



**INDIANÓPOLIS - PR, MAIO DE 2023**

REF.: Encaminhamento de Projeto

**PAVIMENTAÇÃO ASFÁLTICA**  
**NA ESTRADA SÃO JOÃO - INDIANÓPOLIS/PR**

Vimos através do presente encaminhar Projetos de Implantação Pavimento para devida aprovação e autorização de licitação.

Sem mais para o momento, antecipamos nossos agradecimentos e colocamo-nos a disposição para os esclarecimentos que se fizerem necessários.

Atenciosamente.

---

**JULIANO TREVISAN CORDEIRO**  
**Prefeito do Município de INDIANÓPOLIS-PR**



## **ESTUDO HIDROLOGICO E PROJETO DE DRENAGEM**

### **PAVIMENTAÇÃO ASFÁLTICA** **NA ESTRADA SÃO JOÃO - INDIANÓPOLIS/PR**

#### **Responsáveis Técnico:**

- **Eng. Civil: Eng. Carlos E. F. Martins - CREA-PR: 151.971/D**
- **Eng. Civil: Mauricio Nunes – CREA-PR: 176.189/D**



## **ESTUDO HIDROLOGICO**

### **INTRODUÇÃO**

Os Estudos Hidrológicos têm como objetivo estabelecer o regime pluviométrico e climático da região na qual está inserido o projeto, definir as vazões para dimensionamento das estruturas hidráulicas que compõem o sistema de drenagem e complementarmente subsidiar o planejamento para implantação da obra.

### **ELEMENTOS DE REFERÊNCIA**

Relacionam-se a seguir, elementos usados como referência para elaboração deste documento:

- Localização do trecho ESTRADA SÃO JOÃO – INDIANÓPOLIS-PR, arquivo.kmz;
- Projeto Executivo – Projeto de Terraplenagem – Seções Transversais ao longo do projeto;
- Planta de locação de sondagens a trado e percolação;
- Resultados de sondagens a trado e percolação e Investigações executadas em Junho de 2022;
- Mapas e Trabalhos Regionais:
  - Atlas Geomorfológico do Estado do Paraná – Mineropar (2006);
  - Atlas Geológico do Estado do Paraná – Mineropar (2001);
  - Atlas Climático do Estado do Paraná – IAPAR (2019);
  - Mapa Geológico do Estado do Paraná – 1:650.000 – Mineropar (2006);
  - Mapa de Solos do Paraná – 1:50.000 – ITCG (2006).
- Coletânea das equações de chuva no Brasil – Aparecido Vanderlei Festi

