GOVERNO DO ESTADO
RIO GRANDE DO SUL
SECRETARIA DE DESENVOLVIMENTO URBANO E METROPOLITANO

coletivo de projetos

Projeto Urbanístico Integrado
Território Rubem Berta - Porto Alegre - RS

Memorial Descritivo . Drenagem

Projeto Executivo - R02

Março . 2026

coletivo
de projetos

GOVERNO DO ESTADO
RIO GRANDE DO SUL
SECRETARIA DE DESENVOLVIMENTO
URBANO E METROPOLITANO

sumário

ficha técnica 03

introdução 04

parte 1 . TERMOS E DEFINIÇÕES 05

parte 2 . OBJETIVO 06

parte 3 . PROJETO URBANO INTEGRADO RUBEM BERTA 07

parte 4 . BASES, ESTRATÉGIAS E PREMISSAS 09

parte 5 . DRENAGEM DOS TERRENOS 11

parte 6 . TERRENOS E MEMÓRIA DE CÁLCULO

TERRENO A 16
TERRENO B 23
TERRENO C 30
TERRENO D 37
TERRENO E 44

BIBLIOGRAFIA 52

coletivo
de projetos

GOVERNO DO ESTADO
RIO GRANDE DO SUL
SECRETARIA DE DESENVOLVIMENTO
URBANO E METROPOLITANO

ficha técnica

CONTRATADA:
COLETIVO DE PROJETOS

AUTORES E RESPONSÁVEIS TÉCNICOS:

FABIANO JOSÉ ARCADIO SOBREIRA
Arquiteto e Urbanista - CAU A24308-6
Coletivo de Projetos - Responsável Técnico e Coordenador Geral

PAULO VICTOR BORGES RIBEIRO
Arquiteto e Urbanista - CAU A96468-9
Coletivo de Projetos - Responsável Técnico e Coordenador Geral

CONSULTORIA:

ELEN ALLIARDI
Engenheira Civil - CREA RS 220270
Elen Alliardi Engenharia - Consultora Técnica

COLABORADORES:
Arquitetos e Urbanistas:
Lucas Sousa (supervisão), Lara Magalhães e Rebeca Pessoa

Estudantes de Arquitetura e Urbanismo:
Ana Carolina Martins, Anna Montandon, Bernardo Lopes, Ducarmo Carvalho e João de Sousa

introdução

Trata-se de **Memorial Descritivo de Drenagem dos terrenos** do **Projeto Urbanístico Integrado no Território Rubem Berta** (Porto Alegre/RS), que reúne as informações relativas à etapa de **Projeto Executivo**. O projeto foi escolhido por meio de um **Concurso Público Nacional de Projetos** promovido pelo Governo do Rio Grande do Sul e organizado pelo Instituto de Arquitetos do Brasil, departamento RS.

1. TERMOS E DEFINIÇÕES

ALA DISSIPADORA: É um dispositivo que reduz a energia cinética da água, diminuindo a velocidade e o impacto do fluxo. Isso é crucial para prevenir erosão e danos em estruturas e áreas adjacentes;

BACIAS DE AMORTECIMENTO: são reservatórios desenvolvidos para armazenar temporariamente a água das chuvas, liberadas gradualmente;

CHUVA DE PROJETO: Refere-se a uma precipitação modelada para dimensionamento de estruturas hidráulicas;

DURAÇÃO: A duração da chuva de projeto é o período de tempo em que a chuva de intensidade máxima ocorre;

GALERIAS: São as tubulações destinadas ao transporte das águas captadas nos bueiros até os pontos de lançamento, em rios e córregos;

GUIA OU MEIO-FIO: É a faixa longitudinal que separa o passeio da rua;

INTENSIDADE: A intensidade da chuva de projeto (mm/h) é a quantidade de chuva que cai em um determinado período de tempo;

POÇOS DE VISITA: São câmaras fixadas em pontos da rede previamente estabelecidos, destinados a permitir a checagem e limpeza dos condutos subterrâneos;

PRECIPITAÇÃO: Toda água que provém do meio atmosférico e atinge a superfície da bacia. Neste trabalho considera-se precipitação como sinônimo de chuva.

TEMPO DE RETORNO (**TR**): O tempo de retorno (T) representa o período médio, em anos, em que um evento de chuva de certa magnitude é igualado ou superado, pelo menos uma vez. A chuva de projeto é geralmente definida para um tempo de retorno específico, que pode variar dependendo do tipo de estrutura e do risco aceitável;

TRECHO DE GALERIA: É a parte da galeria situada entre dois poços de visita consecutivos;

VAZÃO DE PROJETO: A vazão de projeto é a vazão máxima que a estrutura hidráulica deve ser capaz de suportar, considerando a chuva de projeto.

2. OBJETIVO

O presente documento apresenta as informações para a definição e distribuição dos elementos de drenagem pluvial nas cinco praças que compõem o **Projeto Urbano Integrado para Rubem Berta**, visando ao manejo das águas na área interna das praças de intervenção do bairro na cidade de Porto Alegre.

Os dispositivos de drenagem pluvial foram definidos e distribuídos para atender à área do **PUI Rubem Berta**, com base nas informações fornecidas e nos levantamentos planialtimétricos realizados em 2025, conforme detalhado ao longo do desenvolvimento do projeto e com base no pacote de trabalho de **Serviços Preliminares,** etapa 1 do contrato.

Este memorial descritivo abrange os desenhos do Projeto Executivo de Drenagem Pluvial, contemplando: Sistema de drenagem pluvial dos terrenos, especificados nos desenhos:

- RSSEGURO-SEDUR-POA-RUBEMBERTA-A-DRN-PE-0101-R00
- RSSEGURO-SEDUR-POA-RUBEMBERTA-B-DRN-PE-0101-R00
- RSSEGURO-SEDUR-POA-RUBEMBERTA-C-DRN-PE-0101-R00
- RSSEGURO-SEDUR-POA-RUBEMBERTA-D-DRN-PE-0101-R00
- RSSEGURO-SEDUR-POA-RUBEMBERTA-E-DRN-PE-0101-R00

3. PROJETO URBANO INTEGRADO RUBEM BERTA

Projeto Urbanístico Integrado no território Rubem Berta - Porto Alegre-RS conforme contrato nº 003/2025 FPE nº 2025/021078.

Projeto de urbanização e qualificação de espaços e equipamentos públicos comunitários em seis áreas no território Rubem Berta no Município de Porto Alegre:

Terreno A: Praça Major Rubem Berta;

Terreno B: Área DEMHAB atrás do Núcleo 18;

Terreno C1: Área Praça Domenico Feoli;
Terreno C2: Campinho Domenico Feoli, Terreno;

Terreno D: Praça do Povo Palestino;

Terreno E: Campo do Safira.

com proposição de melhorias viárias e infraestruturas do entorno e da implantação de praças com áreas verdes e espaços de uso coletivo, além de áreas cobertas e edificadas de apoio, contemplando atividades de cultura, de lazer, esportivas e comunitárias. Projeto decorrente do edital do Concurso Público Nacional de Arquitetura e Urbanismo para Projeto Urbanístico Integrado – PUI no território Rubem Berta, em Porto Alegre, RS promovido pelo Governo do Estado do Rio Grande do Sul, por meio da Secretaria Estadual de Desenvolvimento Urbano – SEDUR e do Programa RS Seguro, vinculado ao Gabinete do Governador, em parceria com o Instituto de Arquitetos do Brasil, Departamento Rio Grande do Sul – IAB RS.



Figura 1 - Localização das áreas no Bairro Rubem Berta
Fonte – Coletivo de Projetos (2025)

4. BASES, ESTRATÉGIAS E PREMISSAS

O projeto executivo de drenagem pluvial das praças visa mitigar a sobrecarga das redes de esgoto pluvial existentes, conforme mapas disponíveis no sítio da **Prefeitura de Porto Alegre** e **Secretaria de Meio Ambiente, Urbanismo e Sustentabilidade**, e retenção desses volumes e sistemas de infiltração em **Soluções Baseada na Natureza (SBN)**.

O projeto de drenagem pluvial das praças tem como objetivo mitigar a sobrecarga das redes de esgoto pluvial existentes. Com base nos mapas disponíveis no sítio da **Prefeitura de Porto Alegre** e da **Secretaria de Meio Ambiente, Urbanismo e Sustentabilidade**, foram estruturados sistemas de drenagem convencionais e outros sistemas de infiltração em **Soluções Baseada na Natureza (SBN)**.

Portanto, visando colaborar com estratégias que amortizem a sobrecarga, tendo em vista que a configuração atual dos territórios das praças e ausência de estratégias de retenção e infiltração. Com isso, foi pensado como estratégia, distribuir, reter e infiltrar os volumes de água proveniente das precipitações de forma harmônica com o ambiente antes de serem depositadas diretamente nas redes públicas de esgoto pluvial.

EROSÃO E RISCOS DE INUNDAÇÃO

Grande parte dos espaços de intervenção são caracterizados por **aclives** e **declives acentuados**, em que a **baixa permeabilidade do solo**, a **ausência de elementos de drenagem** e a **obstrução dos caminhos naturais das águas** aumentam a **erosão** e os **riscos de inundação nas áreas de baixada**.

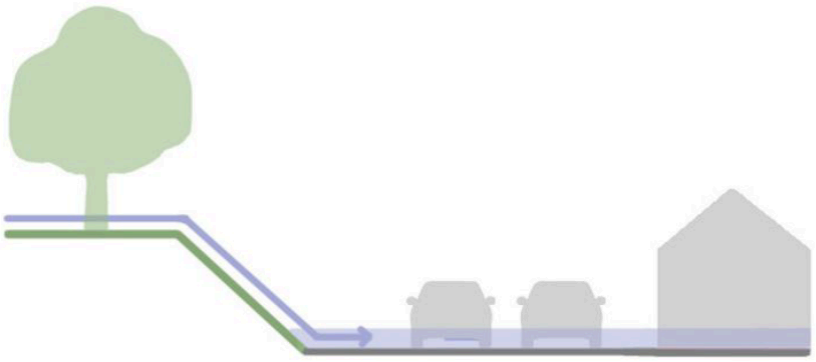


Figura 2 - Diagrama da situação atual das águas nos terrenos.
Fonte – Coletivo de Projetos (2025)

SOLUÇÕES BASEADAS NA NATUREZA

Propõe-se utilizar **soluções baseadas na natureza** como recursos para a **gestão sustentável das águas pluviais**: criação de **patamares de amortecimento**; **jardins de chuva** e **arborização** com espécies nativas que contribuem para o **sistema de drenagem natural**.

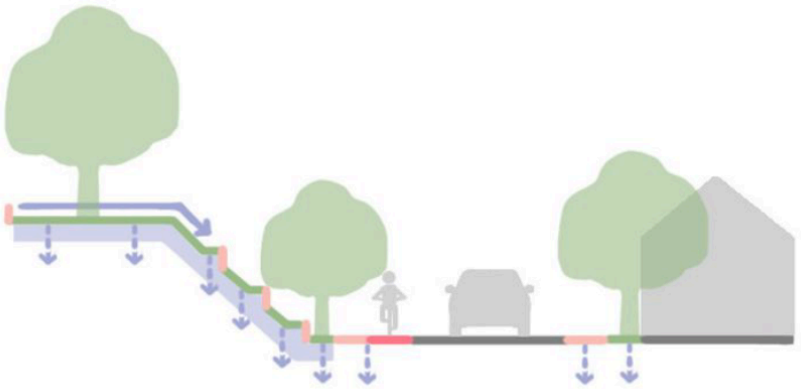


Figura 3 - Diagrama das estratégias de retenção das águas nos terrenos.
Fonte – Coletivo de Projetos (2025)

Na primeira imagem, demonstra-se a situação atual e os riscos, em especial para as habitações que se encontram na parte baixa dos terrenos em precipitações de grandes índices pluviométricos e a sobrecarga das redes existentes. Na segunda, uma síntese das estratégias SBN, como canteiros de chuva, bancos e contenções e aumento de áreas permeáveis. Além disso, foram utilizadas estratégias de drenagem convencionais, associadas a soluções passivas como colchões de brita ao longo das tubulações PEAD. Aumentando a capacidade de infiltração das águas pluviais nos terrenos e amortizando a sobrecarga das redes públicas de esgoto pluvial.

Além disso, buscou-se minimizar a utilização de tubos de grande diâmetro e maiores a DN 600mm para futura manutenção e limpeza, bem como reduzir a quantidade de caixas e outros elementos estruturais, otimizando as interligações entre os dispositivos e respeitando a lógica de distribuição adotada.

