ESTUDO HIDROLÓGICO PARA PROJETO DE DRENAGEM URBANA

BAIRRO DE CEZARO – PALMITINHO/RS

DADOS DO EMPREENDIMENTO

MUNICÍPIO DE PALMITINHO-RS

CNPJ nº 87.612.909/0001-89

LOCAL: BAIRRO DE CEZARO

BACIA HIDROGRÁFICA: RIO URUGUAI

SUB BACIA: RIO DA VARZEA – U100

MICROBACIA: LAJEADO PALMITO

BRAZ ENGENHARIA LTDA
(55) 9 9602-8513 brazengenhariars@hotmail.com
Travessa Selvino Luiz Argenta, n° 20, Palmitinho/RS

1. APRESENTAÇÃO

O presente estudo tem o objetivo de estabelecer as condições técnicas e obter os elementos hidrológicos fundamentais no dimensionamento da obra de Drenagem Urbana, a ser instalada no BAIRRO DE CEZARO, perímetro urbano do Município de Palmitinho - RS, seguindo o Manual de Hidrologia Básica para Estruturas de Drenagem IPR – 715 do DNIT.

1.1 Localização da obra



Imagem 01: Localização do Município de Palmitinho no estado do RS. *Fonte: IBGE, 2025.*

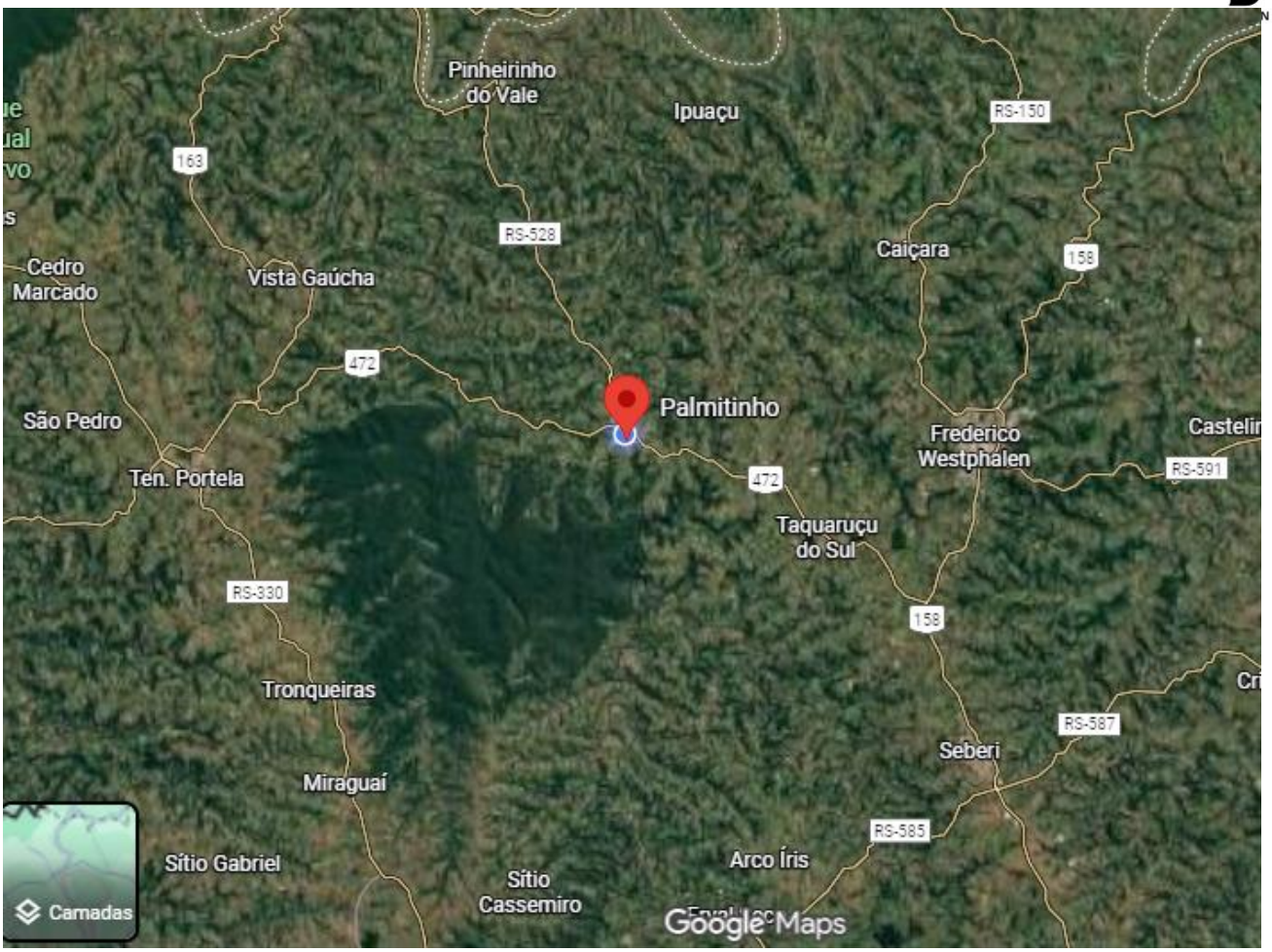


Imagem 02: Localização do Município de Palmitinho a nível regional. *Fonte: Google Maps, 2025*

O local de estudo se localiza mais precisamente no Bairro de Cezaro, no perímetro urbano do Município de Palmitinho, este localizado na região noroeste do RS, a aproximadamente 450 km de Porto Alegre. A região hidrográfica é do Rio Uruguai, Sub Bacia do Rio da Varzea.

1.2 Justificativa técnica

O presente estudo de drenagem urbana tem como finalidade avaliar e propor soluções para o escoamento das águas pluviais ao longo da vala de drenagem existente, situada no Bairro de Cezaro, no limite dos lotes. O referido canal serve para conduzir a água drenada do bairro e de trechos de rua adjacentes, inclusive do das ruas centrais da cidade.

A área apresenta características típicas de relevo ondulado, com declividades acentuadas e solos de textura argilosa, que dificultam a infiltração e favorecem o escoamento superficial concentrado.

Com o crescimento urbano e o consequente aumento das superfícies impermeáveis, vias pavimentadas, construções e áreas compactadas, o volume e a velocidade do escoamento superficial têm se elevado significativamente, ocasionando sobrecarga na vala existente, erosões marginais, assoreamento e risco de inundação em pontos baixos.

A implantação e adequação do sistema de drenagem urbana neste trecho justificam-se pela necessidade de restabelecer a eficiência hidráulica da vala, garantindo o escoamento seguro das águas pluviais e a proteção da infraestrutura viária e das propriedades adjacentes. Além disso, o dimensionamento do sistema deverá considerar o regime de chuvas característico da região, que apresenta precipitações intensas concentradas em curtos períodos.

O estudo hidrológico-hidráulico permite avaliar a capacidade de vazão da vala existente, definindo a necessidade de melhoria ou substituição por galerias pluviais, bueiros ou canais revestidos, conforme as condições locais de declividade, ocupação urbana e regime de chuvas.

Dessa forma, o sistema proposto busca:

- Evitar alagamentos e erosões;
- Reduzir o assoreamento dos corpos hídricos;
- Prolongar a vida útil do pavimento;
- Garantir o conforto e a segurança dos usuários da via;
- Assegurar o adequado desempenho ambiental da área urbana.

Assim, a drenagem urbana proposta constitui uma medida essencial de infraestrutura, com base em critérios técnicos e ambientais, visando à melhoria da qualidade de vida e à sustentabilidade do desenvolvimento urbano local.