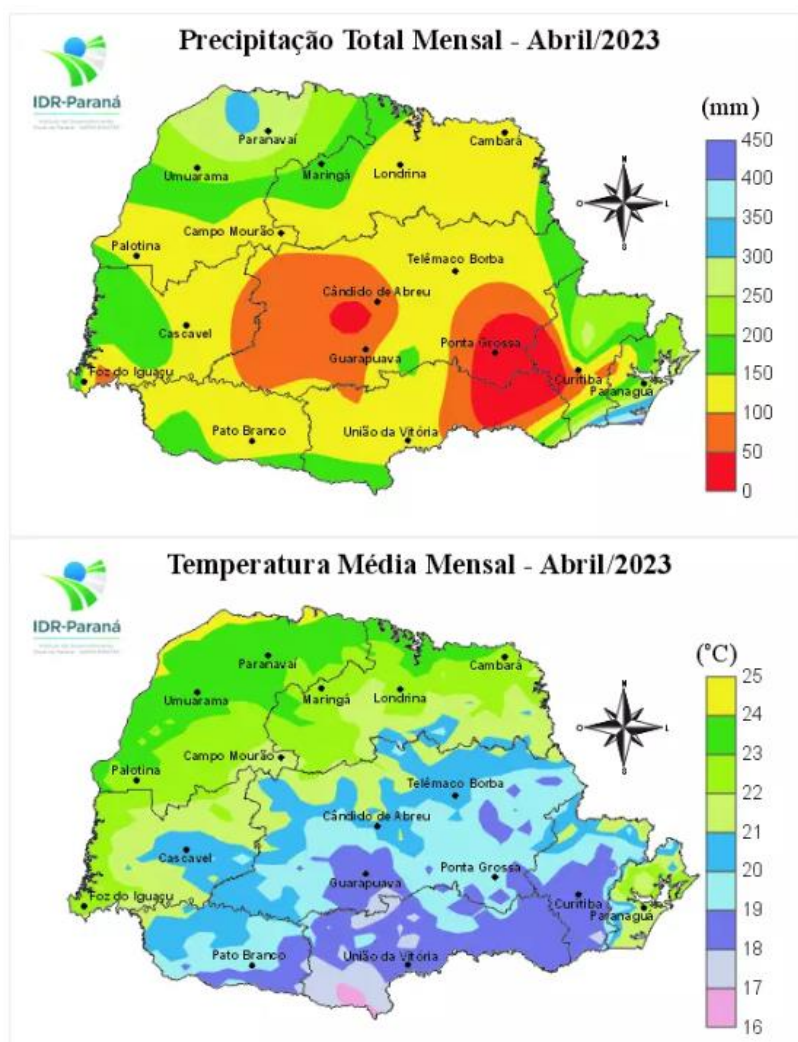
### **BACIAS HIDROGRÁFICAS**

Para a identificação dos cursos d'água, delimitações das bacias hidrográficas e delimitações das áreas de drenagem, foram utilizadas as cartas topográficas.



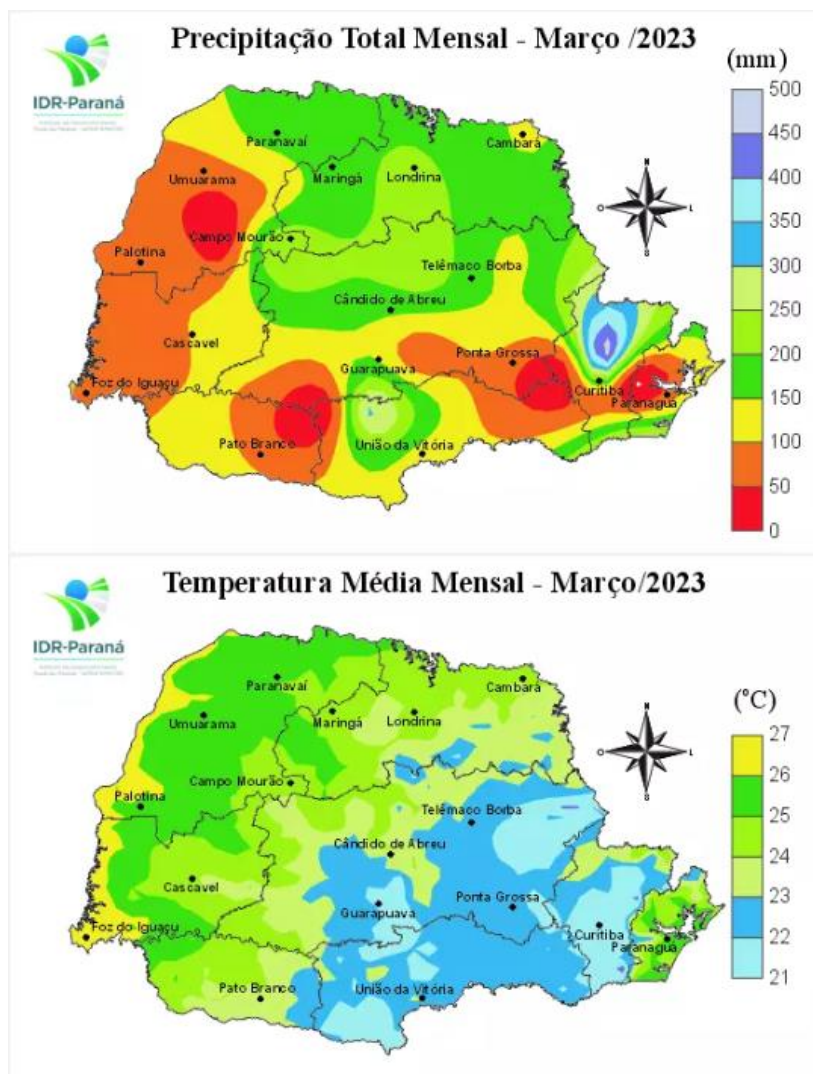
Os dados hidro meteorológicos de interesse foram obtidos através da “Sistema de Informações Hidrológicas – SIH” da Secretaria do AGUASPARANÁ - Instituto das Águas do Paraná.

