

## 1. INTRODUÇÃO

### 1.1. Contexto

A ocorrência de inundações nas áreas urbanas, no Brasil, e especialmente na cidade de Natal, tem-se intensificado e se tornado mais freqüentes a cada ano. Esse fato é conseqüência tanto da crescente impermeabilização do solo decorrente da urbanização acelerada, como da ocupação urbana das áreas de fundo de vale, sujeitas a inundação, sem a devida contrapartida de um controle efetivo na fonte dos escoamentos superficiais e de obras de macrodrenagem para a transposição dos excedentes das águas das sub-bacias fechadas, que predominam em grande número, dado o contexto do solo ondulado típico das formações de dunas, da cidade de Natal.

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.

No Brasil, tradicionalmente, os projetos de drenagem urbana tinham como filosofia escoar a água precipitada o mais rapidamente possível do local, amplificando as inundações à jusante, e dessa forma, encarecendo cada vez mais os investimentos públicos nas obras de macrodrenagem urbana.

Para alterar esta tendência faz-se necessário adotar princípios de controle de enchentes que alcancem a bacia como um todo dentro de um contexto de desenvolvimento sustentável no ambiente urbano.

O Plano Diretor da cidade de Natal define o plano setorial, no nosso caso o Plano Diretor de Drenagem e Manejo de Águas Pluviais (PDDMA), como instrumento legal de planejamento urbano e ambiental que tem como objetivo detalhar o ordenamento do uso e implantação do sistema de drenagem no espaço urbano, com vistas a otimizar a função socioambiental da propriedade e compatibilizar o seu adensamento à respectiva infraestrutura de suporte (Artigo 90), e também deve ser elaborado e proposto com base em estudos aprofundados das condições existentes na sua área de abrangência, observando a inserção na bacia hidrográfica, no entorno e o papel desses espaços na funcionalidade da cidade (Artigo 91).

## **1.2. Controle das inundações**

O controle das inundações urbanas é um processo permanente que deve ser mantido pelo poder público e pelas comunidades, visando à redução do custo social e econômico dos impactos negativos decorrentes das inundações através de medidas que podem ser classificadas como estruturais e não estruturais, as quais estão intrinsecamente associadas.

As medidas estruturais são obras projetadas para reduzir o risco das enchentes enquanto que 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.

Segundo Kamel Zahed Filho, a inexistência do suporte de medidas não estruturais é apontada, atualmente, como uma das maiores causas de problemas de drenagem nos centros urbanos mais desenvolvidos. Nesse caso, a utilização balanceada de investimentos, tanto em medidas estruturais quanto não estruturais, pode minimizar significativamente os prejuízos causados pelas inundações.

### **1.3. Princípios de controle**

A política atual de desenvolvimento da drenagem urbana no Brasil, orienta a adoção de soluções classificadas 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.

#### 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.

## 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, réguas limnimétricas 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.

### **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, bem como a metodologia recomendada para dimensionamento.

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.

#### **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.

A escolha da solução mais adequada no que diz respeito à estrutura de controle da drenagem requer uma análise preliminar das características do local, com atenção para os seguintes aspectos:

- Relação entre a área impermeável e a área destinada à infiltração deve ser a menor possível.
- As características do solo no local devem promover a infiltração da água. Por isso, devem ser selecionadas áreas com solo permeável e pouca matéria orgânica;
- A declividade da superfície da estrutura deve ser pequena, preferencialmente horizontal;
- A superfície deve ter cobertura vegetal, tal como grama.
- Deve dispor de manutenção e limpeza periódicas.

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.

## 3.2. Caracterização dos dispositivos de infiltração

### 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.

### **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 ser 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.

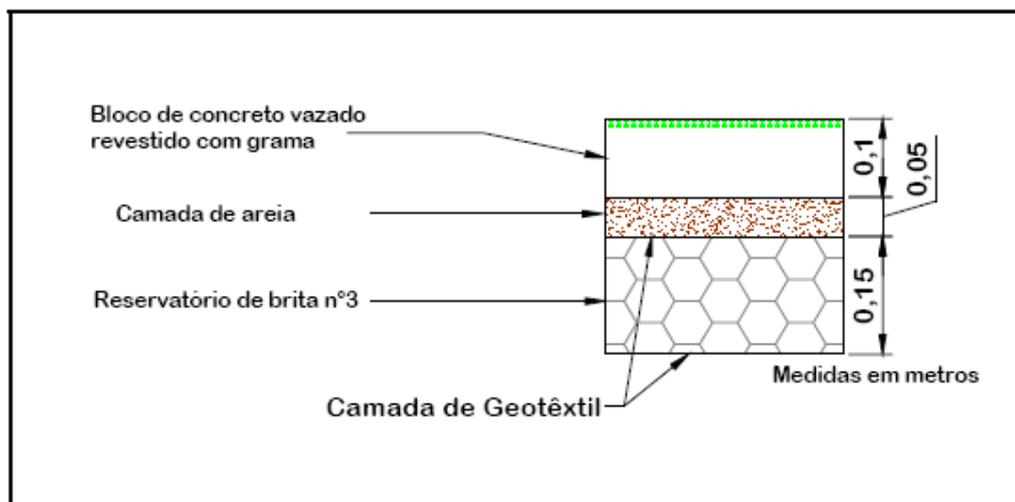
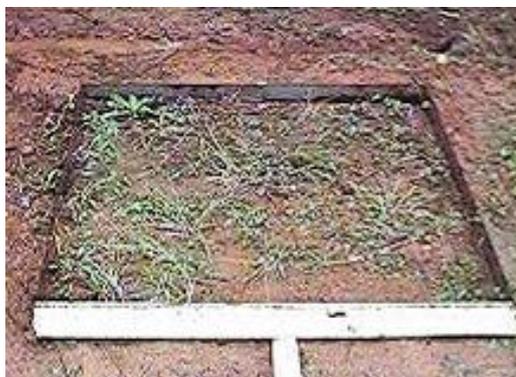


Figura 01 - Pavimento permeável

“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”.



Solo compactado



Solo arenoso



Paralelepípedo



Bloco de concreto



Blocos vazados



concreto

Figura 02 – Tipos de materiais de uso e ocupação do solo urbano

### **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.

A figura 03, figura 04 e figura 05 apresenta alguns modelos de poços de infiltração que podem ser utilizados nas obras de drenagem.

“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”.

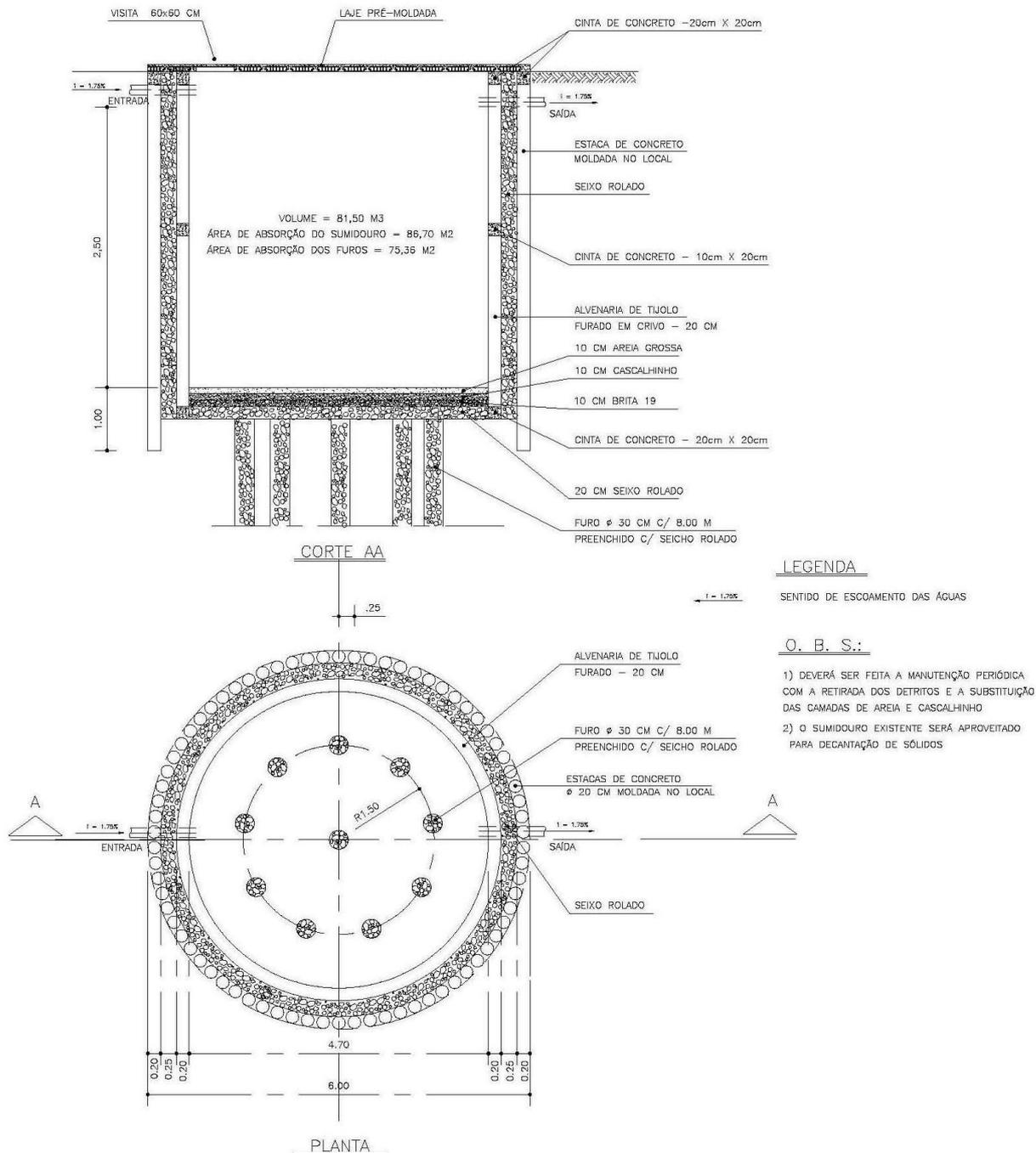


Figura 03 - Poço de infiltração com estacas e drenos profundos

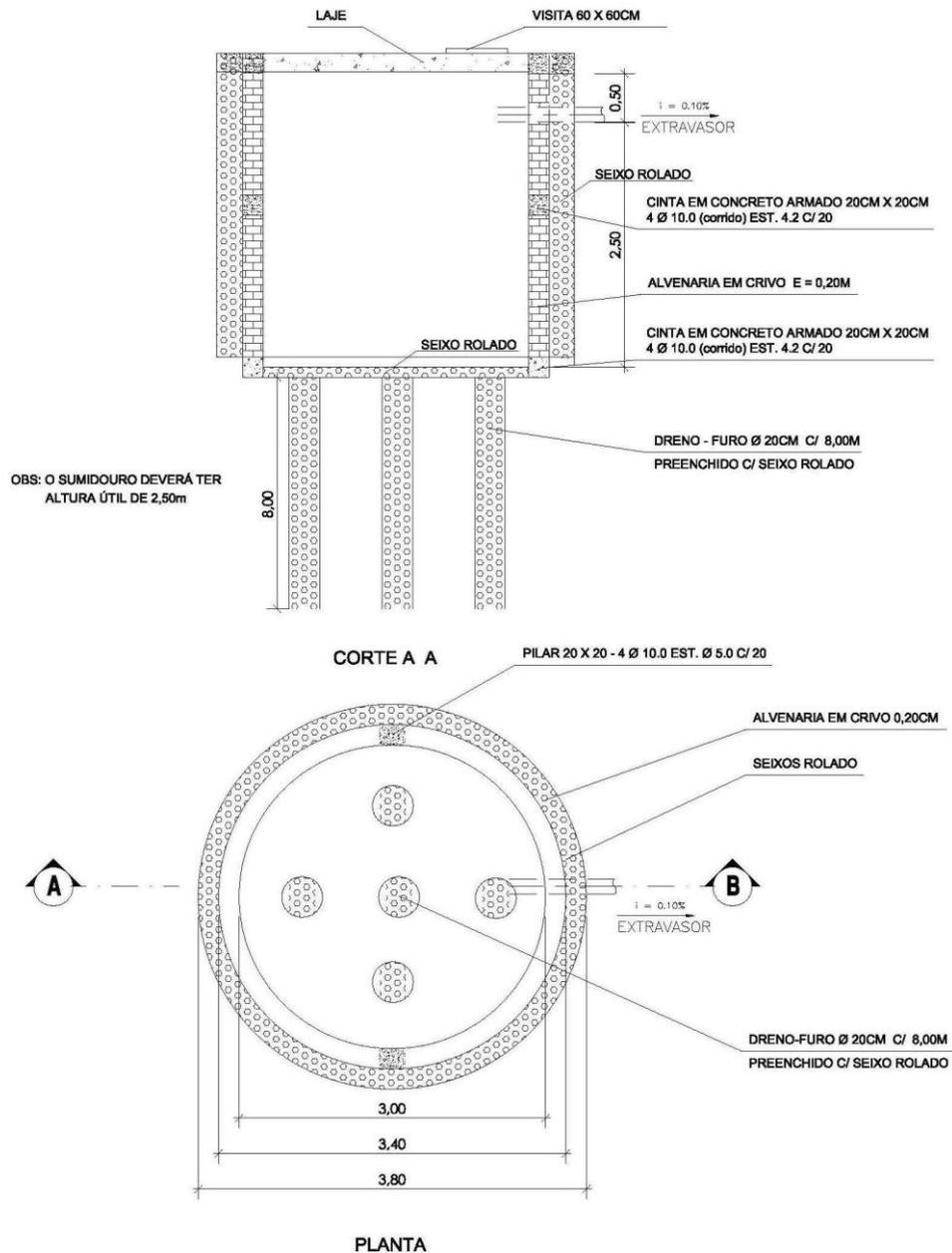


Figura 04 – Detalhe do poço de infiltração padrão

“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”.