Em resumo, o presente Estudo Hidrológico tem por objetivo caracterizar os aspectos físicos, hidrográficos e hidrológicos do local de estudo, buscando compreender o comportamento das águas superficiais e subterrâneas, a disponibilidade hídrica, o regime de drenagem e, principalmente a definição da parcela de precipitação que se transforma em

deflúvio, através de procedimentos matemáticos, para um correto dimensionamento da estrutura de drenagem.

1.3 Mapa de localização com coordenadas

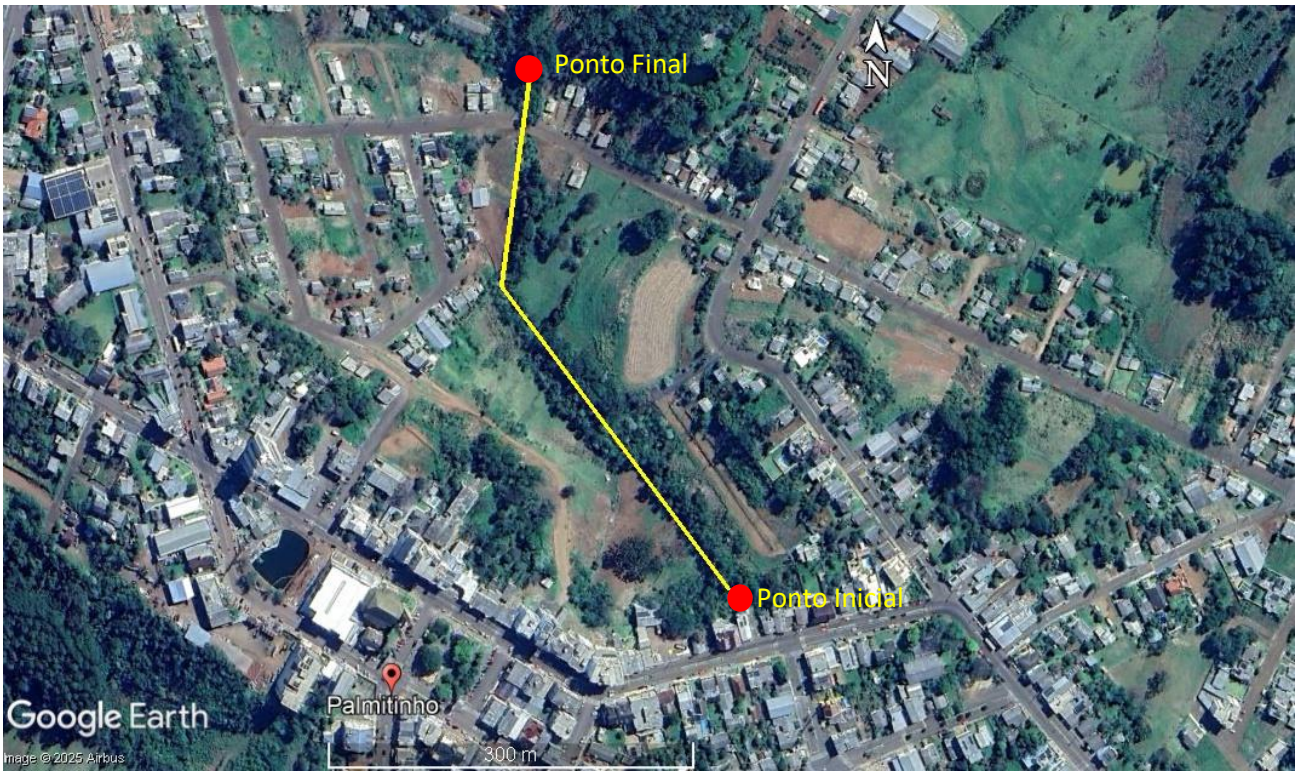


Imagem 03: Croqui de Localização do trecho. *Fonte: Google Earth Pró.*

As coordenadas geográficas do Ponto Inicial, através do *datum* SIRGAS 2000, considerando a zona 22J, expressas em graus decimais, são: Latitude -27.354856° e Longitude -53.555334° e do Ponto Final são: Latitude -27.351018° e Longitude -53.557089°.

2. ESTUDO HIDROLÓGICO E VERIFICAÇÃO HIDRÁULICA

O estudo é composto pelo cálculo da vazão máxima de projeto para o dimensionamento do sistema a ser utilizado. É apresentada também a localização e o traçado da bacia de contribuição.

2.1 Descrição das características da bacia hidrográfica

2.1.1 Nome do Rio e a bacia em que está inserido

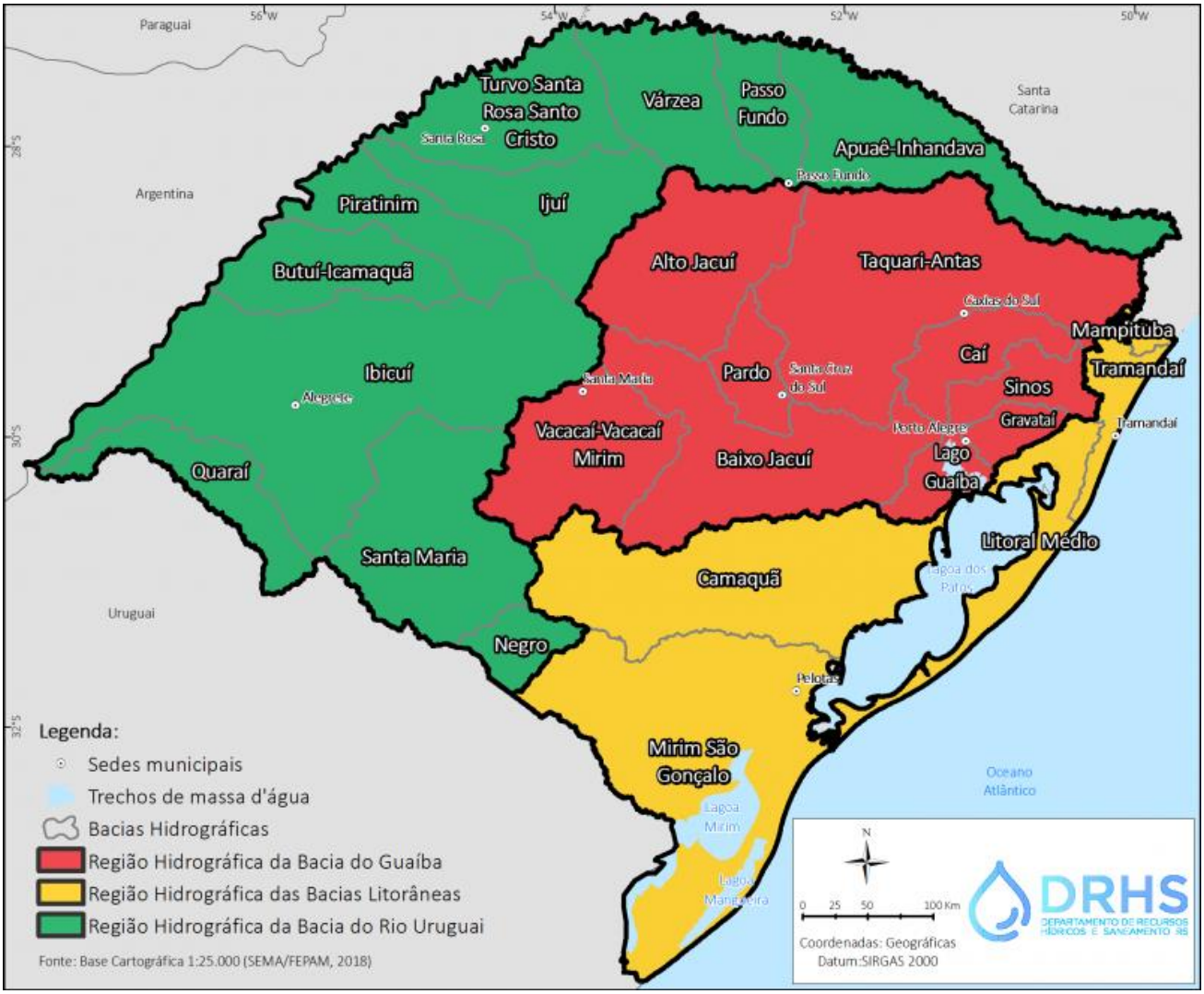


Imagem 04: Mapa das bacias hidrográficas, com destaque as Regiões Hidrográficas do RS. Fonte: SEMA-RS