Descrição das Áreas

O PUI Rubem Berta é composto por cinco áreas de intervenção, com características urbanas, paisagísticas e topográficas distintas, conforme descrito a seguir.

5. DRENAGEM DE TERRENOS

5.1 RESERVATÓRIOS DE AMORTECIMENTO

Para o projeto executivo de drenagem dos terrenos, foi utilizado o levantamento topográfico elaborado para a primeira Etapa dos Serviços Preliminares do contrato, realizado em junho de 2025.

Os reservatórios de amortecimento, são estruturas de acumulação temporária das águas de chuva, que contribuem para a redução das inundações urbanas.

Estas estruturas apresentam como principal função o amortecimento das ondas de cheias e a redução das inundações urbanas, elas podem também proporcionar a captação de sedimentos e detritos, assim como a recuperação da qualidade das águas dos córregos e rios urbanos.

O reservatório de detenção é lentamente esvaziado por meio do descarregador de fundo.

Foram projetadas quadras e áreas de parque em cotas mais baixas, destinadas ao armazenamento temporário das águas pluviais. A água de escoamento superficial será armazenada e liberada gradualmente, o que aumenta a eficiência do sistema de microdrenagem, especialmente nos períodos de pico das enxurradas.

As bacias de contenção foram projetadas com um sistema de drenagem tipo “espinha de peixe”, composto por:

- Grama natural
- Camada filtrante de solo;
- Brita
- Geotêxtil não tecido
- Tubo corrugado de PEAD (Polietileno de Alta Densidade) DN 170mm (Dreno).

O escoamento será feito com declividade 0,5% até um poço de visita, sendo posteriormente encaminhado às redes de esgoto pluvial existentes em todos os terrenos conforme levantamento e dados oficiais disponíveis.

5.2 INSTALAÇÃO DO SISTEMA DE DRENO “ESPINHA DE PEIXE”

Serão escavadas valetas com 0,6m de largura e 0,6m de profundidade. O geotêxtil não tecido será colocado envolvendo o fundo e as paredes da valeta. Em seguida, será inserida brita.

Posteriormente, será instalado o tubo corrugado DN 170m com declividade 0,5% até uma união tipo “Y” formando o sistema de drenagem. A vala será recoberta com brita,

novamente envolvida pelo geotêxtil não tecido, e por cima, será aplicada uma camada de areia, seguida de solo natural e grama.

5.2.1 MANUTENÇÃO/LIMPEZA

A profundidade reduzida dos reservatórios permite a atuação de pequenos caminhões e escavadeiras em operações de limpeza. A manutenção deve ser periódica, especialmente após eventos de chuvas intensas

5.2.2 FLEXIBILIDADE DE DESENHO

Os reservatórios de detenção são soluções que podem ser projetadas de forma adaptável conforme as características topográficas e urbanísticas do local.

5.2.3 JUSTIFICATIVA DO SISTEMA

O sistema convencional de drenagem adotado na maioria dos estádios brasileiros consiste em um dreno envolto a um geotêxtil e recoberto com brita. Sendo uma técnica consagrada para drenagem subsuperficial em coberturas permeáveis.

O colchão drenante localizado abaixo da camada de topsoil, é composto por brita envolvida por geotêxtil. A permeabilidade do sistema é determinada por meio da lei de Darcy. Será utilizada a brita 1, cuja condutibilidade hidráulica da brita, segundo o Manual de Drenagem de Rodovias do DNIT (2006) é de 15 cm/s. O gradiente hidráulico é de 1%. A área é 0,3m², (camada de 30 cm de altura e 1 m de largura), a vazão do colchão drenante é de 0,045 m³/s ou 45 L/s.

QUALIDADE DA GRAMA

Todas as camadas do sistema de drenagem têm importância fundamental, inclusive a grama, que deve permitir adequado escoamento superficial e evitar a formação de poças. A grama deve ser bem cuidada e nutrida, pois sua má manutenção aumenta a infiltração da água no solo.

A altura da grama também influencia na infiltração e percolação. Cada espécie possui um grau de tolerância à umidade. Será utilizada a grama-esmeralda (Zoysia japonica), espécie muito usada em campos de futebol amador, com folhas macias, resistência ao pisoteio e adaptabilidade a solos alcalinos, ácidos, argilosos e arenosos. Seu crescimento lento reduz a frequência de cortes.

5.2.4 CARACTERÍSTICAS DOS DRENOS

Uma declividade de 2% é evidenciada na maioria das superfícies de áreas desportivas, mas uma declividade de 1% é aceitável para campos onde o solo é da própria região, dadas as considerações de “jogabilidade”. Para solo local, é imperativo alcançar uma declividade de 1% do centro para as laterais. No centro do campo deve existir uma superfície horizontal de 23 a 43 centímetros dependendo da largura do campo.

Se a drenagem for construída por trincheiras drenantes, existem os tubos drenos, localizados dentro dessas trincheiras, que ficam logo abaixo do topsoil, e toda água que infiltra nele chega nos tubos, e estes fazem a dispersão da água para outros locais

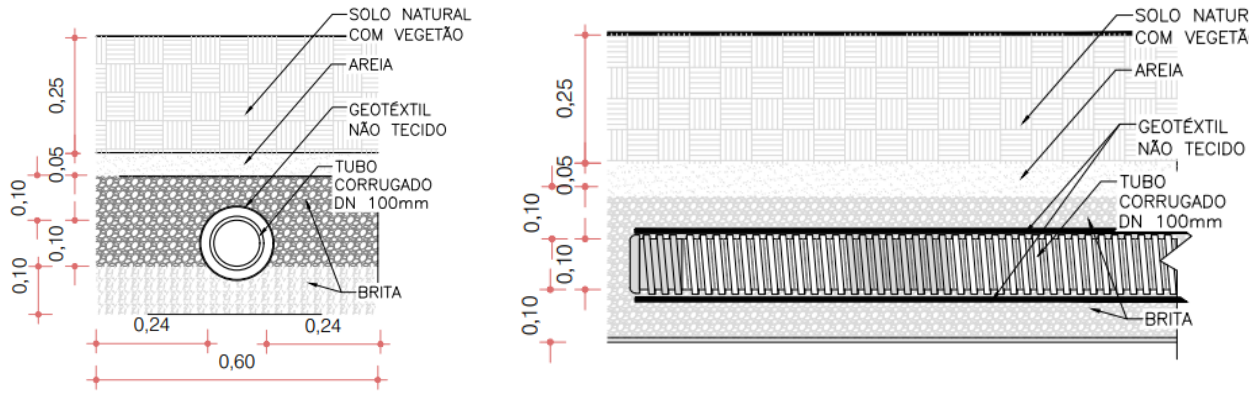


Figura 4 - Drenagem subsuperficial
Fonte – Coletivo de Projetos (2025)

5.2.5 DRENOS ESPINHAS DE PEIXE

Drenos do tipo “espinha de peixe” são tubos dispostos obliquamente em relação ao eixo do terreno, comuns em grandes áreas e com profundidade média de 30 cm.

Os drenos tubulares são os mais utilizados para controle do lençol freático. Para sua instalação, escavam-se valas que permitam acomodar os tubos e o material filtrante adequadamente.

• **DRENOS COLETORES:** que coletam a água recebida pelos drenos de campo e as conduzem ao dreno principal; DN 100mm

• **DRENO PRINCIPAL:** recebe toda água e a transporta até a saída. DN 170mm

5.2.6 CARACTERÍSTICAS DOS FILTROS

Filtros são essenciais para a operação dos drenos tubulares, pois facilitam a entrada da água e impedem a entrada de partículas sólidas, que poderiam entupir os tubos.

O filtro deve envolver completamente o tubo, sem contato direto com o solo. Deve haver uma camada de material poroso na base da vala escavada, sobre a qual o tubo é assentado e recoberto.

A espessura mínima do filtro deve ser de 10 cm. O aumento da espessura reduz a velocidade de infiltração e o transporte de sedimentos. Idealmente, 85% do material filtrante água.

5.3 DESÁGUE NA VALETA DE DRENAGEM EXISTENTE

Para evitar o refluxo do córrego em direção ao terrenos foi implementada uma válvula de retenção tipo “bico de pato” na Ala dissipadora. Existente apenas no Terreno E, Campo do Safira.

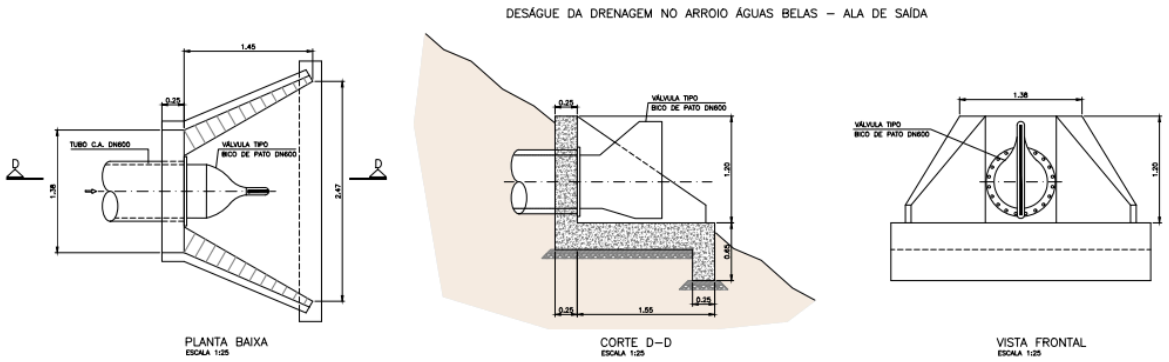


Figura 5 - Ala dissipadora e válvula de retenção
Fonte – Coletivo de Projetos (2025)

As válvulas de retenção são projetadas para instalação em linhas de tubulação, como bueiros, emissários, abóbadas, onde o emissário invertido do tubo está próximo ao fundo do bueiro ou emissário. Conta com um design de “baixa inclinação”. Construída em Neoprene e elastômeros.

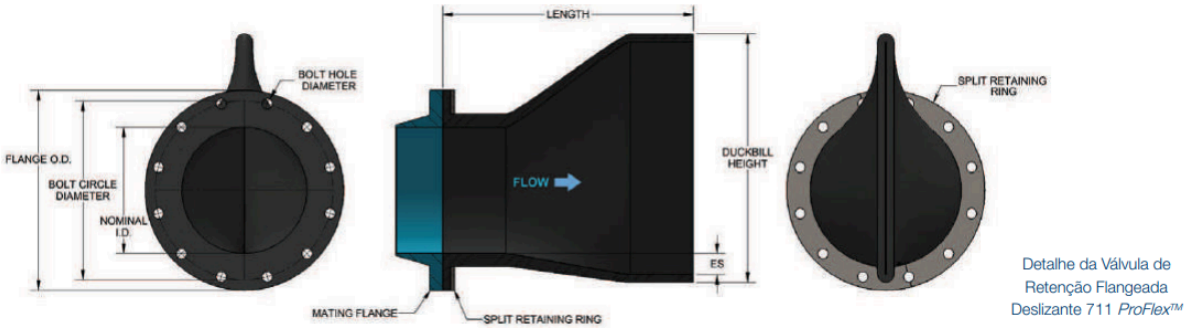


Figura 6 - válvula de retenção
Fonte – Catálogo fabricante (2025)

6 . TERRENOS E MEMÓRIA DE CÁLCULO

Terreno A

O Terreno A se refere à Praça Major Rubem Berta. Trata-se de área com aproximadamente 11.725,14 m^2, delimitada pela Rua Madre Teresa de Calcutá na porção mais baixa, com vegetação de grande porte existente que será preservada em grande maioria, o que orientou as premissas do projeto de terraplenagem. Conforme detalhamento no levantamento planialtimétrico realizado, observa-se que do ponto mais baixo (nível 31.30) até o mais alto (nível 40.50) são aproximadamente 9 metros de desnível. Apesar da variação, grande parte do terreno é relativamente plana (em torno do nível 36.75), que corresponde ao campo de futebol existente.

Os principais objetivos do projeto de terraplenagem neste terreno são: (1) rebaixamento do campo de futebol (do nível 36.75 para o nível 35,40, em média), a fim de implantar arquibancadas rebaixadas, que não se configurem como barreiras visuais em relação ao entorno e ao mesmo tempo cria-se uma bacia natural de retenção de águas pluviais, conforme projeto de Drenagem; (2) criação de platô para acomodar o pavilhão comunitário; (3) acomodação das calçadas e equipamentos diversos; (4) criação de canteiros escalonados com jardins de chuva na esquina norte do terreno, tanto como elemento de composição paisagística quanto como recurso de contenção de águas pluviais. De maneira geral as transições são resolvidas com taludes ou pequenas contenções, conforme indicações em projeto.