**Mapa de precipitação mensal x Mapa de temperatura média mensal:  
Abril/2023.**



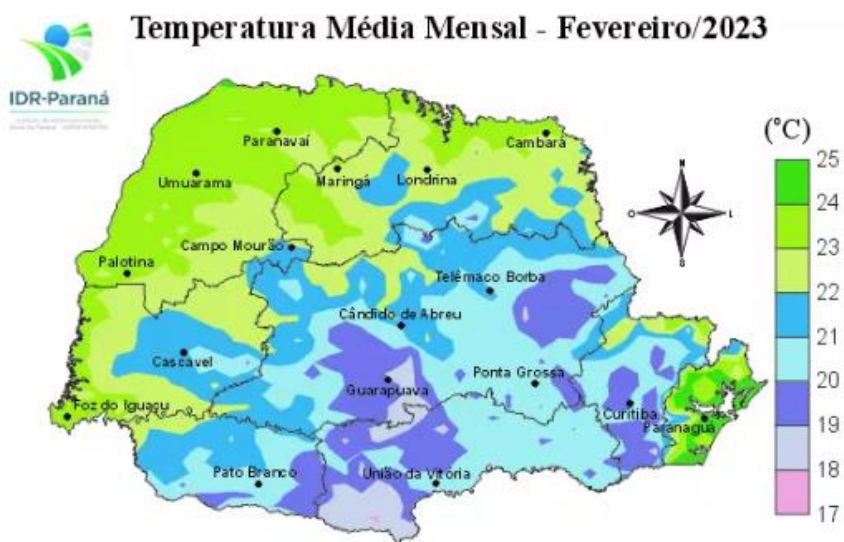
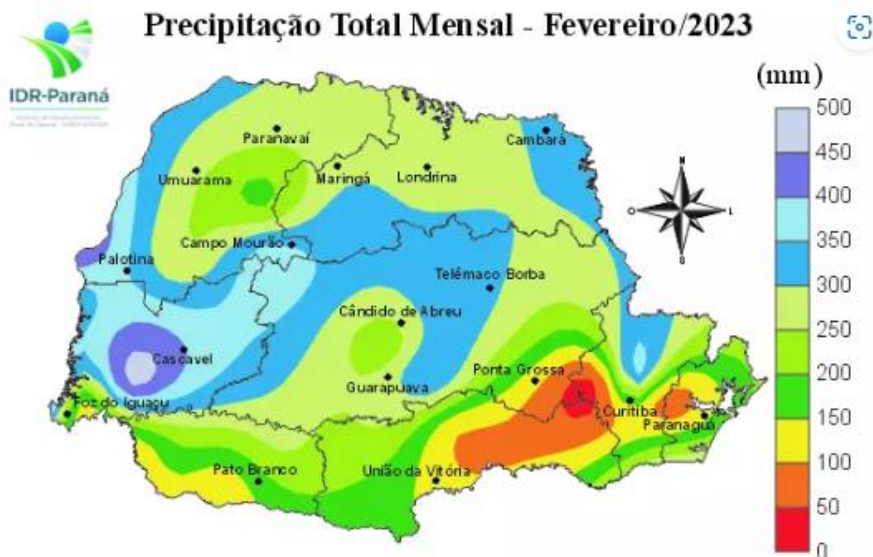