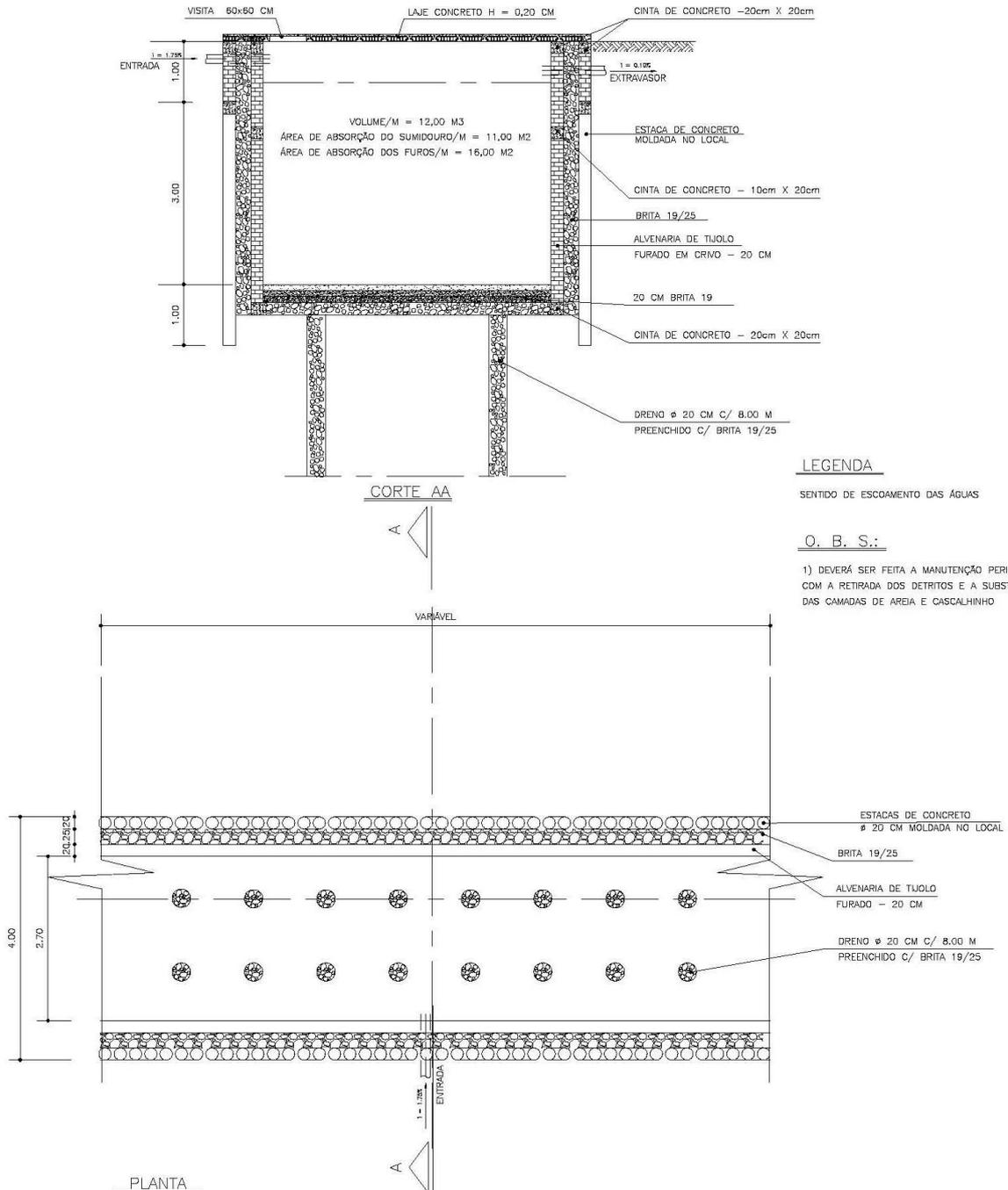


Figura 05 - Poço de infiltração retangular com estaca e dreno profundo

“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”.

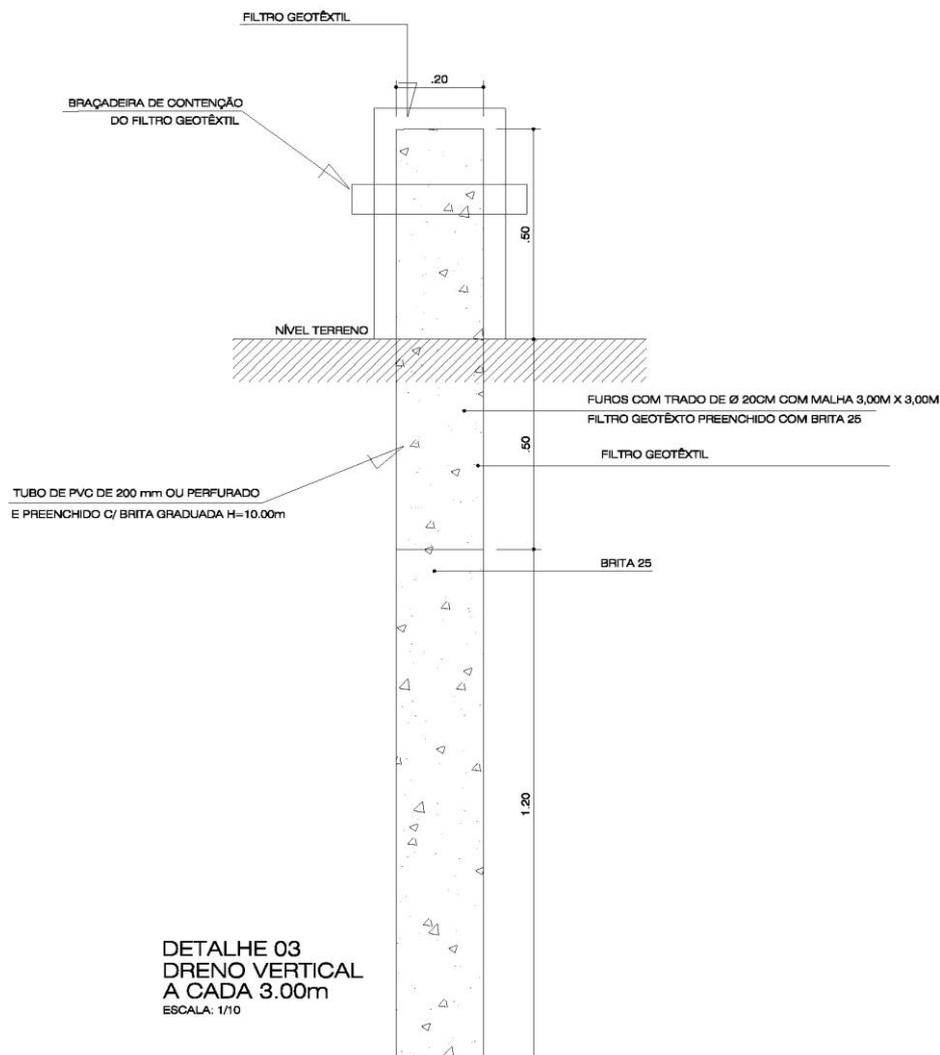


Figura 06 – Detalhe de dreno vertical



Figura 07 – 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. De acordo com Urbonas e Stahre (1993), 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.

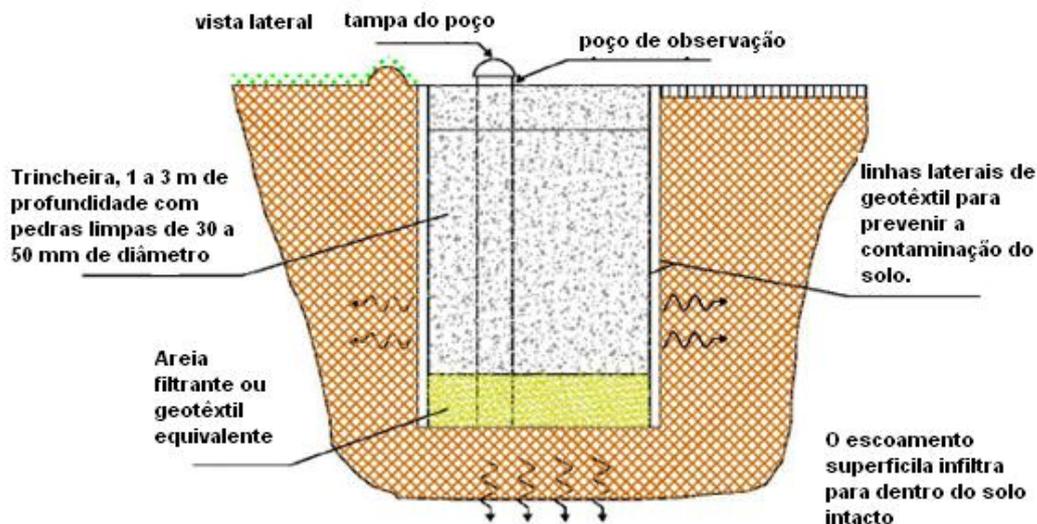


Figura 08 - Seção transversal de trincheira de infiltração típica

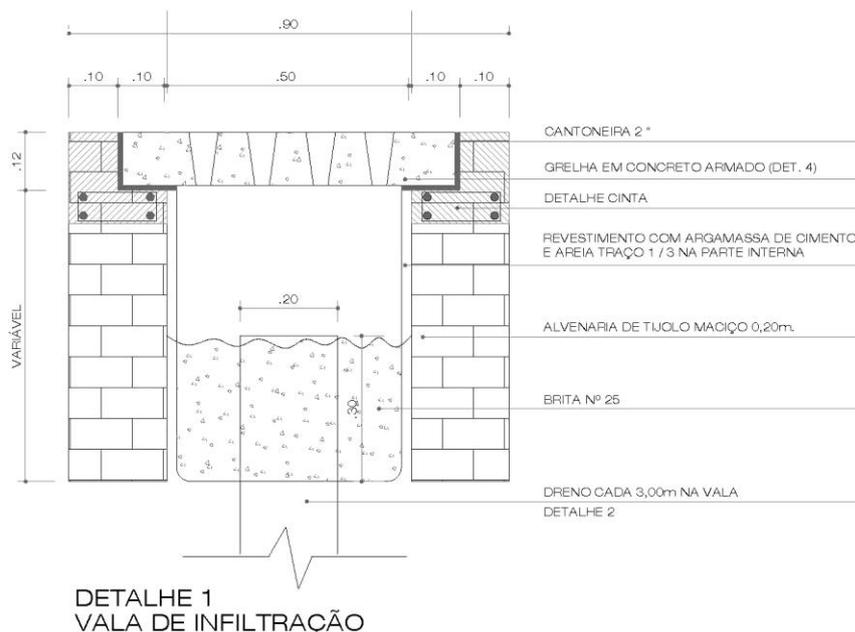


Figura 09 – Detalhe de vala de infiltração com tampa e dreno no fundo a cada 3m.

