
JUSTIFICATIVAS E MEMÓRIAS DO PROJETO DREAGEM PLUVIAL

OBRA: **MACRODRENAGEM DA AV. BRASIL**

TRECHO: Rua João Silveira do Amaral / Av. dos Estados - Centro

Demonstraremos abaixo, através de memórias de cálculo e justificativas, o desenvolvimento do projeto de recomposição de pavimentação devido a obras de Macrodrenagem em trecho da Av. Brasil.

As obras de Macrodrenagem visam preparar a infraestrutura pluvial da via para futura obra de duplicação de toda a Av. Brasil, da Rua Imaculada Conceição até a Rua João Silveira do Amaral, onde toda a rede pluvial será substituída por nova com maior capacidade de captação e escoamento.

Considerando a disponibilidade de recursos, esta obra será executada em um trecho a jusante, preparando e já implantando parte da rede nova, para no futuro próximo ser executada a sua execução na totalidade.

Os eventos climáticos extremos que assolaram Campo Bom em 2024, caracterizados por chuvas torrenciais e cheias históricas, expuseram a fragilidade e a insuficiência da infraestrutura de drenagem urbana em diversas localidades. As inundações recorrentes não apenas causaram prejuízos materiais e paralisação das atividades, mas também revelaram a urgente necessidade de investimentos em sistemas que garantam maior resiliência do município.

A permeabilidade do solo na Av. Brasil é atualmente considerada baixa, pela presença de superfícies pavimentadas que não oferecem capacidade de infiltração suficiente para absorver os volumes de água precipitados. Dessa forma, a implantação do sistema de macrodrenagem urbana torna-se indispensável.

A insuficiência ou inexistência de sistemas eficientes de drenagem pluvial, prejudica significativamente as condições de circulação nesta via central. Tal situação afeta diretamente o deslocamento seguro de moradores, o transporte escolar, o acesso a atendimentos, comércio e serviços públicos essenciais, e demais atividades econômicas desenvolvidas na região.

Implantar uma nova rede coletora de drenagem pluvial de alta capacidade, em substituição a existente, irá auxiliar significativamente na captação do excesso de águas pluviais provenientes de ruas problemáticas a montante e adjacentes, reduzindo os alagamentos nessas vias, minimizando o risco de inundações em benfeitorias e vias públicas em toda a área de influência da bacia a montante e à jusante, melhorando a qualidade de vida e a segurança dos moradores e usuários da região e reduzir os prejuízos materiais e econômicos decorrentes de eventos climáticos severos, além de contribuir para a adaptação do município aos desafios impostos pelas mudanças climáticas e para a gestão de riscos e desastres.

A intervenção pretendida mostra-se necessária para promover melhores condições de mobilidade, segurança e acessibilidade aos usuários da via, bem como para garantir maior durabilidade da infraestrutura pública, reduzindo a necessidade de manutenções e reparações frequentes. Ademais, a execução dos serviços contribuirá para o desenvolvimento econômico local, a melhoria da qualidade de vida da população residente no entorno e também dos usuários locais.

01. ORIENTAÇÃO:

Normas técnicas da ABNT, normas do DNIT e Decreto 14.786/2004 da Prefeitura de Porto Alegre que estabelece o Caderno de Encargo do Departamento de Esgotos Pluviais - DEP.

02. CONCEPÇÃO:

Campo Bom possui diversos arroios dentro da área urbana, sendo o principal o arroio Schmidt, para onde o escoamento terá seu fim.

A concepção do sistema seguiu o padrão do Caderno de Encargos do DEP de Porto Alegre e o Álbum de Projetos Tipo de Dispositivos de Drenagem do DNIT.

Em geral, a elaboração de um projeto de drenagem urbana, no que diz respeito aos estudos hidrológicos, passa pelas etapas de levantamento das informações disponíveis, caracterização do local de estudo, definição do período de retorno, determinação da precipitação de projeto, a partir das informações climáticas da região e determinação do escoamento superficial direto, através da simulação da transformação chuva-vazão com a aplicação de um modelo hidrológico.