## Mapa de precipitação mensal x Mapa de temperatura média mensal: Março/2023





## Mapa de precipitação mensal x Mapa de temperatura média mensal: Fevereiro/2023



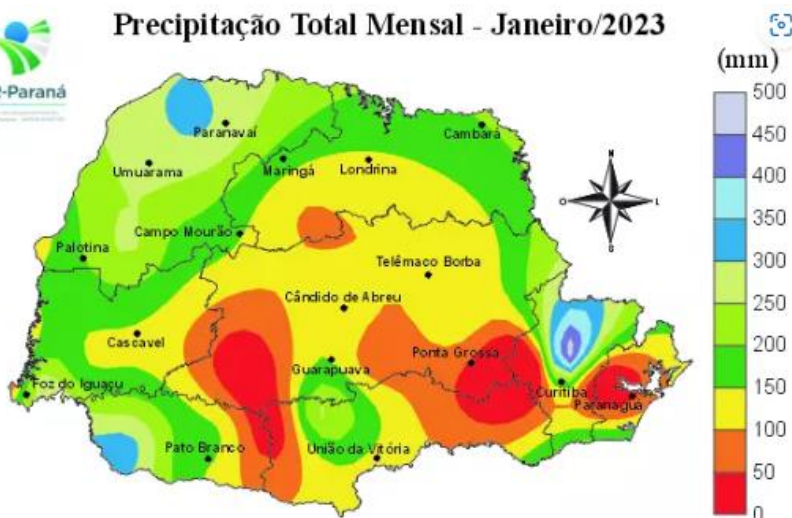




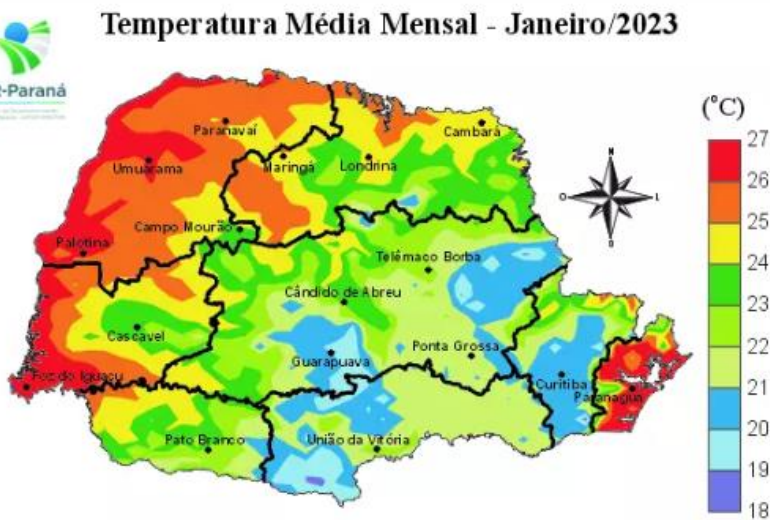
## Mapa de precipitação mensal x Mapa de temperatura média mensal: Janeiro/2023



### Precipitação Total Mensal - Janeiro/2023

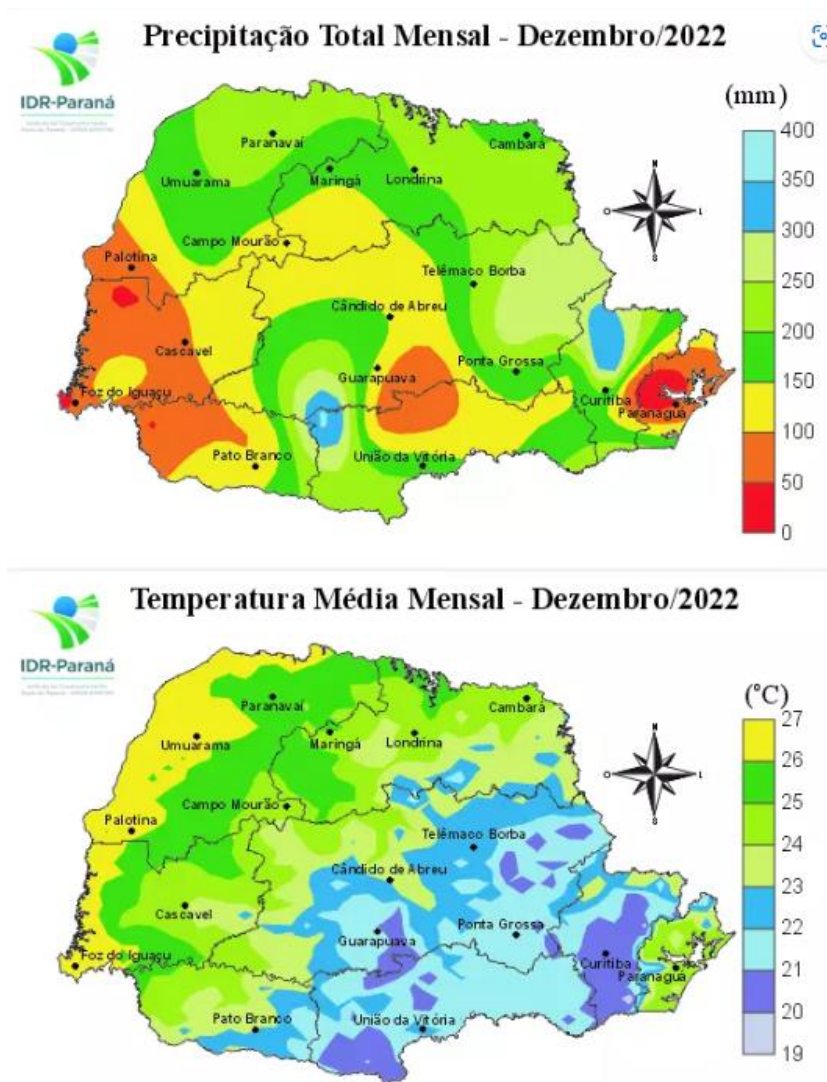


### Temperatura Média Mensal - Janeiro/2023





## Mapa de precipitação mensal x Mapa de temperatura média mensal: Dezembro/2022







## METODOLOGIA E PARÂMETROS UTILIZADOS PARA O CÁLCULO DAS VAZÕES

### ESTUDOS DE CHUVAS INTENSAS

Adotado a equação de precipitação de chuva mais adequada, conforme a proximidade do posto ou semelhança pluviométrica. Abaixo seguem relacionadas as equações ou chuvas intensas para vários postos pluviométricos do estado, fornecendo a intensidade da chuva em mm/h, l/s.ha ou l/s.ha para tempo de recorrência (TR) de 3 anos e tempo de precipitação (t) em minutos