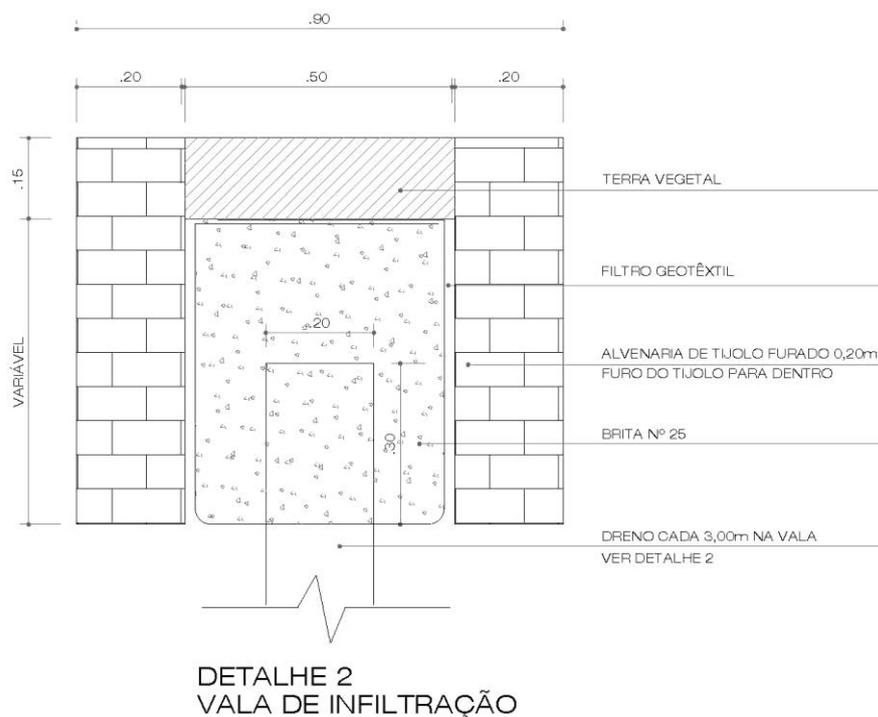


Figura 10 – Detalhe de vala de infiltração revestido de terra vegetal e dreno no fundo a cada 3 m.

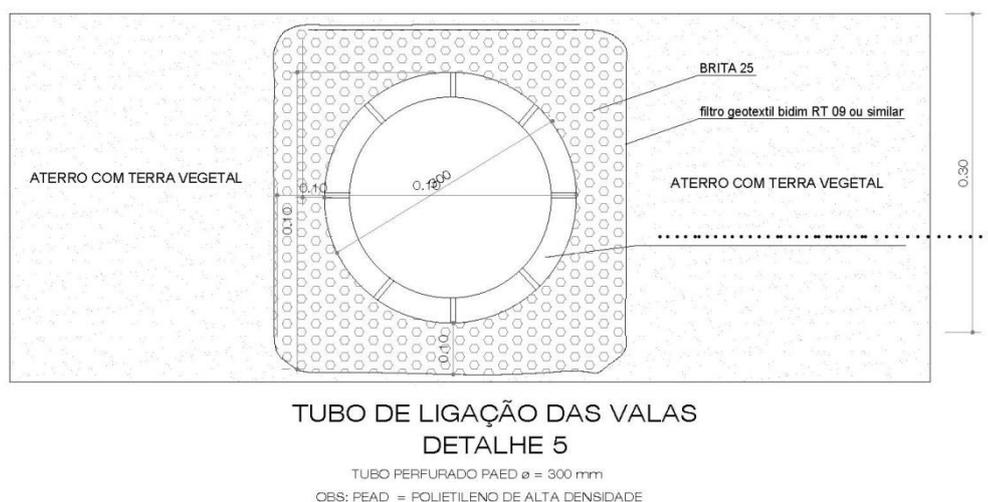


Figura 11 – Detalhe da ligação entre as valas

### **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, retraindo 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.

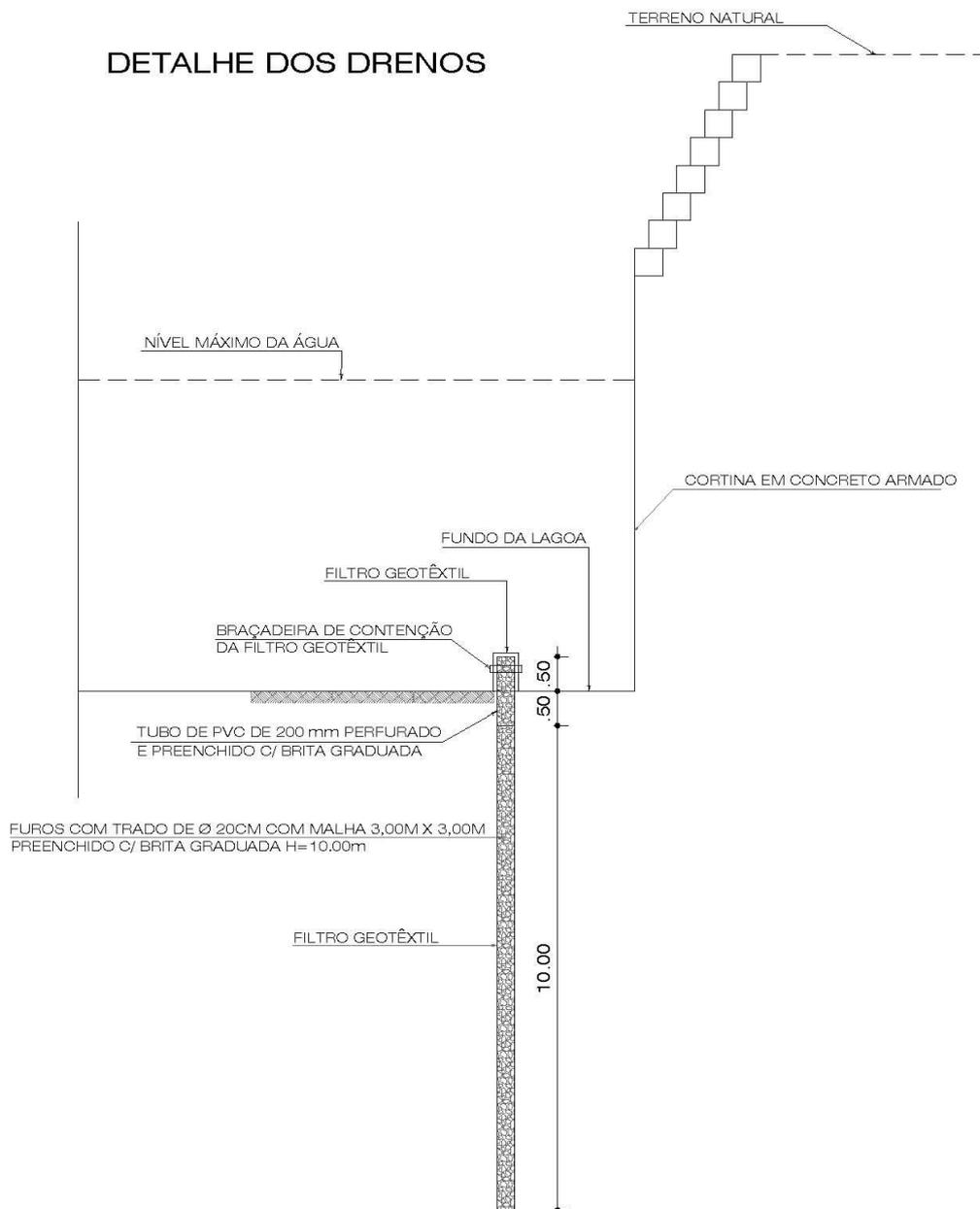


Figura 12 – Detalhe de reservatório de retenção e infiltração com dreno

### **3.3. Elementos hidrológicos**

Os elementos de projeto dos dispositivos de infiltração estão associados com os processos hidrológicos relacionados com o balanço hídrico do dispositivo de infiltração, envolvendo: os fluxos de entrada decorrentes da precipitação pluviométrica na área de formação dos escoamentos superficiais, os fluxos de saída pela infiltração no solo e transbordamento do dispositivo e o armazenamento d'água no interior do dispositivo de infiltração.

#### **3.3.1. Chuva de projeto dos dispositivos de infiltração**

No projeto dos dispositivos de infiltração recomenda-se adotar a precipitação de 3,0 horas de duração calculada pela equação geral i-d-f de Natal, determinada a partir da equação de Pfastetter (1957) e discretizada em intervalos de 10 minutos com o auxílio do método de Chicago, conforme Tabela 01.

Tabela 01 – Intensidade de precipitações em Natal

Tempo (min)	Intensidade de precipitação em mm/h				
	Períodos de retorno em anos				
	2	5	10	25	50
10	10,5	12,0	13,2	15,1	16,6
20	12,1	13,8	15,3	17,4	19,2
30	14,7	16,7	18,5	21,1	23,3
40	19,3	22,0	24,2	27,6	30,5
50	30,7	35,0	38,6	44,0	48,6
60	95,7	109,2	120,5	137,4	151,8
70	51,3	58,5	64,6	73,7	81,4
80	33,4	38,1	42,0	47,9	52,9
90	25,5	29,1	32,1	36,6	40,4
100	21,0	23,9	26,4	30,1	33,3
110	18,1	20,6	22,7	25,9	28,6
120	16,0	18,2	20,1	22,9	25,3
130	14,4	16,4	18,2	20,7	22,9
140	13,2	15,0	16,6	18,9	20,9
150	12,2	13,9	15,4	17,5	19,4
160	11,4	13,0	14,4	16,4	18,1
170	10,7	12,2	13,5	15,4	17,0
180	10,1	11,5	12,7	14,5	16,0

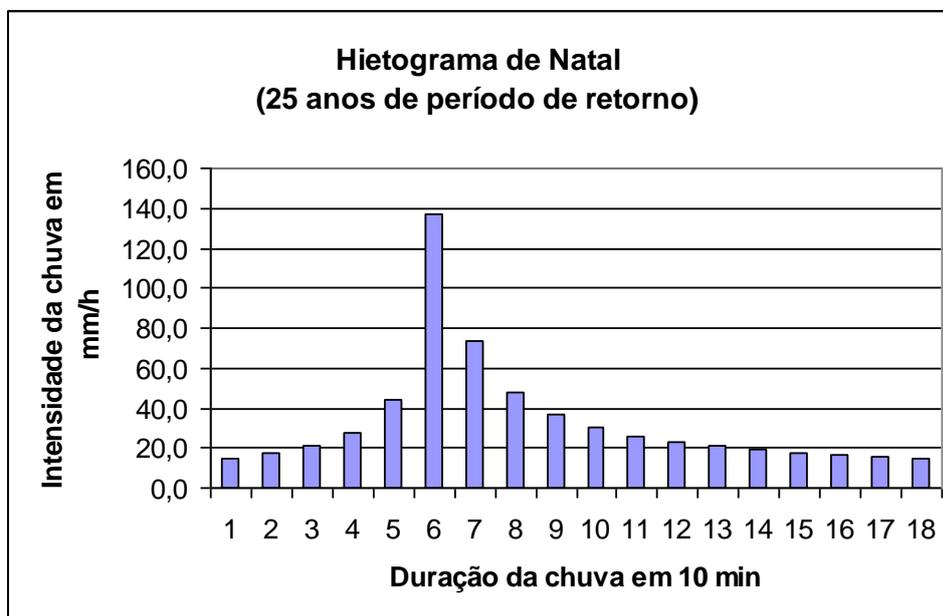


Figura 13 – Hietograma de Natal

Tabela 02 – Precipitações acumuladas em Natal

Tempo (min)	Precipitações em mm				
	Períodos de retorno em anos				
	2	5	10	25	50
10	1,7	2,0	2,2	2,5	2,8
20	3,8	4,3	4,7	5,4	6,0
30	6,2	7,1	7,8	8,9	9,9
40	9,4	10,7	11,9	13,5	14,9
50	14,5	16,6	18,3	20,9	23,0
60	30,5	34,8	38,4	43,8	48,3
70	39,1	44,5	49,2	56,1	61,9
80	44,6	50,9	56,2	64,0	70,7
90	48,9	55,7	61,5	70,1	77,5
100	52,4	59,7	65,9	75,2	83,0
110	55,4	63,1	69,7	79,5	87,8
120	58,0	66,2	73,1	83,3	92,0
130	60,4	68,9	76,1	86,8	95,8
140	62,6	71,4	78,9	89,9	99,3
150	64,7	73,7	81,4	92,8	102,5
160	66,6	75,9	83,8	95,6	105,5
170	68,4	77,9	86,1	98,1	108,4
180	70,0	79,9	88,2	100,5	111,0

### 3.3.2. Parâmetros hidrogeológicos

No dimensionamento das estruturas de infiltração, os parâmetros hidrogeológicos considerados são a porosidade efetiva do material e a capacidade de infiltração do solo.