Nesta etapa, as informações de tipo, uso e ocupação do solo são essenciais para a determinação das vazões de projeto, concepção e dimensionamento das estruturas hidráulicas, que devem atender aos critérios de projeto e, também, estar integrado aos demais sistemas que compõem a configuração urbana no local (atual e futura).

No traçado da rede coletora levou-se em consideração, entre outros aspectos, as condições da via urbana, existência de redes pluviais em vias transversais, existência de outras redes subterrâneas, existência de meio-fio junto aos passeios laterais, espaço limitado da via, existência de postes de energia, condições de operação e manutenção da rede e ponto de lançamento final.

A previsão das bocas-de-lobo foi embasada na capacidade de absorção das mesmas e nas condições de vazão da sarjeta, e depois as águas serão conduzidas até poços de visita.

Os poços de visita (PV) foram previstos estrategicamente na rede coletora, seguindo os seguintes critérios: distância máxima consecutiva de 50 m, mudanças de diâmetro, direção e declividade da tubulação e nas interligações de tubulações.

As tubulações variam dos diâmetros 0,40 m a 1,50 m e foram lançadas visando encaminhamento ao destino final, sendo que quando sob pista de rolamento os tubos deverão obrigatoriamente serem armados.

É importante salientar que a concepção do traçado da rede considerou criteriosamente os aspectos de lançamento final dos esgotos, sendo este em local de plena assimilação, de forma a não agravar as condições atuais, definidos pela contratante.

O caimento da via é contínuo, na grande maioria, de oeste para leste, em direção ao Arroio Schmidt e as redes seguirão este direcionamento.

03. CÁLCULO DAS VAZÕES:

O método racional consiste em estimar a vazão de pico em pequenas bacias hidrográficas empregando uma relação que considera a vazão linearmente proporcional à área da bacia e à intensidade média da precipitação, considerada constante durante sua duração.

A aplicação do método consiste em determinar a vazão de pico através da equação:

$$Q = 2,78 \times C \times I \times A - C = \text{coeficiente de escoamento médio (Run-Off)}$$

I = intensidade máxima de chuva em mm/h

A = área de drenagem contribuinte em há

O método em questão tem como princípio básico a hipótese de que a duração da precipitação é igual ao tempo de concentração da bacia, o que restringe sua aplicação às bacias pequenas, com área inferior a 30,00 ha ou tempo de concentração inferior a 1h, supondo que a chuva tenha distribuição uniforme no tempo, a chuva tenha distribuição espacialmente uniforme, o escoamento superficial seja devido ao escoamento sobre superfícies e o amortecimento nos canais seja desprezível.

A imprecisão no emprego do método será tão maior quanto maior for a área da bacia. Exige-se, portanto, que a aplicação do método seja feita dentro de suas condições de validade, ou seja, para bacias pequenas.

A intensidade considerada no método racional é um valor médio no tempo e no espaço. Esta é a máxima média observada em um certo intervalo de tempo para o período de recorrência fixado. O intervalo de tempo corresponde à atuação crítica, ou seja, à duração da chuva a considerar, será igual ao tempo de concentração da bacia.

Esse método utiliza um coeficiente adimensional C , que relaciona a parcela da chuva total com a que se transforma em escoamento e com os efeitos de armazenamento na bacia. Caso estes não sejam considerados, o coeficiente C é denominado de coeficiente de escoamento superficial e denota a parcela da precipitação total que gera escoamento.

O coeficiente de escoamento superficial C é a variável do Método Racional menos suscetível a determinações mais precisas e requer, portanto, muitos cuidados quando da sua seleção. O coeficiente engloba os efeitos de infiltração, armazenamento por retenção, evaporação, retenção, encaminhamento das descargas e interceptação, efeitos esses que afetam a distribuição cronológica e a magnitude do pico do escoamento superficial.

O valor do coeficiente de escoamento C foi considerando igual a 0,95, valor amplamente usado para áreas centrais urbanizadas, de comércio, com ruas pavimentadas em asfalto.

