

PROPOSTA DE METODOLOGIA PARA ANÁLISE DOS EFEITOS DO EMPREGO DE RESERVATÓRIOS DE DETENÇÃO SOB A ÓTICA DO CONCEITO DE IMPACTO ZERO

Liliane Lopes Costa Alves Pinto e José Rodolfo Scarati Martins

RESUMO

Este trabalho apresenta proposta de metodologia para análise dos efeitos causados pelo emprego de reservatórios de retenção para atendimento ao conceito de “Impacto Zero” adotado na gestão da drenagem urbana sustentável. Segundo este conceito o sistema de drenagem deverá conduzir as águas da chuva sem gerar impactos superiores aqueles considerados como naturais, nem a montante e nem a jusante da bacia atingida. Para que isso seja viável as vazões efluentes aos reservatórios devem ser similares às daquelas de pré-urbanização. Durante estudos realizados observou-se que a implantação de reservatórios implica em cuidados especiais devido às alterações provocadas pelos mesmos no tempo de trânsito das cheias e nas vazões efluentes. Finalmente, concluiu-se que os reservatórios são estruturas que permitem o atendimento ao conceito de “Impacto zero” e proporcionam efeitos mitigadores as bacias hidrográficas quando implantados, principalmente no tocante aos impactos causados pela urbanização desenfreada.

1 INTRODUÇÃO

Hoje um dos grandes desafios na gestão da drenagem urbana é a mitigação dos impactos causados pela impermeabilização do solo urbano. É fato, que o principal fator que altera a magnitude do escoamento superficial direto (ESD) gerado em uma bacia hidrográfica, é decorrente da urbanização desenfreada que vem ocorrendo ao longo das últimas décadas no mundo e, também no Brasil. O meio técnico e acadêmico vêm se esforçando no desenvolvimento de pesquisas para a descoberta de medidas que possam de alguma maneira mitigar os efeitos causados pelo Homem no tocante a impermeabilização do solo.

Outro fator determinante é a ocupação das várzeas que ocorre, por vezes, em função da ausência de fiscalização. E que pode afetar sobremaneira a bacia hidrográfica e a população de seu entorno, quando da ocorrência de chuvas intensas.

O conceito conhecido como LID (Low Impact Development) introduzido no final dos anos 90 (Jones, 2001) e adotado no Brasil como “Impacto Zero”, é um dos mais importantes princípios adotados na gestão da drenagem urbana. Segundo este princípio, o melhor sistema de drenagem é aquele que conduz o escoamento superficial sem gerar impactos superiores aos supostamente naturais da bacia, tanto a montante como a jusante do ponto de interesse. Este conceito encontra, nos centros urbanos onde a ocupação se processou de forma não planejada e muitas vezes descontrolada, grandes dificuldades para sua implantação, principalmente em decorrência da falta de espaço disponível. O conceito do “Impacto Zero” traduz-se então pela eliminação ou a diminuição dos impactos gerados pela urbanização sobre o sistema de drenagem existente e pelo retorno às vazões de pré-urbanização, ou seja, àquela vazão resultante da bacia hidrográfica quando esta não era

ocupada. Entretanto, esta não é uma atribuição apenas do meio técnico envolvido, mas também do poder público, responsável pela implantação de medidas de ordem institucionais que viabilizarão sua sustentabilidade e, da própria população, no tocante ao cumprimento das medidas, assim como, colaboração e fiscalização/monitoramento. A impermeabilização deve ser encarada como um problema a ser solucionado pela sociedade em geral, que necessita explorar a superfície da bacia hidrográfica para sua sobrevivência e manutenção, criando como consequência, além dos problemas típicos de drenagem urbana, a deterioração da qualidade das águas. É fato que os excessos de escoamento gerados a montante nas bacias hidrográficas, e que afetam os usuários situados a jusante, bem como a deterioração da qualidade das águas, ainda não são tratados fora do ambiente técnico e científico, porém não tarda a que estas situações de conflito passem a ser objeto de demandas políticas e mesmo jurídicas.

Em cidades cuja densificação urbana atingiu quase ou a totalidade da área da bacia, uma alternativa é o emprego de elementos de detenção temporária e retardamento do escoamento, como os reservatórios de detenção e os parques lineares, associados às estruturas tradicionais de condução de descargas. Entretanto, cabe ressaltar que o emprego destas estruturas altera o comportamento das bacias e exige a análise da resposta global da solução concebida por parte dos projetistas e planejadores. Este trabalho propõe uma metodologia para a análise dos efeitos causados pelo emprego de reservatórios de detenção para obtenção do conceito de “Impacto Zero” em uma bacia hidrográfica.

2 METODOLOGIA

A definição das vazões afluentes e efluentes aos reservatórios de detenção em áreas urbanas pode ser feita a partir da utilização de modelação matemática do tipo chuva-vazão, por meio de diferentes ferramentas. Dentre os aplicativos disponíveis para o meio técnico, destacam-se os modelos HEC-HMS 3.2 (USACE, 2008), CABc (FCTH, 2003) e IPH-II (Campana e Tucci, 1999).