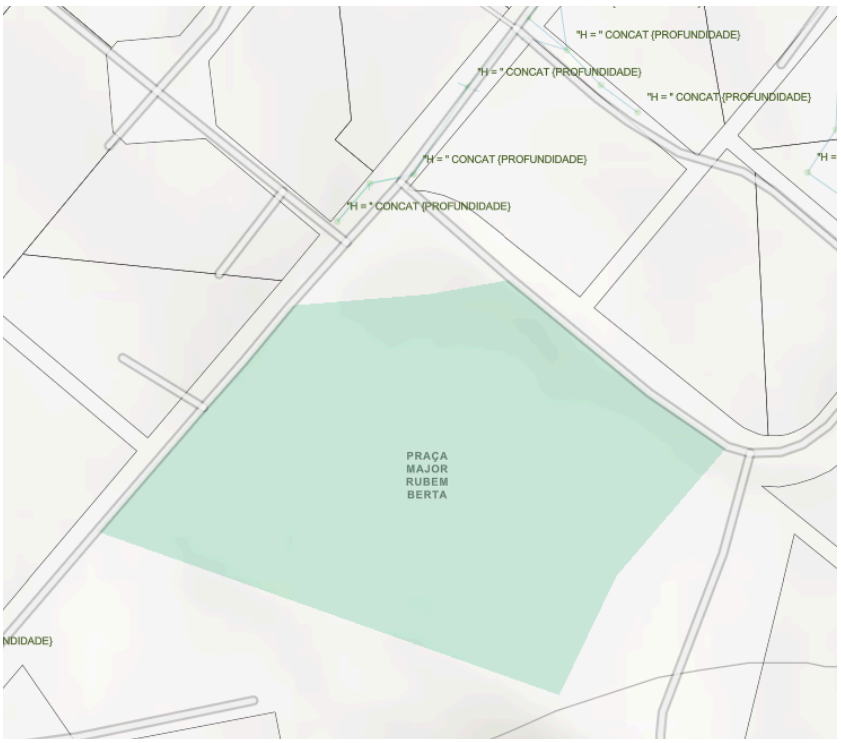


Figura 7 - Terreno A - Praça Major Rubem Berta
Fonte – Prefeitura de Porto Alegre, editado por Coletivo de Projetos (2025)

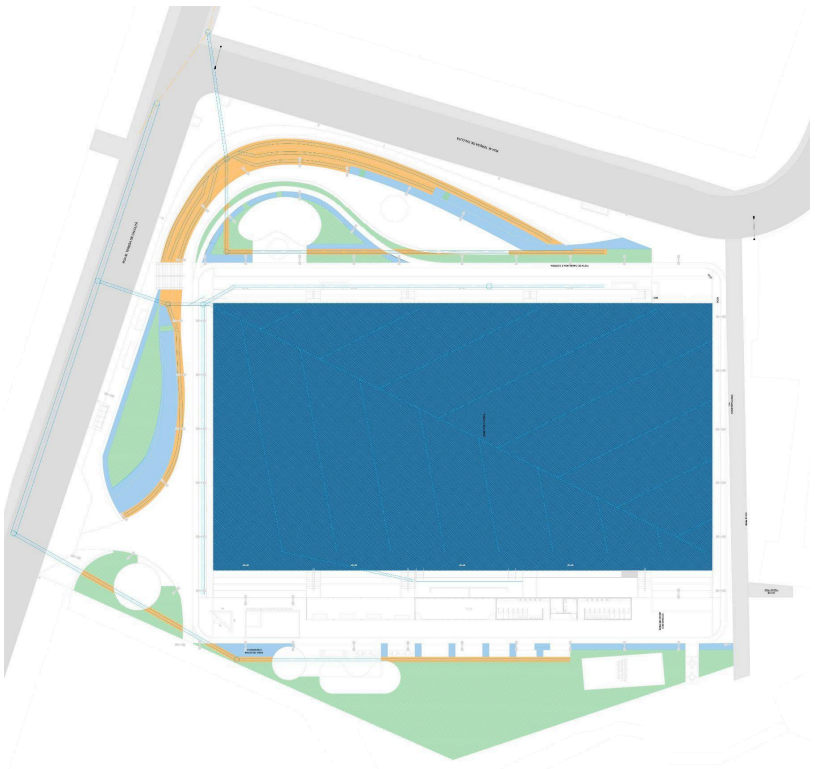


Figura 8 - Terreno A - Praça Major Rubem Berta
Fonte – Prefeitura de Porto Alegre, editado por Coletivo de Projetos (2025)

Memorial de Cálculo Projeto de Drenagem
Terreno A - Praça Major Rubem Berta

1. Dimensionamento da Bacia de Detenção

Área: 12.292,17m² ou 1,23 ha

Equação IDF: Posto Aeroporto

$$i_{max} = \frac{826{,}8 \cdot Tr^{0{,}143}}{(td+13{,}3)^{0{,}79}}$$

Onde:

imáx: intensidade máxima de chuva (mm/h);

Tr: período de retorno (anos) – 5 anos;

td: tempo de duração da chuva, que deve ser igual ao tempo de concentração da bacia contribuinte (minutos) – 5 minutos.

Como área de contribuição inferior a 200ha empregamos cálculo de vazão através do Método Racional

$$Qp = 2{,}78 \cdot C \cdot i_{max} \cdot A$$

C - Coeficiente de escoamento superficial 0,6.

$$Qp = 2{,}78 \cdot 0{,}6 \cdot 104{,}72 \cdot 1{,}23 = 214{,}84\ l/s\ \ ou\ 0{,}21 m^3/s$$

Volume da Bacia

$$V = Qp \cdot tc$$

Tc- tempo de concentração da bacia (s);

Adota-se tc = 10 minutos = 600 segundos, temos então:

$$V = 0{,}21 \cdot 600 = 126\ m^3$$

Em projeto é disponibilizada uma área de 4.555,4m² e altura possível de lâmina d'água de 0,45m (considerando folga de 10% na altura final). A altura requerida pelo volume calculado seria de 3 cm, portanto a bacia atende com grande folga.

2. Dimensionamento Hidráulico das Redes

O dimensionamento foi realizado desconsiderando os jardins de chuva e reservação da bacia visando identificar os diâmetros para o caso crítico.

O dimensionamento hidráulico dos coletores foi efetuado pela expressão de Manning, onde a vazão é dada por:

$$Q = S \cdot K \cdot Rh^{2/3} \bullet I^{1/2}$$

Sendo:

Q = capacidade de vazão da canalização em m3/s;
K = coeficiente de rugosidade (75 = concreto liso);
S = seção da canalização em m2;
Rh= raio hidráulico;
I = declividade da rede em m/m.
A velocidade máxima admitida foi de 5,0 m/s e o mínimo de 0,80 m/s.

Determinação dos diâmetros e fator hidráulico

A determinação dos diâmetros das foram efetuados utilizando os métodos supracitados com auxílio de iterações para determinação das dimensões. Utilizou-se, através de processamento computacional, planilhas de dimensionamento hidráulico descritas.

Diâmetro

$$D = 1,5483 \cdot \left(\frac{Q \cdot n}{I^{1/2}} \right)^{3/8}$$

Onde:

D – diâmetro da tubulação (m)
Q – vazão no trecho (m^3/s)
n – coeficiente de Manning
I – inclinação (m/m)

Fator Hidráulico
Fator hidráulico para determinação da lâmina d'água

$$FH = \frac{Q \cdot n}{D^{8/3} \bullet I^{1/2}}$$

FH – Fator hidráulico
Q – vazão no trecho (m^3/s)
n – coeficiente de Manning

D – diâmetro da tubulação (m)
I – inclinação (m/m)

PLANILHA DE DIMENSIONAMENTO HIDRÁULICO
Projeto: Praça A - Rubem Berta
Posto Pluviográfico: Aeroporto POA — Tr (anos) 5 — C 0,6 — n= 0,013

Praça	Trecho		L (m)	Área (há)		Cota do Greide		I trecho (m/m)	tc (min)	imáx (mm/h)	Qproj (m³/s)	I rede (m/m)	Dcalc. (m)	Dadot. (m)	Fh	Rh/D	h/D	Rh	v (m/s)	Tp (min)
				Trecho	Acum.	Mont.	Jus.													
A	PV-A	PV-B	43,85	0,22	0,22	37,00	35,50	0,034	5,00	104,72	0,04	0,034	0,17	0,20	0,1973	0,270	57%	0,05	2,03	0,36
	PV-B	PV-E	49,25	0,00	0,22	35,50	33	0,051	5,36	103,12	0,04	0,051	0,16	0,30	0,0541	0,161	28%	0,05	2,30	0,36
	PV-C	PV-D	6,50	0,74	0,74	35,85	35,5	0,054	5,00	104,72	0,13	0,054	0,24	0,30	0,1792	0,262	54%	0,08	3,28	0,03
	PV-D	PV-E	13,70	0,09	0,83	35,50	33	0,182	5,03	104,57	0,15	0,100	0,23	0,30	0,1479	0,244	48%	0,07	4,25	0,05
	PV-E	PVE-1	34,70	0,00	1,05	33,00	31,5	0,043	5,41	102,89	0,18	0,043	0,29	0,40	0,1300	0,233	45%	0,09	3,29	0,18
	PV-F	PV-G	17,20	0,09	0,09	35,70	32,75	0,172	5,00	104,72	0,02	0,172	0,09	0,20	0,0354	0,131	22%	0,03	2,81	0,10
	PV-G	PVE-2	23,70	0,09	0,18	32,75	31	0,074	5,10	104,26	0,03	0,074	0,13	0,30	0,0368	0,136	23%	0,04	2,48	0,16

3. Dimensionamento Hidráulico do Volume de Preenchimento

Vazão afluente calculada pelo Método Racional deve ser majorada.

$$Qa = A{\cdot}m{\cdot}C.(I - Qr)$$

Onde:

Qa = Vazão afluente (L/s);
A = área de contribuição (ha);
m = coeficiente de majoração 1,25;
C = coeficiente de escoamento superficial 0,6;
I = intensidade da chuva, calculada pela equação IDF Posto Aeroporto (L/s.ha);
Qr = vazão de regulamentação – 20,8 l/s.ha conforme Plano Diretor de Drenagem Urbana de Porto Alegre/RS

$$Qa = 1,23{\cdot}1,25{\cdot}0,6{\cdot}(290,88 - 20,8) = 249,15\ l/s$$

Parte da vazão de saída se dará por infiltração no solo, temos então:

$$Qei = 1000{\cdot}k{\cdot}Ainf{\cdot}Cs$$

Onde:

Qei = vazão efluente infiltrada (L/s);
k = coeficiente de permeabilidade do solo saturado (m/s) – argila siltosa 10^{-7};
Ainf = área de infiltração (m2);
Cs = coeficiente de segurança de redução do coeficiente de permeabilidade 0,5.

$$Qei = 1000{\cdot}10^{-7}{\cdot}7024{\cdot}0,5 = 0,35\ l/s$$

Volume Afluente e Volume de Infiltração

$$Va = Qa{\cdot}td$$

$$Vi = Qei{\cdot}td$$

Volume de preenchimento

$$Vp = \frac{(Va - Vi)}{P}$$

P = porosidade do material granular – brita nº1 40%

$$Vp = \frac{((249{,}15 \cdot 300) - (0{,}35 * 300))}{0{,}4} = 186600\ l\ ou\ 186,6 m^3$$

Volume de armazenamento dos jardins drenantes

Área de armazenamento drenos = 381 m²

Altura média da camada granular = 0,6m

Volume de armazenamento = 228,6 m³

Portanto, o volume de preenchimento é atendido com folga, além do fato de foi considerada apenas a área de abrangência dos drenos e não a área total dos jardins.

4. Determinação Vazão nos Drenos

Equação de Darcy

$$Q = K \cdot As \cdot I$$

Onde:

Q- vazão por metro linear (m3/s/m)

K - coeficiente de permeabilidade (m/s);

As - área da seção normal à direção do fluxo (m2);

I - gradiente hidráulico (m/m)

Tipo de material	granulometria (cm)	K (cm/s)
Brita 5	7,5 a 10,0	100
Brita 4	5,0 a 7,5	80
Brita 3	2,5 a 5,0	45
Brita 2	2,0 a 2,5	25
Brita 1	1,0 a 2,0	15
Brita 0	0,5 a 1,0	5
Areia Grossa	0,2 a 0,5	1×10^{-1}
Areia Fina	0,005 a 0,04	1×10^{-3}
Silte	0,0005 a 0,005	1×10^{-5}
Argila	menor que 0,0005	1×10^{-8}

Figura 9 - Tabela de coeficiente de condutividade hidráulica (K).
Fonte - Manual de Drenagem de Rodovias do DNIT (2006).