Em projetos e trabalhos anteriores, existentes na PMCB, as bacias contribuintes foram definidas, a partir destas informações e de cartas cartográficas

As bacias são pequenas, com pouca declividade e considerada presença de residências e serviços, restringindo-se basicamente as quadras de entorno da via, sendo que as demais transversais possuem seu próprio sistema de captação e escoamento. As suas definições contribuintes em estudo foram a partir de cartas cartográficas, cadastros e informações da PMCB.

04. CLIMA E PRECIPITAÇÃO:

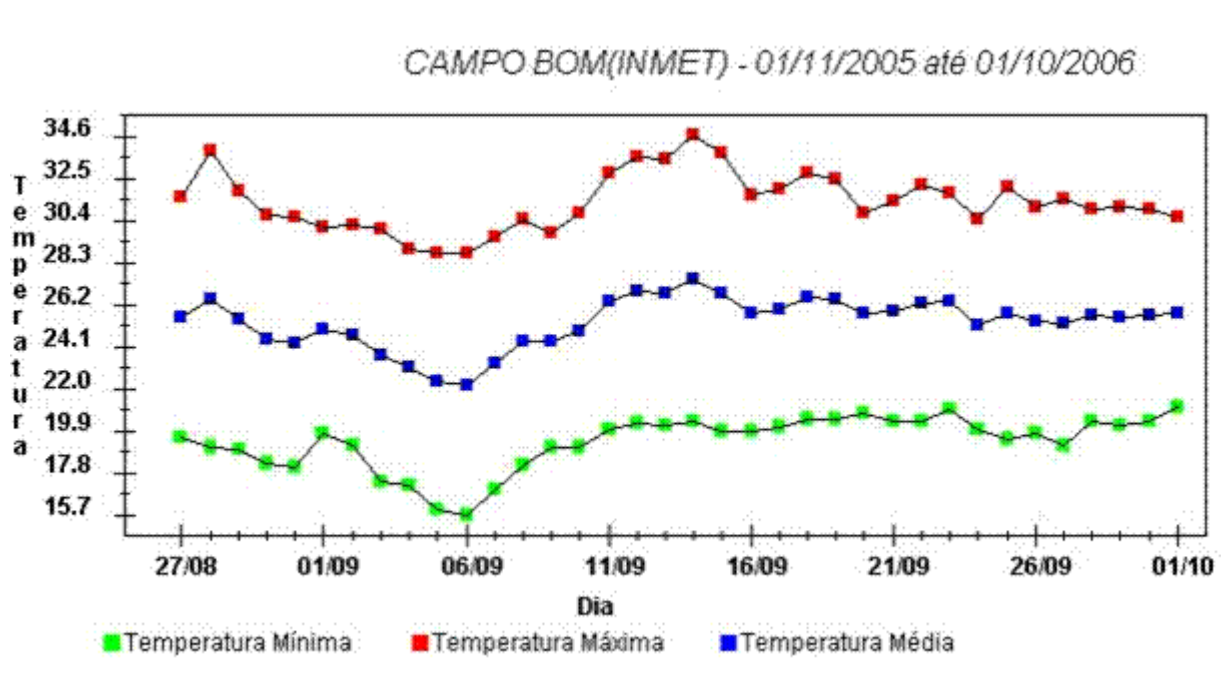
A região onde está inserido Campo Bom, segundo a classificação climática de Wladimir Köppen, pertence ao tipo climático: clima úmido das latitudes médias, temperatura média do mês

mais frio entre 3°C e 18°C, com verão quente, cuja temperatura média do mês mais quente se mantém acima de 22°C, com chuvas igualmente bem distribuídas durante o ano e sem estação seca.

A temperatura média anual é de 19,10° C; a média das máximas anual, de 26,20° C; e a média das mínimas anual, de 13,80° C. A umidade relativa do ar média anual é de 75%, não sofrendo grande variação entre os valores médios mensais e o anual. A evaporação média anual é de 1094,00 mm, sendo a média mensal mínima de 77,00 mm (maio) e a média mensal máxima de 124,00 mm (dezembro). Estes dados foram obtidos junto ao INEMET e referem-se a Campo Bom.

A precipitação média anual é de 1.328,00 mm, variando entre os seguintes valores mensais: mínimo de 70,00mm, no mês de maio, e máximo de 162mm, no de setembro.

