

# Revendo a primeira aula

1. Defina ciclo hidrológico
2. Comenta a seguinte afirmação: **O PLANETA ESTÁ SECANDO**
3. Quem é mais denso ar úmido ou o ar seco?  
Justifique
4. Defina bacia hidrográfica
5. O que vem a ser divisores de água em uma bacia hidrográfica?
6. Defina: cursos d'água efêmeros.
7. Faça o exercício 3 da aula

Antes de iniciarmos a segunda aula responda as perguntas referentes a aula 1



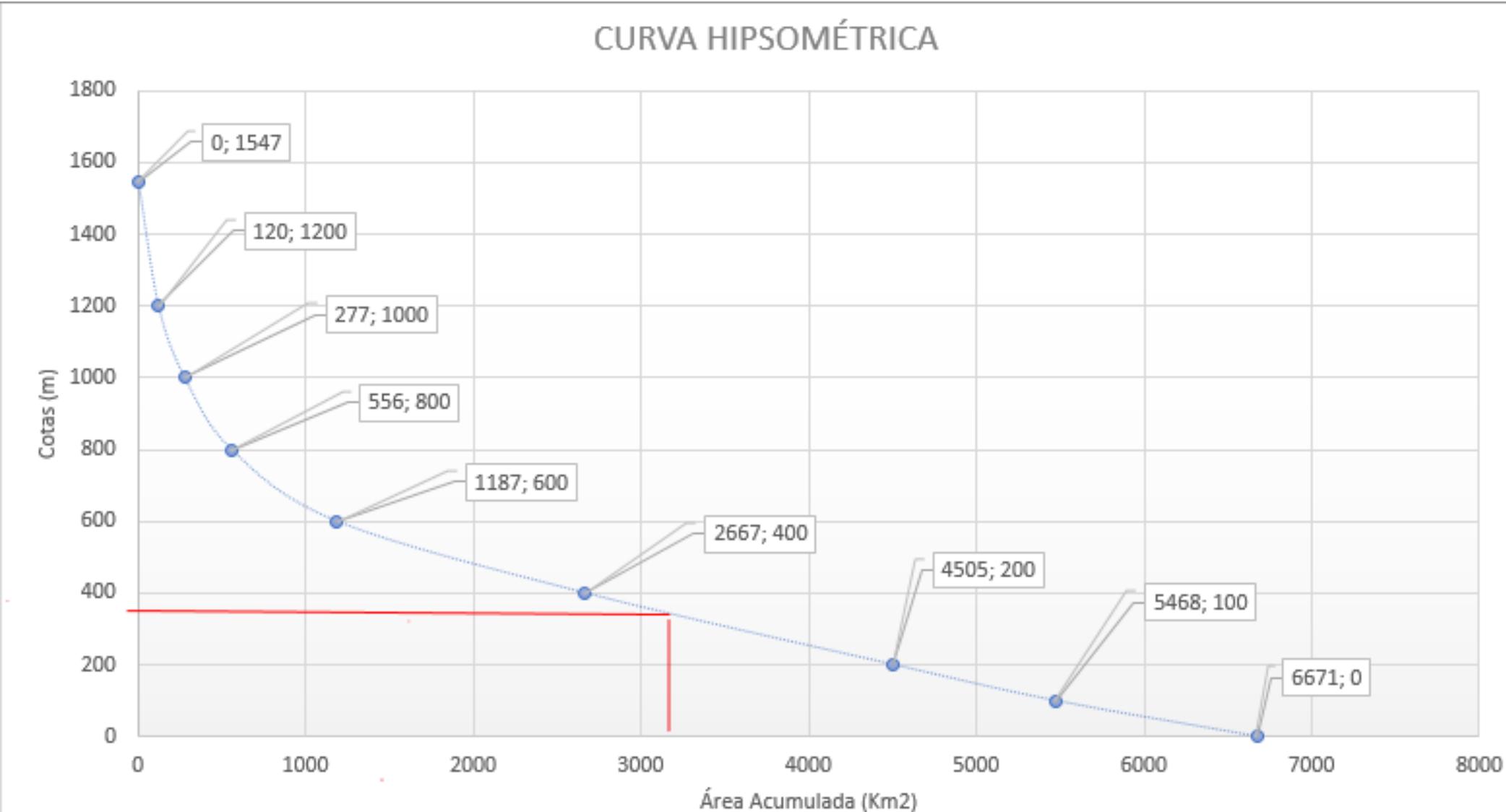
# Resolução do exercício 3 – planilha do Excel