O município de Palmitinho está inserido na Bacia Hidrográfica do Rio da Várzea (“U100”) da Região Hidrográfica do Rio Uruguai, no estado do Rio Grande do Sul. O centro da cidade de Palmitinho, sendo a área mais urbanizada, encontra-se na altitude mais elevada de seu território, drenando suas aguas pluviais para os bairros localizados nas partes com altitudes menores, ocasionando valas abertas de drenagem.

O rio mais próximo, destino final da agua drenada pela parte urbana, é denominado, segundo a carta do exército como Lajeado Palmito. Dessa forma, podemos dizer, que o local de estudo está inserido na Região Hidrográfica do Rio Uruguai, Bacia Hidrográfica do Rio da Várzea e Micro bacia do Lajeado Palmito.

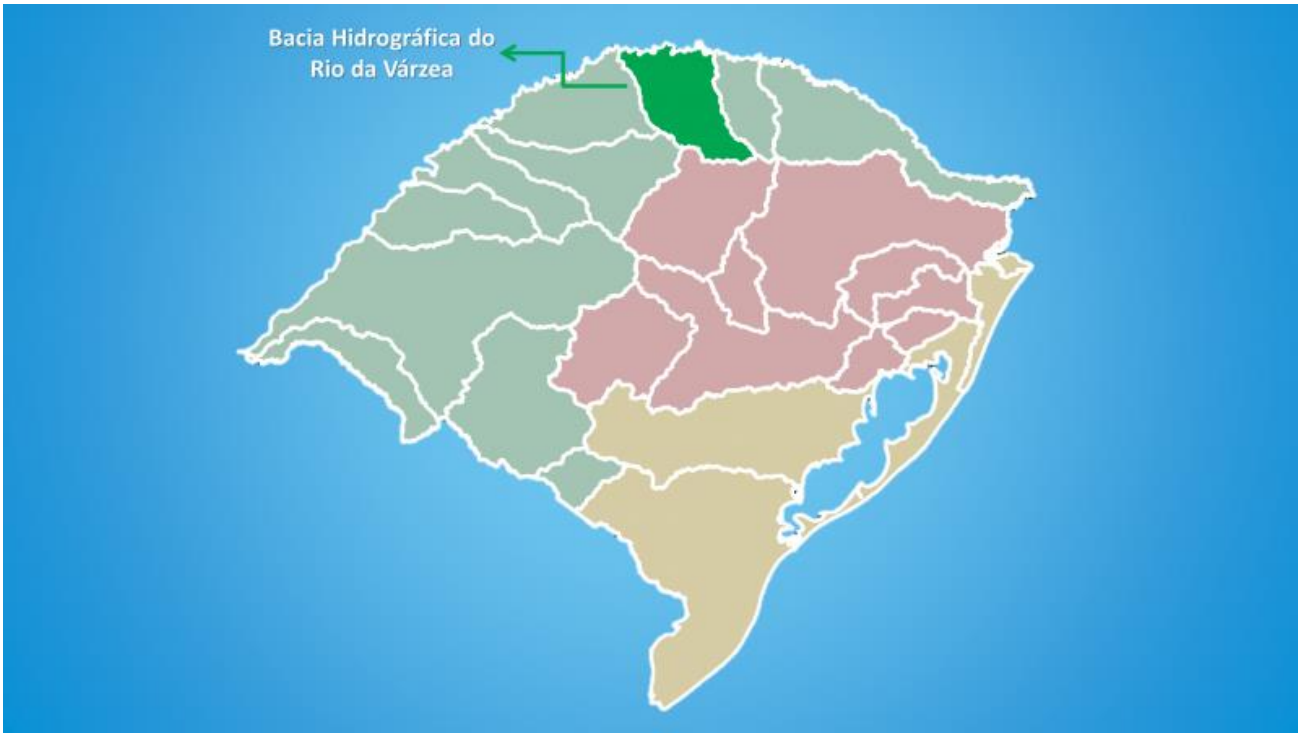


Imagem 05: Mapa de bacias do RS, com destaque pra bacia do Rio da Varzea.Fonte:SEMARS