Vazão dreno superficial espinha de peixe:

$$Q = 0,15 \cdot (0,3 * 0,6) \cdot 0,01 = \frac{0,00027 m^3}{s} / m$$

Comprimento de drenos = 427,00 m

Q = 0,12m³/s

Esvaziamento da bacia através dos drenos em aproximadamente 5,3 horas.

Vazão dreno jardins drenantes considerando um H médio de 1,00m:

$$Q = 0,15 \cdot (1 * 0,6) \cdot 0,01 = \frac{0,0009 m^3}{s} / m$$

Comprimento de drenos = 635,00 m

Q = 0,57m³/s.

Terreno B

O Terreno B tem área de aproximadamente 2.294,76 m^2 e tem como principais divisas as ruas José Luiz Martins Costa e Tio Bilia. Trata-se de área com desnível relativamente acentuado: de aproximadamente 31,00 até 36,00 (aproximadamente 5 metros de desnível entre os pontos mais baixos e mais altos).

A movimentação de terra no Terreno B será limitada à criação de canteiros com jardins drenantes e passeios públicos, que integram os projetos urbanístico e paisagístico. Outra premissa importante do projeto de Terraplenagem para este terreno é a preservação das árvores de grande porte existentes, o que definiu os limites de cortes e aterros. De maneira geral as transições são resolvidas com taludes ou pequenas contenções, conforme indicações em projeto.



Figura 10 - Terreno B
Fonte – Prefeitura de Porto Alegre, editado por Coletivo de Projetos (2025)

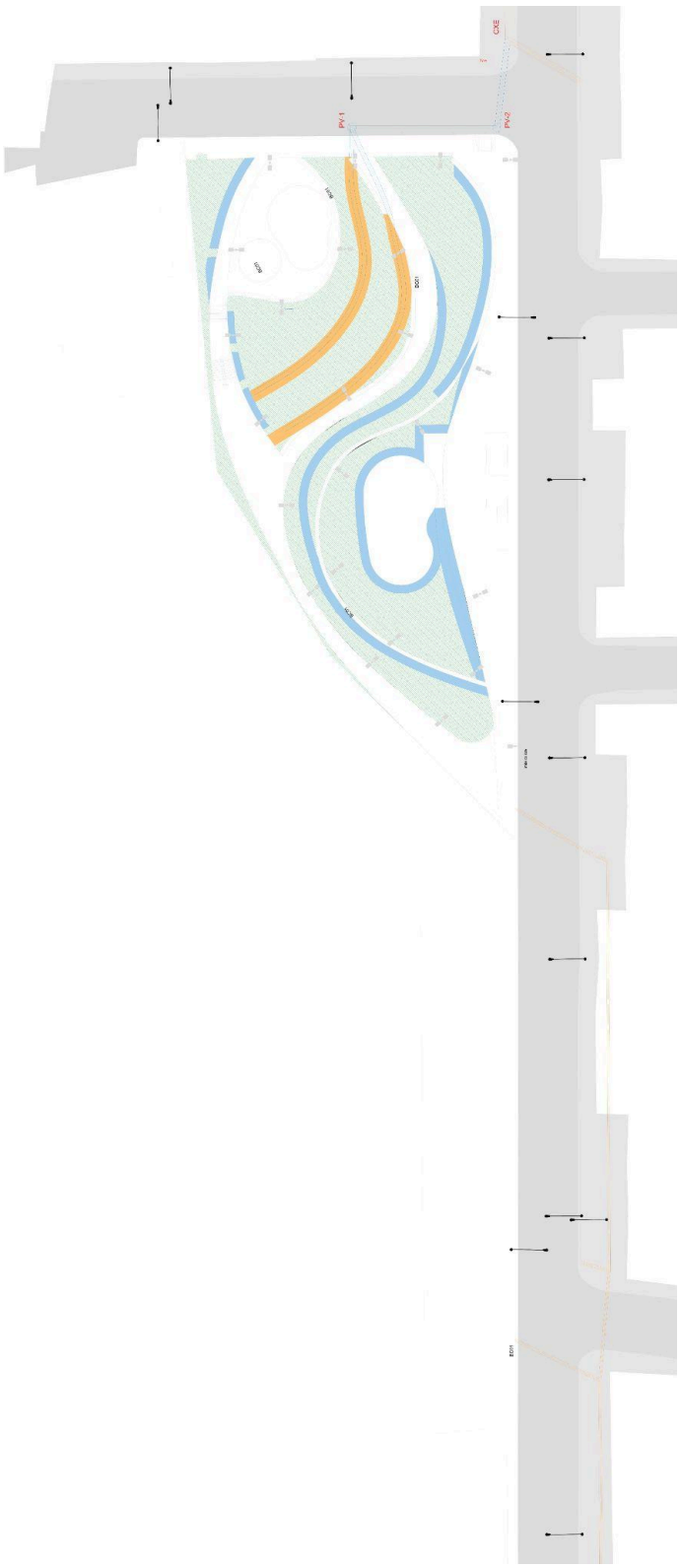


Figura 11 - Terreno B
Fonte – Coletivo de Projetos (2025)

Memorial de Cálculo Projeto de Drenagem
Terreno B - DEMHAB atrás do Núcleo 18A

1. Dimensionamento Hidráulico das Redes

Área: 2.294,76 m² ou 0,23 ha
Equação IDF: Posto Aeroporto

$$i_{max} = \frac{826{,}8 \cdot Tr^{0{,}143}}{(td+13{,}3)^{0{,}79}}$$

Onde:

imáx: intensidade máxima de chuva (mm/h);

Tr: período de retorno (anos) – 5 anos;
td: tempo de duração da chuva, que deve ser igual ao tempo de concentração da bacia contribuinte (minutos) – 5 minutos.

Como área de contribuição inferior a 200ha empregamos cálculo de vazão através do Método Racional

$$Qp = 2{,}78 \cdot C \cdot i_{max} \cdot A$$

C - Coeficiente de escoamento superficial 0,6.

$$Qp = 2{,}78 \cdot 0{,}6 \cdot 104{,}72 \cdot 0{,}23 = 40{,}17\ l/s\ \ ou\ 0{,}04 m^3/s$$

O dimensionamento foi realizado desconsiderando os jardins de chuva visando identificar os diâmetros para o caso crítico.

O dimensionamento hidráulico dos coletores foi efetuado pela expressão de Manning, onde a vazão é dada por:

$$Q = S \cdot K \cdot Rh^{2/3} \bullet I^{1/2}$$

Sendo:

Q = capacidade de vazão da canalização em m3/s;

K = coeficiente de rugosidade (75 = concreto liso);

S = seção da canalização em m2;

Rh= raio hidráulico;

I = declividade da rede em m/m.

A velocidade máxima admitida, foi de 5,0 m/s e o mínimo de 0,80 m/s.

Determinação dos diâmetros e fator hidráulico

A determinação dos diâmetros das foram efetuados utilizando os métodos supracitados com auxílio de iterações para determinação das dimensões. Utilizou-se, através de processamento computacional, planilhas de dimensionamento hidráulico descritos.

Diâmetro

$$D = 1,5483 \cdot \left(\frac{Q \cdot n}{I^{1/2}} \right)^{3/8}$$

Onde:

D – diâmetro da tubulação (m)

Q – vazão no trecho (m^3/s)

n – coeficiente de Manning

I – inclinação (m/m)

Fator Hidráulico

Fator hidráulico para determinação da lâmina d'água

$$FH = \frac{Q \cdot n}{D^{8/3} \bullet I^{1/2}}$$

FH – Fator hidráulico

Q – vazão no trecho (m^3/s)

n – coeficiente de Manning

D – diâmetro da tubulação (m)

I – inclinação (m/m)

PLANILHA DE DIMENSIONAMENTO HIDRÁULICO
Projeto: Praça B - Área DEMHAB atrás do Núcleo 18a
Posto Pluviográfico: Aeroporto POA — Tr (anos) 5 — C 0,6 — n= 0,013

Praça	Trecho		L (m)	Área (há)		Cota do Greide		I trecho	tc (min)	imáx	Qproj	I rede	Dcalc. (m)	Dadot. (m)	Fh	Rh/D	h/D	Rh	v (m/s)	Tp (min)
				Trecho	Acum.	Mont.	Jus.	(m/m)		(mm/h)	(m^3/s)	(m/m)								
B	PV-1	PV-2	17,04	0,09	0,09	34,64	30,7	0,231	5,00	104,72	0,02	0,231	0,08	0,15	0,0659	0,176	31%	0,03	3,27	0,09
	PV-2	CXE	10,45	0,14	0,23	30,70	30,50	0,019	5,09	104,33	0,04	0,019	0,19	0,30	0,0942	0,202	37%	0,06	1,64	0,11

2. Dimensionamento Hidráulico do Volume de Preenchimento

Vazão afluente calculada pelo Método Racional deve ser majorada.

$$Qa = A{\cdot}m{\cdot}C.(I - Qr)$$

Onde:

Qa = Vazão afluente (L/s);
A = área de contribuição (ha);
m = coeficiente de majoração 1,25;
C = coeficiente de escoamento superficial 0,6;
I = intensidade da chuva, calculada pela equação IDF Posto Aeroporto (L/s.ha);
Qr = vazão de regulamentação – 20,8 l/s.ha conforme Plano Diretor de Drenagem Urbana de Porto Alegre/RS

$$Qa = 0,2{\cdot}1,25{\cdot}0,6{\cdot}(290,88 - 20,8) = 40,51\ l/s$$

Parte da vazão de saída se dará por infiltração no solo, temos então:

$$Qei = 1000{\cdot}k{\cdot}Ainf{\cdot}Cs$$

Onde:

Qei = vazão efluente infiltrada (L/s);
k = coeficiente de permeabilidade do solo saturado (m/s) – argila siltosa 10^{-7};
Ainf = área de infiltração (m2);
Cs = coeficiente de segurança de redução do coeficiente de permeabilidade 0,5.

$$Qei = 1000{\cdot}10^{-7}{\cdot}2394{\cdot}0,5 = 0,12\ l/s$$

Volume Afluente e Volume de Infiltração

$$Va = Qa{\cdot}td$$

$$Vi = Qei{\cdot}td$$

Volume de preenchimento

$$Vp = \frac{(Va - Vi)}{P}$$

P = porosidade do material granular – brita nº1 40%

$$Vp = \frac{((40,51{\cdot}300) - (0,12{*}300))}{0,4} = 30292,5\ l\ ou\ 30,3m^3$$

Volume de armazenamento dos jardins drenantes

Área de drenos = 111,6 m^2

Altura média da camada granular = 0,3m

Volume de armazenamento = 33,5 m^3

Portanto, volume de preenchimento é atendido.

3. Determinação Vazão nos Drenos

Equação de Darcy

$$Q = K \cdot As \cdot I$$

Onde:

Q- vazão por metro linear (m3/s/m)
K - coeficiente de permeabilidade (m/s);
As - área da seção normal à direção do fluxo (m2);
I - gradiente hidráulico (m/m)

Tipo de material	granulometria (cm)	K (cm/s)
Brita 5	7,5 a 10,0	100
Brita 4	5,0 a 7,5	80
Brita 3	2,5 a 5,0	45
Brita 2	2,0 a 2,5	25
Brita 1	1,0 a 2,0	15
Brita 0	0,5 a 1,0	5
Areia Grossa	0,2 a 0,5	1×10^{-1}
Areia Fina	0,005 a 0,04	1×10^{-3}
Silte	0,0005 a 0,005	1×10^{-5}
Argila	menor que 0,0005	1×10^{-8}

Figura 12 -. Tabela de coeficiente de condutividade hidráulica (K).
Fonte - Manual de Drenagem de Rodovias do DNIT (2006).

Vazão dreno jardins drenantes considerando um H médio de 0,30m:

$$Q = 0,15 \cdot (0,3 * 0,6) \cdot 0,01 = \frac{0,00027 m^3}{s} / m$$

Comprimento de drenos = 186,00 m

Q = 0,50m³/s

Terrenos C1 e C2

O Terreno C1 corresponde à Praça Domenico Feoli, enquanto o Terreno C2 consiste no Campinho do Núcleo 25.