Esses modelos permitem a simulação do processo hidrológico de precipitação-retenção-infiltração em uma bacia hidrográfica, que resulta no escoamento superficial direto. O processo de modelação implica na adoção de fatores como as precipitações máximas de projeto e suas durações, áreas impermeáveis e diretamente conectadas ao sistema de drenagem, infiltração e todos os demais necessários para estimativa dos hidrogramas produzidos e transportados até os elementos de drenagem. São modelos de eventos, nos quais é possível simular a topologia das bacias na forma de rede de fluxo, variando-se o evento de precipitação, intensidade e duração. Uma das rotinas disponibilizadas é a de amortecimento em reservatórios, para permitir a avaliação do efeito de um determinado volume alocado para detenção e os demais fatores intervenientes como a duração da precipitação e o tempo de pico do hidrograma. Para atender ao conceito de “Impacto Zero” faz-se necessária à estimativa das vazões de pré-urbanização e da situação urbanizada (atual ou futura) da bacia, lançando-se mão de dispositivos que retardam o escoamento, como os parques lineares e os reservatórios de detenção. O conjunto destas obras altera tempo de trânsito da cheia no sistema de drenagem como um todo, ou seja, os reservatórios e os parques têm a finalidade de amortecer o pico de cheia e aumentar o tempo de trânsito.

Para estimativa das vazões de pré-urbanização é necessária a simulação da situação original da bacia, ou seja, sem ocupação. Evidentemente, esta é uma situação hipotética, na qual há que se estimar a cobertura vegetal original sem a impermeabilização causada pela

urbanização. Outro fator que deve ser analisado é o tempo de escoamento superficial e as velocidades de trânsito da cheia na rede de drenagem natural antes da impermeabilização.

Esta estimativa é aproximada, pois mesmo que se admita a totalidade da área como permeável (taxa de impermeabilização igual a zero), o efeito da cobertura vegetal original deve ainda ser considerado.

Já a modelação hidrológica da situação atual ou futura, deve ser elaborada considerando-se parâmetros como a identificação do uso do solo e sua correlação com coeficientes apropriados de impermeabilização. Pinto & Martins (2008) apresentaram uma análise da variabilidade das taxas de impermeabilização do solo urbano a partir da análise da ocupação em diferentes municípios brasileiros, considerando-se a relação dom./ha, na qual o efeito da verticalização não afeta os resultados (Figura 1). Esta análise estende e complementa aquela proposta por Campana & Tucci (1994).

O tempo de concentração, a velocidade de trânsito e a duração da precipitação crítica para a bacia em estudo devem ser estimados cuidadosamente, sendo que esta última deve ser admitida como aquela que conduz às maiores vazões em diferentes pontos da bacia. Esse procedimento se faz necessário para que se possa diagnosticar corretamente os pontos críticos com relação à capacidade de condução dos elementos de drenagem existentes.

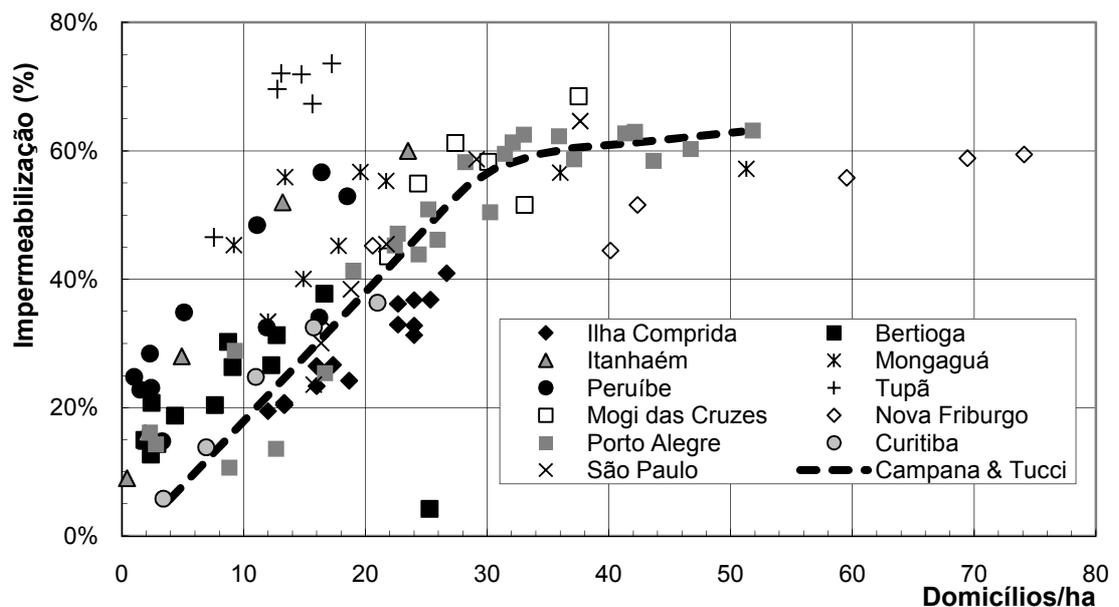


Figura 1 - Relação Área Impermeável e Densidade de Domicílios (Pinto & Martins, 2008)

Uma vez calculadas as vazões, passa-se a etapa de análise das alternativas possíveis que possibilitem o retorno as vazões de pré-urbanização, dentro da meta de impacto zero. Devem ser selecionados trechos onde o escoamento pode ser retardado com a utilização de soleiras transversais de amortecimento, seções mistas naturais com área de inundação (parques lineares) etc. Deve-se definir os locais para implantação de reservatórios in line e/ou off-line e com a utilização do modelo matemático, estimar os volumes necessários ao amortecimento desejado.