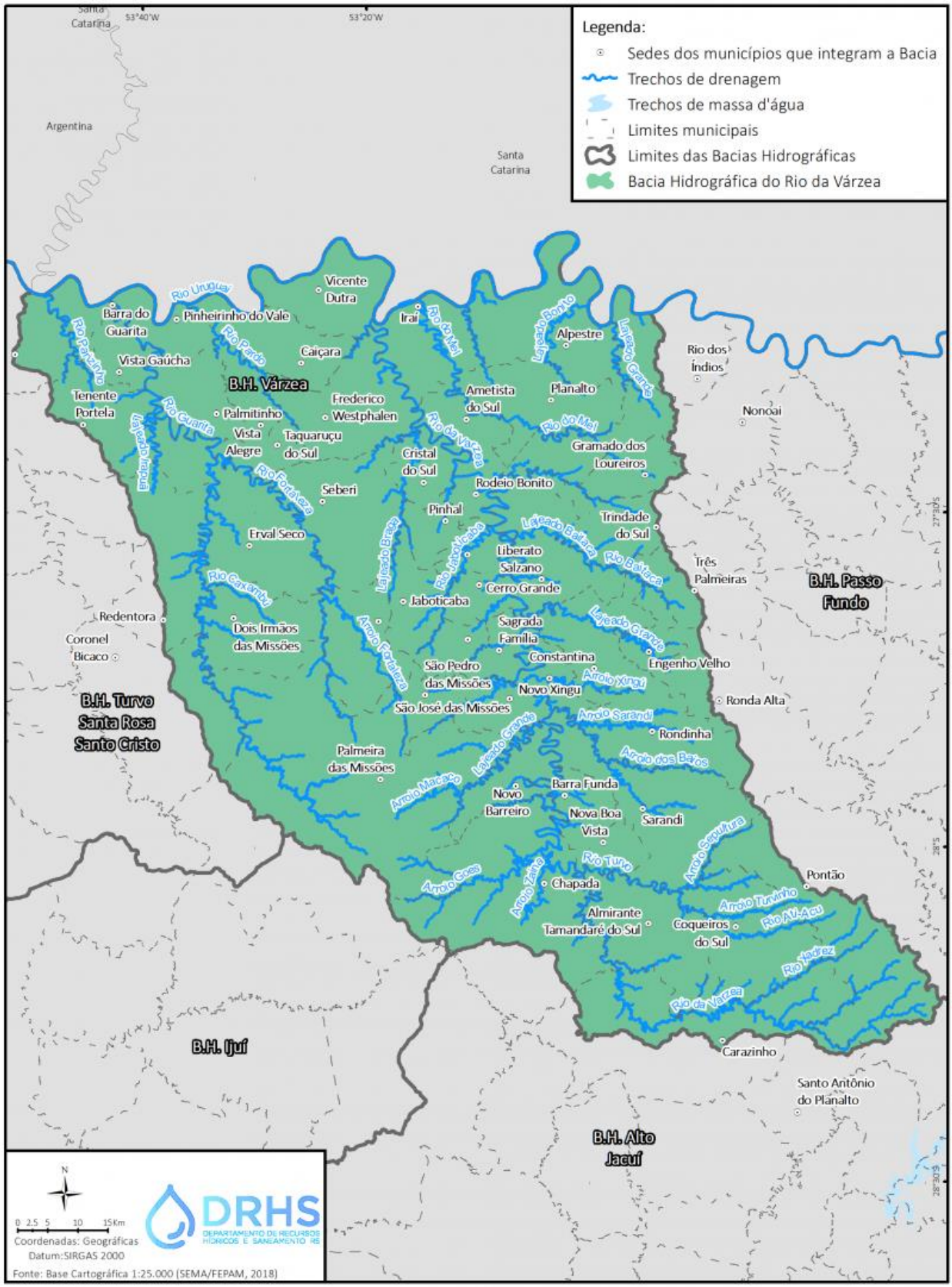


Imagem 06: Municípios que compõem a Bacia Hidrográfica do Rio da Várzea. Fonte: SEMA/RS

2.1.2 Área de drenagem

A área de drenagem constitui o espaço geográfico que contribui com o escoamento superficial das águas pluviais para um determinado ponto de saída, denominado exutório. No contexto urbano, a delimitação dessa área é fundamental para o dimensionamento adequado das obras de drenagem, uma vez que influencia diretamente as vazões de projeto e o comportamento hidrológico do sistema.

Para o presente projeto, a área de drenagem foi delimitada com base na topografia local, observando-se as cotas de terreno, os alinhamentos das vias e os pontos naturais de acumulação e escoamento. Foram considerados também os limites de contribuição de cada quadra e lotes adjacentes ao canal de drenagem do Bairro de Cezaro.

A caracterização da bacia de contribuição inclui a identificação do tipo de ocupação do solo, coeficiente de escoamento superficial, declividades médias e o tempo de concentração. Esses parâmetros são essenciais para a estimativa da vazão de pico através de métodos consagrados de cálculo, como o Método Racional, utilizado neste estudo.

A correta definição da área de drenagem e de suas características físicas permite projetar um sistema eficiente de captação e condução das águas pluviais, garantindo o adequado escoamento superficial e prevenindo problemas como alagamentos, erosões e danos à infraestrutura urbana.

A área de drenagem foi definida através do cruzamento de dados, incluindo o levantamento topográfico planialtimétrico, sobreposição de imagens de satélite e carta do exército, considerando toda a água que contribui para o canal de projeto, sendo definida uma área de aproximadamente 30,00 hectares ou 0,30km². A mesma apresenta e relevo variando de plano à altamente ondulado, com altitudes variando entre 520,00 metros em consideração ao nível do mar, no ponto mais alto da área, 500,00 metros no ponto inicial do projeto e 456,00 metros no ponto final do projeto, condizente com o desague no Lajeado Palmito.

O uso do solo da área de drenagem é misto, com predominância de área urbanizada, com residências, prédios comerciais e pavimentação implantadas.

2.1.3 Mapa da bacia de contribuição

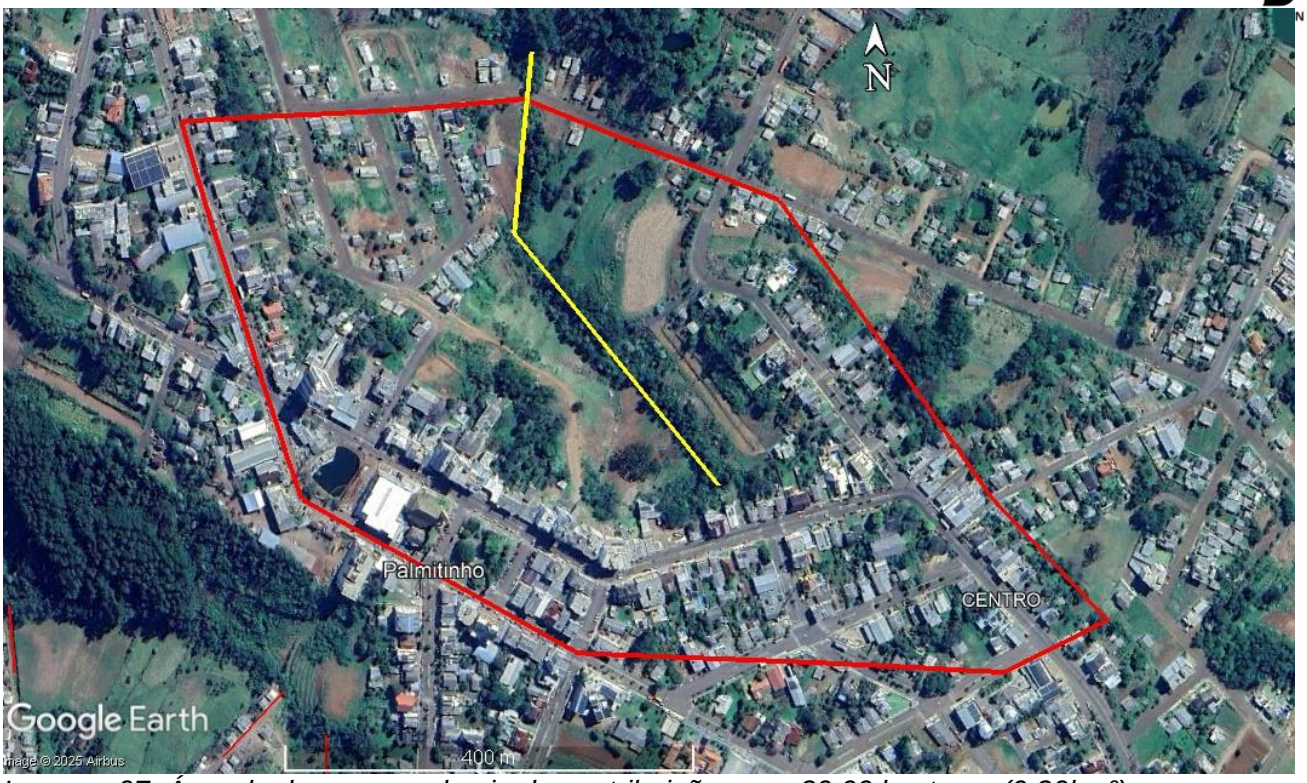


Imagem 07: Área de drenagem e bacia de contribuição, com 30,00 hectares (0,30km²).