O lote que corresponde ao Terreno C1 possui a área total de 1.795,34 m^2 e está situado entre as ruas Domênico Feoli, Wolfram Metzler, Vinte e Dois e Acesso Vinte e Um. Trata-se de área bastante arborizada, de maneira que a preservação da vegetação existente foi uma das premissas do projeto de terraplenagem, que se limitou à acomodação do solo para a implantação de passeios, equipamentos urbanos de pequeno porte e transições entre níveis. Trata-se de área relativamente plana, em que o desnível mais acentuado (3 metros) é observado entre a rua Vinte e Dois (nível 56.00) e a Passagem 27 (nível 59.00).

O lote que corresponde ao Terreno C2 possui a área total de 824,35 m^2 e está situado entre as ruas Domênico Feoli, Mary Weiss e Vinte e Seis. A principal característica do terreno é a existência de um pequeno campo de futebol, que será requalificado, com pequenas arquibancadas, mobiliário urbano e passeios em seu entorno. As principais intervenções do projeto de Terraplenagem do Terreno C2 se referem aos ajustes no terreno para a acomodação de tais equipamentos. Trata-se de área relativamente plana, com poucos desníveis. De maneira geral as transições são resolvidas com taludes ou pequenas contenções, conforme indicações em projeto.

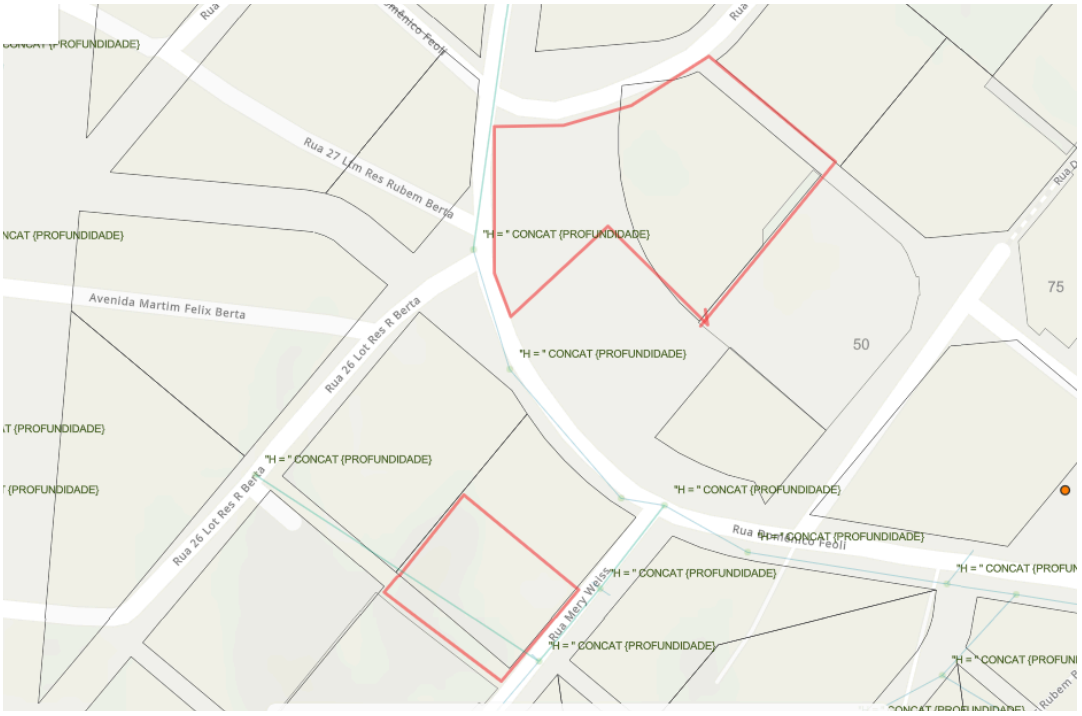


Figura 13 - Terreno C1 e C2

Fonte – Prefeitura de Porto Alegre, editado por Coletivo de Projetos (2025)

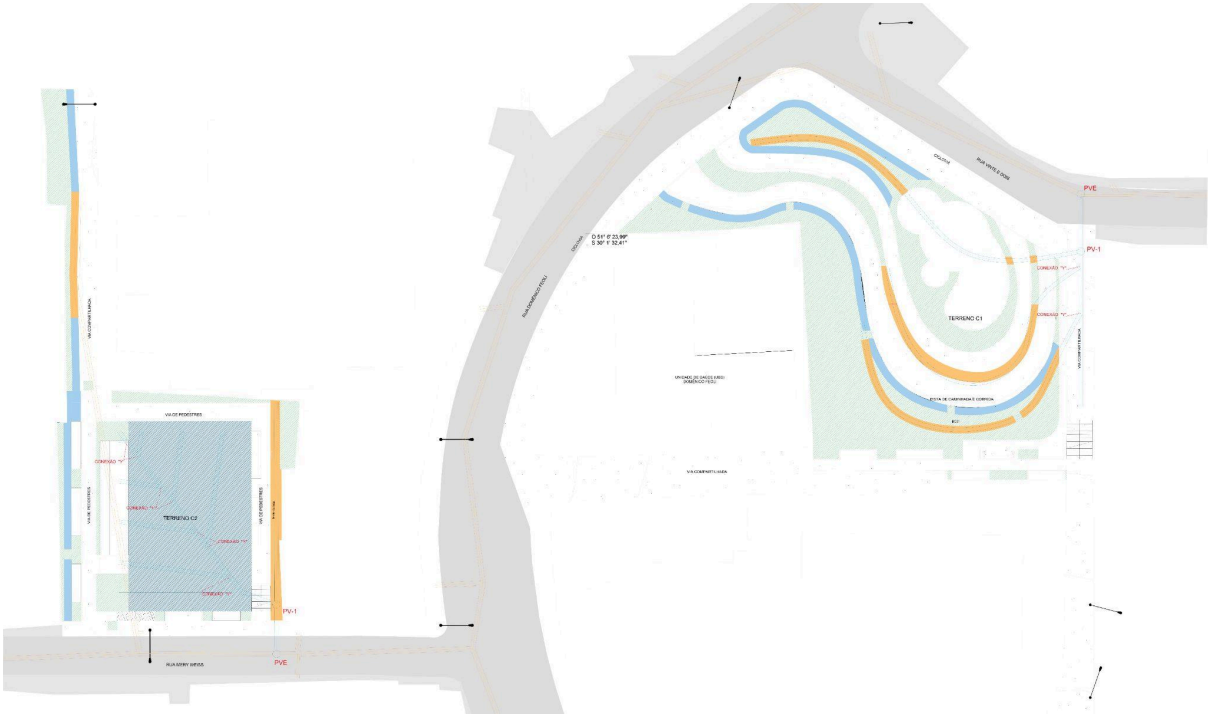


Figura 14 - Terreno C1 e C2
Fonte – Coletivo de Projetos (2025)

Memorial de Cálculo Projeto de Drenagem

Terreno C1: Área Praça Domenico Feoli
Terreno C2: Campinho Domenico Feoli

1. Dimensionamento Hidráulico das Redes

Terreno C1 - Área: 1.795,34 m² (0,18 ha)
Terreno C2 - Área: 824,35 m² (0,08 ha)

Equação IDF: Posto Aeroporto

$$i_{max} = \frac{826{,}8 \cdot Tr^{0{,}143}}{(td+13{,}3)^{0{,}79}}$$

Onde:

imáx: intensidade máxima de chuva (mm/h);

Tr: período de retorno (anos) – 5 anos;
td: tempo de duração da chuva, que deve ser igual ao tempo de concentração da bacia contribuinte (minutos) – 5 minutos.

Como área de contribuição inferior a 200ha empregamos cálculo de vazão através do Método Racional

$$Qp = 2{,}78 \cdot C \cdot i_{max} \cdot A$$

C - Coeficiente de escoamento superficial 0,6.

$$Qp1 = 2{,}78 \cdot 0{,}6 \cdot 104{,}72 \cdot 0{,}18 = 31{,}44\ l/s\ \ ou\ 0{,}03 m^3/s$$

$$Qp2 = 2{,}78 \cdot 0{,}6 \cdot 104{,}72 \cdot 0{,}08 = 13{,}97\ l/s\ \ ou\ 0{,}01 m^3/s$$

O dimensionamento foi realizado desconsiderando os jardins de chuva visando identificar os diâmetros para o caso crítico.

O dimensionamento hidráulico dos coletores foi efetuado pela expressão de Manning, onde a vazão é dada por:

$$Q = S \cdot K \cdot Rh^{2/3} \bullet I^{1/2}$$

Sendo:

Q = capacidade de vazão da canalização em m3/s;

K = coeficiente de rugosidade (75 = concreto liso);

S = seção da canalização em m2;

Rh= raio hidráulico;

I = declividade da rede em m/m.

A velocidade máxima admitida foi de 5,0 m/s e o mínimo de 0,80 m/s.

Determinação dos diâmetros e fator hidráulico

A determinação dos diâmetros das foram efetuados utilizando os métodos supracitados com auxílio de iterações para determinação das dimensões. Utilizou-se, através de processamento computacional, planilhas de dimensionamento hidráulico descritas.

Diâmetro

$$D = 1,5483 \cdot \left(\frac{Q \cdot n}{I^{1/2}} \right)^{3/8}$$

Onde:

D – diâmetro da tubulação (m)

Q – vazão no trecho (m^3/s)

n – coeficiente de Manning

I – inclinação (m/m)

Fator Hidráulico

Fator hidráulico para determinação da lâmina d'água

$$FH = \frac{Q \cdot n}{D^{8/3} \bullet I^{1/2}}$$

FH – Fator hidráulico

Q – vazão no trecho (m^3/s)

n – coeficiente de Manning

D – diâmetro da tubulação (m)

I – inclinação (m/m)

PLANILHA DE DIMENSIONAMENTO HIDRÁULICO

Projeto: Praça C1 - Área Praça Domenico Feoli | C2 - Campinho Domenico Feoli

Posto Pluviográfico: Aeroporto POA | Tr (anos) 5 | C 0,6 | n= 0,013

Praça	Trecho		L (m)	Área (há)		Cota do Greide		I trecho (m/m)	tc (min)	imáx (mm/h)	Qproj (m^3/s)	I rede (m/m)	Dcalc. (m)	Dadot. (m)	Fh	Rh/D	h/D	Rh	v (m/s)	Tp (min)
				Trecho	Acum.	Mont.	Jus.													
C1	PV-1	PVE	7,52	0,18	0,18	55,95	55,80	0,020	5,00	104,72	0,03	0,020	0,17	0,20	0,2110	0,278	60%	0,06	1,58	0,08
C2	PV-1	PVE	6,50	0,08	0,08	57,40	58,5	-0,169	5,00	104,72	0,01	0,008	0,15	0,20	0,1530	0,247	49%	0,05	0,93	0,12

2. Dimensionamento Hidráulico do Volume de Preenchimento

Vazão afluente calculada pelo Método Racional deve ser majorada.

$$Qa = A{\cdot}m{\cdot}C.(I - Qr)$$

Onde:

Qa = Vazão afluente (L/s);
A = área de contribuição (ha);
m = coeficiente de majoração 1,25;
C = coeficiente de escoamento superficial 0,6;
I = intensidade da chuva, calculada pela equação IDF Posto Aeroporto (L/s.ha);
Qr = vazão de regulamentação – 20,8 l/s.ha conforme Plano Diretor de Drenagem Urbana de Porto Alegre/RS

$$Qa1 = 0,18{\cdot}1,25{\cdot}0,6{\cdot}(290,88 - 20,8) = 36,46\ l/s$$

$$Qa2 = 0,08{\cdot}1,25{\cdot}0,6{\cdot}(290,88 - 20,8) = 16,20\ l/s$$

Parte da vazão de saída se dará por infiltração no solo, temos então:

$$Qei = 1000{\cdot}k{\cdot}Ainf{\cdot}Cs$$

Onde:

Qei = vazão efluente infiltrada (L/s);
k = coeficiente de permeabilidade do solo saturado (m/s) – argila siltosa 10^{-7};
Ainf = área de infiltração (m2);
Cs = coeficiente de segurança de redução do coeficiente de permeabilidade 0,5.

$$Qei1 = 1000{\cdot}10^{-7} \bullet 890,64{\cdot}0,5 = 0,045\ l/s$$

$$Qei2 = 1000{\cdot}10^{-7} \bullet 426,4{\cdot}0,5 = 0,021\ l/s$$

Volume Afluente e Volume de Infiltração

$$Va = Qa{\cdot}td$$

$$Vi = Qei{\cdot}td$$

Volume de preenchimento

$$Vp = \frac{(Va - Vi)}{P}$$

P = porosidade do material granular – brita nº1 40%

$$Vp1 = \frac{((36{,}46 \cdot 300) - (0{,}045 * 300))}{0{,}4} = 27312{,}2l \; ou \; 27{,}3m^3$$

$$Vp2 = \frac{((16{,}2 \cdot 300) - (0{,}021 * 300))}{0{,}4} = 12137{,}6l \; ou \; 12{,}1m^3$$

Volume de armazenamento dos jardins drenantes

Terreno C1

Área de drenos = 83 m²
Altura média da camada granular = 0,6m
Volume de armazenamento = 49,8 m³

Terreno C2

Área de drenos = 67,8 m²
Altura média da camada granular = 0,3m
Volume de armazenamento = 20,3 m³

Portanto, volume de preenchimento é atendido em ambos os terrenos.

