ocupadas do Rio Branco e do igarapé Caxangá, compreendendo aos bairros São Vicente, Calungá e Centro.

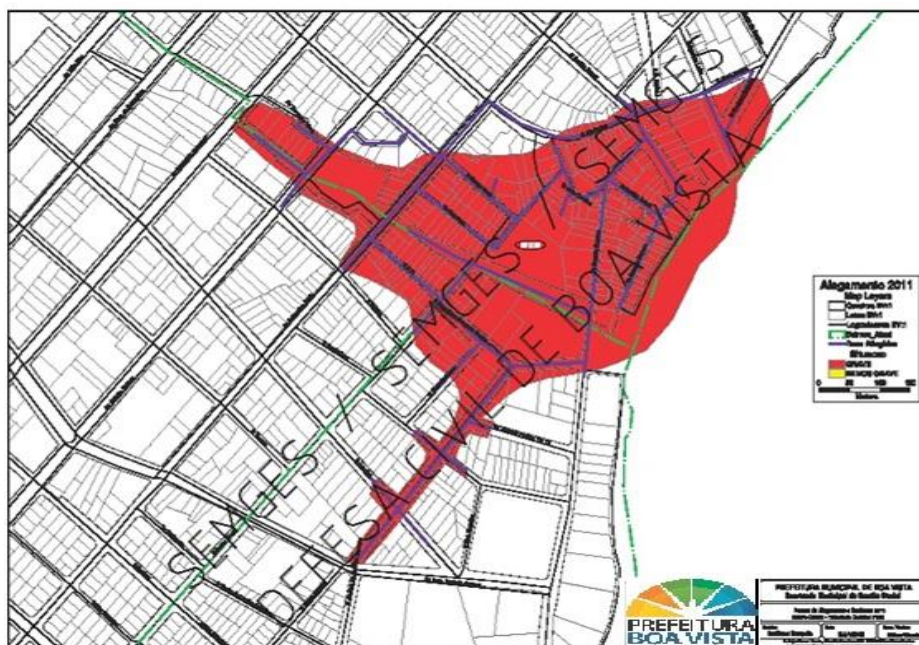


Figura 1. Sub-bacia da área ribeirinha em estudo. Fonte: Defesa Civil Municipal de Boa Vista - RR (2015)

Com o crescimento da população, a região ribeirinha de Boa Vista – RR sofreu uma grande expansão de sua área e conseqüente mudança no uso e ocupação do solo, que reflete em um quadro de degradação ambiental. Os bairros Calungá, São Vicente, Centro e Caetano Filho são os mais afetados pelas cheias do Rio Branco por se localizarem à margem do rio ou de seus afluentes. Todo ano o Corpo de Bombeiros do estado de Roraima se mobiliza nos períodos de inverno para ajudar as famílias que residem em locais críticos, sujeitos a enchentes.

A chuva em áreas urbanas precipita principalmente sobre superfícies impermeabilizadas, escoando para bueiros e atingindo os rios, elevando o nível d'água. A infiltração é praticamente inexistente, consequência da impermeabilização do solo pela ocupação e pavimentação da área, causando inundação após chuvas de alta intensidade. As figuras 2, 3 e 4 ilustram imagens dos bairros centrais de Boa Vista alagados devido às cheias do Rio Branco. Todo ano, nos meses de chuva, esses moradores locais repetem a mesma rotina, ou seja, se preparam para mudar para abrigos ou casa de parentes.



Figura 2. Ilustração de área alagada nos bairros Caetano filho e Calungá em 24/08/2007. Fonte: Defesa Civil Municipal de Boa Vista - RR (2009)



Figura 3. Ilustração de inundação da Avenida Sebastião Diniz em 25/06/2006. Fonte: Defesa Civil Municipal de Boa Vista - RR (2009)



Figura 4 Inundação no bairro Caetano Filho Foto: France Telles. 2011.

2.2. Levantamento das causas das inundações

O levantamento foi feito com base na coleta de dados em campo, com o registro de imagens de ocorrência da ocupação do solo e registro histórico de moradores das regiões ribeirinhas, fornecido pelos órgãos responsáveis locais.

2.3. Levantamento dos dados hidrológicos

A estimativa da vazão máxima foi feita a partir da série histórica de precipitações sobre a bacia urbana. A figura 5 apresenta o hietograma de precipitação pluviométrica mensal de Boa Vista. As maiores precipitações acontecem nos meses de maio a julho, ressaltando que a precipitação é o principal fator para o aumento do nível do rio.