Cada alternativa proposta deve ser analisada para diferentes durações da precipitação, pois com a alteração dos tempos de escoamento haverá também alteração das vazões resultantes efluentes em função da duração da precipitação. Cabe ressaltar, que tanto as obras de retenção/retensão/retardamento como as canalizações que ainda serão necessárias devem considerar a situação mais crítica para seu dimensionamento.

A metodologia proposta envolve várias etapas a serem desenvolvidas de maneira cronológica.

1.1 Etapa 1 – Definição da Precipitação de Projeto para Diversos Períodos de Retorno

Para definição da precipitação de projeto devem ser elaborados estudos estatísticos de máximos pluviométricos a partir de dados de séries históricas dos postos existentes na região estudada. Essas séries podem ser obtidas, por exemplo, em sites como o SIGRH (Sistema de Gerenciamento de Recursos Hídricos) no estado de São Paulo e o HIDROWEB, da Agência Nacional de Águas. Devem ser selecionados postos com o maior período de observação disponível. Dependendo da região do país são adotados Períodos de Retorno específicos, entretanto, propõe-se que para projetos de reservatórios de retenção sejam adotados períodos não inferiores a 50 e 100 anos. Os dados hidrológicos apresentam variações sazonais que podem ser irregulares e onde ocorrem extremos e diferentes seqüências de valores que caracterizam as variáveis como aleatórias. As variáveis hidrológicas estarão sempre associadas a uma probabilidade de ocorrência e técnicas estatísticas deverão ser aplicadas para avaliar a ocorrência de fenômenos hidrológicos com determinada magnitude. Não se trata, portanto, de previsão de valores, e sim de estimativa de risco.

Uma distribuição de probabilidade é definida a partir da freqüência relativa de uma variável acumulada sobre esta variável. Para obtenção dos valores extremos deve-se partir da precipitação observada e de distribuições probabilísticas como apresentado na Tabela 1 e na Figura 2.

Tabela 1 Distribuições Probabilísticas - Precipitação

Tr (anos)	Precipitação observada (mm)	Normal (mm)	Gumbel (mm)	LogNormal (mm)	Pearson III (mm)
1,02	46,0	32,41	45,25	43,87	
1,05	51,0	41,70	49,96	48,96	
1,1	51,5	49,57	54,36	53,74	
1,5	70,1	70,93	68,74	69,17	
2	79,0	81,10	77,22	78,01	76,93
5	97,7	100,98	98,10	98,67	98,18
10	111,2	111,37	111,93	111,56	112,42
25		122,45	129,39	127,17	130,71
50	160,2	129,61	142,35	138,40	144,61
100	45,0	136,05	155,21	149,34	158,69
500	46,0	149,08	184,94	174,21	
1000	51,0	154,09	197,72	184,84	208,69
5000	51,5	164,72	227,37	209,57	
10000	70,1	168,95	240,14	220,33	

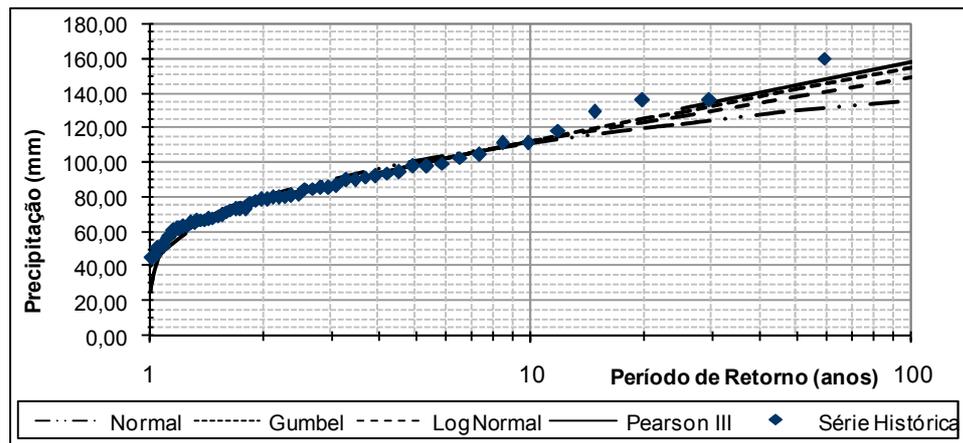


Fig. 2 Precipitações obtidas a partir das Distribuições Probabilísticas

1.2 Etapa 2 - Definição da Duração Crítica

Para definição da duração crítica a ser considerada no estudo, as chuvas críticas devem ser ajustadas para diversas durações, como por exemplo: 1h, 2h, 3h, 6h, 12h, e 24h. Estas deverão ser desagregadas, por exemplo, a partir da distribuição de HUF (2º Quartil) de acordo com a metodologia proposta por Porto (PMSP, 1998). Para a determinação dos hidrogramas afluentes aos diferentes pontos de análise deve ser empregado um modelo do tipo chuva-vazão, como os modelos matemáticos HEC-HMS 3.2 (USACE, 2008) Cabc (FCTH, 2003). Estes modelos permitem a simulação do processo hidrológico de precipitação-retenção-infiltração em uma bacia hidrográfica, que resulta no escoamento superficial direto. O modelo permite o cálculo dos hidrogramas afluentes a uma rede de fluxo representativa das sub-bacias componentes do sistema hídrico com a técnica do hidrograma unitário do U.S. Soil Conservation Service, largamente conhecida.