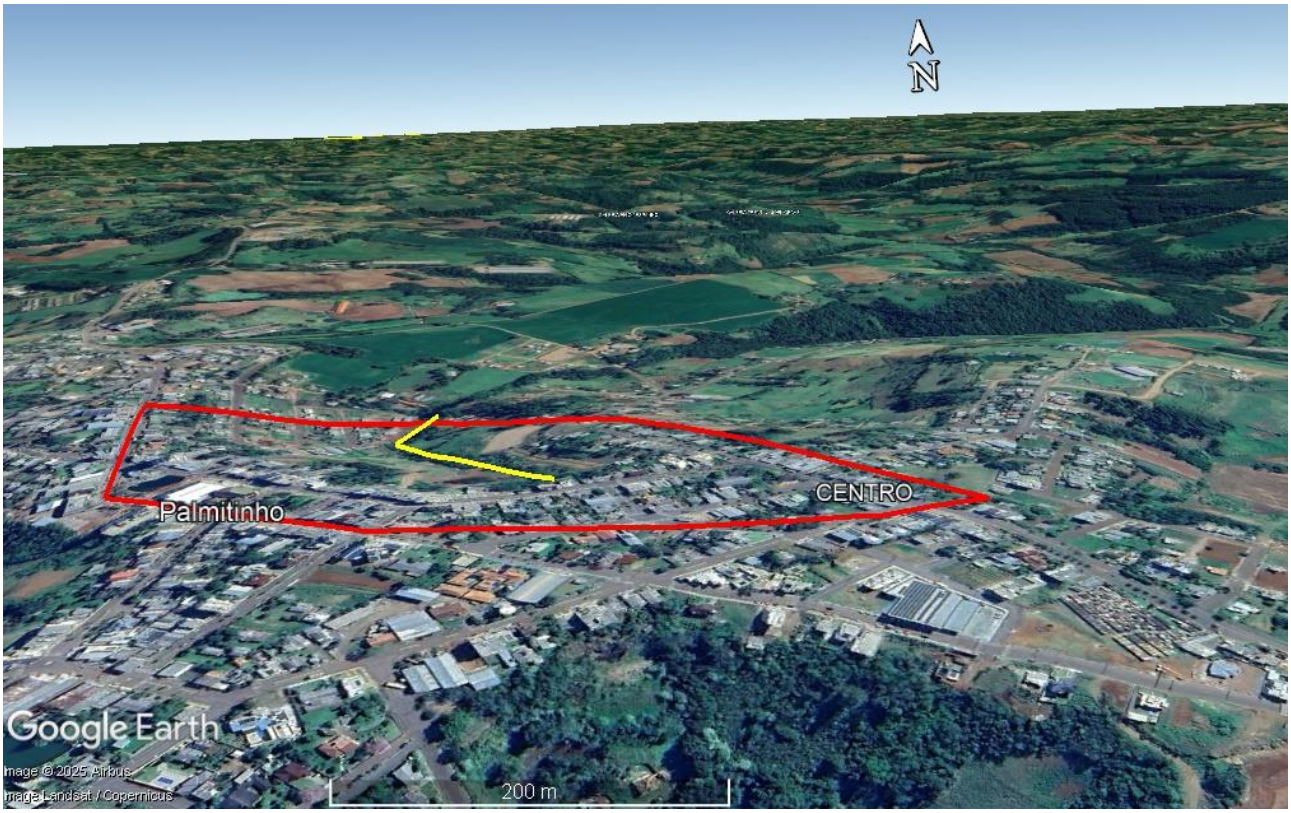


Imagem 08: Área de drenagem e bacia de contribuição, representando o relevo.

Conforme citado acima e visto nos mapas da área e bacia de contribuição, foi definida uma área de aproximadamente 30,00 hectares ou 0,30km² que contribui para o trecho da de projeto. A área apresenta relevo variando de plano à altamente ondulado, com altitudes variando entre 520,00 metros em consideração ao nível do mar, no ponto mais alto da área, 500,00 metros no ponto inicial do projeto e 456,00 metros no ponto final do projeto, condizente com o desague no Lajeado Palmito.

2.1.4. Comprimento do talvegue principal

O talvegue principal de uma bacia de drenagem é a linha que representa o percurso natural de menor cota (menor energia potencial) por onde as águas pluviais tendem a escoar naturalmente até o exutório da bacia. Em outras palavras, é o eixo do vale de drenagem, o caminho preferencial do escoamento superficial.

No caso de projetos de drenagem urbana, mesmo quando a área de estudo se restringe a uma rua ou trecho viário, é fundamental identificar o talvegue principal da microbacia contribuinte. Essa identificação permite compreender o comportamento do escoamento superficial e definir a localização adequada das bocas de lobo, sarjetas, galerias e dispositivos de dissipação**.**

A determinação do talvegue pode ser feita a partir de análise de levantamentos topográficos planialtimétricos (curvas de nível, cotas e declividades), observação in loco das direções de escoamento e pontos de acumulação, apoio em modelos digitais de terreno (MDT ou MDE)**,** quando disponíveis.

A partir da definição do talvegue, o sistema de drenagem é dimensionado para conduzir as águas pluviais de montante a jusante, até o ponto de descarga (exutório) — que pode ser uma galeria existente, um córrego, ou outro dispositivo de destino final.

No caso em estudo, o talvegue principal é a própria vala de drenagem, que coleta as aguas pluviais da parte central e conduz até o curso hídrico mais próximo, sendo ele o Lajeado Palmito.

Para o estudo em questão, o talvegue foi definido através do cruzamento de imagens de satélite e levantamento topográfico, definido como talvegue principal o próprio trecho do canal aberto de drenagem, **totalizando uma extensão de 474,00 metros**, iniciando na cota 500,00 metros, no ponto de coordenadas Latitude -27.354856° e Longitude -53.555334° e

tendo seu exutório na cota 456,00 metros, no ponto de coordenadas Latitude -27.351018° e Longitude -53.557089°.

2.1.5. Declividade

Para confecção do projeto de drenagem urbana, a compreensão das características topográficas e do relevo urbano-periférico é elemento fundamental para o correto dimensionamento das redes de condução.

Embora não haja publicação específica detalhando amplitudes altimétricas ou declividades urbanas de Palmitinho-RS, pode-se inferir, com base na topografia da região e nas imagens de satélite da cidade, que o relevo é levemente ondulado a ondulado, típico de áreas do Planalto Basáltico.

Para o dimensionamento do sistema de drenagem proposto, será considerado o perfil altimétrico da área de influência, a declividade média do trecho, a localização natural dos tratos de escoamento e a definição do talvegue principal.

A correta integração entre os elementos topográficos, a geometria da via e a rede de drenagem assegura o adequado manejo das águas pluviais, prevenindo acúmulos localizados e danos à infraestrutura viária.

Para obtermos a declividade média do talvegue, consideramos a diferença de nível do início do trecho até o ponto final de desague ou seja, o exutório. Para isso, temos como cota do ponto inicial, 500,00 metros e 456,00 metros no ponto final do projeto, condizente com o exutório.

Considerando o comprimento do talvegue de 474,00 metros, com declividade de 44,00 metros, tem-se uma **declividade de 9,28% ou 0,093m/m.**

2.1.6 Tempo de Concentração

O tempo de concentração em hidrologia é o tempo que a água leva para ir do ponto mais distante de uma bacia hidrográfica até o seu exutório (saída). É um parâmetro fundamental para calcular vazões de pico e projetar sistemas de drenagem e obras de arte, sendo influenciado por fatores como topografia, geologia, uso do solo e a natureza do escoamento.

O tempo de concentração de uma bacia hidrográfica é definido pelo tempo de percurso em que o deflúvio leva para atingir o curso principal desde os pontos mais longínquos até o local onde se deseja definir a descarga. Esse tempo caracteriza a forma do hidrograma unitário, sendo ainda definido pelo intervalo de tempo entre o início da precipitação e o instante em que todos os pontos da bacia estão contribuindo para a vazão e conseqüentemente é um fator importante na conformação e na descarga máxima da enchente de projeto.

Para chuvas com duração inferior ao tempo de concentração, somente os deflúvios de parte da bacia hidrográfica se somam para formar o hidrograma da enchente, enquanto que, para chuvas de duração maior que o tempo de concentração, os deflúvios de todas as partes da bacia estão contribuindo para a enchente, embora com o pico de cheia já atenuado.

Isto se deve ao fato das intensidades de chuvas para igual frequência decrescerem com a sua duração, assim as chuvas com durações próximas ao tempo de concentração da bacia fornecem maiores vazões para um determinado tempo de recorrência.