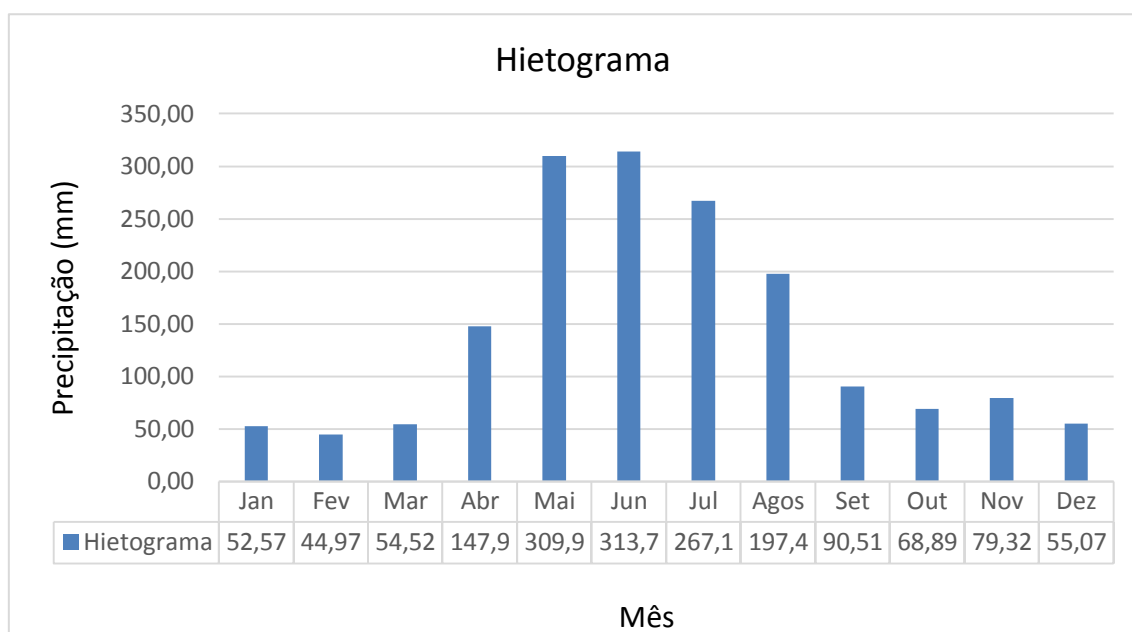


Figura 5. Hietograma Precipitações pluviométricas coletada pela estação de Boa Vista. Fonte: Agência Nacional de Água (ANA)

2.4. Levantamento dos Aspectos sócios-economicos

De acordo com estatística da Defesa Civil do estado de Roraima, no ano de 2014, a quantidade de famílias que sofreram no período de precipitações intensas e com inundações na região central de Boa Vista foi de 49 famílias desabrigadas. O quadro 1 apresenta um cadastro das famílias desabrigadas em cada bairro.

Quadro 1. Quantidade de famílias desabrigadas

Bairro	Famílias	Adultos	Crianças (0 a 12 anos)	Idosos	Famílias que vão para o abrigo
Caetano Filho	55	113	62	21	23
Calungá	16	55	19	3	2
Centro	24	75	33	1	10
Total	95	243	114	25	35

Fonte: Defesa Civil de Boa Vista – RR (2014)



2.5. Avaliação dos impactos causados pela ocupação em áreas ribeirinhas

Os impactos de inundações são geralmente classificados em diretos e indiretos, os diretos resultam do contato direto de águas de inundação com bens, sendo, portanto, relacionados à deterioração física de bens e risco a saúde. Os danos indiretos têm por origem perturbações causadas ao sistema produtivo, tendo como consequência a redução da atividade econômica, bem como perdas de arrecadação de impostos, custos de serviços de emergência e de defesa civil, custos de limpeza de áreas atingidas, perdas de valor de propriedades, aumentos em valores de seguros, quando existentes para cobrir dano de inundações desempregos, redução de salários, entre outros.

O quadro 2 apresenta valores que foram utilizados como base para o estudo dos riscos da ocupação indevida em áreas de várzea que causam as inundações.

Quadro 2. Critérios para avaliação dos impactos ambientais

I – Severidade do impacto	
Critério	Pontuação
Magnitude	0 - Não se aplica 1- Impacto ambiental de gravidade muito baixa 2- Impacto ambiental de gravidade baixa 3- Impacto ambiental de gravidade média 4- Impacto ambiental de gravidade alta 5- Impacto ambiental de gravidade crítica
Importância	0 - Não se aplica 1- Impacto ambiental pouquíssimo importante 2- Impacto ambiental pouco importante 3- Impacto ambiental medianamente importante 4- Impacto ambiental altamente importante 5- Impacto ambiental de importância muito alta
II – Natureza do Impacto	
Ocorrência	0 - Nunca 1- Remota 3- Ocasional 5- Frequente
Abrangência geográfica	0- Não se aplica 1- No ponto de lançamento 3- Nas proximidades de lançamento (20 a 100 m) 5- Além das proximidades de lançamento
III – Potencial para mitigação	
Reversibilidade	0 - Não se aplica 1- Reversível naturalmente 3- Reversível por meio de ação humana 5- Irreversível
Custo de alteração	0 - Não se aplica 1- Investimentos insignificantes 3- Investimentos suportáveis 5- Investimentos consideráveis