EQUAÇÕES DE CHUVAS INTENSAS			
Posto Pluviométrico/Cidade	INTENSIDADE em MM/H	INTENSIDADE em l/s.ha	INTENSIDADE em l/s.ha p/ TR = 3 anos
Curitiba	$i = \frac{5.950,00 \cdot Tr^{0,217}}{(t+26)^{1,15}}$	$i = \frac{16.527,78 \cdot Tr^{0,217}}{(t+26)^{1,15}}$	$i = \frac{20.977,31}{(t+26)^{1,15}}$
Cianorte	$i = \frac{2.115,18 \cdot Tr^{0,145}}{(t+22)^{0,849}}$	$i = \frac{5.875,50 \cdot Tr^{0,145}}{(t+22)^{0,849}}$	$i = \frac{6.890,13}{(t+22)^{0,849}}$
Clevelândia	$i = \frac{2.553,88 \cdot Tr^{0,166}}{(t+24)^{0,917}}$	$i = \frac{7.094,11 \cdot Tr^{0,166}}{(t+24)^{0,917}}$	$i = \frac{8.513,34}{(t+24)^{0,917}}$
Cascavel	$i = \frac{1.062,92 \cdot Tr^{0,141}}{(t+5)^{0,776}}$	$i = \frac{2.952,56 \cdot Tr^{0,141}}{(t+5)^{0,776}}$	$i = \frac{3.447,25}{(t+5)^{0,776}}$
Estação Prado Velho PUC-Pr/DNAE-SURHEMA	$i = \frac{3.221,07 \cdot Tr^{0,258}}{(t+26)^{1,01}}$	$i = \frac{8.947,42 \cdot Tr^{0,258}}{(t+26)^{1,01}}$	$i = \frac{11.879,41}{(t+26)^{1,01}}$
Francisco Beltrão	$i = \frac{1.012,28 \cdot Tr^{0,182}}{(t+9)^{0,76}}$	$i = \frac{2.811,89 \cdot Tr^{0,182}}{(t+9)^{0,76}}$	$i = \frac{3.434,27}{(t+9)^{0,76}}$
Guarapuava	$i = \frac{1.039,68 \cdot Tr^{0,171}}{(t+10)^{0,799}}$	$i = \frac{2.888,00 \cdot Tr^{0,171}}{(t+10)^{0,799}}$	$i = \frac{3.484,86}{(t+10)^{0,799}}$
Londrina	$i = \frac{3.132,56 \cdot Tr^{0,093}}{(t+30)^{0,939}}$	$i = \frac{8.701,56 \cdot Tr^{0,093}}{(t+30)^{0,939}}$	$i = \frac{9.637,61}{(t+30)^{0,939}}$
Morretes	$i = \frac{2.160,23 \cdot Tr^{0,155}}{(t+24)^{0,89}}$	$i = \frac{6.000,64 \cdot Tr^{0,155}}{(t+24)^{0,89}}$	$i = \frac{7.114,61}{(t+24)^{0,89}}$
Paranavaí	$i = \frac{2.808,67 \cdot Tr^{0,104}}{(t+33)^{0,93}}$	$i = \frac{7.801,86 \cdot Tr^{0,104}}{(t+33)^{0,93}}$	$i = \frac{8.746,19}{(t+33)^{0,93}}$
Piraquara	$i = \frac{1.537,80 \cdot Tr^{0,12}}{(t+17)^{0,859}}$	$i = \frac{4.271,67 \cdot Tr^{0,12}}{(t+17)^{0,859}}$	$i = \frac{4.873,63}{(t+17)^{0,859}}$
Telêmaco Borba	$i = \frac{3.235,19 \cdot Tr^{0,163}}{(t+24)^{0,968}}$	$i = \frac{8.986,64 \cdot Tr^{0,163}}{(t+24)^{0,968}}$	$i = \frac{10.749,00}{(t+24)^{0,968}}$
Umuarama	$i = \frac{1.752,27 \cdot Tr^{0,148}}{(t+17)^{0,84}}$	$i = \frac{4.867,42 \cdot Tr^{0,148}}{(t+17)^{0,84}}$	$i = \frac{5.726,81}{(t+17)^{0,84}}$
	INTENSIDADE l/s.ha p/TR = 3 anos		INTENSIDADE l/s.ha p/TR = 10 anos
Jacarezinho	$i = \frac{86.666,67}{(t+50)^{1,38}}$		$i = \frac{166.166,67}{(t+50)^{1,49}}$