É importante fazer a análise em diversos pontos da bacia. Devem ser selecionados pontos a montante, intermediários e a jusante da bacia para percepção de qual duração corresponde a maior criticidade, para definição da duração a ser considerada no estudo. Eventualmente, pode-se concluir da necessidade de durações variadas para diferentes trechos das bacias estudadas.

A primeira etapa da simulação é a delimitação das bacias com a utilização do modelo chuva-vazão, na qual são criados pontos de interesse para o estudo, chamados de nós de simulação. A Fig. 3 ilustra o esquema de cálculo gerado a partir do modelo chuva – vazão Cabc (FCTH, 2003).

A fim de exemplificar esta etapa foram selecionados dois pontos da bacia apresentada na figura 3. Nas figuras 4 e 5 pode-se perceber que as durações críticas resultaram diferentes para os dois pontos analisados da bacia. No nó 7 (Figura 3) a duração crítica resultante foi correspondente a 3 horas, enquanto no nó 9 (Figura 4), a duração crítica resultou igual a 2 horas.

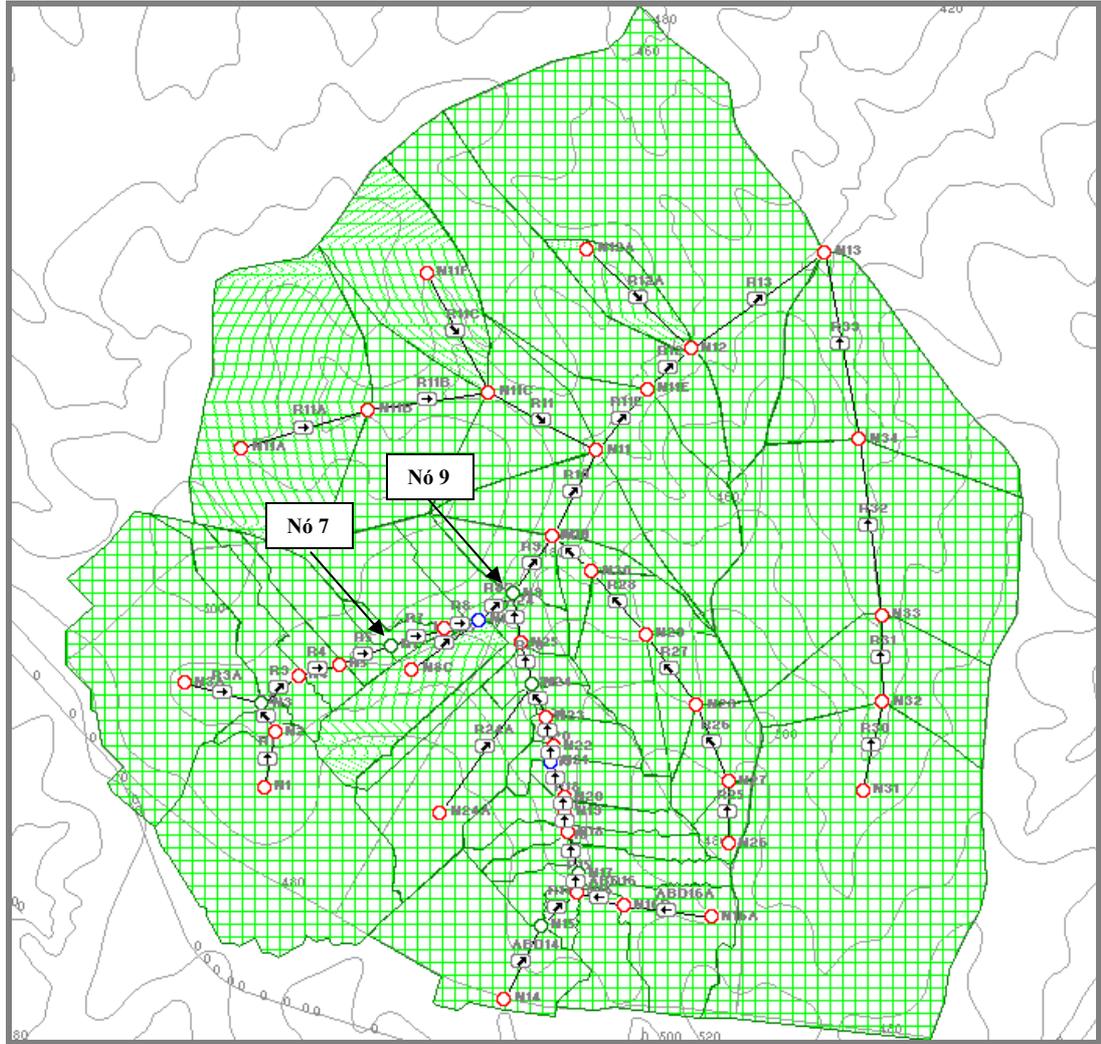


Fig. 3 Esquema de cálculo do modelo Cabc (FCTH, 2003).