Fonte: Brostel et al. (2005) (Adaptado)

A avaliação dos impactos ambientais na forma qualitativa deu-se a partir do método de avaliação denominado matriz de correlação. Para a identificação dos impactos, na sua forma quantitativa, elaborou-se uma matriz de riscos ambientais em que foram relacionados, na direção horizontal, os principais impactos e, na vertical, foram



dispostos critérios para avaliação dos impactos. O estudo de riscos ambientais é apenas uma estimativa, uma vez que os dados se referem a fatores naturais. Neste sentido, os critérios adotados são avaliativos.

Para o preenchimento da matriz de correlação o estabelecimento dos pesos dos impactos ambientais, adotado no presente trabalho, foi o mesmo utilizado por Brostel (2005) e Silva (2007), que consideraram como impactos mais graves aqueles que atingiam a saúde do ser humano, seguidos dos impactos que atingiam o meio ambiente, e, por último, os impactos sociais. Assim, os pesos relativos atribuídos aos impactos totalizaram dez (10) pontos.

2.6. Estudo de ações mitigadoras

As ações que podem ser adotadas como medidas de controle e mitigação dos efeitos das inundações são classificadas em estruturais e não estruturais. As medidas estruturais são obras de engenharia implantadas para reduzir o risco das enchentes. Essas medidas são planejadas e projetadas de longo e médio prazo, requerendo investimentos elevados na implantação e operação. Esta proteção é fisicamente e economicamente inviável na maioria das situações.

A medida estrutural pode criar uma falsa sensação de segurança, permitindo a ampliação da ocupação das áreas inundáveis, que futuramente podem resultar em danos significativos. As medidas não-estruturais, em conjunto com as anteriores, ou sem estas, podem minimizar significativamente os prejuízos, não envolvem grandes investimentos, sendo de caráter imediato. O custo de proteção de uma área inundada por medidas estruturais geralmente é superior ao de medidas não-estruturais.

Nesse trabalho as recomendações de soluções mitigadoras foram baseadas no estudo detalhado da literatura ao referido assunto.

3. RESULTADOS E DISCUSSÕES

A ocorrência de enchentes se encontra associada a duas causas: os fatores climáticos, os quais estão relacionados intensidade e duração das precipitações e os fatores fisiográficos, que são aqueles relacionados aos aspectos topográfico da área, ao tipo de solo, cobertura vegetal entre outros, que determinam o grau com que são sentidos os efeitos de uma precipitação nas bacias hidrográficas.

Na área estudada foram observados diversos problemas que podem estar relacionados às causas de inundações, como por exemplo, ocupações desordenadas das áreas ribeirinhas, a impermeabilização do solo que dificulta a infiltração da água da chuva no solo que aumenta o volume de água escoada, lixo gerado pelos moradores onde não há uma coleta adequada, a falta de uma rede de esgoto onde o mesmo é jogado direto no rio e a falta de mata ciliar.

A figura 6 apresenta as máximas mensais de um período histórico hidrológico de 19 anos e mostra que no ano de 2011 o nível máximo do rio ultrapassou os 10,00 metros, superando a maior máxima já registrada ocorrida em 1976, quando houve um elevação do rio em 9,80 metros.

