

PLANO DIRETOR DE DRENAGEM E MANEJO DE ÁGUAS PLUVIAIS DA CIDADE DO NATAL

MANUAL DE DRENAGEM

**NATAL/RN,
Outubro / 2009**

EQUIPE DO PLANO DIRETOR DE DRENAGEM E MANEJO DE ÁGUAS PLUVIAIS (PPDDMA)

Demétrio Paulo Torres – Secretário Municipal de Obras e Infra Estrutura
Luciano Rebello da Cunha Melo – Secretário Adjunto de Planejamento de Obras

GRUPO DE TRABALHO LOCAL

Vital Gorgônio da Nóbrega Engenheiro Civil – Coordenador – SEMOPI
José Edilson Bezerra – Engenheiro Civil – Sub-Coordenador – SEMURB
Francisco Werton Diógenes - Engenheiro Civil – SEMOPI
Ivanilde Ramos da Silva – Engenheira Sanitarista - URBANA
Uéliton Cabral da Silva – Geógrafo – SEMOPI

EQUIPE TÉCNICA L. R. ENGENHARIA E CONSULTORIA LTDA

Alberto de Melo Rodrigues – Engenheiro Civil CREA 210.405.683-7 (Coordenador Geral)
Diógenes Santos de Sena – Eng. Civil e Mestre em Eng. Sanitária CREA 210.136.107-8
Marcos Roberto de Melo R. Filgueira – Engenheiro civil CREA 210.416.831-7
Geová Alves da Costa– Técnico em Topografia CREA 210.266.657-4
Mércia Targino de Oliveira – Técnica em Edificações
Roberto Silva de Oliveira – Cadista
Eberth Ferreira de Oliveira – Cadista

I - INTRODUÇÃO

I.1 - Considerações Gerais

Nas últimas décadas, 80% da população do Brasil passou a viver nas cidades. Se por um lado, a urbanização produziu redução significativa no crescimento global da população do País tendendo a estabilização da população, por outro, este fato requer uma devida contrapartida em investimentos e gestão da infra-estrutura urbana, principalmente na área do saneamento básico, ainda deficiente no caso do Brasil.

Os efeitos dessa urbanização desordenada aumentam as inundações, a erosão, o assoreamento, a poluição das águas, diminui a recarga dos aquíferos e altera o regime dos cursos d'água, reduzindo, substancialmente, a disponibilidade hídrica dos mananciais de abastecimento de água e a capacidade de autodepuração dos corpos receptores de efluentes de esgotamento sanitário e de drenagem de águas pluviais das cidades, ampliando, dessa forma, o risco de escassez quantitativa d'água, agravado pelo aumento da demanda, e qualitativa, com a redução da disponibilidade por contaminação e transferência dos impactos para jusante no ciclo de retirada de água a montante e despejo a jusante sem tratamento dos efluentes.

Essa gestão inadequada requer que se busque água em mananciais cada vez mais distantes das Cidades.

Na cidade de Natal os efluentes dos esgotos lançados 'in natura' na rede de drenagem que chega ao Rio Potengi acarretam o comprometimento da balneabilidade do Rio e das praias próximas a sua foz que são afetadas pelas correntes marítimas no sentido sul-norte. Em alguns pontos foram identificados dez mil colônias por cem ml de coliformes.

No tocante ao abastecimento de água, os altos índices de perdas, mais de 50% na cidade de Natal, juntamente com os efluentes das fossas residenciais que contaminam o aquífero subterrâneo comprometem substancialmente o abastecimento da Cidade que se sustenta com

70% das águas subterrâneas geradas no seu perímetro urbano.

Hoje, na cidade de Natal, convive-se com uma ameaça permanente de colapso do abastecimento de água, principalmente por falta de investimentos na ampliação do sistema de captação e tratamento, que deverá se agravar com o aumento da exploração, a redução da recarga e a contaminação do aquífero, num cenário crítico de impermeabilização do solo, poluição e assoreamento dos corpos d'água.

A ocupação urbana desordenada e não planejada, acarreta grande impacto sobre os recursos hídricos. Isso acontece de forma mais acentuada na periferia que apresenta um crescimento mais alto do que no centro. Esse desenvolvimento irregular, em que a infra-estrutura não antecede a urbanização pelo o efeito da migração de população de baixa renda e o valor da terra induz a ocupações irregulares, acarreta a ocupação de áreas de risco e de mananciais.

No passado, os Planos Diretores eram elaborados com visão de previsão e não de planejamento. Nesse contexto, a gestão acontece por crises, é o paradigma da cidade legal versus a cidade ilegal.

A gestão integrada entendida como interdisciplinar e intersetorial dos componentes das águas urbanas é uma condição necessária para que os resultados atendam as condições do desenvolvimento urbano sustentável.

O desenvolvimento urbano nas últimas décadas modificou a maioria dos conceitos utilizados na engenharia em relação a temas como infra-estrutura de água nas cidades.

A situação que o Município vivencia exige respostas que somente uma nova configuração das políticas públicas e, por consequência, novos modos de planejar a Cidade podem dar. Nesse sentido, facilitar no espaço a articulação dos diversos setores socioeconômicos, culturais e ambientais implica em encontrar novas diretrizes de distribuição espacial da população e das atividades econômicas, o que por sua vez, implica construir um Plano Diretor de Drenagem e

Manejo de Águas Pluviais que colabore, também, para esse novo desafio da economia urbana de Natal.

I.2 – Planos Diretores de Drenagem e o Desenvolvimento Urbano Sustentável

Os estudos urbanos contemporâneos, em sua maioria, são desenvolvidos com o entendimento de que o planejamento relacionado aos recursos hídricos deve estar inserido no planejamento urbano de forma geral. Sendo assim, deve ser tratada, além das bacias hidrográficas, a malha urbana, o zoneamento de atividades, a rede viária, os aspectos paisagísticos, econômicos e sociais (POMPÊO, 2000). Aplica-se o conceito de sustentabilidade, associado à drenagem urbana com ações que envolvem a complexidade e a interdependência existente entre os ecossistemas naturais, o sistema urbano artificial e a sociedade (POMPÊO, 2000).

Os planos urbanos aparecem como uma alternativa. Tucci (2003) aponta como metas do Plano Diretor de Drenagem Urbana:

“(a) planejar a distribuição da água pluvial no tempo e no espaço, com base na tendência de ocupação urbana, a compatibilização desse desenvolvimento e a infra-estrutura para evitar prejuízos econômicos e ambientais; (b) controlar a ocupação de áreas de risco de inundação através de restrições na área de alto risco; (c) estabelecer a convivência harmônica com as enchentes nas áreas de baixo risco (2003, p. 119)”.

A aprovação do Estatuto da Cidade coloca todos os brasileiros diante de uma lei inovadora, democrática, autenticamente voltada para a construção de cidades onde o bem estar coletivo da população será preservado. Entretanto, essa conquista só se efetivará na medida em que as forças sociais do município forem suficientes para torná-la realidade no cotidiano das suas práticas administrativas.

Este é um momento impar de valorização do processo de planejamento urbano para a ação pública. Um planejamento que deve ser construído com a participação da sociedade para buscar, constantemente, a melhoria do desempenho e a valorização da capacidade técnico-administrativa e política das prefeituras.

Por outro lado, a Lei nº 11.445, de 5 de janeiro de 2007 que estabelece diretrizes nacionais para o saneamento básico, apresenta como um dos princípios fundamentais a disponibilidade, em todas as áreas urbanas, de serviços de drenagem e de manejo das águas pluviais adequados à saúde pública e à proteção do meio ambiente (art 2º,

inciso IV). E, define o que se entende por drenagem e manejo de águas pluviais como o conjunto de atividades, infra-estruturas e instalações operacionais de drenagem urbana de águas pluviais, de transporte, detenção ou retenção para o amortecimento de vazões de cheias, tratamento e disposição final das águas pluviais drenadas nas áreas urbanas (art. 3^o, inciso I, letra d).

No Capítulo IV, Do Planejamento, Art. 19. “A prestação de serviços públicos de saneamento básico observará plano, que poderá ser específico para cada serviço, o qual abrangerá, no mínimo:

- I- Diagnóstico da situação e de seus impactos nas condições de vida, utilizando sistema de indicadores sanitários, epidemiológicos, ambientais e socioeconômicos e apontando as causas das deficiências detectadas;*
- II- Objetivos e metas de curto, médio e longo prazo para a universalização, admitidas soluções graduais e progressivas, observando a compatibilidade com os demais planos setoriais;*
- III- Programas, projetos e ações necessárias para atingir os objetivos e as metas, de modo compatível com os respectivos planos plurianuais e com outros planos governamentais correlatos, identificando possíveis fontes de financiamento;*
- IV- Ações para emergências e contingências;*
- V- Mecanismos e procedimentos para a avaliação sistemática da eficiência e eficácia das ações programadas.*

No Capítulo VI, Dos Aspectos Econômicos e Sociais, no art. 29, “Será assegurada sempre que possível à sustentabilidade econômico-financeira mediante a remuneração pela cobrança dos serviços:

- III- De manejo de águas pluviais urbanas: na forma de tributos, inclusive taxas, em conformidade com o regime de prestação do serviço ou de suas atividades.”*

Nesse mesmo Capítulo VI, no Art. 36 “A cobrança pela prestação do serviço público de drenagem e manejo de águas pluviais urbanas deve levar em conta, em cada lote urbano, os percentuais de impermeabilização e a existência de dispositivos de amortecimento ou de retenção de água de chuva, bem como poderá considerar:

- I- o nível de renda da população;*

II- as características dos lotes urbanos e as áreas que podem ser neles edificadas."

A legislação estabelece como um dos instrumentos da política os Planos de Saneamento Ambiental. Dessa forma, seguindo a filosofia que vem sendo implementada pela Lei 10.257/2001 e atendendo as exigências da Lei 11.445 de 05 de janeiro de 2007 que recomenda uma metodologia que contempla instancias participativa através de audiências públicas, a proposta, aqui apresentada, é o caminho para o município de Natal buscar um constante diálogo com os sujeitos sociais e inaugurar um novo marco na gestão pública municipal, de responsabilidades sociais solidárias, com o intuito de materializar uma melhor qualidade de vida para as atuais e futuras gerações.

I.3 - Fundamentos do Plano Diretor de Drenagem e Manejo de Águas Pluviais de Natal

Objetivo Geral

Elaborar o Plano Diretor de Drenagem Urbana e Manejo de Águas Pluviais da Cidade do Natal – PDDMA, de modo a fornecer subsídios técnicos e institucionais que permitam reduzir significativamente os impactos das inundações no Município e criar as condições para uma gestão sustentável da infra-estrutura de drenagem urbana.

Objetivos Específicos

- a) Gerar Banco de Dados da estrutura física georeferenciada da malha de drenagem de águas pluviais em operação no Município do Natal;
- b) Gerar diagnósticos das variáveis do meio, identificando problemas;
- c) Definir ações estruturais e não-estruturais, integradas ao Plano Diretor de Desenvolvimento Urbano Municipal e ao sistema de saneamento da Cidade, reduzindo assim os riscos de inundação e contribuindo para melhoria da qualidade das águas superficiais e subterrâneas;
- d) Construir um plano de ação global e um plano de ação específico para cada bacia hidrográfica e/ou sub-bacias de drenagem do Município, com a

definição das metas de melhorias a serem alcançadas e os investimentos necessários;

- e) Possibilitar aos cidadãos um maior conhecimento sobre sua Cidade, facilitando a implantação de processos participativos de planejamento e gestão urbana;

Princípios norteadores

No processo de elaboração do PDDMA foram utilizados os seguintes princípios norteadores:

- Abordagem interdisciplinar no diagnóstico e na solução dos problemas de inundação;
- Bacia hidrográfica como unidade de planejamento;
- Soluções integradas ao meio ambiente;
- Soluções economicamente viáveis que apresentem relações benefício/custo adequadas;
- Controle do excesso de escoamento superficial preferencialmente na fonte;
- Controle dos impactos sobre o sistema de drenagem provocado por novos empreendimentos;
- Planejamento dinâmico do manejo das águas pluviais urbanas a partir de cenários que retratem eventos extremos associados com períodos de retorno baixo, médio e alto;
- Horizonte de planejamento de 20 anos.

II - SISTEMA DE DRENAGEM DE NATAL

II.1 – Área de Estudo

No contexto do estudo do sistema de drenagem, o território municipal da Cidade de Natal foi dividido em dois setores distintos divididos pelo estuário do Rio Potengi. O setor I que coincide com a Zona Norte e Setor II que abrange as Zonas Leste, Oeste e Sul Capítulo (Figura II.1).



Figura II.1 – Setores e Zonas de Natal. Fonte: START, 2007.

II.2 – Considerações Gerais

A cidade de Natal, apesar de sua posição geográfica privilegiada, tendo em vista que se situa num platô com altitude média acima de 30 m em relação ao nível do mar e apresenta uma superfície territorial com formato triangular com perímetro banhado pelos Rios Potengi e Pitimbu e pelo mar em quase toda a sua extensão, apresenta-se com um sistema de drenagem natural muito deficiente, com pequenos cursos d'água efêmeros que se desenvolvem na periferia da cidade, identificando-se apenas o riacho do Baldo e o rio das Quitas na Zona Oeste da Cidade.

A Cidade possui uma grande região interior sem drenagem natural, constituída de várias bacias de drenagens fechadas com fluxo radial que converge para depressões

interiores, que se transformam em lagoas nos períodos de fortes precipitações. Essas características devem-se principalmente à natureza do relevo ondulado de formação dunar e as condições do litoral da Cidade que apresenta uma barreira natural ao escoamento superficial diretamente para mar, formada pelo afloramento da formação Barreiras com cobertura de dunas que se transformam em falésias. A Cidade é circundada por um cordão de dunas que se elevam até altitudes de 80 m, formando uma depressão interior.

Essas características de relevo fazem com que a drenagem de Natal tenha aspectos muito peculiares, com dificuldades próprias para a implantação de sistemas eficientes de drenagem. A maioria das soluções adotadas nos últimos anos envolve a construção de sistemas de drenagem isolados conectados a lagoas de acumulação e infiltração nos pontos mais baixos das bacias.

A construção de lagoas de infiltração contribui para a recarga do aquífero local; no entanto, requer grande espaço para a absorção dos volumes escoados; este é o principal fator limitativo deste tipo solução, tendo em vista a disponibilidade atual limitada de terrenos para a construção das lagoas de acumulação.

II.3 – Bacias de Drenagem

As bacias de drenagem de Natal originalmente divididas no primeiro Plano de Drenagem de 1973 englobaram apenas parte da Cidade, ou seja, as zonas Leste e Oeste. Posteriormente, a classificação das bacias foi ampliada para todo o Município utilizando-se para isso, critérios adequados para as bacias do Sistema de Esgotamento Sanitário de Natal. Assim, não se levou em consideração a infra-estrutura existente de integração das sub-bacias de drenagem da Cidade.

No atual contexto do Plano de Drenagem foi feita atualização da divisão das bacias de drenagem de Natal, unificando-se o sistema para o Município de Natal, tendo como critério de definição a delimitação de cada bacia de drenagem ao conjunto de terrenos que, num contexto integrado, podem gerar escoamento para cada corpo d'água receptor final das águas precipitadas no Município. Dessa forma, identificou-se 20

bacias de drenagem de Natal, sendo 6 (seis) na Zona Norte de Natal e 14 (quatorze) nas Zonas Leste, Oeste e Sul, conforme mostram os Quadros II.1 e II.2 e as Figuras II.2, II.3 e II.4. O quadro II.3 fornece os valores globais das áreas de drenagem de Natal.

Quadro II.1 – Bacias de Drenagem da Zona Norte de Natal.

	Bacia	Área (ha)	
		Aberta	Fechada
I	Rio Doce	617,5	
II	Lagoa Azul	2417,5	
III	Lagoa de Extremoz	100,2	
IV	Rio Golandim	181,5	
V	Redinha	108,2	
VI	Ro Potengi / Salinas	885,4	
Total da Zona Norte		4309,9	

Quadro II.2 – Bacias de Drenagem das Zonas Leste/Oeste/Sul de Natal

	Bacia	Área (ha)	
		Aberta	Fechada
VII	Potengi /Rocas-Ribeira	376,3	
VIII	Praias Urbanas	218,2	
IX	Riacho do Baldo	714,8	
X	Potengi / Quintas-Base Naval	304,1	
XI	Parque das Dunas		1194,0
XII	Rio das Lavadeiras	1264,8	
XIII	Via Costeira	116,2	
XIV	Rio Potengi / Felipe Camarão	712,6	
XV	Lagoas da Jaguarari		431,8
XVI	Rio Pitimbu	1048,9	
XVII	San Vale / Cidade Satélite		1145,4
XVIII	Rio Jundiá / Guarapes	398,0	
IXX	Lagoinha		1016,0
XX	Praia de Ponta Negra	949,3	
Total da Zona Leste/Oeste/Sul		6103,2	3787,2

Quadro II.3 – Área de drenagem total de Natal.

Bacias de Drenagem	Área (ha)	
	Aberta	Fechada
Total de Natal	10.413,1	3787,2
Total Geral	14.200,3	

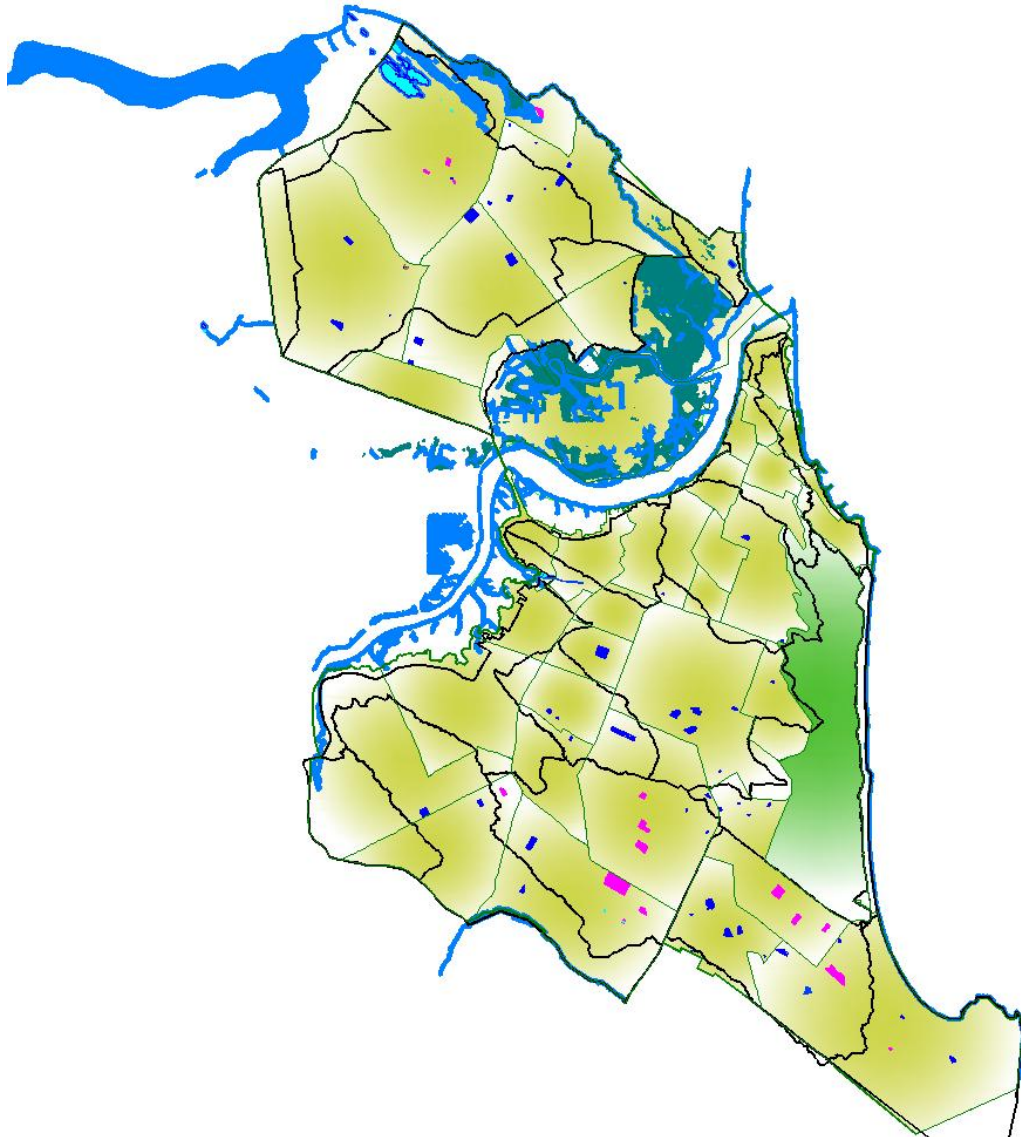


Figura II.2 – Bacias de Drenagem de Natal

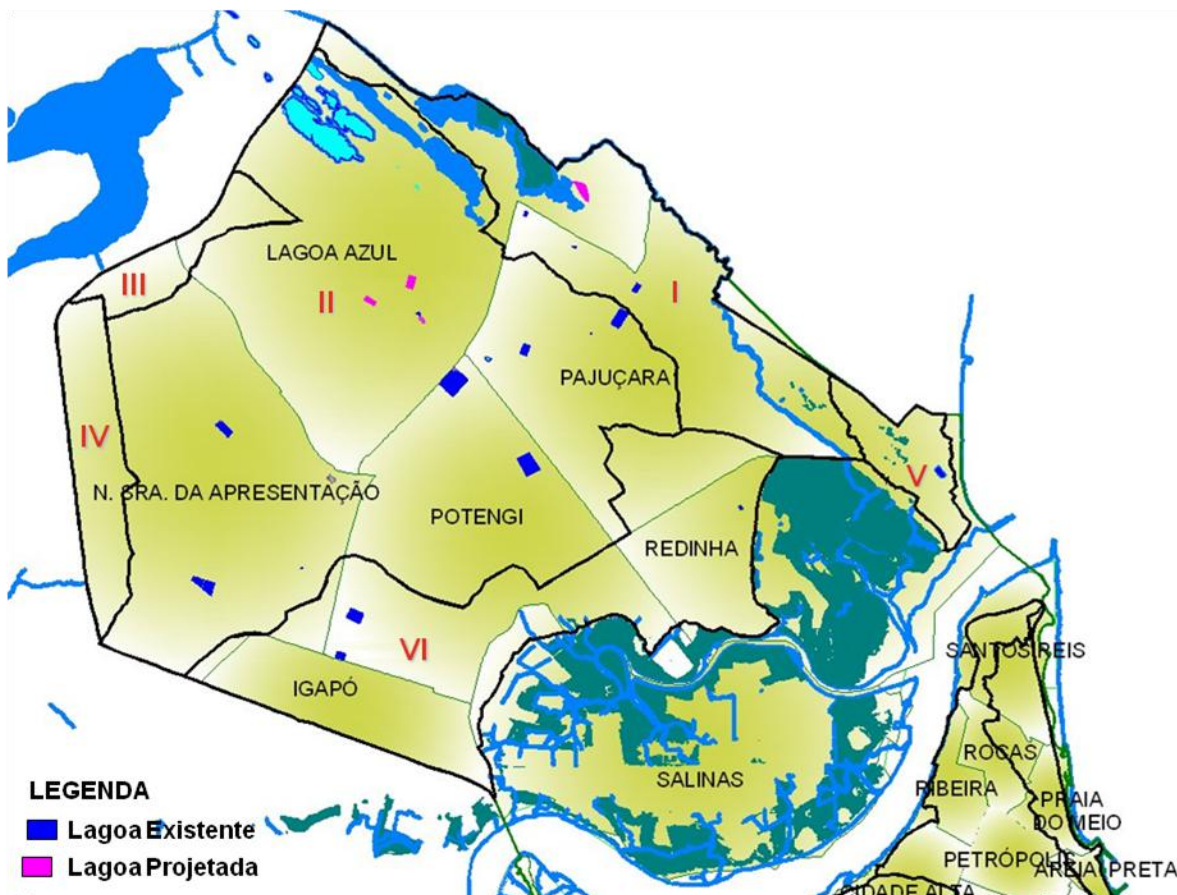


Figura II.3 – Bacias de Drenagem da Zona Norte de Natal

Destaca-se que pela implantação do Sistema Integrado de Drenagem da Zona Norte, na bacia II, todas as bacias da Zona Norte tornaram-se abertas, com o direcionamento de suas águas aos seguintes exutórios: Rio Doce (bacia I); Lagoa Azul (bacia II); Lagoa de Extremoz (bacias III); Rio Golandim (bacia IV); Praia da Redinha (bacia V); Rio Potengi (bacia VI)

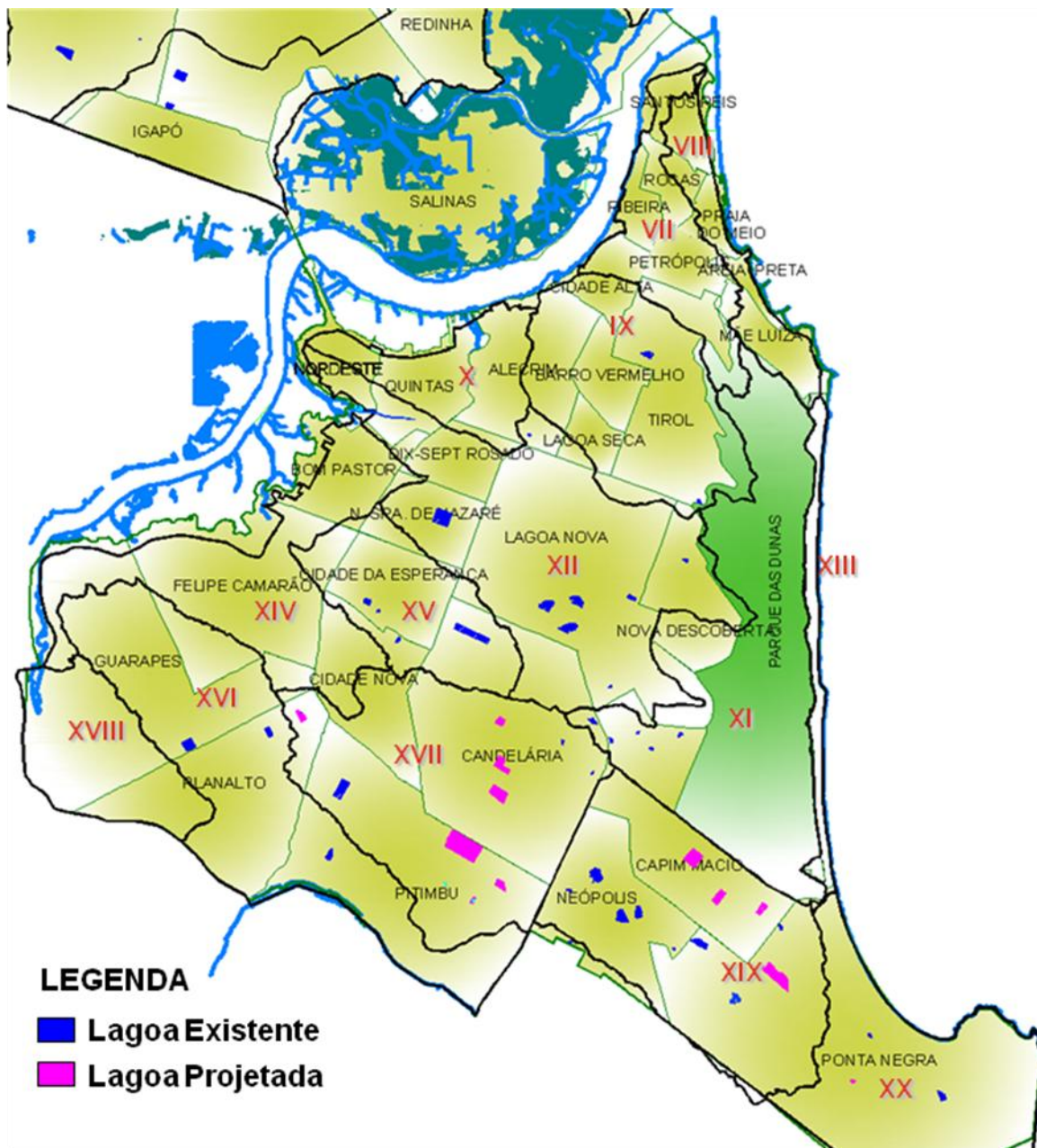


Figura II.4 – Bacias de drenagem das Zonas Leste, Oeste e Sul

As bacias fechadas de Natal encontram-se nas zonas Leste e Sul, nas quais as águas têm destino predominante para as seguintes Lagoas: Lagoas da Jaguarari (bacia XV); Lagoas de San Vale (bacia XVII); Lagoinha (XIX). Ademais, as bacias abertas das zonas Leste, Oeste e Sul têm os seguintes exutórios: Rio Potengi (bacias

VII, IX, XII, XVIII, XIV); Praias Urbanas (bacia VIII); Via Costeira (bacia XIII); Rio Pitimbu (bacia XV); Praia de Ponta Negra (bacia XX).

II.4- Caracterização morfológica das bacias hidrográficas do município de Natal/RN

Duas caracterizações são apresentadas. A primeira refere-se à caracterização das bacias e sub-bacias, relacionando-as com os dados sociais e físicos, como características habitacionais e vazios urbanos. A segunda diz respeito às ocupações localizadas no entorno de algumas lagoas de drenagem. Para efeito de análise, foi considerado um raio de 200 m circundante da lagoa estudada como área de influência direta. As lagoas selecionadas foram aquelas mais expressivas para o estudo das bacias hidrográficas em razão da sua dimensão, complexidade, localização e quantidade por bairro.

As principais características cada bacia são: área da bacia; localização com relação às zonas e bairros; limites físicos existentes; identificação das sub-bacias inseridas; existência ou não de lagoas e riachos; implementação de galerias e canais, presença de áreas de preservação ambiental e de assentamentos precários; tipos de ocupação, de acordo com os usos e as tipologias construtivas existentes; intensidade de adensamento; traçado da malha urbana; relevo; área ocupada em função da impermeabilização do solo; especificidades peculiares, caso existam.

Zona Norte

A Região Norte de Natal apresenta 06 (seis) bacias hidrográficas, subdivididas em sub-bacias, e distribuídas nos bairros de Redinha, Igapó, Pajuçara, Nossa Senhora da Apresentação e Lagoa Azul.

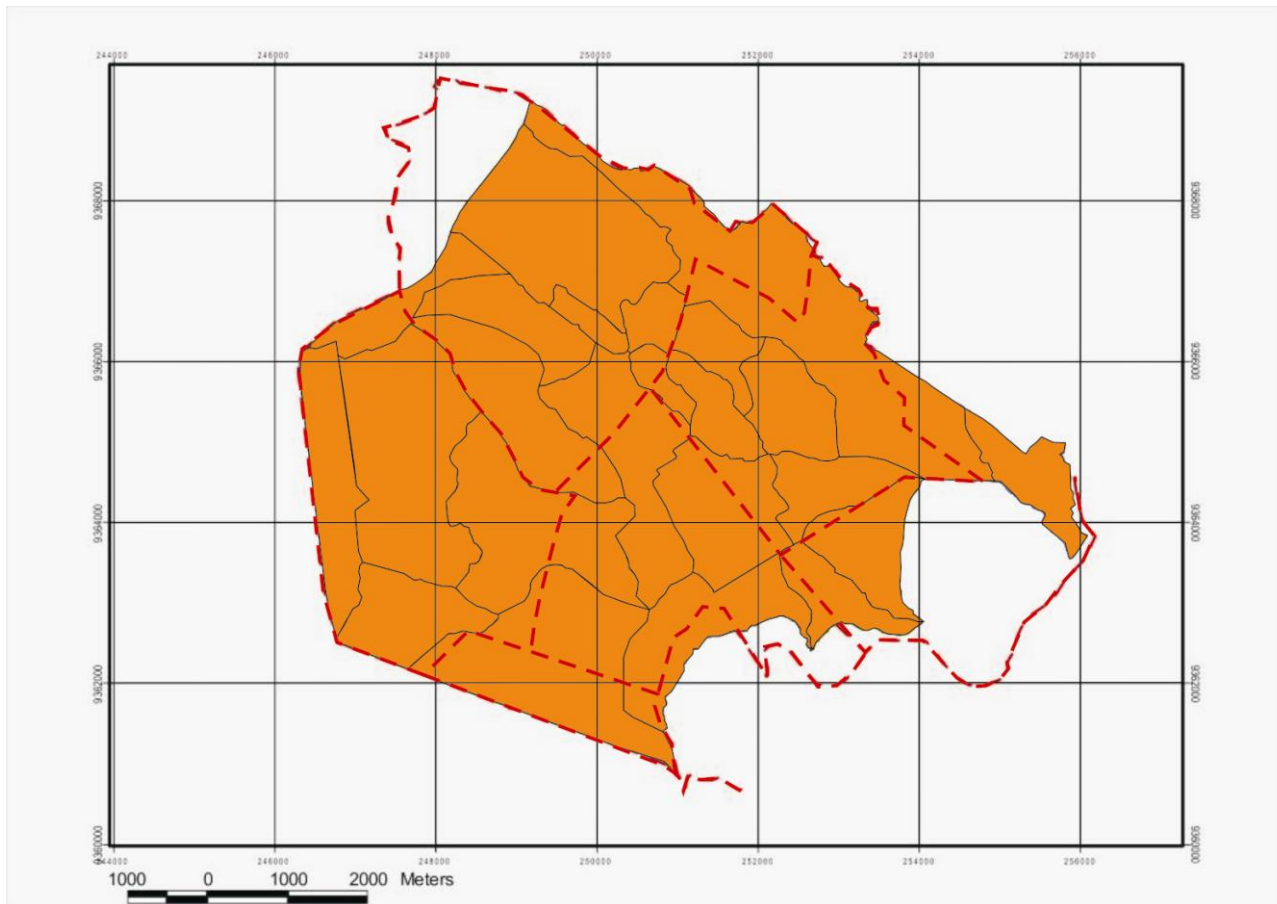


Figura II.5 - Sub-Bacias da Zona Norte de Natal. Fonte: START, 2008

A Bacia I encontra-se localizada na parte nordeste do município e esta dividida em 07(sete) sub-bacias, com uma área total de aproximadamente 585 ha, inserida nos bairros da Redinha, Pajuçara, e Lagoa Azul. As ocupações na Bacia ocorrem de maneira rarefeitas, baixa densidade e ocupações informais, principalmente, nas sub-bacias 1, 2 e 4, provocadas também, pela presença das áreas ambientais, sobretudo a ZPA 9 e com uma forte vulnerabilidade ambiental. As sub-bacias 3, 5 e 7 apresentam um número maior de ocupações, sendo na 5 com uma presença maior de ocupações informais e na 3 e 7 com conjuntos habitacionais, com definição de lotes, quadras e um traçado viário regular.

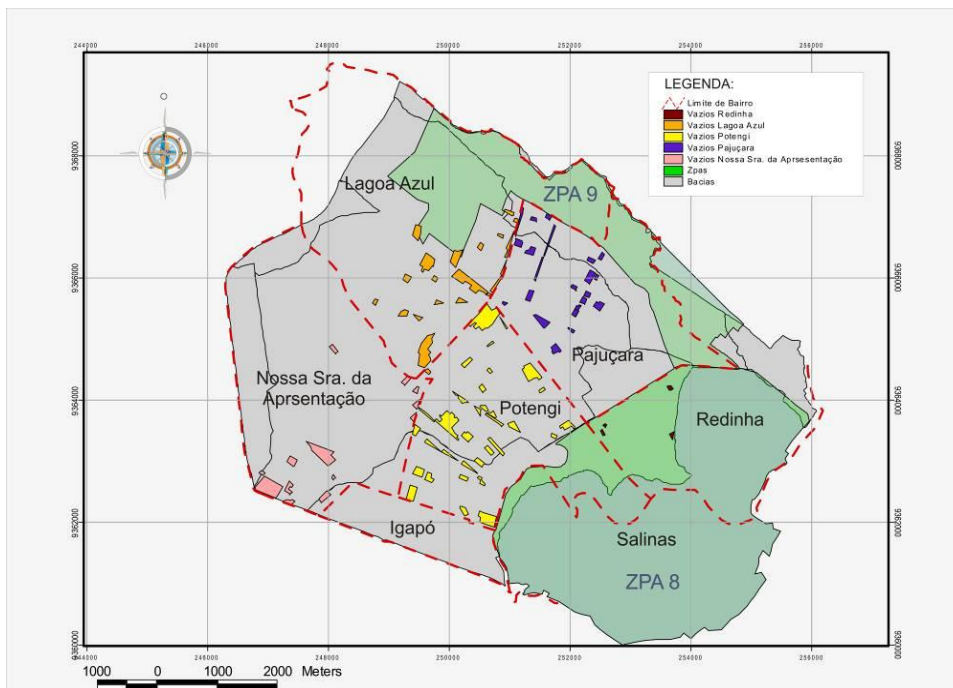


Figura II.6 - Bairros da Zona Norte de Natal. Fonte: START, 2008

A Bacia II é a mais complexa, maior (cerca de 2.420ha) e diversificada da Zona Norte. Está localizada na porção central implantada dentro dos bairros de Potengi, Pajuçara, Nossa Senhora da Apresentação e Lagoa Azul, dividida em 13 sub-bacias. De maneira geral percebe-se a presença de algumas áreas permeáveis em quase todas as sub-bacias. A sua ocupação se configura de maneira semelhante as demais Bacias, com forte presença de conjuntos habitacionais, determinando um traçado regular, com limite de lotes e quadras e, uma outra parcela formada por ocupações informais, sem muita definição de limite de lotes, quadras e de sistema viário. Por ter a maior área e também o maior número de bairros, conseqüentemente uma maior diversidade de uso e ocupação e complexidade sócio-econômica e ambiental, a mesma deve ser vista no planejamento de maneira especial.

A Bacia III encontra-se localizada na porção Noroeste da Região Norte, com uma área de aproximadamente 90 ha, dividida em 02 (duas) sub-bacias. A sub-bacia 1 localiza-se no bairro de Lagoa Azul, limitando-se com o bairro Nossa Senhora da Apresentação, com a Bacia II e a BR-101, dentro do distrito industrial, com uma área média de 46 ha. Apresenta o menor número de ocupações de todas as sub-bacias da

Região Norte. A sub-bacia 2 localiza-se no bairro de Nossa Senhora da Apresentação, também no distrito industrial, às margens da BR-101, com área aproximada de 54 ha, com poucas ocupações, porém, com algumas edificações e lotes maiores, principalmente do tipo industrial, mas ainda com expressiva área permeável.

A Bacia IV assemelha-se às características da bacia anterior. Localizada na porção Oeste, no bairro de Nossa Senhora da Apresentação, divisa com o município de São Gonçalo do Amarante, não apresenta divisão em sub-bacias e dispõe de área de 165 Ha, com forte presença de ocupações do tipo industrial e áreas de permeáveis.

A V encontra-se na porção Leste, totalmente inserida no Bairro da Redinha, dividida em 2 sub-bacias, totalizando uma área de, aproximadamente, 100 ha. Por se tratar de uma área antiga da cidade, as ocupações no sítio foram feitas de maneira informal, sem planejamento, refletidas nas formas de ocupação sem definição de lotes, quadras, com um traçado viário complexo e uma densidade média/alta.

A Bacia VI, está na porção Norte inserida nos bairros de Salinas, Igapó, Redinha e Potengi, dividida em 05 (cinco) sub-bacias, com área média de 883 ha, sendo a segunda maior bacia da Região Norte de Natal. A sub-bacia 1 encontra-se totalmente inserida no bairro de Pajuçara (103 ha de área), com muitas áreas desocupadas, parcelamento regular com a presença de conjuntos habitacionais, um traçado regular, na sua maioria do tipo "xadrez" e lotes e quadras bem definidos. A sub-bacia 2 está com a maior parcela inserida no bairro da Redinha (116 ha) e a outra no Pajuçara (9 ha), apresentando grandes áreas sem ocupação que favorecem a infiltração das águas pluviais e com forte presença de ocupações do tipo conjuntos habitacionais. A sub-bacia 3 apresenta o menor número de ocupações da Bacia, com a maior parcela no bairro da Redinha (aproximadamente 71 ha). A sub-bacia 4 esta inserida nos bairros do Potengi (141 ha) e outra parcela no bairro de Igapó (17 ha) com uma diversidade de ocupação (informais e formais – conjuntos habitacionais).

A sub-bacia 5 é a mais complexa da Bacia, esta dentro dos bairros de Igapó e Potengi. No bairro de Igapó percebe-se um forte adensamento e poucas áreas permeáveis, com ocupações lindas ao lote e um traçado "xadrez" complexo. No bairro do Potengi o traçado se comporta de maneira mais regular, principalmente pela presença dos conjuntos habitacionais e com algumas parcelas de áreas livres. Percebe-se, entretanto, que existe um processo de crescimento em direção as áreas ambientais onde se localiza a Bacia, comprometendo ainda mais os espaços potenciais de absorção das águas.

É importante destacar dois aspectos que devem ser visto de maneira especial nas definições e proposta referentes a drenagem da Região Norte. A primeira refere-se a complexidade da Bacia II, como visto anteriormente, sendo importante atenção redobrada nas medidas de planejamento para essa Bacia, uma vez que sua diversidade sócio-econômica, ambiental e urbanística refletem de maneira significativa nas formas de ocupação e uso do solo dessa área. O segundo destaque é para o bairro de Lagoa Azul, onde apresenta a maior porcentagem de área dentro das bacias (33% das áreas totais das bacias), em especial a Bacia II, com a maior quantidade de sub-bacias, aumentando a sua complexidade e diversidade.

As principais lagoas existentes na Zona Norte são: Lagoa da Acaraú, Lagoa do Panatis II; Lagoa do Jardim Progresso; Lagoa do Aliança; Lagoa do Soledade, Lagoa José Sarney; Lagoa do Santarenzinho. A seguir, uma pequena descrição de cada lagoa é apresentada.

Zonas Leste, Oeste e Sul

Bacia VII

A Bacia VII está inteiramente localizada na Zona Leste, sendo dividida em três sub-bacias que totalizam uma área de aproximadamente 220 ha. Encontra-se distribuída nos bairros de Santos Reis, Rocas, Ribeira, Cidade Alta, Petrópolis e Praia do Meio, fazendo limite ao oeste com o Rio Potengi, para onde as galerias e canais fazem a

drenagem da água em pontos distribuídos nos bairros das Rocas, Ribeira e Cidade Alta (Figura II.7).

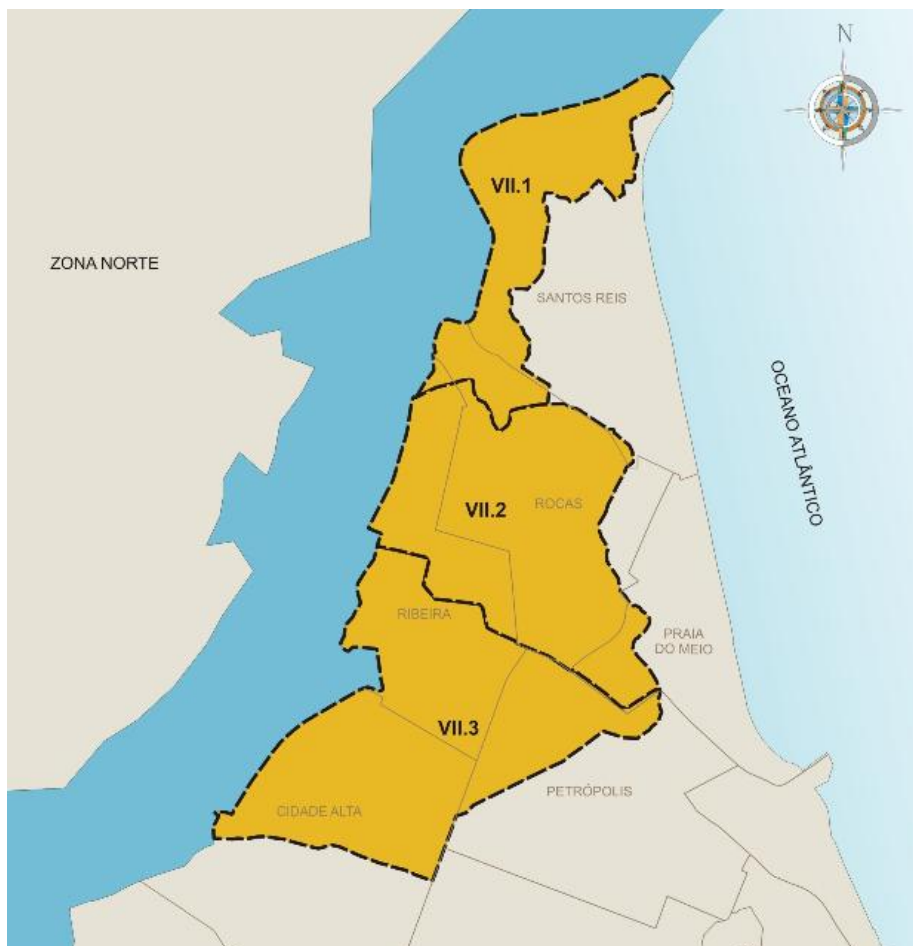


Figura II.7 – Delimitação das sub-bacias da Bacia VII. Fonte: START, 2009.

A sub-bacia VII.1 é a menor das três, dividindo-se nos bairros das Rocas, Ribeira e Santos Reis, nesse último estando localizada sua maior parte. Nesta área não há galerias executadas, que são encontradas nas sub-bacias VII.2 e VII.3. A sub-bacia VII.2 é bem maior que a VII.1, com cerca de 80 ha, e apresenta-se dividida entre os bairros de Santos Reis, Ribeira, Praia do Meio e Rocas, estando predominantemente neste último. A sub-bacia, VII.3, é a maior das três, espalhando-se sobre os bairros de Petrópolis, Ribeira e Cidade Alta. Não há lagoa nessa bacia.



Figura II.8 - Vista aérea da Zona Leste, com bairro da Ribeira em primeiro plano.
Fonte: www.scielo.bvs-psi.org.br, 2009.

Nesta bacia está inserida a Zona de Proteção Ambiental 7 – Forte dos Reis Magos e seu entorno. Quanto à ocupação urbana na Bacia VII, varia desde uma ocupação mais rarefeita com a presença de vazios urbanos na sub-bacia VII.1 (principalmente na Praia do Forte e proximidades) até uma mais adensada na sub-bacia VII.2, principalmente na parte superposta ao bairro das Rocas. Nesse recorte hidrográfico, o relevo variado e a proximidade com o Rio Potengi, incluindo sua foz, são elementos relevantes a serem considerados em um plano de drenagem. O espaço construído da área caracteriza-se por ter sido historicamente constituído de forma espontânea, com edificações em sua maioria térreas, porém existindo hoje diversas construções de maior gabarito. A área ocupada por esta bacia é a mais antiga da cidade. Nas sub-bacias 2 e 3 o uso para comércio e serviços é mais intenso que na sub-bacia 1. As ruas são, em sua quase totalidade, impermeabilizadas, seja em paralelepípedos ou em asfalto.

Bacia VIII

A Bacia VIII, com área de 204 ha, está inserida na Zona Leste, subdividida em 6 sub-bacias. Situa-se ao longo do litoral leste da capital, margeando as Praias do Forte, do Meio, de Areia Preta e de Mãe Luíza e fazendo limite com o Parque das Dunas. Abrange uma pequena área das Rocas, grande parte do bairro de Santos Reis e a quase totalidade dos bairros de Praia do Meio, de Areia Preta e de Mãe Luíza (Figura II.9).

Apresenta seis sub-bacias: a sub-bacia VIII.1 está completamente inserida em Santos Reis; a sub-bacia VIII.2 compreende pequenas porções dos bairros Santos Reis e Rocas e cerca de metade, da Praia do Meio, sendo a outra metade coincidente com a sub-bacia VIII.3. Já a sub-bacia VIII.4 abrange a maioria do bairro de Areia Preta e pequena parte de Mãe Luíza. As sub-bacias VIII.5 e VIII.6 estão inseridas inteiramente no restante do bairro de Mãe Luíza. Em todas as sub-bacias existem galerias de drenagem que conduzem águas pluviais para as praias do Forte, de Areia Preta e do Meio. Há uma galeria que segue o limite do Parque das Dunas com a sub-bacia VIII.5.

O tipo de ocupação, de caráter predominantemente espontâneo, não segue um traçado regular, variando ao longo da bacia; é mais adensada nas sub-bacias 2, 3, 4 e 5, que correspondem à grande parte dos bairros de Praia do Meio, de Areia Preta e Mãe Luíza. Nas sub-bacias 1 e 6, a densidade mais baixa resulta da existência de áreas que não podem ser ocupadas por construções, como o espaço de tancagem da Petrobrás e duas áreas militares em Santos Reis e em Mãe Luíza. O adensamento é afetado também pela existência de duas Zonas de Proteção Ambiental, a ZP7 – Forte dos Reis Magos e seu entorno e ZP10 – Encostas dunares adjacentes ao Farol de Mãe Luíza. Na sub-bacia VIII.5 há vazios urbanos, resultantes de áreas de encostas com declividade acentuada. Não há lagoa nessa bacia.

A tipologia construtiva da área compreendida por essa seção hidrográfica é bastante variada, variando de edificações mais simples, com dimensão reduzida, predominantemente térrea, utilizando materiais convencionais (Santos Reis e Mãe Luíza), até construções mais elaboradas do ponto de vista técnico e formal, com gabarito elevado, nos bairros de Areia Preta e de Praia do Meio. Cumpre salientar que

todo o bairro Mãe Luíza e alguns trechos de Areia Preta e Praia do Meio, nas porções mais ao sul, são considerados assentamentos precários segundo Plano de Habitação de Interesse Social. O uso é predominantemente residencial, sendo a maioria das vias impermeabilizadas. Há variações acentuadas no relevo da área em quase todas as sub-bacias, cumprindo destacar as elevações de Mãe Luíza, parte de Areia Preta e Praia do Meio.

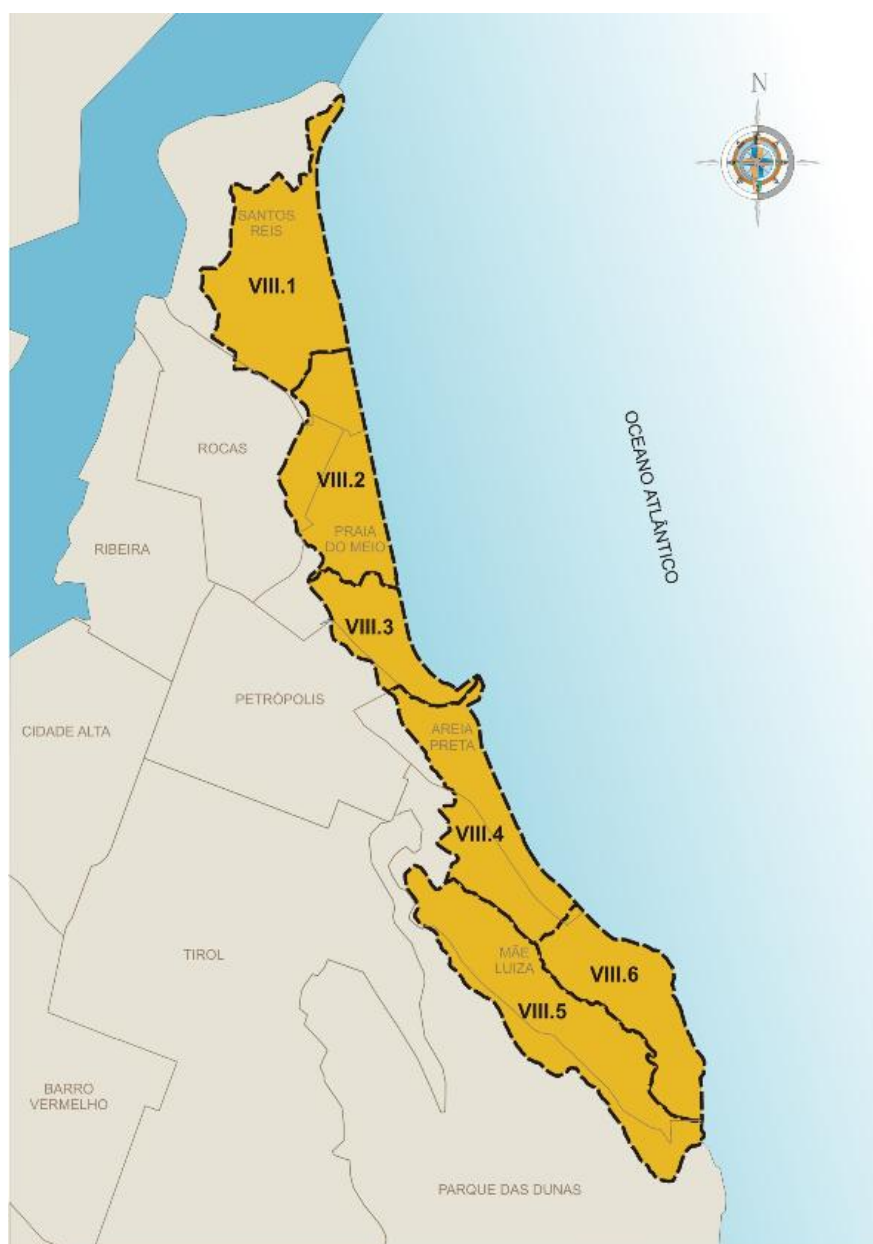


Figura II.9 - Delimitação da Bacia VIII. Fonte: START, 2009.

Bacia IX

Localizada na Zona Leste de Natal, com exceção de pequeno trecho na Zona Sul, a Bacia Hidrográfica IX tem área de 876 ha. Compreende parte dos bairros de Petrópolis, Cidade Alta, Alecrim, a quase a totalidade de Lagoa Seca, os bairros Barro Vermelho e Tirol, além de avançar por pequeno trecho de Lagoa Nova e Nova Descoberta. Ao nordeste, margeia o Rio Potengi e a oeste faz limite com o Parque das Dunas por grande extensão (Figura II.10).

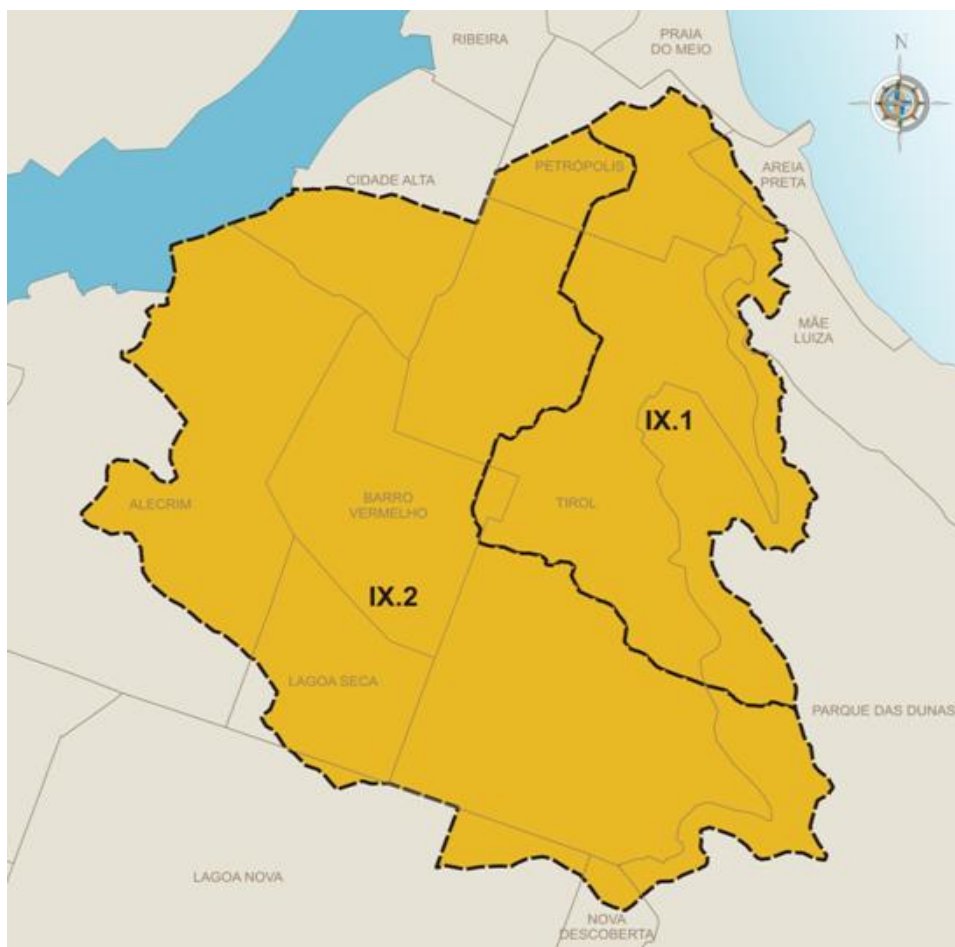


Figura II.10 - Mapa com delimitação da Bacia IX. Fonte: START, 2009

Apresenta duas sub-bacias e duas lagoas na sub-bacia IX.2, na região limítrofe à IX.1, no bairro de Tirol – a Lagoa Manuel Felipe, inserida no Parque da Criança e a Lagoa das Dunas, localizada na zona limítrofe com o Parque das Dunas, próximo à Av. Bernardo Vieira. Além das galerias em ambas as sub-bacias, na IX.2 há o Canal do

Baldo, que serve de sangradouro, por canalização em direção ao Rio Potengi para a Lagoa Manuel Felipe. Há também um canal que atravessa o Barro Vermelho de norte a sul, até ligar-se ao Canal do Baldo (Figura II.11) e um canal no bairro das Quintas, desaguando no sentido leste-oeste no Rio Potengi.

A sub-bacia 1 abrange parte dos bairros de Tirol e Petrópolis, tendo uso eminentemente residencial. Essa sub-bacia é extremamente adensada, em virtude de ser uma área já bastante verticalizada, com exceção da uma área militar, em que a ocupação do solo é mais rarefeita. Nesse recorte hidrográfico, a malha é predominantemente ortogonal.



Figura II.11 - Canal do Baldo. Fonte: START, 2007.

Já na área ocupada pela sub-bacia 2, que abrange parte de Tirol, Petrópolis, Cidade Alta, Alecrim, todo o Barro Vermelho e a quase a totalidade de Lagoa Seca, observa-se uma variedade no tipo de adensamento urbano, com tipologias, em sua grande maioria residenciais, co-existindo casas térreas, pequenos prédios e torres mais altas. Quanto à malha urbana, esta também se apresenta bastante diversificada, com traçado em xadrez nos bairros Petrópolis, Tirol e Lagoa Seca, tornando-se menos regulares no Alecrim, Barro Vermelho e Cidade Alta.

Na bacia IX não há grandes vazios urbanos ou relevantes alterações no relevo, sendo a maior parte de seu solo recoberto por asfalto ou pavimentação poliédrica. Nessa área estão instaladas instituições urbanas importantes, como o Hospital Walfredo Gurgel, a sede do Corpo de Bombeiros e o Centro Federal de Educação Tecnológica, bem como diversas clínicas e outros hospitais e um grande shopping.

Bacia X

Com aproximadamente 300 ha, essa bacia localiza-se nas Zonas Leste e Oeste, abrangendo os bairros Quintas, parte dos bairros Nordeste e Alecrim, além de pequeno trecho do bairro Dix-Sept Rosado (Figura II.12)

A sub-bacia 1 é formada por cerca de metade do bairro do Alecrim e pequeno trecho do Dix-Sept Rosado, estando nelas instaladas galerias e canais de drenagem em direção ao Rio Potengi. Existem alguns riachos perenes no bairro das Quintas que correm em direção ao Rio Potengi, porém não há lagoas naturais ou artificiais. Na sub-bacia X.2, englobando as Quintas e parte dos bairros Nordeste e Dix-Sept Rosado, está presente a Zona de Proteção Ambiental 8 – Estuário do Rio Potengi, no bairro Nordeste, onde existe uma pequena lagoa natural. Não há lagoas nessa bacia. A bacia X é limítrofe com as margens do Rio Potengi, conferindo-lhe uma fragilidade ambiental maior do que bacias que não estão diretamente ligadas a ele.

Percebe-se que a ocupação da área em que está localizada a bacia se deu de forma espontânea na área do bairro Alecrim, sendo regular na parte do Bairro Nordeste. Há um grande adensamento em toda a área da bacia, havendo poucos vazios urbanos, apenas na sub-bacia 2, no bairro Nordeste. Contudo, a verticalização ainda não é alta nesse recorte hidrográfico, sendo mais comum a presença de casas térreas, com emprego de técnicas e materiais construtivos convencionais. O uso residencial é preponderante. Há presença de assentamentos precários nessa bacia, como a Favela do Novo Horizonte/Japão. Não há alterações relevantes no relevo que interfiram substancialmente no processo de drenagem.

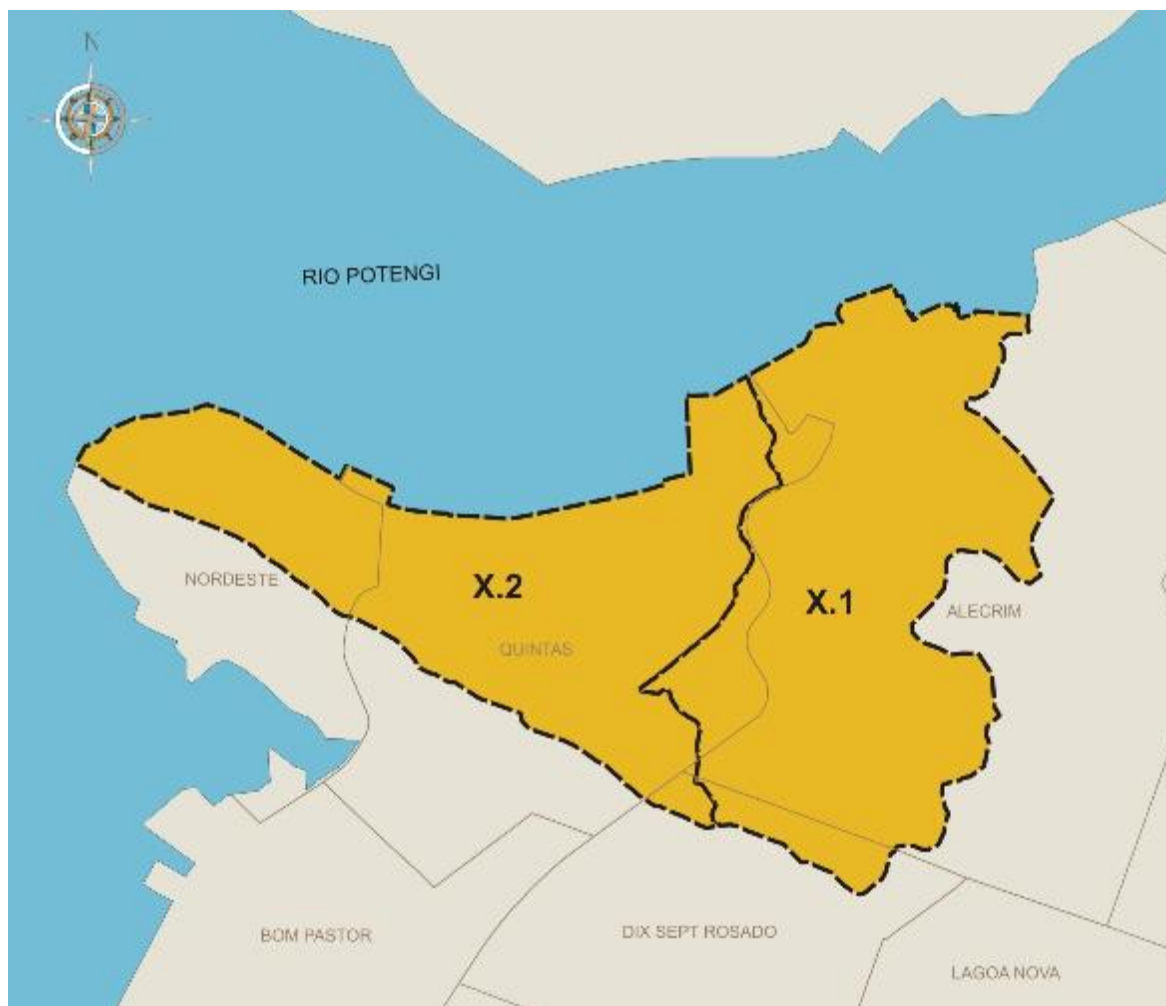


Figura II.12 - Delimitação da Bacia X. Fonte: START, 2009.

Bacia XI

Essa bacia (Figura II.13) com 1.129 ha abrange, além do Parque das Dunas em sua totalidade, parte dos bairros Nova Descoberta, Lagoa Nova, Capim Macio e Candelária, todos inseridos na Zona Sul da capital. Por contemplar a área do Parque das Dunas, essa bacia é extremamente relevante para a cidade do Natal, do ponto de vista da preservação ambiental e dos seus recursos hídricos.

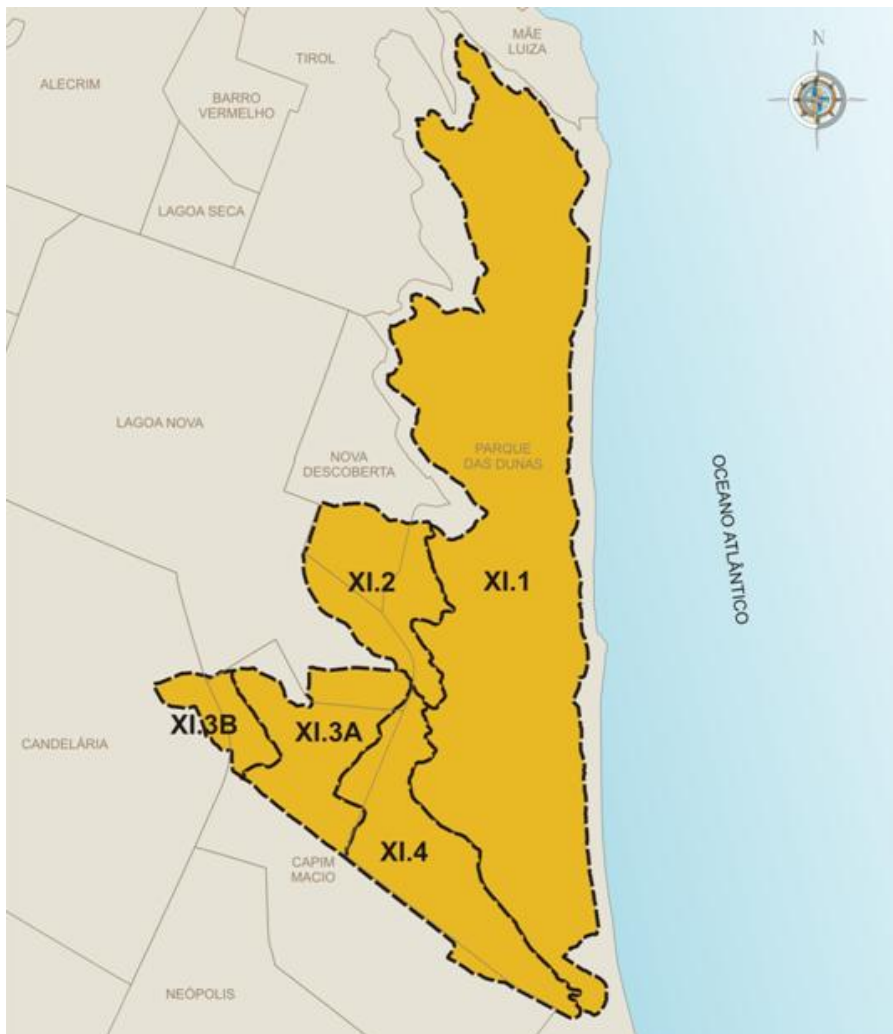


Figura II.13 - Delimitação da Bacia XI. Fonte: START, 2009.

Nessa bacia estão inseridas 5 lagoas: do Natal Shopping e de Mirassol (XI.3B) e as Cidade Jardim 1, 2 e 3 (XI.3A). Apresenta 4 sub-bacias, sendo a XI.3 sub-dividida em sub-bacia XI.3A e

XI.3B. A Sub-Bacia 1 é a maior de todas, representando aproximadamente 70% da bacia XI, correspondendo à quase totalidade do Parque das Dunas. Já a sub-bacia XI.2 engloba parte dos bairros de Nova Descoberta e Lagoa Nova, além de pequeno trecho do Parque das Dunas. A sub-bacia XI.3A é formada por parte dos bairros Nova Descoberta e Capim Macio, enquanto a sub-bacia XI.3B, a menor dessa bacia, é composta por porções de Candelária e Capim Macio.

Quanto à densidade, há um grande espaço não edificado, formado pela Zona de Preservação Ambiental ZPA – Parque Estadual Dunas de Natal e área de tabuleiro litorâneo adjacente ao Parque (Figura II.14). A bacia, na porção correspondente a sub-bacia XI.2 (parcela de Nova Descoberta), tem uma ocupação mais rarefeita, em razão de na área ser instalada a Universidade Federal do Rio Grande do Norte. O adensamento se intensifica acentuadamente nas sub-bacias XI.3A e XI.3B, onde se observa a existência de conjuntos habitacionais com traçado regular. A Sub-Bacia XI.4, que ao sul margeia a Avenida Engenheiro Roberto Freire, possui ocupação praticamente nula.



Figura II.14 - Vista aérea de Natal, destacando o Parque das Dunas.
Fonte: www.imageshack.us, 2009.

No que tange ao relevo, nas sub-bacias XI.1 e XI.4, este revela-se mais alto, sobretudo na área do Parque das Dunas, sendo o solo natural predominante. Já nas sub-bacias XI.2 e XI.3, a cota é baixa, sendo essas áreas mais vulneráveis à acumulação das águas pluviais, o que causa transtornos, uma vez que são áreas mais adensadas, com a maior parte do solo impermeabilizado por construções e pavimentação asfáltica ou poliédrica.