A equação das chuvas intensas tem como fonte as seguintes referências: - Curitiba: Pedro V. Parigot de Souza (UFPR) - Cianorte: Waldir Moura Aires e Luiz Henrique Lopes (DER/PR) - Jacarezinho: Projeto Noroeste/SUDERHSA - Demais postos pluviométricos: Roberto Fendrich e Cinthia Obladen A. Freitas (ISAM/PUC-Pr).

**Coeficiente de Escoamento Superficial** Os coeficiente de escoamento superficial recomendados para projetos de redes de galerias de águas pluviais, são iguais a 0,30 e 0,80 para superfícies permeáveis e impermeáveis, respectivamente. No entanto, em virtude da ocorrência de áreas mistas contribuintes, sugere-se utilizar os coeficientes de escoamento superficial médios.

No projeto em questão, foi levada em consideração essa fórmula que fornece os valores das intensidades, relativos a determinados tempos de recorrência, tendo-se em mãos as quantidades de chuvas precipitadas num certo período de tempo na microrregião de Cianorte.

$$i = \frac{2.115.18. TR^{0,145}}{(t + 22)^{0,849}}$$

Onde:

i = Intensidade de precipitação em mm/min;

Tr = Período de recorrência em anos;

t = Duração da chuva, em minutos.

Esta equação de precipitação foi considerada a mais adequada, conforme a proximidade do posto ou semelhança pluviométrica (mapa de isoietas fornecido pelo Instituto das Águas do Paraná).

A tabela abaixo indica os métodos recomendados em função das dimensões da área de drenagem da bacia contribuinte.

MÉTODOS RECOMENDADOS Área da bacia Hidrográfica	Método de Calculo
Área ≤ 4 km <sup>2</sup>	Racional
4 km <sup>2</sup> < Área ≤ 10km <sup>2</sup>	Racional modificado



Área > 10 km <sup>2</sup>	Hidrograma Unitário Triangular
---------------------------	--------------------------------

Fonte: Manual de hidrologia básica estrutura de drenagem - DNIT - 2006.



INTENSIDADE DA CHUVA			
Variável		Und	Origem
k	2115,18	-	Coeficiente ajustado a partir de histórico
Tr- tempo de retorno	10	Anos	Varia de acordo com empreendimento
a	0,145	-	Coeficiente ajustado a partir de histórico
t-tempo de duração da chuva	5	min	igual ao tempo de concentração
b	22	-	Coeficiente ajustado a partir de histórico
c	0,849	-	Coeficiente ajustado a partir de histórico
i- intensidade de chuva	179,93	mm/h	

### **TEMPO DE CONCENTRAÇÃO**

É o tempo necessário para que todas as partes da bacia passem a contribuir para a seção de drenagem, medido a partir do início da chuva.

Em outras palavras, é o tempo que leva uma partícula para escoar desde o ponto mais distante de uma bacia até a seção considerada.

Pela própria concepção do Método Racional, usado neste trabalho, o tempo de concentração será igualado ao tempo de duração de precipitação. O erro na estimativa do tempo de concentração será tanto mais grave quanto menor a duração a ser considerada, sendo maior a variação da intensidade com o tempo. Para as grandes durações do tempo de concentração, as variações da intensidade com incrementos iguais de tempo são bem menos importantes.

A seguir mencionamos os parâmetros das bacias de drenagem a serem consideradas:

- Área da bacia;
- Comprimento e declividade do canal principal (o mais longo);
- Forma da bacia;



- Declividade média do terreno;
- Rugosidade do canal;
- Tipo de recobrimento vegetal.

O tempo de concentração será calculado como sendo composto de duas parcelas, que são:

a) Tempo de escoamento superficial: Considera-se, o tempo que a água leva para percorrer determinada superfície. Este tempo será compreendido entre 5 a 20 minutos. Segundo recomendações feitas no “Relatório do Estudo para Controle de Erosão no Noroeste do Estado do Paraná - OEA/DNOs”, este valor não deverá ser superior a 10 minutos (tempo inicial).