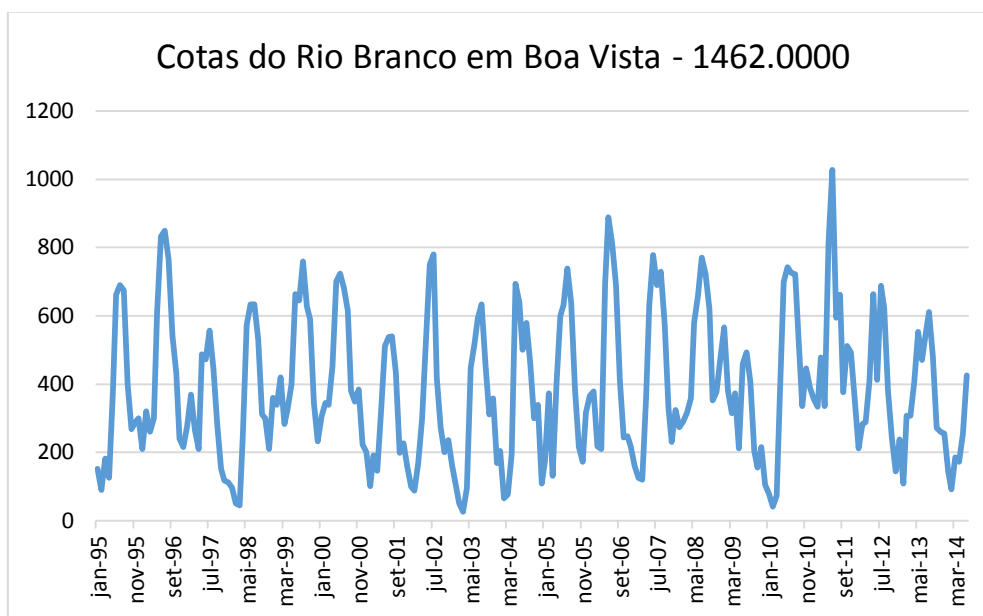


Figura 6. Níveis máximos mensais em centímetros do rio branco de 1999 a 2014. Fonte: Agência Nacional de Águas (ANA)

Eventos de enchentes como estes contribuem para agravar ainda mais a situação de comunidades localizadas em áreas de perigo, favorecendo o aumento dos índices de doenças, principalmente aquelas de veiculação hídrica, acarretando problemas de saúde pública.

A figura 7 apresenta um percentual da faixa etária da população atingida. Observa-se que a maior parcela da população afetada é constituída de adultos.

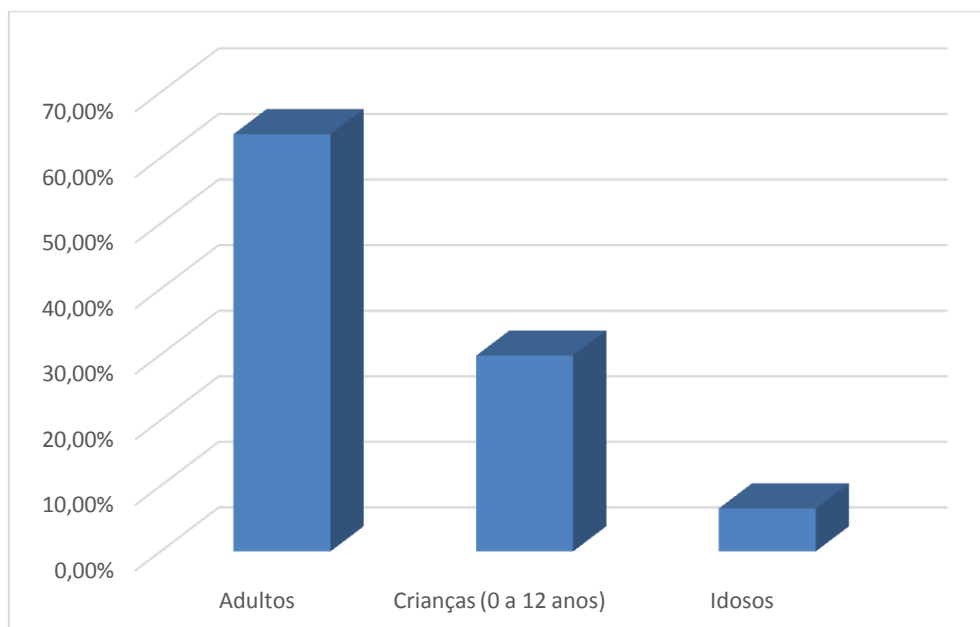


Figura 7. Parcelas da população afetada

Quanto aos aspectos sócio-econômicos, os dados fornecidos pela Defesa Civil do Estado de Roraima revelam que a maior parte dos moradores é de classe baixa e que mais da metade não tem renda fixa, como observado na Figura 8.