Bacia XII

A Bacia XII (Figura II.15) é a maior existente nas zonas estudadas, compreendendo 1.276 ha e abrangendo parte dos bairros das Quintas, Nordeste, Dix-Sept Rosado, Nossa Senhora de Nazaré, Lagoa Nova, Nova Descoberta e Candelária, além de pequenos trechos do Parque das Dunas e dos bairros de Bom Pastor, Lagoa Seca, Alecrim, Capim Macio e Cidade da Esperança. Essa seção hidrográfica relaciona-se com duas importantes áreas ambientais do município: o Rio Potengi e o Parque das Dunas, além de apresentar sete lagoas e um riacho.

Possui 05 sub-bacias, divididos da seguinte forma: Sub-bacia XII.1 é formada por partes do bairro das Quintas, Nordeste e Lagoa Nova, com pequenos trechos do Alecrim e de Lagoa Seca. Nessa sub-bacia, há o riacho das Quintas, com cerca de 600m de extensão, que drena parte das águas pluviais captadas pelas galerias, desaguardando no Rio Potengi, além da Lagoa do Bum Bum, situada no bairro do Alecrim. A sub-bacia XII.2 compreende a quase totalidade do bairro Nossa Senhora de Nazaré e porções de Dix-Sept Rosado e Lagoa Nova, além de um reduzido trecho do bairro Cidade da Esperança. Nela verifica-se a presença de galerias e da lagoa artificial de São Conrado. Na parte leste da bacia, a Sub-bacia XII.3 é formada quase que exclusivamente pelo Bairro Nova Descoberta e por pequena porção do Parque das Dunas. Além de galerias, a Lagoa dos Potiguares integra esse recorte hidrográfico. Esta sub-bacia é majoritariamente composta por parte de Lagoa Nova, acrescida de um trecho de Nova Descoberta, apresentando diversas galerias e a Lagoa do Preá mais ao sul da sub-bacia. Por fim, a Sub-bacia XII.5, em sua maior parte formado pelo bairro de Lagoa Nova, compreende ainda porções de Candelária e Capim Macio, apresentando quatro lagoas: Lagoas do Centro Administrativo 01, 02 e 03 e Lagoa do CEI. Há um sistema de galerias integrado com as lagoas do centro administrativo.

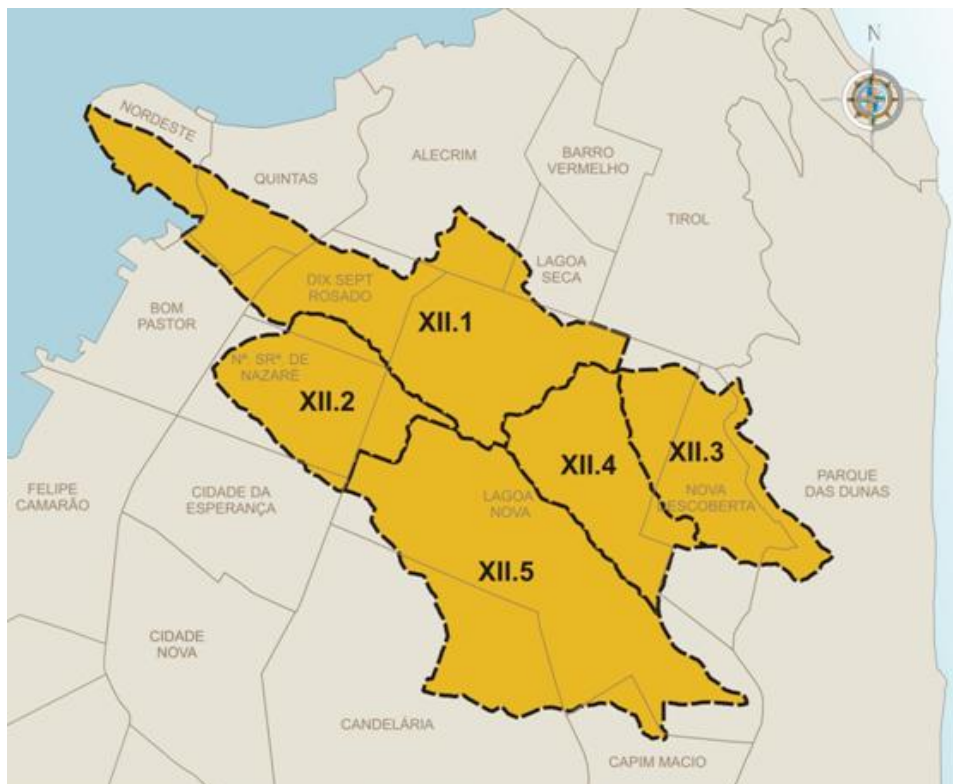


Figura II.15 - Delimitação da Bacia XII. Fonte: START, 2009.

Nessa bacia há assentamentos subnormais nas sub-bacias 1, 3 e 4, localizadas nos bairros das Quintas, Dix-Sept Rosado, Nordeste, Lagoa Nova e Nova Descoberta. Parte da bacia está inserida na Zona de Proteção Ambiental 8 – Estuário do Rio Potengi, no bairro Nordeste.

O uso da área da bacia XII é predominantemente residencial, abarcando edificações em diferentes condições e com condições sócio-econômicas heterogêneas. O traçado é predominantemente regular, do tipo xadrez, com a presença de algumas quadras de grandes dimensões onde funcionam equipamentos urbanos como o Centro de Abastecimento – CEASA, o Centro Administrativo, o Hospital do Câncer, parte da Universidade Federal do Rio Grande do Norte, o Estádio Municipal e o Ginásio Municipal de Esportes. Há poucos espaços com solo natural, havendo predominantemente o solo impermeabilizado, contudo, parte do terreno do Centro Administrativo e da UFRN funcionam como áreas de absorção das águas pluviais em função dos seus espaços livres.

Bacia XIII

Sendo a menor das bacias, esse recorte hidrográfico possui 116 ha de dimensão, distribuídos ao longo do sentido norte-sul, fazendo fronteira, ao oeste com o Parque das Dunas e ao leste com as praias da Via Costeira, não havendo sub-bacias ou lagoas (Figura II.16). Pela divisão administrativa da cidade, essa bacia não está inserida em nenhuma zona nem abrange nenhum bairro. Há galerias implementadas em diversos pontos, localizados ao longo de sua extensão longitudinal. Está diretamente ligada à Zona de Preservação Ambiental do Parque das Dunas e próxima ao assentamento precário do Bairro Mãe Luíza.

Não se pode falar de traçado do espaço urbano ou de tipologias construtivas, uma vez que a ocupação urbana é feita por hotéis de padrão de luxo e pelo Centro de Convenções de Natal, de forma bastante rarefeita (Figura II.17). Há extensas áreas com solo natural, sendo a porção impermeabilizada a que corresponde à Via Costeira. O relevo apresenta declive acentuado em direção às praias, o que associado à alta porcentagem de solo natural, propicia facilidade na infiltração das águas pluviais.

“Nossa missão é servir com excelência, ética e eficiência, contando com servidores competentes e valorizados, primando todos pelo respeito ao cidadão e ao meio ambiente, contribuindo para fazer de Natal uma cidade cada vez mais humana, socialmente mais justa, solidária e sustentável, com a melhor qualidade de vida para toda a população”.



Figura II.16 - Delimitação da Bacia XIII.
Fonte: START, 2009



Figura II.17 - Vista aérea da Via Costeira.
Fonte: www.photobucket.com, 2009.

Bacia XIV

Integralmente localizada na Zona Oeste, essa bacia, com 712 ha compreende os bairros quase integralmente os bairros de Bom Pastor e Felipe Camarão, bem como trechos de Dix-Sept Rosado, Nordeste, Nossa Senhora de Nazaré, Guarapes e Cidade Nova (Figura II.18). Apresenta duas sub-bacias: a sub-bacia XIV.1, que abarca quase todo o Bom Pastor e pequenas porções dos bairros Nordeste, Dix-Sept Rosado, Nossa Senhora de Nazaré e Felipe Camarão. Já a sub-bacia XIV.2, mais ao sul, é formada por grande parte de Felipe Camarão, trechos dos Guarapes e Cidade Nova. Não há lagoas nessa bacia e verifica-se a existência de galerias fazendo o escoamento para o Rio Potengi, que margeia a bacia ao oeste, ao longo dos bairros Felipe Camarão e Bom Pastor.

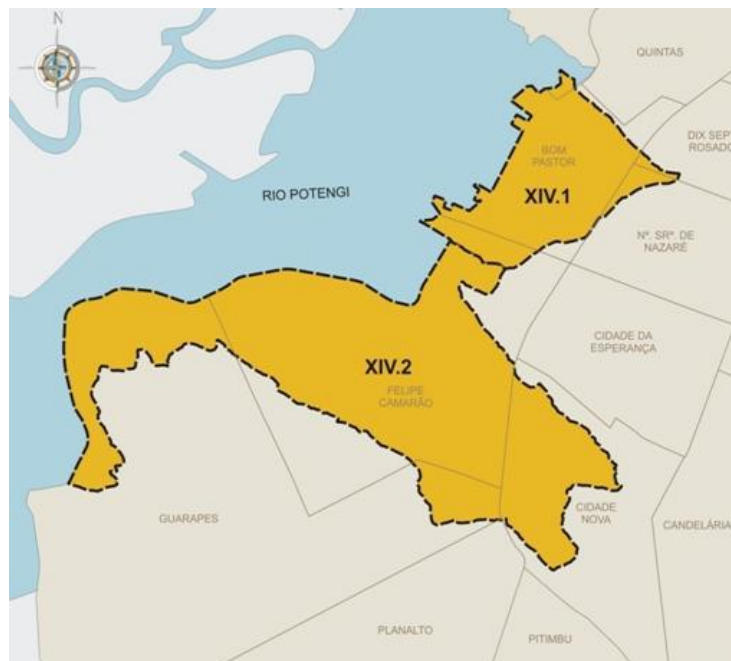


Figura II.18 - Mapa com delimitação da Bacia XIV.
Fonte: START, 2009.

Nessa bacia, há uma grande área ocupada pela Zona de Preservação Ambiental 8 – Estuário do Rio Potengi, sendo a que tem o maior número de ocupações com habitações precárias distribuídas nas duas sub-bacias nos bairros das Quintas, Nordeste, Bom Pastor, Felipe Camarão e Cidade Nova. Não há lagoas de drenagem naturais ou artificiais, existindo poucas galerias na sub-bacia XIV.1 e em maior quantidade na sub-bacia XIV.2.

O uso é geralmente residencial, sendo a tipologia edilícia de materiais e técnicas tradicionais. Quanto à ocupação do solo, a área é relativamente muito adensada, pois apesar dos espaços urbanos estarem quase completamente construídos, as edificações são térreas em sua maioria, distribuída em quadros de formato retangular, distribuídas de maneira regular nas duas sub-bacias. Esse adensamento vai diminuindo no trecho da sub-bacia XIV.2 que vai se aproximando do bairro Guarapes, sendo bastante rarefeita a ocupação da parte que está totalmente inserida nesse bairro em razão da existência de dunas. O relevo é predominantemente plano, com baixas cotas de nível, com exceção de parte dos bairros Felipe Camarão e Guarapes, em que há elevações dunares.

Bacia XV

Com 431 ha, a Bacia XV (Figura II.19) é integrada por quase todo o bairro Cidade da Esperança, parte de Felipe Camarão, Cidade Nova e Candelária, além de pequenos trechos de Lagoa Nova, Nossa Senhora de Nazaré e Bom Pastor, estando portanto, distribuída nas zonas administrativas Oeste e Sul. Não possui sub-bacias e apresenta quatro lagoas: da Esperança e do Horto em Cidade da Esperança; Lagoa da Nova Cidade em Cidade Nova; e a Lagoa da Petrobrás na Candelária. Integrando o sistema de drenagem, há galerias que realizam o escoamento da área para todas as lagoas existentes nessa bacia.

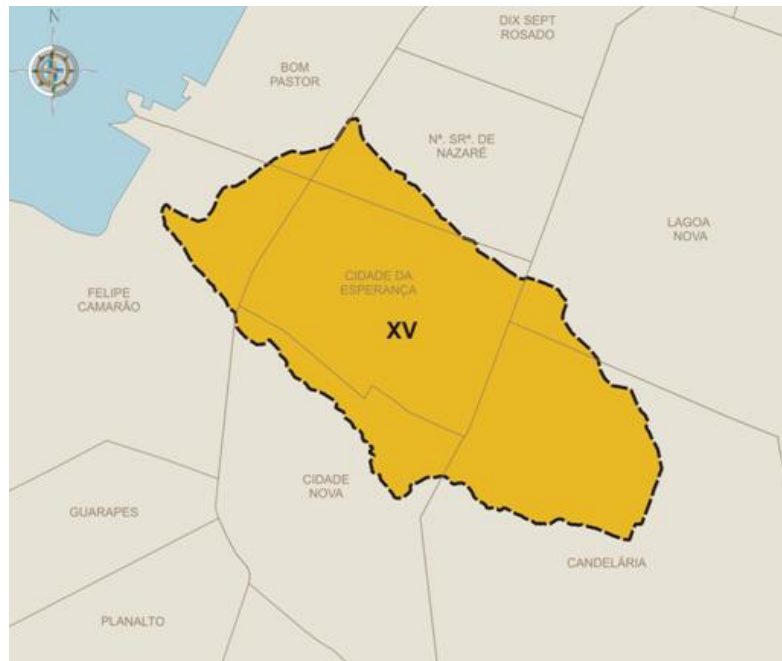


Figura II.19 - Delimitação da Bacia XV.
Fonte: START, 2009.

Com relação à ocupação urbana, a área ainda não é muito adensada, com padrão tipológico de casas térreas residenciais, existindo muitos condomínios horizontais, de alto padrão. Contudo, observa-se que a densidade tende a aumentar devido ao início do processo de verticalização no sítio, com construção de prédios residenciais destinados à classe média-alta. A malha urbana é bastante regular em Cidade Nova, tornando-se mais heterogênea nas bordas dessa bacia hidrográfica.

Há dois assentamentos precários, um no bairro Nossa Senhora de Nazaré e outro em Cidade Nova. Na região estão inseridas porções da Zona de Proteção Ambiental 1 - Campo Dunar do Pitimbu, Candelária e Cidade Nova.

Há grandes equipamentos urbanos na Bacia XV, como a sede da Petrobrás e o Terminal Rodoviário de Natal. Esses espaços, junto com os vazios urbanos, as áreas dunares na periferia da bacia e os condomínios horizontais, que regulam de forma mais rígida as taxas de ocupação do solo, fazem com que essa bacia tenha um nível de permeabilidade das águas pluviais satisfatório, apesar de ainda assim existirem problemas de inundação.

Bacia XVI

Abrangendo os bairros de Felipe Camarão, Guarapes, Planalto e Pitimbu, essa bacia está localizada nas zonas leste e sul da cidade, ocupando uma área de 712 ha. Esse recorte hidrográfico é limítrofe com os municípios de Macaíba, ao oeste e sul, e Parnamirim, ao sul e leste, sendo lindeiro ao Rio Pitimbu (Figura II.20).

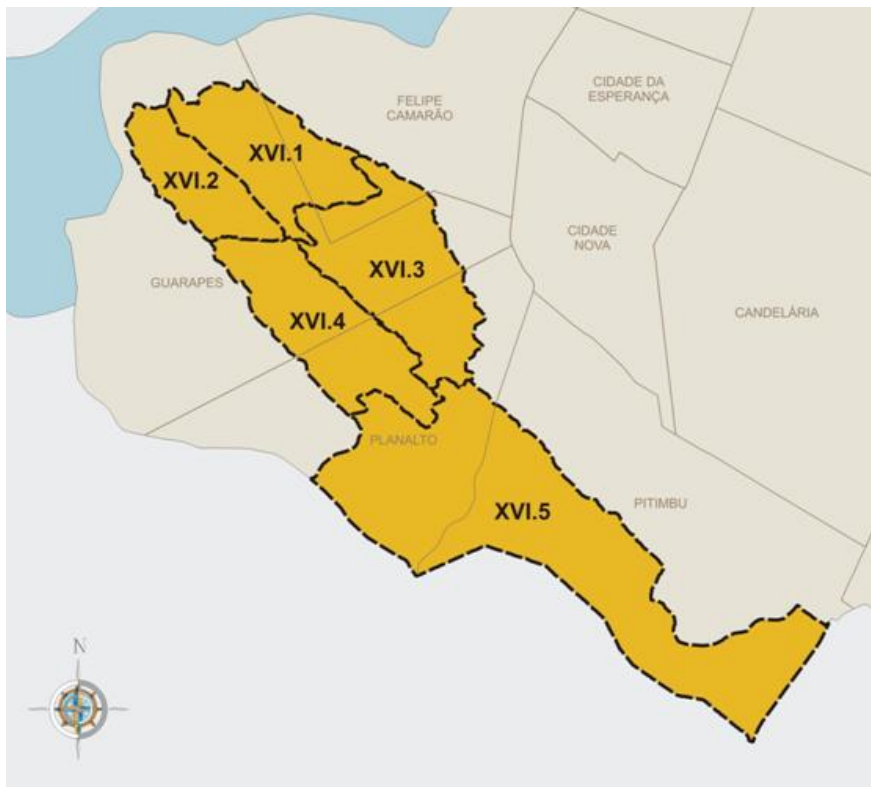


Figura II.20 - Mapa com delimitação da Bacia XVI.
Fonte: START, 2009.

Apresenta seis sub-bacias e duas lagoas, Planalto 1 (sub-bacia XVI.3) e dos Caiapós (sub-bacia XVI.5), estando prevista a Lagoa do Planalto 2 na sub-bacia XVI.4, que ainda não foi executada. Não há galeria nas sub-bacias XVI.1 e XVI.2; existem poucas galerias que são ligadas à Lagoa Planalto 1 e ao sítio onde deverá ser implementada a Lagoa do Planalto 2. Há ainda um sistema de galerias e canal que faz o escoamento da sub-bacia XVI.5 para o Rio Pitimbu.

A sub-bacia XVI.1 é formada por parte dos bairros Guarapes e Felipe Camarão e a sub-bacia XVI.2 está completamente inserida no Guarapes. Estas sub-bacias tem ocupação bastante rarefeita, em grande parte pela presença de dunas. Nas sub-bacias XVI.3, inserida no Guarapes, e a XVI.4, nos bairros Guarapes e Felipe Camarão, o adensamento se intensifica, mas ainda se verifica que a maior parte do sítio permanece desocupada. A sub-bacia XVI.5, que está localizada nos bairros Planalto e

Pitimbu, é a que apresenta maior adensamento, em um traçado bastante regular, porém são perceptíveis grandes vazios urbanos.

Nesta bacia há duas Zonas de Proteção Ambiental: ZP3 – Área entre o Rio Pitimbu e Avenida dos Caiapós; e ZP4 – Campo Dunar do Guarapes. Possui pontos de assentamentos precários.

O uso do solo predominante é o residencial. Quanto à impermeabilização do solo, essa bacia tem um dos menores índices de ocupação. Considerando as taxas de drenagem e pavimentação da SEMURB (2007) e as áreas da bacia correspondentes a cada bairro, o percentual de solo natural fica em torno de 50%. No que tange ao relevo, observa-se que o relevo nessa área é marcado pela presença de formações dunares.

Bacia XVII

Inserida em sua maior parte na Zona Sul, com pequeno trecho na Zona Oeste, a Bacia XVII possui 1.1482 ha. É formada por Candelária e Pitimbu, com trechos nos bairros Cidade Nova, Planalto e pequena porção de Capim Macio. Apresenta treze lagoas e seis sub-bacias, sendo a sub-bacia XVII.4 sub-dividida em A, B, C e D (Figura II.21).

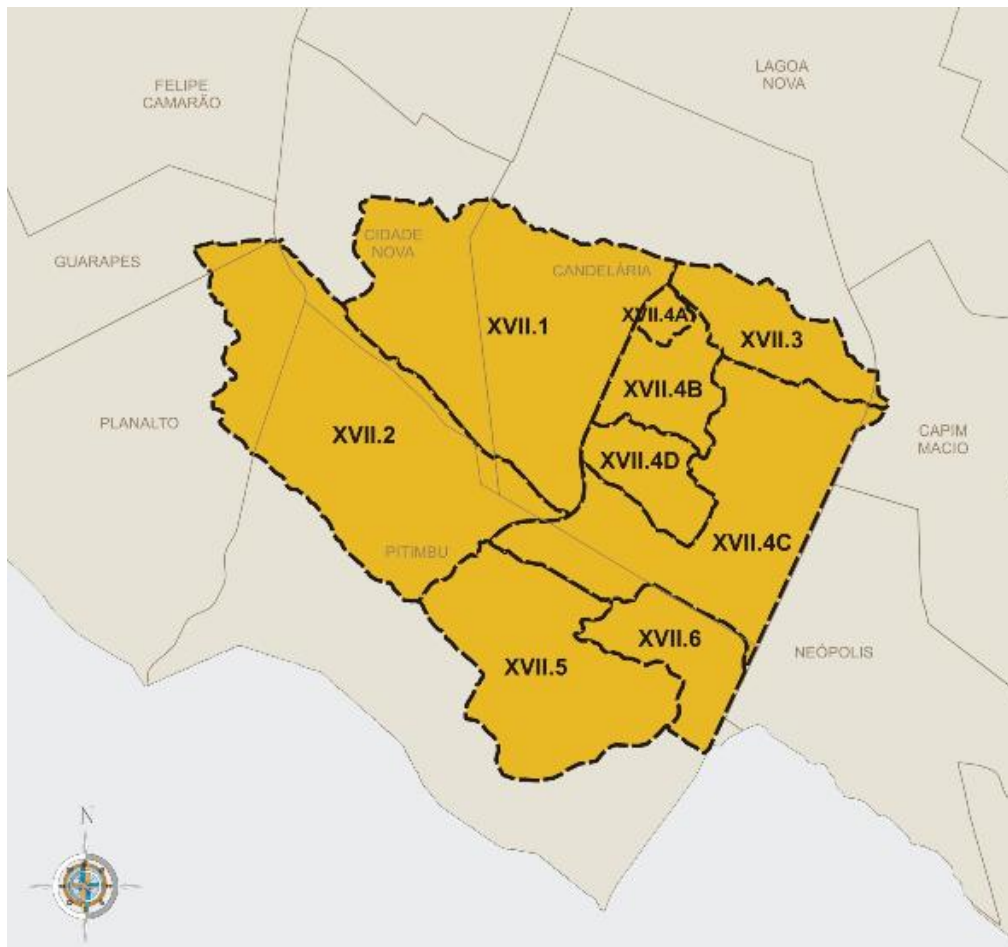


Figura II.21 - Delimitação da Bacia XVII.
Fonte: START, 2009.

A sub-bacia XVII.1 está inserida nos bairros Cidade Nova e Candelária, não apresentando lagoas ou canais, apenas um pequeno trecho de galerias de drenagem. A sub-bacia XVII.2, contida nos bairros Planalto e Pitimbu possui a Lagoa dos Xavantes, não tendo sido implementado nenhum equipamento de escoamento de águas pluviais. Já na sub-bacia XVII.3, na Candelária, tem-se a Lagoa do Bairro Latino e algumas galerias. A sub-bacia XVII.4, incluída quase completamente na Candelária e pequena porção em Capim Macio e Pitimbu, apresenta o maior número de lagoas, sejam elas naturais ou artificiais: San Vale R.D.01, San Vale R.D.02A, San Vale R.D.02B, San Vale R.D.03, San Vale R.D.04 e da Integração. Estão previstas para essa área diversas galerias que irão integrar essas lagoas em um sistema de

drenagem. As sub-bacias XVII.5 e XVII.6, inteiramente incluídas no bairro Pitimbu, possuem respectivamente, San Vale R.D.06, e Lagoa do San Vale R.D.05 e uma lagoa natural. Na sub-bacia XVII.6 está também prevista a implantação de galerias para o sistema de drenagem.

Na bacia existe a Zona de Proteção Ambiental 01 do Campo Dunar do Pitimbu, Candelária e Cidade Nova. Há um assentamento considerado precário nessa área, o Viaduto, de pequenas dimensões.

O uso é eminentemente residencial, em sua maioria de casas térreas, porém a verticalização, principalmente na Candelária, vem se intensificando nos últimos anos. Há uma mescla de tipologias edilícias que vão da mais simples, até construções mais contemporâneas. O adensamento é heterogêneo, sendo do tipo regular, com traçado em xadrez, no bairro Pitimbu (sub-bacias XVII.2, XVII.5 e XVII.6), porém existindo também vazios urbanos; sendo mais diversificado e irregular na parte da bacia inserida no bairro de Candelária. Ressalte-se que neste bairro, a área correspondente à sub-bacia XVII.1 apresenta ocupação praticamente nula, em virtude dessa área coincidir com a ZPA-01, formada por dunas.

Quanto ao relevo, este mostra-se bastante acidentado, principalmente na área da bacia compreendida no bairro da Candelária. A existência de grandes espaços vazios nessa bacia faz com que o índice de impermeabilização do solo seja relativamente baixo nesse sítio.

Bacia XVIII

Situada na Zona Oeste da capital, essa bacia possui uma extensão pequena, de 397 ha, distribuída nos bairros Guarapes e Planalto. Esse recorte hidrográfico é limítrofe com o município de Macaíba, nos sentidos oeste e sul. Não possui lagoas nem sub-bacias, e sim um brejo formado pelo Rio Potengi, pra onde escoam as águas pluviais de galerias implantadas. Há previsão da construção de galerias e de canais nessa bacia. O relevo é marcado por formações dunares, que constituem parte da Zona de Proteção Ambiental 04, do Campo Dunar do Guarapes (Figura II.22).



Figura II.22 - Delimitação da Bacia XVIII.
Fonte: START, 2009.

O uso residencial é predominantemente de baixa renda, havendo um assentamento precário no sítio. Essa condição faz com que as tipologias construtivas sejam bastante simples, algumas vezes sendo edificações bastante frágeis, em virtude da precariedade do material e das técnicas empregadas.

São áreas pouco adensadas, em virtude da sua localização na periferia da cidade e por serem áreas ambientalmente sensíveis, dado a presença de dunas. Assim, possui o menor índice de impermeabilização dentre as bacias.

A parte ocupada, na porção noroeste da bacia, mescla uma malha regular com um traçado decorrente de ocupação espontânea.

Bacia XIX

Com área de 1.034 ha, localizada na Zona Sul da cidade, esse recorte hidrográfico distribui-se nos bairros Neópolis, Capim Macio e Ponta Negra. Limita-se ao sul com Parnamirim. Apresenta cinco sub-bacias e doze lagoas (Figura II.23).

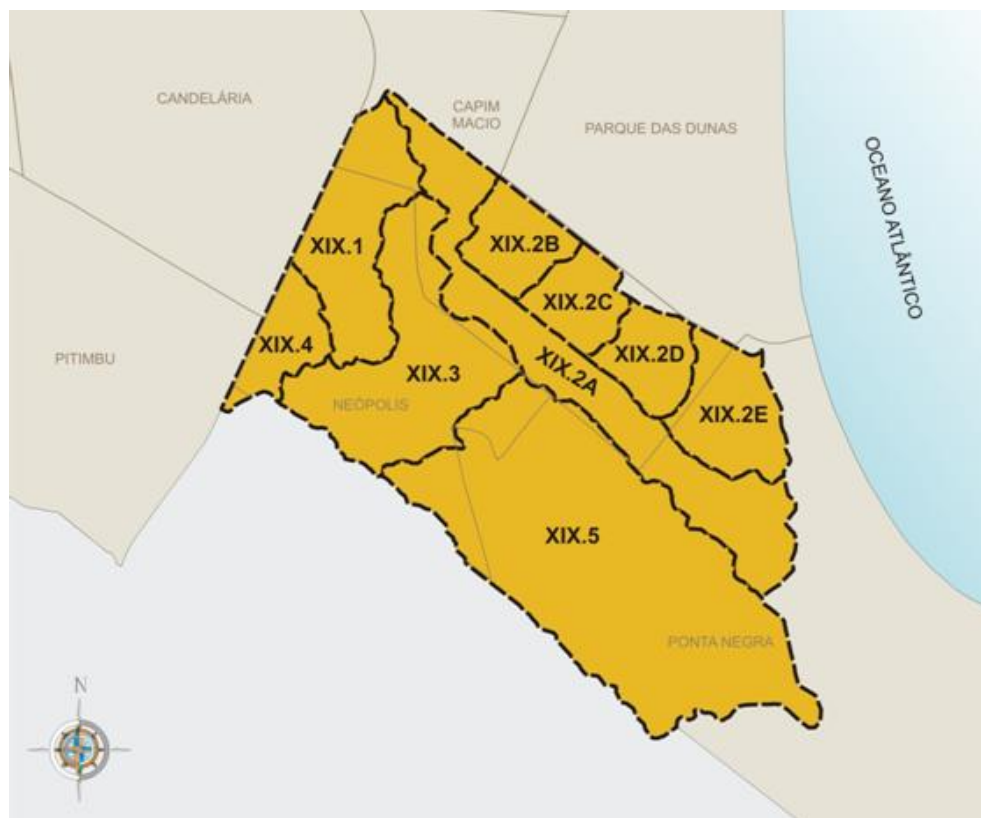


Figura II.23 - Delimitação da Bacia XIX.
Fonte: START, 2009.

A sub-bacia XIX.1 engloba parte dos os bairros de Capim Macio e de Neópolis, contendo a Lagoa do Makro, com galerias ligadas a ela. A área é bastante ocupada, havendo vazios urbanos, principalmente na área próxima à Lagoa.

A sub-bacia XIX.2 encontra-se sub-dividida nas sub-bacias XIX.2 A, B, C, D e E, nelas inseridas as lagoas de Capim Macio R.D.01, Capim Macio R.D.02, Lagoa do Marina R.D.03, Lagoa do Marina R.D.04, Lagoa da Avenida Genipabu e Lagoa do C.T.G. Em todas elas, e muitas vezes entre as lagoas, há galerias estabelecendo um sistema de drenagem.

Ocupando parte dos bairros de Capim Macio, Neópolis e trecho bastante reduzido de Ponta Negra, a SB XIX.3 caracteriza-se pela presença das lagoas São Miguel dos Caribes/Pirangi e Ayrton Senna. Na sub-bacia XIX.4, inserida no bairro Neópolis, verifica-se a existência da Lagoa do Society.

A sub-bacia XIX.5, a maior dessa bacia, está incluída predominantemente no bairro de Ponta Negra, com uma parte em Neópolis, apresentando as lagoas da Cohab e de Lagoinha. Nela está inserida a Zona de Proteção Ambiental 05 – Associação de dunas e lagoas do bairro Ponta Negra (Região de Lagoinha). É também nessa sub-bacia que há o único assentamento precário da bacia, no entorno da Lagoa de Lagoinha.

Com exceção das SB XIX.3 e XIX.4, há previsão de implementação de galerias e canais em todas as sub-bacias, com especial incremento do sistema de drenagem na sub-bacia XIX.2.

A ocupação da área da bacia é em sua maioria regular, em função do processo de urbanização ter sido feito por meio de conjuntos habitacionais de casas e prédios residenciais, geralmente destinados à classe média. Cumpre destacar que a verticalização da área vem aumentando intensamente nos últimos anos, o que promoverá um maior adensamento no sítio. Pode-se considerar que a taxa de drenagem/impermeabilização, segundo dados da SEMURB (2007), oscila em torno de 75% da região, exceto em relação à sub-bacia XIX.5. Esta sub-bacia apresenta uma ocupação extremamente rarefeita, em função da existência da ZPA-05, em que o relevo é marcado pelas dunas existentes no entorno de Lagoinha.

Bacia XX

Possuindo 938 ha e englobando parcela do bairro Ponta Negra, completamente inserida na Zona Sul de Natal, a Bacia XX (Figura II.24) limita-se ao sul com o município de Parnamirim. Divide-se em cinco sub-bacias e apresenta três lagoas: Lagoa de Alagamar (sub-bacia XX.2), Lagoa da Vila de Ponta Negra (sub-bacia XX.4) e Lagoa da Aeronáutica (sub-bacia XX.5). É lindeiro ao Parque das Dunas e seu limite no sentido norte é a Praia de Ponta Negra, para onde escoam as águas pluviais de

algumas de suas galerias. Além do sistema de galerias existentes, estão previstos outras galerias para a integralização do sistemas de microdrenagem.

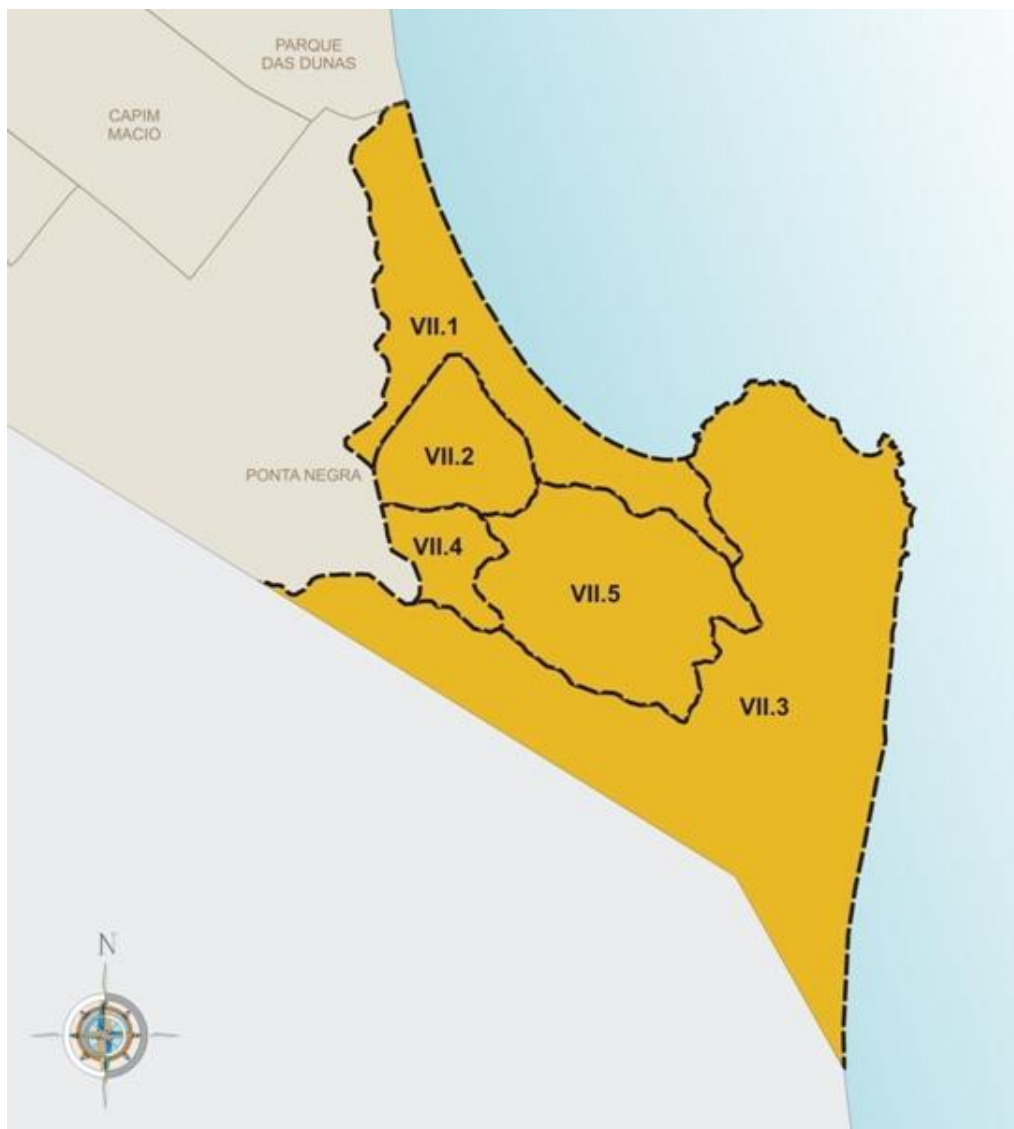


Figura II.24 - Delimitação da Bacia XX.
Fonte: START, 2009.

A bacia têm dois assentamentos sub-normais: o Alagamar, no entorno da Lagoa de mesmo nome, na sub-bacia XX.2; e o Pião, na sub-bacia XX.5. Quanto às áreas de preservação ambiental, há a ZPA-06 – Morro do Careca e dunas associadas na sub-bacia XX.3, que faz limite com Parnamirim.

Com relação à ocupação urbana na área, esta só não ocorre na sub-bacia XX.5, onde há a Zona de Preservação Ambiental 06. As tipologias vão desde pequenas casas com emprego de técnicas e materiais convencionais até altos edifícios residenciais e *apart-hotéis* de arquitetura contemporânea. O adensamento vem se intensificando a cada dia, principalmente em razão da verticalização. Nessa bacia, o relevo é bastante acidentado, o que, associado à impermeabilização do solo, propicia o escoamento das águas pluviais para as lagoas existentes. Na área, a maioria das vias é calçada por paralelepípedos ou asfaltada.

III. BASES CONCEITUAIS DA DRENAGEM URBANA

III.1 Sistemas de Drenagem: Micro e Macrodrenagem

Um sistema de drenagem urbana é formado pelo conjunto de obras e dispositivos cujo objetivo é compensar o aumento dos deflúvios produzidos pela ocupação, promovendo uma convivência harmônica com os períodos de chuvas intensas na cidade. Nesse sentido, o sistema de drenagem pode ser classificado em função da magnitude das vazões e da sua localização na bacia de drenagem.

O sistema de *microdrenagem* é formado pelos condutos pluviais situados próximos da fonte ou na rede primária do loteamento. Tem a função de transferir os deflúvios desde as fontes de escoamento (lotes, parques, estacionamentos) até o seu lançamento no sistema de *macrodrenagem*. Um sistema desse tipo deve promover a drenagem das águas associadas às precipitações mais freqüentes com período de retorno variando entre dois e cinco anos. A metodologia de dimensionamento usada no projeto desse sistema é, em geral, baseada no Método Racional e envolve hipóteses que limitam sua aplicação a áreas de drenagem inferiores a 1,0 km².

O sistema de *macrodrenagem*, por sua vez, é formado pelos elementos receptores dos deflúvios oriundos da rede de *microdrenagem*. A metodologia utilizada no dimensionamento dos condutos envolve o uso de modelos hidrológicos com a obtenção do hidrograma de cheia. Em geral, o sistema de *macrodrenagem* é formado

pela rede de drenagem natural já existente na bacia, formada por corpos receptores com grande capacidade de escoamento e armazenamento tais como rios, córregos, lagoas. A capacidade desses corpos receptores é afetada pelo processo de ocupação da bacia. A ocupação desordenada produz aumento das vazões e volumes dos deflúvios a valores que superam a capacidade natural do rio, produzindo as inundações.

III.2 Elementos de Projeto

A elaboração de um projeto de microdrenagem requer o levantamento de um conjunto de dados e informações sobre o sistema de drenagem natural existente. Os principais dados e informações necessárias são os seguintes:

Plantas

- Planta de localização da bacia dentro do município;
- Planta da bacia nas escalas 1: 5.000 ou 1: 10.000;
- Altimetria da bacia na escala 1: 1.000 ou 1: 2.000, constando as cotas dos pontos de cruzamento de ruas e outros pontos notáveis. As curvas de nível devem ser eqüidistantes de 1,00 m permitindo a identificação dos divisores das diversas sub-bacias do sistema. Se faz obrigatório o levantamento topográfico de precisão com o nivelamento do eixo dos logradouros com a determinação das cotas de cruzamento de ruas e avenidas, seções transversais com determinação das cotas de meio fio, sarjetas e edificações, bem como levantamento cadastral de postes, árvores e alinhamento da testadas dos lotes e edificações.

Cadastro

Deve-se dispor de um cadastro das redes publicas de água, eletricidade, telefonia, gás e rede de coleta de esgotos existentes na área de projeto. No projeto executivo são necessárias plantas que identifiquem e localizem com precisão as estruturas que possam interferir no traçado da rede de galerias.

Urbanização

A urbanização da bacia deve ser contemplada com as seguintes informações, nos cenários atual e futuro previsto no Plano Diretor:

- Tipo de ocupação das áreas que compõem a bacia de drenagem;
- Porcentagem de ocupação dos lotes;
- Ocupação do solo nas áreas não urbanizadas da bacia nos cenários atual e futuro;
- Identificação de áreas com potencial de uso no controle do escoamento através de estruturas de retenção ou infiltração.
- Perfil geológico com teste de infiltração das áreas com potencial de uso no controle do escoamento através de estruturas de retenção ou infiltração.

Corpo D'água Receptor

As vazões drenadas pelo sistema de drenagem podem ser lançadas em corpos d'água receptores ou no oceano. Assim, é necessário reunir informação dos níveis d'água máximos do corpo d'água receptor objeto do lançamento final, juntamente com o levantamento topográfico do local.

Concepção do Sistema de Microdrenagem

O traçado da rede de galerias deve ser lançado em planta baixa na escala 1: 1.000 ou 1: 2.000, sempre que possível, obedecendo as condições naturais de escoamento. O desenvolvimento simultâneo do projeto urbanístico da área evitará certas imposições ao sistema de drenagem. A rede de galerias deve ser lançada buscando uma homogeneidade em toda a área da bacia. A seguir, são apresentadas algumas observações importantes:

- Os divisores de bacia e as áreas das sub-bacias em cada trecho devem ser identificados em planta;
- No dimensionamento da tubulação deve ser identificado em planta as áreas de contribuição para cada trecho de galerias através do sistema de captação;

- Sempre que possível deve ser evitado a transposição de divisores de águas para evitar as grandes profundidades das galerias;
- Os trechos de escoamento exclusivo pela sarjeta devem ser identificados;
- A rede pode ser lançada sob a calçada ou no eixo da via pública;
- A rede coletora recebe ligações de bocas-de-lobo situadas nos dois lados das calçadas;
- No traçado da rede, deve-se buscar, sempre que possível, a solução mais viável do ponto de vista econômico.
- Devem ser previstos dispositivos de dissipação do escoamento nos locais de lançamento no corpo d'água receptor;
- Sempre que viável incluir estruturas de retenção do escoamento no interior dos loteamentos, devidamente integradas à paisagem, podendo ser na forma de reservatórios abertos ou enterrados;
- Deve ser prevista a área máxima impermeável permitida em cada lote do parcelamento e nas áreas comuns.

Componentes do Sistema de Microdrenagem

Os elementos componentes da rede de galerias devem ser projetados adequadamente obedecendo a critérios hidráulicos e hidrológicos, de modo a possibilitar a condução da água pluvial com eficácia e economia. Os elementos que compõem a rede são os seguintes:

Bocas-de-lobo: São dispositivos situados em pontos convenientes do sistema viário, nas sarjetas, cuja função é promover a captação da água pluvial, evitando assim pontos de inundação;

Tubos de ligação: são canalizações cuja função é conduzir a água pluvial até a galeria ou poço de visita;

Meio-fio: elementos de pedra ou concreto, assentados paralelamente ao eixo da via e com sua face superior alinhada e nivelada com a calçada;

Sarjeta: canal situado lateralmente à via pública, próximos ao meio-fio e cuja função é receber e conduzir os deflúvios provenientes do pavimento;

Sarjetão: calha situada em pontos de cruzamento de via pública cuja função é orientar o fluxo pelas sarjetas;

Poço de visita: dispositivo cuja função é possibilitar mudanças de direção, diâmetro e de declividade da galeria. Além disso, permite a realização de inspeção e limpeza das canalizações;

Rede de galerias: canalização de geometria circular cuja função é conduzir os deflúvios provenientes das bocas-de-lobo. Os diâmetros comerciais normalmente usados são (em m): 0,40; 0,60; 0,80; 1,00; 1,20 e 1,50. As galerias devem ser projetadas trecho a trecho com funcionamento a seção plena e vazão de projeto. Devem ser usados os critérios da velocidade máxima na rede. Para tubos em concreto, as velocidades mínima e máxima são 0,75 m/s e 5,0 m/s, respectivamente. Deve ser adotado um recobrimento mínimo igual a 0,60 m para tubulações sem estrutura especial. Caso seja necessário utilizar recobrimentos menores, as tubulações devem ser projetadas no nível estrutural. As mudanças de diâmetro no interior do poço de visita devem obedecer ao seguinte critério: a geratriz superior do conduto de ordem (i+1) deve estar alinhada com a do conduto de ordem (i), como indicado na Figura III.1.

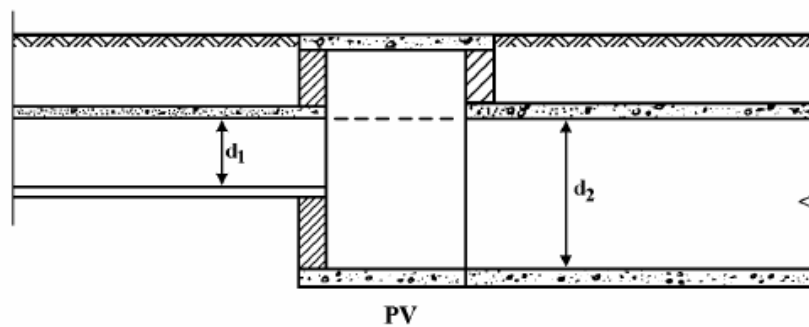


Figura III.1. Alinhamento dos condutos pluviais.

Caracterização plani-altimétrica da rede: o projeto da rede deve compatibilizar a distribuição espacialmente homogênea dos deflúvios com as características físicas da bacia. Com base nos dados topográficos existentes e critérios hidráulicos e hidrológicos, o traçado preliminar da rede deve considerar diferentes alternativas possíveis. O traçado definitivo deverá obedecer a critérios econômicos e de drenagem do sistema. Caso esse trabalho não seja desenvolvido simultaneamente com o plano

urbanístico da área, o sistema de drenagem ficará sujeito às restrições locais, podendo levar ao aumento nos custos de implantação e manutenção.

Rede coletora: a rede coletora de águas pluviais deve ser locada sob o eixo da via pública, conforme apresentado na Figura III.2, podendo em alguns casos ser locada sob a calçada. Além disso, deve-se considerar em seu traçado os tubos de ligação provenientes das bocas-de-lobo (Figura III.2).

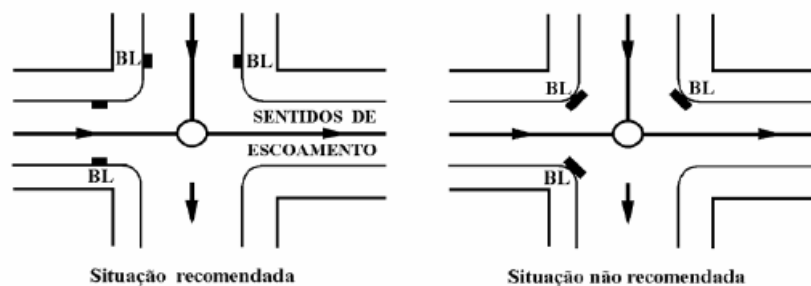


Figura III.2. Rede coletora no eixo da via pública.

Bocas-de-lobo: Na locação desses dispositivos devem ser consideradas as seguintes recomendações:

- A locação das bocas-de-lobo obedecerá ao critério de saturação da sarjeta definida pela capacidade de descarga máxima admissível;
- As bocas-de-lobo poderão ser locadas em pontos intermediários (em ambos os lados da via) ou nos pontos baixos do loteamento;
- No cálculo da capacidade hidráulica da sarjeta, será considerada uma altura de 0,15 m para o meio-fio. O nível máximo de inundação na via será obtido obedecendo a critérios de classificação da via quanto a faixas de tráfego livres de inundação;
- A localização das bocas-de-lobo deve considerar a necessidade de promover a segurança dos pedestres ao cruzarem uma rua, sendo locadas a montante da faixa de pedestres.

Poços de visita e de queda: O poço de visita cumpre uma função hidráulica importante, além de permitir o acesso às canalizações para limpeza e manutenção.

Vale ressaltar a sua importância nas ações de limpeza e desobstrução da galeria, situação bastante comum nos sistemas de drenagem e que comprometem o seu funcionamento hidráulico. É constituído de uma câmara em alvenaria de tijolo e concreto e uma tampa de acesso nivelada com o pavimento. O espaçamento recomendado para os poços de visita é de 50 m. Nas situações de vias com altas declividades, pode ser necessária a utilização do poço de queda. Nele, a diferença de nível entre o tubo afluente e o efluente é maior que 0,70 m.

Caixa de ligação: dispositivo fechado, usado na ligação das bocas-de-lobo intermediárias com a rede coletora. Podem ser usadas também para evitar a chegada no poço de visita de mais de quatro tubulações.

III.3 Riscos e Incertezas

A concepção do sistema de drenagem normalmente envolve a realização de estudos destinados à obtenção de informação básica necessária ao dimensionamento das estruturas de drenagem. Esses estudos envolvem fatores climáticos e hidrológicos da bacia de projeto. Nos estudos de precipitação, é efetuada uma análise estatística envolvendo os dados da série histórica dos eventos máximos do local ao longo de vários anos. A função de frequência obtida permite, assim, associar a intensidade máxima da precipitação à probabilidade de que ela venha a ser igualada ou superada. O tempo de retorno (TR) é um parâmetro estatístico que estima a frequência média, em anos, de ocorrência de uma chuva com magnitude esperada. O tempo de retorno de 5 anos significa que em média, o evento de cheia pode repetir-se a cada 5 anos, ou que em cada ano a cheia tem 25% de chance de ocorrer.

Por outro lado, o projeto de drenagem envolve certa probabilidade ou risco de falha do sistema, produzindo inundações e prejuízos delas decorrentes. A probabilidade de falha do sistema pode ser estimada com base nos investimentos envolvidos e na segurança quanto às inundações. Assim, o período de retorno adotado reflete o grau de vulnerabilidade da obra de drenagem às inundações. Os períodos de retorno recomendados para obras de drenagem estão apresentados na Tabela III.1.

Vale destacar que o risco adotado está associado à precipitação e não necessariamente à vazão, uma vez que esta reflete os fatores associados à bacia hidrográfica.

De um modo geral, o período de retorno aceitável contempla um risco considerado satisfatório para uma convivência harmoniosa com as inundações, sem prejuízos frequentes à sociedade. Adicionalmente, caso o projeto envolva altos riscos sócio-econômicos, tais como interferência no tráfego ou em obras de infra-estrutura (hospitais, subestações elétricas, abastecimentos d'água, o projetista deverá adotar o valor do limite superior na referida Tabela. No zoneamento de áreas sujeitas a inundações periódicas deverá ser estabelecido um programa de defesa civil e alerta, com a retirada da população atingida do local. Vale citar que, mesmo utilizando técnicas estatísticas no tratamento dos dados, os resultados obtidos pressupõem um certo grau de incerteza. A incerteza pode ser entendida como a diferença entre as estatísticas da amostra e da população do conjunto de dados. Ela é fruto dos erros associados à coleta de dados, estimativa de parâmetros, caracterização do sistema, simplificações do modelo utilizado e do processamento dessas informações.

Tabela III.1 - Períodos de retorno recomendados para obras de drenagem.

SISTEMA	TIPO DE OCUPAÇÃO	TR (anos)	TR
			Usual (anos)
Microdrenagem	Residencial		2
	Comercial	2 - 5	5
	Áreas de prédios públicos	2 - 5	5
	Aeroporto	5 - 10	10
	Áreas comerciais e avenidas	5 - 10	10
		10 - 25	
Macro-drenagem	Zoneamento de áreas ribeirinhas	10 - 100	5

IV - PRECIPITAÇÕES E DEFLÚVIOS SUPERFICIAIS

IV.1 - Chuvas Intensas.

As precipitações pluviais que ocorrem na região metropolitana de Natal, RN, têm origem em sistemas hidrometeorológicos bem conhecidos, sendo os principais denominados Zona de Convergência Intertropical (ZCIT) ou descolamento para o Nordeste do equador térmico e Zona de Convergência do Atlântico Sul (ZCAS) (Cadier, 1994). Também exercem influência marcante os fenômenos El Niño (seca) e La Niña (chuva) associados às temperaturas do Oceano Pacífico e as Ondas de Leste associadas às temperaturas do Oceano Atlântico.

Essa origem climatológica associada a efeitos locais de ilhas de calor e alternância de variações de temperatura entre as águas do mar e do continente faz com que grande parte das precipitações ocorra no período noturno, em geral, com durações relativamente prolongadas. Freqüentemente, chuvas com altos índices pluviométricos são observadas, tanto em altura precipitada quanto na intensidade da precipitação.

As chuvas de longa duração correspondem a eventos de grande magnitude, agindo sobre grandes áreas, muitas vezes atingindo toda a região urbana de Natal. Outras vezes, são observadas chuvas locais ao longo do dia, provocadas pela ascensão de massas úmidas de ar, causando chuvas intensas de curta duração e localizadas.

A cidade de Natal possui quatro estações pluviométricas, como mostra a Tabela IV.1, cujos períodos de observação são bastante variáveis. A localização destes postos é apresentada na Figura IV.1.

Os postos pluviométricos Henrique Castriciano, Parnamirim e Vila Naval (desativado) tem registros apenas diários de chuva. Já os postos da UFRN e da Barreira do Inferno possuem tanto pluviômetro quanto pluviógrafo, registrando, portanto, dados diários e dados horários de chuva em forma analógica (pluviogramas de papel).

Os pluviogramas são folhas de comprimento correspondente a 24h de observação e à altura de 10mm de precipitação, graduadas na horizontal em intervalos de 5 min e na vertical em 0,1mm.

Tabela IV.1- Postos Pluviométricos da Grande Natal

Posto	Latitude Sul	Longitude Oeste	Série Histórica	Responsável
Natal (Vila Naval)	5° 48' 00"	35° 13' 10"	1926-1977	EMPARN
Natal – UFRN	5° 50' 14"	35° 12' 28"	1984-2008	INMET
Natal – UFRN – LARHISA	5° 50' 33"	35° 11' 52"	2006-2008	LARHISA
Natal – Henrique Castriciano	5° 47' 38"	35° 11' 41"	1995-2008	EMPARN
Barreira do Inferno	5° 55' 32"	35° 09' 54"	1977-2008	CLBI
Base Física da EMPARN (Parnamirim)			1955-2008	EMPARN



Figura IV.1 – Localização das estações pluviométricas na região metropolitana de Natal.

Os dados do pluviógrafo analógico da UFRN são encaminhados mensalmente para o 3º Distrito Meteorológico do INMET, localizado em Recife-PE, mas o destino definitivo é o Arquivo Técnico em Brasília, onde são arquivados, sem que nenhum órgão tenha acesso, e sem cópias para o Estado. O acesso aos registros só pode ser feito na sede do Distrito, ou desde que o solicitante cubra os custos das cópias dos registros, que serão enviados por postagem normal dos Correios. É uma série de 24 anos, em pluviogramas não digitalizados, já que não há recursos financeiros e nem de pessoal para a digitalização dos pluviógrafos.

A EMPARN trabalha apenas com os dados coletados do pluviômetro da UFRN, arquivando os dados do pluviômetro da Estação Henrique Castriciano.

O posto pluviométrico do Laboratório de Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental da UFRN (LARHISA), instalado em 2006, registra eventos chuvosos a cada 5 minutos. Esses dados ficam armazenados em um “*datalogger*” conectado ao sensor;

posteriormente, são coletados através de um módulo de memória e transferidos para o banco de dados do LARHISA. Dessa forma, em planilha Excel, pode-se observar a hora de início e término do evento chuvoso; seu pico, ou seja, sua maior intensidade; o volume precipitado ao final de cada evento; a duração real da chuva. A análise de uma chuva que pode ser feita através da construção de vários gráficos. Infelizmente a série de chuvas ainda é curta com apenas três anos de dados.

A Figura IV.2 mostra um pluviógrafo analógico de bóia e, a Figura IV.3, um pluviômetro digital de cubas basculantes.

Atente-se, portanto, que não se trabalhava com dados de intensidade de chuva em Natal, mas, apenas, com dados diários, e os únicos registros que poderiam mostrar a distribuição temporal da chuva ao longo do dia, em pequenos intervalos de tempo, não está disponibilizado com a facilidade necessária.

Isto dificulta muito a estimativa da freqüência de ocorrência de eventos extremos na cidade, restando a utilização de estudos antigos como o das Chuvas Intensas no Brasil por Pfafstetter (1957), nos projetos de dimensionamento de infra-estruturas de drenagem.



Figura IV.2- Pluviógrafo analógico de bóia.



Figura IV.3- Pluviógrafo digital de cubas basculantes

IV.2 - Hietogramas de Chuvas Máximas.

Nos anos 50, a fórmula racional se consolidou no Brasil ($Q = C i A$, sendo Q a vazão de projeto no exutório de uma bacia de drenagem; C o coeficiente de escoamento, estimado a partir de valores recomendados em função da ocupação do solo; i a intensidade da precipitação de projeto com uma duração igual ao tempo de concentração). A utilização da fórmula racional necessitava, portanto, de curvas i - d - f (intensidade-duração-freqüência). Assim, Pfafstetter (1957), engenheiro do antigo DNOS, publicou o estudo *Chuvas Intensas no Brasil*, que estabeleceu relações empíricas de distribuição de freqüência para diversas durações em 98 postos pluviógrafos cobrindo todo território nacional.

A partir dos pluviogramas desses postos retiraram-se valores das precipitações nas durações de 5, 15 e 30 min, e 1, 2, 4, 8, 14, 24 e 48 horas.

Uma chuva foi considerada intensa se, para cada duração acima citada, ocorresse precipitação igual ou superior a 8, 15, 20, 25, 30, 35, 40, 47, 55 e 70 mm, respectivamente. Foram obtidos dados tanto de pluviógrafos quanto de pluviômetros, sendo este último usado para a elaboração das curvas de precipitação de durações de 1, 2, 3, 4 e 6 dias.

Para Natal, o posto observado tinha as seguintes coordenadas: 5° 46' de latitude e 35° 12' de longitude. O período de observação foi de 19 anos para o pluviógrafo e 27 anos para o pluviômetro.

As curvas i-d-f para a cidade de Natal podem ser consultadas nas páginas 187 a 190 dessa publicação de O. Pfafstetter. A representação analítica dessas variáveis é facilmente obtida pelos recursos computacionais hoje disponíveis e pode ser assim expressa, para a cidade de Natal:

$$P = T_r^{\left(\alpha + \frac{\beta}{t^{0,25}}\right)} [(0,7t + 23 \log(1 + 20t))] \quad (IV.1)$$

sendo: P a precipitação máxima, em mm; T_r o tempo de recorrência, em anos; t a duração da chuva, em horas; α , β parâmetros empíricos cujos valores dependem da duração da precipitação, Tabelas IV.2 e IV.3.

Tabela IV.2- Valores de α .

tempo	5min	15	30	1h	2h	4h	8h	14h	24h	48h	3d	4d	6d
α	0,11	0,12	0,13	0,15	0,16	0,17	0,18	0,17	0,17	0,16	0,16	0,15	0,15

Tabela IV.3- Valores de β

Posto	Duração			
	5 min	15 min	30 min	1 h a 6 d
Natal	-0,08	0,00	0,08	0,12

IV.3 - Chuvas Intensas em Natal

A seguir, são apresentadas algumas características obtidas da análise das chuvas intensas ocorridas na cidade de Natal-RN. Referem-se a durações menores do que um dia, a partir de dados obtidos de pluviogramas locais; são destacados os horários mais freqüentes de ocorrência dessas chuvas, as suas intensidades nos anos observados, a sua distribuição ao longo dos meses e a distribuição temporal dos picos de chuva. A

obtenção de tais relações permite a utilização de dados reais em projetos de drenagem da cidade de Natal, refletindo o verdadeiro regime das chuvas locais.

Foram utilizados os registros pluviográficos da estação meteorológica do Campus da UFRN, fornecidos pelo INMET. O período de dados utilizados foi de 2000 a 2004, visto que os registros dos anos anteriores a 2000 não estavam disponibilizados.

Destes gráficos, retirou-se o valor das precipitações nas partes mais intensas de cada chuva, nas durações de 5, 15 e 30 min, e 1, 2, 4 e 8 horas. Com a finalidade de estabelecer limites mínimos de chuva em função da duração, foram adotados os limites apresentados na metodologia de Pfafstetter, ou seja, uma chuva foi considerada intensa se, para cada duração citada acima, a precipitação observada fosse igual ou superior a: 8, 15, 20, 25, 30, 35 e 40 mm, respectivamente.

Os resultados obtidos mostraram que, no período de registros observados, 46% das chuvas consideradas intensas ocorreram de madrugada, totalizando 16 eventos chuvosos dos 35 selecionados (um evento extremo para cada uma das 7 durações citadas anteriormente, em cada ano observado), e 31% das chuvas intensas ocorreram à noite. Da análise mensal, verificou-se maior incidência dessas chuvas durante os meses de março (28%) e junho (22%), seguido de fevereiro (19%) e agosto (17%).

Usualmente emprega-se a seguinte fórmula geral para a estimativa das chuvas intensas:

$$i = \frac{K \cdot T^m}{(n + t_0)^n} \quad (IV.2)$$

sendo: i a intensidade máxima em mm/h; T o período de retorno em anos; t a duração da chuva em min ou horas; K , m , n e t_0 parâmetros característicos do local estudado, determinados a partir de análise estatística de relações de-regressão.

- **Chuvas intensas de curta duração**

Para a determinação da equação geral de chuva intensa de Natal foi aplicado um método de regressão múltipla aos valores das chuvas intensas com duração igual ou inferior a 2 (duas) horas, estimados pela fórmula de Otto Pfafstetter para a cidade do

Natal, chegando-se aos seguintes parâmetros da fórmula geral para a cidade de Natal:

$K = 502,47$; $m = 0,1431$; $n = 0,6060$; $t_0 = 10,8$ min.

Com esses valores, tem-se a equação geral de chuvas intensas de Natal para durações $t \leq 2,0$ horas:

$$i = \frac{502,47 T^{0,1431}}{(+ 10,8)^{0,606}} \quad (\text{IV.3})$$

- **Precipitações Máximas em Natal com Durações Maiores ou Iguais a 1 Dia.**

A partir da série de precipitações diárias em Natal, do período 1926 – 1977, compreendendo 52 anos de dados, foram selecionadas as precipitações máximas anuais com durações de 1, 2, 5, 10, 15, 20 e 30 dias, formando séries históricas para todas essas durações.

As séries históricas foram dispostas em ordem crescente, podendo-se, desta forma, estabelecer-se uma associação entre os eventos máximos observados e os períodos de retorno, para cada duração. Fazendo-se um ajuste de funções matemáticas, com o auxílio do método dos mínimos quadrados, chega-se à seguinte função para a precipitação máxima anual:

$$P = 57,479.t^{0,437} \left[+ 0,651.\ln T \right] \quad (\text{IV.4})$$

em que: P é a precipitação máxima anual em mm, t é duração, em dias, e T é o período de retorno, em anos.

A partir dessas equações de chuvas intensas pode-se construir hietogramas de precipitações máximas (distribuição temporal das precipitações) com o objetivo de se utilizarem chuvas críticas associadas a períodos de retorno. Um padrão de chuva crítica amplamente utilizado em projetos de drenagem urbana é obtido tomando-se todas as chuvas máximas com durações menores a uma duração especificada. Assim, por exemplo, uma chuva crítica de duração $t = 1$ h será construída de forma a conter as

chuvas críticas de durações menores, ou seja, as de duração de 45 min, 30 min, 15 min.

A seguir, são apresentados três grupos de hietogramas críticos para projetos e estudos hidrológicos para áreas urbanas de Natal: A. microdrenagem (de pequenas durações: $t < 200$ min); B. macrodrenagem ($t < 25$ horas) e C. macrodrenagem com bacias de infiltração ($t < 31$ dias). Os gráficos apresentados possibilitam extrair hietogramas ou chuvas críticas para durações quaisquer menores do que a duração máxima apresentada nesses gráficos.

Para exemplificar, a Figura IV.4 apresenta o hietograma crítico para $T = 2$ anos e duração máxima $t = 200$ min. A Figura IV.5 mostra que neste hietograma, o total precipitado é de 70,0 mm sendo a intensidade de pico igual a 14,5 mm com a localização adotada a 50 % da duração total da chuva. No presente caso, no intervalo de tempo entre 90-100 min.

Neste mesmo gráfico, pode-se extrair hietogramas críticos correspondentes a $T = 2$ anos e durações menores do que 200 min. Por exemplo, o hietograma de duração $t = 30$ min é composto pela chuva máxima e as duas adjacentes. Assim, as precipitações são as seguintes: $P(10)=P(30)= 7,3$ mm e $P(20)= 14,5$ mm.

Outro exemplo, tomando-se o gráfico apresentado na Figura IV.6, $T = 10$ anos e chuvas diárias, tem-se que o hietograma da chuva crítica de 5 dias é obtida a partir da chuva máxima que estando centrada em relação à duração da chuva, tem-se que $P(1)=P(5)=37$ mm; $P(2)=P(4)= 55$ mm; $P(3)= 178$ mm.

A. Chuvas de curta duração

As Figuras IV.4 a IV.9 fornecem os hietogramas e as precipitações acumuladas para durações de até 180 min e períodos de retorno de 2, 10 e 25 anos. Por construção, a chuva máxima de 180 min contém todas as chuvas máximas menores que 180 min e assim sucessivamente para uma chuva de duração t qualquer inferior a 180 min.

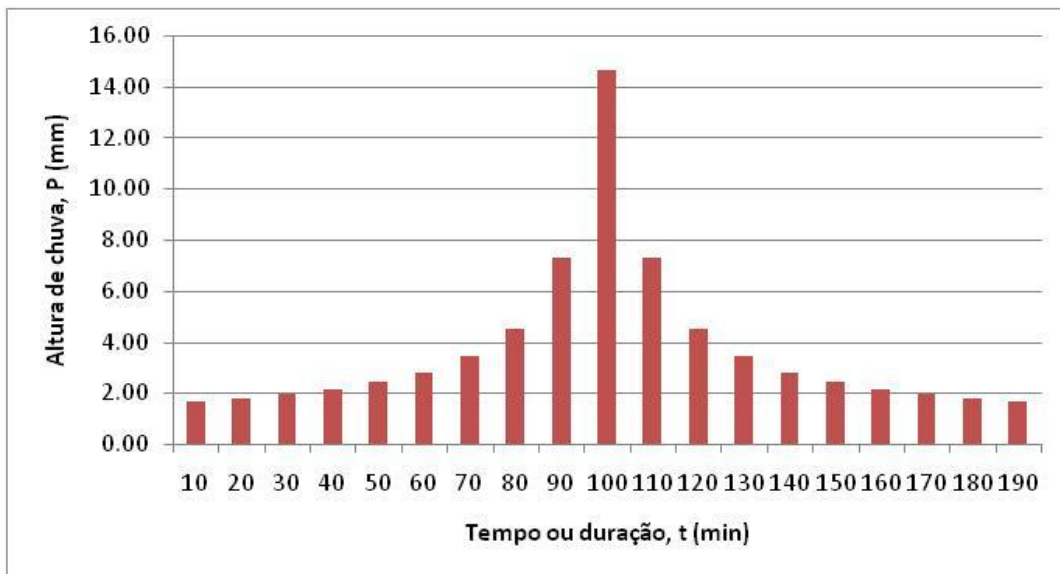


Figura IV.4 – Hietograma de máximos para T= 2 anos.

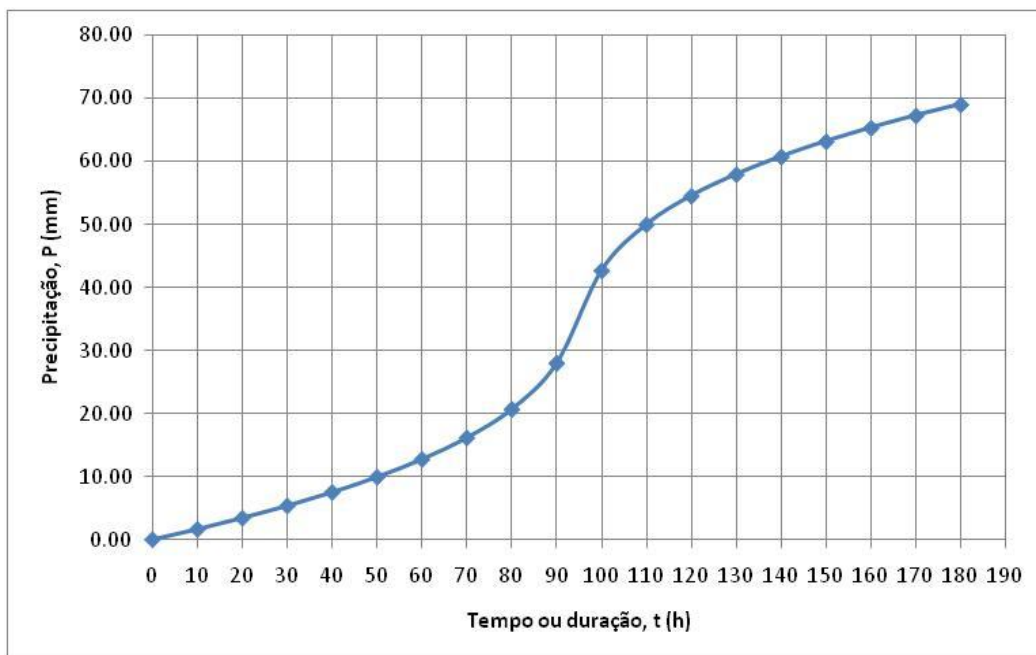


Figura IV.5 – Precipitações acumuladas ou total precipitado para T- 2 anos, P (mm)

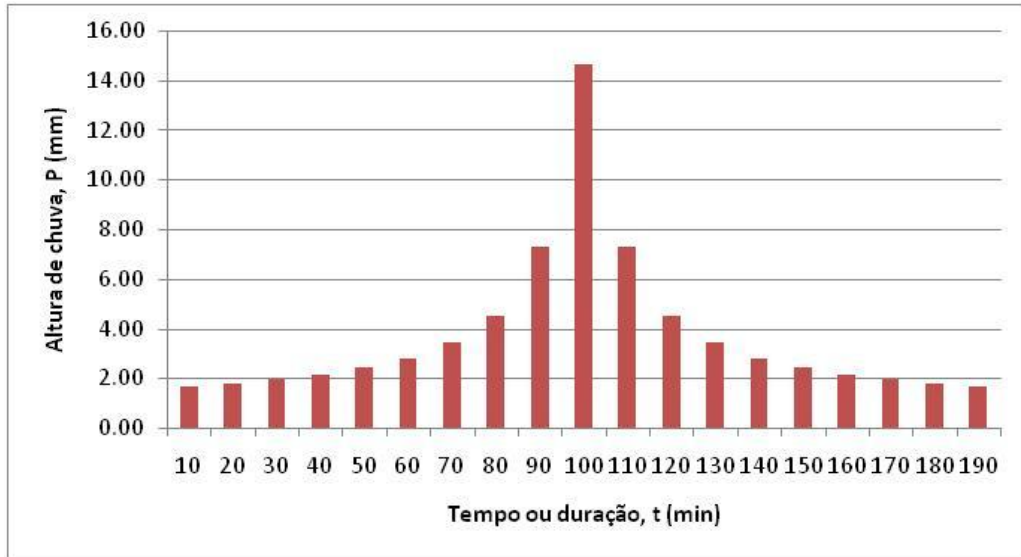


Figura IV.6 - Hietograma de máximos para T= 10 anos.