Com base nos dados pluviométricos da região, foi possível definir o número médio de dias chuvosos por ano, que é de 108 dias, com valores médios extremos de 6 a 12 dias por mês, não sendo constatada uma época do ano atípica fora deste intervalo.



Preliminarmente foram estudados os dados pluviométricos dos postos abaixo relacionados:

Posto Taquara do INEMET (1931 – 1965)

Posto Sander – Três Corroas da CEEE (1943-1985)

Posto Rolante da CEEE (1961 – 1985)

Posto Santo Antônio da Patrulha da CEEE (1963 – 1985)

Posto Sapucaia do Sul da CPRM (1930 – 2004)

Na análise e consistência dos dados pluviométricos, foram utilizadas as observações da estação de Sapucaia do Sul, considerada próxima do município de Campo Bom e além de não apresentar falhas, tem dados muito mais confiáveis e recentes, principalmente dos últimos 35 anos.

As chuvas podem ser medidas por pluviômetros, que têm, por princípio, a medição do volume de água precipitado em uma área unitária, sendo este, em geral, representado por uma unidade de comprimento (altura), que representa a altura equivalente à cobertura de uma área com o volume precipitado, caso esse volume fosse distribuído uniformemente.

As principais características das precipitações intensas são o total precipitado, sua distribuição temporal e espacial e sua frequência de ocorrência. O conhecimento dessas características é fundamental para os estudos e projetos de drenagem urbana.

Como na região em estudo as Estações de Monitoramento das Chuvas ou foram desativadas ou seus dados estão desatualizados, utilizaremos uma metodologia conhecida para elaborar uma equação IDF apropriada para a área.

Para obter-se a precipitação máxima, com duração igual ao tempo de concentração de cada bacia de contribuição, utilizou-se a metodologia preconizada por José Jaime Taborga Torrico, compilando dados de máximas chuvas diárias, pelo menos os últimos 35 anos, estimativas de precipitação máxima diária e outros dados estatísticos e pluviométricos.

Desta forma obtém-se a seguinte relação de intensidade, duração e frequência, através da seguinte fórmula estabelecida para a região do Vale dos Sinos:

$$I = 842 \times Tr^{0,142} / (td + 10)^{0,725} - Tr = \text{período de retorno em anos}$$

$$td = \text{tempo de concentração da chuva em minutos}$$

Com base na equação acima, possibilita-se o cálculo da intensidade de precipitação pontual da chuva de projeto para tempos de retorno e duração escolhidos.

No caso da rede pluvial foi considerado tempo de retorno de 5 anos, valor amplamente utilizados em projetos de drenagem.

O tempo de concentração, definido como o tempo necessário para que a água precipitada no ponto mais distante da bacia se desloque até a seção principal, é estimada, geralmente, por meio de relações empíricas, em função de características físicas e de ocupação da bacia.

Um método mais recomendado é o cinemático, que consiste em dividir a bacia em n trechos homogêneos, determinar a velocidade do escoamento correspondente a cada um e estimar o tempo de concentração total pelo somatório dos tempos de cada percurso.

No caso de cabeceiras ou início de redes, quando não existirem contribuições externas, o tempo de concentração inicial adotado é de 5 minuto, que vai sendo ampliado, de acordo com o desenvolvimento do escoamento na rede.

Para os trechos de tubulação o tempo de percurso é dado por:

$$T_p = L / (60 \times V_n) - L = \text{comprimento do trecho em m}$$

V_n = velocidade de escoamento a seção plena em m/s

05. DIMENSIONAMENTO HIDRÁULICO:

O escoamento e a drenagem de águas superficiais podem ser realizados através da construção de canais artificiais ou galerias, que trabalham à superfície livre e podem ser de diversos materiais ou possuir algum tipo de revestimento, como argamassa ou concreto.