Neste projeto em questão adotou-se esse valor limite mínimo de 5 min para o dimensionamento dos coletores.

b) Tempo de percurso: É o tempo de escoamento dentro dos condutores, desde o primeiro dispositivo até a seção que se considera. Esse tempo pode ser calculado levando-se em consideração a velocidade média do escoamento no coletor e a extensão do percurso com base na fórmula de MANNING. A expressão é a seguinte:

$$V = \frac{0.397 \cdot R^{2/3} \cdot i^{1/2}}{n}$$

$$V = \frac{L}{60 \cdot t}$$

Onde:

V = velocidade média dentro do condutor ; em m/s

R= raio hidráulico; em metros

i = declividade média do condutor no trecho considerado; em m/m

n = coeficiente de rugosidade, igual a 0,015 s/m

L = extensão do percurso do condutor no trecho considerado; em metros



O tempo de concentração (  $t_c$  ) da bacia de drenagem será obtido pela soma do tempo de escoamento superficial (  $t_i$  ), com o tempo de percurso nos dispositivos de drenagem (  $t_p$  ).

Assim temos:

$$t_c = t_i + t_p$$

### **PERÍODO DE RECORRÊNCIA**

Uma vez fixados o tempo de recorrência e o tempo de concentração da sub-bacia, proceder-se-á o cálculo da intensidade média da precipitação, considerando-se os valores referentes aos diversos tempos de duração da chuva, as quais relacionam tempos de recorrência com as correspondentes alturas máximas de precipitação obtidas mediante estudos estatísticos dos dados hidrológicos para o posto hidrometeorológico adotado.

### **COEFICIENTE DE ESCOAMENTO SUPERFICIAL**

O coeficiente de escoamento superficial ou de deflúvio é definido como a relação entre o pico da vazão por unidade de área e a intensidade média de chuva, sua expressão é:

$$C = \frac{Q}{i \cdot A}$$

Onde:

$C$  = coeficiente de escoamento superficial;

$Q/A$  = vazão por unidade de área;

$i$  = intensidade média de precipitação.





Sendo que, o coeficiente de deflúvio depende de uma série de fatores que diz respeito às características da bacia, tais como: a distribuição de chuvas, direção de deslocamento do vento em relação ao sistema de drenagem natural, precipitação, tipo de reconhecimento do solo, tipo do solo, duração e intensidade da precipitação, grau de impermeabilidade da bacia contribuinte, tipo de vegetação, etc.

## **PARÂMETRO DO DIMENSIONAMENTO**

### **TEMPO DE RECORRÊNCIA**

O Tempo de Recorrência ou Período de Retorno é o inverso da probabilidade de um determinado evento hidrológico ser igualado ou excedido em um ano qualquer.

Estruturas do Sistema de Drenagem		Tempo de Recorrência (Anos)
Drenagem Superficial		5-10
Bueiros Tubulares com $\varnothing \leq 1,50$	Canal	15
	Orifício	25
Bueiros Tubulares com $\varnothing \geq 1,50$ e Bueiros Celulares	Canal	25
	Orifício	50
Pontilhões		50
Pontes		100

Fonte: Manual de hidrologia básica estrutura de drenagem - DNIT - 2006.

## **MÉTODO RACIONAL**

Este método tem como conceito fundamental que a máxima vazão ocorre quando toda a bacia está contribuindo e a intensidade de chuva é constante e uniformemente distribuída em toda a área da mesma. O cálculo de vazão de dimensionamento é baseado na seguinte fórmula:

$$Q = \frac{C \times I \times A}{36 \times 10^4}$$



Onde:

$Q$  = Vazão ( $m^3/s$ );

$C$  = coeficiente de escoamento superficial;

$i$  = intensidade pluviométrica ( $mm/h$ );

$A$  = área da bacia ( $m^2$ ).

CRITÉRIOS DE PROJETO			
Variáveis	Valores	Und.	Origem
C- Coeficiente de Runoff	0,70		Característica do escoamento
i- intensidade média de chuva	17,99	cm/h	Equação da intensidade da chuva
A-área de contribuição	3,98	ha	Área da bacia de contribuição
Q- Vazão de pico	0,22	$m^3/s$	

## **ÁREA DRENADA**

As áreas de drenagem, para efeito de aplicação do Método Racional, foram obtidas, a partir da medição direta da planta onde previamente foram efetuadas as subdivisões entre as bacias de contribuição para cada boca de lobo.

## **COEFICIENTE DE DEFLÚVIO**

O coeficiente de escoamento utilizado para ruas e áreas pavimentadas ou cobertas é igual a 0,80. Para áreas gramadas e descampados o valor é de 0,40. Neste projeto foi adotado como coeficiente de deflúvio de 0,70.