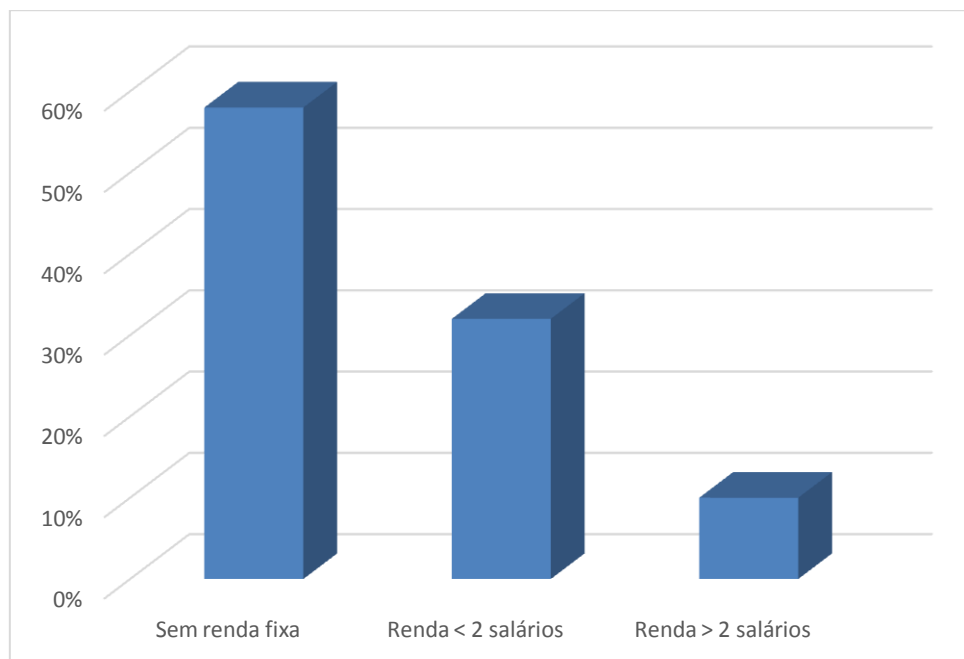


Figura 8. Renda mensal dos moradores em áreas ribeirinhas de Boa Vista – RR

As famílias sem renda fixa representam aproximadamente 60%, sendo que estas vivem da pesca, e recebem no período da piracema um salário mínimo referente ao seguro do pescador, pago pelo governo federal, devido à proibição da pesca no período de quatro meses. O restante das famílias são funcionários públicos, particulares e comerciantes que vivem no local.

De acordo com o relatório de operação da Defesa Civil do estado de Roraima, na ocorrência de enchentes e inundações os locais destinados para abrigar as famílias desalojadas são: Prédio do quartel do 1º BPM; Antigo prédio da Secretaria de Estado de Gestão Estratégica e Administração e em casas de parentes.

As áreas ribeirinhas de Boa Vista - RR apresentam processos de ocupação urbana com edificações e moradias improvisadas, aterros, depósitos de resíduos, lançamento de esgoto “in natura”, linhas de posteamento, aberturas de vias e outras atividades em áreas impróprias realizadas sem planejamento e até mesmo ignorando o funcionamento dos seus elementos naturais, gerando, conseqüentemente, impactos ambientais.

O quadro 3 apresenta os impactos, na forma qualitativa, causados devido a ocupação das áreas ribeirinhas no município de Boa Vista e dos quais estão relacionados os problemas ambientais, sociais e econômicos. Observa-se que a ocupação desordenada do solo de ambientes ribeirinhos provoca alterações na qualidade e quantidade de água da bacia do Rio Branco, provocando grandes impactos ambientais, econômicos e sociais, algumas vezes positivos, porém em sua maior parte negativos e irreversíveis, uma vez que não são observados os mandamentos legais.

Quadro 3. Matriz de interação dos impactos causados devido a ocupação em áreas ribeirinhas

IMPACTOS	MEIO	VALOR		INCIDÊNCIA		TEMPO				REVERSIBILIDADE		
		POSITIVO	NEGATIVO	DIRETA	INDIRETA	IMEDIATO	MÉDIO PRAZO	LONGO PRAZO	PERMANENTE	TEMPORÁRIO	REVERSÍVEL	IRREVERSÍVEL
OCUPAÇÃO DE ÁREAS RIBEIRINHAS SUJEITAS À ALAGAMENTOS												
Exposição do solo	Físico		X	X			X				X	
Diminuição da capacidade de infiltração do solo			X	X			X				X	
Enfraquecimento do solo deixando-o vulnerável a erosões			X	X				X				X
Aumento da temperatura			X		X			X			X	
Diminuição da quantidade de oxigênio na água			X		X		X		X		X	
Elevação do nível do rio			X	X			X			X	X	
Aumento da turbidez			X	X						X	X	
Aumento da vazão do rio			X	X			X			X	X	
Destruição da Fauna	Biótico		X	X			X	X		X		
Mortes de animais			X		X		X		X		X	
Falta de alimento e abrigo para animais da região			X		X		X	X		X		
Aumento de animais nocivos ao homem			X		X	X			X		X	
Aumento na arrecadação de impostos	Antropóico	X			X	X			X		X	
Alteração na paisagem e no relevo			X	X		X			X		X	
Aumento das despesas com saúde pública			X		X			X	X			X
Prejuízos de perdas materiais e humanas			X		X		X		X			X
Despesas com operações para retiradas de moradores de áreas de risco no inverno			X		X		X			X		X
Facilidade para a circulação de veículos			X		X		X			X		X
Áreas para habitação (irregulares)			X		X		X			X		X

Fonte: Braga, Benedito et al. (2002) (Baseado)

As figuras 9 e 10 mostram alguns dos impactos causados pela ocupação indevida das margens do Rio Branco como casas praticamente dentro do rio, ruas cheias de lixo, edificações sendo construídas sem fiscalização dos órgãos competentes, ruas pavimentadas, desmatamento da mata ciliar, além de operações de retirada da população das áreas afetadas pela inundação.