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

$$Q = 1 / n \times S \times R_h^{2/3} \times I^{1/2} - n = \text{coeficiente Manning}$$

S = seção do conduto em m^2

R_h = raio hidráulico em m

I = declividade do trecho em m/m

E a velocidade do conduto:

$$V = 1 / n \times R_h^{2/3} \times I^{1/2} - n = \text{coeficiente Manning}$$

R_h = raio hidráulico em m

I = declividade do trecho em m/m

Em função do diâmetro a fórmula acima pode ser simplificada, funcionando a seção plena, para:

$$Q = 1 / n \times 0,312 \times D^{4/3} \times I^{1/2} - n = \text{coeficiente Manning}$$

D = diâmetro do conduto em m

I = declividade do trecho em m/m

E a velocidade do conduto:

$$V = 1 / n \times 0,397 \times D^{2/3} \times I^{1/2} - n = \text{coeficiente Manning}$$

D = diâmetro do conduto em m

I = declividade do trecho em m/m

O coeficiente Manning, ou coeficiente de rugosidade, utilizado para diferentes tipos de revestimento das paredes dos condutos, foi de 0,013 para tubos de concreto pré-moldados com bom acabamento, constando na literatura especializada o indicativo de valores

Por esse método, as dimensões da seção transversal e a declividade de fundo do canal são escolhidos de modo que a vazão de condução obtida pela expressão anterior seja superior à vazão de projeto do canal ou de precipitação, em um processo iterativo, partindo da arbitração de valores iniciais.

Além do atendimento ao critério da vazão de condução, outros fatores também são relevantes no dimensionamento dos canais. A declividade do fundo está diretamente vinculada ao traçado do canal, em função da declividade e da topografia do terreno.

As velocidades limites são adotadas devido ao fato que em obras de drenagem urbana o escoamento não deve ser muito lento por permitir o acúmulo de detritos nas sarjetas, galerias e canais que provocam um futuro entupimento destes. Por outro lado, o escoamento também não deve seguir uma velocidade muito grande, pois além de promover o desgaste de canais, sarjetas e galerias por abrasão da superfície, este também pode se tornar inseguro a pessoas e veículos no caso de uma ocasião de enchentes, em obras de médio e grande porte. A velocidade máxima admitida foi próxima de 6,00 m/s e a mínima de 0,80 m/s.

Os cálculos hidráulicos foram efetuados através de uma sistemática largamente utilizada na engenharia pluvial urbana, conforme planilhas anexas, onde identifica-se os trechos, PVs, níveis, áreas de contribuição, precipitação, vazões e outras características resultantes das equações acima.

11. CANALIZAÇÃO ADOTADA:

Para a drenagem pluvial serão utilizados tubos de concreto pré-moldados de diâmetro 0,40 m, 0,80 m e 1,50 m, do tipo ponta-e-bolsa. Os de diâmetro de 0,40 m serão rejuntados com argamassa de cimento e areia e os tubos de 0,80 m a 1,50 m serão centrifugados e com juntas de anéis de borracha. Os tubos no passeio serão do tipo PS-2 e os na pista tipo PA-2.

Como no passeio haverá, na futura duplicação da Av. Brasil, redes de água, esgoto cloacal, internet, ramais, postes, entre outras, e para evitar escavações próximas as edificações, algumas

com idade avançada e fundações diretas, a canalização será dentro da pista. Deste modo viabiliza a utilização da pista atual para o desenvolvimento da execução e preserva parte do passeio para circulação de pedestres.

Para captação de águas serão instaladas caixas com bocas-de-lobo, no passeio e junto ao meio-fio, desaguando em caixas de inspeção (PVs) no alinhamento da rede pluvial.

Os ramais de esgoto pluvial das edificações serão captados por pequenos trechos com tubos de PVC-rígido ou PEAD corrugado, com caixas de passagem, caso necessário, e conduzidos até as bocas-de-lobo no passeio, devendo ser evitado a ligação destes ramais diretamente na rede na pista.

A canalização será segmentada em trechos, conforme planilha de cálculo, até o Arroio Schmidt, considerando a montante a vazão projetada para a futura obra de duplicação da Av. Brasil.

Existe em parte da Av. Brasil, em seu trecho a jusante, galeria de concreto antiga, que não será utilizada, mantendo-a para o escoamento de outras redes existente.