#### a) 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 03.

Tabela 03 – 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

## b) 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 04 seguinte:

Tabela 04 – 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

### 3.3.3. Precipitações excedentes à capacidade de absorção dos dispositivos de infiltração

Para facilitar o projeto de dispositivos de infiltração, foram avaliadas as intensidades de precipitações excedentes ( $i_e$ ); os valores de precipitações excedentes acumuladas ( $P_e$ ) e os coeficientes de deflúvios ( $C$ ) em terrenos em Natal, para duas situações diferentes de relação entre a superfície impermeável efetiva do terreno e a área destinada para infiltração, isto é:  $A_v/A_i = 1$  e  $A_v/A_i = 5$ , respectivamente. As precipitações excedentes foram avaliadas pelo método da Curva Número proposto pelo Soil Conservation Service (SCS) a partir da precipitação máxima anual de 3 horas de duração e 2 anos de período de retorno, tendo como variável o valor da curva número (CN) da área destinada à infiltração.

Nesse estudo as precipitações acumuladas de Natal foram multiplicadas pela relação entre a superfície impermeável efetiva do terreno e a área destinada para infiltração ( $A_v/A_i$ ). A partir das precipitações excedentes acumuladas, foram avaliadas as intensidades de precipitações excedentes de intervalos de 10 minutos de duração durante as 3 horas da precipitação máxima, isto é:

$$i_e^{t+1} = \frac{P_e^{t+1} - P_e^t}{\Delta t}$$

Em que:  $i_e^{t+1}$  é a intensidade de precipitação excedente no instante seguinte ( $t+1$ ), em mm/h;  $P_e^{t+1}$  e  $P_e^t$  são as precipitações excedentes de dois instantes seguidos e  $\Delta t$  é o intervalo de tempo em h (10 minutos ou 1/6 hora).

A precipitação efetiva acumulada é avaliada pelo método da Curva Número

$$P_e^t = \frac{\left( P^t \cdot \left( \frac{A_t}{A_i} \right) - 0,2S \right)^2}{P^t \cdot \left( \frac{A_t}{A_i} \right) + 0,8S}$$

Onde:  $P_e^t$  é a precipitação excedente acumulada no instante t, que se transforma em escoamento superficial, em mm;  $P^t$  é a precipitação acumulada no instante t, em mm;  $A_t/A_i$  é a relação entre a superfície impermeável efetiva do terreno e a área destinada para infiltração e S é a infiltração potencial no solo avaliada através do CN, em mm, pela expressão seguinte:

$$S = \frac{25400}{CN} - 254$$

Onde: S é a infiltração potencial do solo em (mm) e depende do tipo de solo; CN é o valor da curva número que é função do grupo de solo, da umidade antecedente e do uso do solo.

Nas Tabelas 05 e 06 seguintes encontram-se as precipitações excedentes para duas situações diferentes de relação entre a superfície impermeável efetiva do terreno e a área destinada para infiltração, isto é:

- $A_t/A_i = 1$  – para situações em que a área de infiltração corresponde à área de captação das precipitações pluviométricas.
- $A_t/A_i = 5$  – para situações em que a área de infiltração corresponde a 20% da área efetiva de captação das precipitações.

Tabela 05 – Precipitações excedentes em Natal para um período de retorno de 2 anos e relação  $(A_r/A_i) = 1$

Tempo (minutos)	Curva Número (CN)											
	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100
<b>Intensidade da precipitação excedente na área de infiltração em mm/h - (L/h)/m<sup>2</sup></b>												
0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
10	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	10,5
20	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,5	12,1
30	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	4,0	14,7
40	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	2,6	9,1	19,3
50	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,3	3,7	10,1	19,9	30,7
60	0,0	0,0	0,0	0,0	0,4	3,9	11,2	23,1	38,2	57,0	79,3	95,7
70	0,0	0,0	0,0	0,2	5,1	10,3	16,2	23,0	30,6	38,8	46,8	51,3
80	0,0	0,0	0,3	0,5	6,1	9,6	13,4	17,7	22,3	27,0	31,2	33,4
90	0,0	0,0	1,2	0,6	5,9	8,6	11,5	14,7	18,0	21,3	24,1	25,5
100	0,0	0,1	1,7	3,6	5,7	7,9	10,2	12,8	15,3	17,9	20,0	21,0
110	0,0	0,4	2,0	3,6	5,4	7,3	9,3	11,4	13,6	15,6	17,3	18,1
120	0,0	0,7	2,1	3,6	5,1	6,8	8,6	10,4	12,2	14,0	15,4	16,0
130	0,0	0,9	2,2	3,5	4,9	6,4	8,0	9,6	11,2	12,7	13,9	14,4
140	0,0	1,0	2,2	3,4	4,8	6,1	7,5	9,0	10,4	11,7	12,7	13,2
150	0,1	1,1	2,2	3,4	4,6	5,8	7,1	8,5	9,7	10,9	11,8	12,2
160	0,3	1,2	2,2	3,3	4,4	5,6	6,8	8,0	9,2	10,2	11,0	11,4
170	0,4	1,3	2,2	3,3	4,3	5,4	6,5	7,6	8,7	9,7	10,4	10,7
180	0,4	1,3	2,2	3,2	4,2	5,2	6,3	7,3	8,3	9,2	9,8	10,1
Pe (mm)	0,2	1,4	3,4	5,4	10,2	14,8	20,5	27,2	35,2	44,8	56,2	70,0
C	0,003	0,019	0,049	0,076	0,145	0,212	0,292	0,388	0,503	0,639	0,803	1,000

Tabela 06 – Precipitações excedentes em Natal para um período de retorno de 2 anos e relação  $(A_t/A_i) = 5$

Tempo (minutos)	Curva Número (CN)													
	20	30	40	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100
<b>Intensidade da precipitação excedente na área de infiltração em mm/h - (L/h)/m<sup>2</sup></b>														
<b>0,0</b>	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
<b>10,0</b>	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,8	11,4	52,4
<b>20,0</b>	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,3	3,3	10,7	23,4	41,8	60,7
<b>30,0</b>	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,6	4,4	11,9	21,5	33,1	47,1	62,8	73,4
<b>40,0</b>	0,0	0,0	0,0	0,0	0,9	5,8	14,4	24,3	35,5	47,9	61,5	75,8	89,2	96,3
<b>50,0</b>	0,0	0,0	0,0	10,4	23,5	37,7	52,8	68,7	85,2	102,3	119,2	135,0	147,7	153,4
<b>60,0</b>	0,0	11,0	76,4	164,0	207,3	249,7	291,0	330,5	367,7	401,8	431,7	455,8	472,4	478,7
<b>70,0</b>	0,0	41,7	93,7	139,8	160,4	179,3	196,4	211,6	224,8	235,9	244,8	251,2	255,2	256,6
<b>80,0</b>	2,3	41,3	75,1	103,5	115,7	126,6	136,1	144,3	151,3	156,9	161,3	164,4	166,3	166,9
<b>90,0</b>	7,3	38,1	63,6	84,3	93,0	100,6	107,2	112,7	117,4	121,1	123,9	125,9	127,0	127,4
<b>100,0</b>	9,6	35,2	56,0	72,4	79,2	85,0	90,0	94,2	97,6	100,4	102,4	103,8	104,7	104,9
<b>110,0</b>	10,7	32,9	50,5	64,2	69,7	74,5	78,5	81,9	84,6	86,7	88,3	89,5	90,1	90,3
<b>120,0</b>	11,3	31,0	46,4	58,1	62,8	66,9	70,2	73,0	75,3	77,0	78,3	79,2	79,7	79,9
<b>130,0</b>	11,6	29,4	43,1	53,4	57,5	61,0	63,9	66,3	68,2	69,7	70,8	71,5	72,0	72,1
<b>140,0</b>	11,7	28,1	40,5	49,7	53,3	56,4	58,9	61,0	62,6	63,9	64,9	65,5	65,9	66,0
<b>150,0</b>	11,8	26,9	38,2	46,6	49,8	52,6	54,8	56,7	58,1	59,3	60,1	60,7	61,0	61,1
<b>160,0</b>	11,8	25,9	36,3	44,0	46,9	49,4	51,4	53,1	54,4	55,4	56,1	56,6	56,9	57,0
<b>170,0</b>	11,8	25,0	34,7	41,7	44,4	46,7	48,5	50,0	51,2	52,1	52,8	53,2	53,5	53,6
<b>180,0</b>	11,7	24,2	33,3	39,8	42,3	44,4	46,1	47,4	48,5	49,3	49,9	50,3	50,5	50,6
<b>Pe (mm)</b>	18,6	65,1	114,6	162,0	184,5	206,1	226,8	246,7	265,8	284,1	301,6	318,5	334,7	350,2
<b>C</b>	0,053	0,186	0,327	0,463	0,527	0,588	0,648	0,704	0,759	0,811	0,861	0,909	0,956	1,000

### 3.4. Escoamentos de pré-urbanização

Na avaliação dos escoamentos de pré-urbanização dos terrenos de Natal recomenda-se adotar as condições estabelecidas no cálculo das precipitações excedentes da Tabela 05, ou seja: uma relação  $A_f/A_i = 1$ , e um parâmetro CN que expresse as condições de cobertura do solo natural do terreno e uma situação de umidade antecedente de solo seco.

### 3.5. Escoamentos normais em área urbanizada

Os escoamentos normais das áreas urbanizadas devem ser avaliados conforme a sua ocupação:

- a) Para áreas públicas livres e logradouros: recomenda-se adotar valores de precipitações excedentes da Tabela 05, associados uma relação  $A_f/A_i = 1$  e com um CN que expresse as condições efetivas de ocupação do solo de pós-urbanização para uma condição de umidades antecedentes de solo seco.
- b) Para lotes residenciais e comerciais e industriais: recomenda-se adotar valores de precipitações excedentes da Tabela 06 associados uma relação  $A_f/A_i = 5$ , o que corresponde à preservação de 20% da área do lote para infiltração. Nesses casos deve-se adotar um CN para um solo seco com uma cobertura do solo do dispositivo de infiltração que potencialize o processo de infiltração, tais como gramados. Nesses casos: CN = 20 para solo do grupo A e CN = 40 para solos do grupo B (valores recomendados para gramados).

### 3.6. Dimensionamento de planos e valos de infiltração

Os planos e valos são dispositivos onde o processo de infiltração ocorre a partir da superfície do solo e apresentam um pequeno armazenamento superficial, apresentando-se com as seguintes características:

- a) Planos são áreas com superfície horizontal destinadas à infiltração, com solo permeável com cobertura vegetada que possibilita a acumulação superficial de uma lâmina d'água com pequena altura, de 50 mm a 100 mm, regulada por um extravasor tipo calha lateral, com um tempo de esvaziamento de 1 a 2 horas após as precipitações pluviométricas.
- b) Valos são dispositivos superficiais de infiltração com pequena largura comparada ao seu comprimento, formando uma pequena depressão, dispostos longitudinalmente, nas margens ou no contorno da área drenada, com cobertura gramada e com capacidade de armazenamento de 100 mm a 500 mm, suficiente para infiltrar a água acumulada em até 24 horas após o período chuvoso. Nesses dispositivos de infiltração, o processo de extravasamento da água acumulada pode acontecer por transbordamento lateral ou através de uma calha, vertedouro implantado nas extremidades dos valos ou extravasor em tubo.

Os elementos de dimensionamento desses dispositivos superficiais de infiltração são:

- Área impermeável efetiva de contribuição em  $m^2$  ( $A_c$ ),
- Área de infiltração em  $m^2$  ( $A_i$ );

Utilizando o Método de Curva Número do *Soil Conservation Service*, CN da área de infiltração, para gramados recomenda-se adotar:

- $CN = 20$  para solo do Grupo A
- $CN = 40$  para solo do Grupo B

Nas Tabelas 07 e 08 encontram-se os valores das precipitações excedentes em planos e valos de infiltração para uma precipitação pluviométrica máxima anual em Natal com 3 horas de duração e período de retorno de 2 anos e um CN = 20 e 40, respectivamente, tendo como variável a relação entre a superfície impermeável efetiva do terreno e a área destinada para infiltração ( $A_v/A_i$ ).

O volume total escoado é determinado pela multiplicação da área do dispositivo de infiltração pela diferença entre precipitação excedente e a lâmina d'água acumulada na superfície.

“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”.