Cotas a Montante(m)	Cotas a Jusante(m)	Ponto Médio (m)	Área (km <sup>2</sup> )	Área Acumulada (km <sup>2</sup> )	% Acumulada	Ponto Médio x Área (mxKm <sup>2</sup> )
1547	1200	1373,5	120	120	1,80%	164.820,00
1200	1000	1100	157	277	4,15%	172.700,00
1000	800	900	279	556	8,33%	251.100,00
800	600	700	631	1187	17,79%	441.700,00
600	400	500	1480	2667	39,98%	740.000,00
400	200	300	1838	4505	67,53%	551.400,00
200	100	150	963	5468	81,97%	144.450,00
100	0	50	1203	6671	100,00%	60.150,00
			6671			2.526.320,00

# Obtida pelo Excel

Área Acumulada (km2)	Cotas a Montante (m)
0	1547
120	1200
277	1000
556	800
1187	600
2667	400
4505	200
5468	100
6671	0



# Respostas do exercício 3

<b>Altitude Mediana (m)</b>	<b>327,26</b>
<b>Cota(m)</b>	<b>Área (Km<sup>2</sup>)</b>
<b>400</b>	<b>2.667,00</b>
<b>Z<sub>mediana</sub> (m)</b>	<b>3335,5</b>
<b>200</b>	<b>4.505,00</b>

<b>(400-200)</b>	<b>x-200</b>
<b>(2667-4505)</b>	<b>3335,5-4505</b>

<b>Altitude Máxima(m)</b>	<b>Altitude Mínima(m)</b>	<b>Altitude Média(m)</b>	<b>Altitude Mediana(m)</b>	<b>Altura Média(m)</b>
<b>1.547,00</b>	<b>0</b>	<b>378,70</b>	<b>327,26</b>	<b>378,70</b>

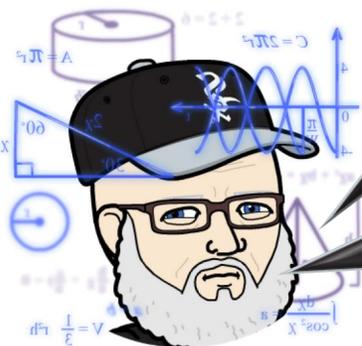
**PRECIPITAÇÕES**



**POR QUE ESTUDÁ-LAS?**

**Ausência de chuva em longos períodos de estiagem também é um problema de engenharia!**

**As águas de drenagem superficial são fundamentalmente originárias de precipitações pluviométricas cujos possíveis transtornos que seriam provocados por estes escoamentos, devem ser neutralizados pelos sistemas de drenagem pluviais ou esgotos pluviais, projetados pelos engenheiros.**



- A disponibilidade de **precipitação** em uma bacia durante o ano é o fator determinante para quantificar, entre outros, a necessidade de irrigação de culturas e o abastecimento de água doméstico e industrial.
- A determinação da intensidade da precipitação é importante para o controle de inundação e a erosão do solo. Por sua capacidade para produzir escoamento, a chuva é o tipo de precipitação mais importante para a hidrologia.



**REFORÇANDO:**

---

# 1. Balanço Hídrico em uma Bacia Hidrográfica

Balanço entre entradas e saídas de água na bacia hidrográfica considerada.