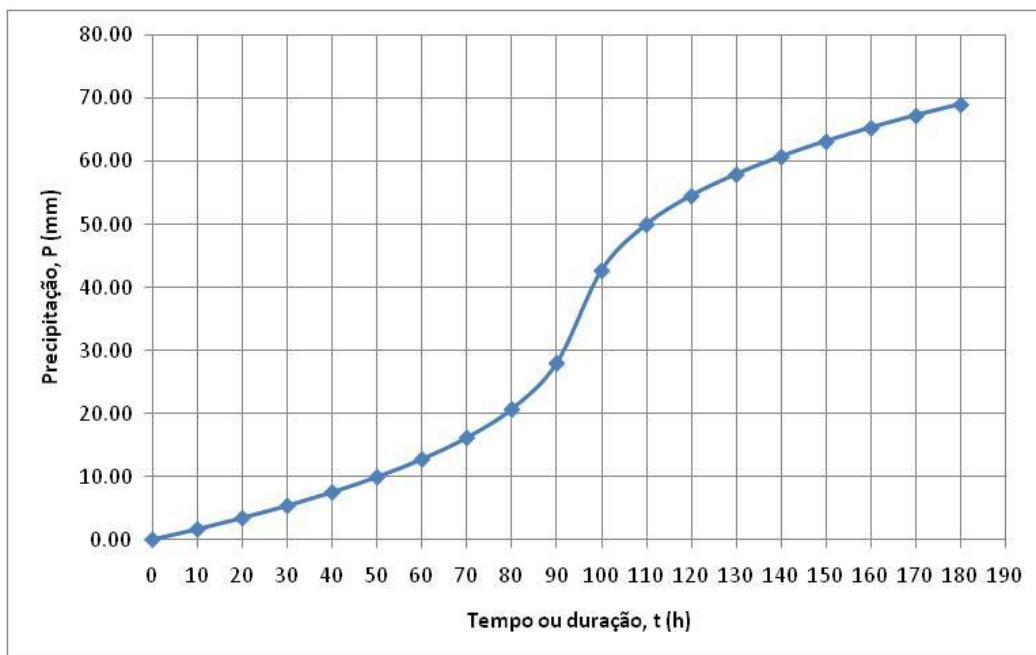


Figura IV.7 – Precipitações acumuladas ou total precipitado para T- 10 anos, P (mm)

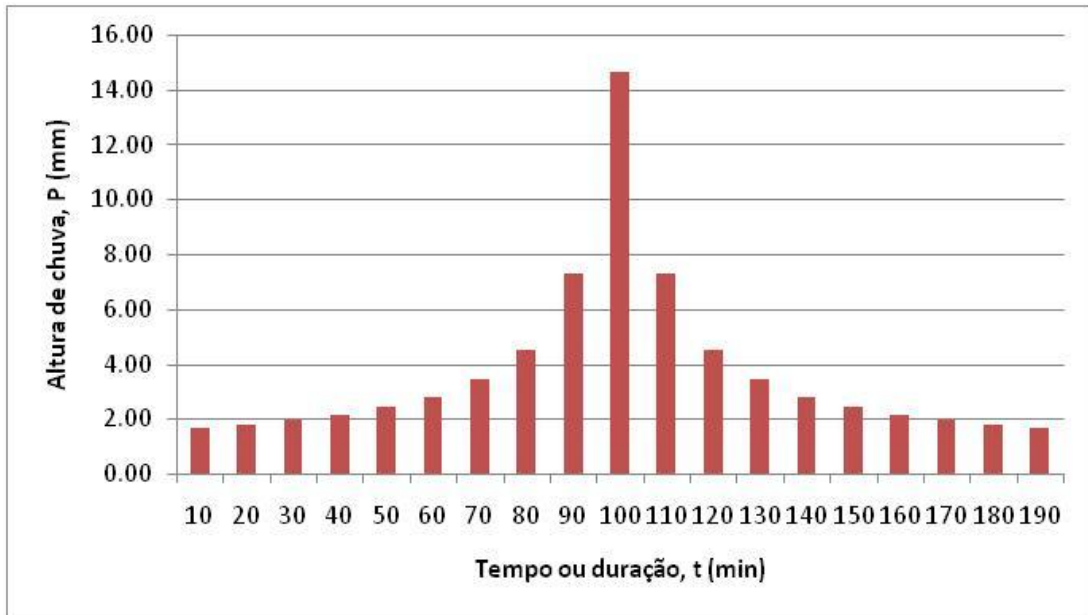


Figura IV.8- Hietograma de máximos para T= 25 anos.

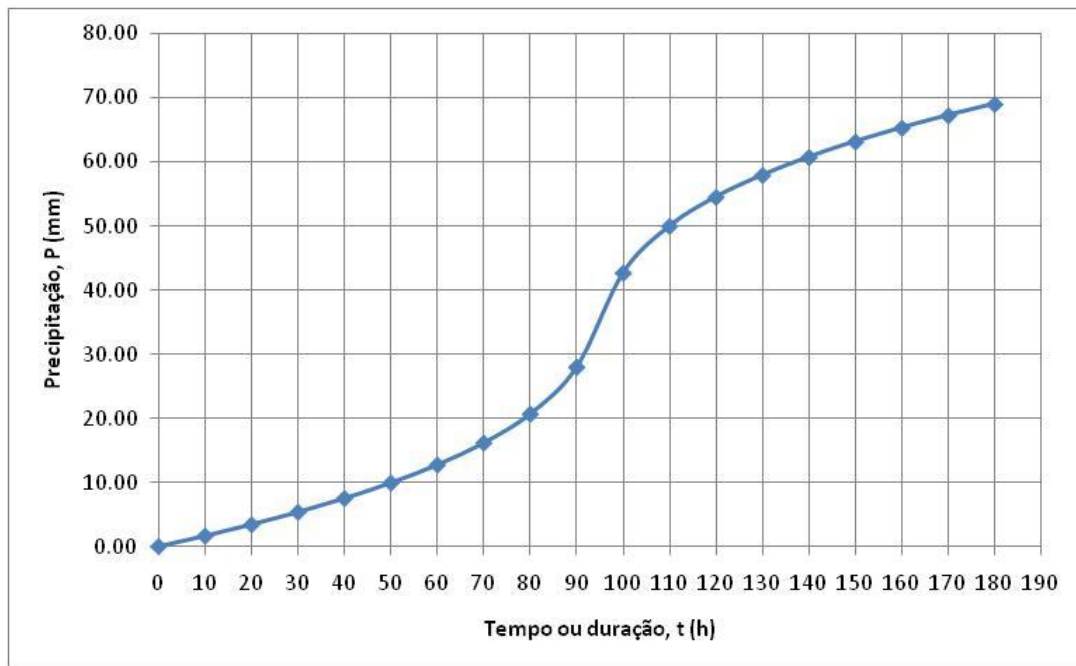


Figura IV.9 – Precipitações acumuladas ou total precipitado para T- 25 anos, P (mm)-

B. Chuvas críticas horárias ao longo de um dia

As Figuras IV.10 a IV.15 fornecem os hietogramas e as precipitações acumuladas para durações de até 24 horas e períodos de retorno de 2, 10 e 25 anos. Por construção, a chuva máxima de 24 horas contem todas as chuvas máximas menores que 24 h e assim, sucessivamente, para uma chuva de duração t qualquer inferior a 24 h.

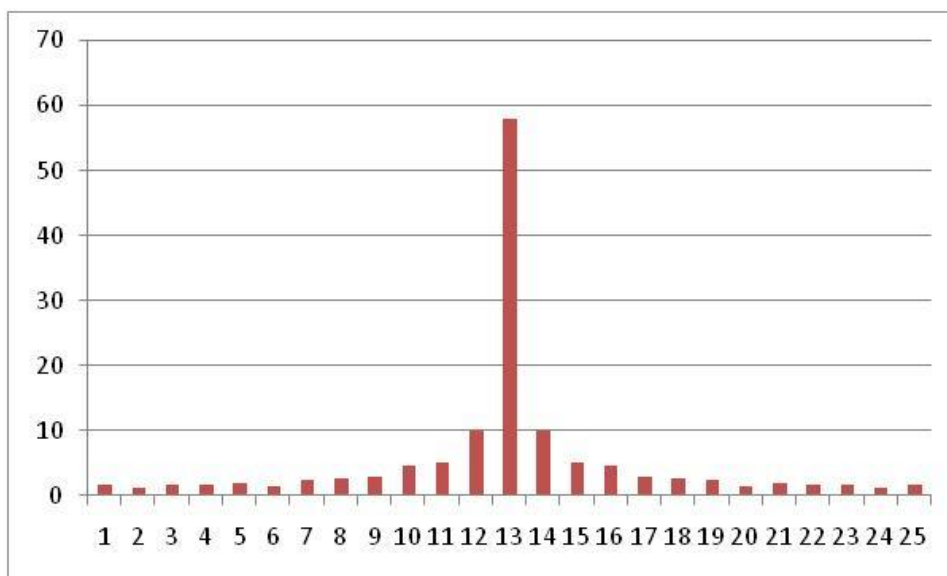


Figura VI.10 - Hietograma de máximos horários para T= 2 anos.

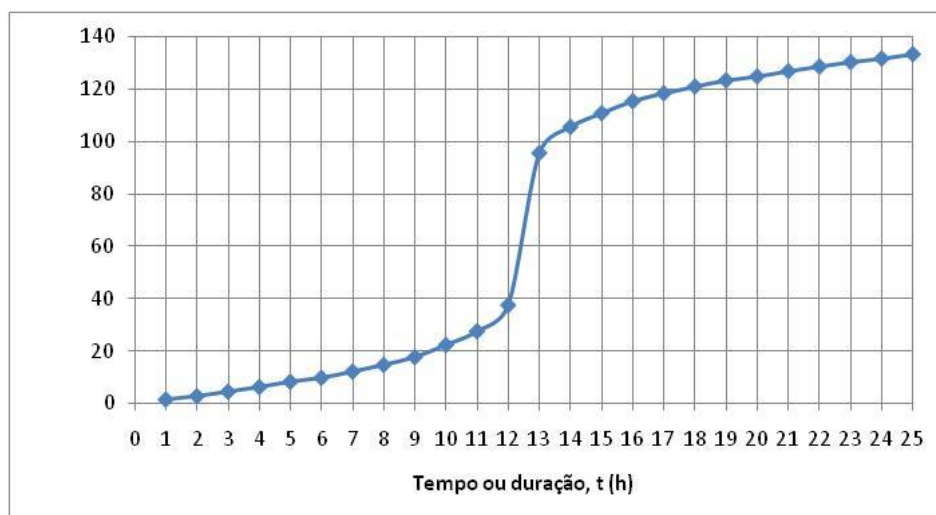


Figura IV.11 - Precipitações acumuladas ou total precipitado para T= 2 anos, P (mm).

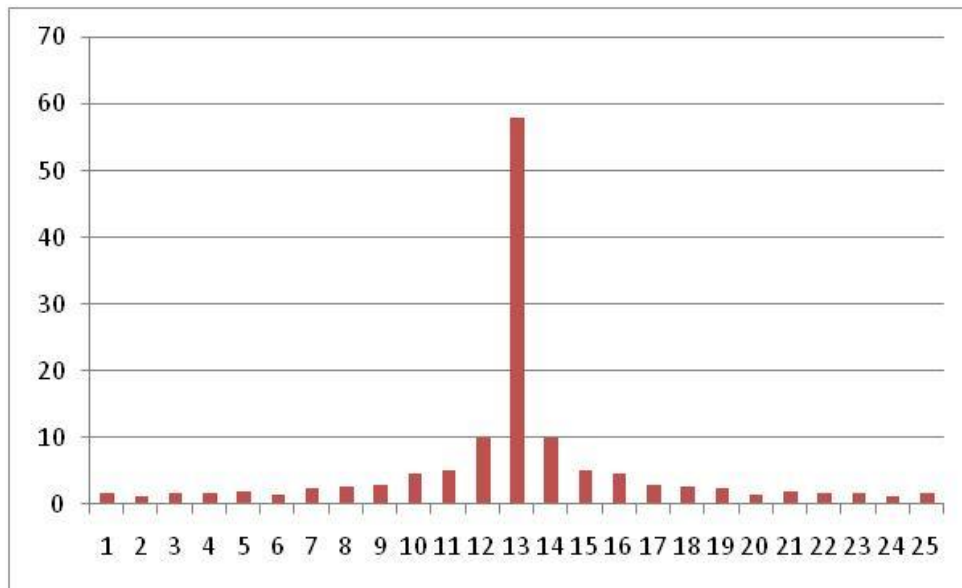


Figura IV.12 - Hietograma de máximos horários para T= 10 anos.

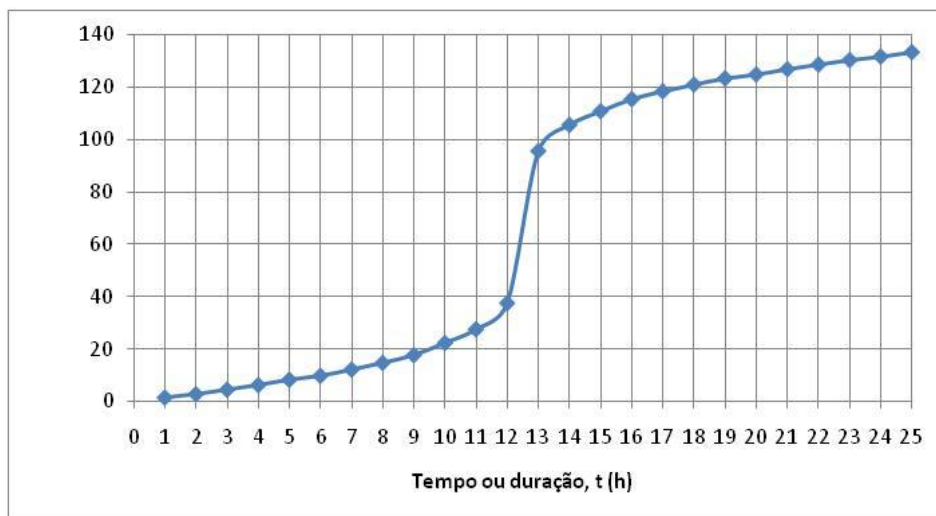


Figura IV.13 - Precipitações acumuladas ou total precipitado para T= 10 anos, P (mm).

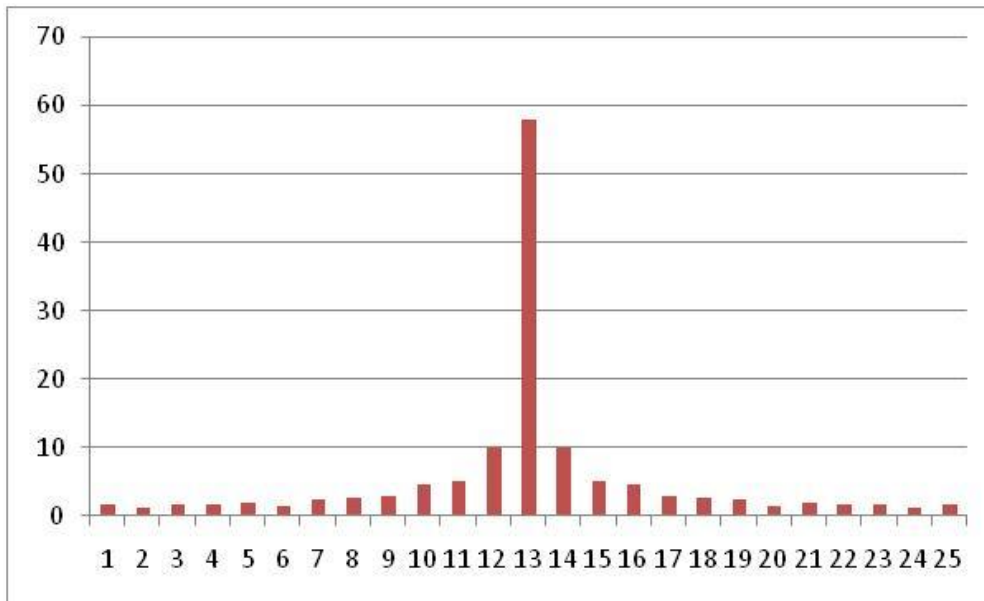


Figura VI.14 - Hietograma de máximos horários para T= 25 anos.

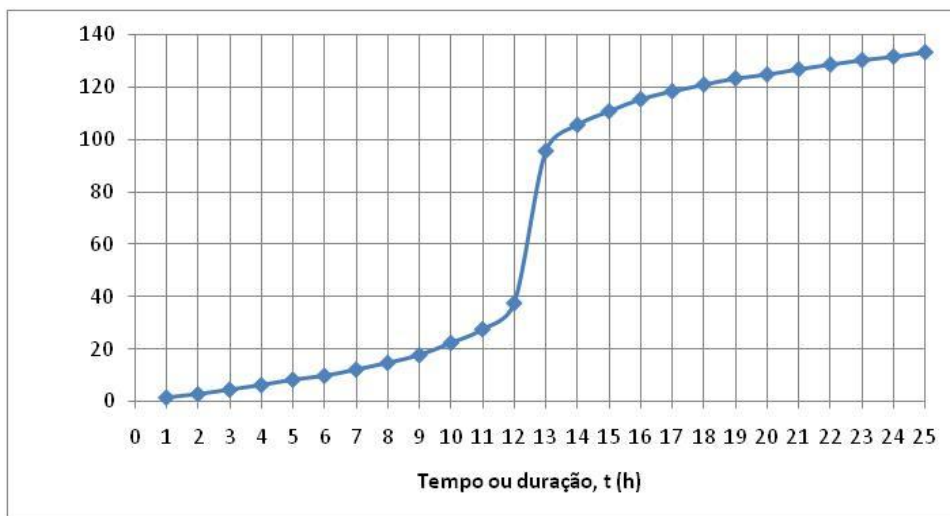


Figura IV.15 - Precipitações acumuladas ou total precipitado para T= 25 anos, P (mm).

C. Chuvas críticas diárias ao longo de um mês

As Figuras IV.16 a IV.21 fornecem os hietogramas e as precipitações acumuladas para durações de até 30 dias e períodos de retorno de 2, 10 e 25 anos. Por construção, a chuva máxima de 30 dias contém todas as chuvas máximas menores que 30 dias e assim, sucessivamente, para uma chuva de duração t qualquer inferior a 30 dias.

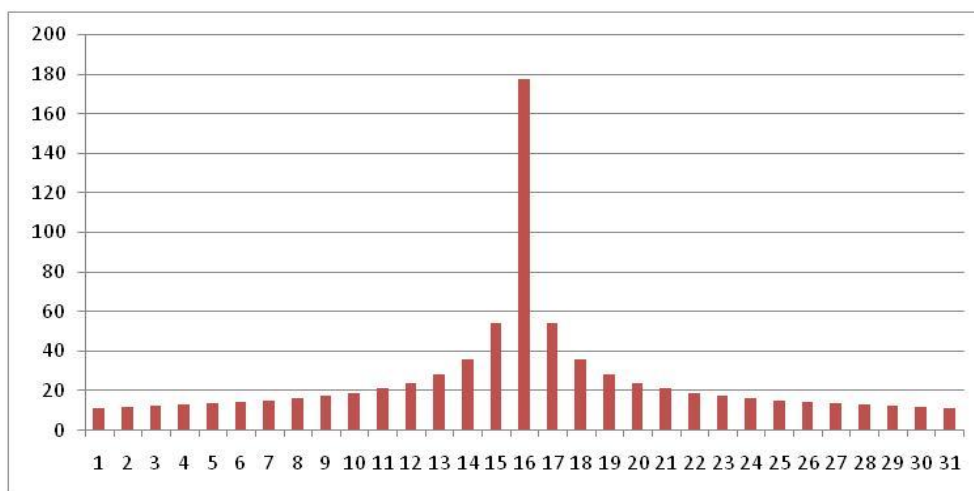


Figura IV.16 - Hietograma de máximos diários para $T= 2$ anos.

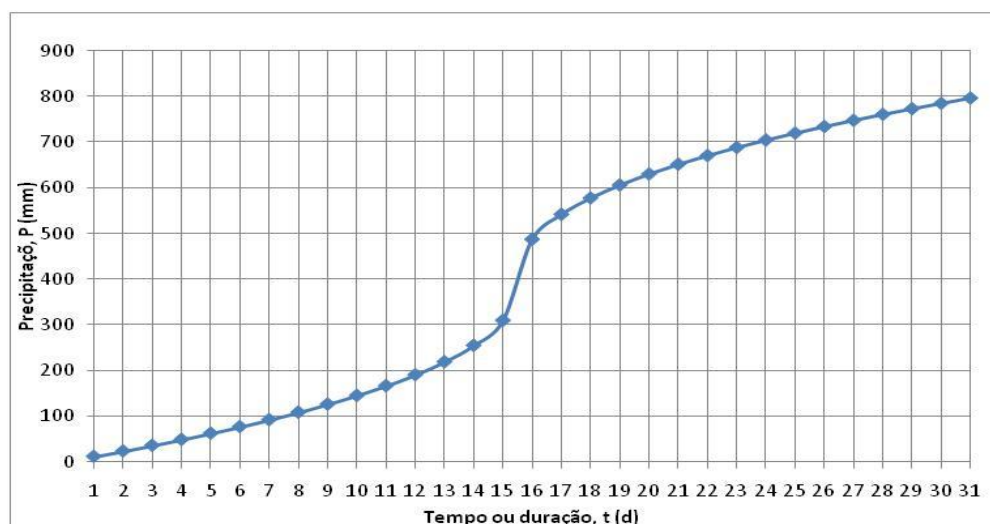


Figura IV.17 - Precipitações acumuladas ou total precipitado para $T= 2$ anos, P (mm).

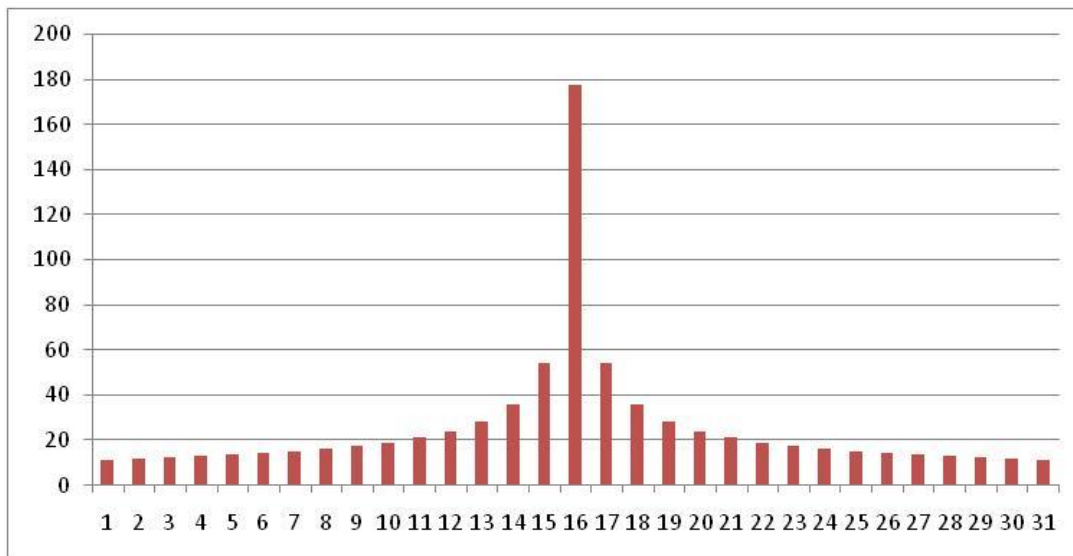


Figura IV.18 - Hietograma de máximos diários para T= 10 anos.

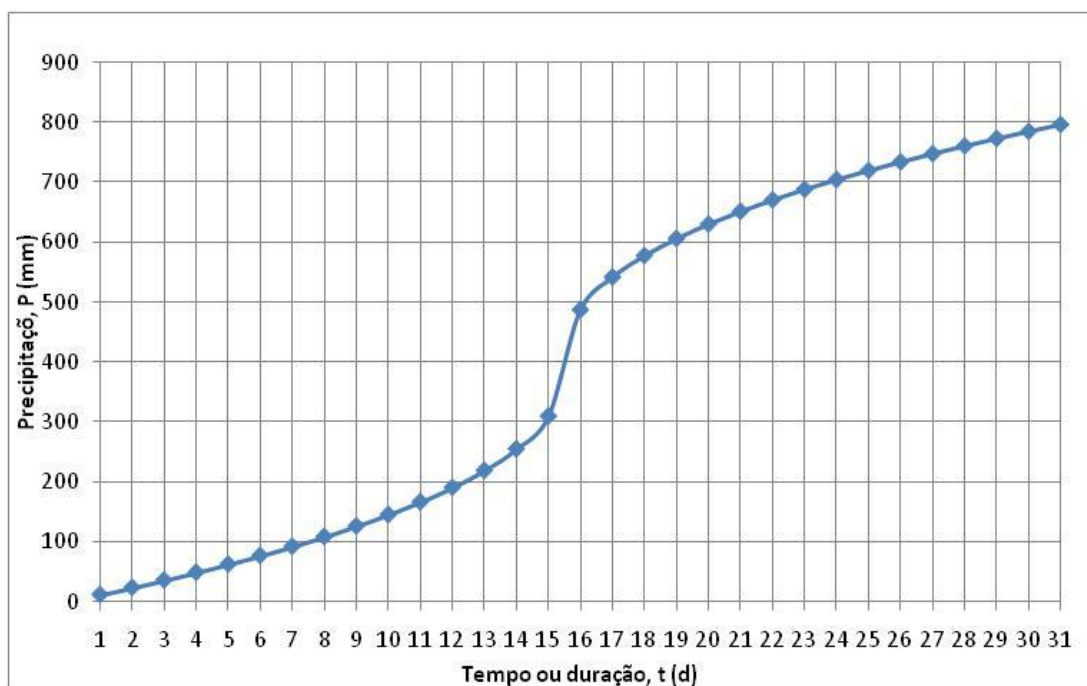


Figura IV.19 - Precipitações acumuladas ou total precipitado para T- 10 anos, P (mm).

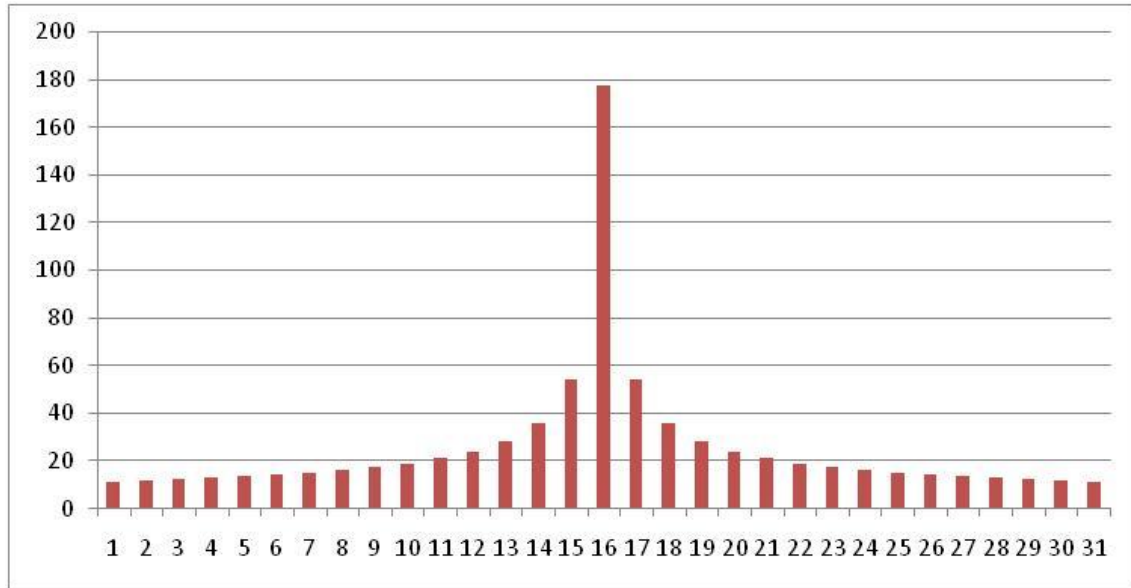


Figura IV.20 - Hietograma de máximos diários para T= 25 anos.

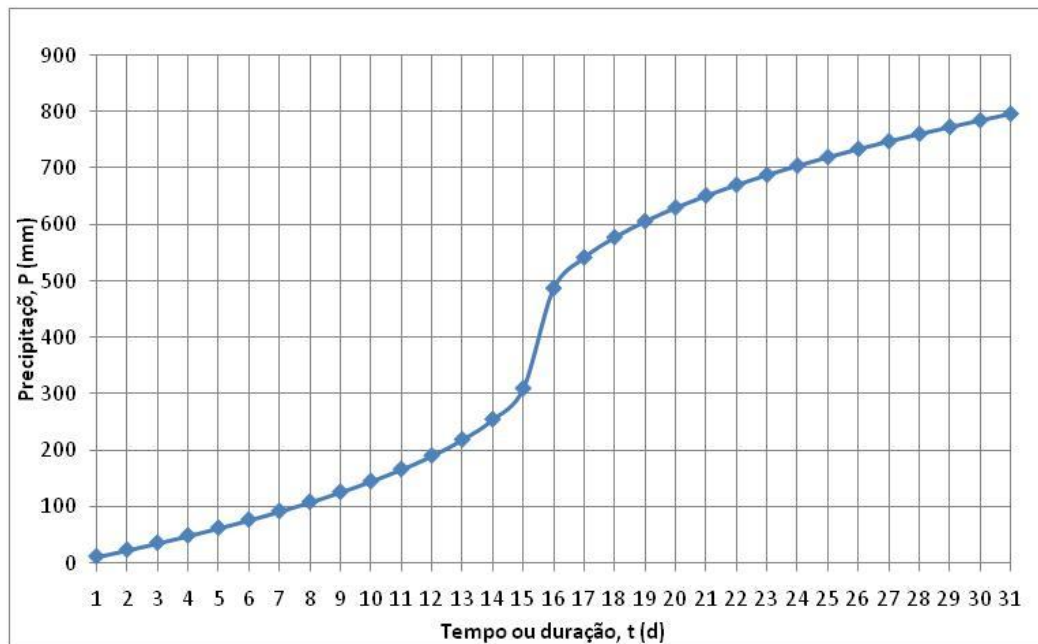


Figura IV.21 - Precipitações acumuladas ou total precipitado para T- 25 anos, P (mm).

IV.4 - Hidrogramas de Cheia.

As cheias urbanas são provocadas por chuvas intensas e dissipadas através de sistemas de drenagem adequados. Tais sistemas são classificados segundo a magnitude das áreas de contribuição geradoras das cheias. Comumente, os sistemas são classificados em sistemas de microdrenagem e sistemas de macrodrenagem.

Um sistema de microdrenagem refere-se à infraestrutura ou elementos de drenagem de áreas relativamente pequenas, de algumas centenas de metros quadrados até áreas de 200 ha ou 2 km². As vazões de cheia são avaliadas, considerando-se chuvas críticas de curta duração, sendo tomada a duração crítica correspondente ao tempo de concentração da área de drenagem que contribui para a vazão afluente a um determinado elemento do sistema de microdrenagem, como a boca de lobo que alimenta um trecho de galeria de águas pluviais.

Os sistemas de macrodrenagem, por sua vez, drenam extensas áreas de uma bacia hidrográfica, podendo englobar vários sistemas de microdrenagem. Em geral, a infraestrutura associada ao sistema de macrodrenagem é constituída de canais em fundo de vales, bacias de retenção, reservatórios de acumulação e infiltração, reservatórios de detenção com extravasor, túneis e sistemas elevatórios para a transposição de águas pluviais excedentes.

IV.4.1 Sistema de Microdrenagem

Vazão de Projeto: Método Racional

A vazão máxima produzida em cada sub-área de drenagem é um dado necessário para o projeto da rede de galerias. Para a sua determinação, utiliza-se o método racional, recomendado para áreas de drenagem menores que 1,0 km² e tempo de concentração inferior a 20 minutos. Utiliza-se a seguinte equação:

$$Q = 0,278 CIA \quad (\text{III.1})$$

sendo Q a vazão máxima (m³/s), C o coeficiente de deflúvio, variando entre zero e um, I a intensidade máxima da precipitação (mm/h), A a área da bacia contribuinte (km²). Vale destacar algumas considerações sobre o método:

- Seu uso se limita ao cálculo da vazão máxima gerada por uma chuva com intensidade constante e duração especificada igual ao tempo de concentração da área de drenagem, hipótese que pode ser admitida nos casos de pequenas áreas;
- O coeficiente de deflúvio corresponde ao somatório das perdas em volume por infiltração da água no solo e retenção nas superfícies ao longo do evento, expresso pela relação entre o volume escoado e o volume precipitado.

Intensidade da precipitação: o cálculo da intensidade da precipitação requer o uso das seguintes informações: (a) equação intensidade-duração-frequência (IDF) da localidade, tema abordado em outro capítulo deste Manual; (b) tempo de concentração da bacia de contribuição, uma vez que o método racional considera a situação mais desfavorável para a geração de deflúvios, ou seja, que a duração da chuva máxima é igual ao tempo de concentração. A metodologia de cálculo do tempo de concentração em geral pode ser avaliada pela relação entre o comprimento de percurso dos deflúvios e a velocidade média da água escoada; (c) Tempo de recorrência (TR): TR é um parâmetro estatístico que representa a frequência média (em anos) de que uma determinada chuva seja igualada ou superada. Em microdrenagem o TR varia entre dois e dez anos.

Coeficiente de deflúvio: o coeficiente de deflúvio é o resultado do efeito combinado de fatores físicos relacionados com a bacia: (a) tipo de solo; (b) cobertura vegetal; (c) tipo de ocupação; (d) percentual de área impermeável; (e) intensidade da precipitação. Os valores deste coeficiente recomendados para diferentes tipos de superfícies estão na Tabela IV.4 e os valores dos coeficientes de deflúvio recomendados para áreas urbanas estão apresentados na Tabela IV.5.

Tabela IV.4 - Valores do Coeficiente de Deflúvio para diferentes tipos de superfícies.

TIPO DE SUPERFÍCIE	C
Pavimento	
Asfáltico	0,70 – 0,95
Concreto	0,80 – 0,95
Calçada	0,75 – 0,85
Telhado	0,75 – 0,95
Cobertura: Grama / areia	
Superfície plana (I < 2 %)	0,05 – 0,10
Média (2 % < I < 7 %)	0,10 – 0,15
Alta (I > 7 %)	0,15 – 0,20
Cobertura: Grama, solo pesado	
Superfície plana (I < 2 %)	0,13 – 0,17
Média (2 % < I < 7 %)	0,18 – 0,22
Alta (I > 7 %)	0,25 – 0,35

Tabela IV.5. Valores do Coeficiente de Deflúvio para diferentes tipos de ocupação e uso do solo.

TIPO DE OCUPAÇÃO E USO DO SOLO	C
Área comercial/edificação muito densa	
Regiões centrais, densamente construídas, cidade com ruas e calçadas pavimentadas	0,70 – 0,95
Área comercial/edificação não muito densa	
Regiões adjacentes ao centro, de menor densidade ocupacional, com vias e calçadas pavimentadas	0,60 – 0,70
Área residencial	
Residências isoladas, com percentual alto de superfície livre	0,35 – 0,50
Unidades múltiplas (separadas); áreas residenciais com vias macadamizadas ou pavimentadas	0,50 – 0,60
Unidades múltiplas (conjugadas)	0,60 – 0,75
Lotes com áreas > 2.000 m ²	0,30 – 0,45
Áreas com apartamentos	0,50 – 0,70
Área industrial	
Indústrias leves	0,50 – 0,80
Indústrias pesadas	0,60 – 0,90
Outros tipos de ocupação	
Matas, parques, campos de esporte, áreas rurais, áreas verdes, superfícies arborizadas e parques ajardinados	0,05 – 0,20
Parques, cemitérios; bairros com pequena densidade de ocupação	0,10 – 0,25
Áreas de <i>playgrounds</i>	0,20 – 0,35
Pátios ferroviários	0,20 – 0,40
Áreas sem melhoramentos	0,10 – 0,30

O método racional é usualmente utilizado para avaliar a vazão de pico decorrente de uma chuva crítica. Para pequenas áreas, a vazão de pico corresponde ao instante em que toda a área passa a contribuir para a vazão que deverá escoar por um elemento hidráulico do sistema de microdrenagem, seja ele um bueiro ou uma galeria de águas pluviais.

Nos sistemas de microdrenagem, eventuais retenções de água são consideradas como medidas compensatórias, tais como microreservatórios em lotes, condomínios e locais públicos como praças e pavimentos a fim de reduzir a vazão de pico ou evitar alagamentos localizados. Tais medidas compensatórias serão devidamente detalhadas em outro capítulo deste manual.

O método racional consiste em utilizar uma equação simples da continuidade que expressa a igualdade entre a vazão precipitada e a vazão de pico no instante correspondente ao tempo de concentração, t_c , considerando uma fração de retenção na área de drenagem, quantificada pelo coeficiente de deflúvio, C . Assim, a vazão ou deflúvio superficial, Q , é avaliado pela seguinte equação:

$$Q = k.C.i.A \quad (IV.5)$$

sendo Q a vazão em m^3/s ; C o coeficiente de deflúvio, adimensional; i a intensidade de chuva em m/s ou mm/min ou mm/h e A a área de drenagem em m^2 ou ha ou km^2 ; e k um coeficiente de homogeneidade que depende das unidades das grandezas utilizadas. A Tabela IV.6 apresenta valores de k para as unidades mencionadas anteriormente.

Tabela IV.6– Valores de k

Intensidade de chuva	Área de drenagem, A			
	i	m ²	ha	Km ²
m/s		1,00	1,00x10 ³	1,00x10 ⁶
mm/min		1,67x10 ⁻²	1,67x10 ²	1,67x10 ⁴
mm/h		2,78x10 ⁻⁷	2,77x10 ⁻³	2,77x10 ⁻¹

O coeficiente de deflúvio, C, é função do tipo de superfície, seja solo nu, solo com vegetação ou área parcialmente ou totalmente impermeabilizada. Para a cidade de Natal, são recomendados os seguintes valores apresentados na Tabela IV.7.

Tabela IV.7 – Coeficientes de deflúvio em função da ocupação do solo

Ocupação	C
Solo arenoso bem drenado	0,0 - 0,10
Gramado	0,10-0,20
Lote ou área com x% impermeabilizado	(0,6x+20)/100
Pavimentos porosos	0,40 - 0,70
Pavimentos asfálticos	0,90 – 0,95

A intensidade de chuva crítica é determinada em função do período de retorno T em anos e da duração da chuva, valor igual ao tempo de concentração. Assim, deve-se necessariamente avaliar o tempo de concentração da área de drenagem, cujo valor é estimado ou por fórmulas empíricas encontradas em livros de hidrologia ou através da avaliação do tempo de percurso para a água proveniente do local mais distante chegar ao local onde se pretende avaliar a vazão de pico.

Somado ao tempo de percurso, em geral, adota-se um tempo inicial para a formação de lâmina que resulte em escoamento superficial. Para esse tempo, t₀, usualmente é adotado o valor de 10 min para a drenagem de área mínima de 1 ha. Para áreas menores, esse tempo inicial deve ser reduzido a um valor entre 2 e 5 min.

Já o tempo de percurso é avaliado pelo caminhamento de águas provenientes de pontos distantes, levando-se em conta a velocidade da água, avaliada por uma equação de resistência, como a equação de Manning, em que a declividade da linha de escoamento desempenha papel essencial.

Assim, pode ocorrer que o tempo de concentração seja determinado por um percurso menor, mas com declividade baixa, ou seja, o tempo de concentração é determinado pelo maior tempo de percurso dentre os possíveis percursos selecionados para a determinação do tempo de concentração, ou seja:

$$t_c = \text{máx}[tp_1, tp_2, \dots, tp_n] \quad (\text{IV.6})$$

sendo tp_1, tp_2, \dots, tp_n tempos de percurso da água pluvial na área de drenagem.

Um tempo de percurso qualquer, tp_i corresponde ao somatório dos tempos de percurso parciais em cada um dos trechos que formam este percurso. E para cada percurso parcial, o tempo de percurso da água, $tp_{i,j}$ é avaliado pela relação:

$$tp_{i,j} = \frac{L_{i,j}}{v_{i,j}} \quad (\text{IV.7})$$

sendo $L_{i,j}$ e $v_{i,j}$, respectivamente, o comprimento do trecho (i,j) e a velocidade da água neste trecho. Esta velocidade pode ser avaliada pela equação de Manning, expressa por:

$$v_{i,j} = \frac{\sqrt{I}}{n} h^{2/3} \quad (\text{IV.8})$$

sendo $v_{i,j}$ a velocidade da água em m/s; I a declividade do elemento hidráulico do trecho; n o coeficiente de rugosidade de Manning; h a altura da lâmina de água.

Nos projetos de galerias, as vazões encontradas pela aplicação da equação do método racional são utilizadas para o dimensionamento de cada trecho de galeria. Atente-se para o fato que um trecho de galeria formado por duas galerias de montante

não terá como vazão de projeto a soma das vazões provenientes de cada trecho utilizadas para o dimensionamento desses trechos, mas a vazão global, considerando toda a área de drenagem e tempo de concentração associados a esse novo trecho a ser dimensionado.

Pela quantidade enorme de sistemas de microdrenagem que compõem os sistemas de macrodrenagem da cidade de Natal, não serão detalhados aspectos específicos, mas apontados os principais locais que merecerão detalhamento e execução de medidas para mitigar ou eliminar alagamentos localizados.

IV.4.2 Sistema de Macrodrenagem

O sistema de macrodrenagem refere-se à infraestrutura e medidas compensatórias de áreas de drenagem de grandes dimensões, em geral, associada a uma bacia de drenagem, composta de várias áreas de drenagem com seus respectivos sistemas de microdrenagem.

Num plano de desenvolvimento operativo dos sistemas de drenagem, recomenda-se fortemente, a elaboração de uma rede de informações associadas aos sistemas de macro-drenagem, embasados em modelagem matemática, monitoramento e banco de dados. É uma atividade intrínseca ao órgão governamental responsável pela drenagem urbana, que em qualquer instante, teria a informação completa de todo o sistema. Essa rede de informação deve fazer parte de uma atividade de longo prazo, com pessoal qualificado e permanente.

Quanto às avaliações de cheia, numa atividade de longo prazo, seriam elaborados continuamente a modelagem matemática da transformação chuva-vazão nas bacias de drenagem, num processo contínuo e evolutivo de se aprimorarem as informações básicas do modelo, a calibração e a validação e, principalmente, deste modelo oferecer rapidamente, respostas para questões de relevância associadas a cheias, urbanização, riscos, medidas compensatórias etc.

Neste Manual, é descrita uma metodologia simples utilizada para a realização dos estudos hidrológicos voltados à obtenção dos hidrogramas de cheia nos exutórios das sub-bacias de drenagem.

Resumidamente, compõe-se de procedimentos em ambiente de Autocad® para as divisões das bacias e sub-bacias de drenagem; o tratamento de informações planialtimétricas e de sistemas de micro drenagem existentes e projetados e, por fim, o traçado das isócronas, que correspondem aos tempos de concentração das sub-áreas em cada sub-bacia de drenagem; a obtenção das curvas isócronas e suas áreas de influência; os hietogramas para a avaliação das cheias; e os hidrogramas de cheia nos exutórios das sub-bacias.

Divisão das Sub-Bacias de Drenagem

As sub-bacias de drenagem compreendem a delimitação dos terrenos que contribuem com escoamentos pluviais para cada elemento de macro-drenagem. Para Natal, foram considerados como elementos de macro-drenagem para a divisão das sub-bacias, todas as lagoas de captação de águas pluviais.

Os critérios para a divisão das sub-bacias foram os seguintes:

a) Traçados dos divisores de água que são os divisores topográficos de delimitam a contribuição dos deflúvios gerados pelas chuvas sobre os terrenos. Esses divisores se caracterizam por poligonais fechadas que ligam os máximos topográficos locais, que circundam uma determinada bacia. Nas áreas drenadas por sistemas de micro-drenagem, os divisores delimitam as áreas de terrenos que podem contribuir efetivamente para tais sistemas de drenagem.

b) Pequenas áreas de drenagem podem estar integradas em sistemas maiores, de forma que águas pluviais acumuladas em pequenas lagoas podem ser transferidas através de galerias para lagoas de captação maiores. Assim, as sub-bacias de drenagem podem ser compostas por áreas isoladas, conectadas através de galerias, com escoamentos por gravidade para encaminhamento a um mesmo exutório, no caso, as lagoas que definem as sub-bacias de drenagem.

Para a divisão das sub-bacias é utilizado como base de dados a planta cartográfica atualizada e georeferenciada de Natal, contendo a infra-estrutura de drenagem cadastrada - existente e projetada, identificadas nos estudos atuais do Plano Diretor de Drenagem. Os divisores de água são identificados e introduzidos na base cartográfica.

Traçado das Isócronas

A isócrona é uma linha de igual tempo de percurso na bacia para que a água precipitada alcance o ponto de saída ou o exutório. Definindo-se tempos múltiplos de 10 minutos, por exemplo, são construídas as isócronas de 10, 20, 30,...minutos. Associada a cada isócrona tem-se uma área de drenagem de influência, em que se admite que toda água precipitada e escoada em uma dessas áreas de influência tenha como tempo de percurso, o tempo correspondente à isócrona dessa área.

Para a determinação dos tempos de percurso, é utilizada uma equação hidráulica de escoamento livre, no presente caso foi utilizada a equação de Manning, que estima a velocidade do deflúvio superficial em função da declividade do terreno ou da galeria. Dividindo-se o comprimento de um determinado trecho pela velocidade obtém-se o tempo de percurso da água pluvial em cada trecho considerado dentro da sub-bacia. Tomando-se os trechos em que existem galerias assim como linhas de maior declive de regiões pavimentadas e não pavimentadas, constroem-se diversos tempos de percurso associados a trechos, que servirão para compor as linhas isócronas.

Hidrogramas de cheia

Com o hietograma de projeto, ou seja, com as intensidades de chuva correspondentes a, por exemplo, T=25 anos e duração qualquer e, com as isócronas de cada sub-bacia e seus respectivos coeficientes de deflúvio (runoff) e áreas de influência, são determinadas as vazões de cheia no exutório de cada sub-bacia, utilizando-se a seguinte equação recursiva linear de contribuição de cada subárea considerada:

$$Q_j = C_1 A_1 I_j + C_2 A_2 I_{j-1} + C_3 A_3 I_{j-2} \dots \quad (IV.9)$$

sendo: Q_j a vazão de cheia correspondente ao instante $t=j.\Delta t$, adotando-se, por exemplo, $\Delta t=10$ min; A_1, A_2, A_3, \dots as áreas de influência associadas às isócronas de 10 min, 20 min, 30 min, ... respectivamente; C_1, C_2, C_3, \dots os coeficientes de deflúvios

associados às áreas $A_1, A_2, A_3, \dots, I_j, I_{j-1}, I_{j-2}, \dots$ as intensidades de chuva de duração $t=j.\Delta t, (j-1).\Delta t, (j-2).\Delta t, \dots$

IV.5 - As sub-bacias de drenagem de Natal

A. Zona Norte

A Região Norte de Natal está atualmente inserida em seis bacias hidrográficas conforme apresentada anteriormente. As sub-bacias são apresentadas na figura IV.22

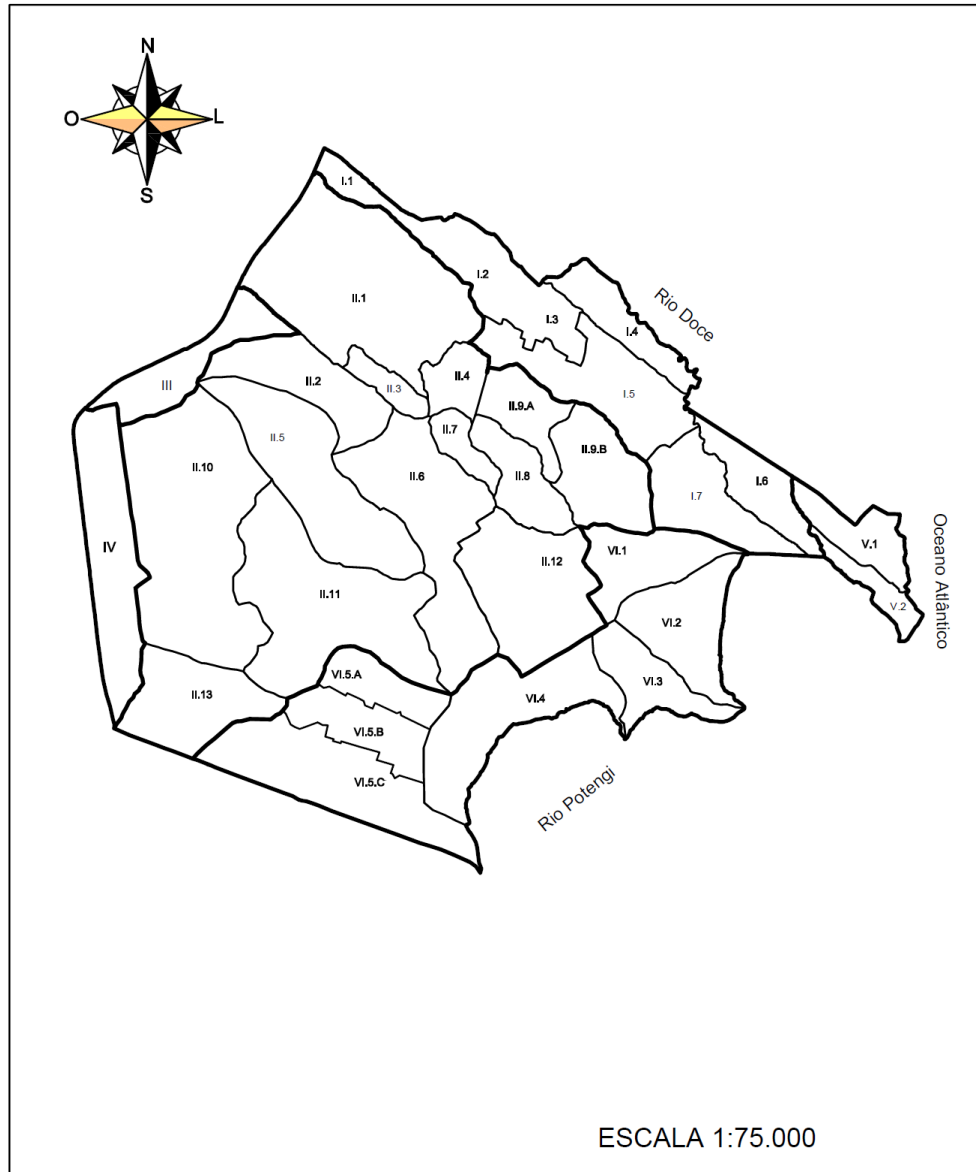


Figura IV.22 – Divisão das Sub-bacias em cada Bacia de Drenagem da Zona Norte de Natal.

B – Bacias das Zonas Sul, Leste e Oeste

A área que compreende as Regiões Oeste, Sul e Leste de Natal está atualmente inserida em catorze bacias hidrográficas. A Figura IV.23 fornece as subdivisões em sub-bacias ou áreas de drenagem dessas bacias hidrográficas.

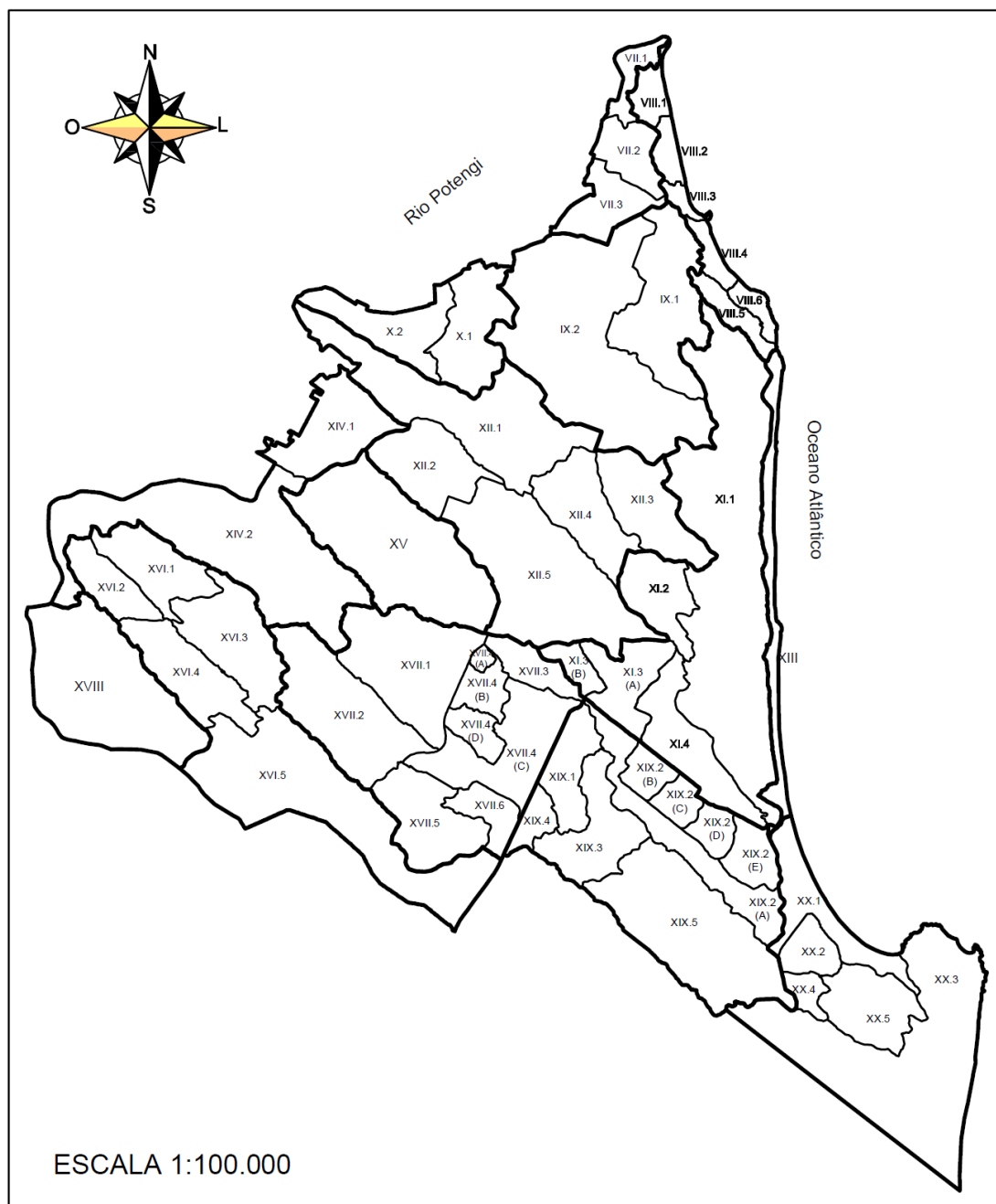


Figura IV.23 – Divisão das Sub-bacias das Bacias de Drenagem da Zona Sul, Leste e Oeste de Natal.

IV.6 Hidrogramas de cheias simuladas para Natal

Os hidrogramas de cheias simuladas para os exutórios da sub-bacias de Natal correspondem a uma chuva padrão cujo hietograma tem duração de 180 min, ou seja, de 3 horas, tempo suficiente para provocar vazões de pico máximas em todas as sub-bacias. A Figura IV.26 fornece o hietograma utilizado, com intensidade pluviométrica máxima de 140 mm/h no instante $t=60$ min para um período de retorno $T=25$ anos. Os hietogramas correspondentes a $T=2$ e 10 anos podem ser obtidos diretamente através da relação $(T/25)^{0,1431}$ obtida da equação de chuvas intensas para a cidade de Natal.

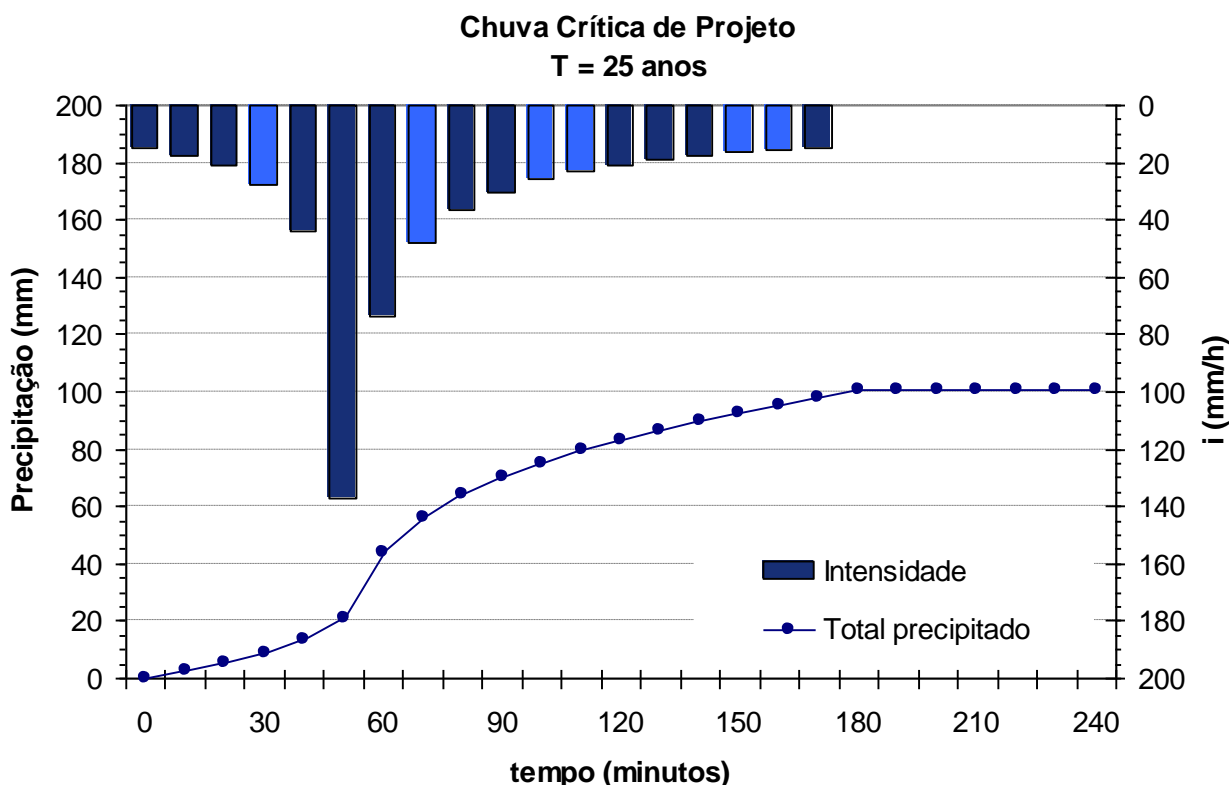


Figura IV.24 – Hietograma de projeto para $T=25$ anos, duração da chuva de 120 min e instante de ocorrência da intensidade de chuva máxima de 60 min.

Como ilustração as Tabelas IV.8 a IV.9 mostram relações entre linhas isócronas, áreas de influências e coeficientes de deflúvio (loteamentos, pavimentos e áreas livres) das isócronas de duas sub-bacias da Zona Norte de Natal e as Tabelas IV.10 e IV.11 as mesmas relações de duas sub-bacias da Zona Sul de Natal. As Figuras IV.25, IV.26,

IV.27 e IV.28 e fotografias aéreas das sub-bacias com suas respectivas linhas isócronas; e as Figuras IV.29 a IV.30 os hidrogramas correspondentes dessas sub-bacias para chuvas com períodos de retorno de 2, 10 e 25 anos. E as Figuras IV.31 a IV.32 os hidrogramas de cheias resultantes nos exutórios dessas sub-bacias. Para as demais sub-bacias, tais informações encontram-se no relatório de Estudos Hidrológicos do PDDMA-Natal.

Curvas isócronas e áreas de influência

A – Zona Norte

Tabela IV.8 – Coeficientes de deflúvio das áreas de influência da sub-bacia I-5.

isócronas		Tempo de concentração em minutos				
		10	20	30	40	50
Área da Isócrona (ha)		16.30	70.50	18.30	6.70	7.30
Lotes	%	48	56	56	32	56
	C	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5
Vias	%	12	14	14	8	14
	C	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9
Áreas públicas	%	40	30	30	60	30
	C	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1
C composto		0.39	0.44	0.44	0.29	0.44
C médio (Sub-bacia)		0.42				

Tabela IV.9 – Coeficientes de deflúvio das áreas de influência da sub-bacia II-5.

isócronas		Tempo de concentração em minutos						
		10	20	30	40	50	60	70
Área da Isócrona (ha)		13.50	48.10	46.50	30.30	45.70	40.20	3.10
Lotes	%	48	64	64	72	73.6	73.6	76.
	C	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3
Vias	%	12	16	16	18	18.4	18.4	19
	C	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9
Áreas públicas	%	40	20	20	10	8	8	5
	C	0.8	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1
C composto		0.57	0.36	0.36	0.39	0.39	0.39	0.40
C médio (Sub-bacia)		0.39						



Figura IV.25 – Isócronas da sub-bacia I-5.

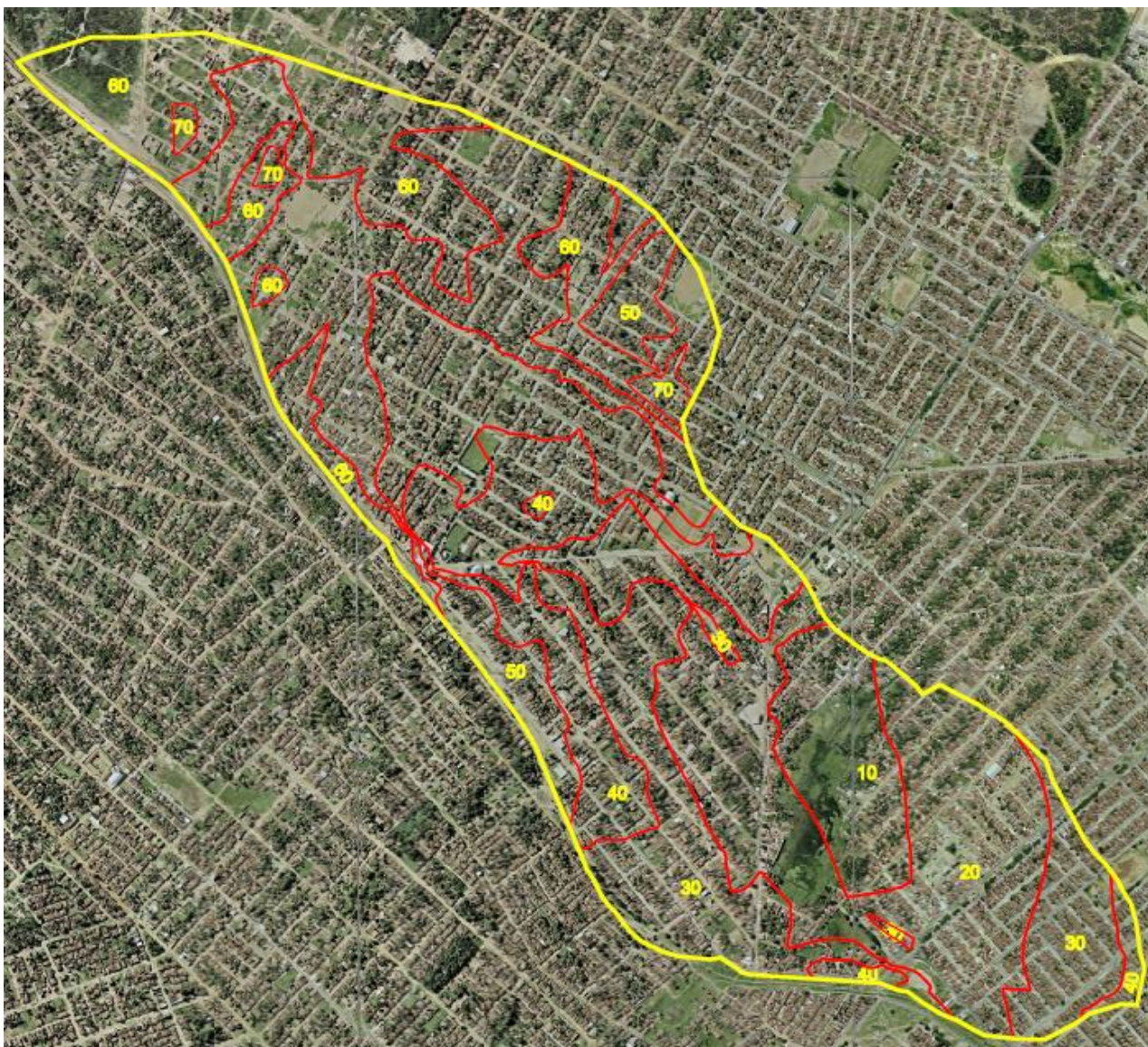


Figura IV.26 – Isócronas da sub-bacia II-5.

B – Bacias das Zonas Sul, Leste e Oeste

Tabela IV.10 - Coeficientes de deflúvio das áreas de influência da sub-bacia VII-2.

isócronas		Tempo de concentração em minutos		
		10	20	30
Área da Isócrona (ha)		7.71	43.35	29.42
Lotes	%	80	72	72
	C	0.7	0.7	0.7
Vias	%	20	18	18
	C	0.9	0.9	0.9
Áreas públicas	%	0	10	10
	C	0.1	0.1	0.1
C composto		0.74	0.68	0.68
C médio (Sub-bacia)		0.68		

Tabela IV.11 - Coeficientes de deflúvio das áreas de influência da sub-bacia XII-5.

isócronas		Tempo de concentração em minutos		
		10	20	30
Área da Isócrona (ha)		85,58	259,82	75,37
Lotes	%	24	64	72
	C	0.5	0.5	0.5
Vias	%	6	16	18
	C	0.9	0.9	0.9
Áreas públicas	%	70	20	10
	C	0.1	0.1	0.1
C composto		0.24	0.48	0.53
C médio (Sub-bacia)		0.44		



Figura IV.27 – Isócronas da sub-bacia VII-2.



Figura IV.28– Isócronas da sub-bacia XII-5.

Hidrogramas nos exutórios das sub-bacias

A – Zona Norte

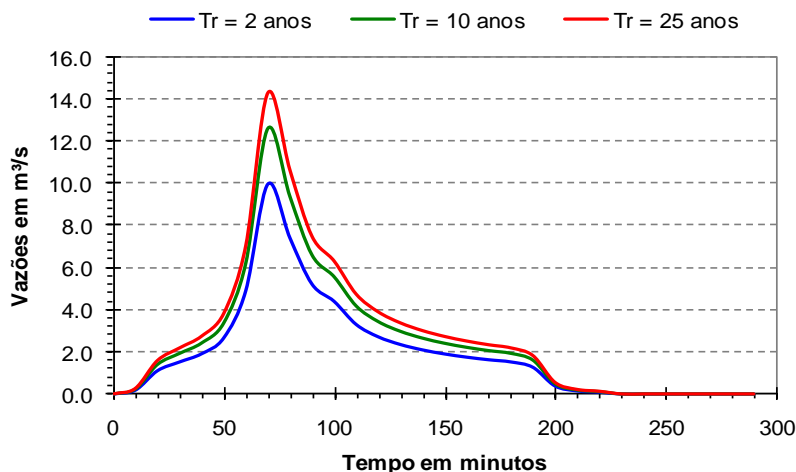


Figura IV.29 – Hidrograma efluente da sub-bacia I-5.

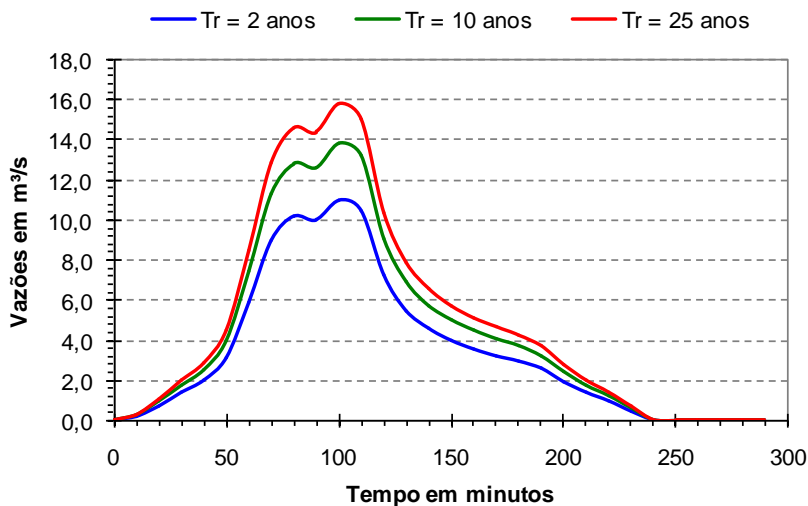


Figura IV.30 – Hidrograma efluente da sub-bacia II-5.