Tabela 07 – Precipitações excedentes em planos e valos de infiltração para um CN = 20

Tempo em minutos	A <sub>v</sub> /A <sub>i</sub> - relação entre a superfície impermeável efetiva do terreno e a área destinada para infiltração											
	4	5	6	7	8	9	10	12	14	16	18	20
	<b>Intensidade da precipitação excedente na área de infiltração em mm/h - (L/h)/m<sup>2</sup></b>											
<b>0</b>	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
<b>10</b>	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
<b>20</b>	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
<b>30</b>	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
<b>40</b>	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
<b>50</b>	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	5,0	19,1	41,7
<b>60</b>	0,0	0,0	0,0	0,6	9,4	28,0	55,6	134,8	242,3	369,0	507,6	655,9
<b>70</b>	0,0	0,0	5,5	26,6	54,1	85,2	119,3	195,0	278,4	367,8	461,8	559,2
<b>80</b>	0,0	2,3	17,5	36,3	57,6	81,1	106,4	161,2	220,5	282,9	347,7	414,1
<b>90</b>	0,0	7,3	20,8	36,7	54,4	73,7	94,3	138,5	185,6	234,9	285,6	337,3
<b>100</b>	0,2	9,6	21,6	35,6	51,0	67,7	85,3	122,9	162,8	204,1	246,5	289,6
<b>110</b>	1,7	10,7	21,7	34,2	48,1	62,9	78,5	111,6	146,5	182,6	219,4	256,8
<b>120</b>	2,9	11,3	21,4	33,0	45,6	59,0	73,2	103,0	134,3	166,5	199,3	232,6
<b>130</b>	3,6	11,6	21,1	31,8	43,4	55,8	68,8	96,1	124,6	153,9	183,7	213,8
<b>140</b>	4,2	11,7	20,7	30,7	41,6	53,1	65,2	90,4	116,7	143,7	171,1	198,7
<b>150</b>	4,6	11,8	20,3	29,8	40,0	50,8	62,1	85,7	110,2	135,3	160,7	186,3
<b>160</b>	4,9	11,8	19,9	28,9	38,6	48,8	59,5	81,7	104,6	128,1	151,9	175,9
<b>170</b>	5,1	11,8	19,5	28,1	37,3	47,1	57,1	78,1	99,8	122,0	144,4	166,9
<b>180</b>	5,3	11,7	19,2	27,4	36,2	45,5	55,1	75,0	95,6	116,6	137,8	159,2
<b>Pe</b>	5,4	18,6	38,2	63,3	92,9	126,5	163,4	245,7	337,0	435,4	539,4	648,0
<b>C</b>	0,019	0,053	0,091	0,129	0,166	0,201	0,233	0,292	0,344	0,388	0,428	0,463

Tabela 08 – Precipitações excedentes em planos e valos de infiltração para um CN = 40

Tempo em minutos	A <sub>t</sub> /A <sub>i</sub> - relação entre a superfície impermeável efetiva do terreno e a área destinada para infiltração												
	2	3	4	5	6	7	8	9	10	12	14	16	20
	Intensidade da precipitação excedente na área de infiltração em mm/h - (L/h)/m <sup>2</sup>												
0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
10,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
20,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
30,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,8	8,0	32,4
40,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,1	4,9	19,6	40,9	65,3	121,0
50,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,9	9,7	22,9	40,0	58,9	101,4	148,7	199,9	310,5
60,0	0,0	3,5	29,5	76,4	138,4	208,5	284,8	366,0	451,1	630,1	817,3	1009,9	1404,6
70,0	0,1	20,3	53,8	93,7	137,9	185,2	234,6	285,5	337,5	443,5	551,1	659,4	876,4
80,0	2,5	21,6	46,5	75,1	106,1	138,6	172,2	206,4	241,0	311,1	381,7	452,3	593,1
90,0	4,3	20,4	40,7	63,6	88,1	113,5	139,6	166,1	192,8	246,5	300,4	354,3	461,5
100,0	5,0	19,1	36,6	56,0	76,5	97,8	119,5	141,4	163,5	207,9	252,3	296,6	384,6
110,0	5,3	18,0	33,5	50,5	68,5	86,9	105,7	124,7	143,7	181,9	220,1	258,1	333,7
120,0	5,4	17,1	31,1	46,4	62,4	78,9	95,6	112,4	129,3	163,1	196,8	230,4	297,2
130,0	5,5	16,3	29,2	43,1	57,7	72,6	87,7	103,0	118,2	148,7	179,1	209,4	269,5
140,0	5,5	15,6	27,5	40,5	53,9	67,6	81,5	95,4	109,4	137,3	165,1	192,8	247,7
150,0	5,4	15,0	26,2	38,2	50,7	63,5	76,3	89,2	102,1	127,9	153,6	179,2	230,0
160,0	5,4	14,5	25,0	36,3	48,0	60,0	72,0	84,0	96,1	120,1	144,1	168,0	215,3
170,0	5,3	14,0	24,0	34,7	45,7	57,0	68,3	79,6	90,9	113,5	136,0	158,4	202,9
180,0	5,3	13,6	23,1	33,3	43,7	54,3	65,0	75,7	86,4	107,8	129,0	150,2	192,2
Pe	9,2	34,8	71,1	114,6	163,3	215,7	270,9	328,4	387,7	510,1	636,4	765,4	1028,8
C	0,065	0,166	0,254	0,327	0,388	0,440	0,484	0,521	0,553	0,607	0,649	0,683	0,734

### 3.7. Dimensionamento dos pavimentos porosos

Os pavimentos porosos são dispositivos de infiltração com acumulação subsuperficial em uma camada de material granular situada entre o meio filtrante abaixo da camada superior e o subleito devidamente compactado e regularizado. Nesses dispositivos, a infiltração está associada como a capacidade de infiltração do solo do subleito e o volume armazenado com a espessura e porosidade efetiva da camada de material granular. No pavimento poroso a superfície do pavimento corresponde à área de infiltração e a área de captação das precipitações.

O dimensionamento dos pavimentos porosos tem como base os seguintes elementos de cálculo:

- $A_i/A_i = 1$
- CN da área de infiltração:
  - Pavimentos com tráfego de veículos: valores de CN de vias não pavimentadas:
    - CN = 70 para solo do Grupo A
    - CN = 80 para solo do Grupo B
  - Pavimentos sem tráfego de veículos: valores de CN de solo natural nu:
    - CN = 50 para solo do Grupo A
    - CN = 60 Para solo do Grupo B

As precipitações excedentes em pavimentos porosos são determinadas na Tabela 05 a partir do CN adotado para o subleito.

A capacidade armazenamento, que corresponde à lâmina d'água máxima acumulada, é determinada multiplicando-se a espessura da camada de material granular pela porosidade eficaz.

O volume total escoado é determinado pela multiplicação da área do pavimento poroso pela diferença entre precipitação excedente e a lâmina d'água máxima acumulada na camada de material granular.

### 3.8. Dimensionamento de poços e trincheiras de infiltração

Os poços e trincheiras são dispositivos de infiltração com reservatório escavado no solo para possibilitar uma maior acumulação das precipitações excedentes, aumentando, dessa forma, o tempo e, conseqüentemente, os volumes infiltrados no solo. Os poços e trincheiras podem ser vazios.

Nesses dispositivos, a acumulação máxima no reservatório é limitada pelo nível da abertura do seu extravasor. Isto é: o reservatório quando se encontra cheio mantém o seu armazenamento máximo para vazões afluentes maiores do que os fluxos da infiltração no solo.

As condições de projeto dos poços e trincheiras são as seguintes:

- a) No início das precipitações o reservatório encontra-se seco e cheio no final das precipitações.
- b) O volume total de água que chega ao reservatório é gerado pela precipitação excedente na área de contribuição efetiva durante a precipitação.
- c) O esvaziamento do reservatório ocorre após o período chuvoso decorrente do processo de infiltração no solo.

#### a) Balanço hídrico de um poço de infiltração

Dessa forma, o balanço hídrico do reservatório durante todo o período chuvoso é o seguinte:

$$V_e = \frac{(P_e \cdot A_c - f \cdot A_i \cdot t)}{1000} - \theta \cdot V_r$$

Onde:  $V_e$  é o volume escoado para o reservatório, em  $m^3$ ;  $P_e$  é a precipitação excedente da área de contribuição, em mm;  $A_c$  é a área de contribuição efetiva, em  $m^2$ ;  $f$  é a taxa de infiltração média durante o período chuvoso, em mm/h;  $t$  é a

duração da chuva, em horas;  $\theta$  é a porosidade efetiva, quando o seu interior for preenchido de material granular e  $V_r$  é o volume máximo de armazenamento do reservatório.

O coeficiente de deflúvio aparente, da área de contribuição efetiva, considerando-se o volume escoado do reservatório, será:

$$C = \frac{1000V_e}{P_e \cdot A_c}$$

Onde: C é o coeficiente de contribuição do lote;  $V_e$  é volume escoado do reservatório em m<sup>3</sup>;  $P_e$  é precipitação total excedente da área de contribuição, em mm e  $A_c$  é a área de contribuição efetiva em m<sup>2</sup>.

#### **b) Coeficiente de contribuição do lote**

As figuras 14(A), 14(B) e 14(C) seguintes permitem determinar o coeficiente de contribuição do lote, C, afetado pelo processo de acumulação e infiltração no poço durante um período longo, de 30 dias, chuvoso em Natal, tendo como variáveis a área de contribuição efetiva ( $A_c$ ) drenada para o poço para as diversas curvas relacionadas cada uma com a taxa de infiltração do solo, para um poço padrão com profundidade de 3,00 m, com altura útil de 2,50 m e com diâmetro interno de 2,00 m, 2,50m e 3,00 m.