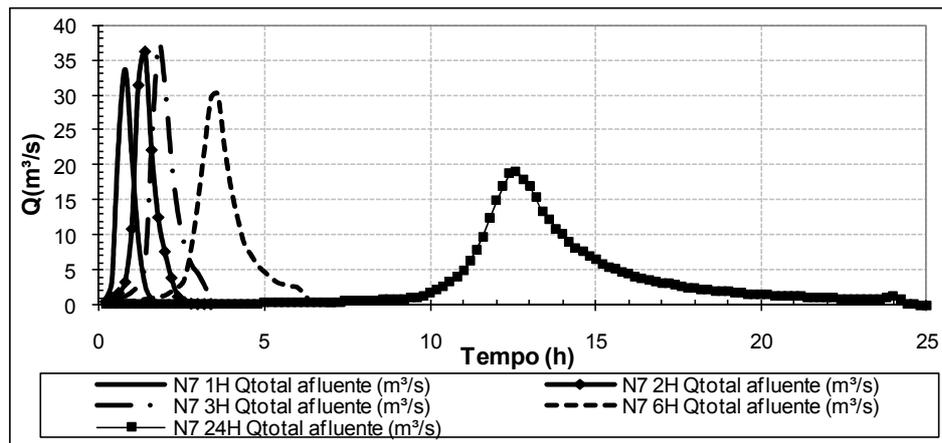


Fig. 4 Hidrogramas resultantes no nó 7 para várias durações.

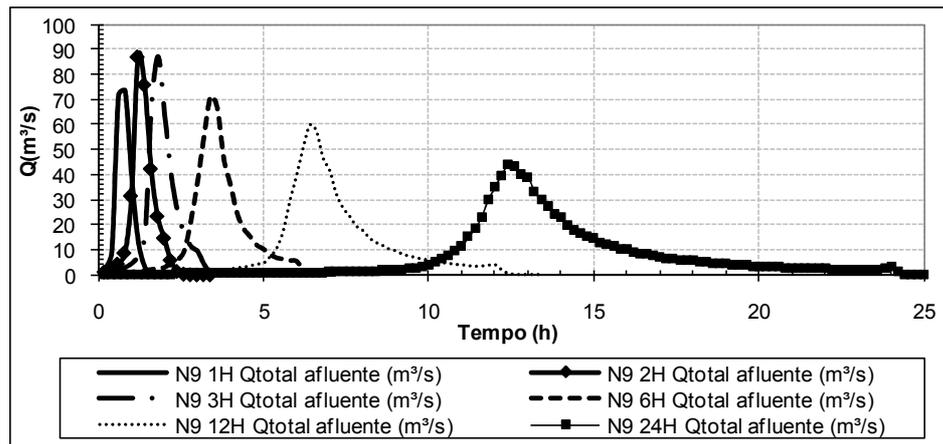


Fig. 5 Hidrogramas resultantes no nó 9 para várias durações.

1.3 ETAPA 3 – Definição dos cenários hidrológicos a serem simulados

A próxima etapa compreende a definição dos cenários a serem simulados. Para verificação e obtenção de valores que resultem na obtenção do conceito de “Impacto Zero” devem ser estudados pelo menos três cenários: o cenário de pré-urbanização, o cenário atual, e o cenário futuro, para o horizonte de projeto considerado, que deve ser da ordem de no mínimo vinte anos. Propõe-se que as vazões sejam calculadas para períodos de retorno 25, 50 e 100 anos. Obviamente, esses parâmetros são sugeridos podendo variar de região para região do país, em função do risco a ser assumido. Portanto, as simulações para obtenção das vazões afluentes, diagnóstico da situação atual e prognóstico da situação futura deverão ser elaboradas para duração de maior criticidade e para vários períodos de retorno.

As tabelas 2, 3 e 4 ilustram alguns resultados obtidos em estudos hidrológicos realizados pelos autores referentes as principais seções indicadas em alguns nós da bacia hidrográfica apresentada na Fig. 3. As vazões para o horizonte futuro não variam muito em virtude da bacia estudada já apresentar taxas elevadas de impermeabilização do solo.

Tabela 2 Vazões de Pré-urbanização

Trecho	Nó Inicial	Nó Final	Extensão (km)	Aacum Final (km²)	TR 100 anos	
					Qmax Inicial (m³/s)	Qmax Final (m³/s)
ABD-14	N15	N16	0,51	0,87	3,41	3,63
ABD-20	N21	N22	0,10	2,83	11,97	12,16
ABD-23	N24	N25	0,32	3,99	15,57	16,09

Tabela 3 Vazões para Situação Atual (2005)