Outros desagues devem ser precedidos da inspeção e limpeza das redes existentes para proporcionar o perfeito funcionamento.

Outras redes existentes com condições de aproveitamento, ao longo da av. Brasil, poderão ser utilizadas para manejo de redes em obras ou desague de redes não previstas ou ainda para divisão do escoamento visando aliviar a rede projetada, ou conduzidas para as novas redes.

12. DISPOSITIVOS:

Serão utilizadas caixas bocas-de-lobo (BLs) e caixas de inspeção (CIs), com dimensões compatíveis as redes nelas inseridas, de alvenaria de pedras, blocos ou pré-moldadas de concreto, com fundo e tampa de concreto, tampas armadas, em alguns casos com tampão de ferro fundido para acesso e inspeção.

Para melhor planicidade das pistas as tampas serão niveladas pelo CBUQ, evitando saliências e degraus. A posição das caixas deverá ser locada em "as built" para a sua perfeita localização.

Nas extremidades junto ao arroio serão executadas alas de alvenaria de pedras, blocos ou pré-moldadas de concreto, ajustadas ao canal sem formar obstáculos.

13. ARROIO:

O escoamento do arroio está condicionado a declividade existente e consolidada, através de pontes e galerias existentes, que definem o perfil longitudinal, tendo ainda a jusante o Rio dos Sinos como receptor e cota final, não havendo a possibilidade de intervenções neste sentido.

Partindo de estudos hidrológicos com embasamentos teóricos que mais se aproximam da condição de chuva e escoamento do local, existe ainda o imponderável e as condições reais do sistema de escoamento das águas do Vale dos Sinos. O escoamento do arroio depende fundamentalmente das condições de escoamento do Rio dos Sinos, do Rio Guaíba e da Lagoa dos Patos, além das demais descargas que incidem sobre o sistema, tanto a montante como a jusante, podendo, ocasionalmente, os modelos teóricos não funcionarem adequadamente, havendo a possibilidade de inundações ocasionais, o que é uma característica desta região.

Outra situação a ser considerada é que o sistema de micro drenagem pluvial escoar em grande parte, com a extremidade das canalizações dentro da seção de escoamento do canal, ocorrendo o tamponamento do sistema, quando em cheias, e por consequência a inundação de algumas áreas a montante destas drenagens.

As galerias existentes, utilizadas como pontes, possuem paredes transversais a seção de escoamento do canal, o que acarreta em depósito de matérias que as águas carregam, embora teoricamente tenham seção de escoamento, comprometendo o funcionamento do sistema.

14. VOLUMES DOS SERVIÇOS:

Para os serviços de escavações, reaterros e escoramentos serão adotados os gabaritos tipo de projeto para cada diâmetro de tubulação, com largura e lastro padrão por altura variável média conforme perfil longitudinal de desenvolvimento dos segmentos de redes.

Nestas profundidades de escavações, além da profundidade de fundo de redes, será acrescida a espessura das paredes de tubos e lastro, descontando a camada de pavimentação cuja escavação está inserida na terraplenagem.

Serão as seguintes larguras de valas e envelope ou lastro adotadas por diâmetros:

Ø 0,40 m – 1,10 m – 0,70 X 0,10 m – lastro brita

Ø 0,80 m – 1,90 m – 1,20 X 0,10 m – lastro brita

Ø 1,50 m – 3,00 m – 2,00 X 0,10 m – lastro brita

Leandro Köche

engenheiro civil – crea rs 050576-D

rua bento gonçalves, 1396 / 12 - centro

93010-220 -são leopoldo-rs-f: 99978-5757

engkoche @ gmail.com

Estas medidas podem variar em função da natureza do terreno e condições de realização dos serviços.

Redes com diâmetros maiores que 0,60 m ou valas com profundidade superior a 1,50 m deverão ser escorados ou, no caso de diâmetros menores, quando a profundidade, tipo de material ou condições do entorno requererem.

Campo Bom-RS, 20 de Maio de 2026.

Documento assinado digitalmente
 LEANDRO KOCHE
Data: 20/05/2026 16:25:59-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

LEANDRO KÖCHE

eng. civil – crea/rs 050576-d