3. Dimensionamento Bacia de Detenção

Terreno C2 - Área: 824,35 m² (0,08 ha)
Volume da Bacia

$$V = Qp \cdot tc$$

Tc- tempo de concentração da bacia (s);

Adota-se tc = 10 minutos = 600 segundos, temos então:

$$V = 0{,}01 \cdot 600 = 6\,m^3$$

Em projeto é disponibilizada uma área de 345,8m² e altura possível de lâmina d'água de 0,10m. A altura requerida pelo volume calculado seria de 2 cm, portanto a bacia projetada atende.

4. Determinação Vazão nos Drenos

Equação de Darcy

$$Q = K \cdot As \cdot I$$

Onde:

Q- vazão por metro linear (m3/s/m)
K - coeficiente de permeabilidade (m/s);
As - área da seção normal à direção do fluxo (m2);
I - gradiente hidráulico (m/m)

Tipo de material	granulometria (cm)	K (cm/s)
Brita 5	7,5 a 10,0	100
Brita 4	5,0 a 7,5	80
Brita 3	2,5 a 5,0	45
Brita 2	2,0 a 2,5	25
Brita 1	1,0 a 2,0	15
Brita 0	0,5 a 1,0	5
Areia Grossa	0,2 a 0,5	1×10^{-1}
Areia Fina	0,005 a 0,04	1×10^{-3}
Silte	0,0005 a 0,005	1×10^{-5}
Argila	menor que 0,0005	1×10^{-8}

Figura 15 - Tabela de coeficiente de condutividade hidráulica (K).
Fonte - Manual de Drenagem de Rodovias do DNIT (2006).

Vazão dreno jardins drenantes considerando um H médio de 0,60m:

$$Q = 0,15 \cdot (0,6 * 0,6) \cdot 0,01 = \frac{0,00054 m^3}{s} / m$$

Comprimento de drenos = 138,30 m
Q = 0,075m³/s

Vazão dreno superficial espinha de peixe:

$$Q = 0,15 \cdot (0,3 * 0,6) \cdot 0,01 = \frac{0,00027 m^3}{s} / m$$

Comprimento de drenos = 113,00 m
Q = 0,03m³/s.

Terreno D

O lote que corresponde ao Terreno D possui uma área total de 19.041,29 m^2 e está localizado entre as ruas Poa Cidade Jóia, Vereador Terézio Meirelles, Trinta e Nove e Professora Ziláh Totta. O lote ocupa toda a extensão da quadra. Apesar da diferença de nível de aproximadamente 9 metros entre o ponto mais baixo (quadrante sudeste: nível 50.00) e o ponto mais alto (quadrante noroeste: nível 59.00), tal desnível ocorre ao longo de aproximadamente 190 metros, portanto com baixa declividade (média inferior a 5% de inclinação). Trata-se de área bastante arborizada. A preservação das árvores existentes foi uma das premissas que orientou as soluções de Terraplenagem.

As principais intervenções previstas no projeto de Terraplenagem se referem aos cortes necessários para a criação das arquibancadas semi enterradas do campo de futebol e da quadra coberta. As demais intervenções se referem à acomodação da superfície para a instalação de equipamentos e mobiliário urbano, além da implantação dos passeios e canteiros previstos no projeto paisagístico. De maneira geral as transições são resolvidas com taludes ou pequenas contenções, conforme indicações em projeto.

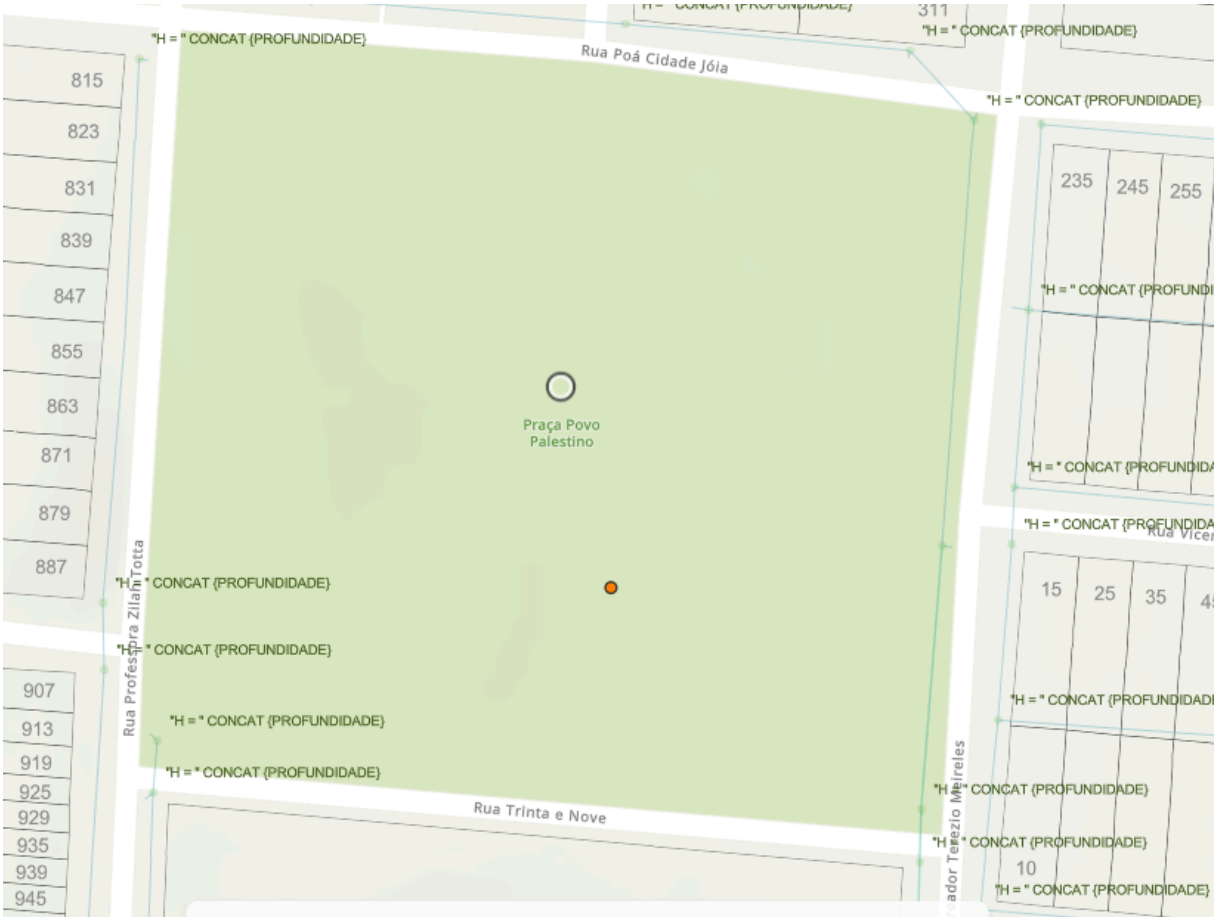


Figura 16 - Terreno D
Fonte – Prefeitura de Porto Alegre, editado por Coletivo de Projetos (2025)

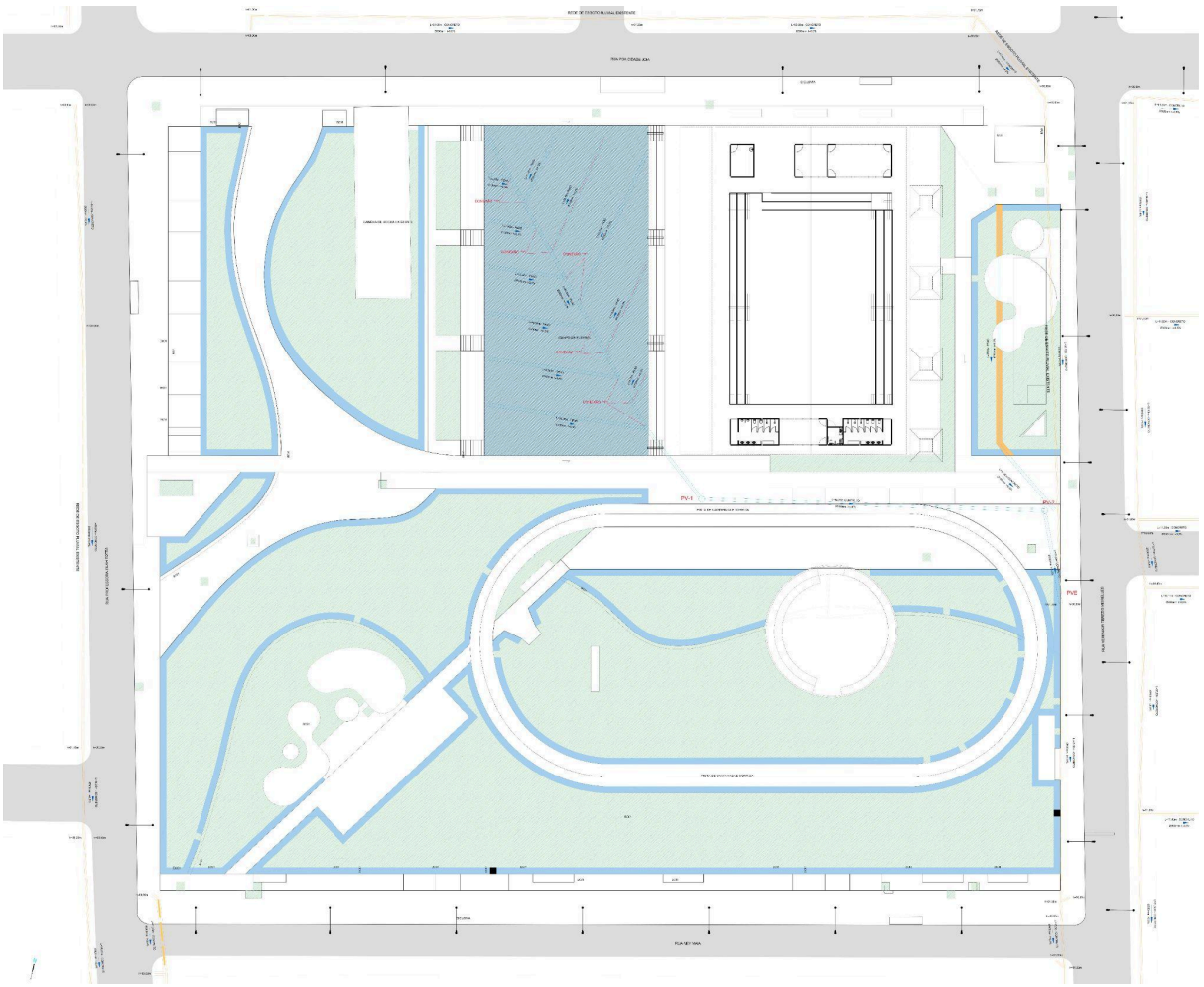


Figura 17 - Terreno D
Fonte – Coletivo de Projetos (2025)

Memorial de Cálculo Projeto de Drenagem
Terreno D - Praça do Povo Palestino

1. Dimensionamento da Bacia de Detenção

Área: 19.041,29 m² (1,9 há)

Equação IDF: Posto Aeroporto

$$i_{max} = \frac{826{,}8 \cdot Tr^{0{,}143}}{(td+13{,}3)^{0{,}79}}$$

Onde:

imáx: intensidade máxima de chuva (mm/h);

Tr: período de retorno (anos) – 5 anos;

td: tempo de duração da chuva, que deve ser igual ao tempo de concentração da bacia contribuinte (minutos) – 5 minutos.

Como área de contribuição inferior a 200ha empregamos cálculo de vazão através do Método Racional

$$Qp = 2{,}78 \cdot C \cdot i_{max} \cdot A$$

C - Coeficiente de escoamento superficial 0,6.

$$Qp = 2{,}78 \cdot 0{,}6 \cdot 104{,}72 \cdot 1{,}9 = 331{,}88\ l/s\ \ ou\ 0{,}33 m^3/s$$

Volume da Bacia

$$V = Qp \cdot tc$$

Tc- tempo de concentração da bacia (s);

Adota-se tc = 10 minutos = 600 segundos, temos então:

$$V = 0{,}33 \cdot 600 = 198\ m^3$$

Em projeto é disponibilizada uma área de 1524m² e altura possível de lâmina d'água de 0,90m (considerando folga de 10% na altura final). A altura requerida pelo volume calculado seria de 13 cm, portanto a bacia atende com grande folga.