## **PROJETO DE DRENAGEM SUPERFICIAL**

O sistema de drenagem superficial foi projetado de forma a escoar de maneira rápida e segura, as águas pluviais que incidam sobre as plataformas da obra e terrenos



marginais que a delimitem, bem como disciplinar o escoamento para desague seguro. O dimensionamento de valetas e sarjetas consiste em determinar-se a máxima extensão admissível, para a qual não ocorra o transbordamento das mesmas. Esta extensão está condicionada à capacidade máxima de vazão, levando-se em conta o tipo de obra e declividade de instalação que permita determinar o posicionamento dos diversos dispositivos de drenagem superficial.

### **CÁLCULO DA MÁXIMA EXTENSÃO ADMISSÍVEL (L)**

O dimensionamento do meio-fio consiste em determinar a máxima extensão admissível, ou comprimento crítico, de modo que não ocorra o transbordamento do mesmo. Esta extensão está condicionada à capacidade máxima de vazão, para cada tipo de obra e sua declividade de instalação para que permita o posicionamento correto das saídas, descidas d'águas e caixas coletoras. Para determinar o comprimento crítico, iguala-se a capacidade máxima de escoamento (q) com a vazão de projeto atribuída (Qp). Assim:

$$q = Q_p = 0,278 \text{ CIA}$$

$$q = 0,278 \text{ CILD} \times 10^{-6}$$

Daí vem que:

$$L = \frac{q}{0,278 \text{ CID}} \times 10^{-6}$$

Onde:

L = comprimento crítico, em m;

q = capacidade máxima de vazão, em m<sup>3</sup> /s;

C = coeficiente de escoamento superficial, adimensional;

I = intensidade de precipitação, em mm/h;

D = largura da área molhada que contribui para o dispositivo, em m

### **CAPACIDADE DE ESCOAMENTO NA SARJETA**

O dimensionamento da capacidade de escoamento na sarjeta foi feito utilizando-se da expressão de MANNING:



$$Q = \frac{Z}{n} \cdot 0,375 Y^{8/3} \cdot i^{1/2}$$

Onde:

Q = vazão na sarjeta; em m/s

n = coeficiente de rugosidade, igual a 0,015 para concreto; em s/m

Z = tangente do ângulo molhado

i = declividade longitudinal da sarjeta; em m/m

A capacidade máxima da sarjeta, será, portanto, variável em função da declividade longitudinal. Pela análise de expressão de Manning, podemos afirmar que quanto maior for a declividade longitudinal da rua, maior será a capacidade de engolimento e quanto menor for a declividade longitudinal da rua, menor será a sua capacidade de engolimento.

A declividade usada utilizada para os cálculos foi a maior declividade do terreno. A profundidade da sarjeta foi dimensionada adotada uma lâmina máxima para evitar transbordamento. A tangente do ângulo entre a sarjeta e a guia é dada pela razão entre a largura da sarjeta e a altura da lâmina d'água. O n adotado foi de 0,015.

## **BOCAS DE LOBO**

As bocas de lobo utilizadas no projeto da rede de galerias de águas pluviais serão localizadas nessas extremidades mais baixas das quadras, exceto casos especiais e em ambos os lados da rua. Sua localização não deve permitir indefinição no escoamento Superficial, evitando a formação de zonas mortas.

O espaçamento entre elas será variável, em função da vazão resultante na sarjeta. Serão usadas bocas de lobos com rebaixamento nas guias, o que proporciona maior rendimento conforme preconiza o método Johns Hopkins University.

## **CALCULO DA CAIXA COLETORA**



Embora as dimensões das caixas coletoras sejam fixadas pelas dimensões dos dispositivos para os quais estão indicadas como coletora de passagem ou inspeção, pode-se determinar a área transversal útil das caixas pela fórmula dos orifícios:

$$A = 0,226 \frac{Q}{C\sqrt{H}}$$

onde:

A = Área útil da caixa, em m<sup>2</sup> ;

Q = Vazão a captar, em m<sup>3</sup> /s;

H = Altura do fluxo, em m;

C = Coeficiente de vazão, a ser tomado igual a 0,50.

A profundidade das caixas será determinada pelas cotas de instalação dos condutos que delas partem ou chegam.

Deverá ser escavada caixa coletora nas proximidades do pavimento proposto, conforme indicado em desenho técnico. A caixa servirá para desague e infiltração da vazão pluvial das sarjetas. A seção tipo se aproxima de 6,00 metros de largura, 6,00 metros de comprimento e 2,00 metros de profundidade. A caixa deverá ser provida de dissipador em pedra de mão.