- Principal entrada: precipitação
- As saídas: evapotranspiração e vazão de escoamento.

$$\frac{\Delta V}{\Delta t} = P - E - Q$$

Onde:

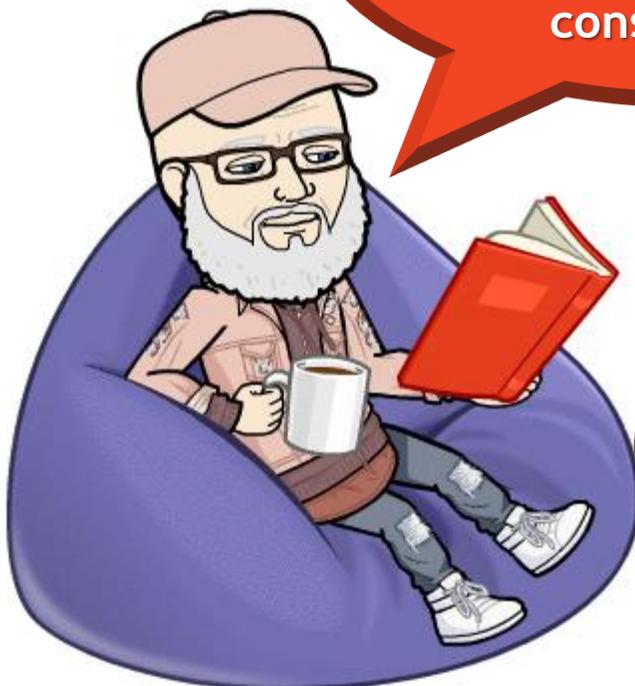
$\Delta V \rightarrow$  variação do volume de água armazenado na bacia ( $m^3$ )

$\Delta t \rightarrow$  intervalo de tempo considerado (s)

$P \rightarrow$  precipitação ( $m^3/s$ )

$E \rightarrow$  evapotranspiração ( $m^3/s$ )

$Q \rightarrow$  vazão de escoamento ( $m^3/s$ )



## 2. CONCEITO DE PRECIPITAÇÃO

Precipitação é a  
água da atmosfera  
depositada na  
superfície terrestre.



### 3. Formas possíveis de precipitação



chuva



neve



granizo



orvalho

### 3. Formas possíveis de precipitação (cont.)

neblina



geada





Nos estudos de engenharia há mais interesse nas chuvas

## 4. Mecanismo de formação das precipitações



O ar úmido das camadas baixas da atmosfera é aquecido pelos raios solares. Torna—se mais leve que o ar da vizinhança e ascende!

## 4. Mecanismo de formação das precipitações (cont.)



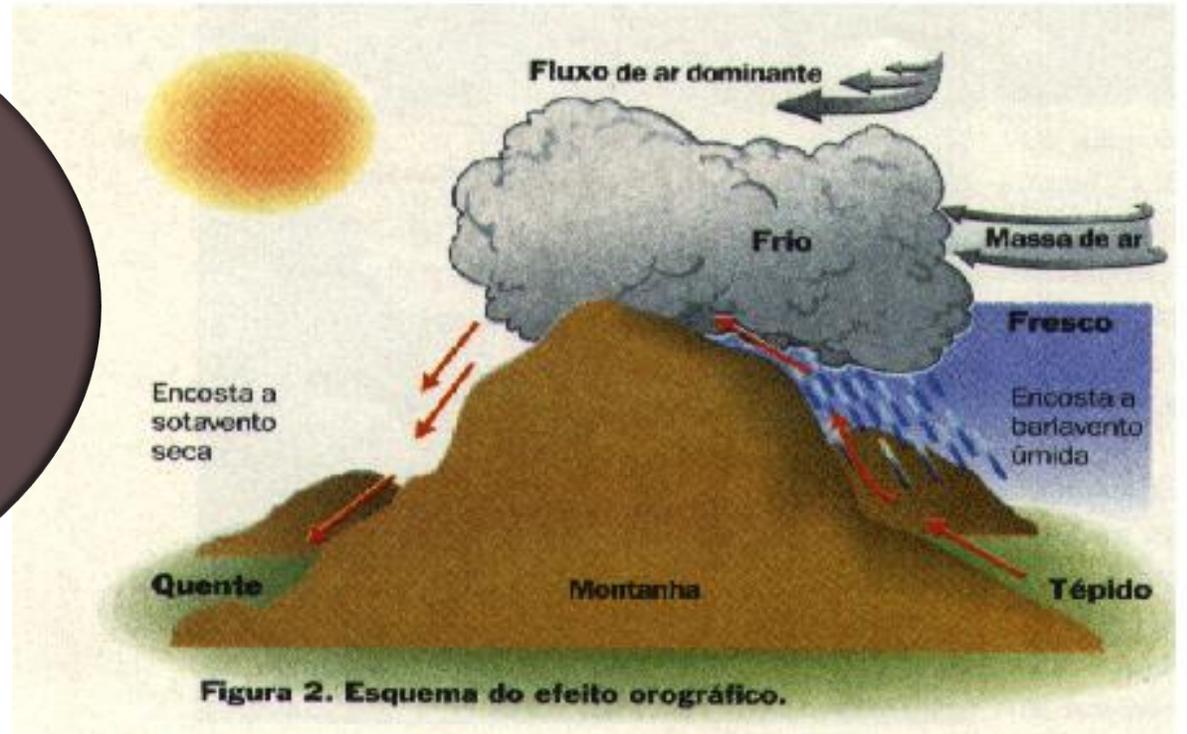
Nessa ascensão ele expande e se resfria (cerca de  $1^{\circ}\text{C}$  por 100m) até atingir a condição de saturação.