2. Dimensionamento Hidráulico das Redes

O dimensionamento foi realizado desconsiderando os jardins de chuva e reservação da bacia visando identificar os diâmetros para o caso crítico.
O dimensionamento hidráulico dos coletores foi efetuado pela expressão de Manning, onde a vazão é dada por:

$$Q = S \cdot K \cdot Rh^{2/3} \bullet I^{1/2}$$

Sendo:

Q = capacidade de vazão da canalização em m3/s;

K = coeficiente de rugosidade (75 = concreto liso);

S = seção da canalização em m2;

Rh= raio hidráulico;

I = declividade da rede em m/m.

A velocidade máxima admitida foi de 5,0 m/s e o mínimo de 0,80 m/s.

Determinação dos diâmetros e fator hidráulico

A determinação dos diâmetros das foram efetuados utilizando os métodos supracitados com auxílio de iterações para determinação das dimensões. Utilizou-se, através de processamento computacional, planilhas de dimensionamento hidráulico descritas.

Diâmetro

$$D = 1,5483 \cdot \left(\frac{Q \cdot n}{I^{1/2}} \right)^{3/8}$$

Onde:

D – diâmetro da tubulação (m)

Q – vazão no trecho (m^3/s)

n – coeficiente de Manning

I – inclinação (m/m)

Fator Hidráulico

Fator hidráulico para determinação da lâmina d'água

$$FH = \frac{Q \cdot n}{D^{8/3} \bullet I^{1/2}}$$

FH – Fator hidráulico

Q – vazão no trecho (m^3/s)

n – coeficiente de Manning

D – diâmetro da tubulação (m)

I – inclinação (m/m)

PLANILHA DE DIMENSIONAMENTO HIDRÁULICO
Projeto: Praça D - Praça do Povo Palestino
Posto Pluviográfico: Aeroporto POA — Tr (anos) 5 — C 0,6 — n= 0,013

Praça	Trecho		L (m)	Área (há)		Cota do Greide		I trecho	tc (min)	imáx	Qproj	I rede	Dcalc. (m)	Dadot.	Fh	Rh/D	h/D	Rh	v (m/s)	Tp (min)
				Trecho	Acum.	Mont.	Jus.	(m/m)		(mm/h)	(m³/s)	(m/m)		(m)						
D	PV-1	PV-2	54,30	0,46	0,46	55,94	53,5	0,045	5,00	104,72	0,08	0,036	0,22	0,30	0,1366	0,237	46%	0,07	2,50	0,36
	PV-2	PVE	15,00	0,36	0,82	53,50	52,75	0,050	5,36	103,11	0,14	0,033	0,28	0,30	0,2519	0,293	68%	0,09	2,74	0,09
	PV-3	PVE	6,95	0,54	0,54	50,5	50,05	0,065	5,00	104,72	0,10	0,065	0,21	0,30	0,1206	0,226	43%	0,07	3,25	0,04
	PV-4	PVE	8,20	0,32	0,32	55,5	55,21	0,035	5,00	104,72	0,06	0,035	0,19	0,30	0,0969	0,206	38%	0,06	2,26	0,06

3. Dimensionamento Hidráulico do Volume de Preenchimento

Vazão afluente calculada pelo Método Racional deve ser majorada.

$$Qa = A \cdot m \cdot C. (I - Qr)$$

Onde:

Qa = Vazão afluente (L/s);
A = área de contribuição (ha);
m = coeficiente de majoração 1,25;
C = coeficiente de escoamento superficial 0,6;
I = intensidade da chuva, calculada pela equação IDF Posto Aeroporto (L/s.ha);
Qr = vazão de regulamentação – 20,8 l/s.ha conforme Plano Diretor de Drenagem Urbana de Porto Alegre/RS

$$Qa = 1,9 \cdot 1,25 \cdot 0,6 \cdot (290,88 - 20,8) = 384,86\ l/s$$

Parte da vazão de saída se dará por infiltração no solo, temos então:

$$Qei = 1000 \cdot k \cdot Ainf \cdot Cs$$

Onde:

Qei = vazão efluente infiltrada (L/s);
k = coeficiente de permeabilidade do solo saturado (m/s) – argila siltosa 10^{-7};
Ainf = área de infiltração (m2);
Cs = coeficiente de segurança de redução do coeficiente de permeabilidade 0,5.

$$Qei = 1000 \cdot 10^{-7} \cdot 10085 \cdot 0,5 = 0,5\ l/s$$

Volume Afluente e Volume de Infiltração

$$Va = Qa \cdot td$$

$$Vi = Qei \cdot td$$

Volume de preenchimento

$$Vp = \frac{(Va - Vi)}{P}$$

Td = tempo de duração 5 minutos
P = porosidade do material granular – brita nº1 40%

$$Vp = \frac{((384,86 \cdot 300) - (0,5 * 300))}{0,4} = 288270l\ ou\ 288,3m^3$$

Volume de armazenamento dos jardins drenantes

Área de armazenamento drenos = 696,4 m²

Altura média da camada granular = 0,6m

Volume de armazenamento = 417,8 m³

Portanto, o volume de preenchimento é atendido com folga, além do fato de foi considerada apenas a área de abrangência dos drenos e não a área total dos jardins.

4. Determinação Vazão nos Drenos

Equação de Darcy

$$Q = K \cdot As \cdot I$$

Onde:

Q- vazão por metro linear (m3/s/m)

K - coeficiente de permeabilidade (m/s);

As - área da seção normal à direção do fluxo (m2);

I - gradiente hidráulico (m/m)

Tipo de material	granulometria (cm)	K (cm/s)
Brita 5	7,5 a 10,0	100
Brita 4	5,0 a 7,5	80
Brita 3	2,5 a 5,0	45
Brita 2	2,0 a 2,5	25
Brita 1	1,0 a 2,0	15
Brita 0	0,5 a 1,0	5
Areia Grossa	0,2 a 0,5	1×10^{-1}
Areia Fina	0,005 a 0,04	1×10^{-3}
Silte	0,0005 a 0,005	1×10^{-5}
Argila	menor que 0,0005	1×10^{-8}

Figura 18 - Tabela de coeficiente de condutividade hidráulica (K).
Fonte - Manual de Drenagem de Rodovias do DNIT (2006).

Vazão dreno superficial espinha de peixe:

$$Q = 0,15 \cdot (0,3 * 0,6) \cdot 0,01 = \frac{0,00027 m^3}{s} / m$$

Comprimento de drenos bacia de detenção = 245,00 m

Q = 0,66m^3/s

Esvaziamento da bacia através dos drenos em aproximadamente 5,3 horas.

Vazão dreno jardins drenantes considerando um H médio de 1,00m:

$$Q = 0,15 \cdot (1 * 0,6) \cdot 0,01 = \frac{0,0009 m^3}{s} / m$$

Comprimento de drenos = 25,6 m

Q = 0,023m^3/s.

Terreno E

O lote que corresponde ao Terreno E possui a área total de 12.189,70 m^2 e está situado entre a Alameda da Fumaça, a Estrada Martim Félix Berta e as ruas Algemiro Nunes da Costa e Regina de Araújo Rocha. A principal característica do terreno é a existência do Campo Safira, situado no trecho mais baixo do terreno (que será mantido e requalificado, como parte do projeto. Trata-se de área bastante arborizada, em que grande parte das árvores serão mantidas, o que orientou as soluções dos projetos de paisagismo e urbanismo, e consequentemente de Terraplenagem.

As movimentações de terra serão reduzidas, se consideradas relativamente às dimensões do terreno. As principais intervenções se referem à acomodação de talude existente na porção sul do terreno e sua conversão em arquibancada, que servirá ao mesmo tempo como elemento de contenção do talude que atualmente apresenta vários pontos de erosão. Nos demais trechos as movimentações são suaves, com cortes e aterros quase sempre inferiores a 1 metro. De maneira geral as transições são resolvidas com taludes ou pequenas contenções, conforme indicações em projeto.

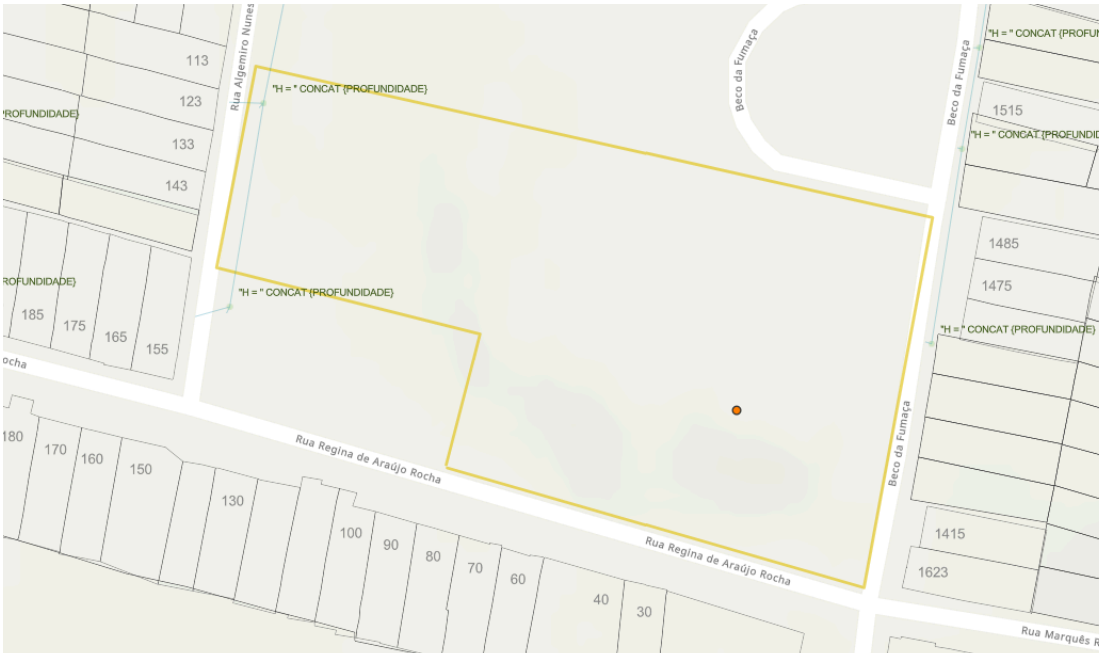


Figura 19 - Terreno E
Fonte – Prefeitura de Porto Alegre, editado por Coletivo de Projetos (2025)

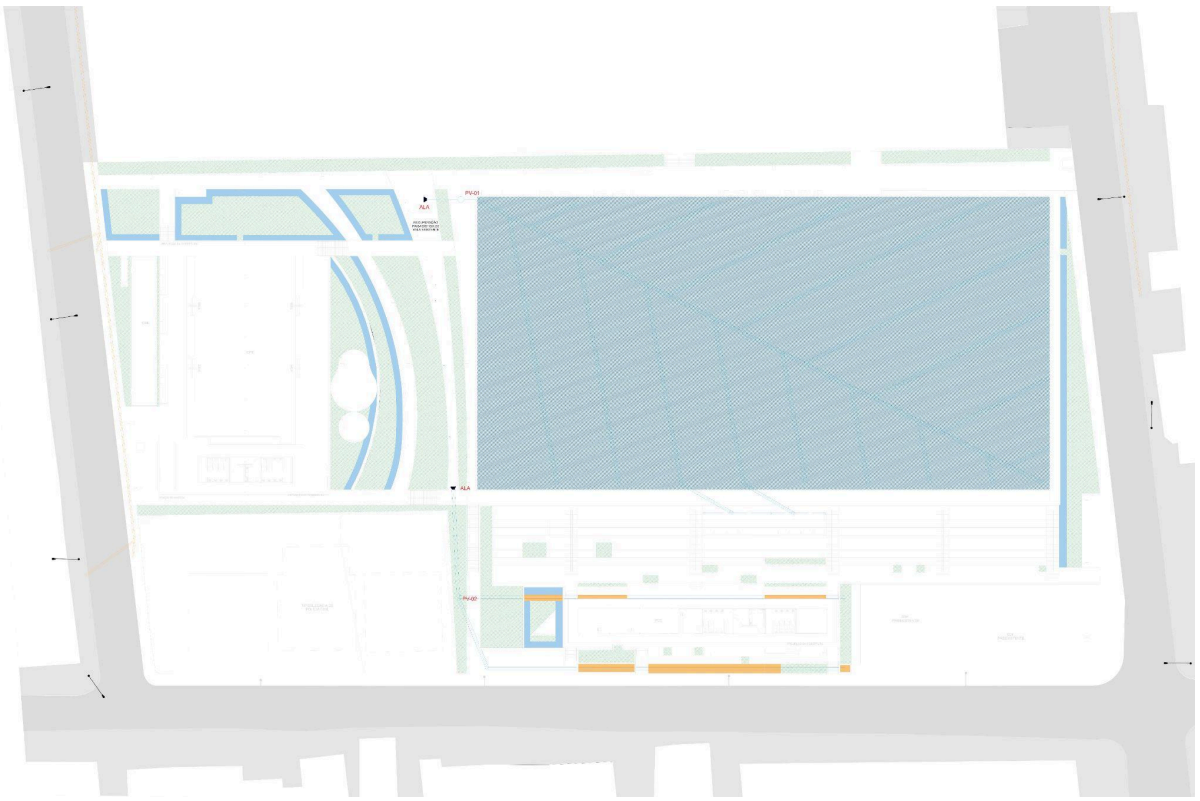


Figura 20 - Terreno E
Fonte – Coletivo de Projetos (2025)