B – Zonas Sul, Leste e Oeste

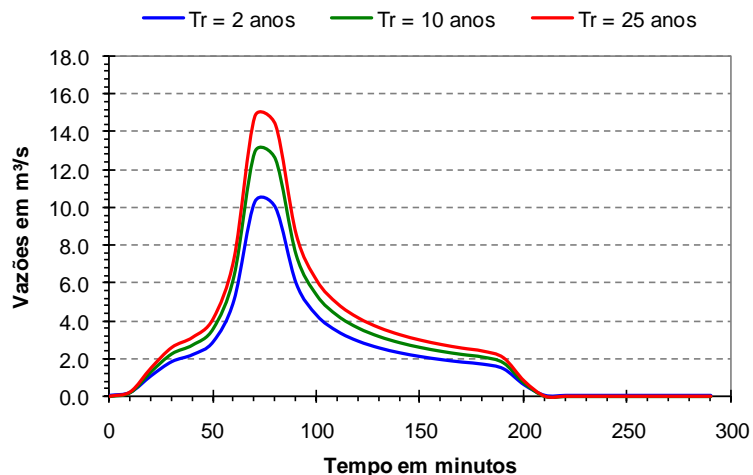


Figura IV.31 – Hidrograma efluente da sub-bacia VII-2.

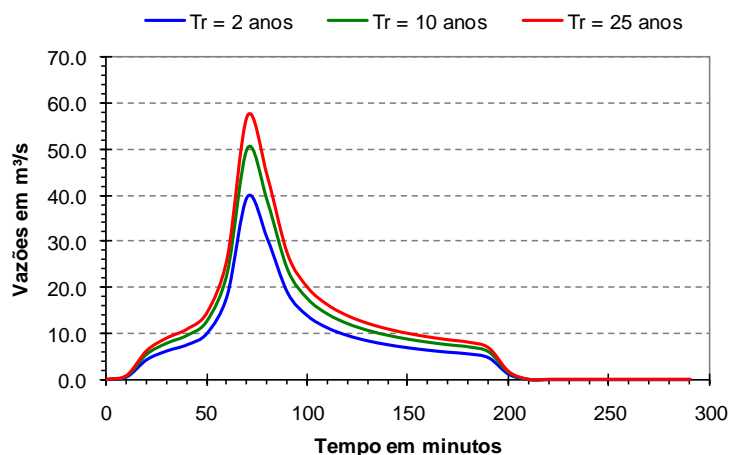


Figura IV.32 – Hidrograma efluente da sub-bacia XII-5.

IV.7 Características hidrológicas nos exutórios das sub-bacias de Natal

As Tabelas IV.12 e IV.13 fornecem as principais características hidrológicas das bacias hidrográficas da Zona Norte e das Zonas Sul, Leste e Oeste de Natal, respectivamente. Tais características sintetizam os resultados dos levantamentos das sub-bacias, uso e ocupação, traçados das isócronas e cálculos dos hidrogramas. Os valores apresentados para cada sub-bacia são para as seguintes grandezas hidrológicas: A: área de drenagem; C_{atual} : coeficiente de deflúvio médio para o ano 2008; C_{futuro} : Coeficiente de deflúvio médio projetado para o ano de 2028; TC: tempo de concentração; Q_{pico} : vazão de pico; Vol: volume escoado; Tr: período de retorno.

IV.7.1 – Zona Norte

Tabela IV.12– Características hidrológicas das sub-bacias da Zona Norte de Natal.

Sub-Bacia	Cmédio atual	Cmédio Projeção 20 anos	Área (ha)	TC* (min)	Tr = 2 anos		Tr = 10 anos		Tr = 25 anos	
					Qpico (m³/s)	Vol (m³)	Qpico (m³/s)	Vol (m³)	Qpico (m³/s)	Vol (m³)
I-1-2-3	0,17	0,30	168,80	30	5,37	20.071	6,76	25.269	7,71	28.809
I-4	0,16	0,30	76,20	10	3,26	8.594	4,11	10.820	4,68	12.336
I-5	0,42	0,50	119,10	50	9,99	35.152	12,58	44.256	14,34	50.456
I-6	0,11	0,40	79,52	10	2,23	5.877	2,81	7.399	3,20	8.436
I-7	0,22	0,30	118,30	30	5,98	18.381	7,52	23.141	8,58	26.384
II-1	0,36	0,50	374,40	50	8,08	33.108	10,17	41.682	11,59	47.522
II-2	0,51	0,60	125,70	80	9,13	45.055	11,49	56.724	13,10	64.671
II-3	0,58	0,60	31,90	30	3,49	12.946	4,39	16.298	5,01	18.582
II-4	0,50	0,60	48,60	30	5,17	17.030	6,51	21.440	7,42	24.444
II-5	0,39	0,50	227,40	70	11,01	61.641	13,86	77.605	15,80	88.478
II-6	0,58	0,60	248,90	60	20,40	101.184	25,68	127.390	29,28	145.238
II-7	0,54	0,60	35,40	40	2,99	13.506	3,76	17.003	4,29	19.386
II-8	0,54	0,60	67,60	40	5,59	25.567	7,03	32.189	8,02	36.699
II-9-A	0,61	0,61	71,00	40	7,97	30.280	10,03	38.122	11,44	43.463
II-9-B	0,51	0,60	121,55	50	10,11	43.667	12,72	54.976	14,50	62.679
II-10	0,53	0,60	393,10	60	34,00	145.255	42,81	182.875	48,80	208.497
II-11	0,46	0,50	314,00	50	25,17	100.873	31,68	126.998	36,12	144.791
II-12	0,41	0,50	194,30	50	13,98	56.301	17,60	70.882	20,06	80.813
II-13	0,57	0,60	141,80	50	14,00	56.325	17,62	70.913	20,09	80.848
III	0,21	0,40	100,23	10	5,54	14.604	6,98	18.387	7,96	20.963
IV	0,40	0,50	181,60	110	6,99	51.384	8,79	64.692	10,03	73.756
V-1	0,39	0,40	69,50	60	3,72	18.921	4,68	23.821	5,33	27.159
V-2	0,38	0,40	38,80	30	3,06	10.282	3,85	12.945	4,39	14.759
VI-1	0,35	0,40	103,70	40	7,17	25.304	9,03	31.858	10,29	36.321
VI-2	0,35	0,40	128,50	40	7,92	31.313	9,98	39.423	11,37	44.947
VI-3	0,21	0,40	85,90	20	4,09	12.379	5,16	15.585	5,88	17.769
VI-4	0,35	0,40	195,80	30	13,70	47.922	17,24	60.334	19,66	68.787
VI-5-A	0,40	0,50	67,40	70	4,35	18.952	5,48	23.861	6,25	27.204
VI-5-B	0,42	0,50	87,20	50	5,94	25.787	7,48	32.466	8,52	37.014
VI-5-C	0,40	0,50	217,80	50	13,66	61.475	17,20	77.396	19,61	88.240

* Tempo de concentração

IV.7.2 – Zonas Sul, Leste e Oeste

Tabela IV.13 – Características hidrológicas das sub-bacias das Zonas Sul, Leste e Oeste de Natal.

Sub-Bacia	Cmédio atual	Cmédio Projeção 20 anos	Área (ha)	TC* (min)	Tr = 2 anos		Tr = 10 anos		Tr = 25 anos	
					Qpico (m³/s)	Vol (m³)	Qpico (m³/s)	Vol (m³)	Qpico (m³/s)	Vol (m³)
VII-1	0,24	0,50	26,83	20	1,56	4.480	1,97	5.640	2,24	6.430
VII-2	0,68	0,68	80,48	30	10,30	38.458	12,97	48.418	14,79	55.201
VII-3	0,71	0,71	95,87	30	15,27	48.001	19,22	60.433	21,91	68.900
VIII-1	0,37	0,40	43,87	30	3,46	11.234	4,35	14.144	4,96	16.125
VIII-2	0,54	0,54	15,25	30	1,50	5.761	1,89	7.254	2,16	8.270
VIII-3	0,59	0,59	17,30	20	2,03	7.206	2,56	9.072	2,91	10.343
VIII-4	0,61	0,61	24,35	20	3,83	10.438	4,83	13.141	5,50	14.982
VIII-5	0,44	0,50	49,14	30	4,82	15.152	6,07	19.076	6,92	21.749
VIII-6	0,21	0,30	28,60	20	1,33	4.176	1,67	5.257	1,90	5.994
IX-1	0,52	0,70	252,55	60	21,82	91.300	27,48	114.946	31,33	131.051
IX-2	0,68	0,70	552,81	90	53,01	263.722	66,74	332.024	76,09	378.543
X-1	0,68	0,70	161,69	40	18,94	76.543	23,84	96.367	27,18	109.869
X-2	0,74	0,74	83,54	50	11,21	43.240	14,11	54.439	16,09	62.066
XI-1	0,10	0,10	773,99	10	20,59	54.218	25,92	68.261	29,55	77.824
XI-2	0,21	0,30	95,02	50	4,35	14.095	5,48	17.745	6,24	20.231
XI-3 (A)	0,51	0,51	113,65	30	12,03	40.615	15,14	51.134	17,27	58.298
XI-3 (B)	0,39	0,50	20,70	20	1,84	5.685	2,31	7.158	2,64	8.160
XI-4	0,17	0,17	158,94	50	1,84	7.329	2,31	9.227	2,63	10.520
XII-1	0,57	0,60	353,75	60	30,32	140.208	38,17	176.521	43,52	201.253
XII-2	0,54	0,60	59,72	30	7,68	22.455	9,67	28.270	11,02	32.231
XII-3	0,55	0,60	162,30	30	18,19	62.998	22,90	79.315	26,10	90.427
XII-4	0,53	0,60	128,78	50	10,37	47.593	13,05	59.919	14,88	68.314
XII-5	0,44	0,50	420,77	30	39,84	130.805	50,16	164.683	57,19	187.756
XIII	0,10	0,10	116,15	10	3,09	8.137	3,89	10.244	4,43	11.679
XIV (A)	0,62	0,62	166,04	50	18,65	71.817	23,48	90.417	26,77	103.085
XIV (B)	0,50	0,50	291,56	60	19,84	102.004	24,98	128.422	28,48	146.415
XV	0,53	0,60	316,13	90	28,78	118.352	36,24	149.005	41,32	169.881
XVI-1	0,10	0,10	132,52	10	3,52	9.283	4,44	11.688	5,06	13.325

* Tempo de concentração

Tabela IV.13 – Características hidrológicas das sub-bacias das Zonas Sul, Leste e Oeste de Natal (continuação)

Sub-Bacia	Cmédio atual	Cmédio Projeção 20 anos	Área (ha)	TC* (min)	Tr = 2 anos		Tr = 10 anos		Tr = 25 anos	
					Qpico	Vol	Qpico	Vol	Qpico	Vol
					(m³/s)	(m³)	(m³/s)	(m³)	(m³/s)	(m³)
XVI-2	0,10	0,10	87,79	10	2,33	6,150	2,94	7,742	3,35	8,827
XVI-3	0,26	0,40	191,97	50	7,88	34,974	9,92	44,032	11,31	50,201
XVI-4	0,25	0,40	139,54	40	6,93	24,398	8,72	30,717	9,95	35,021
XVI-5	0,35	0,40	481,25	50	26,68	116,463	33,58	146,626	38,29	167,169
XVII-1	0,10	0,10	272,24	10	7,24	19,070	9,12	24,009	10,39	27,373
XVII-2	0,44	0,50	259,51	60	18,35	79,438	23,10	100,012	26,33	114,024
XVII-3	0,36	0,50	64,81	20	4,97	16,163	6,26	20,349	7,14	23,200
XVII-4 (A)	0,13	0,40	10,03	20	0,30	928	0,38	1,168	0,43	1,332
XVII-4 (B)	0,36	0,40	5,93	20	0,42	1,501	0,53	1,889	0,61	2,154
XVII-4 (C)	0,24	0,40	206,25	60	7,68	34,434	9,67	43,353	11,02	49,427
XVII-4 (D)	0,22	0,40	44,84	20	2,19	6,829	2,76	8,598	3,14	9,803
XVII-5	0,40	0,50	162,63	50	10,77	45,746	13,56	57,594	15,46	65,663
XVII-6	0,32	0,40	60,49	30	3,77	13,769	4,74	17,335	5,41	19,764
XVIII	0,32	0,40	398,28	100	14,59	89,197	18,37	112,298	20,94	128,032
XIX-1	0,57	0,60	82,75	60	9,14	32,863	11,51	41,375	13,12	47,171
XIX-2 (A)	0,50	0,50	157,09	60	12,54	54,840	15,78	69,044	18,00	78,717
XIX-2 (B)	0,51	0,51	43,43	20	4,41	15,472	5,56	19,479	6,33	22,209
XIX-2 (C)	0,53	0,53	39,41	30	4,14	14,634	5,21	18,425	5,94	21,006
XIX-2 (D)	0,51	0,51	41,25	20	4,19	14,608	5,27	18,392	6,01	20,969
XIX-2 (E)	0,52	0,52	64,66	30	7,45	23,396	9,38	29,455	10,70	33,582
XIX-3	0,57	0,60	154,76	30	16,48	61,387	20,75	77,286	23,66	88,114
XIX-4	0,32	0,40	40,26	20	2,68	9,138	3,38	11,505	3,85	13,117
XIX-5	0,45	0,45	384,07	60	7,71	35,677	9,70	44,918	11,06	51,211
XX-1	0,61	0,61	133,18	30	16,78	57,216	21,12	72,034	24,08	82,126
XX-2	0,60	0,60	22,32	20	3,10	9,443	3,90	11,889	4,45	13,555
XX-3	0,10	0,10	577,40	10	15,36	40,447	19,33	50,923	22,04	58,057
XX-4	0,42	0,50	31,11	30	2,54	9,153	3,20	11,523	3,65	13,138
XX-5	0,33	0,40	139,60	30	8,89	32,099	11,19	40,413	12,76	46,075

* Tempo de concentração

V - INFILTRAÇÃO DA ÁGUA DE DRENAGEM PLUVIAL NO SOLO

V.1 – Considerações Iniciais

Infiltração é o processo de transferência da água da superfície para o interior do solo. Em condições favoráveis, em solos permeáveis com superfície preservada, a infiltração retém no interior do solo grande parte das precipitações pluviométricas, reduzindo significativamente o escoamento superficial. Esse processo pode ser natural, infiltrando-se de forma difusa diretamente no solo da bacia ou induzido através de estruturas ou equipamentos apropriados para esse fim.

As características de drenagem de Natal - bacias de drenagem fechadas com solos permeáveis - recomendam o desenvolvimento de uma política de indução do processo de infiltração como elemento de drenagem, a partir da preservação de áreas de infiltração nos lotes e a construção de reservatórios de infiltração para receber as águas do sistema público de drenagem e promover a recarga induzida do aquífero.

V.2 - Capacidade de infiltração

A infiltração da água na superfície de um solo pode ser avaliada pela equação de Horton, expressa por:

$$f = f_c + (f_o - f_c) \cdot e^{-kt} \quad (V.1)$$

em que f é a capacidade de infiltração depois do tempo t ; f_o é a capacidade de infiltração inicial ($t = 0$); f_c é a capacidade de infiltração final ($t = \infty$); k é o parâmetro do solo e t é o intervalo de tempo.

Estudos realizados pelo SCS (Soil Conservation Service) do Departamento de Agricultura dos Estados Unidos chegaram aos valores apresentados na Tabela V.1 para os parâmetros da equação de HORTON.

Tabela V.1 - Parâmetros da equação de HORTON

Parâmetros	Classificação hidrológica do solo (SCS)			
	Tipo A	Tipo B	Tipo C	Tipo D
Taxa de infiltração inicial do solo seco: f_o (mm/h)	250	200	130	80
Taxa de infiltração final do solo úmido: f_c (mm/h)	25	13	7	3
Constante característica, k	2	2	2	2

Classificação hidrológica dos solos segundo o SCS:

- TIPO A - Solos arenosos com baixo teor de argila total, inferior a 8%, com perfil uniforme e profundidade superior a 1,5 m
- TIPO B - Solos arenosos menos profundos, com teor de argila inferior a 15%, com presença de camadas inferiores densificadas, porém, sem a presença de camadas argilosas e blocos de pedras.
- TIPO C - Solos barrentos com teor total de argila de 20 a 30 %, sem camadas argilosas impermeáveis ou contendo blocos de pedras até a profundidade 1,2 m. Nota-se a presença de camadas inferiores densificadas permeáveis.
- TIPO D - Solos argilosos (30 - 40% de argila total), com camadas intermediárias densificadas. Solos arenosos como B ou solos barrentos como C com camadas argilosas quase impermeáveis ou com pedras.

V.3 - Ensaios de infiltração em Natal

A capacidade de infiltração de um solo é determinada por ensaios de permeabilidade que são associados ao método de prospecção empregado, tais como: sondagens à trado e à percussão, poços rasos e trincheiras.

Para a determinação "in situ" da capacidade de infiltração do solo, nos projetos de drenagem recomenda-se a adoção de ensaios em cavas para a superfície do solo e poços de sondagens para camadas inferiores.

V.4 - Taxas de infiltração na Zona Norte

Na Zona Norte foi realizado ensaios de permeabilidade do meio poroso insaturado pelo método de rebaixamento acima do nível d'água (Melo, 1998), conforme mostra a Tabela V.2 seguinte, que corresponde às taxas de infiltração adotadas nos projetos de drenagem.

Tabela V.2 – Resultados dos ensaios de condutividade hidráulica (K) para a Zona Norte.

Sonsagem a Trado	Local	Nível Testado (m)	K (m/s)	Sonsagem a Trado	Local	Nível Testado (m)	K (m/s)
S4	Nova Natal	0,0–03,3	$1,5 \times 10^{-5}$	S11	Nova Natal	0,0–18,0	$1,2 \times 10^{-6}$
S5	Nova Natal	0,0–02,0	$3,2 \times 10^{-5}$	S12	Nova Natal	0,0– 16,1	$2,2 \times 10^{-6}$
S8	Extremoz	0,0–20,0	$1,1 \times 10^{-6}$	S13	Santa Catarina	0,0– 12,5	$2,0 \times 10^{-6}$
		0,0–07,0	$2,5 \times 10^{-6}$				
S9	Extremoz	0,0–13,5	$9,9 \times 10^{-6}$	S15	Igapó	0,0– 16,1	$1,4 \times 10^{-6}$
		0,0–03,0	$3,2 \times 10^{-6}$				
S10	Extremoz	0,0–07,5	$1,5 \times 10^{-6}$	S16	Dunas VI	0,00–29,0	$3,7 \times 10^{-7}$

V.5 - Permeabilidade da área de recarga efetiva do aquífero de Natal

A Tabela V.3 apresenta os resultados dos testes de infiltração nas bacias XVII (San Vale/Cidade Satélite) e XIX (Lagoinha) que correspondem à área de recarga efetiva do aquífero de Natal proveniente do sistema de drenagem urbana.

Os testes de infiltração citados anteriormente compreenderam ensaios de permeabilidade do meio poroso insaturado pelo método de rebaixamento acima do nível d'água.

As taxas de infiltração da área de recarga efetiva do aquífero de Natal estão representadas em mapas através de isolinhas de mesma taxa de infiltração para as três profundidades seguintes: 2,0 m (Figura V.1); 4,0 m (Figura V.2) e 6,0 m (Figura V.3).

Tabela V.3 - Ensaios de permeabilidade na área de recarga do aquífero de Natal – Zona Sul

Sub-Bacias	Ponto	Coordenadas do Ponto		Kvertical (2m)		Kvertical (4m)		Kvertical (6m)	
		X _{UTM}	Y _{UTM}	(cm/s)	(mm/h)	(cm/s)	(mm/h)	(cm/s)	(mm/h)
XVII-4-A	TP-01	253959	9353724	4,55E-04	16,38	3,87E-04	13,93	5,14E-04	18,50
XVII-4-B	TP-03	253995	9353249	3,91E-04	14,08	2,85E-04	10,26	8,60E-05	3,10
	TP-04	254072	9353174	6,78E-04	24,41	2,61E-04	9,40	1,59E-04	5,72
	Média	254034	9353212	5,35E-04	19,24	2,73E-04	9,83	1,23E-04	4,41
XVII-4-C	TP-09	253385	253385	5,07E-04	18,25	3,69E-04	13,28	4,69E-05	1,69
	TP-10	253629	253629	4,42E-04	15,91	3,94E-04	14,18	7,02E-05	2,53
	Média	253507	253507	4,75E-04	17,08	3,82E-04	13,73	5,86E-05	2,11
XVII-4-D	TP-05	253941	9352798	4,62E-04	16,63	2,44E-04	8,78	1,11E-04	4,00
	TP-06	254014	9352754	4,55E-04	16,38	1,65E-04	5,94	1,21E-04	4,36
	Média	253978	9352776	4,59E-04	16,51	2,05E-04	7,36	1,16E-04	4,18
XVII-6	TP-07	253945	9351467	5,44E-04	19,58	4,13E-04	14,87	2,08E-04	7,49
	TP-08	253985	9351425	5,64E-04	20,30	5,11E-04	18,40	3,97E-04	14,29
	Média	253965	9351446	5,54E-04	19,94	4,62E-04	16,63	3,03E-04	10,89
XIX-2-A	TP-03	257738	9350190	9,94E-04	35,78	1,37E-04	4,93	9,12E-06	0,33
	TP-04	257938	9350036	9,10E-04	32,76	9,70E-05	3,49	8,83E-06	0,32
	Média	257838	9350113	9,52E-04	34,27	1,17E-04	4,21	8,98E-06	0,32
XIX-2-B	TP-01	256697	9351913	7,63E-04	27,47	5,21E-04	18,76	2,77E-04	9,97
	TP-02	256647	9351707	8,59E-04	30,92	5,50E-04	19,80	3,07E-04	11,05
	Média	256672	9351810	8,11E-04	29,20	5,36E-04	19,28	2,92E-04	10,51
XIX-2-D	TP-01	257522	9350880	4,20E-06	0,15				
	TP-02	257579	9350953			3,83E-06	0,14		
	TP-03	257636	9351027	3,02E-06	0,11				
	TP-01	257707	9351068	3,12E-05	1,12	2,17E-05	0,78		
	TP-02	257675	9351122	2,91E-05	1,05	1,29E-05	0,46		
	Média	257624	9351010	1,69E-05	0,61	1,28E-05	0,46		
XIX-5	TP-01	257331	9350181	1,31E-03	47,16	3,14E-04	11,30	2,51E-04	9,04
	TP-02	257409	9350145	1,61E-03	57,96	2,28E-04	8,21	2,46E-04	8,86
	Média	257370	9350163	1,46E-03	52,56	2,71E-04	9,76	2,49E-04	8,95

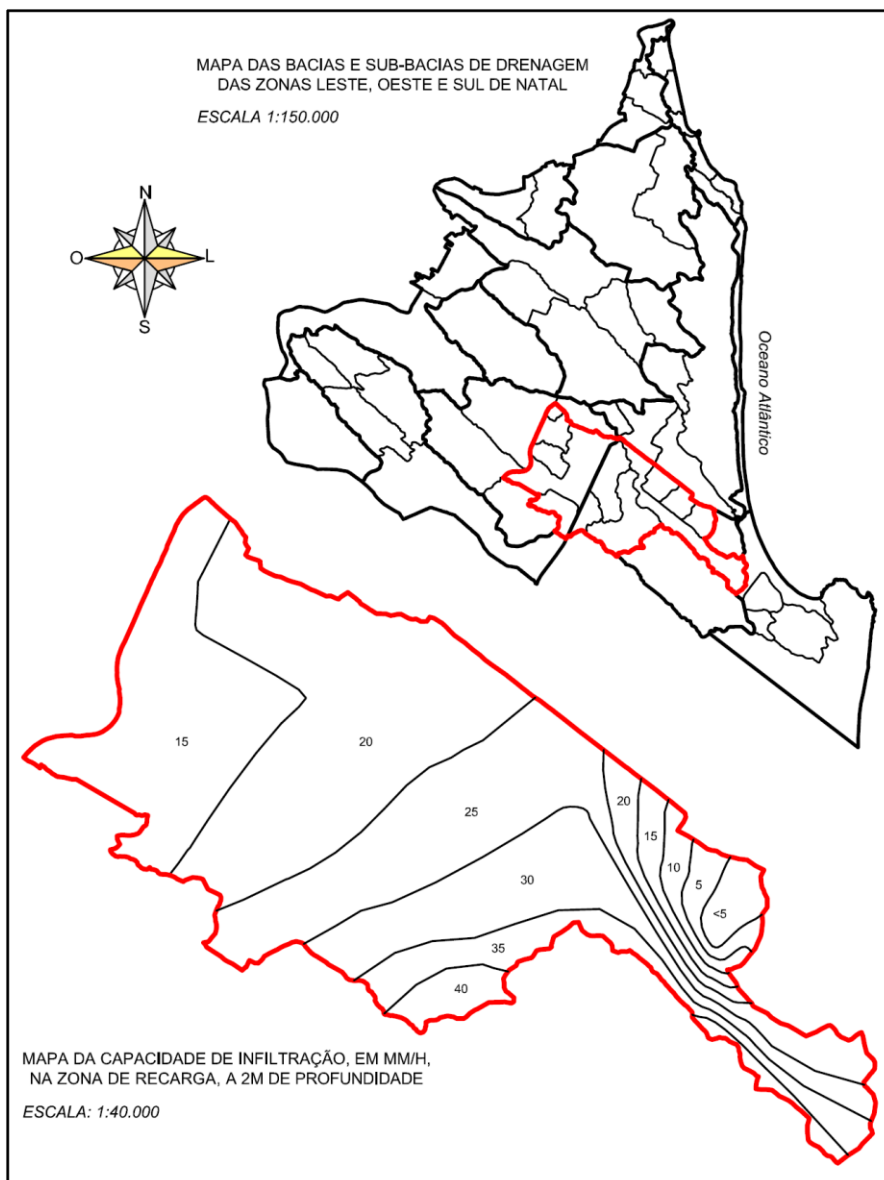


Figura V.1 – Capacidade de infiltração do solo a 2 m de profundidade da área de recarga do aquífero de Natal

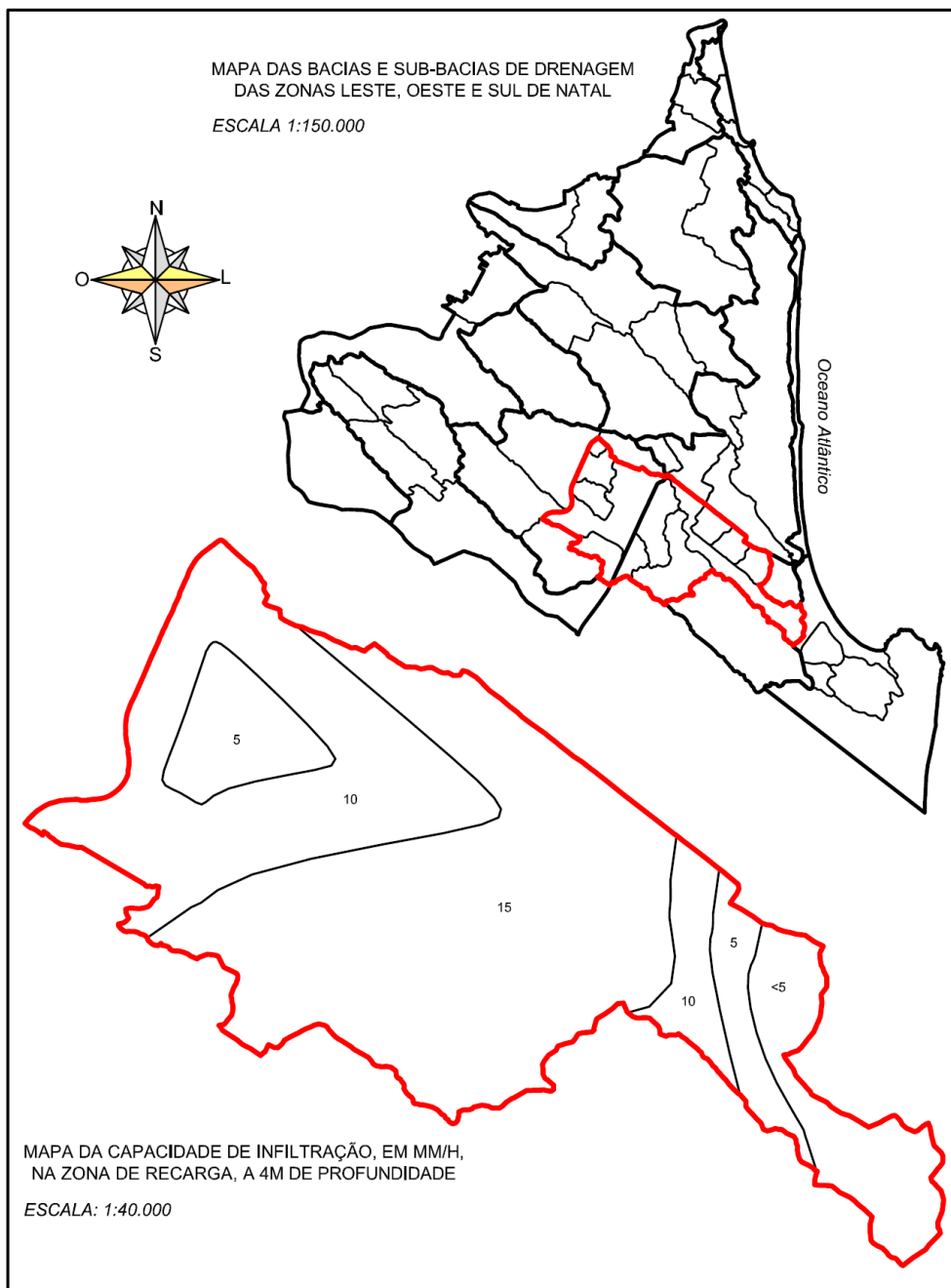


Figura V.2 – Capacidade de infiltração do solo a 4 m de profundidade da área de recarga do aquífero de Natal

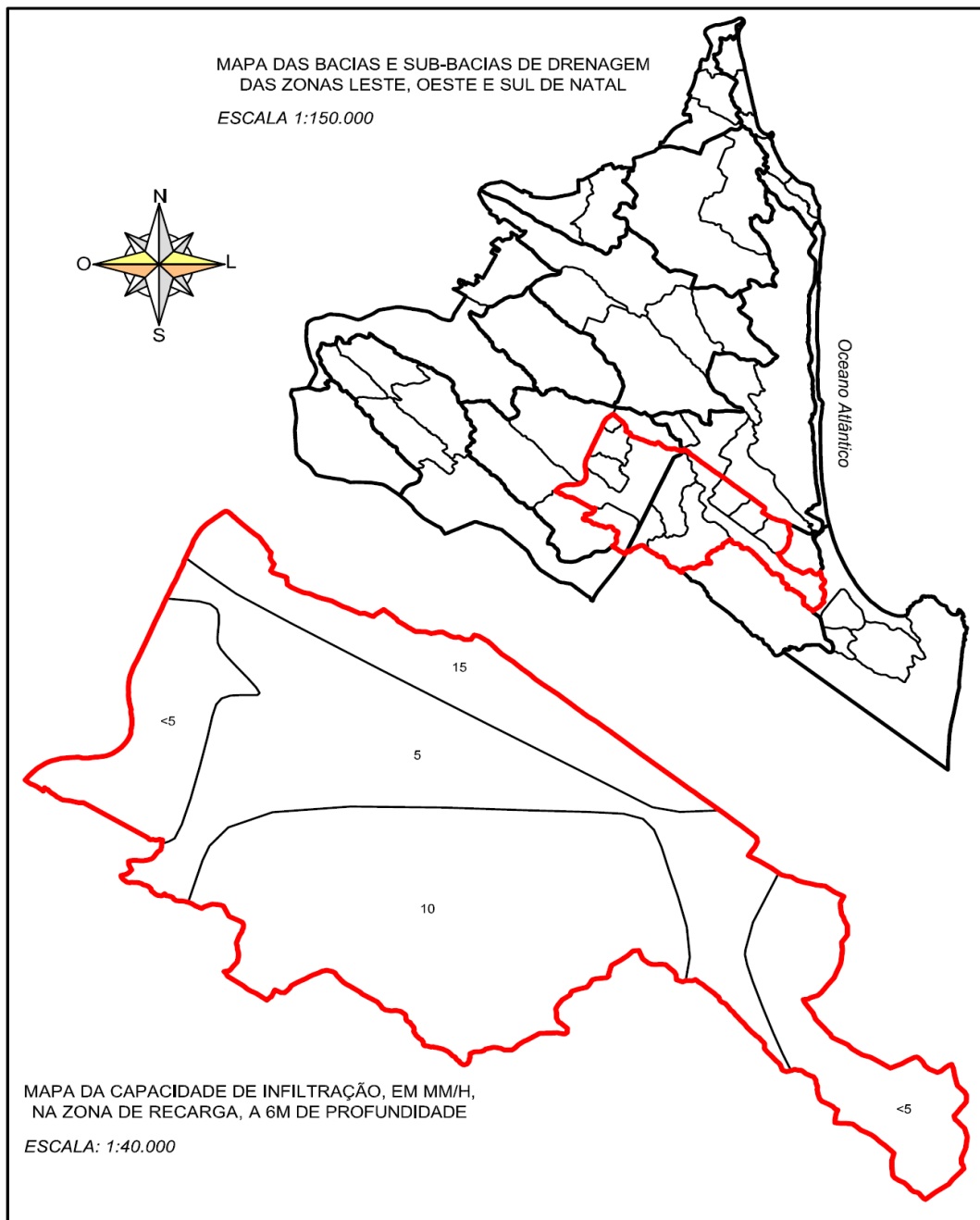


Figura V.3 – Capacidade de infiltração do solo a 6 m de profundidade da área de recarga do aquífero de Natal

V.6 - Capacidade de infiltração superficial de referência nas bacias de drenagem de Natal

Para efeito da avaliação da infiltração nos projetos de sistemas de drenagem de Natal recomenda-se a adoção da taxa de infiltração final do solo úmido (f_c) da equação de Horton citada anteriormente. Essa velocidade de infiltração mínima também é denominada de velocidade de infiltração básica (VIB).

Como referência para uma análise preliminar das condições de infiltração no município de Natal, recomenda-se:

- Os solos arenosos das coberturas de dunas preservadas como solos tipo A, aplicando-se nesse caso aos terrenos dos parques das Dunas e da Cidade e do cordão de dunas de Lagoinha.
- Nas regiões com cobertura de dunas descaracterizadas recomenda-se a classificação como solo tipo B, como é o caso dos bairros de Candelária e Mirassol e tendendo para uma classificação de solos tipo C em Lagoa Nova, Dix Sept Rosado, Tirol e Petrópolis e na Zona Norte.
- Nas locais com formações de solos de fundo de lagoa, tal como em Capim Macio e solos aluvionais do bairro da Ribeira e nos afloramentos do Barreiras recomenda-se a classificação como solo tipo D.

Desse modo, a Tabela V.4 apresenta as taxas infiltração de referência para as bacias de drenagem de Natal, para condições superficiais, tendo como base a classificação dos tipos de solos proposto pelo SCS, conforme apresentado anteriormente.

Tabela V.4 – Taxas de infiltração de referência das bacias de Natal

Bacias		Tipo do Solo	Taxa de infiltração mm/h
I	Rio Doce	A	25
II	Lagoa Azul	C	7
III	Lagoa de Extremoz	D	3
IV	Rio Golandim	D	3
V	Rio Potengi/Salinas	D	3
VI	Redinha	B	13
VII	Poteng/Rocas-Ribeira	D	3
VIII	Praias Urbanas	D	3
IX	Riacho do Baldo	C	7
X	Potengi/Quintas-Base Naval	D	3
XI	Parque das Dunas	A	25
XII	Rio das Lavadeiras	C	7
XIII	Via Costeira	D	3
XIV	Rio Potengi/Felipe Camarão	C	7
XV	Cidade da esperança	C	7
XVI	Rio Pitimbu	C	7
XVII	San Vale/Cidade Satélite	B	13
XVIII	Rio Jundiáí/Guarapes	D	3
XIX	Lagoinha	B	13
XX	Praia de Ponta Negra	C	7

V.7 - Avaliação dos impactos da recarga do aquífero induzida pelo sistema de drenagem da cidade de natal

a) Bacias de Drenagem de Natal

O sistema de drenagem de Natal é constituído de vinte bacias de drenagem, sendo que: seis dessas bacias estão localizadas na Zona Norte da Cidade, conforme mostra a Tabela V.5, e as outras catorzes restantes encontram-se nas zonas Leste, Oeste e Sul, Tabela V.6, drenando uma área total de 14.200,3 ha.

As bacias de drenagem de Natal praticamente se desenvolvem plenamente no território municipal, tendo em vista que o município de Natal recebe pequenas contribuições hídricas superficiais externas ao seu perímetro urbano, que, nesse caso, podem ser desprezadas no balanço hídrico global do Município.

Para efeito de balanço hídrico, distinguem-se as bacias de drenagem de Natal em bacias abertas e fechadas.

Tabela V.5 – Bacias de drenagem da Zona Norte de Natal.

Bacias	Área (ha)	
	Abertas	Fechadas
I Rio Doce	617,5	
II Lagoa Azul	2.417,1	
III Lagoa de Extremoz	100,2	
IV Rio Golandim	181,5	
V Rio Potengi/Salinas	885,4	
VI Redinha	108,2	
Total Zona Norte	4.309,9	

Tabela V.6 – Bacias de drenagem das zonas Leste/Oeste/Sul

Bacias		Área (ha)	
		Abertas	Fechadas
VII	Potengi/Rocas-Ribeira	376,3	
VIII	Praias urbanas	218,2	
IX	Riacho do Baldo	714,8	
X	Potengi/Quintas-Base Naval	304,1	
XI	Parque das Dunas		1.194,0
XII	Rio das Lavadeiras	1.264,8	
XIII	Via Costeira	116,2	
XIV	Rio Potengi/Felipe Camarão	712,6	
XV	Lagoas da Jaguarari		431,8
XVI	Rio Pitimbú	1.048,9	
XVII	San Vale/Cidade Satélite		1.145,4
XVIII	Rio Jundiá/Guarápes	398,0	
XIX	Lagoinha		1.016,0
XX	Praia de Ponta Negra	949,3	
Total Zonas Leste/Oeste/Sul		6.103,2	3.787,2
Total Natal		10.413,1	3.787,2
TOTAL GERAL		14.200,3	

As bacias fechadas, sem exutório de escoamento superficial, localizam-se nas zonas Oeste e Sul, compreendendo as Bacias do Parque das Dunas, Lagoas da Jaguarari, San Vale/Cidade Satélite e Lagoinha, com uma área de drenagem de 3.787,2 ha, correspondendo a 26,7% do território municipal.

Nas bacias de drenagem fechadas a recarga do aquífero é potencializada pelo sistema de drenagem, tendo em vista que: com a impermeabilização do solo as perdas por evapotranspiração da bacia são reduzidas significativamente, aumentando, conseqüentemente, os volumes do escoamento superficial que são direcionados para os reservatórios de detenção e infiltração, que estão sujeitos a perdas por evaporação bem menores do que as taxas de infiltração no solo, recarregando, dessa forma, o aquífero de uma forma muito mais eficiente que no processo natural.

b) Avaliação da recarga induzida pelo sistema de drenagem

Para efeito de avaliação da recarga induzida pelo sistema de drenagem de Natal foi desenvolvido o balanço hídrico das bacias fechadas urbanizadas, conforme mostra a Tabela V.7 seguinte, englobando as bacias Lagoas da Jaguarari, San Vale/Cidade Satélite e Lagoinha. Para isso, adotou-se como parâmetros: a precipitação média de Natal, coeficientes de deflúvios adequados às condições das bacias e uma eficiência de recarga nos reservatórios de infiltração de 80%.

Tabela V.7 – Balanço hídrico das bacias fechadas urbanizadas de Natal

Bacias de drenagem	Superfície ha	Coeficiente de deflúvio	Precipitação mm/ano	Volume escoado m³/ano
Lagoas da Jaguarari (XV)	431,8	0,6	1550	4.015.740,0
San Vale/Cidade Satélite (XVII)	1.145,4	0,4	1550	7.101.480,0
Lagoinha (XIX)	1.016,0	0,5	1550	7.874.000,0
Total	2.593,2		1550	18.991.220,0

Foram avaliados também os seguintes valores de recarga:

Recarga média anual do aquífero de Natal = 70.000.000 m³

Recarga induzida0,8 x 18.991.220 = 15.192.976 m³

As análises dos números anteriores mostram que o acréscimo de recarga induzida pelo sistema de drenagem nas bacias fechadas representa 21,7 % da recarga total no município.

c) Impactos da recarga induzida no aquífero

Os impactos da recarga induzida no aquífero pelo sistema de drenagem estão relacionados com a elevação do nível do lençol freático.

Dessa forma, para as condições de precipitações médias em Natal adotadas como referência nos estudos hidrogeológicos, dividindo-se o volume da recarga induzida (V_{ri}) pela porosidade eficaz ($\Delta\Theta$) e pela superfície total das bacias de drenagem fechadas (S_{bf}), condição mais desfavorável, chega-se à seguinte a elevação da superfície freática (Δh):

$$\Delta h = \frac{1}{\Delta\Theta} \frac{V_{ri}}{S_{bf}} = \frac{15.192.976(m^3)}{0,1 \times 2.593,2 \times 10^4(m^2)} = 5,856 \text{ m}$$

A análise comparativa da variação da superfície freática decorrente da recarga induzida pelo sistema de drenagem de Natal, avaliada em 5,856 m, com as oscilações médias da superfície freática do aquífero de Natal, da ordem de 7,0 m, leva à conclusão de que é relevante o impacto causado no aquífero, principalmente nas regiões próximas às lagoas decorrentes do afloramento do lençol freático. Assim, enfatiza-se a necessidade de se implantar políticas de recarga induzida e reutilização dessas águas pelo sistema de abastecimento urbano através de captações de poços na região de recarga induzida.

V.8 - Reservatórios de retenção e infiltração

a) Processo de infiltração em reservatórios

O processo de infiltração em reservatórios é composto de dois estágios:

Fase 1: acumulação de água no reservatório tendo em vista que a infiltração no solo é um fluxo secundário frente as vazões afluentes decorrentes do sistema drenagem, com período de duração de horas.

Fase 2: esvaziamento do reservatório pelo efeito da infiltração da água no solo a partir do reservatório, com período de duração de vários dias.

b) Método de Green Ampt aplicado à infiltração a partir de um reservatório

As perdas d'água num reservatório de infiltração se assemelham às condições de infiltração estabelecidas no modelo de Green Ampt, derivado da equação de Darcy e

desenvolvido para avaliar a percolação em meios não saturados. Tal método simula o efeito do avanço da frente de umidade de saturação no interior do solo, também chamada de frente de molhamento, a partir da superfície, mantida em condição permanente de saturação. A equação de Green-Ampt é expressa por:

$$I = K' \frac{\phi_f + y}{y} \quad (\text{V.1})$$

em que: I é a taxa de infiltração; K' é a condutividade hidráulica saturada aparente do solo (equivalente ao f_c da fórmula de Horton); ϕ_f é o potencial gravitacional e y é a profundidade da superfície até a frente de molhamento, conforme ilustra o esquema apresentado na Figura V.4.

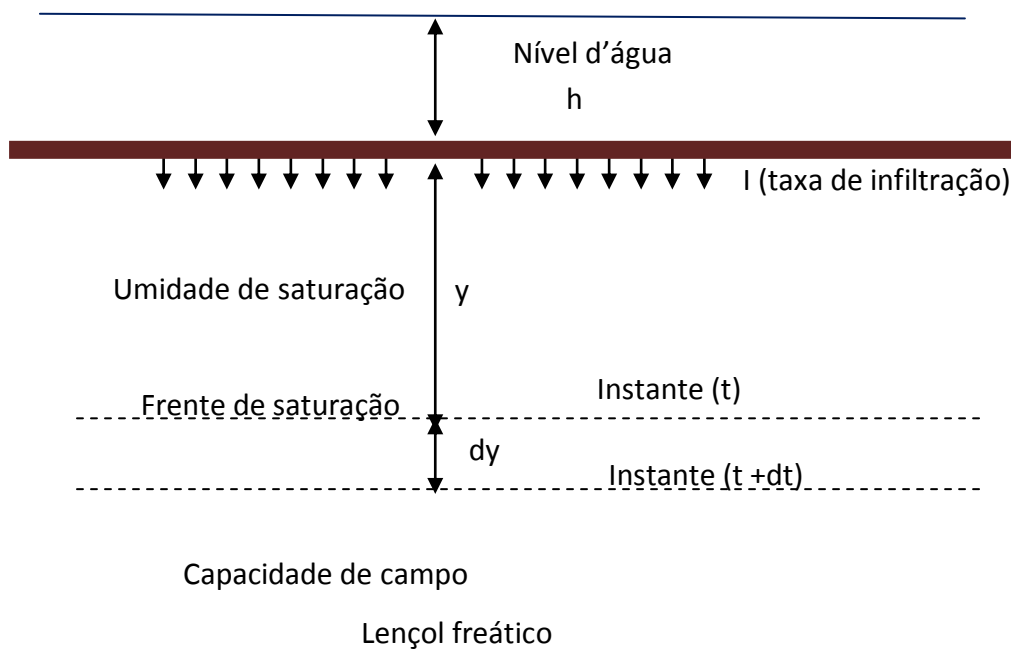


Figura V.4 – Esquema de avanço da frente de molhamento no perfil de solo.

Nesse caso o solo é considerado totalmente saturado da superfície até a frente de molhamento e abaixo da frente de saturação a umidade, em todo o perfil do solo, mantém-se igual à capacidade campo.

Admitindo que o potencial gravitacional ϕ_f equivale à carga hidráulica na superfície do solo (h), chega-se:

$$I = K' \frac{h + y}{y} \quad (V.2)$$

Tabela V.8 - Valores do Coeficiente de Deflúvio para diferentes tipos de superfícies.

TIPO DE SUPERFÍCIE	C
Pavimento	
Asfáltico	0,70 – 0,95
Concreto	0,80 – 0,95
Calçada	0,75 – 0,85
Telhado	0,75 – 0,95
Cobertura: Grama / areia	
Superfície plana (l < 2 %)	0,05 – 0,10
Média (2 % < l < 7 %)	0,10 – 0,15
Alta (l > 7 %)	0,15 – 0,20
Cobertura: Grama, solo pesado	
Superfície plana (l < 2 %)	0,13 – 0,17
Média (2 % < l < 7 %)	0,18 – 0,22
Alta (l > 7 %)	0,25 – 0,35

$$t = \frac{\Delta \Theta}{K'} \left[\psi - h \cdot \ln \left(1 + \frac{y}{h} \right) \right] \quad (V.5)$$

A equação (V.5) possibilita a determinação da profundidade da frente de avanço associada com um determinado tempo total de avanço, com o auxílio de um processo iterativo.

c) Infiltração d'água em um reservatório com carga variável

Para a situação de carga variável, o intervalo de tempo associado a um rebaixamento de profundidade y^t para y^{t+1} pode ser determinado pela expressão (V.6) derivada da integração da

equação (V.4), admitindo-se que a carga hidráulica mantenha-se constante no intervalo de tempo. Assim:

$$\Delta t = \frac{\Delta \Theta}{K'} \int_{y^t}^{y^{t+1}} \frac{h+y}{y} dy = \frac{\Delta \Theta}{K'} \left[F(y^{t+1}) - F(y^t) \right] \quad (V.6)$$

sendo y^t e y^{t+1} as profundidades da frente de avanço nos instantes inicial e final do intervalo de tempo Δt e $F(y^{t+1})$ e $F(y^t)$ funções da integral definida da equação (VI.6) nos limites y^{t+1} e y^t :

Para uma dada profundidade y e carga h , determina-se:

$$F(y^t) = \bar{h}^t + y^t - \bar{h}^t \cdot \ln(y^t + y^t) \quad (V.7)$$

$$F(y^{t+1}) = \bar{h}^t + y^{t+1} - \bar{h}^t \cdot \ln(y^t + y^{t+1}) \quad (V.8)$$

em que: \bar{h}^t é a carga hidráulica média no intervalo de tempo Δt , associada com a variação da profundidade da frente de saturação no caso de esvaziamento de um reservatório, isto é:

$$\bar{h}^t = \Delta \Theta (y^{t+1} - y^t) \quad (V.9)$$

d) Infiltração induzida por poços

A implantação de poços de infiltração na base de reservatórios amplia significativamente as taxas de infiltração, pois aumenta a carga hidráulica a um valor equivalente à altura do poço aumentando, também, a infiltração lateral, conforme esquema mostrado na Figura V.5. a seguir:

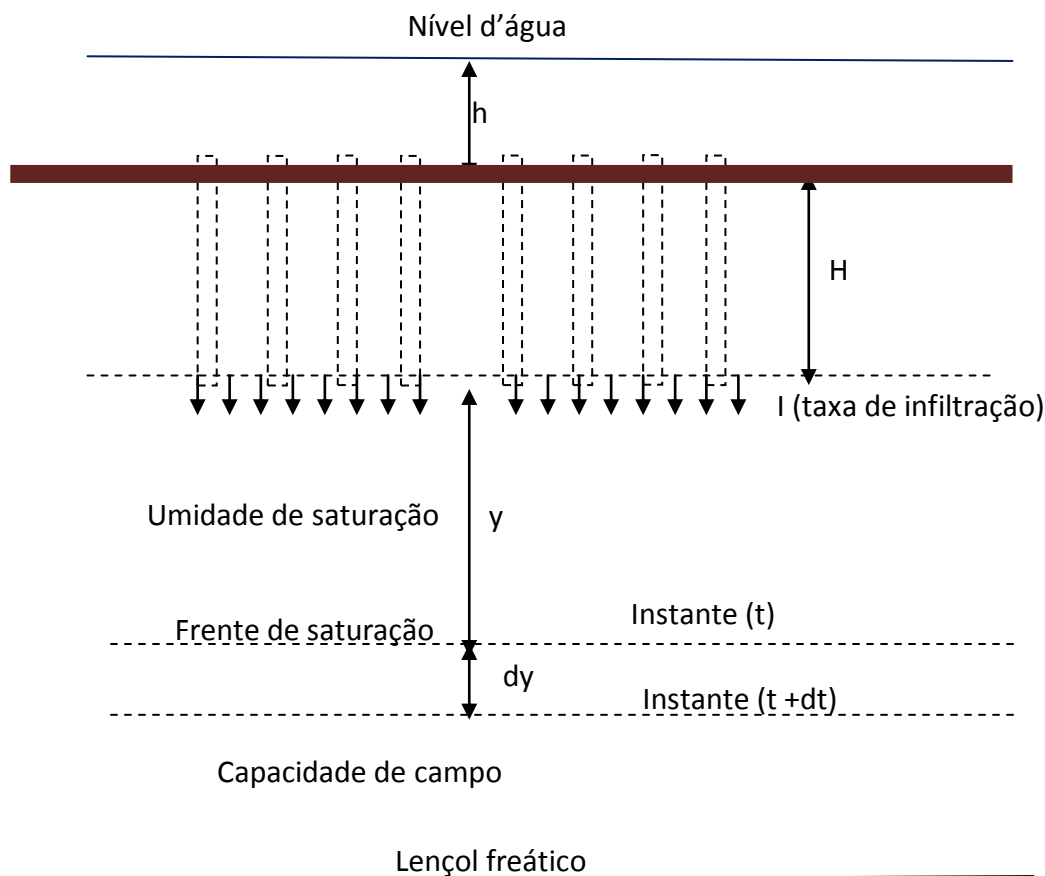


Figura V.5 – Esquema de recarga com poços de infiltração.

e) Infiltração em lagoas com afloramento do lençol freático

A infiltração em lagoas quando ocorre afloramento do lençol freático é determinada pelo fluxo de água subterrânea do aquífero aflorante, que depende das condições de contorno e das características hidrogeológicas do mesmo. Neste caso, a avaliação das perdas de água numa lagoa requer um estudo hidrogeológico de caráter regional.

f) Infiltração lateral em reservatórios

O esquema mostrado na Figura V.6 mostra a composição dos fluxos de saída de um reservatório de infiltração por unidade de comprimento, onde: q_1 é a vazão percolada pelo fundo da lagoa; q_2 é a vazão percolada pela projeção horizontal do talude do reservatório e q_3 é a vazão percolada horizontalmente.

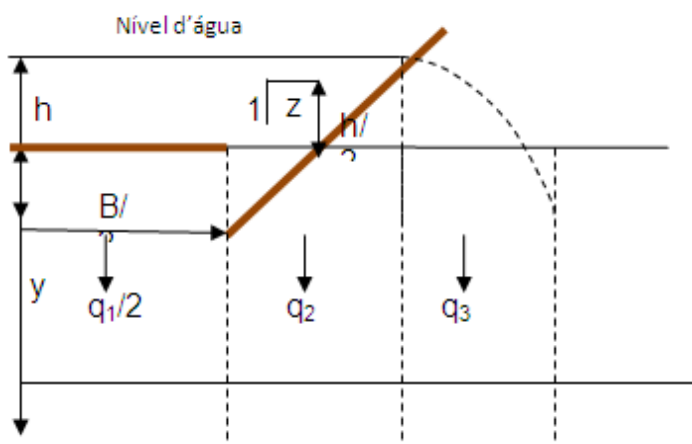


Figura V.6 – Composição dos fluxos de saída de um reservatório de infiltração por unidade de comprimento.

As equações (V.10), (V.11) e (V.12) permitem calcular os fluxos (q_1 , q_2 e q_3) em uma metade de um reservatório de infiltração simétrico:

$$q_1 = K_y \left(\frac{y+h}{y} \right) B \quad (V.10)$$

$$q_2 = K_y \left(\frac{y+h}{y+h/2} \right) z \cdot h \quad (V.11)$$

$$q_3 = \sqrt{2K_x K_y \left(\frac{h^3}{3y} + \frac{h^2}{2} \right)} \quad (V.12)$$

sendo K_x a permeabilidade horizontal; K_y a permeabilidade vertical; e z é a cotangente do ângulo que o talude do reservatório forma com a horizontal.

VI. MEDIDAS ESTRUTURAIS – MICRODRENAGEM

VI.1 - Considerações Gerais

As medidas estruturais de drenagem consistem em obras e intervenções que alteram fisicamente o meio, objetivando a redução de riscos de enchentes. Estas intervenções consistem em reservatórios de infiltração, retenção, detenção (amortecimento de cheias), implantação de galerias para coleta e transporte de águas pluviais, adequação de canais para aumento do escoamento, implantação de parques lineares, recuperação de várzeas e a renaturalização de cursos d’água que privilegiam a redução, o retardamento e o amortecimento do escoamento das águas pluviais.

Para a correta avaliação e dimensionamento do tipo de estrutura a ser implantado deve-se observar os seguintes critérios:

- Para o dimensionamento das estruturas hidráulicas, os projetos devem considerar cenários futuros quanto ao uso e ocupação do solo e respectivo grau de impermeabilização;
- Os principais parâmetros a serem considerados no dimensionamento dos elementos do sistema de micro-drenagem e macro-drenagem, são:
 - ◆ As condições hidrológicas da região (precipitação, caracterização pontual, espacial e temporal; dados de qualidade da água e produção de material sólido);
 - ◆ Caracterização da bacia quanto à geologia, tipo de solo, hidrogeologia (principalmente quanto ao nível do lençol freático), relevo, vazão natural dos cursos de águas receptores, ocupação urbana, população associada a cada sub-bacia para os cenários de interesse;
 - ◆ As condições de drenagem pré-ocupacional: sistemas de drenagem natural e construído, com as suas características físicas tais como: seção de escoamento, cotas, comprimentos e bacias contribuintes a drenagem;

- ◆ As condições construtivas quanto ao custo de implantação das redes e os métodos construtivos disponíveis.
- ◆ Definição dos cenários de planejamento quanto ao horizonte de projeto;
- ◆ O sistema de drenagem deve ser do tipo separador absoluto, não sendo permitida a execução de projetos de redes de drenagem com função de coleta de esgotos sanitários (sistema único).

VI.2 – Elementos estruturais hidráulicos

Boca de lobo

Bocas coletoras ou bocas de lobo são estruturas hidráulicas destinadas à captação das águas superficiais transportadas pelas sarjetas e sarjetões, que em seguida, encaminhá-las às canalizações subterrâneas; em geral situam-se sob o passeio ou sob a sarjeta.

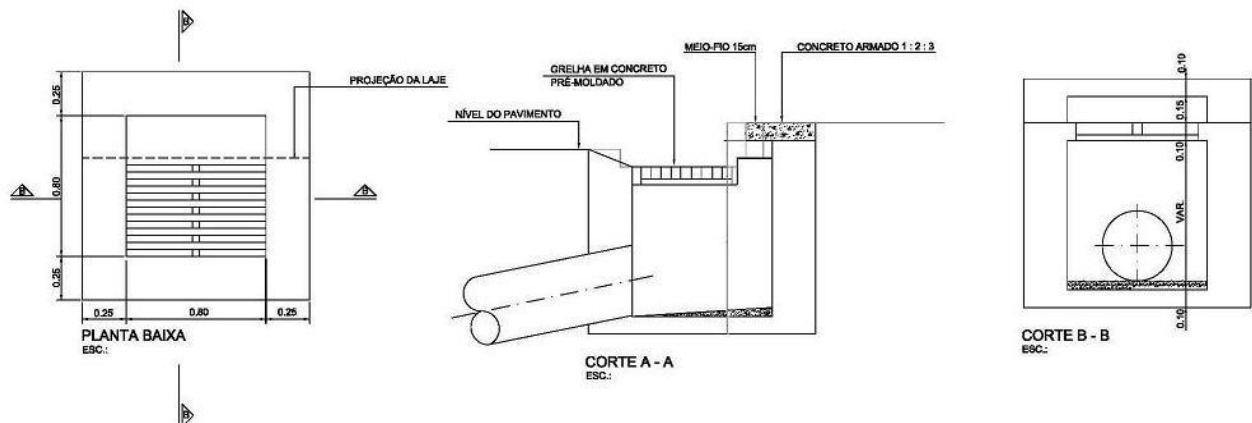


Figura VI.1 – Esquema de recarga com poços de infiltração.

São recomendadas as seguintes medidas:

- A profundidade das câmaras das bocas-de-lobo deve ser inferior ou igual a 1,00 metro, podendo ser superior a este quando existir algum obstáculo que impeça a

colocação do tubo de ligação para o poço de visita nesta altura, como passagem de outra tubulação, necessitando, neste caso, aumentar a profundidade da câmara;

- A melhor solução para a instalação de bocas-de-lobo é que esta seja feita em pontos pouco a montante de cada faixa de cruzamento usada pelos pedestres, junto aos cruzamentos de vias;

- Não é conveniente a sua localização junto ao vértice de ângulo de interseção das sarjetas de duas ruas convergentes, pelos seguintes motivos: (i) os pedestres, para cruzarem uma rua, teriam que saltar a torrente num trecho de máxima vazão superficial; (ii) as torrentes convergentes pelas diferentes sarjetas teriam, como resultante, um escoamento com velocidade em sentido contrário ao da afluência para o interior da boca-de-lobo;

- Deve-se otimizar ao máximo o número de bocas de lobo, utilizando ao máximo sua capacidade;

- A escolha do tipo de boca coletora (com ou sem grelha e com ou sem rebaixo) deverá ser analisada por diversos fatores físicos e hidráulicos, tais como ponto de localização, vazão de projeto, declividade transversal e longitudinal da sarjeta e da rua, interferência no tráfego e possibilidades de obstruções.

- As bocas coletoras localizadas em pontos baixos devem ser dimensionadas com uma folga adicional, considerando a possibilidade de obstruções em bocas coletoras situadas à montante, caso existam nas sarjetas contribuintes.

- Como toda obra de engenharia, a boca coletora não deve ser dimensionada para funcionamento com sua capacidade de captação limite igual à vazão de chegada, isto é, a vazão de definição de suas dimensões deve ser um pouco superior à vazão de projeto da sarjeta que a abastecerá. Alguns fatores podem ser citados para justificar este procedimento, tais como:

- ◆ obstruções causadas por detritos carreados pela água;
- ◆ irregularidades nos pavimentos das ruas, na sarjeta e na entrada da própria boca;
- ◆ Hipóteses de cálculo irrealis.

- As bocas-de-lobo podem ser classificadas quanto a estrutura de abertura:
 - a) **boca-de-lobo de guias lateral;**
 - ◆ pontos intermediários em sarjetas com pequena declividade longitudinal ($I < 5\%$);
 - ◆ presença de materiais obstrutivos nas sarjetas;
 - ◆ vias de tráfego intenso e rápido;
 - ◆ montante dos cruzamentos.
 - b) **boca-de-lobo com grelha;**
 - ◆ sarjetas com limitação de depressão;
 - ◆ inexistência de materiais obstrutivos;
 - ◆ em pontos intermediários de ruas com alta declividade longitudinal ($I > 10\%$).
 - c) **boca-de-lobo combinada.**
 - ◆ pontos baixos de ruas;
 - ◆ pontos intermediários da sarjeta com declividade média entre 5 e 10%;
 - ◆ presença de detritos.

Salienta-se que cada tipo inclui variações quanto às depressões (rebaixamento) em relação ao nível da superfície normal do perímetro e ao seu número (simples ou múltiplo).

Quando à localização ao longo das sarjetas, distinguem-se as seguintes:

- Intermediárias;
- De cruzamentos;
- De pontos baixos.

E quanto ao funcionamento:

- Livre, ou seja, depende da altura da água na sarjeta e da abertura da boca coletora que funciona como vertedor ;
- Afogada, que funciona como orifício, sendo estas mais freqüentes em pontos baixos e, na maioria, com grades.

E quanto ao número:

- Simples;
- Múltiplos.
- Pontos baixos;
- Sarjetas com grandes vazões.

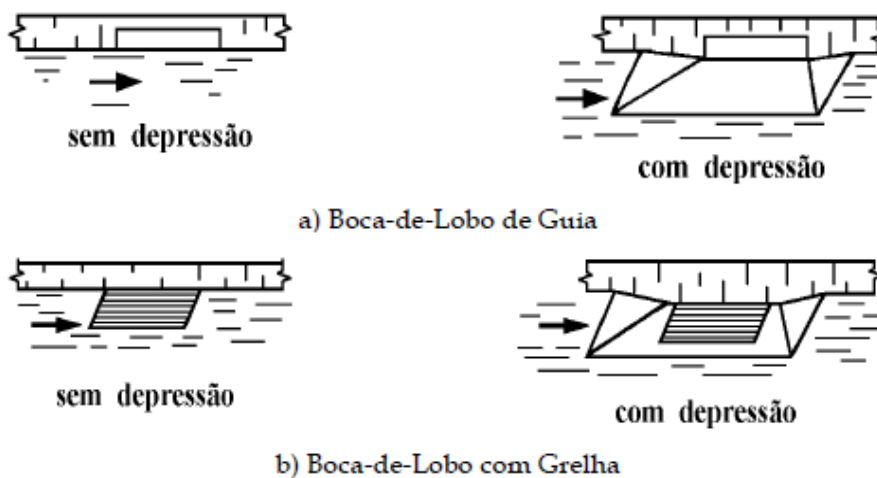


Figura VI.2- Tipos de bocas-de-lobo (DAEE/CETESB, 1980).

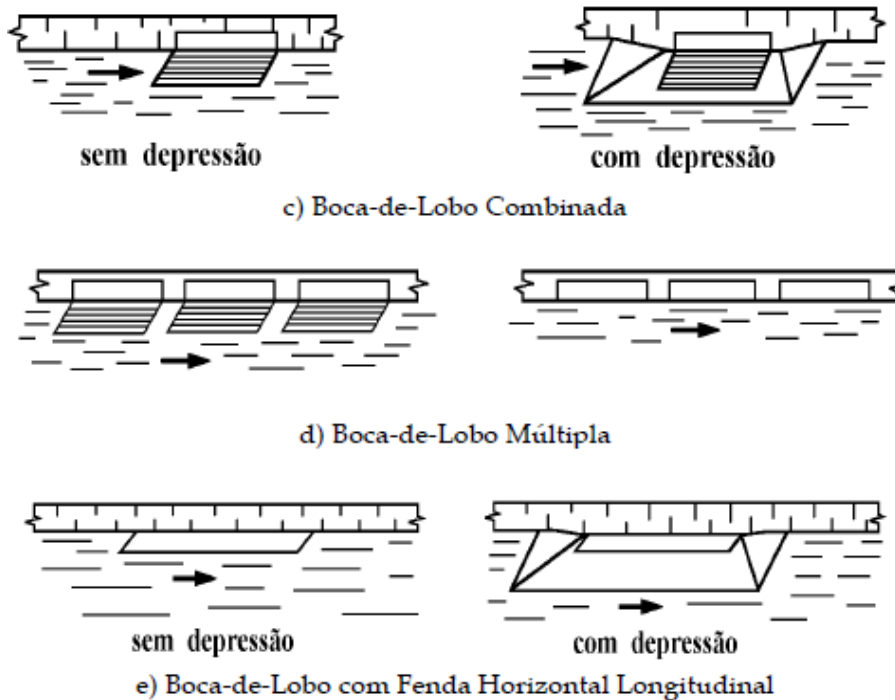


Figura VI.2 - (cont.) Tipos de bocas-de-lobo (DAEE/CETESB, 1980).

Dimensionamento Hidráulico da Rede

Bocas-de-Lobo

São dispositivos cuja função é captar os deflúvios provenientes das sarjetas, encaminhando-os para a rede de galerias. Assim, devem ser projetados de modo a conduzirem adequadamente esses deflúvios.

Capacidade de Captação da Boca-de-Lobo

A metodologia usual consiste na determinação do comprimento L da boca-de-lobo suficiente para captar a vazão na entrada da boca-de-lobo, uma vez definido o tipo e a eficiência de captação, que é a relação entre os deflúvios na entrada e a vazão captada.

A capacidade de captação da boca-de-lobo é calculada a partir do seu funcionamento hidráulico, que por sua vez, depende da relação entre o nível d'água acumulada na entrada (denominada de y) e a abertura no meio-fio (denominada de h).

Quando a boca-de-lobo adotada possui abertura no meio-fio, localizada em pontos intermediários da sarjeta, a entrada ocorre somente por um lado da sarjeta. Nesses casos, o nível de água acumulada y é menor que h e tem-se que a boca-de-lobo se comporta hidraulicamente como um vertedor retangular. A capacidade de captação é calculada pela expressão,

$$Q = 1,7Ly^{3/2} \quad (VI.1)$$

sendo Q a capacidade de captação (m^3/s), y a profundidade da lâmina numa seção próxima da entrada no meio-fio (m), L o comprimento da abertura da boca-de-lobo (m). Por outro lado, quando a água acumulada na entrada for maior que duas vezes a abertura do meio-fio, a boca-de-lobo funcionará como orifício e a capacidade de captação é obtida pela expressão,

$$Q = 3,01Lh^{3/2} \sqrt{\frac{y_1}{h}} \quad ; \quad y_1 = y - 0,5h \quad (VI.2)$$

Em que y_1 é a carga hidráulica do orifício (m).

Caso a boca-de-lobo esteja situada num ponto baixo da sarjeta, haverá a tendência de acúmulo de água proveniente das áreas de montante e cuidados especiais devem ser tomados. Nesse caso, a captação dos escoamentos ocorre nos dois lados da boca-de-lobo e a capacidade de captação é obtida somando-se as vazões. Nesse caso, a capacidade de captação é estimada utilizando o nomograma da Figura VI.4 em função da abertura do meio-fio (h) e da relação entre a altura da lâmina d'água na entrada e altura do meio-fio (y/h).

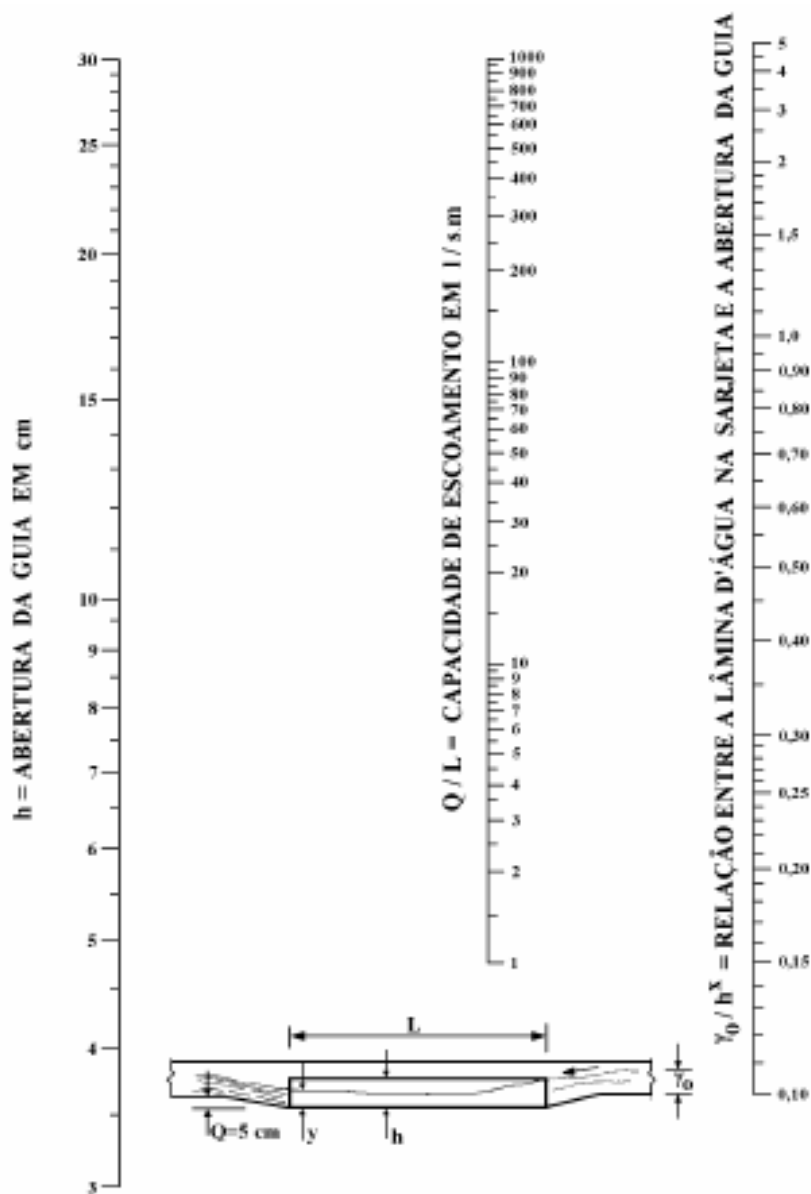


Figura VI.3 - Nomograma de cálculo da capacidade de captação de boca-de-lobo em ponto baixo da sarjeta, com depressão de 5 cm.