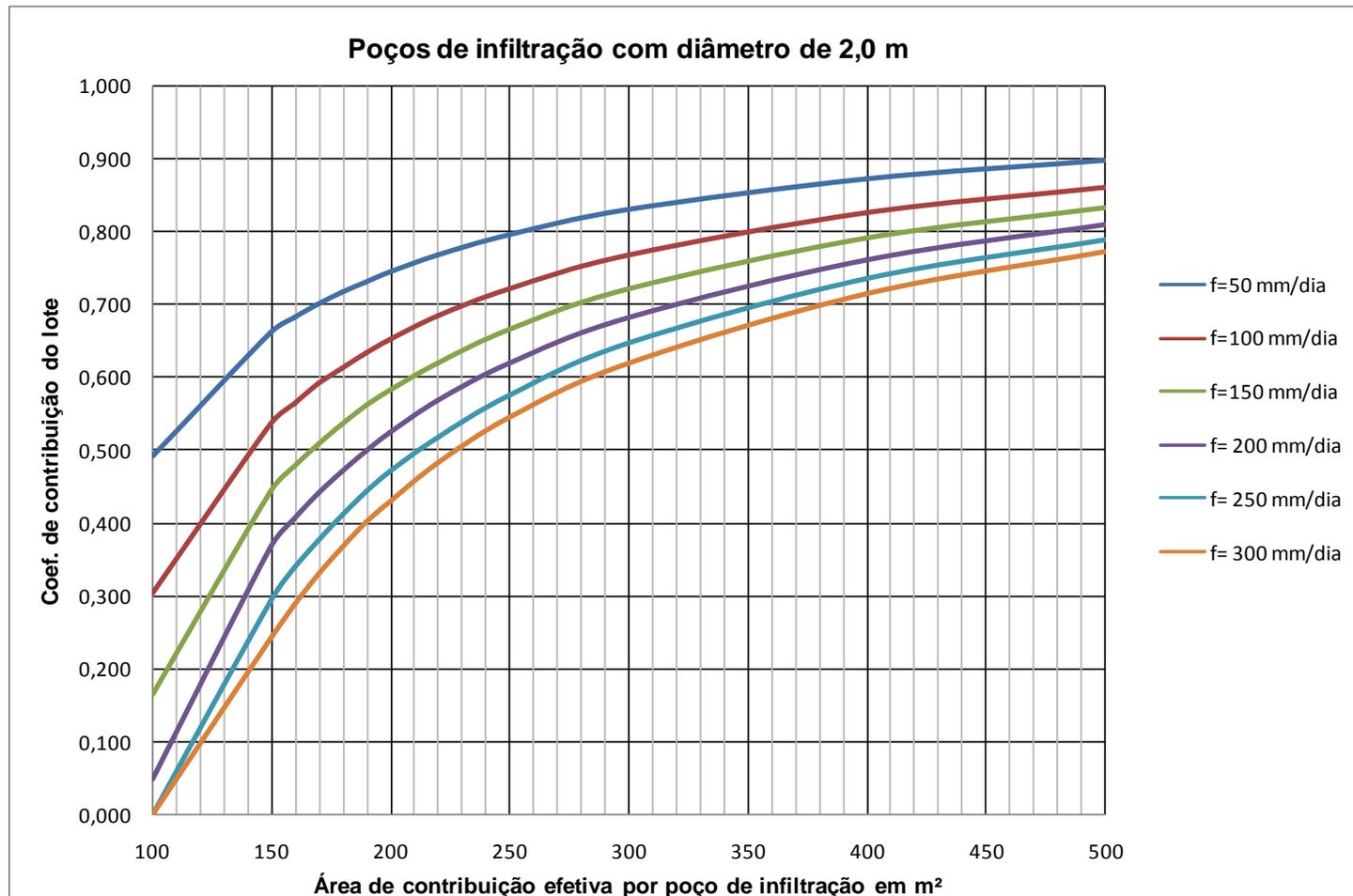


Figura 14 (A) – Coeficiente de contribuição do lote por poço de infiltração

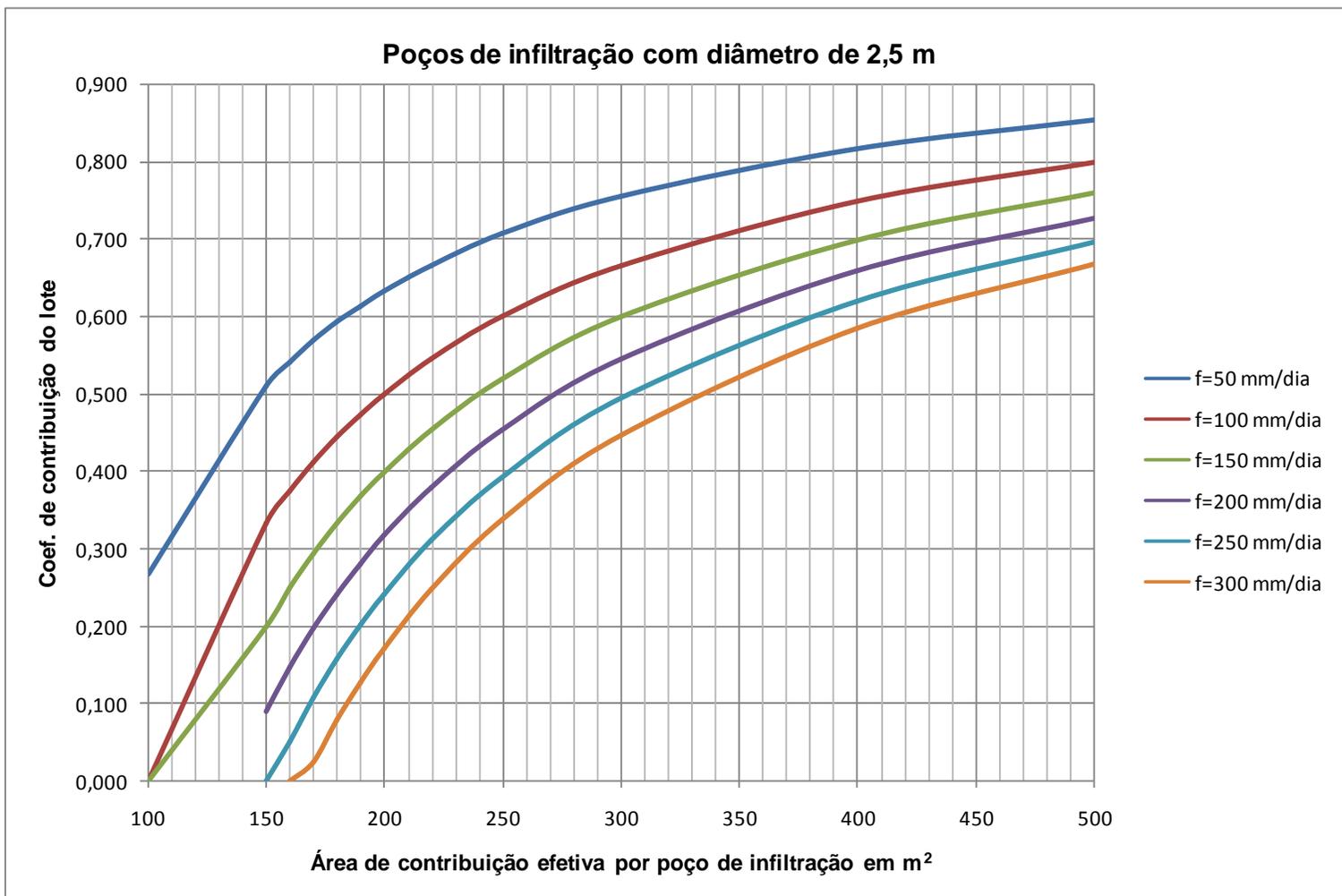


Figura 14 (B) – Coeficiente de contribuição do lote por poço de infiltração

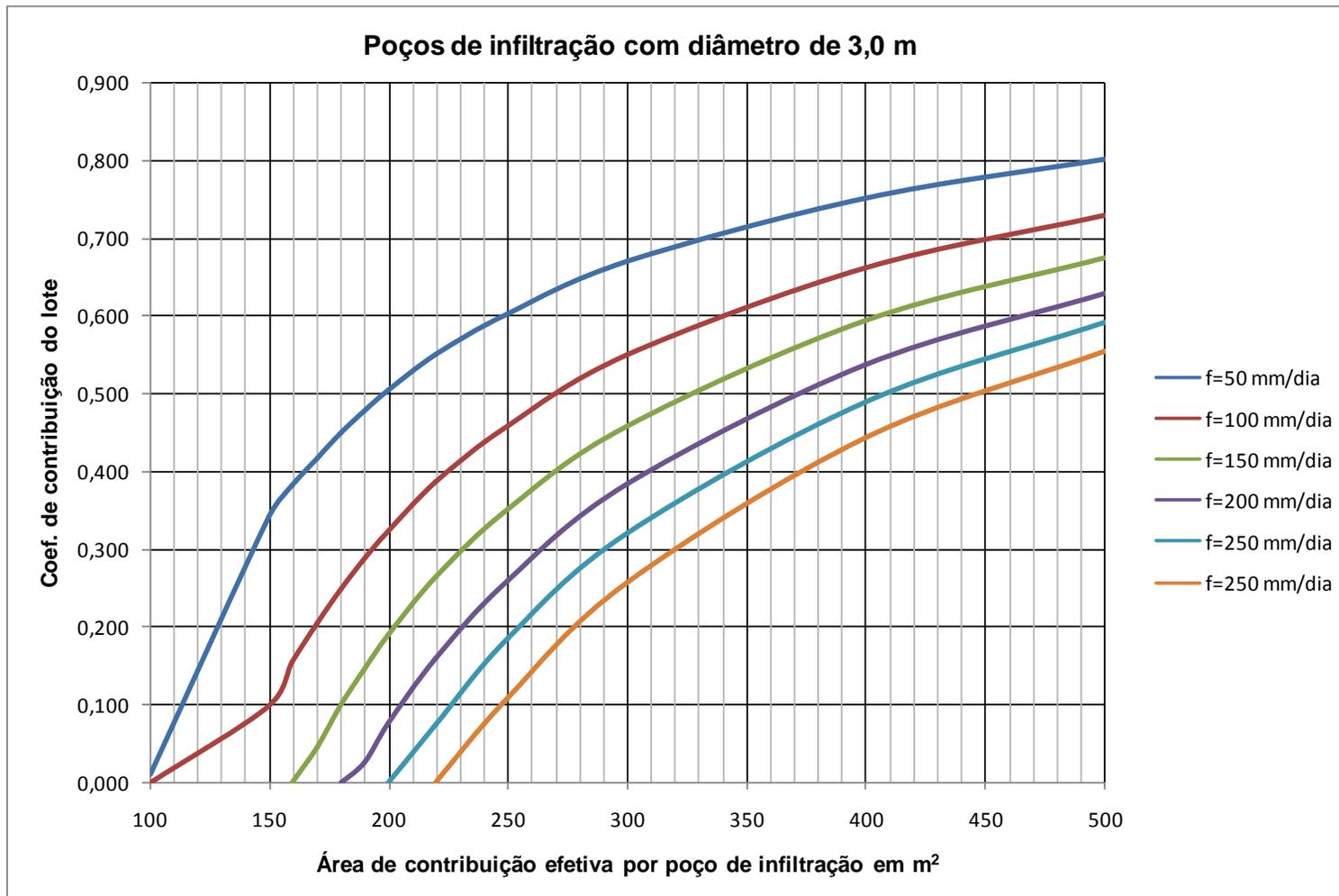


Figura 14 (C) – Coeficiente de contribuição do lote por poço de infiltração

### c) 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 09 apresenta os diâmetros máximos e declividade máxima dos tubos extravasores associadas com a área de contribuição:

Tabela 09 – 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 15.

“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”.

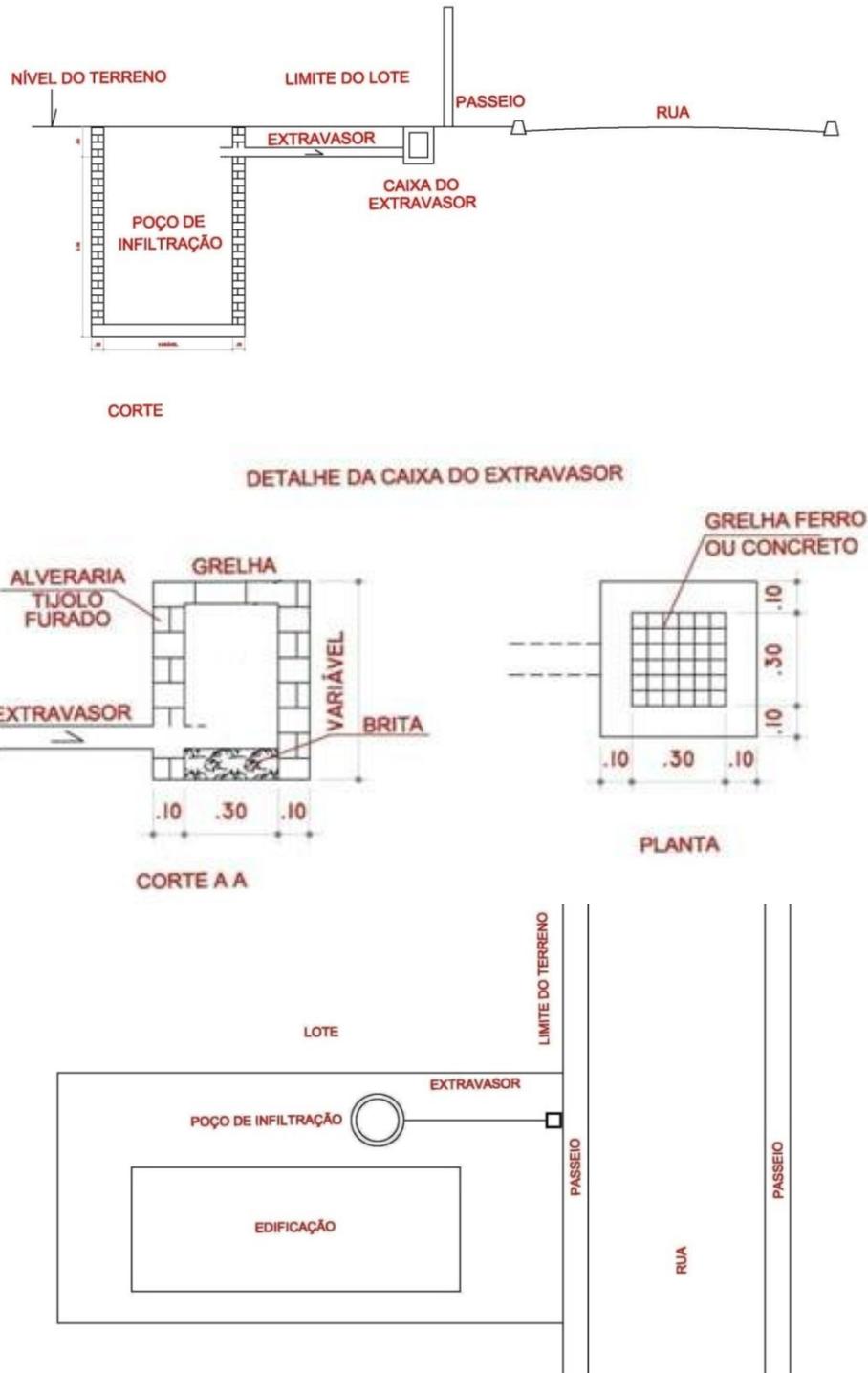


Figura 15 - Detalhe do sistema poço de infiltração-extravasador

#### **d) 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 10, estabelecidos pelo PDDMA, encontra-se os coeficientes de deflúvios de referência das sub-bacias do Sistema de Drenagem de Natal.