Trecho	Nó Inicial	Nó Final	Extensão (km)	Aacum Final (km ²)	TR 25 anos		TR 50 anos		TR 100 anos	
					Qmax Inicial (m ³ /s)	Qmax Final (m ³ /s)	Qmax Inicial (m ³ /s)	Qmax Final (m ³ /s)	Qmax Inicial (m ³ /s)	Qmax Final (m ³ /s)
ABD-14	N15	N16	0.51	0.87	7.87	8.75	9.59	10.66	11.45	12.72
ABD-20	N21	N22	0.10	2.83	30.03	30.72	36.70	37.53	43.84	44.83
ABD-23	N24	N25	0.32	3.99	41.53	42.68	50.63	52.09	60.39	62.17

Tabela 4 Vazões para o Horizonte de Projeto (2025)

Trecho	Nó Inicial	Nó Final	Extensão (km)	Aacum Final (km ²)	TR 25 anos		TR 50 anos		TR 100 anos	
					Qmax Inicial (m ³ /s)	Qmax Final (m ³ /s)	Qmax Inicial (m ³ /s)	Qmax Final (m ³ /s)	Qmax Inicial (m ³ /s)	Qmax Final (m ³ /s)
ABD-14	N15	N16	0.51	0.87	7,933	8,832	9,672	10,758	11,548	12,831
ABD-20	N21	N22	0.10	2.83	30,481	31,166	37,192	38,025	44,38	45,372
ABD-23	N24	N25	0.32	3.99	42,07	43,231	51,231	52,697	61,049	62,845

1.4 ETAPA 4 – Diagnóstico da Situação Atual e Propostas de Soluções para Atendimento a Meta de Projeto Correspondente ao Conceito de “Impacto Zero”

Após a definição das vazões afluentes deve-se proceder ao diagnóstico da situação atual. Geralmente, é detectada a necessidade de implantação de novos elementos de macrodrenagem em algumas áreas da bacia, para atendimento da meta de projeto correspondente ao “Impacto Zero”. Para trechos em canal a céu aberto em seção natural propõe-se a análise da possibilidade de adoção de “Parques Lineares” (Figura 6), mantendo-se o conceito de privilegiar a infiltração com baixas velocidades ao longo do canal. Essas estruturas favorecem o escoamento lento e a detenção temporária das águas (Baptista; Nascimento; Barraud, 2005). Esse tipo de medida vem de encontro a tentativa de retorno as vazões de pré-urbanização. Para acomodação das vazões futuras a situação de pré-urbanização, propõe-se a adoção de reservatórios de detenção convenientemente posicionados em locais disponíveis ou que reduzam a necessidade de relocação de pessoas.

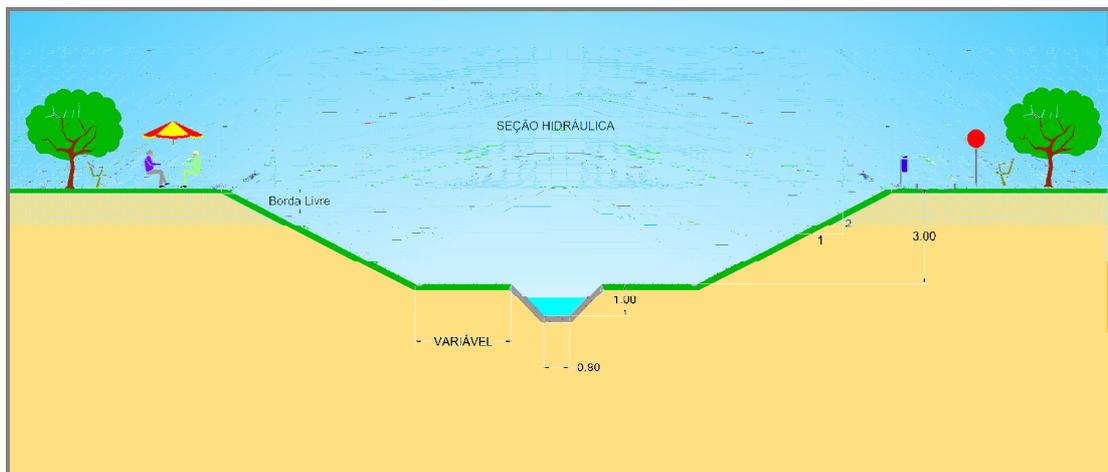


Fig. 6 Parque Linear (FCTH,2008)

1.5 ETAPA 5 – Definição dos Critérios de Dimensionamento das Estruturas Propostas

Propõe-se que o critério de dimensionamento dessas estruturas seja o de atendimento às vazões correspondentes ao horizonte de 20 anos, isto é, situação de ocupação em 20 anos e “impacto zero”. Deve-se considerar as vazões obtidas com o modelo matemático de simulação chuva-vazão anteriormente descrito, tomando-se a precipitação com período de retorno de 100 anos (equivalente à probabilidade excedente de 1%) e durações variadas para os eventos. Desta forma, as estruturas propostas (travessias, galerias, dissipadores etc.), os parques lineares e reservatórios serão verificados considerando-se a situação mais desfavorável em termos de duração, ou seja, para a maior vazão. A Tabela 5 a seguir ilustra os resultados obtidos das simulações hidrológicas para os diferentes cenários, com e sem a utilização das estruturas mitigadoras. Na Tabela 6 são apresentadas as vazões utilizadas para dimensionamento das estruturas complementares.