As bocas-de-lobo com grelha se comportam hidraulicamente como um vertedor em soleira livre para profundidade da lâmina menor que 12 cm e a vazão de captação é calculada usando a expressão da vazão através de orifício (equação VI.3)) substituindo L por P, onde P é o perímetro do orifício em m. Em situações onde a profundidade na entrada da boca-de-lobo é maior que 42 cm o calculo da vazão usa a seguinte expressão,

$$Q = 2,91A\sqrt{y} \quad (VI.3)$$

sendo A a área da grade excluindo as áreas ocupadas pelas grelhas (m²).

O cálculo da capacidade de captação da boca-de-lobo combinada (abertura do meio-fio e grelha) é feito considerando a soma das vazões captadas pela abertura e pela grelha individualmente. A capacidade de esgotamento da boca-de-lobo calculada é multiplicada por um fator de redução, o que pode estar associado a alguns fatores responsáveis pela redução na capacidade: presença de material sólido ou areia, irregularidade no pavimento ou no alinhamento do meio-fio. A Tabela VI.1 apresenta os fatores de redução recomendados em função do tipo e localização da boca-de-lobo.

Tabela VI.1 - Fatores de Redução recomendados em função do tipo e localização.

Localização Na Sarjeta	Tipo	% Permitida Sobre Valor Teórico
Ponto Baixo	Abertura da Guia	80
	Com Grelha	50
	Combinada	65
Ponto Intermediário	Abertura da Guia	80
	Grelha longitudinal	60
	Grelha transversal ou longitudinal	60
	Barras transversais combinadas	110% sobre valores indicados p/ a grelha correspondente

Rede de Galerias

A rede de galerias que compõe a rede pluvial é dimensionada utilizando a equação de resistência de Manning. O valor do coeficiente de rugosidade de Manning (n) reflete as características do material de revestimento interno do conduto. A Tabela VI.2 apresenta os valores recomendados. Assim, o dimensionamento dos condutos pluviais circulares é efetuado considerando escoamento a seção plena, ou seja,

$$R_h = D/4$$

Assim, substituindo o raio hidráulico na equação de Manning, tem-se:

$$D = 1,548 \left(\frac{nQ}{\sqrt{I}} \right)^{3/8} \quad (VI.4)$$

Em que D é o diâmetro interno do conduto (m), n é o coeficiente de rugosidade de Manning, Q é a vazão (m³/s) e I é a declividade longitudinal do conduto (m/m).

O projeto e dimensionamento da rede de galerias obedecem às seguintes etapas:

- a) Identificação dos divisores de bacia e análise do percurso do escoamento nas sarjetas;
- b) estabelecimento dos trechos da rede de drenagem e seus respectivos nós;
- c) identificação dos pontos críticos de inundação na bacia de drenagem;
- d) o traçado da rede de galerias levará em conta a necessidade hidráulica de dispositivos de captação ao longo da sarjeta. A locação das bocas-de-lobo utilizará como critério a saturação da sarjeta. Ou seja, a boca-de-lobo será locada sempre que a vazão contribuinte da sub-bacia de montante for maior que a capacidade de descarga admissível da sarjeta;
- e) Cálculo do tempo de concentração em cada nó da rede considerando os percursos de escoamento anteriormente estabelecidos. O tempo de concentração num determinado nó para onde aflui dois ou mais percursos será igual ao maior valor dos tempos de escoamento obtidos;

- f) Cálculo da intensidade máxima, obtida a partir da relação intensidade-duração-frequência (IDF) da localidade;
- g) Cálculo da área total de contribuição, obtida pelo somatório de todas as sub-bacias contribuintes para o nó em questão;
- h) Determinação do coeficiente de deflúvio representativo da bacia de contribuição de montante, obtido pelo seu valor médio ponderado considerando os diferentes tipos de superfícies;
- i) Cálculo da vazão máxima utilizando o Método Racional;
- j) Dimensionamento do conduto pluvial relativo ao trecho de jusante do nó em questão.

Tabela VI.2 - Coeficiente de Manning em função do material de revestimento interno dos condutos.

TIPO DE CANAL	N DE MANNING		
	mínimo	médio	máximo
CONDUTOS PARCIALMENTE CHEIOS			
Galeria reta e livre de detritos	0,01	0,011	0,013
Galeria com curvas, conexões e poucos detritos	0,011	0,013	0,014
Tubo em concreto com poços de visita	0,013	0,015	0,017
Sem acabamento, superfície rugosa	0,015	0,017	0,02
Sem acabamento, superfície alisada	0,012	0,013	0,014
Metal corrugado	0,021	0,024	0,03
Tubos cerâmicos	0,011	0,013	0,017
CANAL A CÉU ABERTO			
Acabamento liso	0,013	0,015	0,016
Sem acabamento	0,014	0,017	0,02
Acabado (margens) com cascalho (liso)	0,015	0,017	0,02
Projetado, seção uniforme	0,016	0,019	0,023
Projetado, seção não uniforme	0,017	0,022	0,025
Pedra argamassada	0,02	0,02	0,024
Pedra argamassada (margens) com fundo em conc. acabado		0,023	0,026

Tubos de ligação

Os tubos de ligação são canalizações (em geral, tubulações) destinadas a transportarem as águas coletadas nas bocas coletoras até os poços de visita.

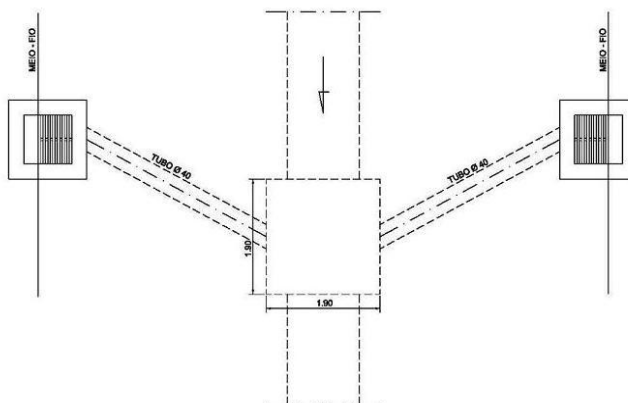


Figura VI.4 - Detalhe e dimensões de ligação das bocas de lobo com poço de visita

O diâmetro mínimo das ligações das bocas de lobo com o poço de visita é de 0,40m para facilitar a manutenção. Os condutos de ligação deverão ser executados com declividade mínima de 1%.

Poço de visita

Os poços de visita são câmaras visitáveis através de uma abertura na sua parte superior, destinada a permitir o acesso às canalizações para inspeção e limpeza, de modo que se possa mantê-las em bom estado de funcionamento. Também existem as chamadas caixas de ligação ou caixas mortas, que são caixas de alvenaria de tijolo maciço subterrâneas não visitáveis, com finalidade de reunir condutos de ligação ou estes à galeria. Tanto os poços de visita, quanto as caixas de ligações tem a função de reunir dois ou mais trechos de galerias consecutivas.

Algumas exigências construtivas devem ser cumpridas:

- A distância máxima entre os poços será conforme as seguintes condições:

- A distância entre PV deve ser no mínimo de 30,00 m e no máximo de 40,00 m, para o caso em que a declividade está compreendida no intervalo 0,0001 – 0,004 m/m;
- A distância entre PV deve ser no mínimo de 40,00 m e no máximo de 60,00 m, para o caso em que a declividade está compreendida no intervalo 0,0004 – 0,01 m/m.
- Todas as cotas de projeto devem se referir a geratriz inferior dos tubos;
- Sua locação é sugerida nos pontos de mudanças de direção, cruzamento de ruas (reunião de vários coletores), mudanças de declividade e mudança de diâmetro;
- Em um poço de visita, a cota da geratriz inferior da galeria de jusante será superior a geratriz inferior da galeria de montante;
- A câmara de trabalho do poço de visita pode ser de seção circular, quadrada ou retangular, onde se realizam todas as manobras internas, manuais ou mecânicas, por ocasião dos serviços de manutenção de cada trecho, adotando-se as dimensões necessárias para o desenvolvimento dessas atividades;
- O movimento de entrada e saída dos operadores no poço de visita é feito através de uma escada de ferro com revestimento de mangueira de PVC, tipo marinho afixada degrau em degrau, na parede do poço.
- A fim de permitir o movimento vertical de um operador, a chaminé, bem como o tampão terão diâmetro mínimo útil de 0,60m. O balão, sempre que possível, terá uma altura útil mínima de 1,40 metros, para que o operador maneje com liberdade de movimentos os equipamentos de limpeza e desobstrução no interior do mesmo. A chaminé, não deverá ter altura superior a 2,0 m, por recomendações funcionais, operacionais e, até, psicológicas para o operador;
- Recomenda-se a instalação de poços de visitas nas seguintes localizações: nas cabeceiras das redes; nas mudanças de direção das galerias; nas alterações de diâmetro; nas alterações de posição e/ou direção de geratriz inferior da tubulação; nos desníveis nas calhas; nas mudanças de material; nos encontros de coletores;

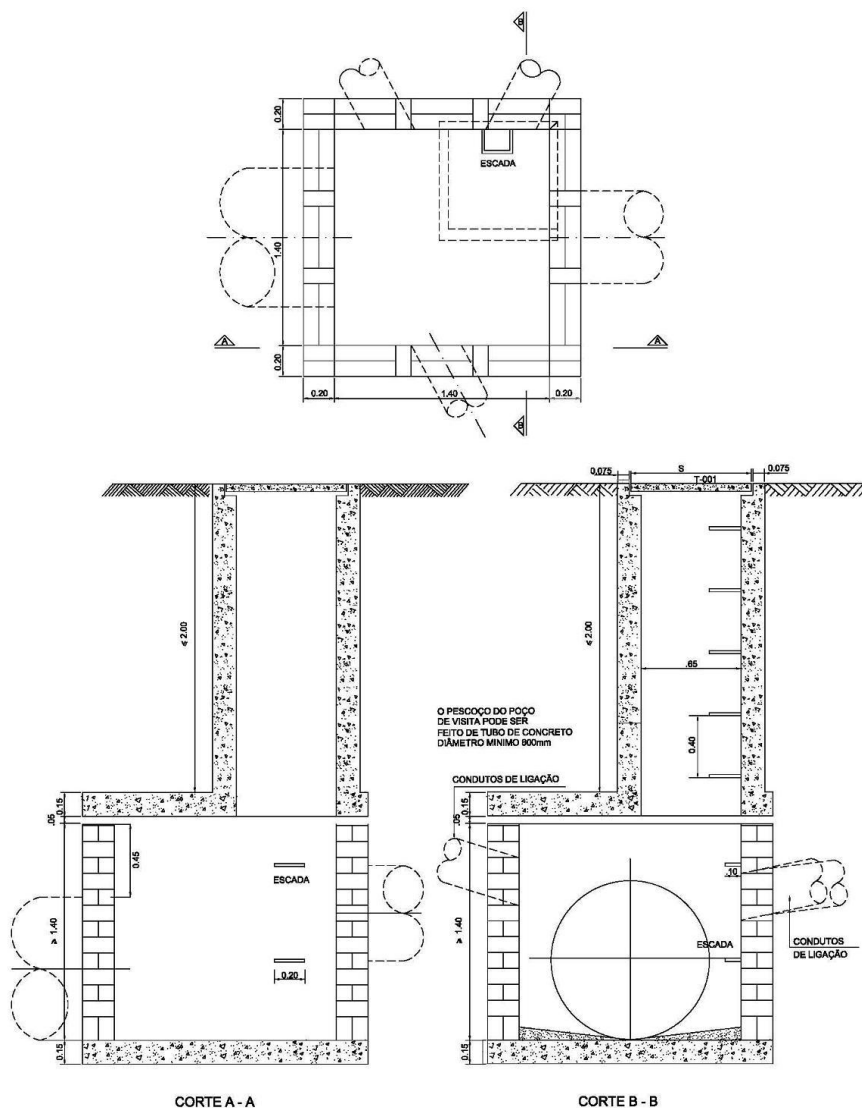


Figura VI.5 - Detalhes e dimensões de poço de visita.

Galerias

Galerias são condutos destinados ao transporte das águas captadas nas bocas coletoras até os pontos de lançamento.

Deve ser observado o seguinte conjunto de regras básicas para a implantação de um sistema de galerias:

- Reservar o eixo da rua para implantação de galeria drenagem, já que esta possui os maiores diâmetros, necessitando de maiores faixas de terreno para escavações;
- Reservar uma faixa de domínio correspondente a base maior de um trapézio imaginário, onde a base menor seria determinada pela medida externa da galeria e a altura pela distância compreendida entre a cota inferior da galeria e o nível da pavimentação, do terreno natural ou cota determinada pelo órgão gestor na drenagem urbana. Considerando as características do solo da zona urbana de Natal, para o cálculo da base maior do trapézio será utilizado um ângulo de 45° entre a altura e a base menor. Em qualquer situação, a medida mínima para a faixa de domínio não poderá ser inferior a 3,00 m, ou seja, 1,50 m do eixo da galeria para cada lado;
- O diâmetro mínimo da galeria principal é de 0,60 metro para facilitar a manutenção;
- Para os tubos de dimensão interna de até 1.500 mm, utilizar-se-á tubos de concreto de seção circular, podendo este ser superior quando em aço ou outro material apropriado;
- Para os condutos de dimensão interna superior a 1.500 mm utilizar-se-á galerias de concreto de seção retangular;

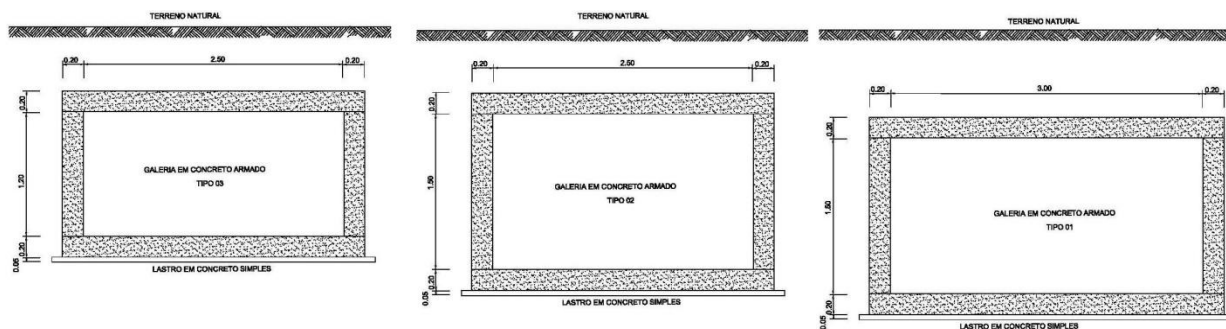


Figura VI.6 - Detalhe de galerias de seção retangular.

- Os tubos de ligação entre as captações e os poços de visita devem ser em concreto simples, classe PS-1 (NBR 8890/2003) nos diâmetros de 0,40 e 0,50 m;

- Para a rede de drenagem pluvial, as galerias devem ser em concreto armado, classe PA-1 (NBR 8890/2003) nos diâmetros de 0,60; 0,80; 1,00 e 1,50 m.
- A altura da lâmina d'água considerada no dimensionamento dos condutos circulares é à 0,95 D e dimensionadas para funcionar como condutos livres;
- O recobrimento mínimo recomendado para os tubos é de 0,60 metros;
- A velocidade da água nas galerias não deverá ser inferior a 0,75 m/s para tubos e galerias de concreto, para que não ocorra sedimentação natural do material sólido em suspensão na água, principalmente areia, no interior das canalizações, garantindo assim as condições de auto limpeza;
- A velocidade da água nas galerias não deverá ser superior a 5,00 m/s para tubos e galerias de concreto, pois, acarretariam danos às mesmas tanto como devido ao poder abrasivo do material sólido em suspensão quanto pelos efeitos da turbulência devido ao grande valor de energia cinética e pulsos de pressões locais. O valor limite da velocidade máxima é função do material de revestimento das paredes internas dos condutos.
- O coeficiente de rugosidade adotado para os tubos de concreto de seção circular quando se utilize a equação de Manning (n) é igual a 0,013;
- O coeficiente de rugosidade adotado para galerias de concreto de seção retangular quando se utilize a equação de Manning (n) é igual a 0,013;
- No levantamento topográfico deve-se proceder o nivelamento geométrico com cotas nos cruzamentos das ruas, mudança de direção e mudança de “greides” das vias públicas;
- Deve-se consultar o cadastro de rede de esgotos ou de outros serviços que possam interferir na área de projeto;
- O deságüe das águas pluviais transfere para jusante escoamentos mais críticos já que se concentram fluxos, inexistentes sem as obras de infraestrutura. Para que esse acréscimo de vazão máxima não comprometa as áreas de jusante, dentro do possível, deve-se utilizar o amortecimento de volumes de água através de dispositivos como: tanques, lagos e pequenos reservatórios abertos ou enterrados, entre outros;

- A declividade de cada trecho é estabelecida a partir da inclinação média do terreno ao longo do trecho de galeria, do diâmetro equivalente e dos limites de velocidade.
 - Adota-se a declividade transversal para as vias igual a 3,5%;
 - Atente-se para o fato de que quanto maior a declividade das galerias maior será a velocidade de escoamento e quanto maior as dimensões transversais dos condutos menor será a declividade necessária.
 - As dimensões das galerias são sempre crescentes para jusante não sendo permitida a redução da seção no trecho seguinte mesmo que, por um acréscimo da declividade natural do terreno, o diâmetro até então indicado passe a funcionar superdimensionado;
 - Nas mudanças de diâmetro, os tubos deverão ser alinhados pela geratriz superior;
 - A rede coletora deve ser lançada em planta baixa (escala 1:2.000 ou 1:1.000), de acordo com as condições naturais do escoamento superficial. Algumas regras básicas para o traçado da rede são as seguintes:
 - Os divisores de bacias e as áreas contribuintes a cada trecho (ponto de coleta) deverão ficar convenientemente assinalados nas plantas;
 - Os trechos em que o escoamento se dê apenas pelas sarjetas devem ficar identificados por meio de setas;
 - A solução mais adequada, em cada rua, é estabelecida, economicamente, em função da sua largura e condições de pavimentação;
 - O amortecimento do escoamento é realizado nas áreas baixas junto a drenagem principal.
 - Preferencialmente os sistemas de detenção devem estar integrados de forma paisagística na área; neste caso, poderá ser necessário utilizar detenções ou retenções internas ao parcelamento, na forma de lagos permanentes ou secos integrados ao uso previsto para a área;

- O projeto deve estabelecer a área máxima impermeável de cada lote do parcelamento, além das áreas comuns.

Corta água

Os corta-águas são elementos de captação de drenagem dispostos transversalmente a via pública tendo a função de impedir que o fluxo de água pluvial siga a declividade do pavimento. As seguintes orientações devem ser seguidas:

- Corta-águas serão locadas, preferencialmente em cruzamento de vias, nos pontos baixos, sendo necessário para evitar escoamento indesejável para jusante, em situações em que as sarjetas são insuficientes para o transporte do mesmo e existam alta declividade;
- A profundidade das câmaras dos corta-águas não podem ser superior a 1,00 metro;
- No cálculo da capacidade de esgotamento dos corta-água deve-se levar em consideração valores menores que a calculada devido à obstrução causada por detritos e por outros fatores;
- Na escolha para a solução de corta-água tipo boca coletora deverá ser considerado os diversos fatores físicos e hidráulicos, tais como ponto de localização, vazão de projeto, declividade transversal e longitudinal da sarjeta e da rua, interferência no tráfego e possibilidades de obstruções.

Cálculo da capacidade de descarga da sarjeta

A água pluvial, após escoar sobre as superfícies, alcança a via pública. A seção transversal com geometria abaulada da via, por sua vez, encaminha o fluxo em direção à sarjeta, que dispõe de uma declividade longitudinal capaz de produzir o escoamento rua abaixo. Caso os deflúvios produzidos na bacia sejam superiores a capacidade hidráulica da sarjeta, ocorrerão alagamentos na rua e na calçada, com conseqüências para o tráfego de pedestres e veículos.

Assim, a capacidade hidráulica da sarjeta deve ser calculada considerando as seguintes condições:

- Nível da superfície do escoamento alcançando o eixo da via (situação máxima admissível);
- Nível da superfície do escoamento inundando parte da seção da via, possibilitando o tráfego de veículos por uma faixa de tráfego.

A seção transversal é formada pela composição da sarjeta e pavimento. A altura máxima da lâmina de fluxo na sarjeta é de 0,15 m. A declividade transversal do pavimento deve variar entre 2% e 3%. O esquema básico da composição sarjeta-via pública está apresentado na Figura VI.8. Observa-se que a sarjeta dispõe de uma declividade transversal maior que a da via.

Os elementos geométricos básicos apresentados na Figura VI.8 são: W - largura da sarjeta (m), L - largura do escoamento (m), y_0 - profundidade da lâmina na sarjeta (m) h - altura do meio-fio (m), Z_0 - declividade transversal da sarjeta, Z_1 - declividade transversal do pavimento.

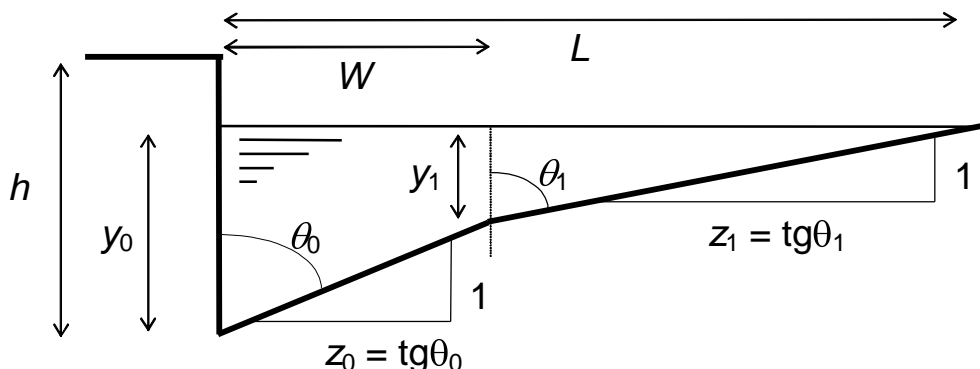


Figura VI.8 -Esquema básico da composição sarjeta-via pública.

O cálculo da capacidade teórica da composição sarjeta-via pode ser realizado usando a equação modificada de Manning obtida por Izzard considerando a seção de escoamento, o coeficiente de Manning e a declividade longitudinal:

$$Q = 0,375 y_0^{8/3} \left(\frac{Z}{n} \right) \sqrt{I} \quad (VI.5)$$

A capacidade teórica da composição é calculada com base na composição apresentada na Figura III.4. De acordo com o esquema, a descarga teórica admissível é dada por:

$$Q = Q_1 - Q_2 + Q_3 \quad (VI.6)$$

Desenvolvendo os termos da expressão, obtém-se:

$$Q_{Teórica} = \frac{0,375}{n} \sqrt{I} \left[\left(Z_0 \cdot y_0^{8/3} \right) - \left(Z_0 \cdot y_1^{8/3} \right) + \left(Z_1 \cdot y_1^{8/3} \right) \right] \quad (VI.7)$$

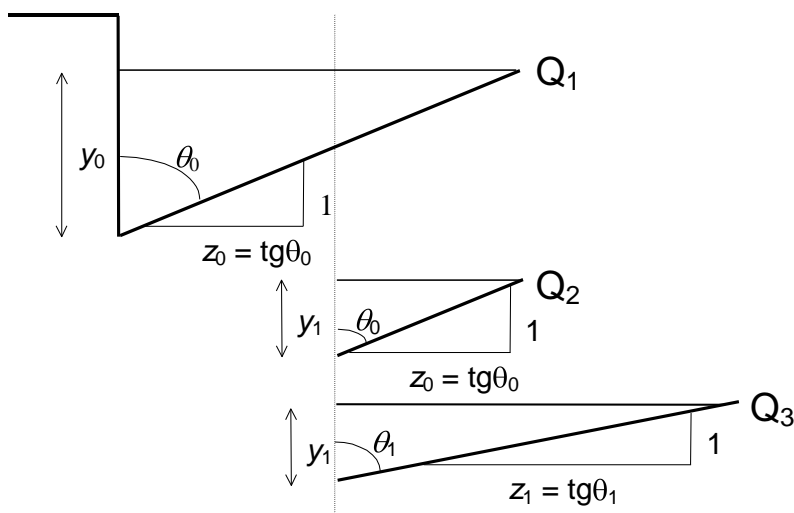


Figura VI.9 - Seção composta do conjunto sarjeta-via usada no cálculo da descarga teórica admissível.

O valor do coeficiente de rugosidade de Manning (n) depende do tipo de superfície onde ocorre o escoamento. A Tabela III.3 apresenta os valores recomendados.

Tabela VI.3 - Valores recomendados do coeficiente de Manning para diferentes superfícies.

TIPO DE REVESTIMENTO	n DE MANNING
Asfalto liso	0,011
Concreto liso/rugoso	0,012
Piso cerâmico	0,015
Pavimento intertravado/paralelepípedo	0,024
Gramados	0,15 – 0,24
Vegetação arbustiva	0,40 – 0,80
Plantações rasteiras	0,13

A capacidade de descarga na sarjeta é avaliada pela expressão,

$$Q = Q_{Teórica} \cdot FR \quad (VI.8)$$

sendo FR um fator que reduz a capacidade teórica da sarjeta. O seu valor considera a possibilidade de obstrução da sarjeta causada por sedimento, lixo ou falha construtiva.

Os valores de FR recomendados estão apresentados na Figura III.5 em função da declividade longitudinal da via.

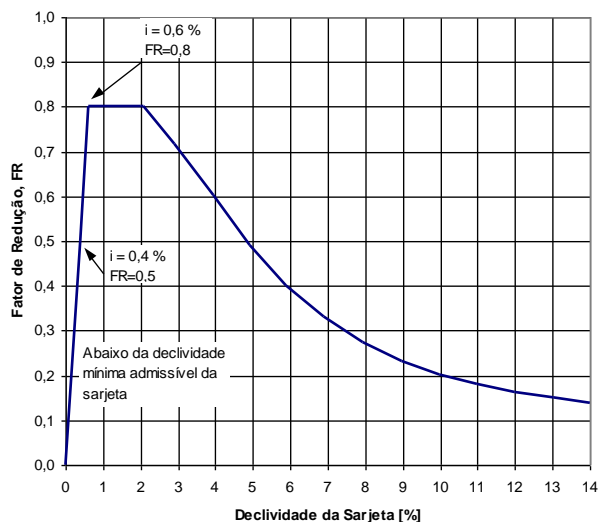


Figura VI.10 - Fator de redução da capacidade teórica admissível na sarjeta Meio-fio

Meio-fio, também conhecido por guia, é a faixa longitudinal de separação do passeio com o leito viário, constituindo-se de peças de granito ou peças de concreto.

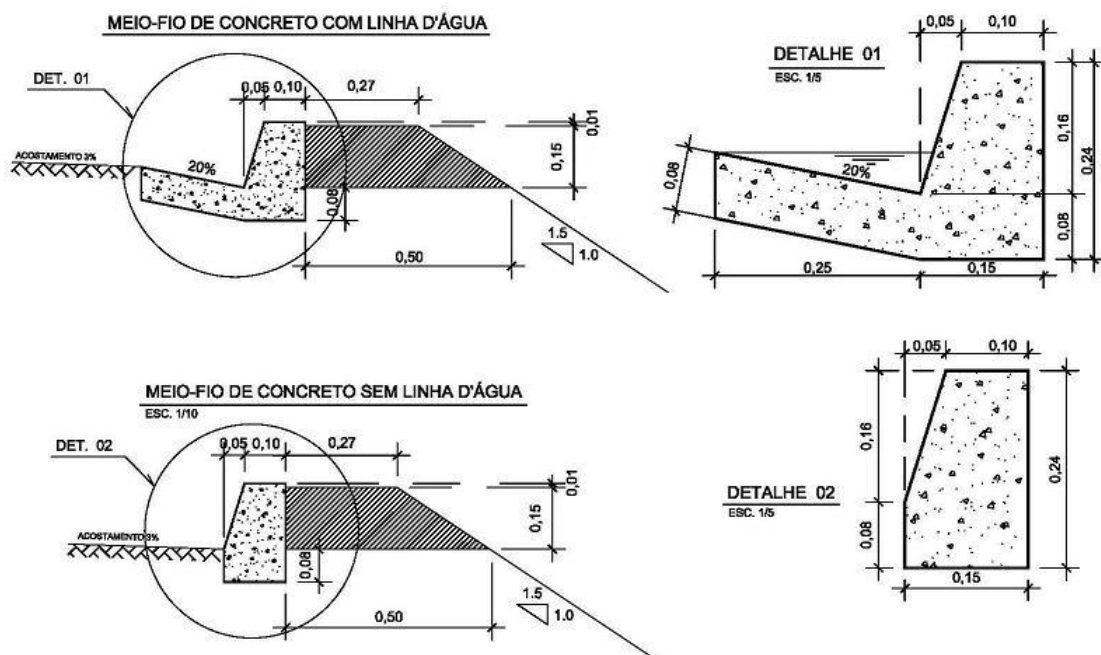


Figura VI.11 - Detalhes de meio-fios de concreto

- As velocidades de escoamentos máximas e mínimas nas sarjetas devem ser observadas: 3,00 m/s e 0,75 m/s respectivamente;
- A altura normal dos meio-fios é de 15 centímetros, podendo chegar até 20 centímetros em casos especiais.

Dissipador de energia

Dissipadores de energia são dispositivos que visam promover a redução da velocidade de escoamento nas entradas, saídas ou mesmo ao longo da própria canalização, de modo a reduzir os riscos dos efeitos de erosão nos próprios dispositivos ou nas áreas adjacentes. Como regra geral:

- Recomenda-se a confecção em concreto armado;
- Os dissipadores poderão ter diferentes formas cuja adoção será definida no projeto específico, em função das descargas a serem dissipadas e das condições de deságüe.

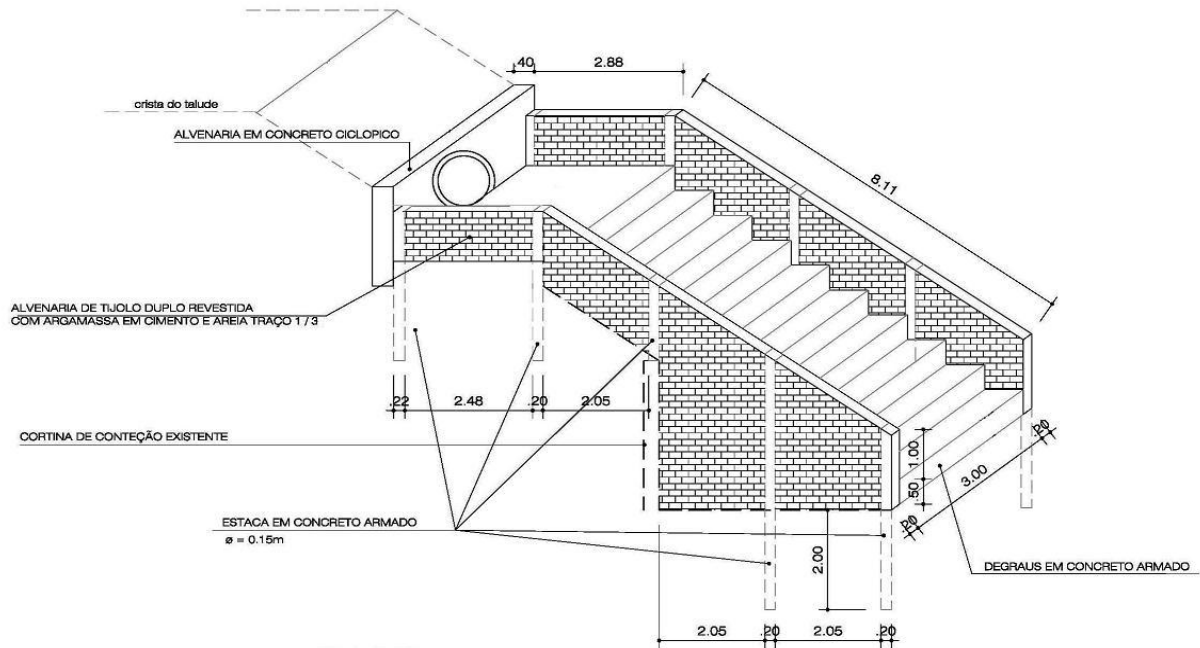


Figura VI.12 - Perspectiva de dissipador de energia.

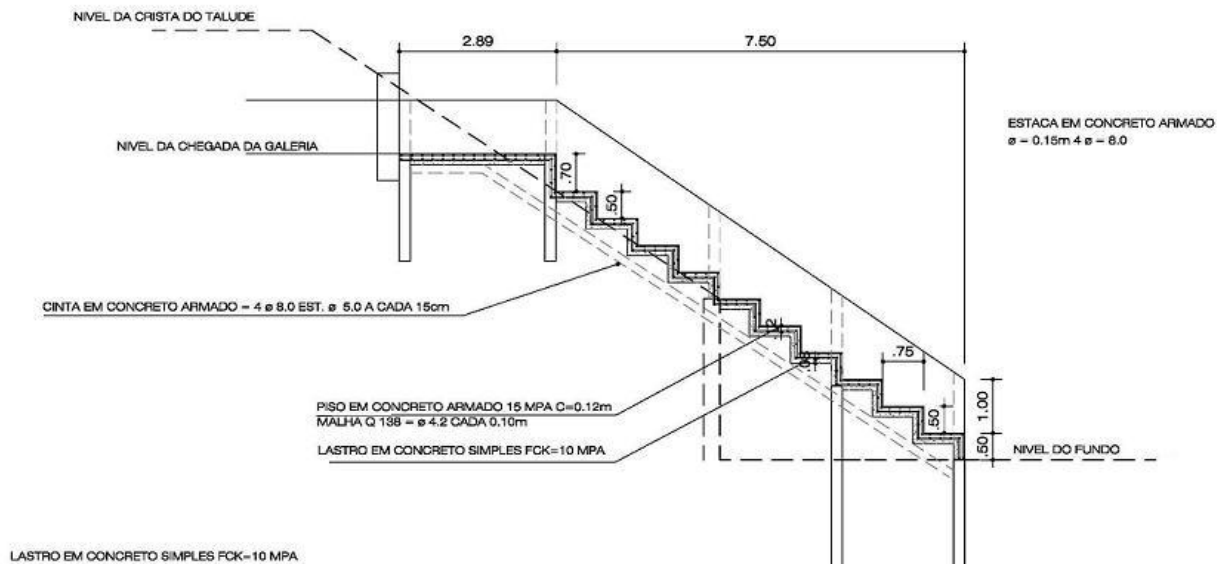


Figura VI.13 - Corte de um dissipador de energia.

Lagoas de acumulação e infiltração

Lagoas são estruturas que acumulam temporariamente as águas pluviais com a função de amortecer as vazões de cheias e reduzir os riscos de inundações a jusante. Quando mantido seco na estiagem, o reservatório é chamado de reservatório (ou bacia) de detenção. Quando o reservatório mantém um volume permanente de água, é chamado de reservatório (ou bacia) de retenção.

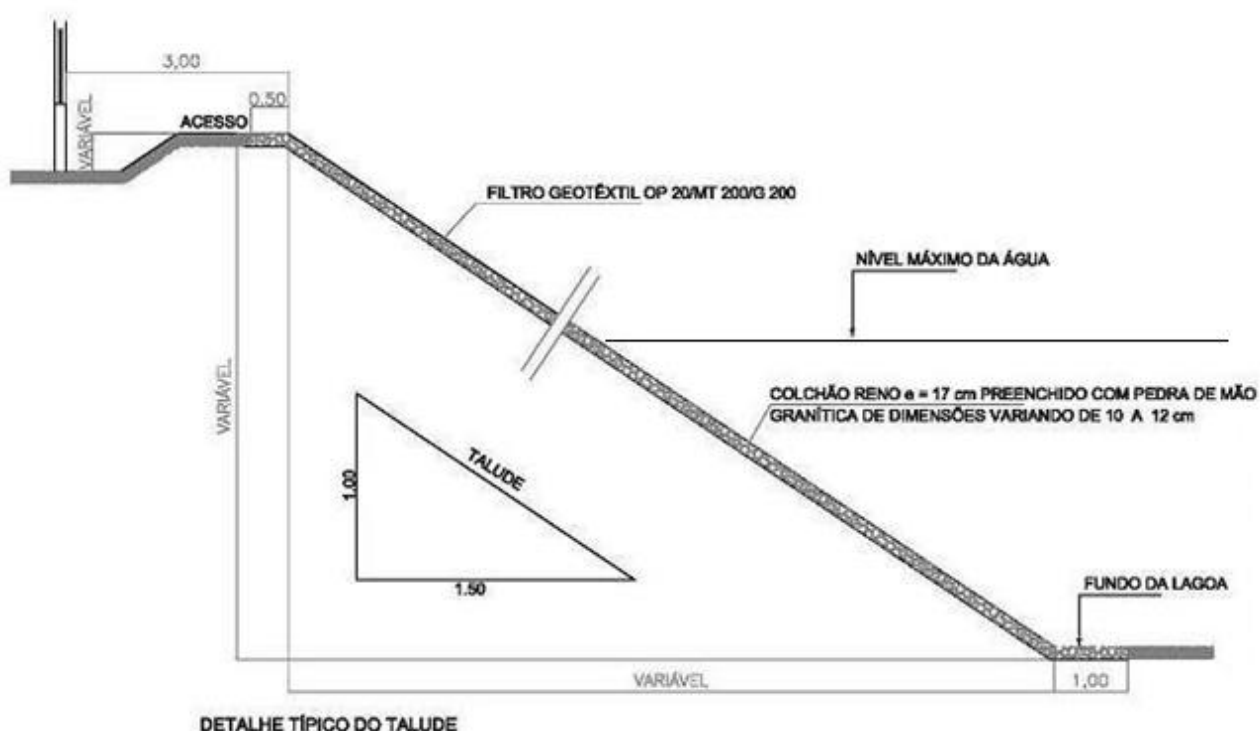


Figura VI.14 - Detalhe do talude de uma lagoa e respectivo revestimento e a canaleta de chegada das águas pluviais na lagoa.

Devem ser seguidos:

- Recomenda-se para o revestimento dos taludes:
 - Colchão Reno;
 - Placas pré-moldadas de concreto porosas com aberturas que permitam a infiltração sempre aplicadas sobre manta geo-têxtil;
 - grama.

- A lagoa deverá ser protegida por cerca ou muro que deve ter altura mínima de 2,00 metros e elementos que impeçam a passagem principalmente por crianças;
- Para maior durabilidade recomenda-se a utilização para o fechamento de tela em arame galvanizado ou zincados à quente.



Figura VI.15 - Detalhe da placa de concreto poroso de revestimento para lagoa de infiltração.

- A localização dos reservatórios dependerá dos seguintes fatores: em áreas a serem desenvolvidas, deve-se procurar localizar o reservatório nas regiões de baixo valor econômico, aproveitando as depressões naturais ou parques existentes. Um bom indicador de localização são as áreas naturais que formam pequenos lagos antes do seu desenvolvimento;

- Sempre que possível deve-se integrar a lagoa parques, pode permitindo um melhor aproveitamento por parte da população como um ambiente recreacional;
- Recomenda-se nas lagoas de acumulação e infiltração a implantação de drenos profundos para aumentar a capacidade de armazenamento e infiltração da lagoa;
- Recomenda-se a utilização de sondagem geotécnica quando da implantação de lagoa de acumulação e infiltração, podendo ser dispensada para lagoas de amortecimento de cheias (detenção). Também imprescindível a sondagem geotécnica para a implantação de drenos profundos;
- Realização de testes de infiltração no fundo das lagoas;
- Implantação de drenos profundos nos fundos das lagoas para aumentar o volume infiltrado, conforme modelo abaixo:

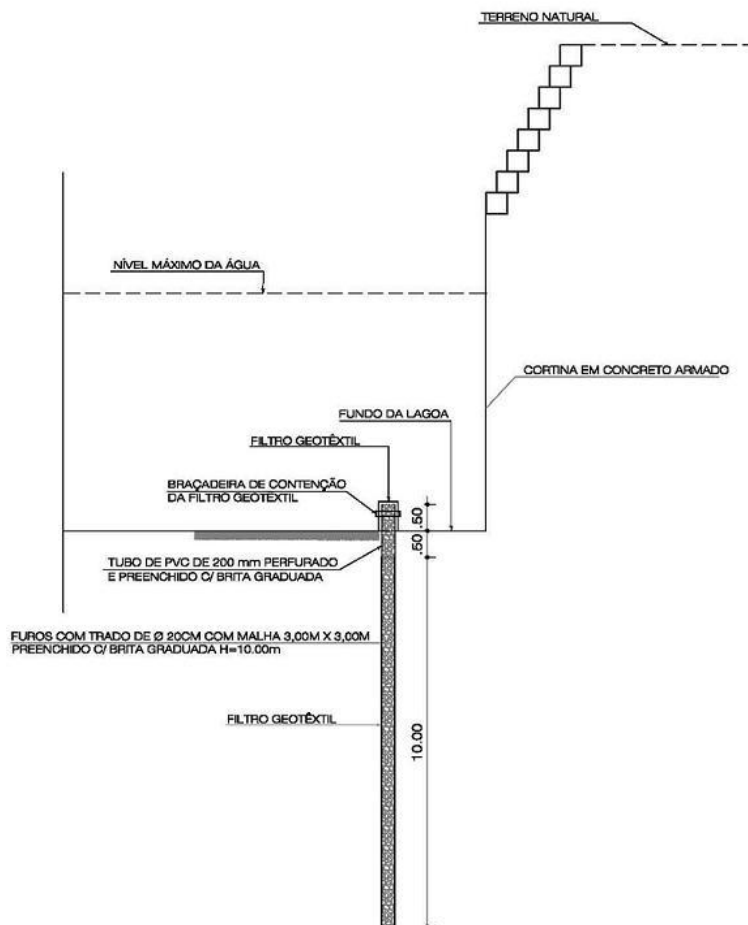


Figura VI.16 - Detalhe do dreno profundo no fundo da lagoa.

- Para os projetos que utilizam extravasor o tempo de recorrência utilizado pode ser de 10 anos.

Estação Elevatória

Estações elevatórias são estruturas e instalações projetadas, construídas e equipadas, para transportar águas pluviais do nível de sucção ou de chegada ao nível de recalque ou de saída, acompanhando aproximadamente as variações de vazões afluentes.

Os seguintes procedimentos devem ser obedecidos:

- O dimensionamento do diâmetro das tubulações deve ser realizado em função das velocidades máximas e mínimas recomendadas, das perdas de carga, vazões e de critérios econômicos;
- O cálculo da espessura da parede dos tubos deve ser realizado em função do diâmetro, pressão do fluido, tensão admissível do material e golpe de aríete;
- Na condição de duas ou mais bombas recalçando em paralelo os tubos ligados às flanges de sucção e de recalque das bombas poderão ter diâmetros menores, desde que seja observada a velocidade máxima nos mesmos e que não haja acréscimo de perdas de carga;
- Instalações de gradeamento deverão ser instaladas imediatamente a montante do poço de sucção, com o intuito de remover os sólidos em suspensão que possam prejudicar as bombas;
- Os projetos devem apresentar todas as tubulações com válvulas e acessórios, os suportes de tubulação; as bombas e os respectivos motores, com a indicação do desenho de contorno das bases dos mesmos; planta baixa da estação elevatória, indicando: portas, janelas, acessos aos poços, aberturas para ventilação e linha de centro da monovia e outros elementos que se fizerem necessários assim como a relação de peças das tubulações com as respectivas especificações e desenhos de projeção vertical (cortes);
- As bombas submersas devem ter, para cada uma, uma válvula de retenção (bloqueio) na tubulação de recalque;
- Não se recomenda a utilização de bombas centrifugas que necessite ser escorvada;
- Todas as bombas devem ter tubulação de sucção independente;
- Para bombas operando em paralelo, não é permitida a colocação de uma única válvula de retenção;
- A tubulação de sucção no interior do poço deve obedecer aos requisitos de instalação determinados pelo fabricante da bomba, no que tange aos seguintes tópicos:
 - submersão mínima da seção de entrada da tubulação;

- folga entre o fundo do poço de sucção e a extremidade do tubo de entrada;
- distância suficiente entre a parede da tubulação e qualquer outra parede lateral do poço de sucção.
- Os tubos de ligação às bombas devem ser dispostos de forma a deixar livres os espaços necessários para a desmontagem e remoção de bombas, motores elétricos e válvulas, e sempre também com espaço livre acima destes para permitir a manobra dos aparelhos de elevação de pesos;
- Deve ser sempre deixado espaço livre suficiente e meio de acesso para permitir a remoção e a colocação dos parafusos e juntas em todas as ligações flangeadas, deixando-se uma folga mínima de 100 mm entre um flange e qualquer obstáculo;
- As ligações entre tubos ou entre tubos e conexões devem ser realizadas através de flanges;
- As ligações entre tubos ou entre tubos e conexões devem ser executadas com peças de mesma espessura de parede e de mesmo material;
- O número e a vazão das unidades devem ser fixados segundo os seguintes critérios:
 - devem ser previstos pelo menos dois conjuntos motor-bomba, cada um com capacidade para recalcar a vazão máxima, sendo um deles considerado como de reserva; no caso de mais de dois conjuntos, a reserva instalada deve ter capacidade igual à do conjunto de maior vazão;
 - conjunto de bombas deve ser capaz de atender às exigências operacionais em toda a faixa prevista de vazão, sem prejuízo apreciável do rendimento de cada unidade;
 - consideração do efeito regularizador do poço de sucção;
- Não devem ser empregados tubos flexíveis nas tubulações de recalque e sucção das bombas;
- A sala de bombas deve ter altura suficiente para permitir desmontagem e remoção de equipamentos através de monovia ou ponte rolante sobre outros equipamentos instalados;

- O acesso à sala de bombas deve estar situado acima da cota de máxima enchente para não comprometer a operação.
- Deve ser prevista a possibilidade de extravasão, a montante da elevatória, quando da ocorrência de eventuais paralisações dos conjuntos motor-bomba;
- Deve ser prevista drenagem no piso para possíveis vazamentos ou para águas de lavagem, através de canaletas com grelhas de ferro com largura máxima de 15 cm.
- O dimensionamento da laje deve considerar a carga da monovia, do aparelho de movimentação e do equipamento de maior peso a ser transportado;
- A iluminação da estação deve ser adequada, com luz natural e artificial.
- Bomba reserva com vazão igual às bombas de operação normal;
- Sistema de acionamento automático por controle remoto;
- Prever local para um grupo gerador.
- Sob a responsabilidade da Prefeitura de Natal deverá ser realizada a limpeza do fundo das lagoas nos períodos de final de inverno (Agosto/Setembro) e no início do inverno (Janeiro/Fevereiro) e sempre que necessário no período chuvoso;
- Os reservatórios devem sofrer modificações paisagística através de projetos de urbanização contemplando arborização, acessibilidade, iluminação, equipamentos como lixeiras e bancos etc;
- Antes da implantação do projeto de drenagem e pavimentação devem ser feitas campanhas informativas e explicativas (folhetos, reuniões comunitárias etc) para esclarecimentos à comunidade envolvida;
- Deverá ser elaborada à cargo da Secretaria Municipal de Obras e Viação (SEMOV) o plano de limpeza do sistema de microdrenagem (galeria, boca-de-lobo, sarjetas e poços de visita) nos períodos que antecedem o inverno (Janeiro/Fevereiro) sendo dividido esse plano de limpeza por sub-bacia.

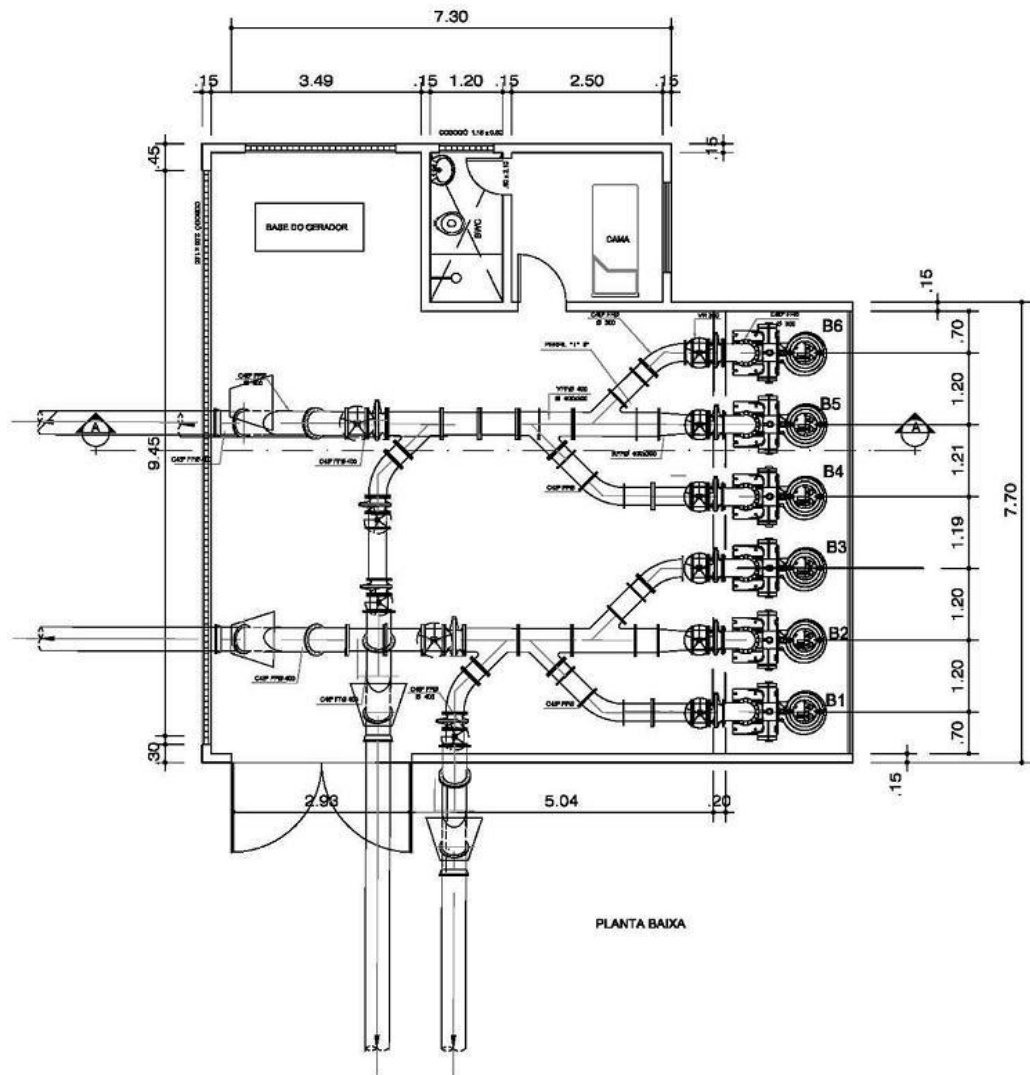


Figura VI.17 - Planta baixa de uma estação elevatória.

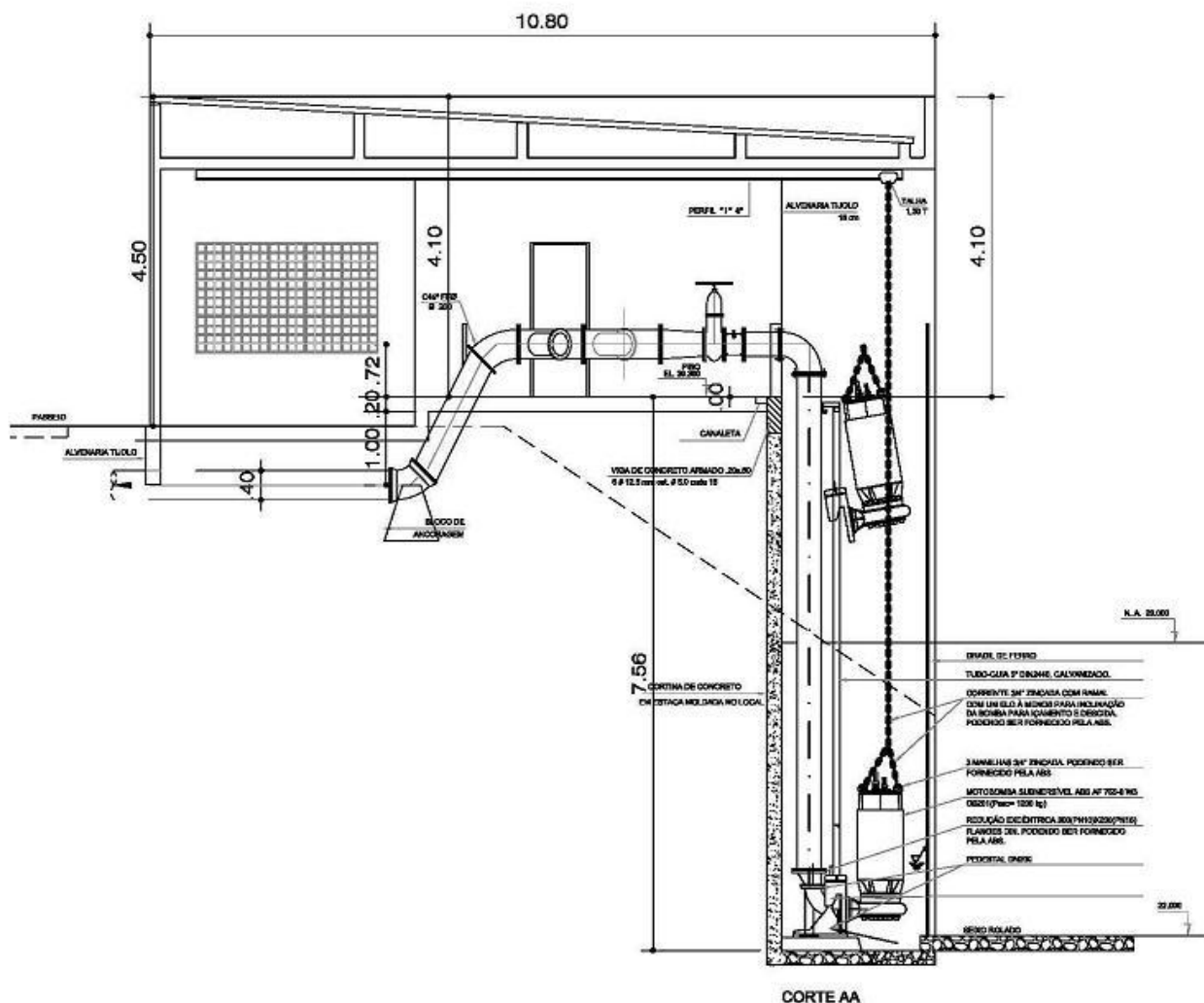


Figura VI.18 - Corte de Estação elevatória.

Bueiro

Bueiros são condutos de pequeno comprimento que se intercala com cursos de água, lagoas de drenagem ou mesmo para transpor obstáculos como estradas em aterro. São destacadas as seguintes observações:

L.R. ENGENHARIA E CONSULTORIA LTDA

Rua Bel. Francisco Menezes de Mello, 89 – Ponta Negra - Natal RN
CEP 59.082-354 - Fone/Fax: (084) 3219-3827 - 9407 1489
CNPJ: 70.052.634/0001-73 Insc. Est.: 20.041.249-3

- Recomenda-se que o conduto siga o traçado e a declividade do percurso natural ou da galeria que se conecta;
- A saída do bueiro deve ser igual ou superior ao diâmetro ou seção da galeria a montante, para que não haja estrangulamento;
- No dimensionamento dos bueiros devem ser consideradas as seguintes variáveis:
 - Material das paredes do conduto;
 - Características geométricas da seção transversal do conduto;
 - Comprimento e declividade do conduto;
 - Condições da seção a montante e a perda de carga localizada;
 - Profundidade do escoamento na seção de entrada;
- Os bueiros devem ser dimensionados conforme as descargas de projeto calculadas para períodos de recorrência pré estabelecidos;
- Os bueiros devem ser dimensionados levando-se em consideração a velocidade de saída e estruturas de proteção para evitar danos no sistema de drenagem e erosões nas vertentes e no assoreamento no corpo receptor;
- A declividade longitudinal deverá ser contínua, podendo em casos excepcionais, ocorrer mudanças do perfil longitudinal do bueiro.

Caixa de Ventosa

As ventosas são aparelhos que permitem a entrada e saída de ar em adutoras, evitando os danos ao funcionamento normal, como sucções bruscas que podem provocar sub-pressões indesejáveis, aumento da perda de carga, diminuição da vazão e aumento da altura manométrica nos sistemas de recalque, pela presença de ar retido no interior das instalações.

- Para pontos de queda de pressão nas aduções por gravidade, normalmente os pontos altos, deve-se prever para essa situação a instalação de ventosa de duplo efeito, fortemente recomendada em tubulações de maiores diâmetros e comumente usadas no sistema de drenagem;

- Deve-se prever a colocação de ventosas nos pontos altos das tubulações, as quais devem ser projetadas com declividades ascendentes suaves (3 m/km) e declividades descendentes acentuados (5 m/km), a fim de facilitar a acumulação do ar nos pontos altos.

- Recomenda-se, quando possível, reduzir os trechos de declividade mínima, pois pequenas variações de nível podem provocar rápida diferença de pressão, pois é necessário que saia o ar com a mesma vazão de água que entra, para que o diferencial entre as pressões internas e externas do tubo permaneça limitado. Quando não for possível evitar a implantação de galeria com pequena declividade, devem ser previstas ventosas nas extremidades dos trechos de declividades mínimas, que são seguidas de trechos com declividade alta, onde se podem acumular bolsões de ar.

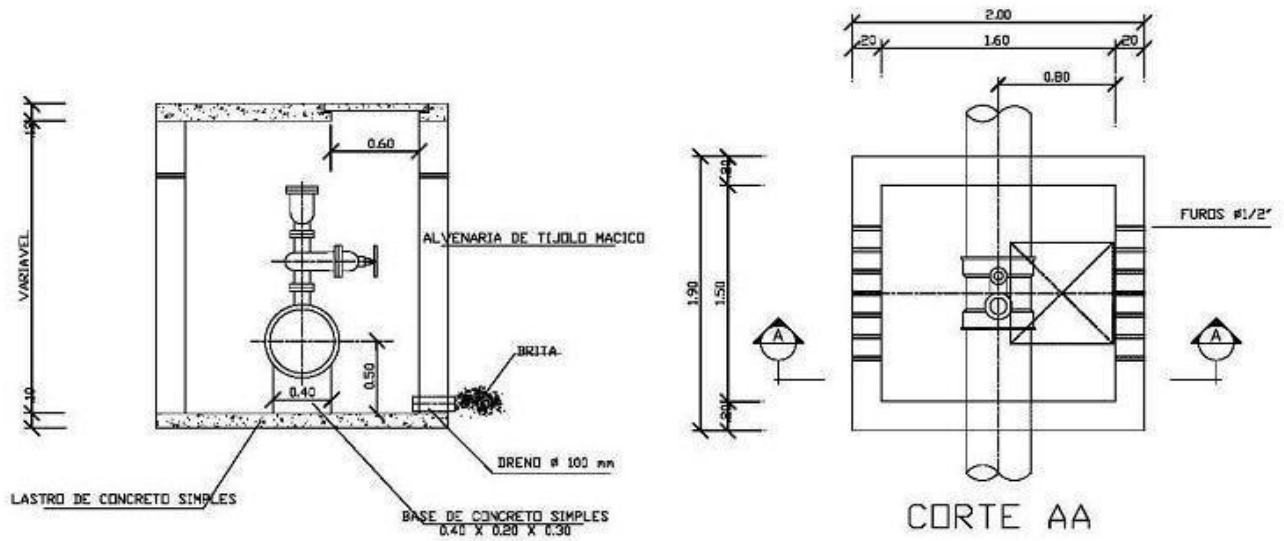


Figura VI.21 - Detalhes de uma caixa para ventosa.

Caixa para descarga

Localizado em pontos baixos da tubulação, tem a função de drenar resíduos que se acumulam nestes pontos de inflexão e que provocam redução de seção.

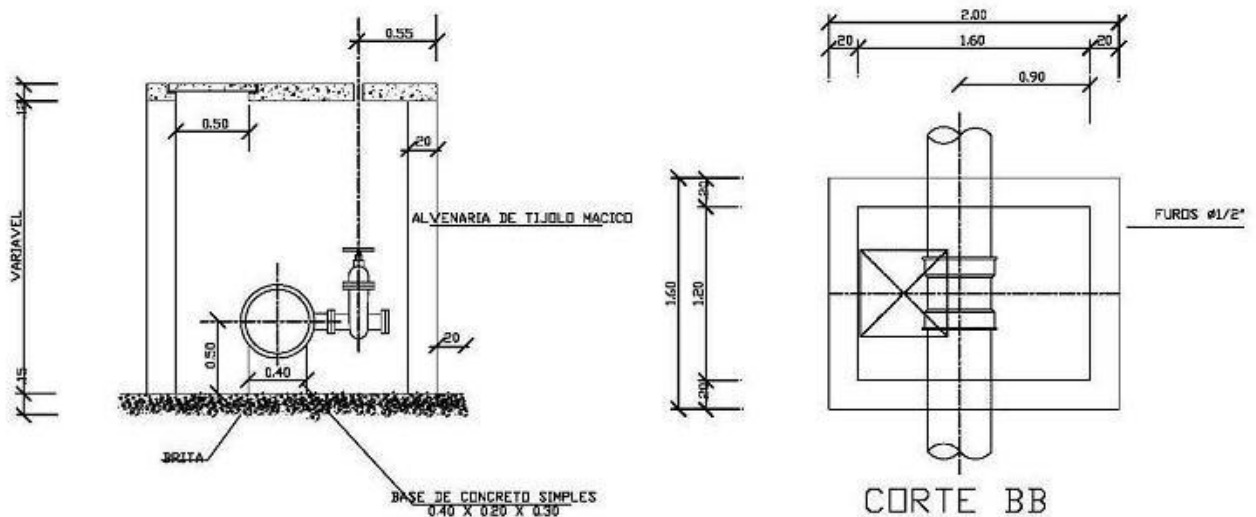


Figura VI.22 - Detalhes de uma caixa para descarga.

VII. MEDIDAS ESTRUTURAIS - MACRODRENAGEM

VII.1 Introdução

As medidas estruturais de drenagem urbana são obras que visam minimizar os danos das inundações provocados pelo processo de urbanização, que altera significativamente as condições naturais hidrológicas de uma região, gerando excedentes de escoamento superficial que tem que ser controlados.

Tradicionalmente, as políticas de controle dos impactos das inundações tinham visão pontual; as ações eram tão somente de retirar o excedente de água o mais rápido possível do seu local de origem e, dessa prática, transferia-se o problema para jusante. Na visão moderna, no contexto do desenvolvimento sustentável, procura-se valorizar o controle na fonte dos excedentes de águas das bacias de drenagem.

Os princípios atualmente adotados de manejo sustentável das águas pluviais urbanas resultam em soluções mais eficazes e econômicas quando comparadas às soluções tradicionais de drenagem urbana, pois, visam à preservação do ciclo hidrológico natural, a partir da redução do escoamento superficial adicional gerado pelas alterações da superfície do solo decorrentes do desenvolvimento urbano.

O controle do escoamento superficial é realizado o mais próximo possível do local onde a precipitação atinge o solo. A redução do escoamento acontece pela infiltração do excesso de água no subsolo, pela evaporação e evapotranspiração - que devolve parte da água para a atmosfera e pelo armazenamento temporário, possibilitando o transporte lento, após a chuva.

O resultado é que a área alterada passa a ter um comportamento similar às condições hidrológicas de pré-desenvolvimento, significando menor escoamento superficial, menores níveis de erosão e de poluição das águas.

Na maioria dos casos, as medidas estruturais constituem a infra-estrutura pública de drenagem urbana e podem ser classificadas, de acordo com o componente da drenagem, em obras de micro-drenagem - definida pelo sistema de galerias de águas pluviais implantadas nas vias públicas, e a macro-drenagem que tem a função de dar

destino às águas captadas pela micro-drenagem para o corpo receptor nos limites da área do projeto.

Essas medidas são adotadas de acordo com o estágio de desenvolvimento da área em estudo. As principais medidas sustentáveis na fonte têm sido: a detenção de lote (pequeno reservatório), que controla apenas a vazão máxima; o uso de áreas de infiltração para receber a água de áreas impermeáveis e recuperar a capacidade de infiltração da bacia; os pavimentos permeáveis. Estas duas últimas medidas minimizam também os impactos da poluição.

As medidas de micro e macro-drenagem são de detenções e retenções. As detenções são reservatórios urbanos mantidos secos com uso do espaço integrado à paisagem urbana, enquanto que as retenções são reservatórios com lâmina de água utilizados não somente para controle do pico e volume do escoamento, como também da qualidade da água. Os tipos de obras de macro e micro-drenagem estão apresentados a seguir:

a) Obras de macro-drenagem

Reservatório de amortecimento de cheias; Parque isolado associado a reservatório de amortecimento de cheias ou área para infiltração de águas pluviais; Restauração de áreas úmidas (várzeas); Restauração de margens; Contenção de encostas instáveis; Bacias de contenção de sedimentos; Dissipadores de energia; Adequação de canais para retardamento do escoamento incluindo: soleiras submersas, degraus, aumento da rugosidade do revestimento de canais, ampliação da seção e redução da declividade; Desassoreamento de rios e canais; Sistemas para reuso das águas pluviais; Galerias para transposição de bacias; Estações elevatórias e adutoras para transposição de bacias.

VII.2 - Infraestrutura de Macro-Drenagem de Natal

Bacias de drenagem e os corpos receptores

As bacias de drenagem de Natal (Capítulo II) integram dois setores distintos, o Setor I que engloba a Zona Norte e o Setor II que abrange as Zonas Leste, Oeste e Sul. O Sistema de Drenagem de Natal compõe-se de 20 bacias de drenagem de Natal, sendo

6 (seis) no Setor I e 14 (quatorze) no Setor II. A Tabela VII.as bacias dos setores I e II de Natal, com suas localiza;coes e os respectivos corpos receptores.

Tabela VII.1 – Bacias de Drenagem de Natal

Bacias de drenagem		Área em ha		Corpos d'água receptores	
		Abertas	Fechadas		
Setor I	I	Rio Doce	617,5		Rio Doce
	II	Lagoa Azul	2.417,1		Lagoa Azul
	III	Lagoa de Extremoz	100,2		Lagoa de Extremoz
	IV	Rio Golandim	181,5		Rio Golandim
	V	Redinha	885,4		Praia da Redinha
	VI	Rio Potengi/Salinas	108,2		Rio Potengi
Total Setor I			4.309,9		
Setor II	VII	Potengi/Rocas-Ribeira	376,3		Rio Potengi
	VIII	Praias urbanas	218,2		Praias Urbanas
	IX	Riacho do Baldo	714,8		Rio Potengi
	X	Potengi/Quintas - Base Naval	304,1		Rio Potengi
	XI	Parque das Dunas		1.194,0	Parque das Dunas
	XII	Rio das Lavadeiras	1.264,8		Rio Potengi
	XIII	Via Costeira	116,2		Praias da Via Costeira
	XIV	Rio Potengi/Felipe Camarão	712,6		Rio Potengi
	XV	Lagoas da Jaguarari		431,8	Lagoas da Jaguarari
	XVI	Rio Pitimbú	1.048,9		Rio Pitimbu
	XVII	San Vale/Cidade Satélite		1.145,4	Lagoas de San Vale
	XVIII	Guarápes	398,0		Rio Jundiá
	XIX	Lagoinha		1.016,0	Lagoinha
	XX	Praia de Ponta Negra	949,3		Praia de Ponta Negra
Total Setor II			6.103,2	3.787,2	
Total Natal			10.413,1	3.787,2	

Infra-estrutura de drenagem do Setor I

O Setor I, que corresponde a Zona Norte de Natal, situa-se à margem esquerda do estuário do Rio Potengi e constitui-se de um platô com altitude média superior a 30 m, com depressões interiores típicas de solos de formação dunar, com topografia ondulada. Nessa, região, as maiores altitudes situam-se ao longo das avenidas João Medeiros, ao Leste e Tomaz Landim, ao Sul. Os exutórios de águas pluviais naturais da Região são o estuário do rio Potengi, ao leste; a lagoa Azul, ao norte; o rio Golandim, ao sul e a lagoa de Extremoz, ao oeste.

O Setor I apresenta-se com características de baixa a média densidade de ocupação do solo. Nessa região, o Plano Diretor de Natal impõem restrição à verticalização das edificações.

Originalmente, o Sistema de Drenagem do Setor I constituía-se de um complexo de lagoas de acumulação com sistemas de bombeamento com funcionamento precário que resultava em ocorrências freqüentes de inundações em diversos pontos da Região

Com o intuito de resolver definitivamente o problema de inundação na área foi idealizado e implantado o Sistema Integrado de Drenagem da Zona Norte, na Bacia II, constituído por quatro lagoas - Jardim Primavera, Aliança, Soledade e José Sarney - interligadas em série por galerias e túneis, que funcionam como extravasores do Sistema, reduzindo, dessa forma, para níveis aceitáveis o risco de inundação na área do projeto. A implantação do Sistema Integrado de Drenagem da Zona Norte possibilitou que as bacias da Zona Norte passassem a funcionar como bacia aberta.

Infra-estrutura de drenagem do Setor II

O setor II, situado entre a margem direita do estuário do rio Potengi e as praias urbanas, engloba a região de assentamento inicial da Cidade de Natal, tendo ocupação com alta densidade nas zonas Leste e Oeste e tendendo para média e baixa densidade ao sul. A região interior, com drenagem natural deficiente, é drenada pelos riachos do Baldo e das Lavadeiras, nas Zonas leste e Oeste, e o rio Pitimbu, ao Sul.