O vapor d'água ao se condensar forma as gotículas que crescem de tamanho e peso, precipitando sobre a superfície terrestre nas diversas formas.



## 5. Tipos de precipitações

**OROGRÁFICAS OU DE RELÊVO** – provocadas por barreiras naturais.  
**Exemplo:**  
precipitações na serra do mar



[http://www.fundaj.gov.br/index.php?option=com\\_content&id=766&Itemid=376](http://www.fundaj.gov.br/index.php?option=com_content&id=766&Itemid=376)

Estas chuvas ocorrem quando o ar se depara com um obstáculo que faz com que ele seja obrigado a ascender, o ar como é quente vai-se ver obrigado a arrefecer, dá-se a condensação, a coalescência, ponto de saturação e a precipitação. Caracterizam-se pela longa duração e baixa intensidade, abrangendo grandes áreas por várias horas continuamente e sem descargas elétricas.

# 5. Tipos de precipitações (cont.)

**CONVECTIVAS** – provocadas por aquecimento desigual de massa de ar numa mesma região. São as chamadas chuvas de verão. Elas abrangem pequenas áreas, têm curta duração e são de grande intensidade e apresentam violentas descargas elétricas



Ar convergente  
e ascendente

<https://pt.slideshare.net/manuelalemos>



## 5. Tipos de precipitações (cont.)

**FRONTAIS** ou **CICLÔNICAS**– encontro de massas de ar com características diferentes. As precipitações frontais abrangem grande áreas e têm duração longa. Também apresentam descargas elétricas