Em casos excepcionais, com bacias muito alongadas junto das cabeceiras, ou no trecho mais a jusante, e mais largas nas outras partes, o aumento do tempo de concentração ao longo das partes mais estreitas e sua consequente redução da intensidade de chuva de igual frequência não compensa o acréscimo de deflúvio proveniente dessas partes mais estreitas. Nesse caso convém comparar a enchente da parte mais larga da bacia isoladamente com a de toda a bacia, escolhendo a maior.

A determinação numérica do tempo de concentração depende primordialmente do comprimento do canal de drenagem principal e de sua declividade, embora alguns autores também expressem o tempo de concentração em função da área da bacia hidrográfica. Essa área não parece oferecer, no entanto, um efeito direto pronunciado sobre o tempo de concentração, além do fato de que áreas maiores correspondem normalmente a comprimentos maiores do curso d'água principal.

Normalmente considera-se que, nas pequenas bacias hidrográficas menores que 1 km^2, o deflúvio superficial escoa em grande parte do seu percurso sobre o terreno sem chegar aos canalículos ou pequenos cursos d'água e a velocidade de escoamento é

fortemente influenciada pela rugosidade do terreno, por sua cobertura vegetal e pelos detritos sobre o solo.

Conforme a extensão da bacia aumenta, passa a predominar o tempo em que o deflúvio superficial escoa através de leitos definidos nos cursos d'água, onde o tipo de solo e a vegetação têm menor influência do que a forma desses cursos.

Como nas bacias maiores, com áreas superiores a 8 km² , o deflúvio superficial escoa na maior parte do tempo através de canais ou canalículos erodidos no solo pela própria passagem da água, a textura superficial do solo, a permeabilidade e a cobertura vegetal têm efeito cada vez menos pronunciado sobre o tempo de concentração.

A magnitude da enchente numa mesma bacia influencia o tempo de concentração, pois a onda da enchente se propaga com maior velocidade num rio mais cheio, com maior profundidade, embora esse efeito não seja normalmente considerado devido à falta de dados mais confiáveis. Por outro lado, para as enchentes muito grandes, o amortecimento das pontas das enchentes, com o transbordamento pelas margens baixas, tende a aumentar o tempo de concentração.

A avaliação do tempo de concentração de uma bacia é bastante complexa, devido aos inúmeros condicionantes envolvidos, existindo uma grande variedade de expressões de cálculo, merecendo, por isso, grande atenção na sua determinação, pois influencia significativamente no resultado da descarga de projeto. De uma forma geral, para uma mesma bacia hidrográfica a descarga máxima calculada é proporcional ao inverso do tempo de concentração para ela considerado.

Existem numerosas fórmulas empíricas para calcular o tempo de concentração em função do comprimento (L) do curso principal, do desnível total (H) até as cabeceiras, e eventualmente da área (A), ou de outros parâmetros escolhidos. A maioria dessas fórmulas é restrita a áreas pequenas.

Para o tempo de concentração T_c em bacias pequenas/suburbanas é usual aplicar a fórmula empírica de **Kirpich** (adequada a microbacias rápidas), formula essa, indicada no Manual de Hidrologia do DNIT.

A fórmula do **Método Kirpich** é representada e aplicada a seguir:

$$T_c = 0{,}0195 \times L^{0{,}77} \times S^{-0{,}385}$$

Cálculo:

$Tc = 0{,}0195 \times 474^{0{,}77} \times 0{,}09^{-0{,}385}$

Tc = **7,93 minutos**

Assim, o **tempo de concentração calculado é de aproximadamente 7,93 minutos**.

2.2 Intensidade de Chuva

2.2.1 Apresentação dos postos pluviométricos que foram utilizados no estudo

Para o desenvolvimento do presente estudo hidrológico, foi necessária a utilização de dados pluviométricos representativos da região de Palmitinho (RS). Esses dados foram obtidos a partir de postos pluviométricos e pluviográficos operados por órgãos oficiais, como o Instituto Nacional de Meteorologia (INMET) e o Serviço Geológico do Brasil (SGB/CPRM)**,** disponíveis no Banco de Dados Hidrometeorológicos da Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico (ANA)**.**

Os postos foram selecionados considerando os seguintes critérios:

- Proximidade geográfica em relação à área de estudo (Palmitinho/RS);
- Séries históricas contínuas e consistentes de precipitação diária;
- Semelhança climática e topográfica com a bacia analisada.

A Tabela 1 apresenta a relação dos principais postos pluviométricos utilizados e suas características básicas.

Nº	Posto Pluviométrico	Código ANA	Município	Distância até Palmitinho (km)	Operador	Período de Dados Utilizado
1	Frederico Westphalen	02949014	Frederico Westphalen	~22 km	ANA / INMET	1975–2024
2	Tenente Portela	02949010	Tenente Portela	~30 km	ANA / INMET	1973–2024

Nº	Posto Pluviométrico	Código ANA	Município	Distância até Palmitinho (km)	Operador	Período de Dados Utilizado
3	Iraí	02949005	Iraí	~28 km	ANA / SGB	1970–2024
4	Palmitinho (Posto Experimental)	02949017	Palmitinho	—	ANA	1980–2005 (intermitente)

Fonte: Banco de Dados Hidrometeorológicos da ANA (Hidroweb, 2024); INMET (2024); CPRM (2024).

Os postos acima foram escolhidos por apresentarem séries históricas confiáveis e proximidade espacial com a bacia estudada, permitindo a obtenção de dados de precipitação representativos para o cálculo das chuvas de projeto e para a calibração dos parâmetros hidrológicos.

Como o posto localizado diretamente em Palmitinho apresenta dados intermitentes e períodos com falhas, optou-se por complementar a análise com os postos vizinhos de Frederico Westphalen e Iraí, cujos registros apresentam maior continuidade temporal e características climáticas semelhantes, ambos inseridos na mesma região hidrográfica do Uruguai.

Os dados foram tratados estatisticamente com o objetivo de eliminar inconsistências e lacunas, garantindo maior confiabilidade às estimativas das chuvas intensas e à determinação do tempo de retorno dos eventos analisados.

2.2.2 Apresentação do processamento dos dados pluviométricos

O processamento dos dados pluviométricos teve como objetivo principal garantir a consistência, homogeneidade e representatividade das séries históricas de precipitação utilizadas no estudo. Essa etapa foi essencial para a obtenção de resultados confiáveis na determinação das chuvas de projeto e na análise hidrológica da bacia**.**

Os dados de precipitação foram obtidos junto ao Banco de Dados Hidrometeorológicos da Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico (ANA) **—**

https://www.snirh.gov.br/hidroweb — e complementados por registros do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET)**.** Foram considerados os postos localizados em Frederico Westphalen, Tenente Portela, Iraí e Palmitinho (experimental), por apresentarem as séries mais representativas e com menores falhas para a região de estudo.

Após o levantamento, os dados brutos passaram por uma etapa de verificação e consistência, que envolveu:

- Eliminação de valores inconsistentes (chuvas negativas ou superiores a 400 mm/dia, consideradas erros de digitação ou leitura);
- Preenchimento de falhas por meio de método de ponderação regional (razão normal), utilizando dados dos postos vizinhos;
- Conversão de unidades para milímetros e organização das séries em planilhas anuais padronizadas;
- Análise de continuidade temporal**,** verificando a presença de séries históricas com pelo menos 20 anos de dados completos.

As séries de precipitação anual máxima foram submetidas a análises estatísticas para determinação das chuvas intensas de diferentes tempos de retorno (T)**.** O processamento incluiu:

- Cálculo da precipitação máxima anual (Pmáx**)** para cada estação;
- Ajuste de distribuição de probabilidade (principalmente Gumbel de valores extremos);
- Cálculo dos parâmetros de posição e escala da distribuição;
- Determinação das precipitações associadas a tempos de retorno de 2, 5, 10, 25, 50 e 100 anos**.**

Os resultados obtidos foram posteriormente ajustados para gerar a equação de Intensidade–Duração–Frequência (IDF) representativa da região.