As bacias fechadas de Natal estão nas zonas Leste e Sul, nas quais as águas têm destino predominante para as seguintes Lagoas:

- Lagoas da Jaguarari: bacia XV
- Lagoas de San Vale: bacia XVII
- Lagoinha: XIX

Enquanto isso, as bacias abertas das zonas Leste, Oeste e Sul têm os seguintes exutórios:

- Rio Potengi: bacias VII, IX, XII, XVIII, XIV
- Praias Urbanas: VIII
- Via Costeira: XIII
- Rio Pitimbu: XV
- Praia de Ponta Negra: XX

A infra-estrutura de drenagem atual do setor II pode ser classificada da seguinte forma:

- Drenagem convencional em bacias abertas com galerias de micro-drenagem conduzindo as águas por gravidade para um corpo receptor único;
- Sistema integrado de lagoas com bombeamento em bacias abertas;
- Sistema integrado de lagoas com bombeamento em bacias fechadas;
- Lagoas de captação isolada em bacias fechadas.

No Setor II, os investimentos recentes em infra-estrutura de drenagem se concentraram nas áreas de expansão urbana da cidade, nas zonas Leste e Sul, prevalecendo, até um passado recente, o desenvolvimento de projetos de micro-drenagem associados a lagoas de captação localizadas nos fundos de vale em áreas de bacias fechadas.

Entretanto, na última década, observou-se uma mudança de enfoque da política de obras de drenagem desenvolvidas pela PMN, culminando com a elaboração do Plano Diretor de Natal, que tem privilegiado o desenvolvimento de projetos integrados de sistemas de macro-drenagem para toda a Cidade.

Lagoas de drenagem de Natal

Quadro VII.1 - Lagoas da Zona Norte

Lagoa	Bairro	Coordenadas		Cota	Inundação	Tipo de extravasor		Urbanizada
		X	Y			Bomba	Gravidade	
1	Lagoa do Sapo	Lagoa Azul	250832	9367057	25		X	X
2	Lagoa do Soledade	Lagoa Azul	249586	9364824	30		X	X
3	Lagoa José Sarney	Lagoa Azul	250556	9365339	35		X	X
4	Lagoa Visconde de Ouro Preto	Pajuçara	251320	9367147	15	X		
5	Lagoa Dr. Carneiro Ribeiro	Pajuçara	251314	9365695	24	X		
6	Lagoa Parque das Dunas I	Pajuçara	252025	9365858	25		X	
7	Lagoa Parque das Dunas II	Pajuçara	252509	9366347	15			
8	Lagoa D. Pedro I	Pajuçara	250916	9365582	29		X	X
9	Lagoa do Santarenzinho	Potengi	251336	9364483	30	X	X	
10	Lagoa Panatis	Potengi	249488	9362819	35	X	X	
11	Lagoa Acaraú	Potengi	249324	9362388	33	X	X	X
12	Lagoa Aliança	N. S. da Apresentação	249234	9364292	30	X	X	
13	Lagoa Jardim Primavera	N. S. da Apresentação	248064	9364860	32	X	X	
14	Lagoa Parque dos Coqueiros	N. S. da Apresentação	247855	9363162	50			
15	Lagoa da Redinha	Redinha	255771	9364361	03		X	X
16	Lagoa Jardim das Flores	Redinha	253623	9363992	15	X	X	
17	Lagoa dos Idosos	Lagoa Azul	250170	9366072	40	X		
18	Lagoa do Nova Natal	Lagoa Azul	249641	9366216	39	X		
19	Lagoa do Potengi	Pajuçara	251845	9366790	16	X		
20	Lagoa do Santa Cecília	Pajuçara	251943	9367399	15	X		
21	Lagoa do Câmara Cascudo*	Lagoa Azul	250092	9366411	40			

* Lagoa projetada

Quadro VII.2 - Lagoas da Zona Leste

	Lagoa	Bairro	Coordenadas		Cota	Inundação	Tipo de extravasor		Urbanizada
			X	Y			Bomba	Gravidade	
1	Lagoa Bum Bum	Alecrim	254396	9357749	35			X	X
2	Lagoa Manoel Felipe	Tirol	256063	9358887	15			X	X
3	Lagoa das Dunas	Tirol	256784	9356805	40				

Quadro VII.3 - Lagoas da Zona Oeste

	Lagoa	Bairro	Coordenadas		Cota	Inundação	Tipo de extravasor		Urbanizada
			X	Y			Bomba	Gravidade	
1	Lagoa São Conrado	N. Sra. de Nazaré	253173	9356586	33	X			
2	Lagoa da Esperança	Cidade da Esperança	252114	9355403	45	X	X		
3	Lagoa do Horto	Cidade da Esperança	252274	9355264	45	X		X	
4	Lagoa Nova Cidade	Cidade da Esperança	252547	9354853	50				X
5	Lagoa do Planalto I	Planalto	250731	9353555	47				
6	Lagoa do Planalto II	Planalto	249608	9353374	45				
7	Lagoa do Planalto III	Planalto	251186	9353778	45				

Quadro VII.4 - Lagoas da Zona Sul

	Lagoa	Bairro	Coordenadas		COTA	Inundação	Tipo de extravasor		Urbanizada
			X	Y			Bomba	Gravidade	
1	Lagoa Bairro Latino	Candelária	254860	9353419	45				
2	Lagoa da Salinas/Integração	Candelária	255280	9352975	45	X			
3	Lagoa de Mirassol	Candelária	255549	9353433	45	X		X	
5	Lagoa do Natal Shopping	Candelária	255290	9353708	45	X			
6	Lagoa Petrobrás	Candelária	253583	9354950	40				X
7	Lagoa Cidade Jardim I	Capim Macio	256111	9353326	40		X		X
8	Lagoa Cidade Jardim II	Capim Macio	255919	9353550	45				X
9	Lagoa Cidade Jardim III	Capim Macio	256517	9353522	40		X		X
10	Lagoa de Capim Macio RD 02	Capim Macio	257072	9351258	30			X	X
11	Lagoa do Marinas RD 03	Capim Macio	257636	9351025	29			X	
12	Lagoa do Marinas RD 04	Capim Macio	257693	9351099	29		X		X
13	Lagoa do CEI	Lagoa Nova	255532	9354196	40				X
14	Lagoa do Centro Administrativo	Lagoa Nova	254646	9355343	45	X	X		
15	Lagoa do Centro Administrativo	Lagoa Nova	254959	9355031	35	X		X	
16	Lagoa do Centro Administrativo	Lagoa Nova	255071	9355415	40	X		X	
17	Lagoa do Preá	Lagoa Nova	255828	9355456	35	X	X		X
18	Lagoa da COHAB	Neópolis	256796	9350577	35		X		
19	Lagoa do Jiquí	Neópolis	255699	9351669	27	X	X		
20	Lagoa do Makro	Neópolis	255338	9351550	30	X	X		

Quadro VII.4 - Lagoas da Zona Sul (continuação)

21	Lg. do Pirangi\S. Miguel dos Caribes	Neópolis	255687	9350962	30			X	
22	Lagoa do Socyte	Neópolis	254959	9351327	40				X
23	Lagoa do Xavantes	Pitumbu	251753	9352751	35	X			X
24	Lagoa dos Caipós	Pitumbu	251591	9351823	35	X		X	
25	Lagoa da Aeronáutica	Ponta Negra	260202	9348424	35				X
26	Lagoa do Alagamar	Ponta Negra	259181	9349274	25		X		X
27	Lagoa de Lagoinha	Ponta Negra	257286	9349794	30	X			
28	Lagoa do CTG	Ponta Negra	257860	9350136	33		X		
29	Lagoa da Ouro Preto	Pitumbu	254970	9350599	50	X			
30	Lagoa da Av. Praia de Genipabu	Ponta Negra	257935	9350799	30	X			
31	Lagoa Ayrton Senna	Neópolis	255931	9351019	30	X	X		
32	Lagoa do San Vale RD 06	San Vale	253603	9351178	33	X			
33	Lagoa do San Vale RD 05	San Vale	253959	9351431	47	X			
34	Lagoa do San Vale RD 02	San Vale	253538	9351922	45				
35	Lagoa Natural	San Vale	253216	9351414	30				
36	Lagoa de Capim Macio R.D.01	Capim Macio	256705	9351783	35		X		
37	Lagoa de San Valle R.D 01 *	San Valle	253987	9353706	55		X		
38	Lagoa de San Valle R.D 02 *	San Valle	253981	9353127	40				
39	Lagoa de San Valle R.D 02B *	San Valle	254060	9353019	40				
40	Lagoa de San Valle R.D 03 *	San Valle	253960	9352699	50				
41	Lagoa da Vila de Ponta Negra *	Ponta Negra	258945	9348628	35		X		

* Lagoa projetada

Pontos Críticos de Inundação

Os pontos críticos de drenagem de Natal apresentados no diagnóstico do PDDMA foram identificados a partir de informações colhidas da equipe técnica da SEMOV e nas reuniões com a comunidade nos bairros e confirmados pela equipe técnica de levantamento e cadastro do sistema de drenagem existente.

Foram cadastrados em toda a cidade de Natal 108 pontos críticos, sendo 32 pontos críticos na Zona Norte, 20 pontos críticos na Zona Leste, 13 pontos críticos na Zona Oeste e 43 pontos críticos na Zona Sul. Foram feitos estudos técnicos de análise do problema incluindo visitas no local e apresentadas soluções individuais definitivas para os problemas, que englobaram soluções de micro-drenagem e macro-drenagem.

Foram desenvolvidos projetos básicos para soluções de macro-drenagem para situações consideradas prioritárias.

As soluções de micro-drenagem, de caráter individual para os pontos críticos, em relatórios em anexo, envolvem apresentação esquemática, descrição com documentação fotográfica e estimativa de custo.

No Quadro e Figuras seguintes estão apresentados o diagnóstico dos pontos críticos e as soluções de micro-drenagem propostas.

As soluções de micro-drenagem dos pontos críticos identificados no diagnóstico estão apresentadas em anexo em relatórios individuais onde consta planta de localização com apresentação da solução proposta, documentação fotográfica e estimativa de custo.

VII.3 Infra-Estrutura de Macro Drenagem proposta

Na cidade de Natal, na última década, os investimentos se concentraram no desenvolvimento de projetos integrados de macro-drenagem em áreas com bacias fechadas, uma demanda atual justificada pelas freqüentes inundações no entorno das dezenas de lagoas de captação das águas de chuva da Cidade.

Entretanto, o quadro de inundações generalizadas mostra a necessidade de se ampliar os investimentos para toda a Cidade, alcançando as regiões de bacias abertas com sistemas antigos de drenagem urbanos com capacidade inadequada às condições atuais de uso e ocupação do solo dessas bacias.

Dessa forma, no contexto do PDDMA apresenta-se soluções de macro-drenagem prioritárias. Entendem-se como prioritárias, as soluções abrangentes que envolvem problemas crônicos de drenagem, associados com inundações recorrentes que comprometem as vias principais de circulação da cidade.

Os estudos que subsidiaram as soluções propostas de macro-drenagem obedeceram aos seguintes princípios norteadores:

- Ampliar a capacidade dos sistemas de macro-drenagem atuais;
- Abrir as bacias drenagem;
- Integrar as sub-bacias de drenagem;
- Potencializar as áreas de recarga efetiva do aquífero.

VIII - MEDIDAS COMPENSATÓRIAS E NÃO-ESTRUTURAIS

VIII.1 – INTRODUÇÃO

VIII.1.1 – Contexto

A ocorrência de inundações nas áreas urbanas, especialmente na cidade de Natal, tem-se intensificado e se tornado mais frequentes a cada ano.

A ocupação urbana descontrolada, em geral, implica em:

- a) Aumento da superfície impermeabilizada;
- b) Redução da infiltração no solo;
- c) Aumento do escoamento superficial direto;
- d) Aumento das vazões máximas;

- e) Redução dos escoamentos subsuperficial e subterrâneo;
- f) Redução da evapotranspiração;
- g) Aumento da temperatura, gerando ilhas de calor e aumento da precipitação em zonas centrais das cidades.

VIII.1.2 - Controle das inundações

As medidas não estruturais englobam um conjunto de medidas complementares compensatórias e/ou de prevenção dos prejuízos das inundações.

As medidas não estruturais são de caráter extensivo com ações abrangendo todo o município; de natureza institucional, administrativas ou financeiras; adotadas individualmente ou em grupo, espontaneamente ou por força de legislação; destinadas a atenuar os deflúvios ou adaptar os ocupantes das áreas potencialmente inundáveis a conviverem com a ocorrência periódica do fenômeno das inundações.

VIII.1.3 - Princípios de controle

A política atual de desenvolvimento da drenagem urbana no Brasil orienta a adoção de soluções classificados como de “*impacto zero*” no sistema de drenagem para novos empreendimentos urbanísticos, isto é, privilegiem a retenção da água na fonte, evitando a aceleração do escoamento, tendo como base os seguintes princípios de controle geralmente adotados nos Plano Diretor de Drenagem e Manejo de Águas recentes:

- O aumento de vazão devido à urbanização não deve ser totalmente transferido para jusante;
- Deve-se priorizar a recuperação da infiltração natural da bacia, visando à redução dos impactos ambientais;

- A bacia hidrográfica deve ser o domínio físico de avaliação dos impactos resultantes de novos empreendimentos, visto que a água não respeita limites políticos;
- O horizonte de avaliação deve contemplar futuras ocupações urbanas;
- As áreas ribeirinhas somente poderão ser ocupadas a partir de um zoneamento que contemple as condições de enchentes;
- As medidas de controle devem ser preferencialmente não-estruturais.

VIII.1.4. Classificação das medidas não estruturais

Quanto a sua efetividade, as medidas não estruturais podem ser classificadas em: emergenciais, temporárias e definitivas:

- **Medidas emergenciais**
 - Instalação de vedação ou elemento de proteção temporária ou permanente nas aberturas das estruturas;
 - Sistema de previsão de cheias e plano de procedimentos de evacuação e apoio à população afetada.
- **Medidas temporárias**
 - Criar e tornar o Manual de Drenagem um modelo dinâmico de como tratar a drenagem da bacia, para o qual foi definido;
 - Regulamentação da área de inundação, delimitar por cercas, por obstáculos, se possível naturais, constante divulgação de alertas, avisos e fiscalização para não ocupação da área de risco, na comunidade, nas escolas e através da mídia local com aplicação de penas alternativas para infratores.
- **Medidas definitivas**
 - Estudos hidrológicos atualizados da bacia de contribuição e dos efeitos sofridos a jusante;
 - Reserva de área para lazer e atividades compatíveis com os espaços abertos;

- Seguro inundação;
- Programa de manutenção e inspeção das estruturas à prova de inundação, juntamente com o acompanhamento da quantidade e qualidade da água drenada;
- Regulamentação dos loteamentos e códigos de construção;
- Desocupação de construções existentes em áreas de inundação e realocação de possíveis ocupantes;
- Política de desenvolvimento adequada ao município, evitando prejuízos da inundação ou alagamento;
- Educação ambiental dinâmica e constante.

As medidas não estruturais devem ser integradas ao planejamento ambiental e urbanístico do município e são de natureza compensatória ou preventiva.

- **Medidas compensatórias**

As medidas compensatórias envolvem aspectos administrativos e financeiros do município que visam atenuar os prejuízos das inundações, permitindo a convivência das pessoas, físicas e jurídicas, com as inundações periódicas, através:

- Reparação dos prejuízos;
- Redução de impostos;
- Transferência de potencial construtivo.

- **Medidas Preventivas**

As medidas não estruturais preventivas utilizam-se principalmente de medidas legais e institucionais, tais como: planos diretores, legislações e a educação da população e podem ser aplicadas de forma distinta, envolvendo: a gestão do sistema de drenagem e o controle do escoamento superficial diretamente na fonte.

VIII.2. MEDIDAS NÃO ESTRUTURAIS DE GESTÃO DO SISTEMA DE DRENAGEM

As medidas não estruturais de gestão englobam as diversas atividades e estratégias que envolvem as práticas de gerenciamento, mudança de comportamento e estabelecimento de mecanismos legais relacionados à drenagem urbana municipal, abrangendo, dentre outras, as seguintes medidas:

- **Medidas de Caráter Legislativo:** projetos de leis/decretos e alterações nas legislações municipais vigentes (PDU, Código de Obras, Código de Meio Ambiente, Código de Limpeza Pública, Lei de Licenciamento Ambiental, Lei Orgânica, etc.) que tenham relação com a drenagem urbana e pluvial, com vistas ao tratamento adequado da questão, devidamente embasados nos estudos realizados, em consonância com as diretrizes estabelecidas pelo Ministério das Cidades e Secretaria Nacional de Saneamento Ambiental.

- **Medidas de Planejamento Urbano:** ações que integrem os diferentes planos da cidade que apresentem interface com a drenagem urbana (Plano de Desenvolvimento Urbano, Plano Viário, Plano Diretor de Resíduos Sólidos), envolvendo zoneamentos de áreas críticas do município propícias à inundação e deslizamentos e recomendações para o uso e ocupação ordenado do solo com vistas a prevenir e minimizar tais problemas.

- **Medidas de Caráter Educativo:** ações educativas de uso e conservação do sistema de drenagem junto à população, que promovam a mudança de comportamento com relação à destinação adequada de lixo e esgotos e a prevenção de doenças relacionadas ao saneamento, bem como realizar o aperfeiçoamento e a atualização de profissionais e administradores públicos que atuam no setor, para que as decisões sejam tomadas com maior eficiência e conhecimento técnico.

Mediante acordos, convênios ou contratos os órgãos e entidades integrantes do Sistema de Gestão da Drenagem Urbana no Município de Natal poderão utilizar-se dos meios de comunicação para a divulgação e conscientização pública da

necessidade de utilização racional, conservação, proteção e preservação do sistema de drenagem e suas características, bem como para informar à população sobre as obras e melhorias que delas resultarão.

Campanhas educativas de conscientização sobre drenagem pluvial urbana devem ser levadas a efeito com a parceria da sociedade civil, especialmente as escolas, organizações de bairro, clubes de serviços, associações comerciais e outras organizações interessadas no desenvolvimento da cidade.

Educação social e ambiental, envolvendo atividades que visem à adequação de hábitos da população para o correto uso das obras e serviços implantados, maximizando seus benefícios e desenvolvendo a percepção sobre a importância do seu papel na resolução dos problemas de drenagem pluvial e, ainda, definindo responsabilidades na manutenção do sistema implantado.

- **Medidas de Caráter Institucional:** modelo de organização institucional e regulamentar para a gestão do sistema de drenagem pluvial urbana abrangendo os seguintes aspectos: estrutura gerencial, atribuições gerais e base jurídica, recursos humanos necessários, propondo um modelo de planejamento para o gerenciamento do sistema de drenagem pluvial tendo como referência às bacias hidrográficas e respectivas micro-bacias de drenagem como unidade de planejamento e gestão de forma a viabilizar a implementação e continuidade dos investimentos e ações propostos no PDDMA. Incluindo a possibilidade de adoção de um modelo de gestão fundamentada na cobrança de tarifa pelo serviço de drenagem pluvial.

- **Programa de Atualização do Cadastro e de Manutenção Preventiva:** programa permanente de atualização periódica do cadastro do sistema de drenagem, incorporando ao cadastro às intervenções que forem sendo realizadas ao longo do tempo. O mesmo deverá abordar a manutenção preventiva do estado estrutural, limpeza e conservação, de modo que permita manter o sistema operando com eficiência e de acordo com a sua capacidade projetada ao longo do tempo.

- **Programa de Monitoramento:** programa de monitoramento de precipitações pluviométricas, níveis, qualidade de água do sistema de drenagem,

indicando locais para instalação de pluviógrafos, régua limnimétrica e linígrafos e de inspeção periódica do sistema de drenagem (rede, galerias, elevatórias e estações de bombeamento), de forma a otimizar as programações de manutenção do sistema.

O programa de monitoramento deverá ser proposto de tal forma que permita melhor entendimento da relação entre precipitações pluviométricas, níveis de maré e níveis d'água no sistema de drenagem, permitindo no futuro o desenvolvimento de modelos matemáticos de previsão de níveis d'água. Deverão ser ainda propostos pontos para monitoramento de qualidade de água do sistema de drenagem, bem como parâmetros a serem analisados, metodologia e periodicidade de amostragem.

- **Manual de Drenagem Pluvial:** manual de drenagem, objetivando orientar planejadores, gestores, operadores e usuários do sistema municipal, contendo diretrizes de elaboração de projetos, diretrizes e métodos de avaliações quantitativas e qualitativas dos serviços, diretrizes de operação, manutenção e conservação do sistema e procedimentos para situações emergenciais para evitar colapsos em situações pré-definidas;

- **Programa de Gerenciamento de Informações do Sistema de Drenagem:** modelo gerencial para o Sistema de Informações Geográficas do Sistema de Drenagem Urbana Municipal, em conformidade com as especificações técnicas. O programa também deverá indicar a forma de tratamento e atualização das informações.

VIII.3. MEDIDAS NÃO ESTRUTURAIS DE CONTROLE DO ESCOAMENTO NA FONTE

Nos itens a seguir são apresentados os tipos de estruturas utilizadas para o controle do escoamento.

O controle na fonte pode usar diferentes dispositivos que mantenham a vazão de saída do lote ou loteamento a valor igual ou menor que a vazão de pré-desenvolvimento. Os dispositivos que podem ser utilizados são os que:

- Aumentam a área de infiltração através de: valos, poços, bacias de infiltração, trincheiras de infiltração ou bacias de percolação e pavimentos permeáveis;
- Armazenam temporariamente a água em reservatórios locais.

A seguir são descritos os principais tipos de dispositivo para controle do escoamento na fonte, os condicionantes para sua utilização e critérios para dimensionamento das estruturas.

VIII.3.1. Dispositivos de infiltração

Os dispositivos de infiltração constituem um tipo de estrutura de controle do escoamento na fonte altamente recomendável para cidades como Natal, tendo em vista as propriedades hidrológicas dos solos que predominam no município, francamente arenosos com alta capacidade de infiltração associadas com as características topográficas de relevo ondulado formando microbacias de drenagem fechadas.

O uso desses dispositivos é bastante indicado no controle do escoamento superficial na fonte e ambientalmente bastante vantajoso. A infiltração da água pluvial na fonte permite reduzir significativamente os volumes escoados para a rede pública de drenagem, além de promover a recarga do aquífero. Os seus principais inconvenientes estão associados à possibilidade de contaminação do aquífero, nos casos de aquíferos rasos e livre, problemas estruturais nas fundações de construções próximas e ainda com a possibilidade de colmatação do solo filtrante pela matéria orgânica e materiais finos presente na água infiltrada.

De um modo geral, os dispositivos de redução dos escoamentos pluviais têm a função de reduzir a grandeza dos escoamentos no local de origem, evitando, assim,

a sobrecarga do sistema de drenagem e a propagação da inundação para jusante, podem ser classificadas em duas categorias básicas:

- Dispositivos de infiltração: promovem a infiltração da água pluvial diretamente da superfície ou através de reservatórios abertos ou subterrâneos;

- Dispositivos de armazenamento temporário da água em reservatórios.

Os dispositivos de infiltração podem ser classificados em:

- a) Planos e valos de infiltração;
- b) Pavimentos permeáveis;
- c) Poços de infiltração, trincheiras de infiltração e bacias de percolação.

VIII.3.2. Caracterização dos dispositivos de infiltração

VIII.3.2.1. Planos e valos de infiltração

Os planos e valos de infiltração se constituem de superfícies horizontais ou depressões em terrenos destinados para a infiltração da água, diretamente e com pequena acumulação na superfície do solo, geralmente coberta de grama plantada em solo permeável e capacidade filtrante. Podem ser utilizadas ao longo de rodovias, ruas, e dentro dos lotes residenciais. As principais vantagens e desvantagens dos valos e planos de infiltração são apresentadas a seguir:

a) Vantagens:

- Diminui substancialmente o escoamento superficial;
- Atenua e retardam os picos de vazão;
- Contribui para o equilíbrio do balanço hídrico dos aquíferos;
- Controla na fonte a poluição;
- Não necessita de grandes investimentos;
- Podem ser aplicados a áreas já urbanizadas;
- Economiza o dimensionamento da rede e drenagem;

b) Desvantagens:

- Podem tornar o solo impermeável;
- Aumenta o nível do lençol freático no local;
- Exige manutenção freqüente.

VIII.3.2.2. Pavimento permeável

Pavimento Permeável é um dispositivo de infiltração onde o escoamento superficial é direcionado através de uma superfície permeável para dentro de um reservatório de solo granular ou com mistura de agregados miúdos e graúdos, localizado entre a superfície permeável e o terreno natural.

O escoamento infiltra rapidamente na capa ou revestimento poroso com espessura de 5 a 10 cm, passa por um filtro de agregado de 1,25 cm de diâmetro e espessura de aproximadamente 2,5 cm e vai para uma câmara ou reservatório de pedras mais profundo com agregados de 3,8 a 7,6 cm de diâmetro.

A capa de revestimento permeável age como um conduto rápido para o escoamento chegar ao reservatório subsuperficial, e daí, a água armazenada nesse reservatório poderá então ser infiltrada para o subsolo ou ser coletado por tubos de drenagem e transportado para uma saída. Assim, a capacidade de absorção dos pavimentos porosos é determinada pela profundidade do reservatório subsuperficial e a capacidade de infiltração do subsolo.

a) Pavimento de blocos de concreto vazado preenchido com material granular, como areia ou vegetação rasteira, como grama.

Os blocos de concreto vazados são colocados acima de uma camada de base granular de areia fina, superposta à camada de solo granular. Para prevenir a migração da areia fina para a camada granular, recomenda-se que filtros geotêxteis deverão são colocados entre as camadas de areia fina e o solo granular.

As limitações para o uso do pavimento permeável são quando a água não pode infiltrar para dentro do subsolo devido à baixa permeabilidade do solo ou quando o

nível do lençol freático for alto, ou ainda se houver uma camada impermeável que não permita a infiltração.

Neste caso o pavimento permeável poderá ser utilizado como um poço de detenção, utilizando para isso uma membrana impermeável entre o reservatório e solo existente.

A utilização dos pavimentos permeáveis, em um contexto geral, pode proporcionar uma redução dos volumes escoados e do tempo de resposta da bacia para condições similares às condições de prédesenvolvimento e até mesmo, dependendo das características do subsolo, condições melhores que as de prédesenvolvimento, desde que seja utilizado racionalmente, respeitando seus limites físicos, e desde que seja conservado periodicamente com uma manutenção preventiva, evitando assim o seu entupimento.

As principais limitações desses dispositivos estão associadas com a qualidade da água e a profundidade efetiva do solo. Haverá impacto significativo sobre a qualidade da água subterrânea para condições de água drenada fortemente contaminada e o lençol freático raso.

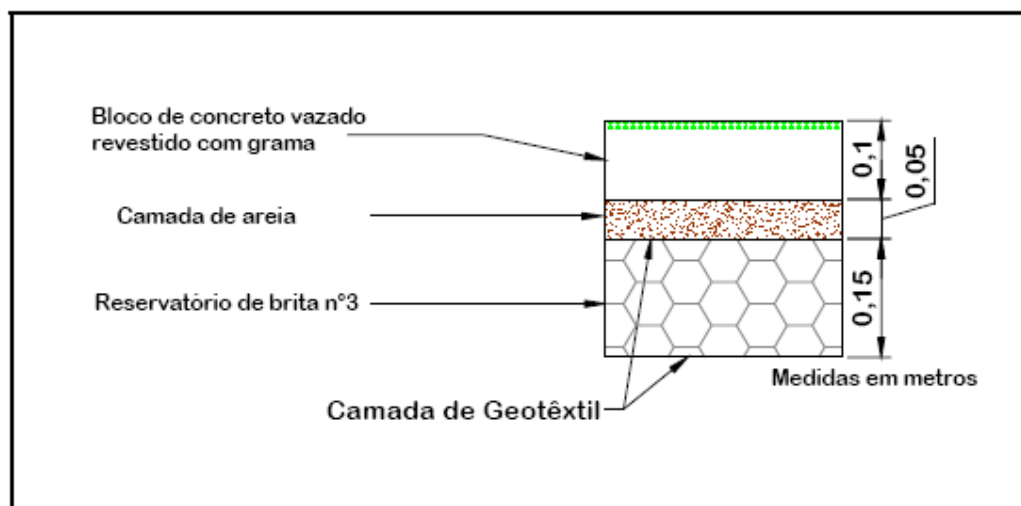


Figura VIII.1 - Pavimento permeável



Solo compactado



Solo arenoso



Paralelepípedo



Bloco de concreto



Blocos vazados



concreto

Figura VIII.2 – Tipos de materiais de uso e ocupação do solo urbano

VIII.3.2.3. Micro-reservatórios superficiais

Os poços de infiltração, trincheiras de infiltração e bacias de percolação são micro-reservatórios superficiais que permitem armazenar e infiltrar a água da chuva coletada numa superfície impermeável e transportada para os mesmos.

Durante o evento chuvoso, os reservatórios recebem os deflúvios superficiais da área à montante, armazenando e promovendo a infiltração da água através do fundo e das suas paredes.

a) Poço de infiltração

Os poços de infiltração são micro-reservatórios, com espaço interno vazio, implantados em depressões de um terreno para receber as água concentradas do escoamento superficial direto dos terrenos do entorno ou de águas geradas e transportadas de superfícies impermeabilizadas próximas dos mesmos.

Caso não haja no lote área disponível para uma estrutura aberta, deve-se optar pelo micro-reservatório de infiltração enterrado construído em alvenaria de tijolo vazado num formato cilíndrico. O fundo do reservatório deve ser preenchido com material granular (brita ou seixo rolado) numa camada de 20 cm de espessura. Na entrada do reservatório é construída uma caixa de retenção de sólidos cuja função é reter o sedimento e matéria orgânica, uma vez que a sua admissão ao reservatório irá comprometer o seu funcionamento como dispositivo de infiltração. A caixa de retenção deve permitir o acesso para limpeza periódica numa frequência não superior a seis meses.

Os microreservatórios podem funcionar como dispositivos de infiltração enterrados ou com superfície superior abertas. A opção de uso de estruturas abertas depende da topografia do terreno e da área livre disponível. Essas estruturas oferecem a vantagem de se incorporar à paisagem sob a forma de gramados, áreas de lazer, além de resultar num menor custo de implantação.

Esses dispositivos dispõem de um dreno cuja função é extravasar, durante eventos excepcionais, o excesso de água vai para caixa a ser construída dentro do próprio lote nos termos das licenças expedidas pela Secretaria Municipal de Meio Ambiente e Urbanismo e pela Secretaria Municipal de Obras Públicas e Infraestrutura. Em geral, os poços de infiltração são projetados de modo a reter e infiltrar grande parte dos deflúvios gerados no lote.

A estrutura deverá ser preenchida externamente com uma camada de material granular (brita ou seixo rolado) numa espessura igual a 15 cm. Esse material tem a função de aumentar a capacidade de infiltração lateral da estrutura.

O volume do micro-reservatório é calculado em função da área de drenagem e da capacidade de infiltração do solo. Para aumentar a área de infiltração do poço de infiltração poderá ser construído drenos profundos localizados no interior dos mesmos conforme detalhe na figura 06.

As figuras VIII.3, VIII.4 e VIII.5 apresentam alguns modelos de poços de infiltração que podem ser utilizados nas obras de drenagem.

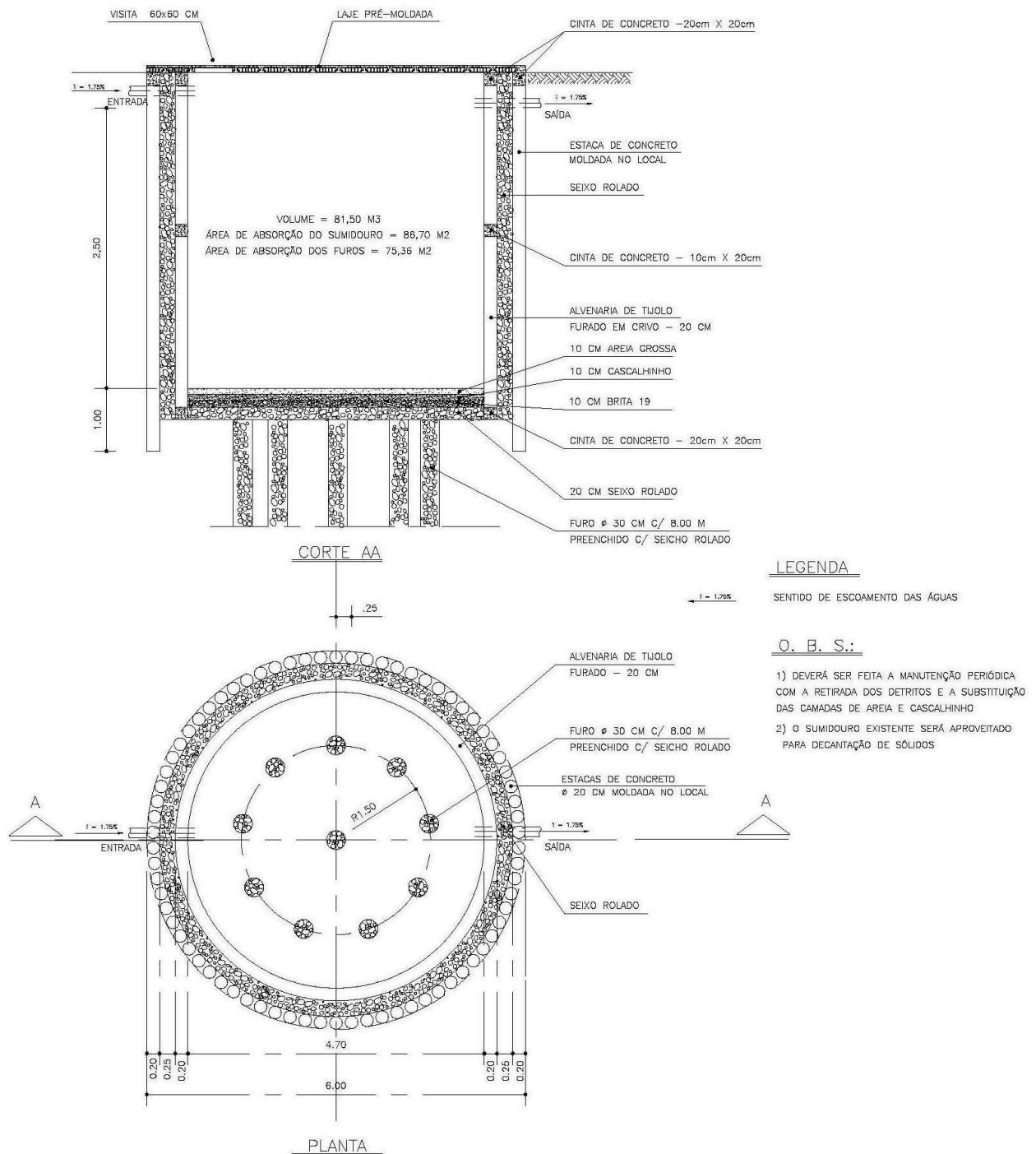


Figura VIII.3 - Poço de infiltração com estacas e drenos profundos

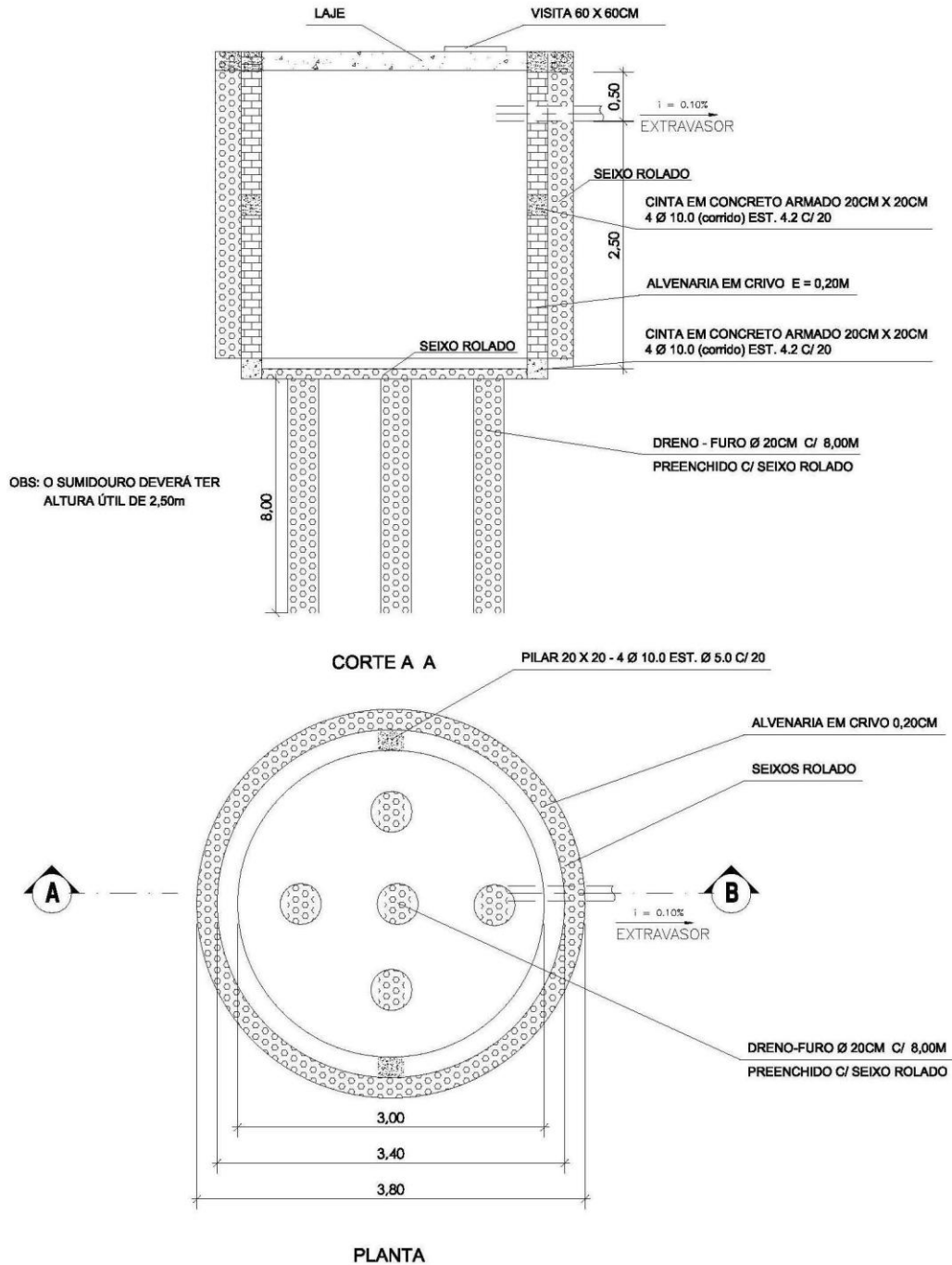


Figura VIII.4 – Detalhe do poço de infiltração padrão

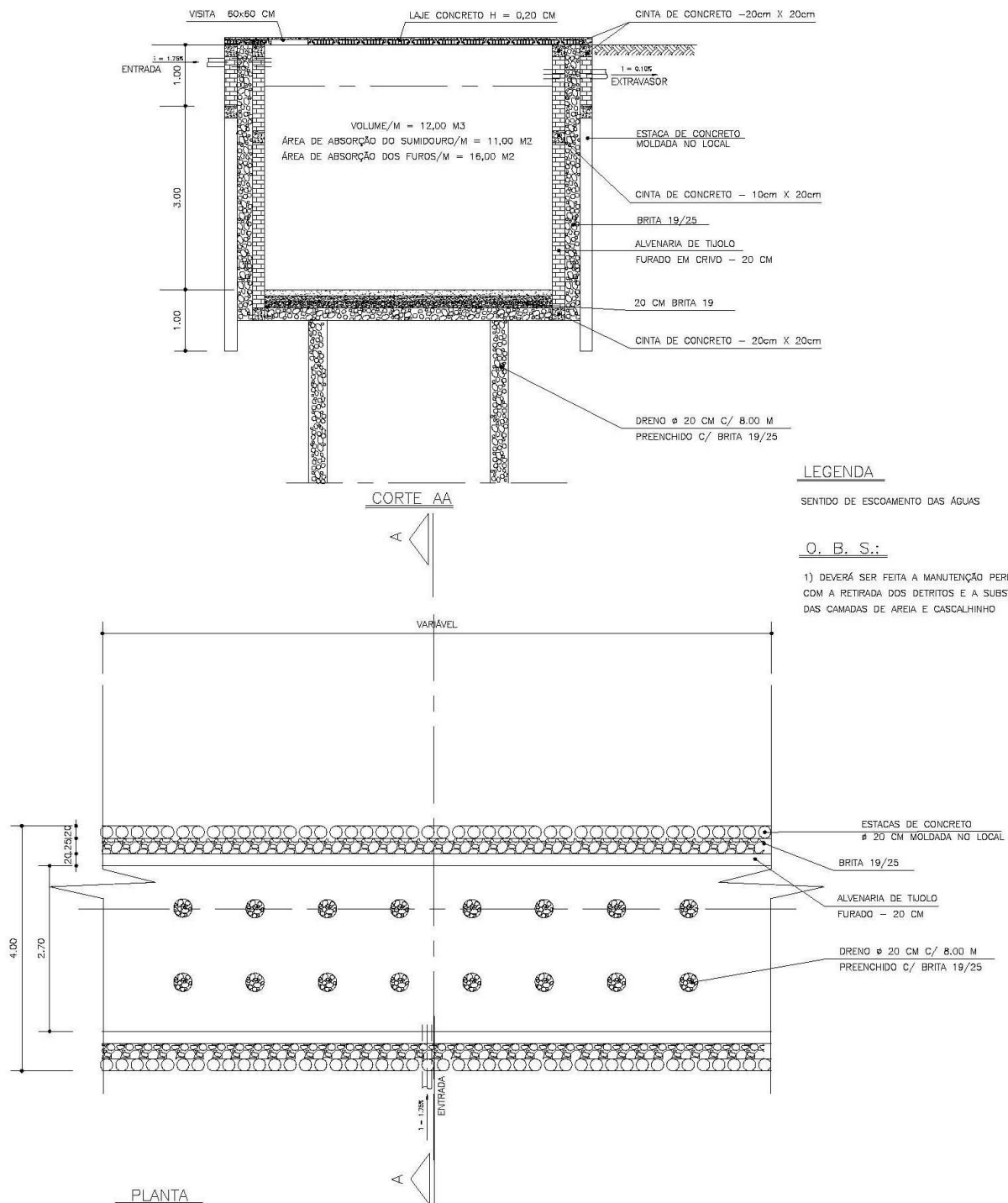


Figura VIII.5 - Poço de infiltração retangular com estaca e dreno profundo

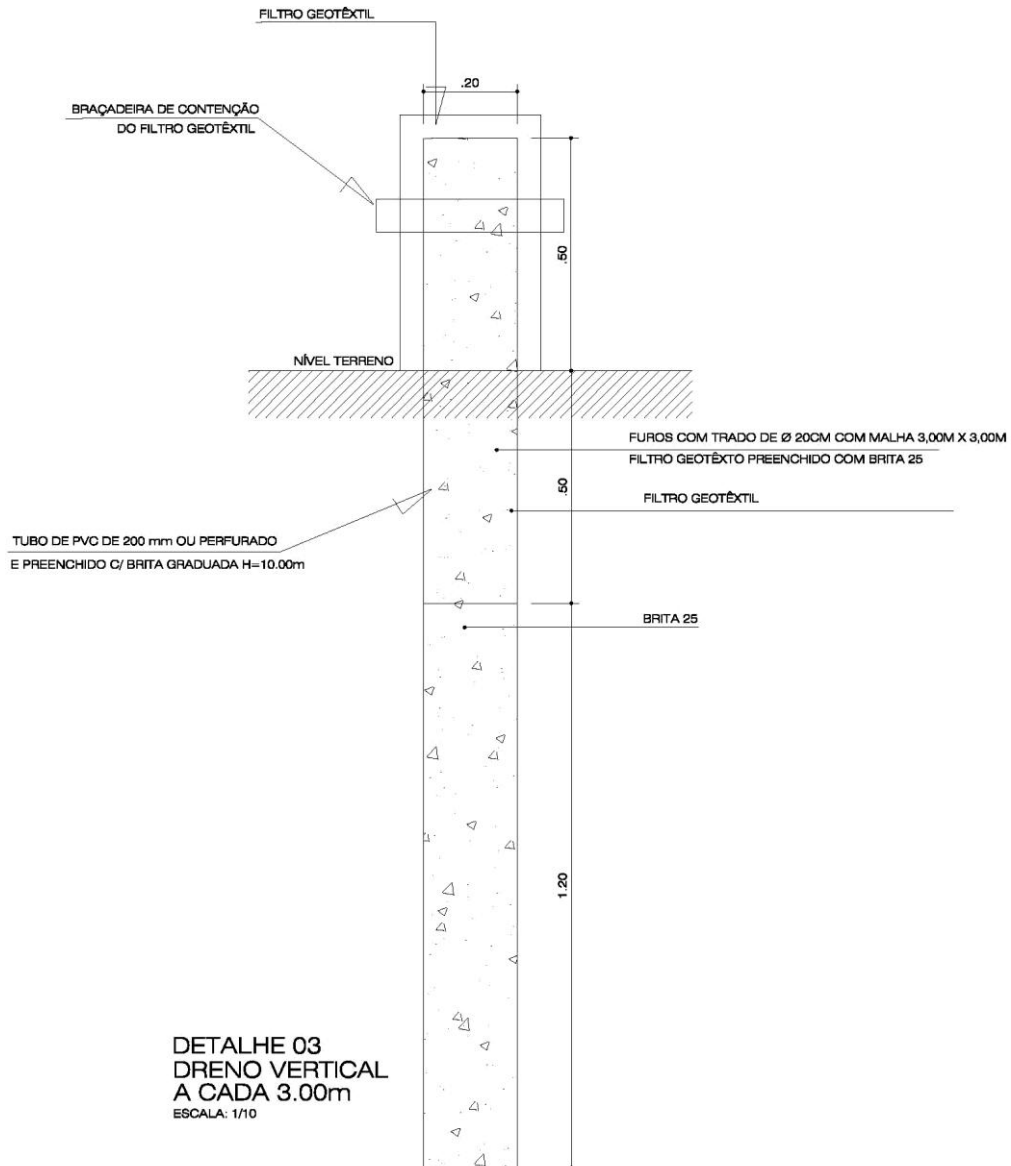


Figura VIII.6 – Detalhe de dreno vertical



Figura VIII.7 – Detalhe de dreno vertical com tubo poroso

b) Trincheira ou vala de Infiltração

As trincheiras de infiltração são valas de infiltração escavadas que acumulam no seu interior, funcionando como reservatório de amortecimento dos picos de vazão do escoamento superficial da área de contribuição. As valas de infiltração são esvaziados pela infiltração no próprio solo.

Para evitar a colmatação do leito filtrante do terreno recomenda-se envolver internamente o fundo e as paredes das trincheiras com uma manta geotêxtil, antes do seu preenchimento com o material granular.

A trincheira de infiltração é uma solução bastante adequada em situações envolvendo urbanização consolidada. Com relação aos critérios de seleção dessa estrutura, vale ressaltar que o seu uso está associado às características do solo e os critérios de seleção são os seguintes:

- Profundidade mínima sazonal da superfície freática ou da camada impermeável maior que 1,2 m do fundo da estrutura;
- O solo local deve se enquadrar nas categorias A ou B do *Soil Conservation Service*, com capacidade de infiltração maior do que 8,0 mm/h;
- Deve-se evitar a implantação dessa estrutura sobre aterros ou em terrenos de grande declividade;
- Solução adequada para pequenas áreas de drenagem, tais como condomínios horizontais.

As trincheiras devem ser preferencialmente superficiais, recebendo o escoamento difuso. Na entrada da estrutura deve ser prevista a instalação de uma caixa de retenção de sedimentos e óleos. A sua vida útil depende em grande medida do funcionamento adequado da caixa de retenção, o que implica na limpeza periódica com a retirada do material retido. As Figuras seguintes apresentam uma trincheira de infiltração típica.

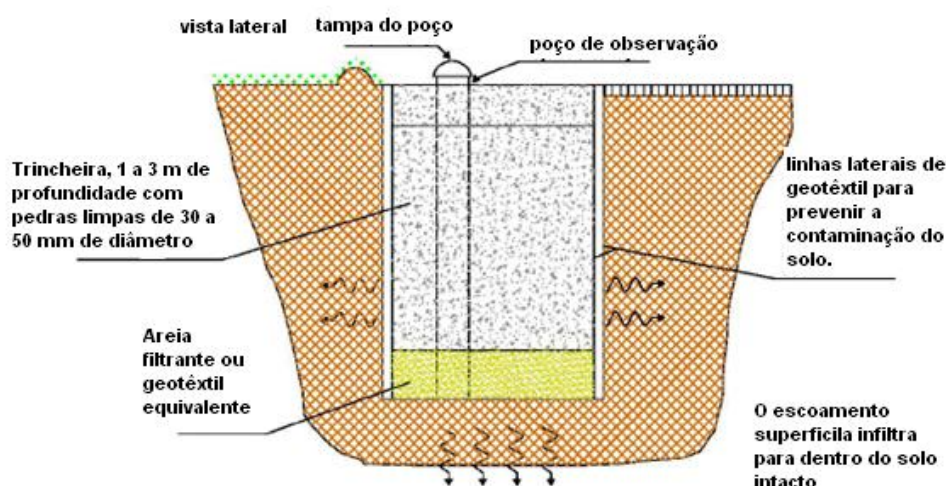


Figura VIII.8 - Seção transversal de trincheira de infiltração típica

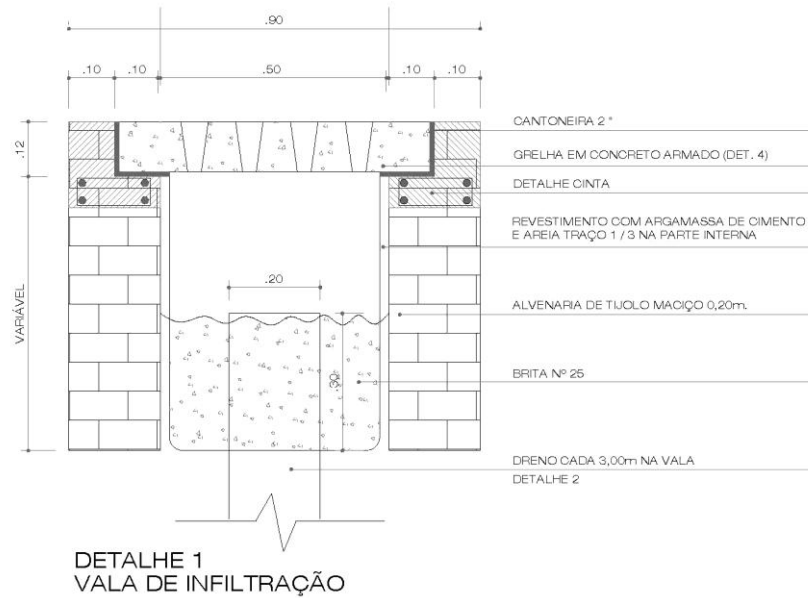


Figura VIII.9 – Detalhe de vala de infiltração com tampa e dreno no fundo a cada 3m.

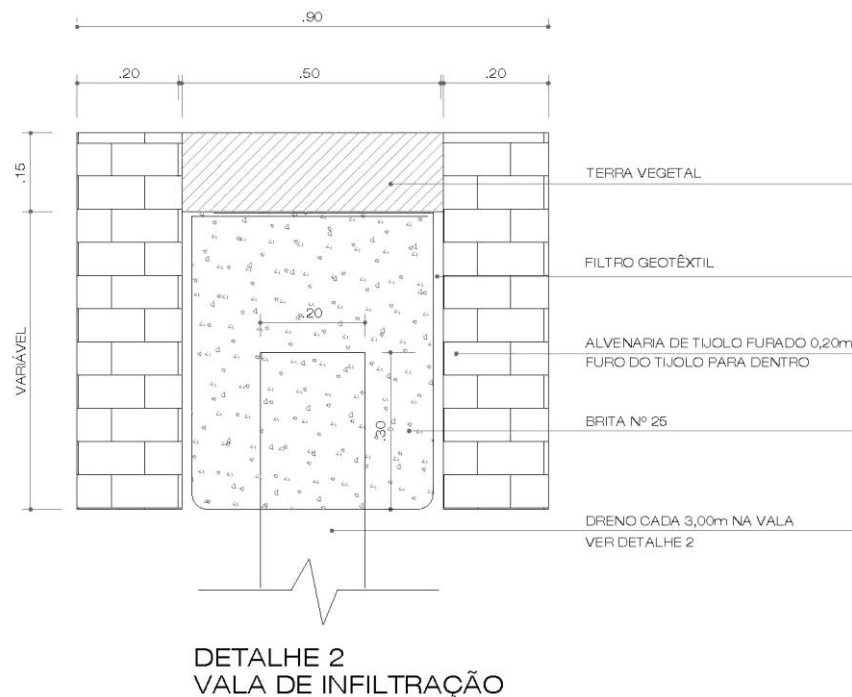


Figura VIII.10 – Detalhe de vala de infiltração revestido de terra vegetal e dreno no fundo a cada 3m

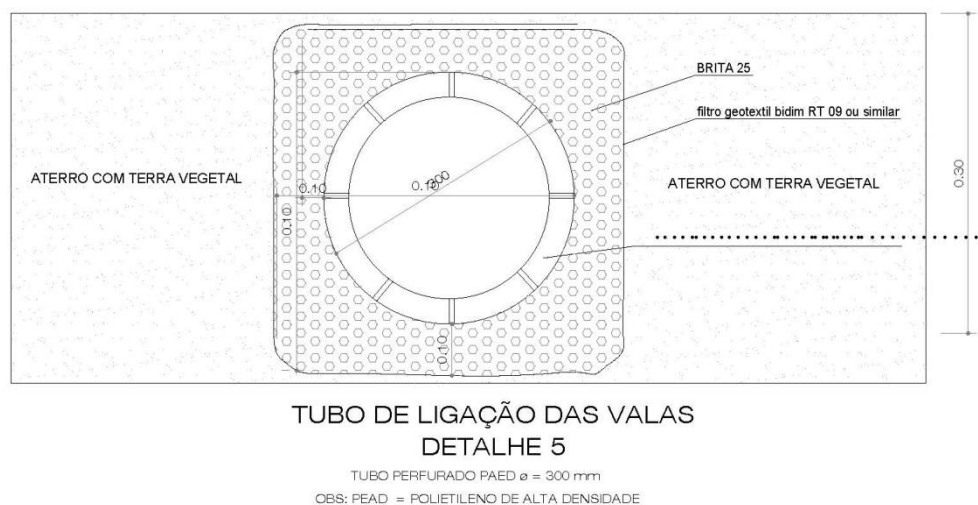


Figura VIII.11 – Detalhe da ligação entre as valas

c) Bacias de retenção e infiltração

As bacias de retenção e infiltração são pequenos reservatórios superficiais abertos destinados à acumulação temporária da água da chuva transportada para o local para possibilitar a infiltração da água no solo durante e, principalmente, após o período chuvoso.

As bacias de retenção são reservatórios mantidos secos na maior parte do tempo e também são utilizados para controle quantitativo, amortecendo as vazões de pico, e controle qualitativo dos escoamentos superficiais de micro-bacias de drenagem, retendo na fonte os escoamentos das primeiras chuvas que contribuem com a maior parte das poluições geradas nos processos de escoamento superficial.

Nas bacias de retenção e infiltração podem ser instalados extravasadores superficiais ligados caixas dentro do lote para funcionamento durante os eventos extraordinários.

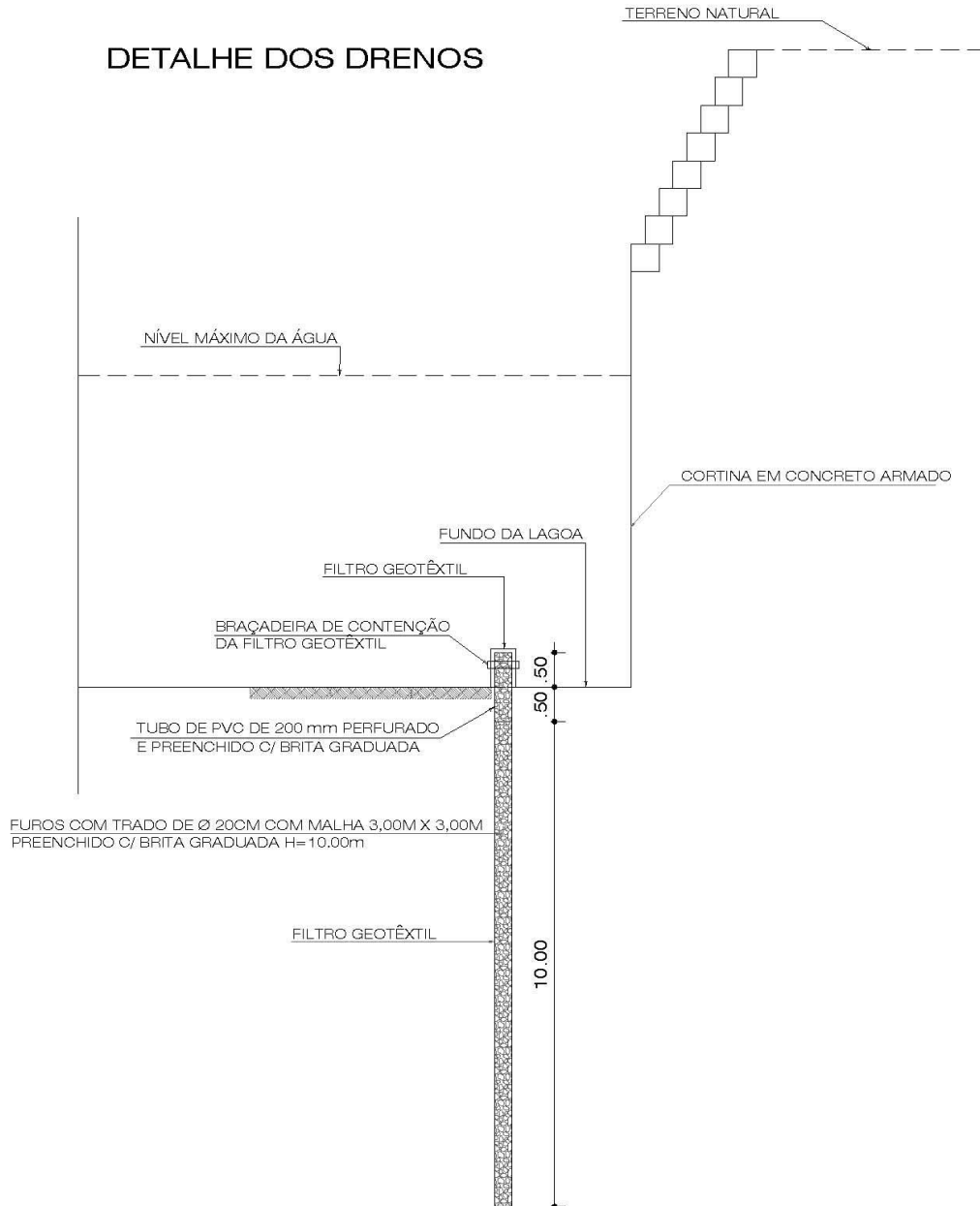


Figura VIII.12 – Detalhe de reservatório de detenção e infiltração com dreno

d) Porosidade efetiva

Os valores da porosidade em função do tipo de material dada pela relação entre o volume de água drenado pela ação da gravidade e o volume total do solo ou material granular estão apresentados na Tabela VIII.1.

Tabela VIII.1 – Porosidade efetiva de alguns materiais porosos

MATERIAL	POROSIDADE EFETIVA EM %
Pedra britada	30
Cascalho e macadame	40
Cascalho	30
Areia	25
Canaleta preenchida com cascalho	15 - 25
Argila expandida	5 - 10
Argila ressecada	2 - 5

e) Capacidade de infiltração

Para desenvolvimento de projetos de dispositivos de infiltração recomenda-se que os dados da capacidade de infiltração do solo sejam obtidos a partir de ensaios realizados no próprio local. Entretanto, como uma referência, uma vez que se obtenha a características do solo do local, a capacidade de infiltração solo pode ser estimada a partir dos parâmetros recomendados pelo *Soil Conservation Service* (SCS) dos Estados Unidos apresentados na Tabela VIII.2 seguinte:

Tabela VIII.2 – Capacidade de infiltração de alguns tipos de solo

GRUPO HIDROLÓGICO	DESCRIÇÃO DO SOLO	CAPACIDADE DE INFILTRAÇÃO (mm/h)	
		INICIAL	FINAL
A	Areia e cascalho profundo (h>1,5 m), muito permeável. Alta capacidade de infiltração, mesmo saturados. Teor de argila < 10%	254	25,4
B	Solo arenoso com poucos finos, menos profundos (h<1,5 m) e permeáveis. Teor de argila entre 10% e 20%.	203,2	12,7
C	Solos pouco profundos com camadas sub-superficiais que impedem a infiltração. Teor de argila entre 20% e 30%.	127,0	6,35
D	Teor de argila >30%, nível freático elevado, solos rasos sobre camada impermeável.	76,2	2,54

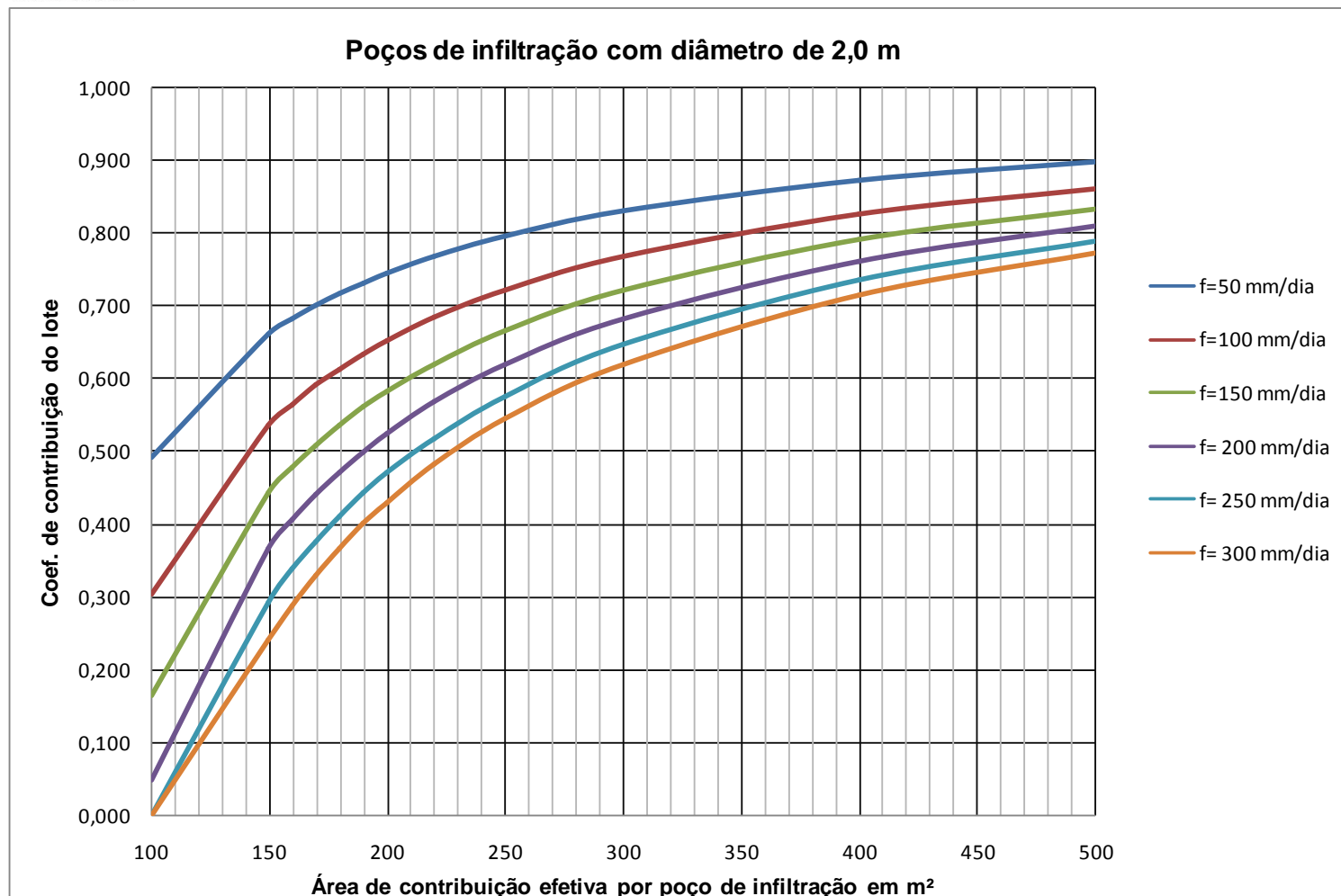


Figura VIII.13 (A) – Coeficiente de contribuição do lote por poço de infiltração

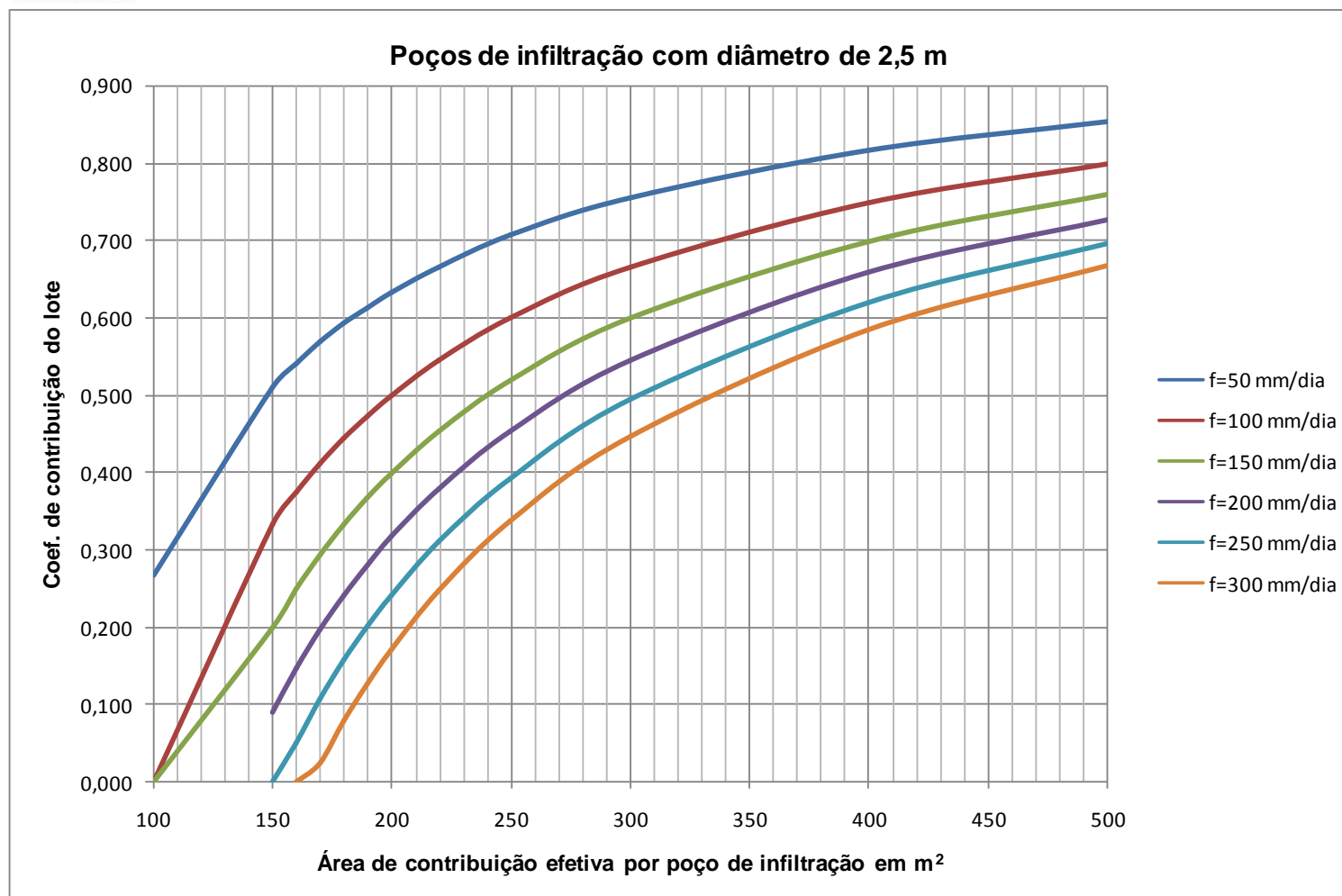


Figura VIII.13 (B) – Coeficiente de contribuição do lote por poço de infiltração

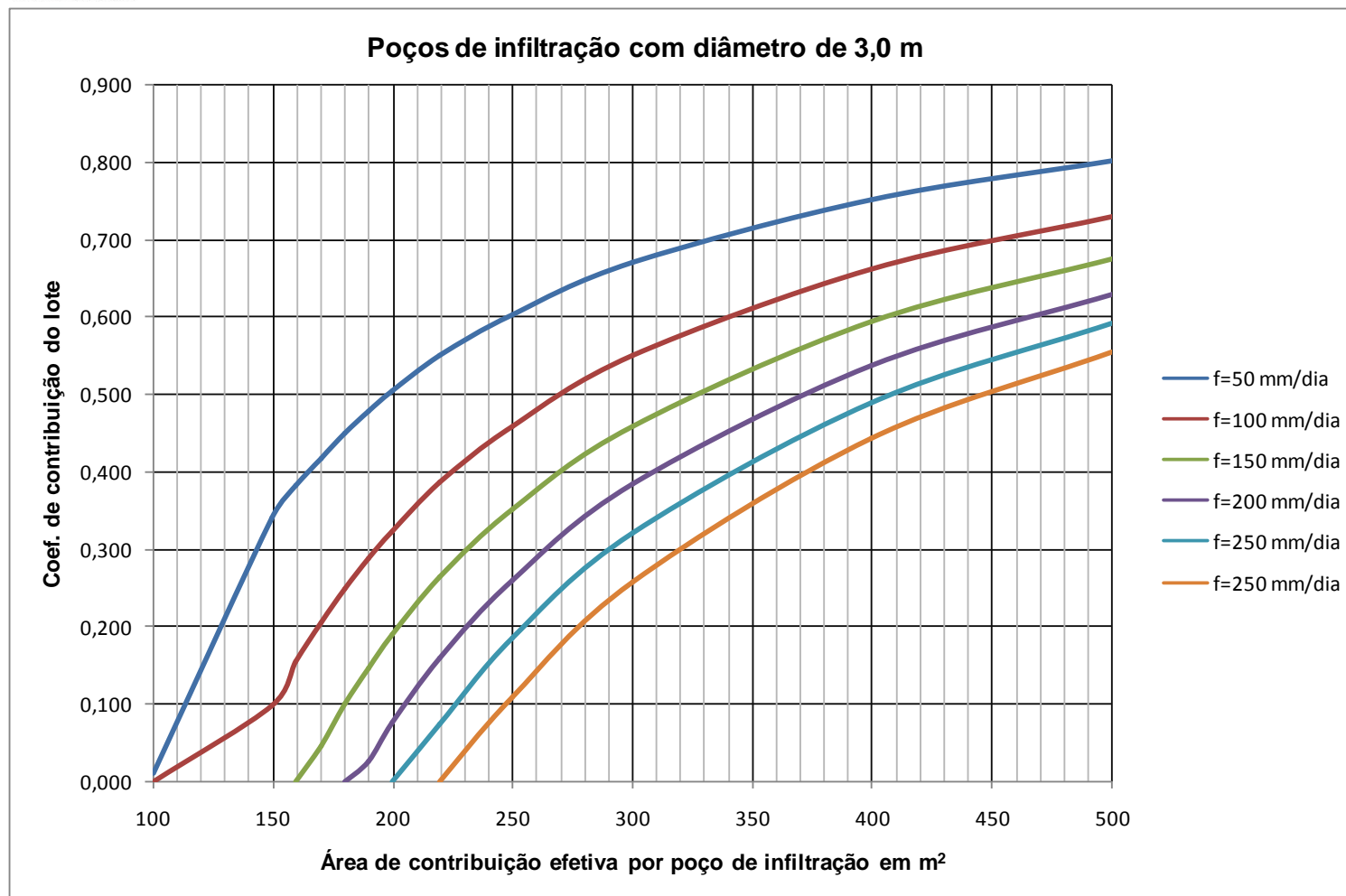


Figura VIII.13(C) – Coeficiente de contribuição do lote por poço de infiltração

f) Tubo extravasor dos poços de infiltração

O extravasor dos poços de infiltração foi dimensionado para reter uma chuva de 70 mm com 3 horas de duração, o que corresponde a precipitação máxima anual de Natal com período de retorno de 2 anos. Dessa forma, para compensar os efeitos decorrentes de precipitações maiores, devem ser instalados tubos extravasores nos poços de infiltração. A Tabela VIII.3 apresenta os diâmetros máximos e declividade máxima dos tubos extravasores associadas com a área de contribuição:

Tabela VIII.3 – Características dos tubos extravasores

Área de contribuição A_c	Diâmetro máximo	Declividade máxima
$A_c \leq 500 \text{ m}^2$	50 mm	1%
$500 \text{ m}^2 < A_c < 3.000 \text{ m}^2$	75 mm	1%
$A_c \geq 3.000 \text{ m}^2$	100 mm	1%

O Plano Diretor, no artigo 31, parágrafo único, estabelece que as águas pluviais que incidem em cada lote deverão ser infiltradas no próprio lote, através de infiltração natural ou forçada, admitindo-se dispositivo extravasor para o escoamento de precipitações atípicas, nos termos das licenças expedidas pela Secretaria Municipal de Meio Ambiente e Urbanismo e pela Secretaria Municipal de Obras Públicas e Infraestrutura. O tubo extravasor deve ter seu destino final caixa localizada no interior do próprio lote construída para este fim conforme a figura VIII.14.