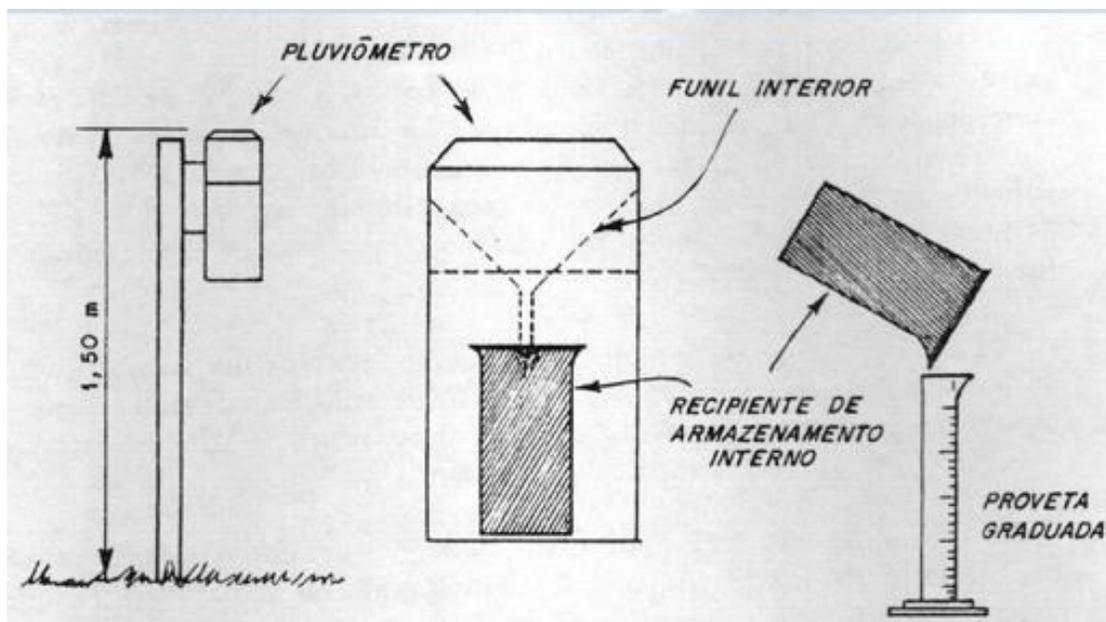


A cartoon illustration of a man with a white beard and glasses, wearing a black cap with a white logo, holding a large red umbrella. He is standing in the rain, with blue rain streaks falling around him. A red speech bubble is positioned to the right of the man, containing text in Portuguese.

**VAMOS ESTUDAR A  
PLUVIOMETRIA, OU  
SEJA, A QUANTIDADE  
DE ÁGUA QUE CAI EM  
UMA CERTA REGIÃO!**

# 6. GRANDEZAS CARACTERÍSTICAS DA PRECIPITAÇÃO

**6.1 - ALTURA PLUVIOMÉTRICA** – é a altura precipitada numa superfície plana e impermeável. Pode ser referida à uma chuva isolada; total precipitado em um dia; total precipitado em um mês ou ano. Unidade em milímetro (mm)



Características básicas de um pluviômetro.



**PLUVIÔMETRO** fonte:  
**SABESP**

O pluviômetro é um instrumento utilizado para coletar e medir as chuvas. A quantidade de água captada é mostrada em milímetros (mm). Uma chuva de 1 mm por minuto, é equivalente a 1 litro de água por minuto em uma área de 1 metro quadrado (m<sup>2</sup>). Por exemplo, se sua casa tem um telhado com 10 m<sup>2</sup>e após uma hora de chuva o pluviômetro marcar 20 mm, quer dizer que cerca de 200 litros foram despejados sobre sua casa na última hora. Existem muitos tipos de pluviômetros, alguns mais simples do que outros. Mas todos com a finalidade de medir a chuva. Os principais tipos são:

- Convencionais – armazena a quantidade de chuva. A medição é feita e anotada manualmente.
- Semiautomáticos – mede e armazena a informação sobre a quantidade de chuva. A leitura é feita por meio de um painel digital.
- Automáticos – mede, armazena e transmite automaticamente a informação sobre a quantidade de chuva