Figura 9. Imagens do bairro Caetano Filho. Fonte: Defesa Civil Municipal de Boa Vista - RR (2009)



Figura 10. Ação da Defesa Civil Municipal, em conjunto com a Guarda Municipal e a comunidade na retirada de moradores e bens materiais das áreas inundadas. Fonte: Defesa Civil Municipal (2011)

O estudo de riscos ambientais é apenas uma estimativa por tratar de fatores naturais. Os impactos causados pela urbanização em um ambiente natural podem ser constatados a partir da análise do ciclo hidrológico. As enchentes aumentam sua frequência e intensidade devido à ocupação do solo com superfícies impermeáveis e construções inadequadas como pontes e aterros. Leopold (1968) mostrou que o aumento da vazão média de cheia chega a valores de seis vezes ao das condições naturais. Tucci (1997) ratificou este resultado para uma bacia urbana de 42 km² com 60% de áreas impermeáveis em Curitiba.

As análises são feitas por meio de critérios avaliativos, o quadro 4 apresenta valores que serão utilizados como base para o estudo dos riscos da ocupação indevida em áreas de várzea que causam as inundações.



Quadro 4. Matriz de correlação dos riscos ambientais de ocupação de zonas de inundações

Impactos potenciais da ocupação indevida de áreas ribeirinhas	Peso do critério	Severidade do impacto		Nível de Severidade	Natureza do impacto		Nível de atuação	Potencial para mitigação		Nível de reversibilidade	Nível de impactação individual	Nível máximo de impacto ambiental
		Magnitude	Importância		Ocorrência	Abrangência		Reversibilidade	Custo da alteração			
Nome da coluna	P			S						R	NI	NR
Físico												
Exposição do solo	0.6			3.46						3.00	2.24	3.00
Diminuição da capacidade de infiltração do solo	0.6			3.00						3.00	1.80	3.00
Enfraquecimento do solo deixando-o vulnerável a erosões	0.5			4.00						5.00	2.13	2.50
Aumento da temperatura	0.3			2.45						0.00	0.00	1.50
Diminuição da quantidade de oxigênio na água	0.4	2	2	2.00	3	3				3.00	1.05	2.00
Elevação do nível do rio	0.7	3	4	3.46	1	3	1.73	1	3	1.73	1.53	3.50
Aumento da turbidez	0.3	2	2	2.00	3	3	3.00	1	3	1.73	0.65	1.50
Aumento da vazão do rio	0.7	4	4	4.00	1	3	1.73	1	3	1.73	1.60	3.50
Biótico												
Destruição da Fauna	0.6	3	3	3.00	3	1	1.73	3	3	3.00	1.50	3.00
Mortes de animais	0.6	3	3	3.00	3	1	1.73	5	1	2.24	1.36	3.00
Falta de alimento e abrigo para animais da região	0.4	2	3	2.45	3	1	1.73	3	1	1.73	0.78	2.00
Aumento de animais nocivos ao homem	0.3	2	2	2.00	3	1	1.73	3	1	1.73	0.55	1.50
Antrópico												
Aumento na arrecadação de impostos	0.2	1	1	1.00	5	1	2.24	5	1	2.24	0.34	1.00
Alteração na paisagem e no relevo	0.6	3	4	3.46	5	3	3.87	3	3	3.00	2.06	3.00
Aumento das despesas com saúde pública	0.7	4	3	3.46	3	3	3.00	5	5	5.00	2.61	3.50
Prejuízos de perdas materiais e humanas	1	5	5	5.00	1	3	1.73	5	5	5.00	3.51	5.00
Despesas com operações para retiradas de moradores de áreas de risco no inverno	0.7	3	3	3.00	1	3	1.73	3	3	3.00	1.75	3.50
Facilidade para a circulação de veículos	0.4	1	1	1.00	3	1	1.73	3	1	1.73	0.58	2.00
Áreas para habitação (irregulares)	0.4	2	2	2.00	5	3	3.87	3	3	3.00	1.14	2.00
Peso total	10										1.50	3.00

Fonte: BROSTEL et al., (2005), ACHON et al. (2005) e Silva (2007) (Adaptado)

Os critérios de pontuação e avaliação dos impactos potenciais para o preenchimento da matriz (Quadro 4) estão no Quadro 3. A partir dos resultados da matriz de correlação, pôde-se determinar o nível de severidade ($S = (S1 \times S2)^{1/2}$). O nível de atuação ($A = (A1 \times A2)^{1/2}$) e o nível de reversibilidade ($R = (A1 \times A2)^{1/2}$). Sendo assim, foi possível identificar o grau dos impactos ambientais causados pela ocupação indevida de áreas de preservação permanente, a partir dos valores do nível de impactação individual ($NI = P \times (S \times A \times R)^{1/3}$), que foi igual 1.50, e ao nível máximo de impacto ambiental ($NR = 5 \times P$), que foi igual a 3.00. Partindo-se da relação NI/NR , obteve-se o grau de impactos potenciais da ocupação indevida de áreas ribeirinhas ambiental de 50,00%.