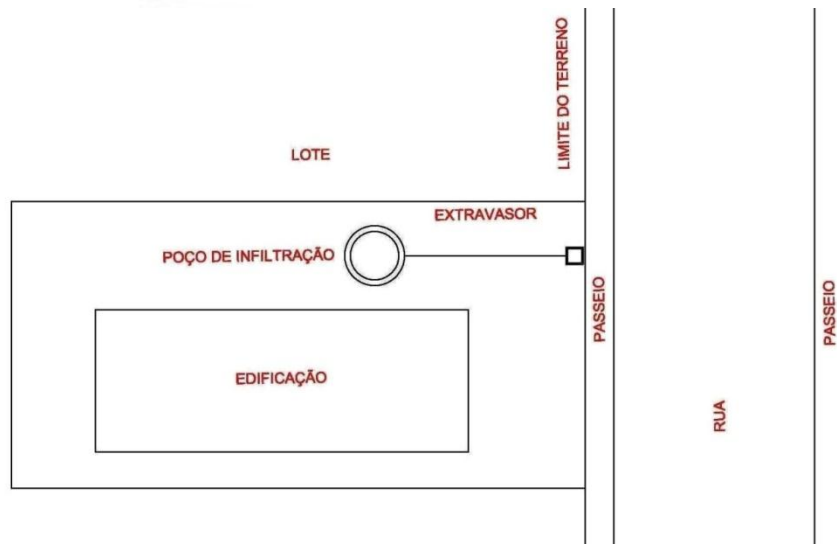
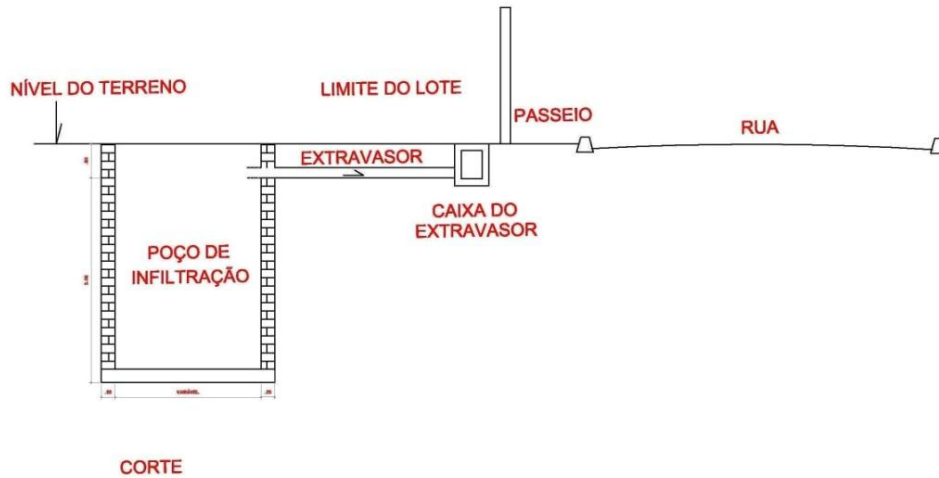
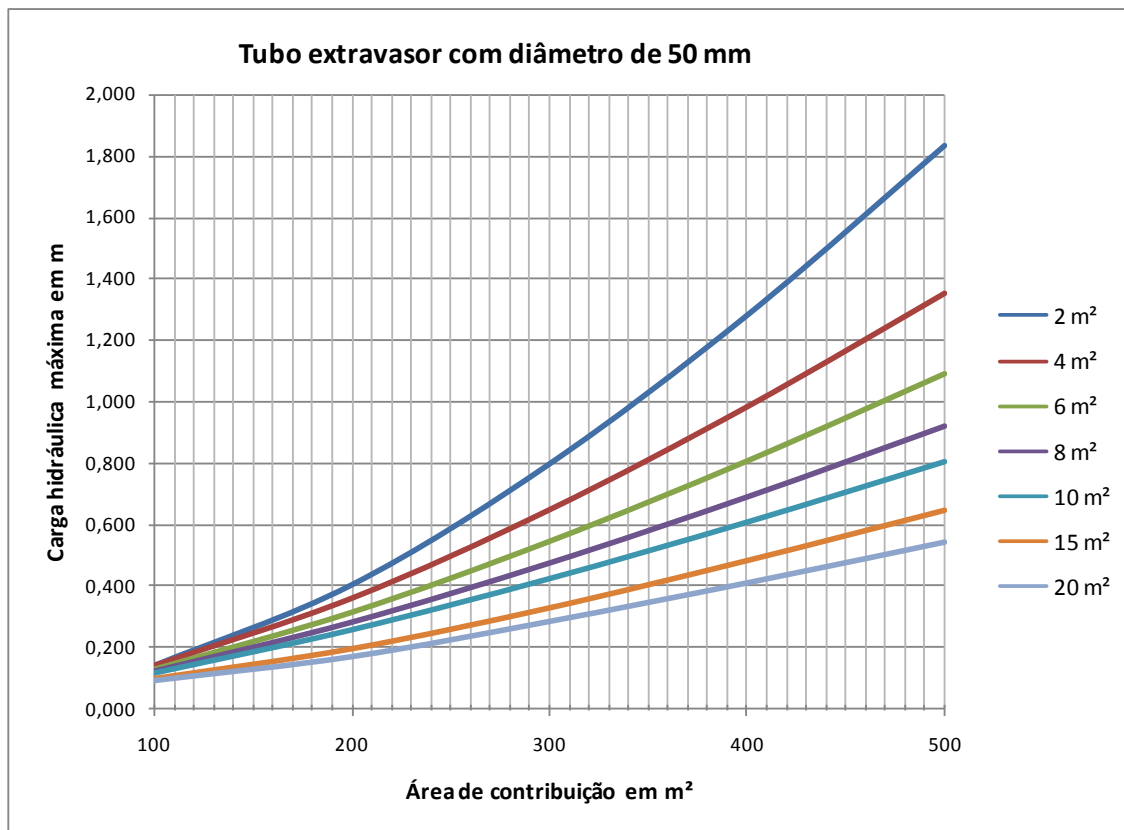


Figura VIII.14 - Detalhe do sistema poço de infiltração-extravasador

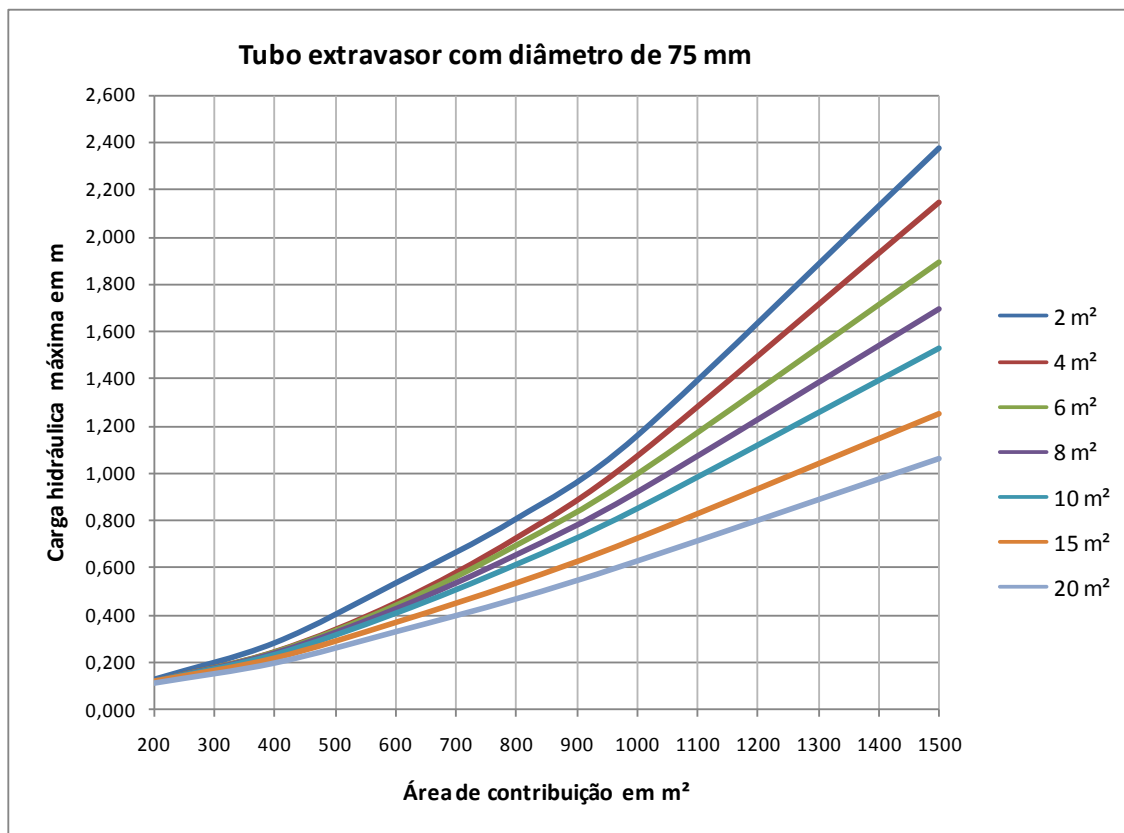
g) Coeficiente de deflúvio das sub-bacias de Natal

As vazões geradas nos lotes e lançados diretamente nas vias públicas causam impactos à jusante que podem gerar inundações, principalmente, quando as suas intensidades ultrapassam os limites previstos no dimensionamento do sistema de drenagem das sub-bacias. Portanto, nesses casos, poços de infiltração ou valas de infiltração devem ser implantados nos lotes para se adequar as condições de projeto do sistema de drenagem. Na tabela IV.12, estabelecidos pelo PDDMA, encontra-se os coeficientes de deflúvios de referência das sub-bacias do Sistema de Drenagem de Natal.



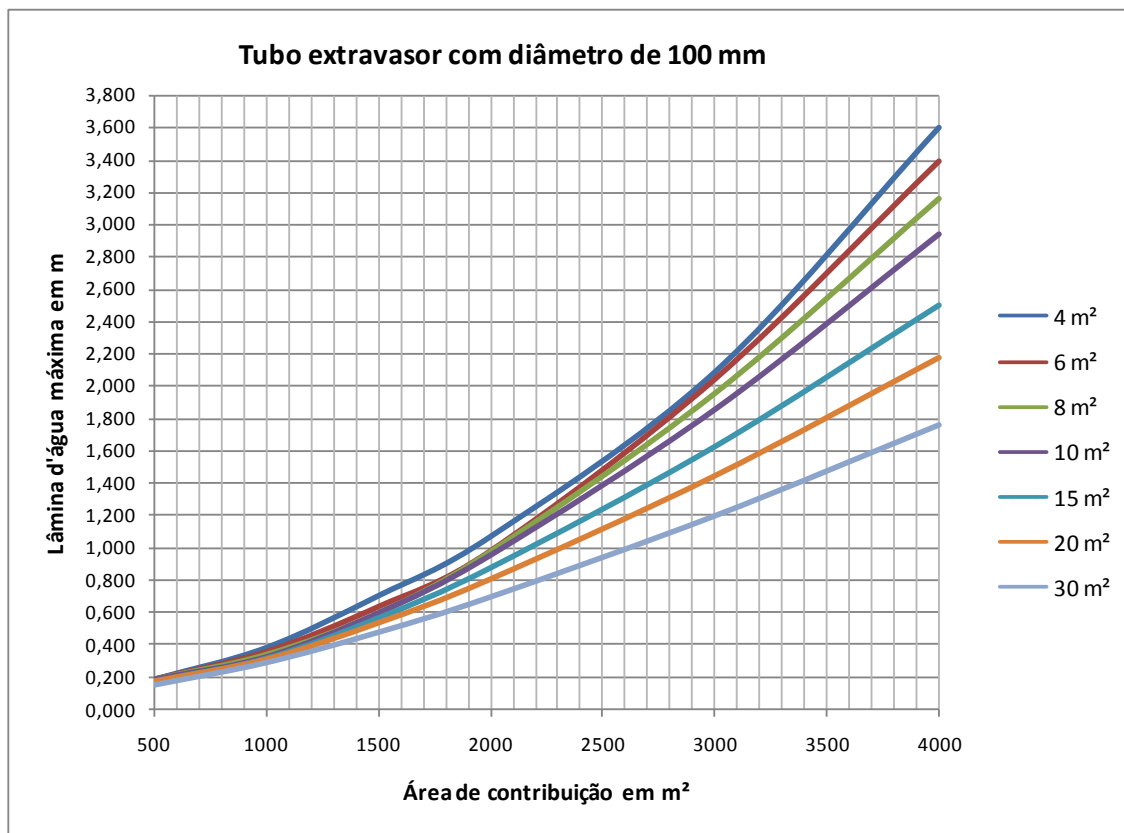
Área de contribuição em m ²	Superfície horizontal do reservatório						
	2 m ²	4 m ²	6 m ²	8 m ²	10 m ²	15 m ²	20 m ²
	Lâmina d'água máxima em m						
100	0,140	0,138	0,130	0,121	0,114	0,100	0,090
200	0,403	0,358	0,315	0,282	0,256	0,197	0,168
300	0,796	0,647	0,546	0,475	0,423	0,330	0,284
400	1,279	0,984	0,807	0,691	0,607	0,484	0,410
500	1,831	1,355	1,091	0,923	0,805	0,647	0,544

Figura 15 (A) – Carga hidráulica em tubos extravasores de 50 mm



Área de contribuição em m ²	Superfície horizontal do reservatório						
	2 m ²	4 m ²	6 m ²	8 m ²	10 m ²	15 m ²	20 m ²
	Lâmina d'água máxima em m						
200	0,131	0,120	0,117	0,119	0,120	0,118	0,116
400	0,286	0,245	0,241	0,239	0,233	0,216	0,201
600	0,538	0,452	0,439	0,425	0,408	0,367	0,333
800	0,810	0,728	0,695	0,654	0,615	0,534	0,472
1000	1,161	1,074	0,996	0,919	0,852	0,722	0,632

Figura 15 (B) – Carga hidráulica em tubos extravasores de 75 mm



Área de contribuição em m ²	Superfície horizontal do reservatório						
	2 m ²	4 m ²	6 m ²	8 m ²	10 m ²	15 m ²	20 m ²
	Lâmina d'água máxima em m						
500	0,191	0,188	0,186	0,184	0,180	0,176	0,156
1000	0,386	0,360	0,339	0,322	0,320	0,313	0,294
1500	0,707	0,638	0,596	0,594	0,570	0,538	0,481
2000	1,073	0,983	0,975	0,952	0,879	0,809	0,699
3000	2,089	2,045	1,952	1,851	1,625	1,448	1,199
4000	3,599	3,393	3,155	2,936	2,497	2,180	1,760

Figura 15 (C) – Carga hidráulica em tubos extravasores de 100 mm

VIII.3.3. Dimensionamento do dispositivo extravasor

O dispositivo extravasor é composto de uma tubulação instalada em determinada altura do fundo do reservatório e tem a função de liberar gradualmente a água armazenada na estrutura. No gráfico da figura VIII.16 pode-se determinar a vazão do tubo extravasor a partir do diâmetro e da carga hidráulica (altura de revanche do

reservatório) ou também pode-se efetuar o inverso, a partir da vazão (l/s) e o diâmetro do tubo extravasor determinar a carga hidráulica, sendo a vazão calculada pelo Método Racional, conforme segue abaixo:

$$Q = 0,000278 * C * I * A_c$$

Onde:

Q = Vazão de Pico do Lote em l/s;

C = Coeficiente de deflúvio (run off) da sub bacia (Tabela IV.12)

I = Intensidade da chuva máxima de 10 min para Natal igual a 90 mm/h

A_c = Área de contribuição efetiva do lote em m²

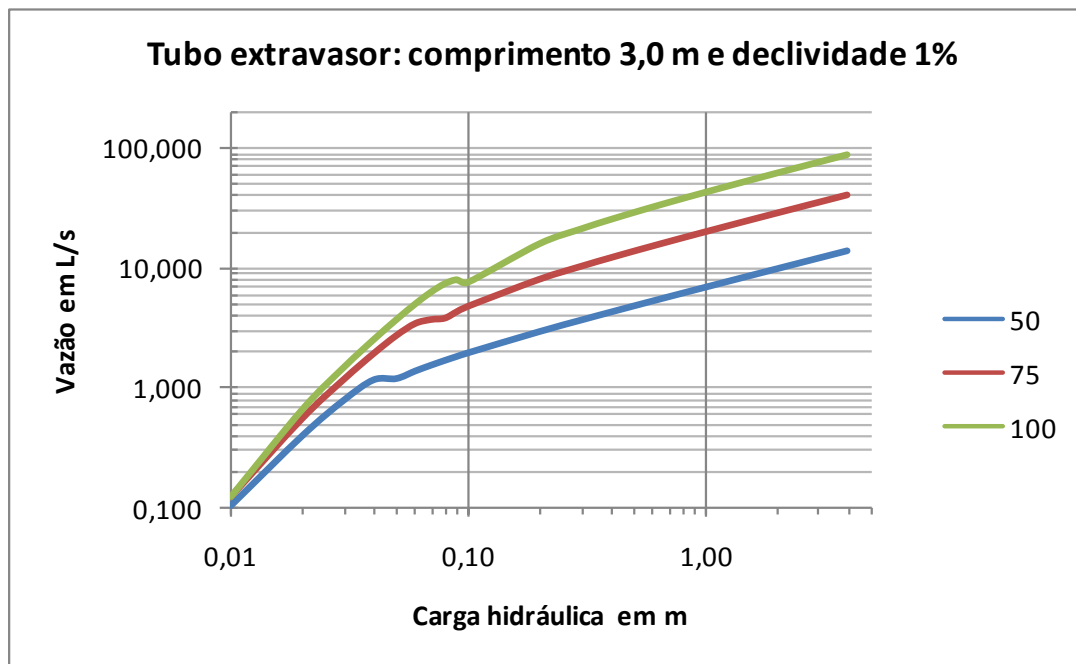


Figura VIII.16 - Vazão do tubo extravasor

VIII.3.4. Coeficiente de fragilidade da sub-bacia

As sub-bacias apresentam comportamentos distintos, por isso devem ser analisadas isoladamente levando-se em consideração as particularidades de cada uma como a drenagem existente e suas condições de funcionamento, a ausência de drenagem e a dificuldade de implantá-la, se a bacia é aberta ou fechada etc.

Quadro VIII.1 - Bacias de Drenagem da Zona Norte de Natal.

	Bacia	Área (ha)	
		Aberta	Fechada
I	Rio Doce	617,5	
II	Lagoa Azul	2417,5	
III	Lagoa de Extremoz	100,2	
IV	Rio Golandim	181,5	
V	Redinha	108,2	
VI	Ro Potengi / Salinas	885,4	
Total da Zona Norte		4309,9	

Quadro VIII.2 – Bacias de Drenagem das Zonas Leste/Oeste/Sul de Natal

	Bacia	Área (ha)	
		Aberta	Fechada
VII	Potengi /Rocas-Ribeira	376,3	
VIII	Praias Urbanas	218,2	
IX	Riacho do Baldo	714,8	
X	Potengi / Quintas-Base Naval	304,1	
XI	Parque das Dunas		1194,0
XII	Rio das Lavadeiras	1264,8	
XIII	Via Costeira	116,2	
XIV	Rio Potengi / Felipe Camarão	712,6	
XV	Lagoas da Jaguarari		431,8
XVI	Rio Pitimbu	1048,9	
XVII	San Vale / Cidade Satélite		1145,4
XVIII	Rio Jundiá / Guarapes	398,0	
IXX	Lagoinha		1016,0
XX	Praia de Ponta Negra	949,3	
Total da Zona Leste/Oeste/Sul		6103,2	3787,2

A definição de quais bacias são abertas ou fechadas se encontra no Quadro VIII.1 (Zona Norte) e Quadro VIII.2 (Zonas Leste, Oeste e Sul).

Para definição da sub-bacia e bacia onde esteja localizado o lote é necessário a identificação das coordenadas, posicionado-o nas plantas de divisão de bacias e sub-bacias na base cartográfica de Natal.

O Plano diretor define área de risco como área passível de ser atingida por processos naturais ou antrópicos que causem efeitos adversos, situados em vertentes

e em tornos destas áreas suscetíveis de inundação e/ou alagamento, baixios topográficos (Art 6º, V).

As sub-bacias, por suas peculiaridades, possuem os seus respectivos riscos de inundação a jusante, sendo definidos assim:

Tabela VIII.4 – Coeficientes de fragilidade das sub-bacias K

Tipo	Tr (anos)	i (mm/h)	K	DESCRIÇÃO DA SUB-BACIA
I	2	95,7	1,00	Sub-bacia aberta sem ocorrências de inundações
II	5	109,2	1,14	Sub-bacia aberta com ocorrência de inundações na micro drenagem
II	10	120,5	1,26	Sub-bacia aberta com ocorrências de inundações na macro drenagem e fechada com sistema de drenagem com transposição.
IV	25	137,4	1,44	Sub-bacia fechada com transposição deficiente.
V	50	151,8	1,59	Sub-bacia fechada com sistema de drenagem deficiente, sem transposição.

Onde, K, o coeficiente de fragilidade da sub-bacia e é definido como sendo a razão da intensidade máxima para período de retorno distintos. O numerador dessa razão corresponde a intensidade máxima para os períodos de retorno $Tr = 5, 10, 25$ e 50 , respectivamente e o denominador a intensidade máxima para o período de retorno de 2 anos.

Apresentamos a seguir a tabela VIII.5 com os coeficientes de fragilidade definidos para cada Sub-bacia seguindo os critérios estabelecidos na tabela VIII.4.

Tabela VIII.5 – Coeficientes de fragilidade K para cada sub-bacia

Sub-Bacia	Período de retorno (Tr) anos	Coeficiente de fragilidade (k)	Localização
I-1-2-3	10	1,26	Bairro Lagoa Azul – Entre a Lagoa Azul e o Rio Doce e Lagoa do Sapo
I-4	10	1,26	Bairro Pajuçara – Na região limite com Extremoz
I-5	10	1,26	Bairro Pajuçara – Região da Av. Tocantínea passando pela Lagoa Visconde de Ouro Preto, Lagoa Zurique, Lagoa do Parque das Dunas 01 até as proximidades da Av. Moema Tinoco com a Rua Açude Santa Rita de Cássia
I-6	50	1,59	Bairro da Redinha – Próximo a Comunidade da África entre o Rio Doce e o limite do Município de Extremoz (Região não habitada)
I-7	10	1,26	Bairro Pajuçara – Trecho entre a Rua Caminho de Areia e Açude Santa Rita (Área pouco habitada)
II-1	10	1,26	Bairro Lagoa Azul – Região da Lagoa Azul
II-2	50	1,59	Bairro Lagoa Azul – Parte do Conj. Nova Natal e do Loteamento Boa Esperança
II-3	50	1,59	Bairro Lagoa Azul – Loteamento Câmara Cascudo
II-4	10	1,26	Bairro Lagoa Azul – Conj. Gramoré entre a Rua Pirassununga e a Rua Guaratinguetá
II-5	10	1,26	Bairro Lagoa Azul – Região de Cid. Praia e Lagoa do Soledade
II-6	10	1,26	Bairro Lagoa Azul – Nova Natal nas proximidades da Lagoa da Av. da Ciranda; Bairro Potengi nas proximidades da Lagoa José Sarney (Santarém e Loteamento José Sarney) e Soledade nas proximidades do Terminal da Integração
II-7	25	1,44	Bairro Lagoa Azul - Conj. Gramoré próximo a Rua Guaratinguetá
II-8	50	1,59	Bairro Pajuçara – Lagoa Doutor Carneiro Ribeiro
II-9-A	10	1,26	Bairro Pajuçara – Conjunto Pajuçara
II-9-B	50	1,59	Bairro Pajuçara – Próximo a Lagoa do P. das Dunas 02 (Conj. Parque das Dunas)
II-10	10	1,26	Bairro Nossa Sra. da Apresentação – Jardim Progresso, Jardim Primavera, nas adjacências da lagoa do Jardim Primavera, Loteamento Bom Jesus e Vale Dourado
II-11	10	1,26	Bairro Nossa Sra. da Apresentação – Jardim Primavera, Aliança, Vale Dourado
II-12	25	1,44	Bairro Potengi e Pajuçara nas proximidades da Lagoa do Santarenzinho até a Av. João Medeiros Filho
II-13	50	1,59	Bairro Nossa Sra. da Apresentação – Conj. do Parque dos Coqueiros
III.1	25	1,44	Conj. Jardim Progresso - Região de Fábricas e Bairro Lagoa Azul nas proximidades da Lagoa de Extremoz (trecho não habitado)

III.2	25	1,44	Conj. Jardim Progresso - Região de Fábricas e Bairro Lagoa Azul nas proximidades da Lagoa de Extremoz (trecho não habitado)
IV	50	1,59	Bairro Nossa Sra. da Apresentação – Próximo a BR-101 depois do conj. Parque dos Coqueiros (Região de fábricas)
V-1	50	1,59	Bairro Redinha – Comunidade da África e Redinha
V-2	2	1,00	Bairro Redinha – Redinha
VI-1	2	1,00	Bairro Potengi - Loteamento Santa Inês e Ki-Panorama
VI-2	5	1,14	Bairro Redinha – Conj. Jardim das Flores
VI-3	5	1,14	Conjunto dos Garis
VI-4	2	1,00	Bairro Potengi – Conj. Potengi, Panorama e Igapó ao lado direito sentido Tomaz Landim Redinha
VI-5-A	25	1,44	Bairro Potengi – Conjunto Panatis
VI-5-B	25	1,44	Bairro Potengi – Conjunto Panatis entre as Lagoas do Panatis e Acaraú até a Av. João Medeiros Filho
VI-5-C	25	1,44	Bairro Igapó – Conjunto Igapó
VII-1	10	1,26	Bairro Santos Reis Área Militar e Bairro das Rocas nas proximidades do canto do mangue
VII-2	10	1,26	Rocas/Ribeira – Próximo ao Grande Moinho Português
VII-3	10	1,26	Bairro Ribeira nas proximidades do Teatro Alberto Maranhão e Cidade Alta nas proximidades da Praça das Mães
VIII-1	25	1,44	Bairro Santos Reis nas proximidades da Praia do Forte
VIII-2	25	1,44	Praia do Meio
VIII-3	2	1,00	Praia do Meio
VIII-4	2	1,00	Bairro de Areia Preta/Bairro de Mãe Luiza
VIII-5	2	1,00	Bairro de Mãe Luiza
VIII-6	2	1,00	Bairro de Mãe Luiza
IX-1	50	1,59	Bairro Tirol / Petrópolis
IX-2	50	1,59	Bairro de Barro Vermelho, Bairro de Petrópolis (da Rua Potengi até a Lagoa Manoel Felipe), Bairro do Tirol (Lagoa Manoel Felipe até Lagoa das Dunas) Cidade Alta (região de comércio), Passo da Pátria, Alecrim nas proximidades da Av. Alexandrino de Alencar, Bairro de Lagoa Seca nas proximidades do Corpo de Bombeiros
X-1	25	1,44	Bairro Alecrim nas proximidades do Rio Potengi (Av. Presidente Bandeira, Silvio Pélico, Vereador Pereira Pinto, Presidente Sarmiento) e proximidades da Rua Presidente Leão Veloso
X-2	2	1,00	Bairro das Quintas e parte do Bairro Nordeste
XI-1	2	1,00	Parque Estadual Dunas de Natal
XI-2	50	1,59	Bairro Nova Descoberta (Parte do Campus e Área Militar)
XI-3 (A)	10	1,26	Bairro de Capim Macio – Próximo a Lagoa do Cid. Jardim
XI-3 (B)	50	1,59	Bairro de Capim Macio – Próximo a Lagoa do Cid. Jardim
XI-4	50	1,59	Parque Estadual Dunas de Natal

XII-1	25	1,44	Região do trecho da Av. Antônio Basílio até o Riacho das Quintas e parte do Bairro Nordeste
XII-2	50	1,59	Região da Lagoa de São Conrado
XII-3	50	1,59	Bairro Nova Descoberta (Lagoa dos Potiguares)
XII-4	50	1,59	Bairro de Lagoa Nova – Região do trecho da Av. Salgado Filho com Antônio Basílio até as proximidades da Lagoa do Preá
XII-5	50	1,59	Bairro de Lagoa Nova nas proximidades do Centro Administrativo englobando Potilândia
XIII	2	1,00	Via Costeira
XIV (A)	5	1,14	Bairro de Felipe Camarão
XIV (B)	50	1,59	Bairro do Bom Pastor
XV	50	1,59	Bairro de Cid da Esperança e Parte de Candelária Próxima a Lagoa da Petrobrás
XVI-1	50	1,59	Bairro do Guarapes – Parte não Habitado
XVI-2	50	1,59	Bairro do Guarapes – Parte não Habitado
XVI-3	50	1,59	Bairros de Guarapes e Planalto – Próximo a Lagoa do Planalto nº1
XVI-4	50	1,59	Bairros de Guarapes e Planalto – Próximo a Lagoa do Planalto nº2
XVI-5	25	1,44	Bairros Planalto e Conj. Cidade Satélite ambos margeando o rio Pitimbu
XVII-1	50	1,59	Parque da Cidade Dom Nivaldo Monte
XVII-2	50	1,59	Conjunto Cidade Satélite – Próximo a Lagoa dos Xavantes
XVII-3	50	1,59	Candelária – Próximo ao Condomínio Quatro Estações e Bairro Latino
XVII-4 (A)	50	1,59	Região de San Vale – Lagoa do San Vale RD 01
XVII-4 (B)	50	1,59	Região de San Vale – Lagoa do San Vale RD 02A
XVII-4 (C)	50	1,59	Região de San Vale – Da Av. da Integração até a Av. Saint Exupery e Lagoa de San Vale RD 04
XVII-4 (D)	50	1,59	Região de San Vale – Lagoa do San Vale RD 03
XVII-5	50	1,59	Entrada de Cid Satélite e Região de San Vale RD 06
XVII-6	50	1,59	Região de San Vale – Lagoa do San Vale RD 05 da Saint Exupery até Irineu Costa nas proximidades da BR-101
XVIII	5	1,14	Bairro do Guarapes – Loteamento Guarapes Velho
XIX-1	25	1,44	Bairro de Neópolis e Capim Macio – Indo do Bom preço até a Lagoa do Macro
XIX-2 (A)	50	1,59	Cidade Jardim e Capim Macio – Trecho entre a Walter Duarte Pereira e a Presbítero Porfiro Gomes da Silva até a Lagoa do CTG
XIX-2 (B)	50	1,59	Bairro de Capim Macio nas proximidades da Lagoa Capim Macio RD 01

XIX-2 (C)	50	1,59	Bairro de Capim Macio nas proximidades da Lagoa Capim Macio RD 02
XIX-2 (D)	50	1,59	Bairro de Capim Macio nas proximidades da Lagoa do Marinas RD 03 e 04
XIX-2 (E)	50	1,59	Bairro de Ponta Negra – Da Av. Praia de Genipabu até a Rua Praia de Rio Doce (região da Lagoa da Av. Praia de Genipabu)
XIX-3	25	1,44	Região de Neópolis indo da Av. dos Ipês até a Rua Diamantina (região das Lagoas do Jiqui, Av. Airton Senna e Pirangi)
XIX-4	50	1,59	Região da Lagoa do Socyte Soccer Clube
XIX-5	50	1,59	Região de Lagoinha
XX-1	5	1,14	Região da Praia de Ponta Negra e Conj. Ponta Negra entre a Av. Estrela do Mar e Rua Ponta de Serrambi
XX-2	25	1,44	Região da Vila de Ponta Negra nas proximidades da Lagoa do Alagamar
XX-3	50	1,59	Zona de Proteção Ambiental 06
XX-4	50	1,59	Região da Vila de Ponta Negra nas proximidades da Lagoa de Vila de Ponta Negra
XX-5	50	1,59	Região da Vila de Ponta Negra entre a Rua Afonso Magalhães e a Lagoa da Aeronáutica

VIII.4. ROTEIRO DE CÁLCULO DE RESERVATÓRIOS DE DETENÇÃO E INFILTRAÇÃO EM BACIAS FECHADAS OU ABERTAS.

VIII.4.1. Pre-dimensionamento

- Para o dimensionamento definir um poço de infiltração padrão com o diâmetro “D”, profundidade do poço “H” e a revanche de transbordamento “ΔH”
- Definir o diâmetro “Φ” do extravasor em função da área de contribuição do lote com base na Tabela VIII.3;
- No gráfico das Figuras VIII.15A, VIII.15B ou VIII.15C referente ao diâmetro do extravasor “Φ” correspondente, com a carga hidráulica “ΔH” na curva correspondente da superfície do poço adotado encontra-se a área de contribuição efetiva do poço “ $A_{c,poço}$ ”;
- O número de poços é definido pela razão da área de contribuição efetiva do lote “ A_c ” pela área da contribuição “ $A_{c,poço}$ ” por poço de infiltração multiplicado pelo respectivo coeficiente de fragilidade, conforme a fórmula abaixo:

$$N_{poços} = k * \frac{A_c}{A_{c,poço}}$$

Onde:

$N_{poços}$ é o número de poços de infiltração padrão;

A_c é a área de contribuição efetiva do lote;

$A_{c, poço}$ é a área de contribuição para cada poço de infiltração padrão;

k é o coeficiente de fragilidade da sub-bacia considerada (Tabela VIII.5).

VIII.4.2. Balanço hidrológico de 30 dias para o poço de infiltração dimensionado

- Para o poço padrão utilizado, com a taxa de infiltração “f” em mm/dia, com coeficiente de deflúvio “C” da sub bacia (Tabela IV.12), no gráfico correspondente da Figura VIII.13(A), VIII.13(B) ou VIII.13(C) encontra-se a

área contribuição efetiva que pode ser atendida por um poço padrão adotado (Figuras VIII.17, VIII.18 e VIII.19).

- b) Dividindo-se a área de contribuição efetiva do lote “Ac” pela área de contribuição efetiva que pode ser atendida por um poço de infiltração, conforme as figuras VIII.13(A), VIII.13 (B) ou VIII.13 (C), utilizando a fórmula abaixo temos a quantidade de poços padrão necessária:

$$N_{\text{poços}} = k * \frac{A_c}{A_{c,\text{poço}}}$$

Onde:

$N_{\text{poços}}$ é o número de poços de infiltração padrão;

A_c é a área de contribuição efetiva do lote;

$A_{c,\text{poço}}$ é a área de de contribuição para cada poço de infiltração padrão;

k é o coeficiente de fragilidade da sub-bacia considerada (Tabela VIII.5).

- a) Comparando-se o número de poços encontrados na situação VIII.4.1 (pré dimensionamento) com o número de poços encontrados na situação VIII.4.2 (balanço hidrológico) utiliza-se a situação mais desfavorável que correspondo a de maior número de poços.

A área total de infiltração e o volume do poço de infiltração padrão encontrada poderá ser convertida em outro formato a critério do projetista, desde que atendida, no mínimo, as áreas e volumes totais.

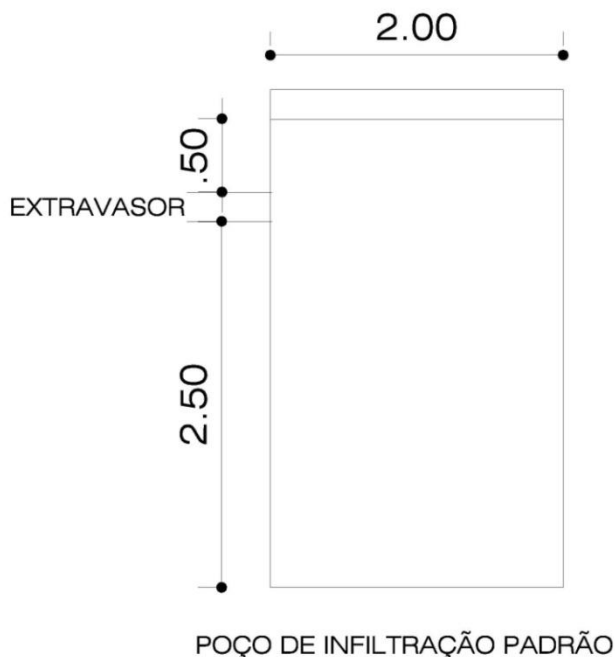


Figura VIII.17 - Poço de infiltração circular padrão D=2,00m e H=2,50m.

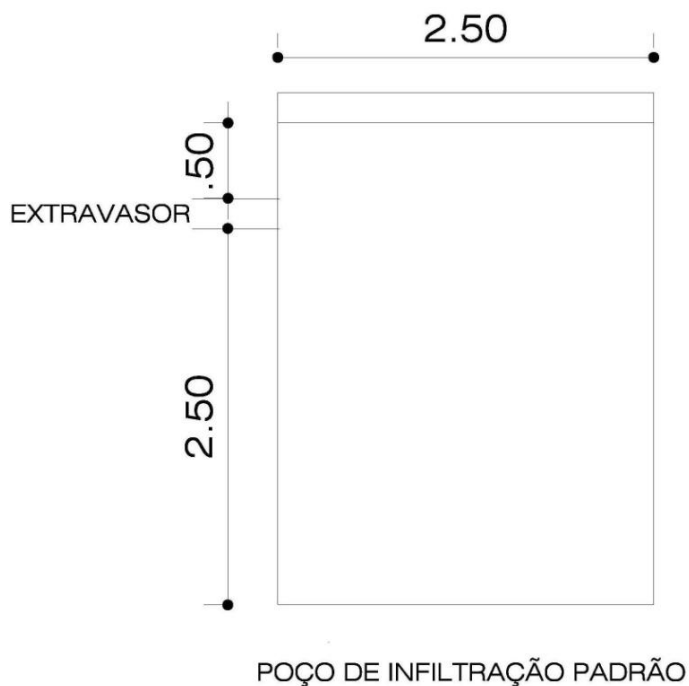


Figura VIII.18 - Poço de infiltração circular padrão D=2,50m e H=2,50m.

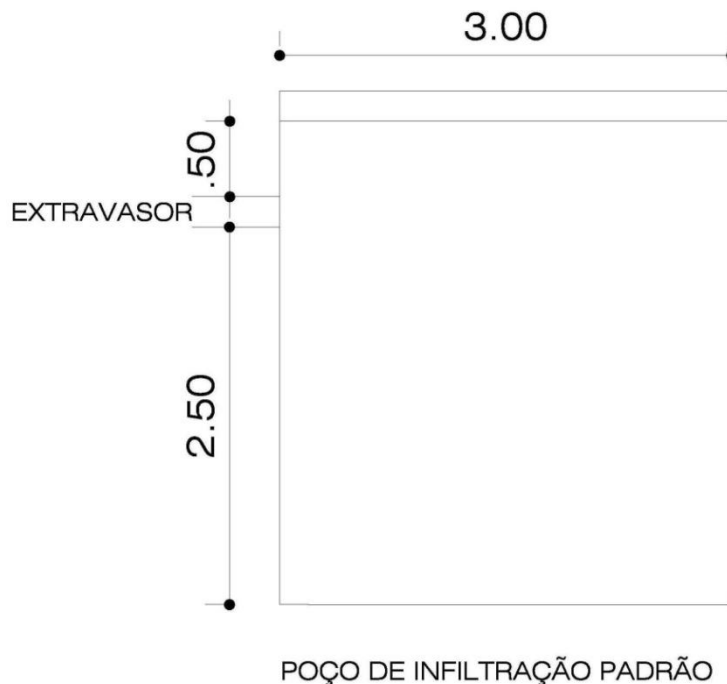


Figura VIII.19 - Poço de infiltração circular padrão D=3,00m e H=2,50m.

VIII.5. ÁREAS QUE PODEM SER NECESSÁRIAS AO SISTEMA DE DRENAGEM DE NATAL, SUJEITOS AOS INSTRUMENTOS PREVISTOS NO PLANO DIRETOR DE NATAL

O sistema de drenagem é parte integrante da infra-estrutura urbana, necessitando assim de alocação de espaços, para a implantação e ampliação do sistema garantindo a manutenção das condições anteriores a urbanização assegurando a sua sustentabilidade. O Plano Diretor Urbanístico da cidade de Natal prever instrumentos para a intervenção do poder público no processo de organização do uso e ocupação do solo. Esses instrumentos são fundamentais para o planejamento, tanto a curto prazo como a longo prazo, da expansão urbana e fiscalização eficaz, garantindo a sustentabilidade da cidade quanto a ocupação das áreas de fundo de vales e impermeabilização do solo, que gera maiores vazões de escoamento durante os eventos chuvosos.

As Áreas de fundo de vale, áreas sujeitas a inundação, áreas que podem ou devem ser utilizadas para a implantação de dispositivos de drenagem, o caminho natural das águas, lagoas e pontos que podem ser utilizados para eliminar ou minimizar os impactos gerados nos pontos de alagamento são áreas de interesse para o controle da drenagem e manejo das águas pluviais, por isso este Plano Diretor de Drenagem e Manejo de Águas Pluviais identifica áreas sujeitas aos instrumentos previstos no Plano Diretor Urbanístico, sendo estas mostradas em mapas anexos, para atendimento das funções sociais e ambientais da cidade e da propriedade, garantindo um uso socialmente justo e ecologicamente equilibrado do seu território, de forma a assegurar a todos os seus habitantes, condições de qualidade de vida, bem-estar e segurança, para isso tem como algumas diretrizes, a distribuição equânime dos custos e benefícios das obras e serviços e infraestrutura urbana e recuperação, para a coletividade, da valorização imobiliária decorrente dos investimentos públicos (Art. 3º, II).

As tabelas VIII.6, VIII.7, VIII.8 e VIII.8 apresentam as áreas reservadas submetidas aos instrumentos do Plano Diretor de Natal com as respectivas coordenadas, sub-bacia a que pertence e área de ocupação.

Tabela VIII.6 – Áreas a serem submetidas aos instrumentos do Plano Diretor de Natal
Zona Norte

ZONA NORTE						
PTO.	NOME	BAIRRO	X	Y	SUB-BACIA	ÁREA (m ²)
AZN01	Lagoa do Sapo	Lagoa Azul	250.832	9.367.057	II.1	21.674,00
AZN02	Lagoa do Soledade	Lagoa Azul	249.586	9.364.824	II.5	99.246,00
AZN03	Lagoa José Sarney	Lagoa Azul	250.556	9.365.339	II.6	104.336,00
AZN04	Lagoa Visc. Ouro Preto	Pajuçara	251.320	9.367.147	I.5	2.406,00
AZN05	Lg. Dr. Carneiro Ribeiro	Pajuçara	251.314	9.365.695	II.8	16.316,00
AZN06	Lg. Parque das Dunas II	Pajuçara	252.333	9.366.034	I.5	21.525,00
AZN07	Lagoa do Santarenzinho	Potengi	251.336	9.364.483	II.12	49.227,00
AZN08	Lagoa Acaraú	Potengi	249.324	9.362.388	VI.5B	24.496,00
AZN09	Lagoa Pq. Coqueiros	N.S. Apresentação	247.855	9.363.162	II.13	59.765,00
AZN10	Lagoa Jardim das Flores	Redinha	253.623	9.363.992	VI.2	3.313,00
AZN11	Lagoa do Câmara Cascudo	Lagoa Azul	250.087	9.366.390	II.3	8.294,00
AZN12	Lagoa do Nova Natal	Lagoa Azul	249.641	9.366.213	II.2	3.235,00
AZN13	Lagoa do Potengi	Pajuçara	251.859	9.366.782	I.5	6.831,07
AZN14	Lagoa do Santa Cecília	Pajuçara	251.943	9.367.399	I.3	27.951,47
AZN15	Depressão em terreno (Pq. Dunas)	Pajuçara	252.025	9.365.858	I.4	7.770,37
AZN16	Lagoa do Hospital Santa Catarina	Potengi	250.016	9.363.651	II.11	5.505,81
AZN17	Lagoa da rua Beberibe	Redinha	255.477	9.364.947	V.1	9.862,97
AZN18	Lagoa do Lot. Nordelândia	Lagoa Azul	248.392	9.366.153	II.5	8.572,72
AZN19	Lagoa do Boa Esperança I	Lagoa Azul	249.147	9.366.649	II.2	5.040,00
AZN20	Lagoa do Boa Esperança II	Lagoa Azul	248.197	9.367.322	III.1	9.521,66
AZN21	Lagoa do Parque Industrial I	N.S. Apresentação	247.042	9.365.315	II.10	6.017,69
AZN22	Lagoa do Parque Industrial II	N.S. Apresentação	247.000	9.365.027	II.10	8.294,96
AZN23	Shopping Estação	Potengi	251.222	9.362.946	VI.4	3.861,00

Tabela VIII.7 – Áreas a serem submetidas aos instrumentos do Plano Diretor de Natal
Zona Oeste

ZONA OESTE						
PTO.	NOME	BAIRRO	X	Y	SUB-BACIA	ÁREA (m ²)
AZO01	Lagoa São Conrado	N. Sra. Nazaré	253.173	9.356.586	XII.2	58.665,38
AZO02	Lagoa do Horto	Cid. Esperança	252.274	9.355.264	XV	5.674,96
AZO03	Lagoa do Planalto II	Planalto	249.608	9.353.374	XVI.4	32.556,65
AZO04	Lagoa do Planalto III	Planalto	251.186	9.353.778	XVII.2	11.156,63
AZO05	Lg. Cidade Nova (Proposição)	Cid. Nova	251.842	9.354.284	XIV.2	3.916,18
AZO06	Lagoa Planalto IV	Planalto	251.063	9.351.710	XVI.5	3.036,06
AZO07	Lagoa do Guarapes	Guarapes	248.975	9.355.004	XVIII	16.495,93
AZO08	Foz do riacho das Quintas	Nordeste	251.969	9.358.098	XII.1	3.269,62
AZO09	Foz Drenagem Arena das Dunas	Bom Pastor	251.295	9.357.207	XIV.1	3.927,41
AZO10	Nova Cidade (Stand de tiro)	Cidade Nova/Candelária	252.963	9.354.257	XV	21.718,28

Tabela VIII.8 – Áreas a serem submetidas aos instrumentos do Plano Diretor de Natal
Zona Leste

ZONA LESTE						
PTO.	NOME	BAIRRO	X	Y	SUB-BACIA	ÁREA (m ²)
AZL01	Lg. das Dunas	Tirol	256.784	9.356.805	IX.2	9.683,30
AZL02	Canal Tirol Petrópolis	Ribeira	255.474	9.360.574	VII.3	475,00
AZL03	Galeria Rua Guanabara	Mãe Luiza	257.726	9.359.528	VIII.4	930,00
AZL04	Galeria da Rua João XXIII	Mãe Luiza	258.349	9.358.402	VIII.5	774,00

Tabela VIII.9 – Áreas a serem submetidas aos instrumentos do Plano Diretor de Natal - Zona Sul

ZONA SUL						
PTO.	NOME	BAIRRO	X	Y	SUB-BACIA	ÁREA (m ²)
AZS01	Lg. Bairro Latino	Candelária	254.860	9.353.419	XVII.3	4.651,00
AZS02	Lg. Natal Shopping	Candelária	255.290	9.353.708	XI.3B	14.675,00
AZS03	Lg. da CIDA	Neópolis	256.796	9.350.577	XIX.5	15.823,00
AZS04	Lg. do Jiquí	Neópolis	255.699	9.351.669	XIX.3	13.432,00
AZS05	Lagoa do Socyte	Neópolis	254.959	9.351.327	XIX.4	13.127,00
AZS06	Lagoa dos Potiguares	N. Descoberta	256.596	9.355.985	XII.3	15.828,00
AZS07	Lagoa do Xavantes	Pitumbu	251.753	9.352.751	XVII.2	31.797,00
AZS08	Lagoa dos Caiapós I	Pitumbu	251.591	9.351.823	XVI.5	16.462,00
AZS09	Lagoa de Lagoinha	Ponta Negra	257.286	9.349.794	XIX.5	157.418,00
AZS10	Lagoa da Ouro Preto	Neópolis	254.702	9.350.692	XIX.4	17.170,70
AZS11	Lagoa do San Vale RD 01	Candelária	253.983	9.353.717	XVII.4A	10.411,29
AZS12	Lagoa do San Vale RD 02A	Candelária	253.538	9.351.922	XVII.4B	17.065,68
AZS13	Lagoa do San Vale RD 02B	Candelária	254.062	9.353.025	XVII.4B	7.031,96
AZS14	Lagoa do San Vale RD 03	Candelária	253.972	9.352.671	XVII.4D	33.502,84
AZS15	Lagoa do San Vale RD 04	Pitumbu	253.458	9.351.958	XVII.4C	125.122,56
AZS16	Lagoa do San Vale RD 05	Pitumbu	253.959	9.351.431	XVII.6	13.594,12
AZS17	Lagoa do San Vale RD 06	Pitumbu	253.603	9.351.178	XVII.5	3.882,79
AZS18	Lagoa Natural	Pitumbu	253.150	9.351.605	XVII.5	8.610,07
AZS19	Lagoa r. Oswaldo Fortes	Ponta Negra	258.647	9.348.538	XIX.5	12.431,00
AZS20	Lagoa da Umbelino Coelho	Neópolis	256.153	9.350.066	XIX.5	8.143,00
AZS21	Lagoa da rua dos Perdizes	Pitumbu	253.494	9.349.942	XVII.6	23.118,74
AZS22	Lagoa dos Caiapós II	Pitumbu	252.200	9.351.211	XVII.6	8.261,53
AZS23	Área R. Carteiro José Lúcio	Neópolis	254.946	9.351.134	XIX.4	4.247,00
AZS24	Lagoa da COHAB	Neópolis	256.430	9350.500	XIX.5	1.815,00
AZS25	Saída do Túnel Via Costeira	Parque das Dunas	258.632	9.351.424	XIII	741,00
AZS26	Lg. da Av. Praia de Genipabu	Ponta Negra	257.956	9.350.780	XIX.2E	19.146,00
AZS27	Lg. Capim Macio RD 03	Capim Macio	257.619	9.351.008	XIX.2D	22.377,00
AZS28	Final da Av. Jaguarari	Candelária	253.480	9.354.304	XV	3.986,00

VIII.6. RECOMENDAÇÕES

I. As medidas não estruturais recomendadas para a cidade de Natal devem ser regulamentadas por lei específica, que deverá conter instrumentos de preservação das características dos terrenos, públicos e privados, apropriadas para o desenvolvimento de projetos de drenagem, envolvendo aspectos identificados com a recarga do aquífero, destino final das águas de sistemas de micro e macro-drenagem e área de servidão de galerias e túneis.

II. Os projetos de drenagem na cidade de Natal devem ser desenvolvidos utilizando-se os coeficientes de deflúvio das sub-bacias de drenagem definidos nos Estudo Hidrológicos do Plano Diretor de Diretor de Drenagem e Manejo de Águas Pluviais.

III. Os projetos dos dispositivos de infiltração deverão ser desenvolvidos tendo como base as taxas de infiltração medidas no local através de ensaios apropriados.

IV. Reservar uma faixa de domínio da rede de drenagem, proibindo-se a implantação de qualquer outra infra-estrutura nesse espaço a ser preservado. Essa faixa de domínio corresponde a base maior do trapézio onde a base menor será determinada pela medida externa da galeria e altura pela distância compreendida entre a cota inferior da galeria e o nível da pavimentação, do terreno natural ou cota determinada pelo órgão gestor da drenagem urbana. Considerando as características do solo da zona urbana de Natal, para cálculos da base maior do trapézio será utilizado um ângulo de 45° entre a altura e base menor. Em qualquer situação, a medida mínima para a faixa de domínio não poderá ser inferior a 6,00 m, ou seja, 3,00 m do eixo da galeria para cada lado.

V. Preferencialmente, a faixa de domínio da rede de drenagem, de maior porte do que as outras infra-estruturas urbanas que necessitam de escavação para sua implantação e manutenção, deve-se localizar no eixo central das vias públicas.

VI. A área permeável mínima dos lotes urbanos de Natal deverá ser de 20% da área total do lote, assegurando-se as condições efetivas de sua utilização.

VII. Os projetos dos dispositivos de controle de escoamento na fonte devem, no mínimo, reproduzir as condições potenciais de absorção das áreas que deverão ser preservadas para essa finalidade.

VIII. Considera-se como condição potencial de absorção um terreno plano horizontal com solo permeável e cobertura vegetal.

IX. Nas bacias de drenagem fechadas, as medidas não estruturais de controle do escoamento na fonte devem se constituir de dispositivos de infiltração.

X. Na implantação dos dispositivos de infiltração deve-se observar a seguinte hierarquia preferencial: plano e valos, poços e trincheiras abertas e poços de infiltração.

XI. Os reservatórios de retenção na fonte devem ser implantados preferencialmente em bacias de drenagem abertas para as seguintes condições:

a) No tratamento de pontos críticos com inundações pontuais decorrentes de deficiências do sistema de micro-drenagem.

b) Adequação do coeficiente de escoamento superficial de projetos de grandes empreendimentos públicos ou privados às condições originais de projeto de sistema de micro-drenagem.

IX-SANEAMENTO E DRENAGEM

IX.1 Caracterização Geral da Área de Interesse do Plano

A área de interesse do Plano Diretor de Drenagem e Manejo de Águas Pluviais da Cidade do Natal compreende todo o município e as áreas limítrofes delimitadas pelas bacias de contribuição pertencentes simultaneamente a Natal e aos municípios circunvizinhos, totalizando pouco mais de 172,0 km². A Cidade do Natal ocupa praticamente todo o Município, que é, portanto, quase todo constituído de zona urbana.

Em Natal, assim como nas cidades circunvizinhas, a crescente expansão urbana e as deficiências ou ausências de serviços de infra-estrutura compatíveis com o crescimento da cidade têm demonstrado claramente a deterioração dos espaços urbanos. Isto se reflete na poluição dos recursos hídricos superficiais que cortam a cidade (rios, riachos e lagoas), bem como dos recursos hídricos subterrâneos, com centenas de poços utilizados para o abastecimento de água de grande parte da população de Natal.

Os recursos hídricos de Natal, tanto superficiais quanto subterrâneos, estão situados em zonas consideradas de alta vulnerabilidade à poluição.

IX.2 Sistemas Existentes de Abastecimento de Água e de Esgotamento Sanitário

Em suma, pode-se afirmar que, atualmente, a cobertura dos serviços de abastecimento de água de Natal é maior que 95%, mas cerca de 39.000 economias de água se encontram inativas. Os serviços de coleta de esgotos dão cobertura de apenas 33%.

Abastecimento de Água

O município de Natal tem atualmente cerca de 780 mil habitantes. A população circunscrita nos limites periféricos da grande Natal atinge cerca de 1 milhão de habitantes. Aproximadamente 70% da população de Natal é abastecida com água subterrânea, captada através de poços tubulares construídos nos aquíferos Dunas/Barreiras, e cerca de 30% é suprida por águas de superfície, oriundas das lagoas do Jiqui e de Extremoz.

No âmbito do município de Natal, o sistema público de abastecimento de água, operado pela CAERN, conta (em janeiro de 2009) com 120 poços tubulares em operação, com profundidades que variam de 35 a 150 metros e vazão de exploração variando entre 15 e 200m³/h/poço, muitos dos quais operando em regime ininterrupto. Do total de poços ativos que abastecem a cidade, 85 se situam na Zona Sul e 35 na Zona Norte. Atualmente existem 66 poços desativados, na sua grande maioria devido terem atingido elevadas concentrações de nitrato.

O macro sistema de abastecimento de água do município de Natal está dividido em duas zonas, espacialmente separadas pelo rio Potengi: são as Zonas Norte e Sul.

O sistema de abastecimento de água da Zona Sul tem cerca de 80% da sua produção de água oriunda de poços tubulares profundos, espalhados por diversos bairros da cidade, e 20% proveniente da lagoa do Jiqui. A distribuição da água subterrânea é feita a partir de 12 sub-sistemas.

O sistema de abastecimento de água da Zona Norte também tem duas fontes principais de suprimento: a lagoa de Extremoz, que responde por aproximadamente 60% da produção ofertada, e o aquífero subterrâneo, através 35 poços tubulares em atividade, que respondem por 40% da produção desta área, reforçando e complementando a demanda requerida pelo sistema.

A rede de distribuição de água da Zona Sul de Natal tem diâmetros variáveis de 50 a 800mm e extensão aproximada de 1.100 km. A rede de distribuição de água dos sistemas da Zona Norte se estende por cerca de 380 km de ruas, com diâmetros variando de 50 a 600mm, em tubos de PVC PBA, Cimento Amianto, PVC DEFOFO e Ferro Fundido.

No tocante ao manancial subterrâneo, a evolução dos teores de nitrato na água, embora não irreversíveis, demandarão razoável tempo para despoluição natural por diluição. Quanto a este aspecto particular, há controvérsias: alguns especialistas acreditam que a recuperação do aquífero contaminado é bastante lenta; mas outros defendem que, como o Nitrato é muito solúvel em água e muito facilmente lixiviado, em poucos anos alguns poços poderão ser recuperados.

Portanto, não é de se desprezar a possibilidade de recuperar poços atualmente desativados por problemas de qualidade da água dos aquíferos sob Natal, uma vez que se trata de solução de baixo custo de exploração, mediante a devida proteção e reabilitação natural desses aquíferos. Isso seria possível com a execução do sistema de esgotamento sanitário e também com a devida atenção para as áreas de recarga e descarga dos aquíferos prevista no Plano Diretor de Drenagem e Manejo das Águas Pluviais.

Esgotamento Sanitário

O Sistema de Esgotamento Sanitário Existente, em operação na cidade de Natal, é composto por redes coletoras de esgoto, coletores troncos (Gerais, CG1, CG2 e CG3), estações elevatórias, emissários de recalque e gravidade, além de estações de tratamento de esgotos (ETEs) do tipo lagoas facultativas e aeradas, atendendo a cerca de 33% da população. Os serviços existentes são concentrados basicamente na Zona Central da Cidade (Bairros: Rocas, Ribeira, Santos Reis, Petrópolis, Tirol, Barro Vermelho e parte do Alecrim e Nova Descoberta), na Zona Oeste (Bairros: Quintas, Bom Pastor, Dix-Sept Rosado, Lagoa Nova) e na Zona Sul, no bairro de Ponta Negra. Encontra-se em construção a ETE do Baldo, que fará o tratamento dos esgotos das bacias da Zona Central, com capacidade de tratar 675 l/s.

Para efeitos de planejamento e gestão do esgotamento sanitário, a cidade foi dividida em duas áreas distintas, subdivididas em “bacias de esgotamento sanitário”, a saber:

A Zona Norte, com 4.801ha, compreende os bairros de Redinha Nova, Redinha, Pajuçara, Potengi, Lagoa Azul, Nossa Senhora da Apresentação, Igapó, Jardim Lola, Amarante e Distrito Industrial, sendo subdividida em 18 sub-bacias de esgotamento sanitário. Estas 18 bacias de esgotamento são denominadas de A a R, mas apenas as bacias G e P contam com sistemas de esgotamento sanitário em operação, afóra o distrito industrial, que também conta com sistema de esgotos. A bacia R fica totalmente encravada no município de Extremoz.

A Zona Sul, com 9.426ha, compreende os bairros de Mãe Luiza, Areia Preta, Praia do Meio, Santos Reis, Petrópoles, Cidade Alta, Bairro Vermelho, Lagoa Seca, Alecrim, Quintas, Bairro do Nordeste, Bom Pastor, Nossa Senhora de Nazaré, Dix-Sept Rosado, Lagoa Nova, Cidade da Esperança, Nova Descoberta, Parque das Dunas, Felipe Camarão, Cidade Nova, Candelária, Capim Macio, Guarapes, Pitimbu, Neopolis e Ponta Negra, cobrindo 15 sub-bacias de esgotamento. As 15 bacias da Zona Sul são denominadas de A a O, das quais as bacias A e N drenam diretamente para o Oceano Atlântico, as bacias B, C, D, E, F e K drenam para o Rio Potengi e as bacias L e O drenam para o Rio Pitimbu. As bacias G, H, I, J e M não possuem exutório, ou seja, são bacias fechadas.

O atual sistema de esgotos de Natal deságua em vários pontos de lançamento no estuário dos rios Potengi e Jundiáí, nas margens direita e esquerda, alguns com tratamento, mas bastante precário. No Riacho do Baldo está o ponto de lançamento de maior vazão, no qual são lançados brutos os efluentes das bacias A a D, mas neste ponto está sendo construída a ETE do Baldo, com capacidade de tratar todos os esgotos que ali aportam. Na Zona Sul, os efluentes de Ponta Negra, depois de tratados em lagoas de estabilização em série, são infiltrados no solo através de valões de infiltração próximos à Av. Rota do Sol.

O esgotamento sanitário no município de Natal carece de muitos investimentos para atingir um nível considerado aceitável, que é da ordem de 90% de atendimento. A situação ainda é muito precária, considerando que pouco mais de um terço dos domicílios é servido por redes coletoras, e o restante se utiliza de soluções isoladas, tipo buraco, fossa rudimentar ou fossa séptica/sumidouro, como meio de destinação de seus esgotos. Quanto ao tratamento dos esgotos coletados a situação é ainda mais crítica: segundo a CAERN, cerca de 40% dos esgotos coletados recebe algum tipo de tratamento, o que representaria 12% dos esgotos gerados, ainda assim, muito precário, uma vez que o tratamento se dá apenas em nível primário, ou no máximo secundário.

Dentre as regiões administrativas, a Leste apresenta a melhor situação, tendo mais de 70% dos domicílios ligados à rede geral, seguida da Oeste, com 41,5%. Nas

regiões Norte e Sul o percentual de domicílios ligados à rede geral ainda é muito baixo, sendo da ordem de 4,0% e 6,0%, respectivamente.

A atual concepção do sistema de esgotamento sanitário de Natal foi idealizada no Plano Diretor de Esgotos elaborado pela Empresa Arco Projetos e Construções Ltda, em 1995. O atual Plano Diretor, elabora pela empresa KL Serviços de Engenharia S/C Ltda, manteve a mesma concepção. Esta concepção preconiza a divisão da cidade em duas zonas: Norte e Sul. O plano Diretor da KL está inconcluso, porque não definiu os locais de tratamento de forma conclusiva.

A Zona Sul, na margem direita do Rio Potengi, e a Zona Norte, a partir da margem esquerda desse rio. Cada uma dessas zonas tem a divisão de bacias de esgotamento sanitário identificadas por uma letra do alfabeto. Sendo assim, a Zona Sul possui 15 bacias que vão da letra A até a letra O, e a Zona Norte possui 17 bacias de esgotamento, que vão da letra A até a letra R.

A maior parte do sistema de esgotamento sanitário em operação na cidade de Natal está na Zona Sul. Nesta zona as bacias B, C, D, E e M, e parte das bacias A, F, I, J, H, G e N, possuem sistema em operação. Na Zona Norte apenas uma pequena parcela dos bairros Jardim Lola e Igapó, integrantes das bacias P e G, possui sistema de esgotamento sanitário em operação, sendo que o Jardim Lola pertence ao município de São Gonçalo do Amarante, porém seu sistema é operado pela CAERN – Zona Norte de Natal.

As principais deficiências do sistema de esgotos de Natal encontram-se resumidas em seguida:

Atualmente, na área correspondente à Zona Norte, somente cerca de 5% da população é atendida com rede coletora de esgotos. Do efluente captado praticamente 100%, embora esteja sendo conduzido a ETE's, não chega a receber efetivamente o tratamento adequado, em função da precariedade ou inadequação das ETE's.

O setor norte conta com um pequeno sistema de rede de coleta de esgotos do tipo Condominial para os bairros de Jardim Lola, pertencente ao município de São Gonçalo do Amarante, e de Igapó no próprio município de Natal. O sistema de esgotamento sanitário do DIN, depois de reformulado, opera regularmente.

De um modo geral, os sistemas de tratamento de efluentes, tanto domésticos quanto industriais da Zona Norte, carecem de melhorias para se adequar aos padrões de lançamento nos corpos receptores.

Na Zona Sul, embora haja maior cobertura de rede de esgotos, uma vez que cerca de 41,3% das economias residenciais cadastradas são servidas, as redes da região central, leste e micro-bacias limítrofes com o Rio Potengi, apresentam deficiências do ponto de vista de integridade e capacidade de transporte. O principal problema é o lançamento de despejos “in natura” no rio Potengi. Diariamente são lançados mais de 60.000 m³ sem qualquer tratamento.

Parâmetros de Projeto dos Sistemas de Abastecimento de Água e de Esgotamento Sanitário de Natal

Os sistemas e subsistemas de Abastecimento de Água e de Esgotamento Sanitário de Natal, ao serem projetados levam em conta um conjunto de elementos e parâmetros que se distinguem dependendo das áreas onde são implantados.

Para a área da margem direita do rio Potengi (Zona Sul), são adotados os seguintes parâmetros referenciais: a) per capita (incluídas as perdas): 300 l/hab.dia, para a sub-zona Sul; 250 l/hab.dia, para a sub-zona Leste; 180 l/hab.dia para a sub-zona Oeste; b) coeficientes de reforço: k1: coeficiente do dia de máximo consumo, em geral adotado o valor 1,2; k2: coeficiente do dia e hora de máximo consumo, em geral, adotado o valor 1,5; k3: 0,5 coeficiente do dia de mínima contribuição; coeficiente de retorno: Cr, 0,80; c) alcance de projeto: mínimo de 20 anos para qualquer parte do sistema e maiores mediante justificativas para estruturas ou obras especiais; d) populações: são projetadas adotando-se o mínimo de três métodos de estimativa população, ou em função das densidades populacionais estabelecidas no Plano Diretor de Natal para cada uma das zonas de adensamento; e) taxas de ocupação por domicílio: segundo dados do IBGE.

Para a Zona Norte são observados os mesmos parâmetros utilizados para a Zona Sul, exceto o per capita, que é único, de 180 l/hab.dia (incluídas as perdas).