Para garantir coerência espacial entre os postos, foi realizada uma análise de consistência regional, comparando os valores máximos anuais obtidos e as intensidades médias entre os postos vizinhos. Diferenças superiores a 20% foram analisadas individualmente e, quando necessário, corrigidas por meio de ponderação com base na distância entre estações.

Ao final do processamento, os dados consistidos permitiram a determinação da chuva de projeto para o tempo de concentração da bacia (≈ 6,8 minutos), servindo de base

para o cálculo da vazão de pico de escoamento e para o dimensionamento das estruturas de drenagem**.**

2.2.3 Coeficiente de escoamento (C)

O coeficiente de escoamento superficial (C) representa a fração da precipitação que contribui diretamente para o escoamento superficial em uma bacia hidrográfica. Esse parâmetro é fundamental para o cálculo do escoamento direto e da vazão de pico, influenciando diretamente o dimensionamento de obras de drenagem e estruturas hidráulicas.

Tabela 01 - Coeficiente de Escoamento Superficial / Run-Off (Adaptada do Manual de Hidrologia Básica do DNIT-2005)

DESCRIÇÃO DAS ÁREAS DAS BACIAS TRIBUTÁRIAS	**COEFICIENTE DE DEFLÚVIO "c"**
Comércio:	
Áreas Centrais	0,70 a 0,95
Áreas da periferia do centro	0,50 a 0,70
Residencial:	
Áreas de uma única família	0,30 a 0,50
Multi-unidades, isoladas	0,40 a 0,60
Multi-unidades, ligadas	0,60 a 0,75
Residencial (suburbana)	0,25 a 0,40
Área de apartamentos	0,50 a 0,70
Industrial:	
Áreas leves	0,50 a 0,80
Áreas densas	0,60 a 0,90
Parques, cemitérios	0,10 a 0,25
Playgrounds	0,20 a 0,35
Pátio e espaço de serviços de estrada de ferro	0,20 a 0,40
Terrenos baldios	0,10 a 0,30
TIPO DE SUPERFÍCIE	**COEFICIENTE DE DEFLÚVIO "c"**
Ruas:	
Asfalto	0,70 a 0,95

Concreto	0,80 a 0,95
Tijolos	0,70 a 0,85
Trajetos de acesso a calçadas	0,75 a 0,85
Telhados	0,75 a 0,95
Gramados; solos arenosos:	
Plano, 2%	0,05 a 0,10
Médio, 2 a 7%	0,10 a 0,15
íngreme, 7%	0,15 a 0,20
Gramados; solo compacto:	
Plano, 2%	0,13 a 0,17
Médio, 2 a 7%	0,18 a 0,22
Íngreme, 7%	0,15 a 0,35

Com base na tabela de Coeficiente de Escoamento Superficial / Run-Off do Manual de Hidrologia Básica do DNIT-2005, levando em consideração as características da área de estudo, podemos definir um coeficiente de escoamento C=0,30.

Este valor reflete que aproximadamente 30% da precipitação contribui para o escoamento superficial imediato, enquanto o restante infiltra no solo ou é retido pela vegetação. A adoção de C = 0,30 garante uma estimativa conservadora do escoamento**,** compatível com o perfil da bacia de estudo, sendo ela constituída por uma boa parte da área coberta por vegetação e uma parte por área urbanizada, podendo ser definida como característica suburbana.

2.2.4 Tempo de Retorno (TR)

O tempo de retorno (TR) é um parâmetro hidrológico que representa a frequência estatística com a qual um evento de determinada intensidade ou vazão pode ocorrer. Ele é definido como o intervalo médio de tempo esperado entre a ocorrência de eventos iguais ou superiores a um determinado valor.

Para o dimensionamento de pontes e estruturas hidráulicas críticas, recomenda-se a adoção de um tempo de retorno de 100 anos (TR = 100 anos), conforme normas brasileiras de drenagem e pontes rodoviárias (DNIT, 2018; ABNT NBR 11682:2010). Este critério visa

garantir segurança estrutural e reduzir riscos de danos em eventos extremos, considerando o caráter permanente das obras e a proteção à vida e ao patrimônio.

O Manual de Hidrologia Básico do DNIT recomenda um TR de 10 a 20 anos para dimensionamento de Drenagem de Rodovias, já para drenagem urbana, pode ser utilizado um TR de 5 a 10 anos. Como o local de projeto é um misto entre drenagem de vias urbanas, área residencial e parte com vegetação, o técnico que irá projetar o sistema poderá fazer a definição, considerando um melhor custo benefício.

2.2.5 Equação IDF da região

A equação de Intensidade-Duração-Frequência (IDF) é de suma importância, pois é a ferramenta fundamental para o planejamento e dimensionamento de projetos de obras hidráulicas. Ela permite caracterizar as chuvas intensas de uma localidade, o que é essencial para prevenir inundações e alagamentos. Define a "chuva de projeto", que é o evento de precipitação (com uma determinada intensidade, duração e frequência ou tempo de retorno) para o qual uma estrutura de engenharia é projetada para funcionar adequadamente.

A equação IDF relaciona três variáveis hidrológicas cruciais, baseadas em dados pluviométricos históricos de uma região:

Intensidade (I): A quantidade de chuva por unidade de tempo (mm/h).

Duração (D): O período de tempo em que a chuva ocorre (minutos ou horas).

Frequência (F): A probabilidade de um evento de chuva de determinada intensidade e duração ocorrer em um dado ano, geralmente expressa como o tempo de retorno (em anos).

Para o projeto em questão, usou-se a equação:

$$i = \frac{aT^b}{(t+c)^d}$$

2.2.6 Cálculo da intensidade (i)

O Ano hidrológico de 2023/2024 foi marcado por chuvas extremas no município de Palmitinho, bem como em toda a região, com volumes históricos superiores a 200 mm em 24 h (dados do INMET e CEMADEN).

Esse evento deve ser analisado como uma chuva observada e usado para verificar a coerência da equação IDF (se ela subestima ou superestima o evento), além de ajustar o tempo de retorno equivalente para o evento real.

Para o cálculo da intensidade da chuva de projeto, foram usados os dados o posto de medição mais próximo de Palmitinho/ RS, sendo ele o posto com código nº 02949014 da ANA (Agencia Nacional das Águas), localizado no município de Frederico Westphalen/ RS. Os dados utilizados estão disponíveis do site oficial da ANA.