3.1. Propostas de Ações Mitigadoras

As medidas de controle não-estruturais de enchentes defendem uma passividade entre o homem e a natureza, de forma que se respeite regras de convivência, sendo de maior viabilidade econômica, uma vez que está intrinsecamente ligada à planos de conscientização educacionais. No quadro 5 estão apresentadas tais medidas.

Quadro 5. Medidas não estruturais para controle de inundações

Medida	Característica	Objetivo
Plano Diretor	Planejamento das áreas a serem desenvolvidas e a densificação das áreas atualmente loteadas	Evitar ocupação sem prevenção
Educação ambiental	Para ser realizado junto à população. A conservação das margens dos rios, sua vegetação típica e taludes são essenciais.	Conscientizar a população que sofre ou poderá sofrer com as inundações
Medidas de apoio à população	Lugares seguros para preservar a pessoa e sua família, e construção de abrigos temporários, meios de evacuação, patrulhas de segurança.	Inserir na população que poderá ser atingida pela inundação um senso de proteção
Distribuição de informação sobre as enchentes	Programa de orientação da população sobre as previsões de enchentes para que ela aprenda a se prevenir contra as cheias.	Aprimorar a qualidade da assistência externa e a reduzir falhas como a falta de informações, a má avaliação das necessidades e formas inadequadas de ajuda.
Reassentamento	Reassentamento de residentes ilegais ocupantes das margens de rios, e de residentes legais nas áreas de enchente.	Retirar a população dos locais de risco
Soluções de mitigação	Promover o aumento das áreas de infiltração e percolação e armazenamento temporário.	Aumentar a eficiência do sistema de drenagem a jusante e da capacidade de controle de enchentes dos sistemas
Construções a prova de enchentes	Pequenas adaptações nas construções.	Reduzir as perdas em construções localizadas nas várzeas de inundação
Sistemas hidrológicos	Histórico hidrológico da bacia e modelos que mostram o comportamento hidráulico e hidrológico do sistema do rio.	Fornecer subsídios para os estudos de comportamento da bacia, assim como previsão de cenários futuros.

Fonte: Enomoto (2004) e Barbosa (2006) (Adaptado)

A participação efetiva do poder público e dos órgãos responsáveis pela gestão ambiental e urbana na implementação de uma política de educação ambiental, bem como na elaboração de um plano diretor que priorize o controle de inundação no meio urbano deve ser imprescindível.



As medidas estruturais podem ser divididas em extensivas e intensivas. As extensivas proporcionam modificações nas características de uma bacia, visando um controle nas relações de precipitações e vazões, como por exemplo alterações na cobertura vegetal do solo para retardar picos de enchentes. As intensivas estão relacionadas com a implantação de diques e reservatórios, atuando nos rios, sendo estas de três tipos: medidas que aceleram o escoamento, retardam o escoamento ou desviam o escoamento. (BARBOSA, 2006).

Quadro 6. Medidas estruturais para controle de inundações

Medida	Característica	Objetivo
Reservatório e bacias de amortecimento	Construção de barragem à montante para contenção da água	Amortecer o pico de cheias para um evento chuvoso intenso, garantindo o controle para jusante das áreas vulneráveis; Armazenamento de água para abastecimento, irrigação e outros fins.
Diques	Construção de barragens às margens do curso de água	Aumento da capacidade de descarga dos rios e corte de meandros
Alargamento da calha principal do rio	Retirada de solo das margens do curso de água	Aumento da capacidade de descarga e conseqüente diminuição do nível de água
Reflorestamento nas margens dos rios	Plantio de árvores nas margens do curso de água	Amortecimento da vazão e controle de erosão; Preservação do meio ambiente.

Fonte: Barbosa (2006) (Adaptado)

4. Conclusão

O problema do controle de inundações em áreas ribeirinhas urbanas envolve ações multidisciplinares e abrangentes. A cidade de Boa Vista, assim como a grande maioria das cidades brasileiras, vive um processo de crescimento sem planejamento, onde as legislações ambientais não são respeitadas, mostrando um grande descaso com o meio ambiente.