Para os sistemas de escotamento sanitário, são utilizados os seguintes parâmetros de projeto: a) taxa de infiltração (Zonas Norte e Sul): para coletores em PVC, 0,05 l/s.km; para coletores em manilha cerâmica, 0,2 l/s.km; b) alcance de projeto: mínimo de 20 anos para qualquer parte do sistema e maiores mediante justificativas para estruturas ou obras especiais; c) populações: mediante estudo de saturação populacional para os sistemas condominiais ou contagem de imóveis por quadras; em função das densidades populacionais estabelecidas no Plano Diretor de Natal para cada uma das zonas de adensamento; taxas de ocupação por domicílio: segundo dados do IBGE;

Principais Interferências dos Sistemas de Abastecimento de Água e de Esgotamento Sanitário com o de Drenagem Urbana

Considerando que o aporte de águas pluviais para as Lagoas do Jiqui e de Extremoz contribui para alterações da qualidade físico-química e bacteriológica da água, residem aí os aspectos mais significativos das interferências das águas pluviais sobre os mananciais de superfície. Historicamente, no período chuvoso, as águas, tanto da Lagoa de Jiqui quanto de Extremoz, sofrem sensíveis alterações de cor, turbidez e de elevação da carga contaminante e bacteriológica. Passam a exigir alterações dos padrões de dosagem de produtos químicos e de desinfetantes, encarecendo custos operacionais e alterando a qualidade de fornecimento de água.

No caso dos poços tubulares, o problema maior é para aqueles situados em áreas de fundo de bacias sujeitas ao alagamento no período chuvoso, haja vista os riscos das contribuições pluviais penetrarem pelos tampões dos mesmos, nos quais não se consegue ter uma perfeita vedação.

Relativamente aos sistemas de abastecimento de água, as possíveis interferências despertam preocupações que induzem à tomada de medidas para evitar ao máximo a drenagem de água pluviais para essas bacias, ou quando isso tiver obrigatoriamente que ser feito, mediante medidas mitigadoras que possam reduzir assoreamento ou alterações dos padrões de qualidade da água.

Por outro lado, a infiltração de água de chuva de forma adequada pode contribuir para a lixiviagem do nitrato do solo e diluir as concentrações do mesmo nos aquíferos, constituindo uma ação benéfica para a qualidade das águas.

No que se refere aos Sistemas de Esgotamento Sanitário, as interferências são muito mais significativas. Para se ter idéia, o Sistema de Esgotos de Natal deverá contar com 125 estações elevatórias e quatro centros de tratamento distintos, na grande maioria situadas em bacias fechadas, que estão sujeitas a alagamento das águas durante as enchentes. A exceção daquelas unidades elevatórias que se situam na Faixa Litorânea Leste/Oeste de Escoamento Difuso (situadas às margens direita/esquerda do rio Potengi ou as que se situam na orla marítima), todas sofrem riscos de inundação de água pluviais ou podem, inversamente, por extravazamento, contribuir com despejos para o sistema de galerias de águas pluviais, não obstante todo o cuidado que possa ser tomado para evitar que isso aconteça.

Outra interferência bastante significativa ocorre nos locais onde não existem redes coletoras públicas de esgotos, as águas servidas que escoam pelas sarjetas são drenadas para as galerias de águas pluviais que deságuam nas lagoas de infiltração, provocando a deposição de lodo, que resulta na colmatagem das mesmas. Por conseguinte, a ausência de adequados sistemas de coleta de esgotos e de drenagem de águas pluviais contribui para a poluição do aquífero subterrâneo.

De forma geral os problemas do sistema de esgotamento sanitário resultam em conseqüências danosas sobre o sistema de drenagem, pois é este último que, quando disponível na área, recebe os excedentes do sistema de esgotos, devidos a transbordamentos, rompimentos e falhas operacionais, ou nos casos de inexistência dos esgotos sanitários recebem ligações dos esgotos para a galeria de drenagem. Em visitas de campo e inspeções foram verificadas várias situações de lançamento de esgotos na rede de drenagem.

A partir dessas considerações, e levando-se em conta que as obras de drenagem estão intimamente vinculadas com as de esgotos, uma vez que esses dois requisitos de infra-estrutura poderiam até ser concebidos como sistemas unitários, posto que se caracterizam por ocupar, senão os mesmos espaços, mas os

circunvizinhos, nada mais oportuno que as alternativas técnicas de solução para os problemas comuns se façam da forma mais harmoniosa e interdependente.

No Plano Diretor de Drenagem e Manejo de Águas Pluviais da Cidade do Natal, no documento que Trata do Diagnóstico dos Sistemas de Abastecimento de Água, Esgotamento Sanitário, Limpeza Pública e Resíduos Sólidos de Natal, encontram-se endereços e coordenadas geográficas das principais unidades dos sistemas de abastecimento de água e de esgotamento sanitário, que possibilitam identificar os principais riscos de interferência desses sistemas com os de drenagem de águas pluviais. Destaque-se que a grande maioria dos endereços coincide com os da infraestrutura de drenagem. Portanto, a análise criteriosa dessas condicionantes pode fornecer subsídios para as medidas mitigadoras a serem adotadas no planejamento e na operação do sistema de drenagem e manejo de águas pluviais de Natal.

Sistema de Limpeza Urbana Existente

Regulamentação e Organização

Os serviços de limpeza urbana da cidade do Natal, regulamentados pela Lei Nº 4.748 de 30 de abril de 1996, são gerenciados pela Companhia de Serviços Urbanos de Natal – URBANA, empresa de economia mista, criada pela Lei Municipal Nº 2.659, de 28/08/1979, cuja função principal é a execução com exclusividade dos serviços de limpeza das vias públicas, varrição de logradouros, capinação, remoções especiais, limpeza das praias, limpeza de canteiros, pintura de meio-fio, limpeza do sistema de drenagem urbana, coleta, transporte, tratamento e destinação final dos resíduos sólidos urbanos coletados no município, promovendo a sua comercialização quando for o caso, bem como regulamentar e fiscalizar a execução, por quaisquer instituições públicas ou particulares, de tratamento, beneficiamento ou comercialização de resíduos sólidos domiciliares e industriais.

Os serviços são executados de formas diversas, como segue:

a) Diretamente pela Prefeitura: limpeza de terrenos baldios, **limpeza do sistema de drenagem (boca de lobo, sarjetas, galerias, etc.)**, limpeza de praças e jardins, pintura de meio-fio, varrição, capinação, recolhimento de animais mortos, coleta de podas de árvores, coletas especiais (móveis, etc...), coleta de resíduos de construção e

demolição (RCD), **limpeza de córregos, lagoas e riachos**, limpeza de feiras livres. Operacionalização da Área de Destino Final de Cidade Nova;

b) Semi terceirizado (nos quais os equipamentos são terceirizados e a mão de obra é do município): coleta de resíduo comercial e residencial, coleta de podas de árvores e coleta de entulhos (zona norte);

c) Terceirizado: Serviços de varrição e capinação, coleta de resíduo comercial e residencial, coleta de podas de árvores coleta de entulhos (zonas sul, leste e oeste).

Limpeza mecanizada do sistema de drenagem

d) Particulares (próprio gerador): Coleta de resíduos de serviços de saúde, coleta de resíduos industriais, coleta de Resíduos de Construção e Demolição (RCD)

e) Concessão: Aterro Sanitário

Recursos Humanos e Financeiros

Conforme informação do Diagnóstico do Manejo de Resíduos Sólidos Urbanos – 2006, elaborado pelo Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento – SNIS, o nível de cobertura pelo serviço de limpeza urbana na cidade de Natal alcançava a 771.017 habitantes. Naquele período o número de funcionários era de 1.869, entre os terceirizados e os da prefeitura (através da URBANA), disponibilizando cerca de 2,4 funcionários para cada mil habitantes. É importante ressaltar que os números de Natal naquele período superavam a média verificada no estudo para cidades entre 250.001 a 1.000.000 de habitantes, que foi de 1,6 empregados/1.000 habitantes.

Atualmente as atividades de limpeza pública no município de Natal executadas diretamente pela URBANA são desenvolvidas por 1.387 funcionários, divididos nas seguintes funções: Área administrativa 204; motorista 70; fiscais 51; garis 695; área operacional 160; limpeza do sistema de drenagem 35; benefício 44, á disposição 128. Também participam das atividades mais 528 pessoas de empresas que prestam serviços: concessionária, terceirizados, carroceiros e caçambeiros.

A limpeza pública na Cidade do Natal é financiada por recursos oriundos da Taxa de Limpeza Pública – TLP e do Orçamento Geral do Município – OGM.

A análise orçamentária e financeira mostra que o valor total arrecadado pela Taxa de Limpeza Urbana (TLP) durante o ano de 2007 remunerou apenas 15,17% dos

custos dos serviços de limpeza urbana do município. Os números demonstram que a arrecadação da TLP é insuficiente para manter todos os serviços de limpeza urbana e manejo dos resíduos sólidos do município.

Nota-se que a arrecadação exclusiva pelos serviços públicos de limpeza urbana *estrito sensu* (coleta, tratamento e destinação final de resíduos domiciliares) necessita ser revisada e analisada sob a ótica do novo Marco Regulatório do saneamento – Lei 11.445/2007. Também é ínfima a arrecadação pelos serviços públicos (limpeza de terrenos, remoção de entulho e poda, etc.), bem como não existe uma taxa de drenagem urbana.

A Execução dos Serviços

A coleta dos resíduos sólidos urbanos da cidade do Natal abrange as quatro regiões administrativas, Norte, Sul, Leste e Oeste, com uma média diária de 1.673 toneladas de resíduos coletados de diferentes fontes de produção, como: coleta domiciliar, coleta de entulho, coleta seletiva, coleta de poda e metralha. Todos os resíduos coletados são pesados em balanças eletrônicas obtendo-se ao final do dia relatórios de pesagem e conseqüentemente quantificação dos resíduos coletados.

Os resíduos domiciliares das zonas Sul, Leste e Oeste, são enviados para a estação de transferência localizada na antiga área de disposição final de resíduos sólidos de Cidade Nova, e depois enviados ao Aterro Sanitário Metropolitano de Natal, localizado em Ceará Mirim. Os resíduos da zona Norte, coletados por caminhões compactadores e devido à proximidade do local, seguem diretamente para o aterro sanitário. A coleta de resíduos domiciliares no ano de 2007 atingiu 243.629 toneladas, com uma média diária de 685 toneladas de resíduos coletados e uma produção per capita de 0,88 Kg/hab/dia.

Os serviços de coleta dos Resíduos de Serviços de Saúde atendem o estabelecido na Lei Municipal 187/02, que, com base na Resolução CONAMA 283/01, transferiu a responsabilidade do poder público aos estabelecimentos geradores pelo total gerenciamento dos resíduos sólidos de serviços de saúde.

A solução adotada pelos estabelecimentos foi a contratação de empresas especializadas para a coleta, transporte e tratamento por incineração, havendo dois incineradores funcionando plenamente na Região Metropolitana.

Conforme informação da gerência de Controle e Planejamento da URBANA, no ano de 2007 foram coletadas e tratadas 1.860 toneladas de resíduos de serviços de saúde no município do Natal, obtendo-se uma média diária de 5,1 toneladas, advindo de hospitais, postos de saúde, clínicas veterinárias e odontológicas, laboratórios de análises clínicas, etc.

A coleta de resíduos de podaço é realizada nas quatro regiões administrativas em caminhões com carroceria de madeira. A URBANA disponibiliza esta coleta diariamente, sendo a sua freqüência realizada de acordo com a necessidade de cada local. Conforme dados registrados na gerência de Controle e Planejamento da URBANA, em 2007 foram recolhidas 20.014 toneladas de resíduos de podaço das regiões Sul, Leste e Oeste pelas empresas prestadoras de serviço. Os resíduos de podaço recolhidos pela urbana na região Norte e outras regiões, vêm misturados com os resíduos de entulho e de construção civil, sendo impossível a sua separação e quantificação.

Este tipo de resíduo é coletado em caçambas basculantes, caminhões carrocerias e em alguns casos com auxílio de pás mecânicas e enchedeiras, retirando, em sua maior parte, entulhos depositados em terrenos baldios. Após a realização desses serviços o material é recolhido para posterior pesagem. Quando da impossibilidade da pesagem eletrônica é feita uma estimativa de peso.

Os resíduos de construção e demolição vêm juntamente com os resíduos de entulho, podaço e metralha, não sendo possível a sua separação. Das 355.544 toneladas de resíduos coletados no ano de 2007, 23.192 toneladas foram recolhidas por empresas da construção civil e por prestadores de serviço tipo “disque entulho e disque metralha”. Esses resíduos, em sua maioria, são coletados em caixas estacionárias por veículos poliguidastes.

A Resolução CONAMA Nº307/2002 estabelece diretrizes, critérios e procedimentos para a gestão dos resíduos da construção civil, no intuito de se obter uma redução dos impactos ambientais causados pelos referidos resíduos.

Limpeza do Sistema De Drenagem

Conforme informações da assessoria técnica da URBANA a prestação desse serviço é dividida em dois segmentos: a) Limpeza das galerias, poços de visita e bocas de lobo do sistema de drenagem; b) Limpeza das lagoas de acumulação e infiltração.

Para realização dos serviços de limpeza das galerias, poços de visita e bocas de lobo do sistema de drenagem é disponibilizada uma estrutura de pessoal composta de 01 (hum) chefe de serviços, 01 (um) encarregado e 35 (trinta e cinco) garis.

Os garis são divididos em duas equipes. A primeira atende as zonas Sul, Leste e Oeste da cidade, enquanto que a segunda é responsável pela zona Norte.

Para execução dos serviços na zona Norte da cidade a equipe é subdividida e obedece a seguinte distribuição:

- 5 (cinco) garis compõem a equipe de limpeza de galerias;
- 6 (seis) garis compõem a equipe de limpeza de lagoas;
- 1 (hum) gari fixo para limpeza da calha na Avenida das Fronteiras, em função da grande quantidade de águas servidas que carregam resíduos causando freqüentes obstruções.

Para as zonas Sul, Leste e Oeste a execução dos serviços de limpeza de galerias e das lagoas é realizado através de equipe única, que alterna a realização dos mesmos de acordo com a necessidade apresentada. Nessas regiões também são distribuídos garis em locais fixos, obedecendo a seguinte ordem:

- 2 (dois) garis na lagoa dos Potiguares, para limpeza dos taludes e recolhimento do sobrenadante nas proximidades do sistema de bombeamento;
- 2 (dois) garis na lagoa de São Conrado, para limpeza dos taludes e recolhimento do sobrenadante nas proximidades do sistema de bombeamento;
- 1 (hum) gari na lagoa da Cidade da Esperança, para limpeza dos taludes;
- 1 (hum) gari na lagoa da Petrobrás, para limpeza dos taludes;

- 1 (hum) gari na Avenida Capitão Mor Gouveia, para limpeza da sarjeta defronte a estação rodoviária, entre a rua Adolfo Gordo e a Avenida Rio Grande do Sul;
- 1 (hum) gari na Avenida Industrial João Francisco da Motta (antiga Napoleão Laureano), para limpeza da sarjeta entre a Rua Presidente Castelo Branco e a Avenida Capitão Mor Gouveia;
- 1 (hum) gari na Avenida Bom Pastor, para limpeza da sarjeta nas proximidades do cemitério, entre as Avenidas Lima e Silva e Amintas Barros;
- 1 (hum) gari na Rua Trairi, para limpeza da sarjeta que recebe grande quantidade de águas servidas do Morro de Mãe Luíza, entre a Rua Desembargador Benício Filho e a Avenida Hermes da Fonseca;
- 1 (hum) gari para limpeza do canal das lavadeiras, Rio das Quintas (Figura IX.1)



Figura IX.1 – Gari realizando limpeza do Canal das Lavadeiras

Para realização dos serviços são emitidas ordens de serviço diárias, atendendo as solicitações oriundas do Serviço de Atendimento ao Público (SAP), pedidos feitos pelas entidades representativas das comunidades (Associações e Conselhos Comunitários) mediante ofício e programação prevista pela chefia do setor.

Materiais e Equipamentos Utilizados

Para realização do serviço de limpeza das redes que compõem o sistema de drenagem da cidade são utilizados equipamentos manuais como: pás, enxadas, conchas e bengalas (equipamento articulado com rosca e luva nas pontas, permitindo a formação de uma haste que permite o avanço dentro da tubulação para retirada dos detritos de forma manual), carrinhos (para remoção de detritos em tubulação de grande diâmetro), carros de mão e alavancas.

Não existem equipamentos eletromecânicos, como limpadores mecanizados, raspadores, rooters ou ultrassom, para realização do serviço de limpeza de galerias, nem tampouco mecanismos eletromagnéticos, câmeras, robôs, sonares, etc, para diagnósticos de causas de obstruções e a existência de ligações clandestinas.

O único equipamento mecânico utilizado na limpeza de bocas de lobo, tubos de ligação das bocas de lobo aos poços de visita, poços de visita e pequenas desobstruções em redes de maior diâmetro é um veículo combinado simultâneo de alta pressão e sucção a alto vácuo, cujo serviço é prestado por uma empresa terceirizada. O equipamento possui sucção em mangotes que variam de 75 a 100mm, tendo como guarnição uma equipe formada por um operador e dois ajudantes. O descarte do material succionado é a área de Cidade Nova. O veículo pode ser visualizado na Figura IX.2.

Na execução dos serviços em redes de até 800 mm de diâmetro a técnica utilizada consiste no seguinte:

- a) Tentativa inicial de desobstrução com o equipamento mecânico de alta pressão;
- b) Caso não seja possível o desentupimento com o equipamento mecânico de alta pressão, o gari desce no poço de visita e tenta fazer a remoção da obstrução com as bengalas e pás;
- c) Na persistência do entupimento é feita a remoção do pavimento na altura do local da obstrução; a seguir é aberta uma “janela” na tubulação onde se procede a remoção do entupimento;



Figura IX.2 – Equipamento de limpeza a sucção e alto vácuo

Em tubulações com diâmetro superior a 800mm a limpeza é realizada com a entrada do gari no interior da tubulação. A remoção dos resíduos se dá com a utilização de pás, bengalas e carrinhos e carro de mão, com o recolhimento dos detritos retirados efetuada nos poços de visita (Figura 3).



Figura IX.3 – Limpeza de tubulação acima de 800 mm

Principais Dificuldades Enfrentadas

Para a equipe técnica da URBANA, os grandes problemas para a realização dos serviços de limpeza de drenagem são:

- a) A pequena quantidade de pessoal disponível para realização das atividades rotineiras e para atendimento as solicitações da comunidade;
- b) A acessibilidade em algumas lagoas. Devido a altura dos taludes acima do nível das ruas, cercas sem portão de acesso, local íngreme que dificulta o transito de pessoal e equipamentos;
- c) A inclinação dos taludes. Fato que dificulta o equilíbrio do gari na limpeza manual, provocando o risco de quedas;
- d) A presença de água servida e ligações clandestinas de esgotos sanitários no sistema. Fato que causa risco ao trabalho dos garis e desgaste das tubulações;
- e) Falta de equipamentos. Basicamente todo o trabalho realizado é manual, necessitando de grande esforço físico na realização dos mesmos. Como já foi citado existe apenas um único veículo equipado com equipamento para desobstrução de tubulações.

A Limpeza das Lagoas

Como já foi apresentado no início desse capítulo a limpeza das lagoas do sistema de drenagem é de responsabilidade da URBANA. Para a realização dessa atividade são disponibilizados pessoal permanente e turmas volantes.

A execução dos serviços ocorre através da roçagem e raspagem manual de taludes e fundo das lagoas. Eventualmente a raspagem de fundo é realizada com o auxílio de trator de esteira, enchedeira e caminhão basculante. Na realização do serviço manual são utilizados estrovengas, enxada, ancinho, carro de mão, ocorrendo em algumas ocasiões é utilização da roçadeira costal.

Durante a realização do presente diagnóstico foram visitadas 30 lagoas, objetivando identificar os principais problemas para realização de uma adequada

limpeza das estruturas implantadas (Tabela 2). A seleção dos pontos a serem visitados foi feita através de amostragem aleatória. Sendo posteriormente incluídas algumas lagoas identificadas como muito representativas.

Tabela IX.1 – Lagoas visitadas e problemas diagnosticados

Na Zona Norte	
Lagoa	Descrição do Problema
1) Da Acaraú	A lagoa encontra-se bastante assoreada com a presença de vegetação, água servida (parte vem do extravasamento da lagoa do Panatis) e disposição de lixo nas suas margens. Praticamente toda a urbanização existente foi destruída (cerca, muro, taludes, etc.)
2) Do Panatis	A lagoa não possui acesso para limpeza e com a presença de grande quantidade de água servida. A tubulação de saída do recalque estava danificada.
3) Jardim Primavera	A lagoa se encontra em obras, no entanto já ocorre a presença de material sedimentado.
4) Aliança	Encontrava-se em obras
5) José Sarney	Encontrava-se com nível bastante elevado, inclusive na casa de bombas. Ainda estava em obras de ampliação
6) Dr. Carneiro Ribeiro	É uma lagoa não urbanizada, com grande presença de material. Existe um pequeno sítio no seu interior
7) Loteamento Dom Pedro	A lagoa encontrava-se em boas condições de limpeza. Os taludes são muito íngrimes, fato que dificulta a limpeza
8) Santarém	Encontra-se bastante aterrada.
9) Parque da Dunas I	Lagoa não urbanizada ocorrendo a disposição de resíduos sólidos diversos em suas margens.
10) Parque da Dunas II	Lagoa urbanizada
11) Do Sapo	Lagoa em grande parte destruída. Existe grande dificuldade de acesso para realização da limpeza.
12) Jardim das Flores	Local de pequeno armazenamento. Cava feita ao final de uma rua de forma bastante improvisada.
13) Redinha	Lagoa urbanizada, com a presença de água oriunda da surgência do aquífero

Nas Zonas Sul, Leste e Oeste	
Lagoa	Descrição do Problema
14) Manoel Felipe	A lagoa encontra-se bastante assoreada. O parque em que está inserida encontra-se com a manutenção deficiente e está fechado ao público
15) Bumbum	A lagoa não possui nenhuma urbanização. Os taludes foram executados de forma improvisada, não ocorrendo a presença de águas servidas. O maior problema é a deposição clandestina de resíduos nas proximidades.
16) São Conrado	A urbanização da lagoa está em grande parte

17) Nova Cidade	destruída. Grande quantidade de águas servidas, assoreamento e presença de vegetação.
18) Petrobrás	Taludes muito íngremes prejudicam a limpeza manual. Não existe acesso para equipamentos
19) Cidade da Esperança	Lagoas de entrada apresentam grande quantidade de material sedimentado. Não existem rampas de acesso e a grande inclinação dos taludes prejudica o trabalho de capina e roçagem
20) Planalto	Possui acesso para limpeza de fundo. Foi o local que apresentou melhores condições operacionais entre os visitados
21) Integração	Lagoa recentemente construída, mas que já apresenta sinais de assoreamento. A inclinação dos taludes dificulta o trabalho de capina e roçagem
22) Macro	Esta lagoa apresenta funcionamento comprometido em função do incremento de vazão oriunda da BR-101. Ocorre a presença de água servida e possui dificuldade de acesso
23) Pitimbu	Lagoa não urbanizada
24) Cidade Nova	A lagoa apresenta a presença de águas servidas e assoreamento
25) Capim Macio 1 (Marina)	A lagoa não possui nenhuma urbanização. Os taludes foram executados de forma improvisada com a escavação no sopé da Duna. Ocorre a presença de grande quantidade de águas servidas.
26) Conjunto Ponta Negra (Pça. do Buraco)	Em obras
27) Capim Macio	Localizada na chamada praça do buraco. A lagoa já apresenta assoreamento
28) Centro de Tradições Gaúchas	Em obras
29) Alagamar	Em obras
30) Aeronáutica	Lagoa com acesso precário, com presença de águas servidas. A inclinação acentuada dos taludes dificulta a capina e roçagem
	A lagoa é inacessível pela área urbana. A Aeronáutica ergueu um muro que impede o acesso

Recomendações para melhorar as interações entre os Serviços de Limpeza Pública e de Drenagem Urbana e Manejo de Águas Pluviais

Com o equacionamento da destinação final para os resíduos domiciliares da cidade do Natal, a partir da implantação do Aterro Sanitário Metropolitano, a solução para o encaminhamento dos resíduos de demolição e construção e o seu correto gerenciamento constitui-se atualmente no mais grave problema de manejo dos resíduos sólidos na capital. A deficiente gestão desse setor necessita com urgência do estabelecimento de Legislação municipal específica e a implantação de um Programa de Gerenciamento.

O manejo inadequado dos resíduos de demolição e construção (RDC) e volumosos (podas, restos de madeira, mobiliário inservível, capina de jardim, etc), constituem-se num sério problema para o manejo do sistema de águas pluviais, pois são esses materiais agentes que mais contribuem na obstrução de grelhas de boca de lobo e canalizações.

Quanto ao serviço de limpeza de galerias diversos fatores tornam crítica a realização dessa atividade, como:

- a) Insuficiente o número de garis destinados a essa finalidade;
- b) Embora com experiência prática, a equipe de manutenção não apresenta uma formação técnica adequada e inexistente um programa de capacitação para realização das atividades;
- c) Problemas construtivos das galerias, com a existência de redes com a declividade negativa, fato que provoca a constante presença de água nas canalizações e a sedimentação de material no seu interior;
- d) Presença quase que generalizada de esgotos sanitários e águas servidas no interior das tubulações. Além dos riscos a saúde do trabalhador os esgotos podem levar a formação de gás sulfídrico (H_2S), que combinado com o oxigênio das tubulações leva a formação do ácido sulfúrico (H_2SO_4) que provoca desgaste nas tubulações;
- e) Presença de grande quantidade de água servida em alguns pontos de drenagem superficial, fato que exige a necessidade da presença diária de um gari no local;
- f) Incipiente mecanização das atividades de limpeza de galerias. Existe apenas um único veículo para suporte da atividade com capacidade e diâmetro de sucção limitados. Em função da sistemática utilizada na execução do serviço em função do pequeno número de servidores e da baixa capacitação, o equipamento termina por ficar longos períodos ocioso;
- g) Improvisações no conserto de tubulações quando da abertura de “janelas” para limpeza intermediárias, com a utilização de materiais e técnicas indevidas.

Quanto ao serviço de limpeza das lagoas, problemas diversos tornam crítica a realização dessa atividade, como:

a) Algumas lagoas já urbanizadas encontram-se com a sua estrutura física bastante comprometida;

b) As lagoas mais antigas, executadas em gabião tipo colchão Reno, apresentam inclinação bastante acentuada, fato que dificulta o serviço de roçagem e capina;

c) Algumas lagoas já urbanizadas não possibilitam acesso de equipamentos (tratores de esteira, enchedeira e caminhão basculante) para realizar a remoção de material sedimentado e a raspagem de fundo. Um exemplo crítico dessa situação é a lagoa da Petrobrás, com entrada pela Avenida Jaguarari;

d) Inexistência de uma programação preventiva regular de limpeza das lagoas;

e) Presença de água servida e esgotos sanitários nas lagoas. Fato que provoca problemas estéticos, de odor, crescimento de vegetação, impede a limpeza de fundo, colabora para proliferação de vetores diversos e danifica o sistema;

f) Não é disponibilizado equipamento mecânico para limpeza e desassoreamento das lagoas que realize a atividade na presença de água, como dragas por içamento ou por sucção;

g) As lagoas não urbanizadas possibilitam o uso indevido das áreas livres nas suas proximidades para depósito de resíduos diversos;

h) Não existe um programa de orientação aos moradores das vizinhanças das lagoas quanto ao seu manejo e situações de riscos;

i) Não existe um programa de capacitação dos servidores da limpeza urbana na execução dessa atividade;

Para melhorar as condições operacionais do serviço de limpeza do sistema de drenagem deve ser priorizado:

a) A recuperação das estruturas físicas das lagoas que encontram-se danificadas;

b) Implantação de estruturas de acesso às lagoas existentes de acordo com os equipamentos de limpeza a serem utilizados;

- c) Implantação de um programa de treinamento das equipes de limpeza dos sistemas;
- d) Mecanização do serviço de limpeza de galerias com a utilização de equipamentos de sucção e jateamento de maior capacidade e maior versatilidade;
- e) Melhorar a sistemática de uso dos equipamentos de sucção e jateamento;
- f) Utilizar equipamento combinado de desempenho mais adequado de alta sucção por turbina dinamicamente balanceada e hidro-jateamento de alta pressão, tipo "Vac-All/pressão", para sucção e limpeza de detritos em bocas-de-lobo e bueiros, com braço hidráulico e mangote de sucção de diâmetro interno de 8" a 12";
- g) Utilizar equipamentos tipo dragas de sucção e recalque (utilizadas em mineração) para retirada do material sedimentado no interior das lagoas que apresentam nível de água elevado ou ocorra a presença de águas servidas e esgotos domésticos, tendo o cuidado de utilizar caçambas estanques no transporte dos resíduos;
- h) Utilizar equipamentos tipo trator de esteira, escavadeira hidráulica e retro-escavadeiras para retirada do material sedimentado no interior das lagoas que não apresentam nível de água elevado ou ocorra a presença de águas servidas e esgotos domésticos;
- i) A limpeza manual deverá ser executada somente em lagoas onde não for possível disponibilizar acesso para equipamento mecânicos.

X. LEGISLAÇÃO E ASPECTOS JURÍDICOS

Será tratado, a seguir, alguns aspectos relevantes e fundamentais acerca dos conceitos, diretrizes, objetivos e legalidade da minuta de lei do Plano Diretor de Drenagem de Águas Pluviais do Município de Natal/RN, no intuito de apresentar às autoridades competentes, aos conselhos ligados ao tema discutido e ao público em geral aspectos jurídicos relevantes da minuta proposta.

Assim, este capítulo será dividido em doze partes, sendo sistematizado da seguinte forma: Breve histórico; Embasamento legal; Valorização ambiental do PDDMA; Conceitos, Princípios, Objetivos e Diretrizes; Da Política de Educação Social e

Ambiental; Dos Instrumentos para Gestão – utilização atual dos institutos e possibilidades; Infrações, Sanções/Penalidades; Processo Administrativo; Conclusão.

Breve Histórico

Inicialmente, demonstra-se fundamental relatar o histórico da situação atual em que se encontra o sistema de drenagem deste município, que nos levou a confeccionar a minuta de lei do Plano Diretor Drenagem Águas Pluviais de Natal, para que possamos entender a real necessidade deste instrumento ora discutido.

As precipitações pluviométricas inconstantes e irregulares nesta capital trouxeram inúmeros problemas de ordem urbanística, ambiental e sanitária para nossa cidade, acarretando graves riscos à vida e a saúde da população, em decorrência de enchentes inesperadas, bem como da disseminação de diversas doenças provocadas com as inundações de certos pontos do município do Natal.

Desta forma, observou-se que os eventos inesperados da natureza provocavam prejuízos tanto para o setor privado quanto para a Administração Pública, fazendo-se necessário criar instrumentos de ordenamento de uso e ocupação do solo objetivando sanear este panorama.

Para tanto, observou-se que esta problemática poderia ser mitigada ou, quem sabe, até anulada com a criação de um plano de drenagem das águas pluviais para o município do Natal, trazendo parâmetros, instrumentos, princípios, objetivos e diretrizes a serem seguidos pela Administração Pública e seus administrados.

Logo, tratar-se-á neste capítulo apenas da minuta de lei do Plano Diretor de Drenagem do Município de Natal.

Neste diapasão, deve-se observar que para a criação deste diploma legal, foram realizados inúmeros estudos, reuniões, consultas e audiências públicas que visaram colher dados, informações, documentos e outros fatores (como planos diretores de drenagem de outras capitais do Brasil e de outros países) no intuito de realizar o melhor trabalho possível dentro do prazo estabelecido em contrato entre a Prefeitura do Natal e a L.R. Engenharia e Consultoria Ltda.

Embasamento Legal

Como é sabido, no ordenamento jurídico brasileiro, toda a obrigação de fazer e não fazer tem, necessariamente que ser imposta por lei em sentido amplo, devendo abranger tanto o Poder Público como os administrados.

Sendo assim, para que o diploma legal ora minutado tenha valor perante a sociedade, o mesmo deve, primeiramente, estar em conformidade com a Constituição Federal do Brasil, as leis federais, a Constituição Estadual do Rio Grande do Norte, bem como percorrer todo o processo legislativo municipal, inclusive com sua respectiva promulgação e publicação, para que, enfim, possa produzir os efeitos legais esperados.

Desta forma, será listada a seguir algumas legislações consultadas para a elaboração, discussão e aprovação da presente minuta de lei do Plano Diretor Drenagem Águas Pluviais de Natal senão vejamos:

- I) Constituição Federal de 1988, em especial os arts. 23, 24, 30, 225;
- II) Constituição Estadual do Rio Grande do Norte;
- III) Lei Federal no. 6.938/81 (Lei da Política Nacional do Meio Ambiente);
- IV) Código das Águas;
- V) Plano Diretor de Natal, Código de Obras e Código do Meio Ambiente de Natal.

Valorização Ambiental – Fundamentação Constitucional

Na Constituição de 1988 o discurso de direito(s) referentes ao equilíbrio ambiental aparece no caput do art. 225: "*Todos têm direito ao meio ambiente ecologicamente equilibrado, bem de uso comum do povo e essencial à qualidade de vida, impondo-se ao Poder Público e à coletividade o dever de defendê-lo e preservá-lo para as presentes e futuras gerações*".

O capítulo da CFRB/1988, que trata da Política Urbana, consagra, por conseguinte, a verdadeira preocupação da Constituição em dar as populações de cada município ***o direito ao desenvolvimento sustentável de suas regiões, sem olvidar, através de estudos densos de impacto, da própria proteção ambiental.***

Conceitos, Princípios, Objetivos E Diretrizes

No Título da Política Urbana encontramos disposto que o Plano Diretor de Drenagem e Manejo de Águas Pluviais do Município de Natal é um dos instrumentos básicos para a política de desenvolvimento urbano sustentável, que visa contribuir para a consolidação do meio urbano com a implementação de normas, regras, estudos e diretrizes que auxiliem nas tomadas de decisão do gestor público para a manutenção da infra-estrutura existente e a implantação da infra-estrutura necessária para o controle, manejo e convívio com as águas provenientes das precipitações pluviométricas.

Objetivos

O Plano Diretor de Drenagem e Manejo de Águas Pluviais do Município de Natal destaca nos seus objetivos a promoção da qualidade de vida e do ambiente, reduzindo as desigualdades e a exclusão social; o planejamento, implantação, desenvolvimento e gerenciamento de forma integrada, descentralizada e participativa; o uso múltiplo, controle, conservação, proteção e preservação do sistema de Drenagem Municipal; o controle e manejo das águas por meio de sistemas físicos naturais e construídos, para induzir o escoamento das águas pluviais e evitar pontos de alagamentos, conferindo segurança e conforto aos munícipes;

São objetivos também deste Plano: a garantia de que as águas pluviais inseridas no domínio público possam ser gerenciadas e utilizadas em padrões de quantidade e qualidade satisfatórios por seus usuários atuais e pelas gerações futuras; a redução dos prejuízos decorrentes das inundações; o melhoramento das condições de saúde da população e do meio ambiente urbano, dentro de princípios econômicos, sociais e ambientais; o planejamento dos mecanismos de gestão urbana para o manejo sustentável das águas pluviais e da rede hidrográfica do município; o planejamento da distribuição da água pluvial no tempo e no espaço, com base na tendência de evolução da ocupação urbana; a ordenação da ocupação de áreas de risco de inundação através de regulamentação; e, por fim, a restituição parcial do ciclo hidrológico natural, reduzindo ou mitigando os impactos da urbanização.

Diretrizes e Princípios

O próprio Plano Diretor de Drenagem e Manejo de Águas Pluviais do Município de Natal - PDDMA incorpora no seu bojo, os princípios e diretrizes que visam à sustentabilidade ambiental plena.

O Título que trata da Política Urbana define, também, os objetivos ambientais de valorização ambiental do presente Plano, bem como as **diretrizes** a serem seguidas, a seguir delineadas: implementar o Plano Diretor de Drenagem e Manejo de Águas Pluviais do Município de Natal - PDDMA, que terá como área de abrangência as zonas administrativas das cidade, Zona Norte, Zona Sul, Zona Leste e Zona Oeste sendo estas divididas em bacias e sub-bacias de drenagem definidas e nomeadas nos estudos hidrológicos; priorizar o equacionamento dos problemas de ausência e inadequação do sistema de drenagem urbana em situações que envolvam risco de vida, inundações e perdas materiais; privilegiar a adoção de alternativas de tratamento de área de inundação que provoquem o mínimo de intervenção no meio ambiente natural e assegurem as áreas de preservação permanente.

São também **diretrizes** do Plano em discussão: Ter como uma das metas prioritárias a eliminação dos lançamentos clandestinos de efluentes líquidos e dos resíduos sólidos de qualquer natureza nos sistemas de drenagem pluvial, para assegurar a correta utilização do sistema; Desenvolver a educação sanitária como instrumento de conscientização da população sobre a correta utilização do sistema de drenagem, destino final das águas e a preservação das áreas permeáveis; Elaborar o cadastro completo do sistema de drenagem, que deverá contar com mecanismos de atualização contínua e permanente, com pelo menos uma revisão por ano; Implementar um sistema de monitoramento que permita fiscalizar e acompanhar as condições reais de funcionamento do sistema de drenagem.

A regulamentação relacionada com a drenagem urbana tem como objetivo ordenar as ações futuras na cidade quanto à drenagem urbana, visando controlar na fonte os potenciais impactos da urbanização.

Os **princípios** que fundamentam a Drenagem Urbana do Município de Natal são os seguintes: Aproveitamento dos recursos hídricos tem como prioridade o

abastecimento humano e o desenvolvimento ambiental equilibrado; A unidade básica de planejamento para a gestão dos recursos hídricos é a bacia de drenagem; Garantia à participação popular no efetivo controle social dos serviços prestados, incluindo-se o planejamento, a gestão e a fiscalização destes; A propriedade urbana atenderá a sua função sócio-ambiental quando os direitos decorrentes da propriedade individual não suplantarem ou subordinarem os interesses coletivos e difusos, devendo atender às normas fundamentais destinadas à ordenação da cidade expressa no Plano Diretor do Natal e neste Plano Diretor de Drenagem e Manejo de Águas Pluviais do Município do Natal, além de outras leis correlatas e de outras normas estabelecidas em lei específica.

Política de Educação Social e Ambiental

Há no Plano Diretor de Drenagem e Manejo de Águas Pluviais do Município de Natal – PDDMA, um título que trata da **Política de Educação Social e Ambiental** que dispõe que deverá a Prefeitura do Município do Natal desenvolver e incentivar uma política de Educação Social e Ambiental para a correta utilização do Sistema Público de Drenagem e das Vias Públicas integrado com outras políticas de educação ambiental – de acordo com especificações e sugestões contidas neste Manual.

Ressalte-se que, mediante acordos, convênios ou contratos os órgãos e entidades integrantes do Sistema de Gestão da Drenagem Urbana no Município de Natal, poderão utilizar-se dos meios de comunicação para a divulgação e conscientização pública da necessidade de utilização racional, conservação, proteção e preservação do sistema de drenagem e suas características, bem como para informar à população sobre as obras e melhorias que delas resultarão.

Serão realizadas campanhas educativas de conscientização sobre a importância da drenagem pluvial urbana, nas quais deverão ser levadas a efeito em parceria com a sociedade civil, especialmente as escolas, organizações de bairro, clubes de serviços, associações comerciais e outras organizações interessadas no desenvolvimento da cidade.

A Lei visa, sobretudo, a educação social e ambiental, envolvendo atividades que visem à adequação de hábitos da população para o correto uso das obras e serviços

implantados, maximizando seus benefícios e desenvolvendo a percepção sobre a importância do seu papel na resolução dos problemas de drenagem pluvial e, ainda, definindo responsabilidades na manutenção do sistema implantado.

Instrumentos para Gestão – Utilização Atual dos Intuitos e Possibilidades Futuras de Utilização dos Instrumentos Mencionados

O Plano Diretor de Drenagem e Manejo de Águas Pluviais do Município de Natal visa estabelecer uma concepção de ações a curto, médio e longo prazos no sentido de reabilitar o sistema de drenagem existente, ampliar a cobertura do serviço, bem como aumentar sua eficiência, através da implantação de novas unidades operacionais e ações não estruturais, contribuindo para melhoria da qualidade de vida da população.

Ainda no Capítulo da Política Urbana, encontramos disposto que cabe à Secretaria Municipal de Obras e Viação – SEMOV, órgão público municipal, a responsabilidade pelos serviços de drenagem urbana, no que se refere à manutenção, fiscalização, planejamento, implantação e elaboração de novos projetos ficando obrigado a disponibilizar, para consulta, ao cidadão, as instituições governamentais e não governamentais relatórios e mapas, digitalizados e geo-referenciados, com informações atualizadas, bem como indicar a tendência de saturação da infra-estrutura urbana respectiva, estabelecida para cada sub- bacia de drenagem.

Assim, visando-se um melhor desempenho da Drenagem Pública e desenvolvimento de uma Gestão integrada utilizando as diretrizes do PDDMA criar-se-ão, diversos Departamentos e Setores dentro da estrutura administrativo-organizacional da Secretaria Adjunta de Planejamento de Obras – SEMOV, para melhor desempenhar os papéis de manutenção, fiscalização e planejamento.

No título que trata dos **Instrumentos Para a Gestão Urbana encontramos a criação dos seguintes instrumentos:**

Fundo Municipal de Drenagem

Destinado a financiar, de forma isolada ou complementar, os instrumentos previstos no Plano Diretor de Drenagem e Manejo de Águas Pluviais do Município de Natal – PDDMA.

De acordo com o PDDMA caberá à SEMOV a gestão do Fundo Municipal de Drenagem – FMD, que terá natureza contábil, com autonomia administrativa e financeira.

Direito de Preempção

O direito de preempção é aquele instrumento no qual o particular ao alienar determinado imóvel localizado dentro de uma área prevista pelo Poder Público, deve, inicialmente oferecer à Administração Pública para que esta se manifeste sobre o interesse no imóvel ou não. As áreas que sofrerão essa limitação estão estabelecidas no PDDMA.

Os imóveis adquiridos pelo Poder Público em decorrência da aplicação do direito de preempção constante do PDDMA serão utilizados para: I - implantação de sistema de galerias, canais e elementos de drenagem de águas pluviais; II - criação de áreas para o destino final das águas de um sistema de drenagem a ser implantado ou a melhoria de um sistema existente; III - faixa de domínio para implantação e proteção de obras de drenagem.

O Poder Público obriga-se a dar publicidade ao instrumento jurídico aqui tratado, ainda que de forma resumida, no Diário Oficial do Município do Natal, pelo período mínimo de dois dias.

Na implementação do instituto ora discutido aplicam-se as normas de caráter geral previstas na Lei Federal nº 10.257/2001, especialmente os artigos 25 a 27 e da Lei Complementar nº 082 de 21 de Junho de 2007 nos artigos 75 a 81.

Operação Urbanas Consorciada – OUC

O PDDMA contempla que o Município do Natal, por meio de seus órgãos competentes, poderá realizar operações urbanas consorciada conforme o disposto no art. 84 da Lei Complementar nº 082/2007, objetivando a implantação de infra-estrutura e melhoria nos serviços da drenagem pluvial. Assim, na implementação das ações das OUC's poderá haver a modificação de coeficientes urbanísticos, regras sobre uso, ocupação e parcelamento do solo, procedimentos de regularização fundiária e urbanística, considerando-se o impacto ambiental delas decorrentes e desde que previamente discutidas e aprovadas pelos segmentos interessados.

Transferência De Potencial Construtivo

O PDDMA estatui que as áreas definidas nos Estudos Hidrológicos serão passíveis de Transferência de Potencial Construtivo de acordo com a Lei Complementar Municipal nº 082, de 21 de junho de 2007 (Plano Diretor de Natal), em seu art. 66, § 1º, III e IV, que possibilita a transferência de potencial construtivo quando o imóvel doador estiver situado em áreas *non aedificandi* e em áreas necessárias a implantação de equipamentos públicos.

Saliente-se que o artigo 5º, inciso XXII, da Constituição Federal, assegura o direito de propriedade; o inciso XXIII estabelece que a propriedade atenderá à sua função social; no artigo 170, incisos II e III, encontramos a propriedade privada e a função social da propriedade como princípios de ordem econômica, entendidos como fundamentos dessa atividade, como nos ensina José Afonso da Silva, porque “embora também prevista entre os direitos individuais, ela não mais poderá ser considerada puro direito individual, relativizando-se seu conceito e significado, especialmente porque os princípios da ordem econômica são preordenados à vista da realização de seu fim: *assegurar a todos existência digna, conforme os ditames da justiça social*. Se é assim, então a propriedade privada, que, ademais, tem que atender a sua função social, fica vinculada à consecução daquele fim.¹

A discussão a respeito da propriedade privada ganha relevância, uma vez que há interesse público de toda a sociedade na preservação dos bens ambientais.

Neste diapasão, a Lei Federal nº 10.257/2001, mais conhecido como **ESTATUTO DAS CIDADES**, em sua SEÇÃO XI, a qual versa sobre **Transferência do direito de construir**, discorre que, *ad litteram*:

“Art. 35. **Lei municipal**, baseada no **PLANO DIRETOR**, poderá autorizar o proprietário de imóvel urbano, privado ou público, a exercer em outro local, ou alienar, mediante escritura pública, o **DIREITO DE CONSTRUIR** previsto no **PLANO DIRETOR** ou em legislação urbanística dele decorrente, quando o referido imóvel for considerado necessário para fins de:

¹ *Curso de direito constitucional positivo*. São Paulo: Malheiros, 2002, p. 788

I – (...)

II - **PRESERVAÇÃO**, quando o imóvel for considerado de interesse histórico, **AMBIENTAL**, paisagístico, social ou cultural;

III – (...)

§ 1º - (...)

Logo, a matéria está disciplinada na Lei Federal n. 10.257, de 10 de julho de 2001, denominada Estatuto da Cidade, que “estabelece normas de ordem pública e interesse social que regulam o uso da propriedade urbana em prol do bem coletivo, da segurança e do bem-estar dos cidadãos, bem como do equilíbrio ambiental” (artigo 1º, parágrafo único).

Arrolados no Estatuto da Cidade, encontram-se os institutos jurídicos e políticos que poderão ser utilizados como instrumentos para a concretização das finalidades dessa lei e, dentre eles a nos interessar, a transferência do direito de construir (artigo 4º, inciso V, “o”). O instituto da transferência do direito de construir está delineado no artigo 35 do mencionado Estatuto.

A **Transferência do Potencial Construtivo e a outorga onerosa do direito de construir** só apareceram na normativa geral brasileira como instrumentos de política urbana em 2001, através do **ESTATUTO DA CIDADE**, porém seus fundamentos remontam à década de 70.

Assim, a **Transferência do Potencial Construtivo e a outorga onerosa do direito de construir** fundamenta-se nas justificativas construídas ao longo das décadas de 1970 e 1980 e que hoje oferecem um leque de alternativas para a institucionalização e aplicação do instrumento, se destacam:

1- A restauração do equilíbrio urbano, principalmente entre bens e serviços públicos por um lado e demanda por outro lado, conseqüentes do processo de adensamento e proteção do meio ambiente, do patrimônio histórico, paisagístico, artístico, urbanístico dentre outros, através da doação de áreas (terrenos) para compensação do processo de adensamento e da transferência do potencial construtivo;

2- A valorização da terra que beneficia de modo diferenciado alguns proprietários, resultante em grande parte de normas de restrição, uso e ocupação e investimentos públicos, justificando mecanismos que recuperem essa valorização para o poder público e para o próprio particular;

3- A FUNÇÃO DE PROPICIAR EQÜIDADE SOCIAL, ASSEGURANDO IGUALDADE DE DIREITOS DE CONSTRUIR E INCLUINDO A PROPOSTA DA DISTRIBUIÇÃO EQUÂNIME DOS CUSTOS E BENEFÍCIOS DOS INVESTIMENTOS PÚBLICOS;

4- A geração de recursos que, de forma compensatória, financiariam programas habitacionais e urbanização de áreas populares;

5- a necessária subordinação do poder econômico ao interesse geral e a compatibilização do direito de propriedade com a função social e socio-ambiental da propriedade;

6- A função de uniformização dos preços do solo urbano e de disposição de um mecanismo regulador e ressarcitório do mercado imobiliário, em razão do crescimento desordenado e de, em certos casos, desvalorização de imóveis em virtude de limitações administrativas.

A Transferência do Direito de Construir confere ao proprietário de um lote a possibilidade de exercer seu potencial construtivo em outro lote, ou de vendê-lo a outro proprietário. Deve ser utilizada, portanto, em áreas que o Poder Público tenha, por qualquer motivo, interesse em manter com baixa densidade ou pretenda proteger área com valor ambiental, paisagístico, histórico, dentre outros. Obviamente, as áreas que podem receber o potencial construtivo devem ser aquelas em que a densificação seja desejável ou, ao menos, tolerável.

Esse mecanismo descrito no estatuto da cidade e em diversos planos diretores do país soluciona a quase totalidade dos conflitos que são criados quando a Administração Pública - Prefeitura e/ou Município - é obrigada a tomar medidas **restritivas para proteger o meio-ambiente ou o patrimônio cultural esvaziando o potencial econômico de propriedades particulares.**

Logo, é certo que, no suposto conflito criado, devem prevalecer os interesses da “Cidade”, ou seja, o interesse público.

Dessa forma, com utilização do instrumento da transferência de potencial construtivo, é muito mais fácil resolver os conflitos – aparentes - que são criados entre o interesse público e o particular, quando da necessidade de se proteger um interesse da coletividade.

Por fim, é salutar ressaltar que a transferência do potencial construtivo é um instrumento valioso de resolução de conflitos, principalmente, quando é necessário limitar drasticamente ou coibir, completamente, um empreendimento em função da necessidade de se defender uma área de grande interesse ambiental.

Infrações e Sanções/Penalidades

A vida em sociedade exige um complexo de normas disciplinadoras que estabeleça as regras indispensáveis ao convívio entre os indivíduos que a compõem e a garantia do bem estar coletivo. O conjunto dessas regras é denominado “Direito Positivo”, que deve ser obedecido e cumprido por todos os integrantes do grupo social, sob pena de sanções e conseqüências aos que violarem seus preceitos. Tais conseqüências e sanções são previstas no próprio direito positivo.

O fato que contraria a norma de direito, ofendendo ou pondo em perigo um bem alheio ou a própria existência da sociedade, é denominado “ilícito jurídico”, que pode ter conseqüências meramente civis e/ou administrativas ou possibilitar a aplicação de sanções penais. No primeiro caso, tem-se somente um “ilícito civil” e/ou “ilícito administrativo”.

Muitas vezes, porém, essas sanções civis se mostram insuficientes para coibir a prática de ilícitos jurídicos graves, que atingem não apenas interesses individuais, mas também bens jurídicos relevantes, em condutas profundamente lesivas à vida social.

Arma-se o Estado, então, contra os respectivos autores desses fatos, cominando e aplicando sanções bem mais severas que as previstas para os ilícitos civis e administrativos, por meio de um conjunto de normas jurídicas que constituem o “Direito Penal”. Justificam-se, portanto, as disposições penais quando meios menos incisivos, como os de Direito Civil ou Direito Administrativo, não bastam ao interesse de eficiente proteção aos bens jurídicos.

Como o Estado não pode arbitrariamente dizer que um fato já acontecido era ou não crime, na legislação penal são definidos esses fatos graves, que passam a ser “Ilícitos Penais” (crimes ou contravenções).

Conforme o art. 22 da Constituição Federal, “Compete privativamente à União legislar sobre: - direito civil, comercial, penal, processual, eleitoral, agrário, marítimo, aeronáutico, espacial e do trabalho”.

Assim qualquer matéria penal só poderá ser instituída por meio de Lei Federal que observe o processo legislativo constitucionalmente previsto.

Tomando-se como base a explanação sobre as diversas ocorrência de ilícitos jurídicos, devemos mencionar que consta no PDDMA o Título que trata das infrações administrativas, penalidades e seu respectivo processo administrativo.

Com efeito, é considerada infração que atenta contra o sistema de drenagem de águas pluviais do nosso município toda **ação ou omissão** que importe na inobservância dos preceitos desta norma e/ou normas técnicas que se destinem à promoção, proteção, recuperação e utilização regular da drenagem pluvial.

A autoridade competente que tiver ciência ou notícia de ocorrência da infração catalogada nesta norma é obrigada a promover a sua apuração imediata, mediante processo administrativo próprio, sob pena de se tornar co-responsável.

O PDDMA estatui infrações de caráter leve, grave e gravíssimo, que, de acordo com a gradação, poderão acarretar ao infrator das normas do PDDMA:

I – advertência por escrito, na qual serão estabelecidos prazos para correção das irregularidades;

II - multa simples ou diária, proporcional à gravidade da infração;

III - embargo administrativo da obra, até que seja sanada a irregularidade;

IV - interdição, parcial ou total, de estabelecimento ou de atividade;

V- cassação do alvará de autorização de localização do estabelecimento; VI - perda ou restrição de incentivos e benefícios fiscais concedidos pelo Município; e

VII – proibição de contratar com o Poder Público.

A pena de multa de que trata o PDDMA consiste no pagamento de valores que variam de, no mínimo, R\$ 100,00 (cem reais) e, no máximo, de R\$ 10.000.000,00 (dez milhões de reais).

Para imposição da pena e da gradação da mesma seja ela qual for, a autoridade competente observará necessariamente a gravidade do fato, tendo em vista as suas conseqüências para o meio ambiente, para o sistema de drenagem e para a população do Município; os antecedentes do infrator quanto às normas desta lei; as circunstâncias atenuantes e agravantes aplicáveis ao caso.

Assim, **sem prejuízo das sanções civis e penais cabíveis**, serão aplicadas às infrações contra o Sistema de Drenagem Pluvial do Município do Natal as normas indicadas no PDDMA.

Processo Administrativo

De acordo com o PDDMA, as infrações administrativas em comento serão apuradas em processo administrativo próprio, iniciado com a lavratura do Auto de Infração, observados o rito e prazos estabelecidos nesta Lei, sendo assegurado aos infratores o **direito à ampla defesa e ao contraditório** constitucionalmente garantido.

Assim, dispõe que o auto de infração será lavrado pela autoridade competente, devendo conter:

I - nome do infrator, seu domicílio e residência, bem como os demais elementos necessários a sua qualificação e identificação civil;

II - local, data e hora da infração;

III - descrição da infração e menção do dispositivo legal ou regulamentar transgredido;

IV - penalidade a que está sujeito o infrator e o respectivo preceito legal que autoriza a sua imposição;

V - ciência, pelo autuado, de que responderá pelo fato em processo administrativo;

VI - assinatura do autuado ou, na sua ausência ou recusa, de duas testemunhas e do autuante;

VII - prazo para apresentação de defesa.

Frise-se, neste diapasão que o infrator terá prazo de 10 (dez) dias, a contar da citação válida, para oferecer defesa ou impugnação ao auto de infração lavrado contra si.

As omissões ou incorreções na lavratura do auto de infração não acarretarão nulidade do mesmo quando no processo constar os elementos necessários e suficientes à determinação da infração e do infrator.

Instaurado o processo administrativo, a Secretaria Municipal de Obras e Viação, determinará ao infrator, desde logo, a correção da irregularidade, ou medidas de natureza cautelar, tendo em vista a necessidade de evitar a consumação de dano mais grave.

XI. CONCLUSÕES

Diante do exposto, verifica-se a necessidade premente da promulgação da minuta de Lei do PDDMN, acrescida dos seus anexos, bem como o manual, quer será parte integrante deste. Tal razão se dá pela grande importância deste dispositivo legal para o crescimento urbano ordenado e em conformidade com os anseios sócio-ambientais.

Ademais, o Plano Diretor de Drenagem e Manejo de Águas Pluviais do Município do Natal visa educar a sociedade sobre o valor de uma drenagem pluvial urbana consciente e ordenada, bem como coibir o uso abusivo do sistema de drenagem municipal.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABGE (1990). Ensaios de permeabilidade em solos. Associação Brasileira de Geologia de Engenharia. São Paulo, SP.

ACQUA-PLAN (1988). Avaliação das possibilidades de infiltração de efluentes domésticos no aquífero Dunas, na área de Natal-RN. Estudos, Projetos e Consultoria, Recife, PE, 121p. il..

ACQUA-PLAN (1978). Recarga artificial aplicada à drenagem urbana de Natal, RN. Elementos para o Projeto Piloto da Bacia SI-2 (Campo do Preá). Estudos, Projetos e Consultoria, Relat. Final, Recife, PE.

ATP Engenharia Ltda. Plano Diretor de Resíduos Sólidos do Pólo de Turismo Costa das Dunas. Secretaria de Estado do Turismo – SETUR, 2007.

BERTONI, Juan C.; TUCCI, Carlos E. M. Precipitação. In: TUCCI, Carlos E. M. (Org.) Hidrologia – ciência e aplicação”. 2.ed. Porto Alegre: Ed. da Universidade: ABRH : EDUSP, 1997. 943 p. (Coleção ABRH de Recursos Hídricos; v.4). Cap.5, p.177-241.

BEZERRA, F.H.R.; SAADI, A; MOREIRA, J. A.M. ; LINS, F.AP.L.; NOGUEIRA, A.M.B.; MACEDO, J.W.P.; LUCENA, L.F. & NAZARÉ Jr. D. (1993). Estruturação neotectônica do litoral de Natal (RN), com base na correlação entre dados geológicos, geomorfológicos e gravimétricos. IN: SIMPÓSIO NACIONAL DE ESTUDOS TECTÔNICOS, 4., 1993, Belo Horizonte – MG. Anais... Belo Horizonte - MG: SBG, p. 317-321.

CAMPANA, N.; TUCCI, C.E.M. (1994). Estimativa de área impermeável de macro-bacias urbanas, Caderno de Recursos Hídricos V12 nº2 p19-94.

CANHOLI, A. P. (2005). Drenagem Urbana e Controle de Enchentes. Oficina de Textos, São Paulo.

CARVALHO Jr., E.R.C. (2001). Contaminação das Águas Subterrâneas por Nitrato e sua Relação com a Estrutura Hidrogeológica nos Bairros de Pirangi e Ponta Negra. Programa de Pós-Graduação em Geociências. Departamento de Geologia da UFRN. Dissertação de Mestrado.

CASTANY G. (1971). Tratado Practico de las Aguas Subterraneas. Barcelona, Ediciones Omega S. A., 672 p.

CLARKE, R. T.; DIAS, P. L. S. (2002). As Necessidades de Observação e Monitoramento dos Ambientes Brasileiros quanto aos Recursos Hídricos. In Anais:

Companhia de Serviços Urbanos de Natal - URBANA. Projeto de Recuperação Ambiental da Área de Destino Final dos RSU da Cidade do Natal - Projeto Básico, 2003

Companhia de Serviços Urbanos de Natal - URBANA. Projeto de Coleta Seletiva Porta a Porta da Cidade do Natal, 2003.

Companhia de Serviços Urbanos de Natal - URBANA. Projeto de Remediação Ambiental da Área de Destino Final de Cidade Nova, 1999.

COSTA, W.D. (1970). Estudo hidrogeológico de Natal/RN. Consultoria Técnica de Geologia e engenharia (CONTEGE), Companhia de Águas e esgotos do estado do rio Grande do Norte (CAERN). Recife, PE., 224p.

DEL RIO, Vicente. Uma proposta Metodológica. In: _____. Introdução ao Desenho Urbano no processo de Planejamento. São Paulo: PINI, 1990.

DIARIO DE NATAL. Desabrigados do José Sarney vão à Justiça. Natal: 14 de agosto de 2008, p.2.

DIARIO DE NATAL. Loteamento José Sarney ficou alagado. Natal: 10 de julho de 2008, p.2.

DUARTE, M. I. M. (1995). Mapeamento Geológico e Geofísico do Litoral Leste do RN: Grande Natal (Área I). Departamento de Geologia da UFRN. Relatório de Graduação.

ELLIS, J. B. 1995 Sustainable integrated development of storm drainage in urban landscapes. Anais da 2nd International Conference on Innovative Technologies in Urban Storm Drainage, pp.19-25, Lyon, França.

FEITOSA E. C. & MELO J.G. (1997). Relatório Diagnóstico dos dados e Informações disponíveis. Plano Estadual de Recursos Hídricos. Natal, Secretaria Estadual de Recursos Hídricos/Hidroservice engenharia Ltda.

FONSECA V.P., MELO, F.T.L., BEZERRA F.H.R, AMARAL R.F., AMARO V.E. (1997). Mapeamento Geológico – Geomorfológico (1:250.000) do Litoral Oriental do Estado do Rio Grande do Norte:Primeiros Resultados. In: SBG, Simpósio de Geologia do Nordeste, 17, Fortaleza, Boletim 15, p. 378-382.

Fundação de Apoio ao Desenvolvimento da Universidade Federal de Pernambuco - FADE. Natal MetrÓpole 2020 - Plano Estratégico de Desenvolvimento Sustentável para Região Metropolitana de Natal, 2006.

FUNDAÇÃO DE PESQUISA E CULTURA - FUNPEC (2002). Estudos e Projeto de Drenagem Pluvial para o Bairro de Capim Macio; Relatório Final. LARHISA/UFRN, Natal.

INSTITUTO DE PESQUISA HIDROLÓGICA - IPH (2001). Plano Diretor de Drenagem Urbana de Porto Alegre, 1ª fase. Instituto de Pesquisas Hidráulicas. UFRGS. Departamento de Esgotos Pluviais da PMPA.

IPT 1982. Estudos Hidrogeológico Regional Detalhado do Estado do Rio Grande do Norte. Secretaria de Indústria e Comércio do Rio Grande do Norte, Vol.1, 389 p.

IPT/SEPLAN RN. 1981. Reconhecimento Hidrogeológico e Estudo sobre a qualidade atual das águas Subterrâneas da Grande Natal. Relatório n. 14.813, junho.

KRESIC, N. 1996. Quantitative Solution in Hydrogeology and Groudwater Modeling. Lewis Plubishers, New York.

LAMAS, José Manoel Ressano Garcia. Morfologia urbana e desenho da cidade. 3 ed. Lisboa: Fundação Calouste Gulbenkian/Fundação para a ciência e a tecnologia, 2004.

MABESSONE J.M. & ALHEIROS M.M. 1991. Base Estrutural. In: Estudos Geológicos: Revisão Geológica da Faixa Costeira de Pernambuco, Paraíba e Parte do Rio Grande do Norte, UFPE - recife, Série B, v. 10, p. 33-43.

MARQUES, Cláudia Elisabeth Bezerra. Proposta de método pra a formulação de Planos Diretores de Drenagem Urbana. Dissertação de mestrado em Tecnologia Ambiental e Recursos Hídricos. Departamento de Engenharia Civil e Ambiental. Universidade de Brasília, DF, 168p. 2006.

MEDEIROS, Tásia Hortêncio de Lima. Evolução morfológica, (des)caracterização e formas de uso das lagoas da cidade do Natal-RN. Dissertação de mestrado. Universidade Federal do Rio Grande do Norte. Centro de Ciências Exatas e da Terra. PPGG – Programa de Pós-Graduação em Geodinâmica e Geofísica. 2001.

MEDEIROS, T.H.L. (2001). Evolução Geomorfológica, (Des)Caracterização e Formas de Uso das Lagoas da Cidade do NATAL-RN. PPGG – UFRN. Dissertação de Mestrado, 99 p.

MELO, José Geraldo. 1998. Avaliação dos recursos de contaminação e proteção das águas subterrâneas de Natal-Zona Norte. 11998. CAERN - Divisão de Hidrogeologia, Natal, 101 P.

MELO J.G.; QUEIROZ M.A.; HUNZIKER 1998. Mecanismos e Fontes de Contaminação das Águas Subterrâneas de Natal/RN Por Nitrato. In: ABAS, Congr. Bras. De águas Subterrâneas, 10, São Paulo,CD-ROM, p.585-661.

MELO J.G. & QUEIROZ M.A 1998. Situação Atual da Exploração das Águas Subterrâneas da Região da Grande Natal-RN, BR. In: ALHSUD, Congr. LatinoAmericano de Hidrologia Subterrânea, 4, São Paulo,CD-ROM, 8p.

MELO J.G. 1995. Impactos do Desenvolvimento Urbano nas Águas Subterrâneas de Natal/RN. Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo, São Paulo, Tese de Doutorado, 196 p.

Ministério da Integração Nacional. Manual de Desastres; Volume I Desastres Naturais. Brasília: 2003.

MINISTÉRIO DAS CIDADES (2006). Programa Drenagem Urbana Sustentável: Manual para Apresentação de Propostas, Cidades, Brasília.

MOURA, E. M; BARBOSA, C. M. S.; RIGHETTO, A. M.; MATTOS, A. Análise das Chuvas Intensas da Cidade de Natal/ RN : Primeiros resultados. In Anais: XIII Simpósio Ítalo Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental. 2006.

PFAFSTETTER, Otto. Chuvas intensas no Brasil. Ministério de Viação e Obras Públicas, DNOS,1957. 419 p.

NUNES E. 1996. Aspectos morfo-estruturais, fisiográficos e de coberturas de alterações intempéricas, como base para o macrozoneamento Geo-ambiental da Grande Natal – RN. Tese (Doutorado). UNESP. Rio Claro – SP. 191 p.

PINHEIRO, S. B. Os Resíduos Sólidos Urbanos na cidade de Natal e a Avaliação Ambiental da Remediação do lixão da Cidade Nova – Dissertação de Mestrado, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, 2000.

PLANAT/CAERN 1982. Disponibilidade de Recursos Hídricos na Região de Natal. Água de Superfície, 24 p.

POMPÊO, Cesar Augusto. Drenagem Urbana Sustentável. Artigo publicado pela Revista Brasileira de Recursos Hídricos / Associação Brasileira de Recursos Hídricos, volume 5, nº1, pag. 15-23, Porto Alegre, RS, 2000.

PREFEITURA MUNICIPAL DE NATAL. 2008. Estudos Hidrogeológicos – 1º Relatório. Plano Diretor de Drenagem e Manejo de água Pluviais, Natal, RN.

PREFEITURA DO NATAL (1984). Programa de Drenagem de Águas Pluviais da Área Urbana do Município do Natal para Controle de Inundações. Natal: Prefeitura Municipal do Natal.

PREFEITURA DO NATAL (1977). Plano Diretor de Drenagem do Natal. Natal: SEMPLA: Acquaplan.

Programa de Modernização do Setor Saneamento. Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento: diagnóstico do manejo de resíduos sólidos urbanos – 2006 Parte 1 – Texto – Visão Geral da Prestação de Serviço. Brasília: MCIDADES. SNSA, 2008.

Programa de Modernização do Setor Saneamento. Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento: diagnóstico do manejo de resíduos sólidos urbanos – 2006 Parte 2 – Tabela de Informações e Indicadores. Brasília: MCIDADES. SNSA, 2008.

QUEIROZ, M.A 2007. Perspectivas do Abastecimento de Água da Região Metropolitana do Natal. Seminário promovido pela ABES - Natal.

RIGHETTO A. M., Hidrologia e Recursos Hídricos, Editora USP-São Carlos, Projeto FINEP/REENGE, 1998; 819 p.

RIO GRANDE DO NORTE (2007). Plano de Desenvolvimento Estratégico da RMN. Natal: FADE/UFRN.

SANTOS, I; FILL, H. D. et al. Hidrologia e Hidrometria. In: SANTOS, I; FILL, H. D. et al. (2001). Hidrometria Aplicada. LACTEC- Instituto de Tecnologia para Desenvolvimento, Curitiba.

SECRETARIA DE MEIO AMBIENTE E URBANISMO – SEMURB. Prefeitura Municipal de Natal. Conheça melhor seu bairro. CD-ROM, Natal: 2007.

SECRETARIA MUNICIPAL DE URBANISMO. PREFEITURA DO NATAL (2007). Anuário Natal 2006. Natal: SEMURB

SECRETARIA MUNICIPAL DE URBANISMO. PREFEITURA DO NATAL (2005) ANUÁRIO 2005, com base nos dados da SEMOV de 2004, p.92

SILVA, I. R. Evolução dos serviços de limpeza pública nos últimos dez anos no município do Natal – Dissertação de Mestrado, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, (2006).

SILVA, Alexsandro Ferreira C. Depois das Fronteiras: a formação dos espaços de pobreza na periferia norte de Natal. Natal: UFRN (dissertação de mestrado em Arquitetura e Urbanismo), 2003 (mimeo).

SILVEIRA, A. L; LOUZADA, J. A. e BELTRAME, L. 1993. Infiltração e Armazenamento de Água no Solo - Hidrologia: Ciência e Aplicação. ABRH, Porto Alegre, RS.

SRPPE 1995. Caracterização das Bacias Hidrográficas do Rio Grande do Norte. Secretaria de Recursos Hídricos e Projetos Especiais do Estado do Rio Grande do Norte, 41 p.

START Consultoria e Pesquisa. Plano de trabalho: procedimentos metodológicos. Plano Diretor de Drenagem e Manejo de Águas Pluviais do Município de Natal. Natal, mimeo: 2008.

SUDERHSA, CH2M HILL DO BRASIL (2002). Manual de drenagem urbana – Região metropolitana de Curitiba/PR - versão 1.0. SUDERHSA – Superintendência de Desenvolvimento de Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental. Não publicado.

TUCCI, E. M. Carlos. Gestão das inundações urbanas. Global Water Partnership - South America. Unesco. Disponível em <<http://www.aveagua.org>>. Acesso em 01 fev. 2008.

TUCCI, C. E. M. Inundações e Drenagem Urbana. In: Carlos E. M. Tucci e Juan Carlos Bertoni. (Org.). Inundações Urbanas na América do Sul. Porto Alegre: ABRH GWP, 2003, v. 1, p. 45-150.

TUCCI, C.E. M et al. (1995). Drenagem Urbana. ABRH/Editora, Porto Alegre.

VASCONCELOS, N. S. (2002). O Avanço da Contaminação Por Nitrato nas Águas Subterrâneas da Zona Sul de Natal. Programa de Pós-Graduação em Geociências. Departamento de Geologia da UFRN. Dissertação de Mestrado, 98 p.

WALTZ, R. C.; FERREIRA, M. E. Obtenção de uma Equação de Chuvas Intensas para São José dos Campos – SP com Base em Estudos Pluviográficos. In Anais do XIV Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos. Aracajú- SE, 2001.