Tabela 10 – Coeficiente de deflúvio (run off) para as sub-bacias do Sistema de Drenagem de Natal

Sub-Bacia	C médio atual	C médio Projeção 20 anos	Área (ha)	TC* (min)	Tr = 2 anos		Tr = 10 anos		Tr = 25 anos	
					Qpico (m <sup>3</sup> /s)	Vol (m <sup>3</sup> )	Qpico (m <sup>3</sup> /s)	Vol (m <sup>3</sup> )	Qpico (m <sup>3</sup> /s)	Vol (m <sup>3</sup> )
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

Tabela 10 – Coeficiente de deflúvio (run off) para as sub-bacias do Sistema de Drenagem de Natal (continuação)

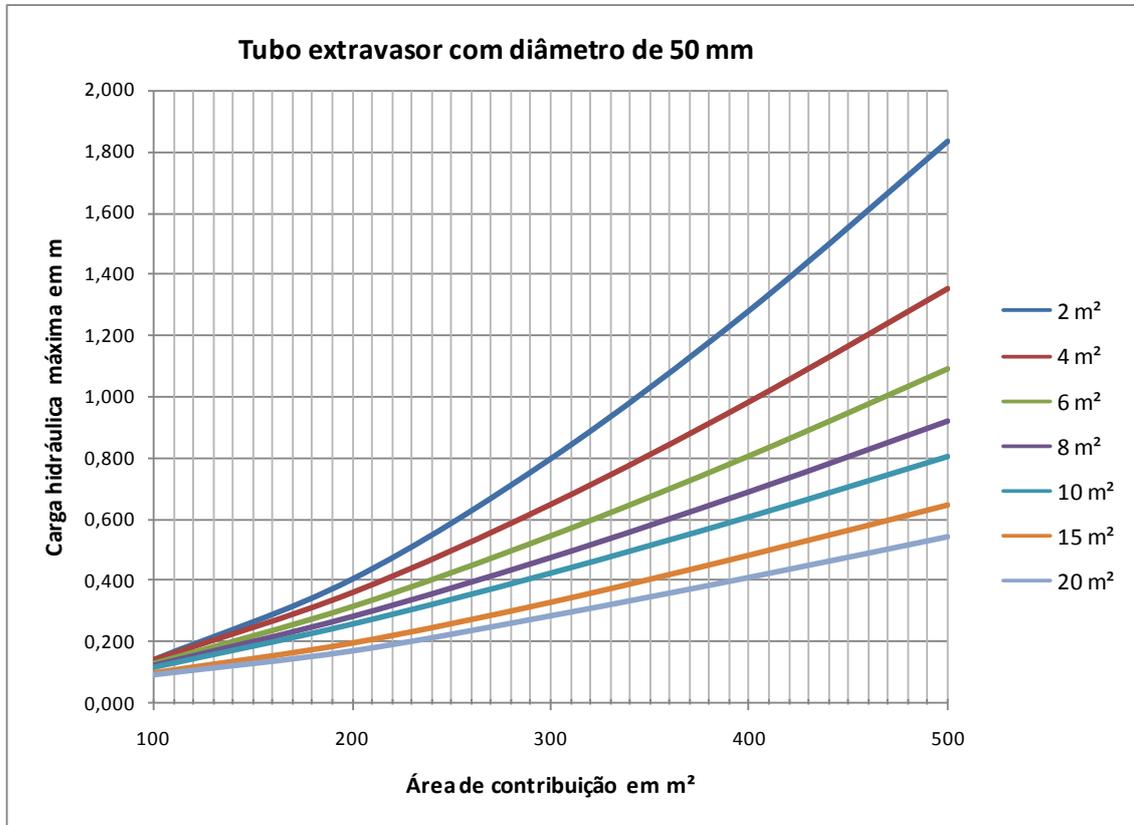
Sub-Bacia	Cmédio atual	Cmédio Projeção 20 anos	Área (ha)	TC* (min)	Tr = 2 anos		Tr = 10 anos		Tr = 25 anos	
					Qpico (m³/s)	Vol (m³)	Qpico (m³/s)	Vol (m³)	Qpico (m³/s)	Vol (m³)
VII-1	0,24	0,50	26,83	20	1,56	4.480	1,97	5.640	2,24	6.430
VII-2	0,68	0,68	80,48	30	10,30	38.458	12,97	48.418	14,79	55.201
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 10 – Coeficiente de deflúvio (run off) para as sub-bacias do Sistema de Drenagem de Natal (continuação)

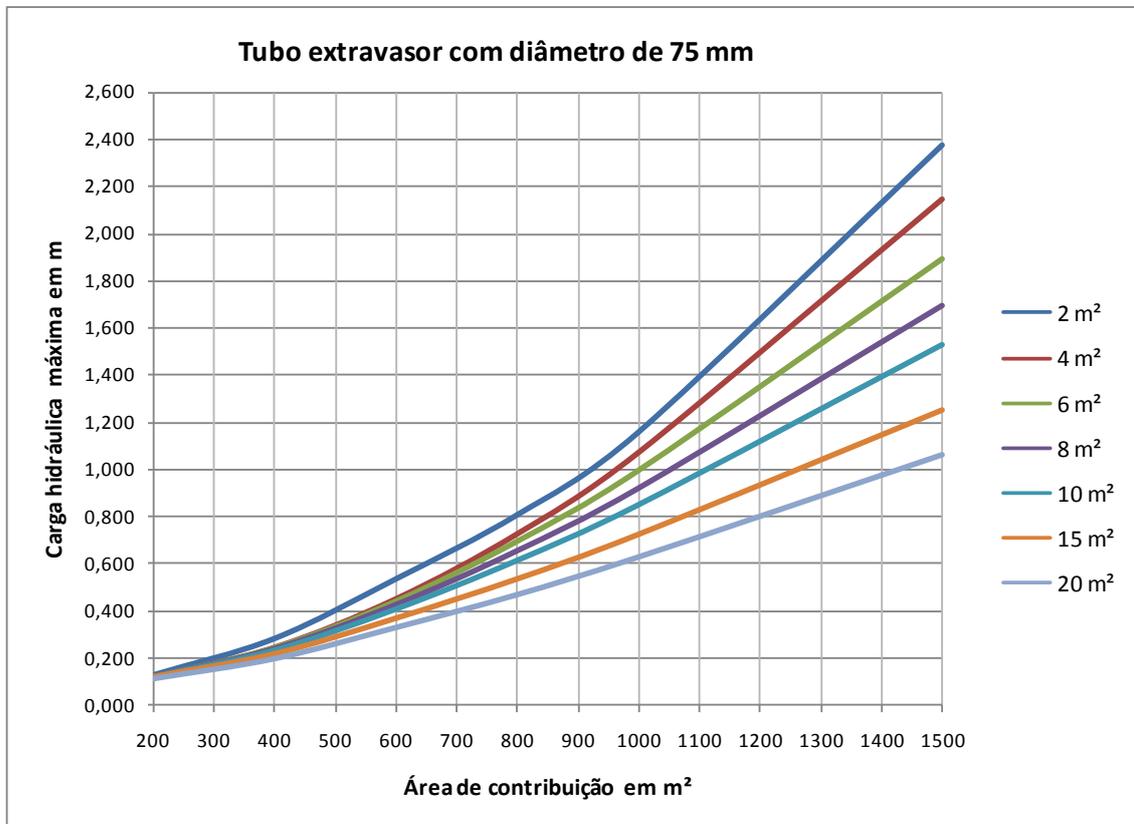
Sub-Bacia	Cmédio atual	Cmédio Projeção 20 anos	Área (ha)	TC* (min)	Tr = 2 anos		Tr = 10 anos		Tr = 25 anos	
					Qpico (m³/s)	Vol (m³)	Qpico (m³/s)	Vol (m³)	Qpico (m³/s)	Vol (m³)
XVI-2	0,10	0,10	87,79	10	2,33	6,150	2,94	7,742	3,35	8,827
XVI-3	0,26	0,40	191,97	50	7,88	34,974	9,92	44,032	11,31	50,201
XVI-4	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



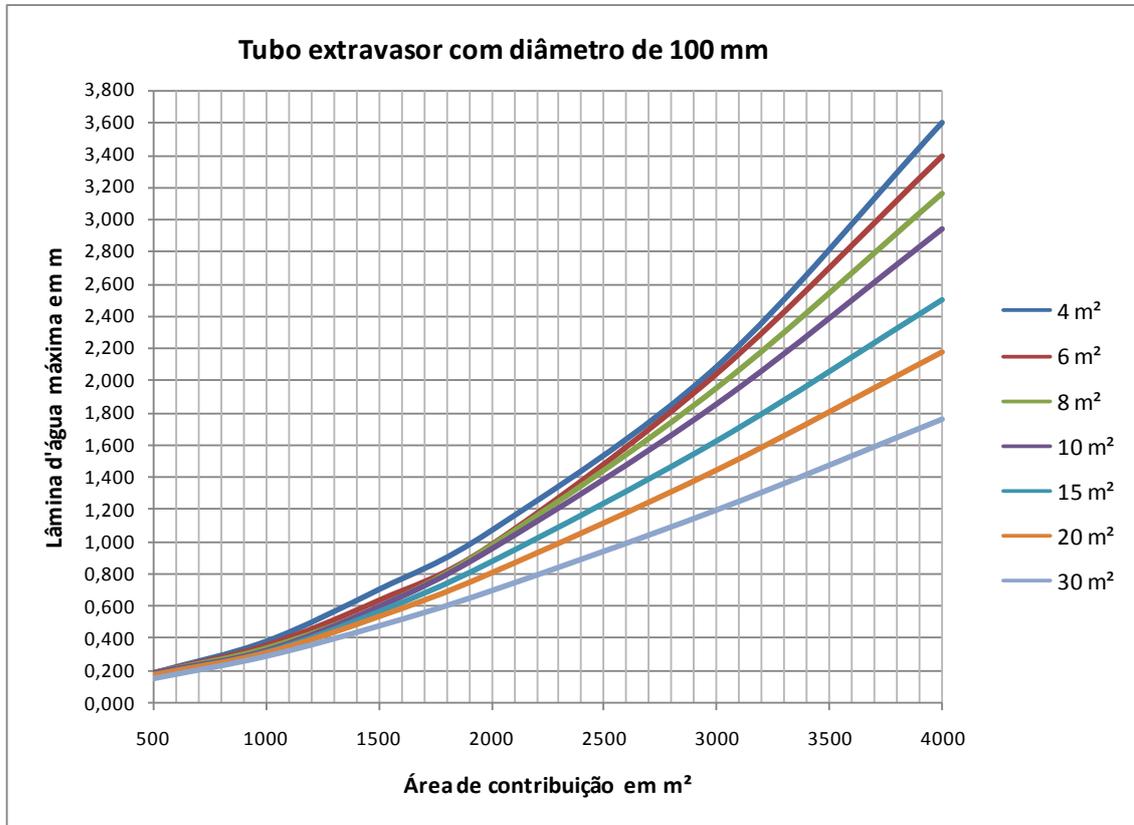
Área de contribuição em m <sup>2</sup>	Superfície horizontal do reservatório						
	2 m <sup>2</sup>	4 m <sup>2</sup>	6 m <sup>2</sup>	8 m <sup>2</sup>	10 m <sup>2</sup>	15 m <sup>2</sup>	20 m <sup>2</sup>
	Lâmina d'água máxima em m						
<b>100</b>	0,140	0,138	0,130	0,121	0,114	0,100	0,090
<b>200</b>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

Figura 16 (A) – Carga hidráulica em tubos extravasores de 50 mm



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

Figura 16 (B) – Carga hidráulica em tubos extravasores de 75 mm



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

Figura 16 (C) – Carga hidráulica em tubos extravasores de 100 mm

### 3.9. Dimensionamento do dispositivo extravasor

O dispositivo extravasor é composto de uma tubulação instalada em em determinada altura do fundo do reservatório e tem a função de liberar gradualmente a água armazenada na estrutura. No gráfico da figura 17 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:

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

Onde:

Q = Vazão de Pico do Lote em l/s;

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

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

Ac = Área de contribuição efetiva do lote em m<sup>2</sup>

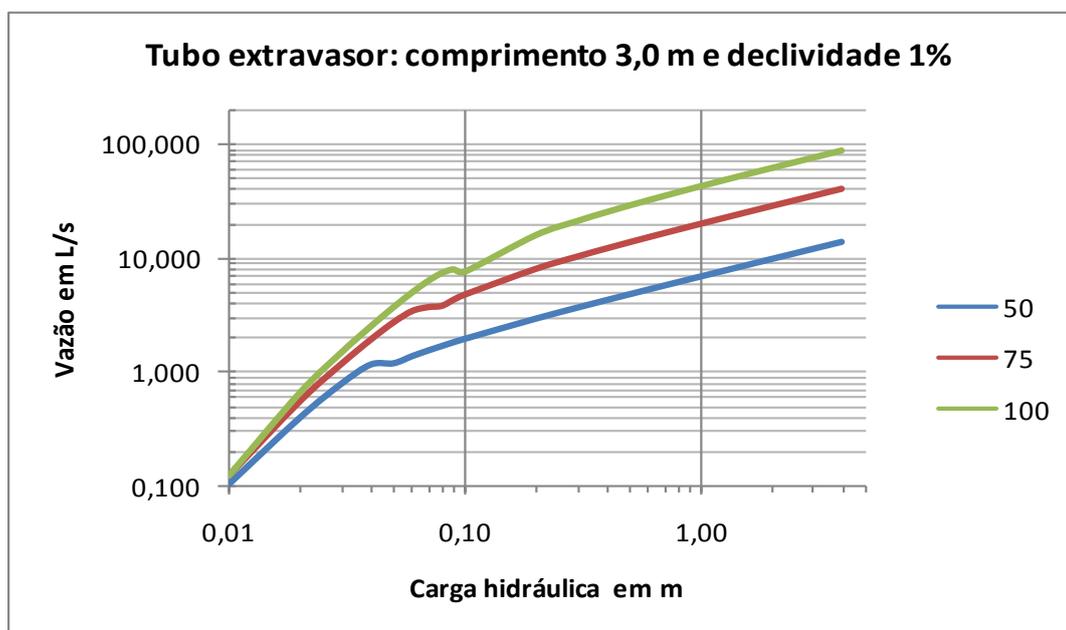


Figura 17 - Vazão do tubo extravasor

### 3.10. 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 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	
<b>Total da Zona Norte</b>		<b>4309,9</b>	

Quadro 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	
<b>Total da Zona Leste/Oeste/Sul</b>		<b>6103,2</b>	<b>3787,2</b>

A definição de quais bacias são abertas ou fechadas se encontra no Quadro 1 (Zona Norte) e Quadro 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).