Memorial de Cálculo Projeto de Drenagem
Terreno E – Campo do Safira

1. Dimensionamento da Bacia de Detenção

Área: 12.189,70 m² (1,22 ha)

Equação IDF: Posto Aeroporto

$$i_{max} = \frac{826{,}8 \cdot Tr^{0{,}143}}{(td+13{,}3)^{0{,}79}}$$

Onde:

imáx: intensidade máxima de chuva (mm/h);

Tr: período de retorno (anos) – 5 anos;
td: tempo de duração da chuva, que deve ser igual ao tempo de concentração da bacia contribuinte (minutos) – 5 minutos.

Como área de contribuição inferior a 200ha empregamos cálculo de vazão através do Método Racional

$$Qp = 2{,}78 \cdot C \cdot i_{max} \cdot A$$

C - Coeficiente de escoamento superficial 0,6.

$$Qp = 2{,}78 \cdot 0{,}6 \cdot 104{,}72 \cdot 1{,}22 = 213{,}1\ l/s\ \ ou\ 0{,}21 m^3/s$$

Volume da Bacia

$$V = Qp \cdot tc$$

Tc- tempo de concentração da bacia (s);

Adota-se tc = 10 minutos = 600 segundos, temos então:

$$V = 0{,}21 \cdot 600 = 126\, m^3$$

Em projeto é disponibilizada uma área de 4.324m² e altura possível de lâmina d'água de 0,45m (considerando folga de 10% na altura final). A altura requerida pelo volume calculado seria de 3 cm, portanto a bacia atende com grande folga.

2. Dimensionamento Hidráulico das Redes

O dimensionamento foi realizado desconsiderando os jardins de chuva e reservação da bacia visando identificar os diâmetros para o caso crítico.

O dimensionamento hidráulico dos coletores foi efetuado pela expressão de Manning, onde a vazão é dada por:

$$Q = S \cdot K \cdot Rh^{2/3} \bullet I^{1/2}$$

Sendo:

Q = capacidade de vazão da canalização em m3/s;

K = coeficiente de rugosidade (75 = concreto liso);

S = seção da canalização em m2;

Rh= raio hidráulico;

I = declividade da rede em m/m.

A velocidade máxima admitida foi de 5,0 m/s e o mínimo de 0,80 m/s.

Determinação dos diâmetros e fator hidráulico

A determinação dos diâmetros das foram efetuados utilizando os métodos supracitados com auxílio de iterações para determinação das dimensões. Utilizou-se, através de processamento computacional, planilhas de dimensionamento hidráulico descritos.

Diâmetro

$$D = 1,5483 \cdot \left(\frac{Q \cdot n}{I^{1/2}} \right)^{3/8}$$

Onde:

D – diâmetro da tubulação (m)

Q – vazão no trecho (m^3/s)

n – coeficiente de Manning

I – inclinação (m/m)

Fator Hidráulico

Fator hidráulico para determinação da lâmina d'água

$$FH = \frac{Q \cdot n}{D^{8/3} \bullet I^{1/2}}$$

FH – Fator hidráulico

Q – vazão no trecho (m^3/s)

n – coeficiente de Manning

D – diâmetro da tubulação (m)

I – inclinação (m/m)

PLANILHA DE DIMENSIONAMENTO HIDRÁULICO
Projeto: Praça E - Campo do Safira
Posto Pluviográfico: Aeroporto POA — Tr (anos) 5 — C 0,6 — n= 0,013

Praça	Trecho		L (m)	Área (há)		Cota do Greide		I trecho (m/m)	tc (min)	imáx (mm/h)	Qproj (m^3/s)	I rede (m/m)	Dcalc. (m)	Dadot. (m)	Fh	Rh/D	h/D	Rh	v (m/s)	Tp (min)
				Trecho	Acum.	Mont.	Jus.													
E	PV-01	ALA	5,50	0,66	0,66	61,5	61	0,091	5,00	104,72	0,12	0,091	0,21	0,30	0,1232	0,226	43%	0,07	3,85	0,02
	PV-02	ALA	17,30	0,19	0,19	66,33	62,5	0,221	5,00	104,72	0,03	0,221	0,11	0,30	0,0232	0,110	18%	0,03	3,72	0,08

3. Dimensionamento Hidráulico do Volume de Preenchimento

Vazão afluente calculada pelo Método Racional deve ser majorada.

$$Qa = A \cdot m \cdot C . (I - Qr)$$

Onde:

Qa = Vazão afluente (L/s);
A = área de contribuição (ha);
m = coeficiente de majoração 1,25;
C = coeficiente de escoamento superficial 0,6;
I = intensidade da chuva, calculada pela equação IDF Posto Aeroporto (L/s.ha);
Qr = vazão de regulamentação – 20,8 l/s.ha conforme Plano Diretor de Drenagem Urbana de Porto Alegre/RS

$$Qa = 1,22 \cdot 1,25 \cdot 0,6 \cdot (290,88 - 20,8) = 247,12\ l/s$$

Parte da vazão de saída se dará por infiltração no solo, temos então:

$$Qei = 1000 \cdot k \cdot Ainf \cdot Cs$$

Onde:

Qei = vazão efluente infiltrada (L/s);

k = coeficiente de permeabilidade do solo saturado (m/s) – argila siltosa 10^{-7};

Ainf = área de infiltração (m2);

Cs = coeficiente de segurança de redução do coeficiente de permeabilidade 0,5.

$$Qei = 1000 \cdot 10^{-7} \cdot 4455 \cdot 0,5 = 0,22\ l/s$$

Volume Afluente e Volume de Infiltração

$$Va = Qa \cdot td$$

$$Vi = Qei \cdot td$$

Volume de preenchimento

$$Vp = \frac{(Va - Vi)}{P}$$

P = porosidade do material granular – brita nº1 40%

$$Vp = \frac{((247,12 \cdot 300) - (0,22 * 300))}{0,4} = 185175\ l\ ou\ 185,2 m^3$$

Volume de armazenamento dos jardins drenantes

Área de armazenamento drenos = 444,1 m²

Altura média da camada granular = 0,3m e 1,0m

Volume de armazenamento = 230,88 m³

Portanto, o volume de preenchimento é atendido.

4. Determinação Vazão nos Drenos

Equação de Darcy

$$Q = K{\cdot}As{\cdot}I$$

Onde:

Q- vazão por metro linear (m3/s/m)
K - coeficiente de permeabilidade (m/s);
As - área da seção normal à direção do fluxo (m2);
I - gradiente hidráulico (m/m)

Tipo de material	granulometria (cm)	K (cm/s)
Brita 5	7,5 a 10,0	100
Brita 4	5,0 a 7,5	80
Brita 3	2,5 a 5,0	45
Brita 2	2,0 a 2,5	25
Brita 1	1,0 a 2,0	15
Brita 0	0,5 a 1,0	5
Areia Grossa	0,2 a 0,5	1×10^{-1}
Areia Fina	0,005 a 0,04	1×10^{-3}
Silte	0,0005 a 0,005	1×10^{-5}
Argila	menor que 0,0005	1×10^{-8}

Figura 21 - Tabela de coeficiente de condutividade hidráulica (K).
Fonte - Manual de Drenagem de Rodovias do DNIT (2006).

Vazão dreno superficial espinha de peixe:

$$Q = 0,15{\cdot}(0,3 * 0,6){\cdot}0,01 = \frac{0,00027m^3}{s}/m$$

Comprimento de drenos = 507,6 m

Q = 0,14m^3/s

Vazão dreno jardins drenantes considerando um H médio de 1,00m:

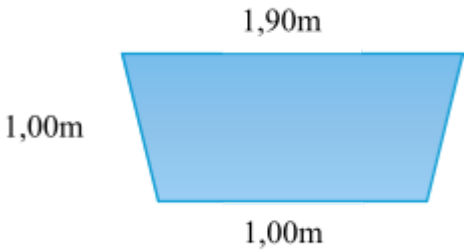
$$Q = 0,15{\cdot}(1 * 0,6){\cdot}0,01 = \frac{0,0009m^3}{s}/m$$

Comprimento de drenos = 102 m

Q = 0,09m^3/s.

Conferência da vala de drenagem

Seção mínima da vala de drenagem:



Determinação da vazão comportada pela vala:
Fórmula de Manning:

$$Q = \frac{1}{n} \cdot A \cdot R_h^{2/3} \bullet I^{1/2}$$

Onde:

Q – vazão m^3/s
A – área molhada m^2
Rh – Raio Hidráulico m
I – inclinação m/m
N – coeficiente de manning – (canal em gabião =0,03)

$$Q = \frac{1}{0{,}03} \bullet 1{,}26 \bullet 0{,}42^{\frac{2}{3}} \bullet 0{,}005^{\frac{1}{2}} = 1{,}67 m^3/s$$

A vazão total descarregada na vala de drenagem oriunda da praça é de 0,15 m^3/s portanto a vala tem grande capacidade de suporte.

Verificação da velocidade

$$V = \frac{Q}{A} = \frac{1{,}67}{1{,}26} = 1{,}32\ m/s$$

A velocidade da vala está dentro dos limites (de 0,8 a 5m/s).

BIBLIOGRAFIA

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 5626 : Sistemas prediais de água fria e água quente - Projeto, execução, operação e manutenção**. Rio de Janeiro, 2020.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 8160 - Sistemas prediais de esgoto sanitário - Projeto e execução**. Rio de Janeiro, 2022.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 7229 - Projeto, construção e operação de sistemas de tanques sépticos**. Rio de Janeiro, 2023.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 8160 - Sistemas prediais de esgoto sanitário - Projeto e execução**. Rio de Janeiro, 2022.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 10844 - Instalações Prediais de Águas Pluviais**. Rio de Janeiro, 2023.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR17076 - Projeto de sistema de tratamento de esgoto de menor porte- Requisitos**. Rio de Janeiro, 2024.

ANA Agência Nacional das Águas. RHN Rede Hidrometereológica Nacional. SNIRH Sistema Nacional de informações sobre Recursos Hídricos. **https://www.snirh.gov.br/hidroweb/mapa**. Acesso em 12 de março 2025

DEP Departamento de Esgotos Pluviais. **CE-DEP/2005 CADERNO DE ENCARGOS DO DEPARTAMENTO DE ESGOTOS PLUVIAIS**. Porto Alegre RS. 2015.

MARTINS DE PAULA, Heber. UFG Universidade Federal de Goiás – Departamento de Engenharia Civil. **DRENAGEM URBANA**. Goiania- GO.

DMAE Prefeitura Municipal de Porto Alegre. **Departamento Municipal de Água e Esgotos. INSTRUÇÃO DA DIRETORIA GERAL** - IDG Nº 603/2024. Porto Alegre. 2024.

DAEE Departamento de águas e energia elétrica do Estado de São Paulo. **GUIA PRÁTICO PARA PROJETOS DE PEQUENAS OBRAS HIDRÁULICAS**. São Paulo. 2005

DNIT Departamento Nacional de Infra-Estrutura de Transportes IPR-724 - **MANUAL DE DRENAGEM DE RODOVIAS**. Rio de Janeiro. 2006.

Plano Diretor de Drenagem Urbana - Manual de Drenagem Urbana
(Instituto de Pesquisas Hidráulicas/ Universidade Federal do Rio Grande do Sul). Porto Alegre, RS, 2005.