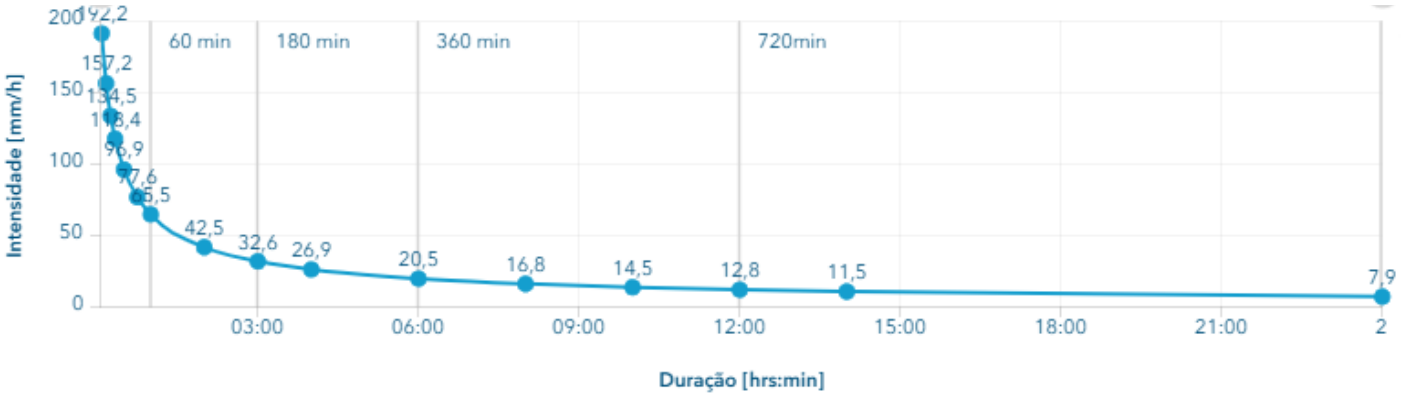
$$i = \frac{aT^b}{(t+c)^d}$$

Coeficientes do local:

Fator a	704,37518
Fator b	0,12863
Fator c	10,00581
Fator d	0,69832

Levando em consideração o tempo de concentração da bacia, os coeficientes definidos para a região e o período de retorno de 20 anos, a intensidade definida foi de **i=143,1 mm/h**

Representação da Curva IDF para a região de Palmitinho:



2.3 Cálculo da Vazão Máxima

A escolha entre o Método Racional e o HUT-SCS (Hidrograma Unitário Triangular do Soil Conservation Service) para o cálculo da vazão máxima de uma bacia hidrográfica depende fundamentalmente das características da bacia (principalmente o tamanho da área de drenagem) e da disponibilidade de dados.

O Método Racional possui aplicação ideal para pequenas bacias hidrográficas, geralmente com áreas de drenagem de até 2 km² (algumas referências estendem até 4 km²). É amplamente utilizado em projetos de microdrenagem urbana.

A vantagem principal desse método é ser um método simples, fácil de entender e aplicar, e requer um conjunto de dados menos complexo (área, coeficiente de escoamento superficial (run-off) e intensidade de chuva).

Em contrapartida, a desvantagem é que assume uma distribuição uniforme de chuva no tempo e no espaço, e não considera perdas iniciais ou a umidade antecedente do solo. Para áreas maiores, pode levar a superdimensionamentos da vazão, pois suas simplificações tornam-se menos precisas.

O Método HUT-SC possui aplicação ideal para bacias de tamanho médio a grande, sendo aplicado para áreas de 2 km² a 5.000 km². É adequado para bacias rurais ou com ocupação mista e projetos que requerem uma análise mais detalhada do processo chuva-vazão.

A vantagem principal é que é um modelo chuva-vazão mais robusto, que considera fatores intervenientes da bacia como o tipo e uso do solo (através do Número de Curva - CN), a forma da bacia e a distribuição temporal da chuva, resultando em estimativas mais precisas do hidrograma completo (vazão de pico, tempo de ascensão e tempo de base).

A única desvantagem de uso é requerer mais parâmetros e dados para sua aplicação, como o uso de softwares de SIG (Sistemas de Informações Geográficas) para extrair características fisiográficas detalhadas da bacia (como o MDE - Modelo Digital de Elevação).

Em resumo, o HUT-SCS é geralmente considerado um método mais apropriado para bacias medias a grandes, enquanto o Método Racional é uma ferramenta mais recomendada para bacias muito pequenas.

Considerando os dados da bacia de estudo, definiu-se que o mais apropriado é a utilização do **Método Racional.**

Formula do Método Racional: **Q = 0,278 x C x I x A**

Onde:

Q: Vazão máxima de projeto em m³/s;

C: Coeficiente de escoamento ou coeficiente de run-off, obtido de tabelas específicas para o tipo de cobertura do solo da bacia;

I: Intensidade da precipitação em mm/h;

A: Área da bacia hidrográfica em km².

Substituindo os valores temos:

Q = 0,278 x 0,3 x 143,1 x 0,30

Q = 3,58m³/s

Desta forma, temos uma vazão máxima de projeto igual a **3,58m³/s.**

2.4 Verificação hidráulica

Para o estudo das características do escoamento junto a estrutura diversos métodos e abordagens podem ser empregados, desde simulações em escoamento variado, ou simulações hidráulicas mais detalhadas.

O método escolhido para a verificação hidráulica foi o padrão de **Manning para conduto fechado**, sendo que para conduto circular cheio a velocidade média é:

$$V = \frac{1}{n} R^{2/3} S^{1/2}, \quad \text{onde } R = \frac{D}{4}$$

$$A = \frac{\pi D^2}{4}.$$

Portanto a vazão (cheia) é:

$$Q = A\,V = \frac{\pi D^2}{4} \cdot \frac{1}{n} \left(\frac{D}{4}\right)^{2/3} S^{1/2}.$$

Rearranjando e isolando D obtém-se uma fórmula para o diâmetro requerido:

$$D = \left(\frac{Q}{C_0\sqrt{S}}\right)^{3/8}, \quad \text{com } C_0 = \frac{\pi}{4}\frac{1}{n}4^{-2/3}.$$

2.4.1 Apresentar os resultados da verificação hidráulica

Através do cálculo, usando **3,58m³/s**, obtém-se:

Diâmetro calculado:

D= 770mm ou 0,77m

Velocidade correspondente (conduto cheio):

V=7,7m/s

Dessa forma, o projetista deverá calcular a velocidade por trecho de tubulação, definindo o diâmetro comercial por trecho.

Observação: o diâmetro teórico necessário é **0,77 m**. Como tubos comerciais e de concreto normalmente são escolhidos entre diâmetros padronizados, adota-se o próximo diâmetro comercial maior (para segurança hidráulica e estrutural).

Além disso, no dimensionamento da rede, deverá ser considerado que os valores definidos são para conduto cheio, sendo que a velocidade do trecho será muito alta, sendo V=7,7m/s, podendo ocorrer desgaste no sistema, recomenda-se **aumentar o diâmetro** e operar o coletor em regime **parcial (não cheio).**

3. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Com base nas informações apresentadas nesse estudo hidrológico / hidráulico, entende-se que o canal aberto em solo, da forma com que se encontra, não apresenta as condições ideias para a efetiva e segura drenagem da área urbana do bairro onde está localizada e da área urbana do centro da cidade que contribui para o mesmo, devendo-se portanto, projetar a tubulação fechada para condução, evitando a erosão das laterais e o

afundamento da vala, protegendo assim, a infraestrutura urbana e as residências próximas ao local.

3.3 Ferramentas empregadas

Auto Cad, Métrica Topo, Google Earth Pró, Hidro Web

3.4 Referências utilizadas

DNIT IPR 715. *Manual De Hidrologia Básica Para Estruturas De Drenagem,* IPR 715, 2005.

Usda – Soil Conservation Service (SCS). *Urban Hydrology for Small Watersheds*, TR-55, 1986.

Manning, R. *On the Flow of Water in Open Channels and Pipes*, 1891.

DNIT 197/2019 – PRO. *Dimensionamento de Obras de Drenagem Superficial*, 2019.

Porto, R. M. *Hidrologia Aplicada*. Ed. USP,1999.

Tucci, C. E. M**.** *Hidrologia: Ciência e Aplicação.* ABRH, 2004

Palmitinho – RS, 12 de novembro de 2025

Responsável Técnica LUANA MARIA ELOY:03382270080 Assinado de forma digital por LUANA MARIA ELOY:03382270080 Dados: 2025.11.13 21:11:57 -03'00'

Luana Maria Eloy
Engenheira Civil
CREA RS244471