Pode-se observar (Tabela 7) que as vazões resultantes aumentam ou diminuem em virtude dos efeitos de amortecimento causados pelos reservatórios e, conseqüentemente pela alteração dos tempos de translação da cheia. Por esse motivo, em alguns casos, para chuvas com durações maiores, ou seja, menos intensas, porém mais prolongadas, o efeito de amortecimento dos reservatórios diminui e a vazão efluente resultante aumenta.

Como se vê na Tabela 5, a vazão no nó N25 obtida na situação de pré-urbanização foi de 16,09 m³/s, passando em 2025 para 62,85 m³/s. Com a implantação do reservatório de detenção no nó N24, a vazão do nó N25 passou para 13,21 m³/s, valor inferior ao estimado na situação de pré-urbanização.

Tabela 5 Vazões de Pré-urbanização, Atuais e Futuras – com e sem estruturas mitigadoras

BRAÇO DIREITO	Simulações Hidrológicas		TR=100 anos		2025 - TR=100 anos		Proposições com Reservatórios						
			Pré-Urbanização		Sem Reservatórios		Horizonte 2025 - TR=100 anos						
	Nó Inicial	Nó Final	Qmax Inicial (m ³ /s)	Qmax Final (m ³ /s)	Qmax Inicial (m ³ /s)	Qmax Final (m ³ /s)	Nó Inicial	Nó Final	Qmax Inicial (m ³ /s)	Qsaída max (m ³ /s)	Qmax Final (m ³ /s)	NA Max (m)	Vol Max (10 ³ m ³)
	N15	N16	3,41	3,63	11,55	12,83	N15	N16	11,55	5,77	7,06	1,75	8,74
	N21	N22	11,97	12,16	44,38	45,37	N21	N22	27,85	6,05	6,15	2,57	38,49
	N24	N25	15,57	16,09	61,05	62,85	N24	N25	19,02	11,41	13,21	1,81	25,28

Tabela 6 Vazões Críticas Utilizadas no Dimensionamento das Estruturas

BRAÇO DIREITO	Simulações Hidrológicas		TR=100 anos		2025 – TR=100 anos		Proposições com Reservatórios				
			Pré-urbanização		Sem Reservatórios		2025 - TR=100 anos				
	Nó Inicial	Nó Final	Qmáx Inicial (m ³ /s)	Qmáx Final (m ³ /s)	Qmáx Inicial (m ³ /s)	Qmáx Final (m ³ /s)	Qsaída max (m ³ /s)	Qmáx Final (m ³ /s)	NA max (m)	Vol max (10 ³ m ³)	Durações
	N15	N16	3,41	3,63	11,55	12,83	5,77	7,06	1,75	8,74	2 horas
	N21	N22	11,97	12,16	44,38	45,37	11,41	11,64	3,43	51,42	24 horas
	N24	N25	15,57	16,09	61,05	62,85	16,63	17,14	2,14	29,92	24 horas

Tabela 7 Resumo de Simulações Hidrológicas para 2025 - Tr=100 anos e Duração de 2h e 24h.

COM RESERVATÓRIOS - TR=100 anos											
Nó Inicial	Nó Final	DURAÇÃO 2 H					DURAÇÃO 24 H				
		Qmax Inicial (m³/s)	Qsaída max (m³/s)	Qmax Final (m³/s)	NA max (m)	Vol max (10³m³)	Qmax Inicial (m³/s)	Qsaída max (m³/s)	Qmax Final (m³/s)	NA Max (m)	Vol max (10³m³)
N15	N16	11,55	5,77	7,06	1,75	8,74	5,10	3,29	3,76	1,62	8,10
N21	N22	27,85	6,05	6,15	2,57	38,49	14,89	11,41	11,64	3,43	51,42
N24	N25	19,02	11,41	13,21	1,81	25,28	16,88	16,63	17,14	2,14	29,92

A Tabela 7 apresenta um quadro resumo com as características dos reservatórios apresentados neste trabalho. Foram estudados três reservatórios, sendo dois do tipo off-line e um do tipo in line. O volume total retido nos reservatórios foi de 78.000 m³.

Tabela 7 Quadro de Resumo de Características dos Reservatórios de Detenção Propostos

Seqüência	Reservatório	Localização	Tipo	Estrutura Projetada	Área (m²)	Volume (m³)	Amortecimento Tr=100 anos	
							Qafluente (m³/s)	Qefluente (m³/s)
1	BD-15	Afonso XIII – Braço	Off line	Escavado, revestido	5.000	10.000	11,55	5,77
2	BD-21	Afonso XIII – Braço	In line	Escavado, revestido	15.000	40.000	27,85	6,05
3	BD-24	Afonso XIII – Braço	Off line	Escavado, revestido	14.000	28.000	19,02	11,41
Volume Total (m³)						78.000		

A Figura 7 ilustra o comportamento dos hidrogramas calculados para o nó N24, no qual se observa particularmente, a situação futura (2025) com o efeito dos reservatórios de amortecimento e a situação de pré-urbanização. O volume total alocado, da ordem de 78.000 m³ corresponde a aproximadamente 23% do volume total precipitado sobre a área estudada (86 mm x 3,00 km² = 343.000 m³).