A estimativa de risco é usualmente baseada na expectativa dos resultados de uma condição de probabilidade da ocorrência do evento multiplicado pela consequência do evento. Os riscos estão associados ao período de retorno. A definição do período de retorno, e conseqüentemente, os riscos associados ao evento chuvoso causam impactos sócio-econômicos e ambientais, onde as medidas estruturais e não-estruturais estão diretamente relacionadas para eliminá-los ou diminuí-los.

Conforme o Plano diretor de Natal, que estabelece como diretriz para atingir os seus objetivos: definição de áreas que deverão ser objetos de tratamento especial, em função de condições de fragilidade ambiental de interesse social (Art. 4º, III).

No mesmo Plano Diretor, no seu artigo 5º, define que a propriedade urbana atende sua função sócio ambiental quando dos direitos decorrentes da propriedade individual não suplantam ou subordinam os interesses coletivos e difusos, devendo satisfazer simultaneamente os seguintes requisitos, além de outros estabelecidos em lei:

I – uso para atividades urbanas, em razão compatível com a capacidade da infraestrutura instalada e suprimento de serviços públicos;

II – aproveitamento e utilização compatíveis com a qualidade do meio ambiente, segurança e saúde dos usuários e propriedades vizinhas.

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

Tabela 11 – 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 12 com os coeficientes de fragilidade definidos para cada Sub-bacia seguindo os critérios estabelecidos na tabela 11

Tabela 12 – 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 Zuriq, 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 Sarmento) 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 Porfíro 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

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

### 4.1) Pré-dimensionamento

- a) Para o dimensionamento definir um poço de infiltração padrão com o diâmetro “D”, profundidade do poço “H” e a revanche de transbordamento “ΔH”
- b) Definir o diâmetro “Φ” do extravasor em função da área de contribuição do lote com base na Tabela 09;
- c) No gráfico da Figura 16A, Figura 16B ou Figura 16C 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 “ $A_{c,poço}$ ”;
- d) 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 12).

#### **4.2) Balanço hidrológico de 30 dias para o poço de infiltração dimensionado**

- a) Para o poço padrão utilizado, com a taxa de infiltração “f” em mm/dia, com coeficiente de deflúvio “C” da sub bacia (Tabela 10), no gráfico correspondente da Figura 14(A), 14(B) ou 14(C) encontra-se a área contribuição efetiva que pode ser atendida por um poço padrão adotado (Figuras 18, 19 e 20).
- 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 14(A), 14 (B) ou 14 (C), utilizando a fórmula abaixo temos a quantidade de poços padrão necessária:

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

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 de contribuição para cada poço de infiltração padrão;

k é o coeficiente de fragilidade da sub-bacia considerada (Tabela 12).

- c) Comparando-se o número de poços encontrados na situação 4.1 (pré dimensionamento) com o número de poços encontrados na situação 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.

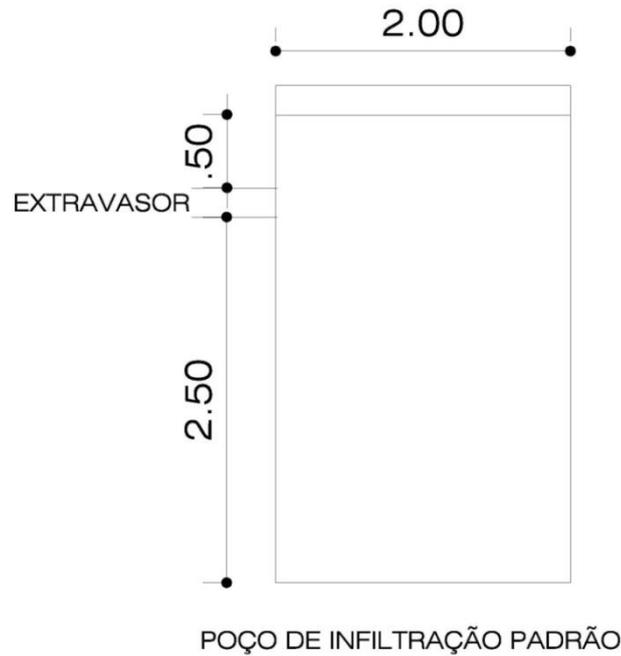


Figura 18 - Poço de infiltração circular padrão D=2,00m e H=2,50m.

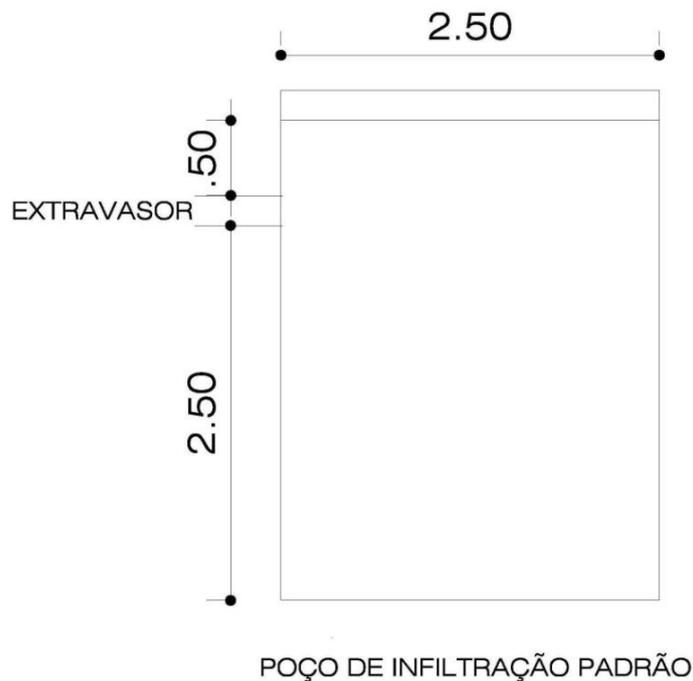


Figura 19 - Poço de infiltração circular padrão D=2,50m e H=2,50m.

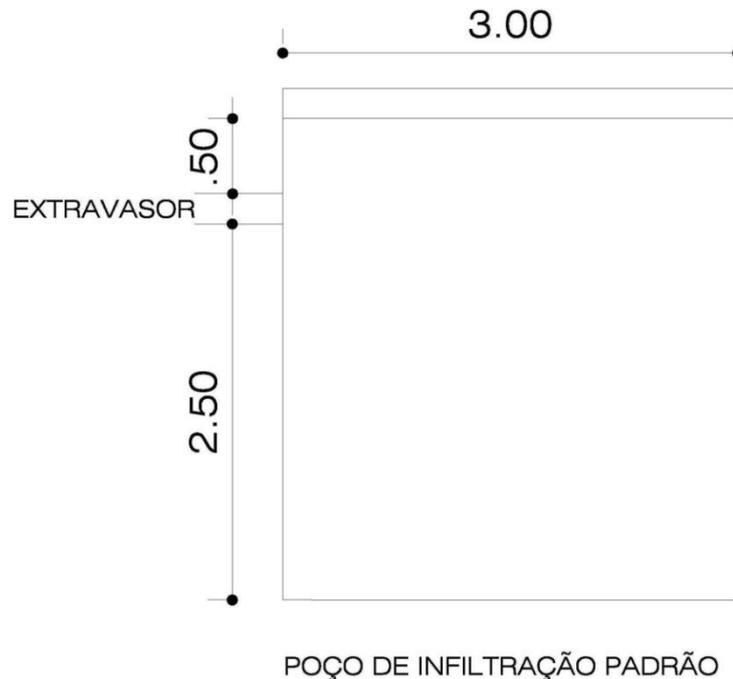


Figura 20 - Poço de infiltração circular padrão D=3,00m e H=2,50m.

## 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).

O Plano Diretor Urbanístico de Natal prever que:

- Os imóveis objetos de aplicação do direito de preempção deverão, obrigatoriamente, ser oferecidos primeiramente ao Município, em caso de alienação onerosa de seu domínio (Art. 76); e
- São passíveis da aplicação do direito de preempção todos os imóveis, edificados ou não, localizados em glebas ou imóveis do município e em outras áreas, identificadas em planos setoriais, quando consideradas necessárias ao poder público, sendo para o uso e destinação para a implantação de equipamentos urbanos de drenagem (Art. 78 IV).

As tabelas 13, 14, 15 e 16 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 13 – Áreas a serem submetidas aos instrumentos do Plano Diretor de Natal  
Zona Norte

<b>ZONA NORTE</b>						
<b>PTO.</b>	<b>NOME</b>	<b>BAIRRO</b>	<b>X</b>	<b>Y</b>	<b>SUB-BACIA</b>	<b>ÁREA (m<sup>2</sup>)</b>
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 14 – Áreas a serem submetidas aos instrumentos do Plano Diretor de Natal  
Zona Oeste

<b>ZONA OESTE</b>						
<b>PTO.</b>	<b>NOME</b>	<b>BAIRRO</b>	<b>X</b>	<b>Y</b>	<b>SUB-BACIA</b>	<b>ÁREA (m<sup>2</sup>)</b>
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 15 – Áreas a serem submetidas aos instrumentos do Plano Diretor de Natal  
Zona Leste

<b>ZONA LESTE</b>						
<b>PTO.</b>	<b>NOME</b>	<b>BAIRRO</b>	<b>X</b>	<b>Y</b>	<b>SUB-BACIA</b>	<b>ÁREA (m<sup>2</sup>)</b>
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 16 – Áreas a serem submetidas aos instrumentos do Plano Diretor de Natal - Zona Sul

<b>ZONA SUL</b>						
<b>PTO.</b>	<b>NOME</b>	<b>BAIRRO</b>	<b>X</b>	<b>Y</b>	<b>SUB-BACIA</b>	<b>ÁREA (m<sup>2</sup>)</b>
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

## 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 detenção 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.

## 7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- 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.
- 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.
- MINISTÉRIO DAS CIDADES (2006). Programa Drenagem Urbana Sustentável: Manual para Apresentação de Propostas, Cidades, Brasília.
- PREFEITURA DO NATAL (1977). Plano Diretor de Drenagem do Natal. Natal: SEMPLA: Acquaplan.
- 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.
- RIO GRANDE DO NORTE (2007). Plano de Desenvolvimento Estratégico da RMN. Natal: FADE/UFRN.
- SECRETARIA MUNICIPAL DE URBANISMO. PREFEITURA DO NATAL (2005) ANUÁRIO 2005, com base nos dados da SEMOV de 2004, p.92
- SECRETARIA MUNICIPAL DE URBANISMO. PREFEITURA DO NATAL (2007). Anuário Natal 2006. Natal: SEMURB
- 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, C.E. M et al. (1995). Drenagem Urbana. ABRH/Editora, Porto Alegre.

# ANEXOS

## MAPAS DAS ÁREAS A SEREM SUBMETIDAS AOS INSTRUMENTOS DO PLANO DIRETOR DE NATAL/RN