Os impactos indicam que o problema na região central de Boa Vista não é apenas um problema estrutural, é também um problema social, pois as famílias que ali residem são de baixa renda, mais de 60% da população afetada não possui renda fixa e vivem basicamente da pesca no Rio Branco. A forma como ocorreu o processo de urbanização sem acesso a direitos sociais e infraestrutura urbana contribui para risco ambiental urbano.

As principais causas apresentadas relacionadas à inundação foram a falta de mata ciliar e a ocupação desordenada, invadindo a área de várzea do rio, responsável pela impermeabilização do solo e ocasionando o aumento do nível do rio. O período crítico de maior ocorrência de chuvas foi no ano de 2011, quando o rio atingiu níveis acima de 10 metros. Durante eventos de enchentes a equipe da Defesa Civil do Estado de Roraima são requisitadas para apoiar em ações pontuais para amenizar os impactos negativos.

Na avaliação dos impactos ambientais na forma quantitativa os estudos apresentaram um grau de impactos potenciais devido à ocupação indevida das áreas ribeirinhas, com um grau de 50%.



As soluções apresentadas são apenas uma das maneiras de amenizar o problema, pois esse tipo de situação exige uma atenção com o meio ambiente e com o social. Apesar de todo esforço desses órgãos, faz-se necessário buscar novas propostas e uma atuação continuada articulando ações de diversas áreas. É preciso também realizar estudos detalhados e analisar as melhores soluções para minimizar os efeitos negativos causados pelas inundações. As medidas corretivas são paliativas e possuem custos elevados, enquanto as medidas preventivas combatem as causas quando incorporado com um acompanhamento sistemático composto por entidades públicas, privadas e a uma dinâmica social.

Referências

- Achon, C. L., Soares, L. V. e Megda, C. R. (2005) “Impactos ambientais provocados pelo lançamento “in natura” de lodos provenientes de estações de tratamento de água.” Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental, 23, Campo Grande, Brasil.
- Amorim, L. M. (2003) “Como definir critérios para a ocupação de fundos de vale em áreas urbanas” - 22º Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental 14 a 19 de Setembro 2003, Joinville, Brasil.
- Barbosa, F. A. R. (2006) “Medidas de controle de inundações urbanas na bacia do Rio Mamanguape/PB”. Dissertação de Mestrado, Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa, Brasil.
- Barbosa, R. I., Ferreira, E. J. G. e Castellon, E. (1997) “Distribuição das chuvas em Roraima. Homem, Ambiente e Ecologia no Estado de Roraima”, Brasil.
- Braga, B., Hespanhol, I., Conejo, J. G. L., Mierzwa, J. C., Barros, M. T. L., Spencer, M., Porto, M., Nucci, N., Juliano, N. e Eiger, S. (2002) “Introdução à Engenharia Ambiental”, Pretince Hall, São Paulo, Brasil.
- Brostel, R. C. (2005) “Uma proposta para avaliação do grau de impacto ambiental provocado por estações de tratamento de esgotos.”. Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental, Campo Grande, Brasil.
- Canholi, A.P., (2005) Drenagem urbana e controle de enchentes. Oficina de Textos, São Paulo, 304 p.
- Corpo de Bombeiros do Estado de Roraima (2015) “Defesa Civil Municipal”. Boa Vista, Brasil.
- Enomoto, C. F. (2004) “Método para elaboração de mapas de inundação: estudo de caso na bacia do Rio Palmital, Paraná.”. Dissertação de Mestrado, Universidade Federal do Paraná, Paraná, Brasil.
- Freitas, A. (1998) “Geografia e História de Roraima”. Editora LM, 1ª. ed. São Paulo, Brasil.
- Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE. (2010) “Censo Demográfico Brasileiro”. Rio de Janeiro.



- Leopold, L. B. (1968) Hydrology for urban planning: a guide book on the hydrologic effects on urban land use. Circular. United States Department of the interior, Geological Survey, n. 554, p. 1-18.
- Ostrowsky, M. S. B. (1998) “As inundações no ecossistema da bacia do Alto Tietê: desequilíbrio no desenvolvimento sustentado da Região Metropolitana de São Paulo”, São Paulo, Brasil.
- Santos, R. F. (2004) “Planejamento ambiental: Teoria e prática”. Oficina de Textos. São Paulo, Brasil.
- Silva, O. L. C. (2007) “Viabilidade técnica, econômica e ambiental no reaproveitamento da água de lavagem de ETAs – Estudo de caso ETA de Gravatá”. Tese de doutorado, Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande, Brasil.
- Tucci, C. E. M. (1997) “Água no meio urbano”, in: Livro água doce, cap. 14. Editora da universidade, UFGS/ABRH, Brasil.
- VERAS, A. T. R. (2009) A produção do espaço urbano e Boa Vista-Roraima. Tese de doutorado, São Paulo, Cap II, p. 78-119.