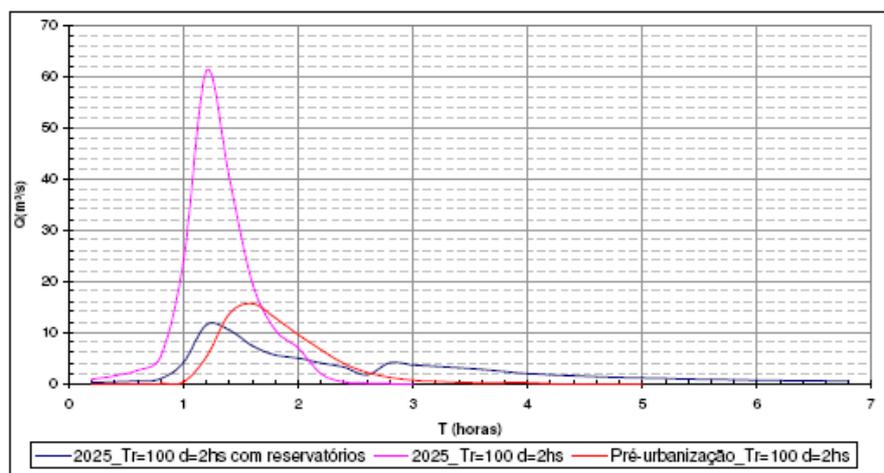


Fig. 7 Hidrogramas resultantes para as situações estudadas no nó 24 com a proposta de reservatório off-line

3. CONCLUSÕES

Este artigo teve como premissa apresentar uma metodologia já empregada pelos autores em estudos anteriores e que vêm de encontro as atuais tendências em projetos de drenagem urbana com a aplicação dos conceitos de “Impacto Zero”. O impacto causado pela urbanização das bacias hidrográficas, caracterizado pelo grande aumento das vazões e deterioração da qualidade da água é um dos entraves para a gestão sustentável dos recursos hídricos. A mitigação destes impactos até sua anulação, no denominado conceito do “Impacto Zero”, pode ser alcançada com o emprego combinado de técnicas de atenuação e detenção do excesso do escoamento superficial, em relação ao original da bacia, denominado de ‘situação de pré-urbanização’.

O emprego de dispositivos de detenção, ou de retardamento do escoamento, como os parques lineares, permite a redução dos picos, bem como das vazões veiculadas para jusante. Estas soluções por sua vez, alteram os tempos de trânsito da cheia na bacia, exigindo por parte do projetista, a análise do comportamento global para diferentes durações da chuva crítica.

A adoção de reservatórios de detenção sem a análise apurada para diferentes durações de precipitação pode levar a resultados insatisfatórios do ponto de vista hidráulico. É imprescindível que o planejamento seja elaborado considerando-se a bacia como um todo. Cabe ainda ressaltar, que a alteração dos tempos de trânsito introduzida pelas novas estruturas deve ser analisada na medida em que os resultados obtidos após sua implantação podem não corresponder ao esperado.

4. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Baptista, M.; Nascimento, N.; Barraud, S. (2005). Técnicas Compensatórias em Drenagem Urbana. Porto Alegre. **ABRH**.

Campana, N.; Tucci, C.E.M. (1994). Estimativa de Áreas Impermeáveis de Macro-bacias Urbanas. **RBE – Caderno de Recursos Hídricos**, vl. 2, n.2, pp. 79-94.

Campana, N.; Tucci, C.E.M. (1999) Previsão da Vazão em Macrobacias Urbanas: Arroio Dilúvio em Porto Alegre. **RBRH** vl. 4, n.1, pp. 19-33.

FCTH – Fundação Centro Tecnológico de Hidráulica (2008) **Estudos de Macrodrenagem Urbana da Estância Turística de Tupã**. V.2. 114p.

FCTH – Fundação Centro Tecnológico de Hidráulica (2003) CAbc – Simulador Hidrológico de Bacias Complexas, **Manual do Usuário**. São Paulo SP, 68p.

Jones, Jonathan E., (2001) Bmp Performance and Receiving Water Impacts, in **Water Resources Impact**, Vol. 3, #6, November, 2001.

Pinto, L.L.C.A., Martins, J.R.S. (2008) Variabilidade da Taxa de Impermeabilização do Solo Urbano, **XXIII Congresso Latinoamericano de Hidráulica**, Cartagena de Indias Colombia, Septiembre 2008.



Pinto, L.L.C.A., Fadiga Jr., F. M., Martins, J.R.S. (2006) Definição das Taxas de Impermeabilização para o Plano Diretor de Macrodrenagem do Município de Ilha Comprida. **Anais do I Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos do Sul Sudeste.**

PMSP – Prefeitura do Município de São Paulo, (1998) **Diretrizes para Projetos de Drenagem Urbana no Município de São Paulo**, Ramos, C. L. (org), FCTH, São Paulo, 280p.

Porto, R. M. (1998) **Análise de Desempenho de Bacias de Detenção, Drenagem Urbana: Gerenciamento, Simulação, Controle**, org. por Benedito Braga, Carlos Tucci e Marco Tozzi, Porto Alegre: Editora UFRGS/ABRH, (ABRH Publicações, n° 3), pag. 177-187.

USACE – United States Army - Corps of Engineers – Hydrologic Modelling System (2008) HEC-HMS 3.2 – **Users Manual.**