**Exemplo: <http://www.cemaden.gov.br/o-que-sao-pluviometros/>**



<https://www.youtube.com/watch?v=24QY4ULkcal>

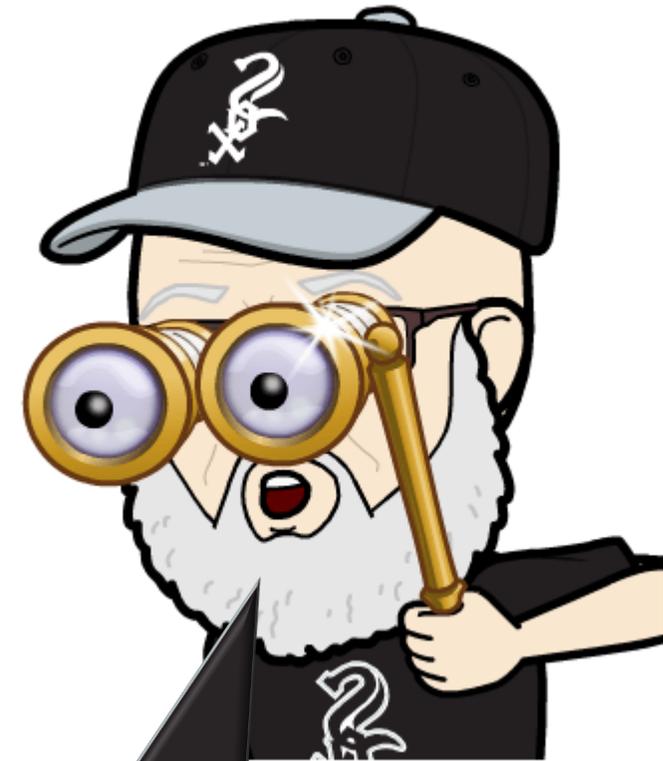


BRASIL Serviços Participe

MINISTÉRIO DA AGRICULTURA, PECUÁRIA E ABASTECIMENTO

**INMET**  
Instituto Nacional de Meteorologia

<http://www.inmet.gov.br/portal/index.php?r=bdmep/bdmep>



**ASSISTA MAIS  
ESSA EXPLICAÇÃO  
OU CONSULTE:**



ANA = Agência  
Nacional da  
Água – são 2473  
postos  
pluviométricos

Os pluviômetros, tipo Ville  
de Paris, mantidos pela  
ANA, são lidos em  
intervalos de 24 horas,  
sempre às 7 horas da  
manhã, sendo a leitura  
referente ao dia anterior.



## 6.2 – INTENSIDADE DA PRECIPITAÇÃO



A intensidade de precipitação ( $i$ ) representa a variação da altura de chuva com o tempo. Seja:

$\Delta p$  = precipitação ocorrida num determinado intervalo de tempo ( $\Delta t$ )

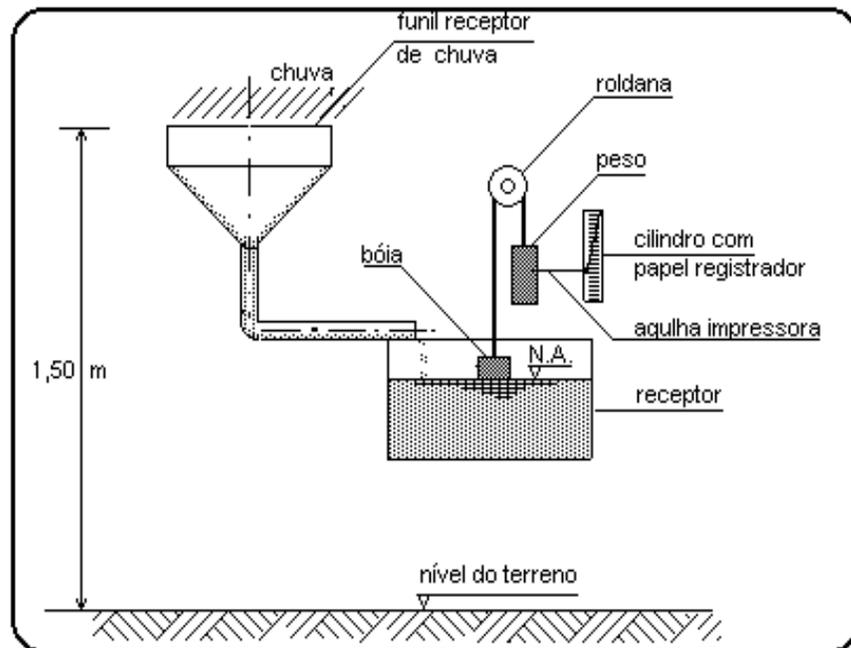
Unidades: mm/min ou mm/h

$$i = \frac{\Delta p}{\Delta t}$$

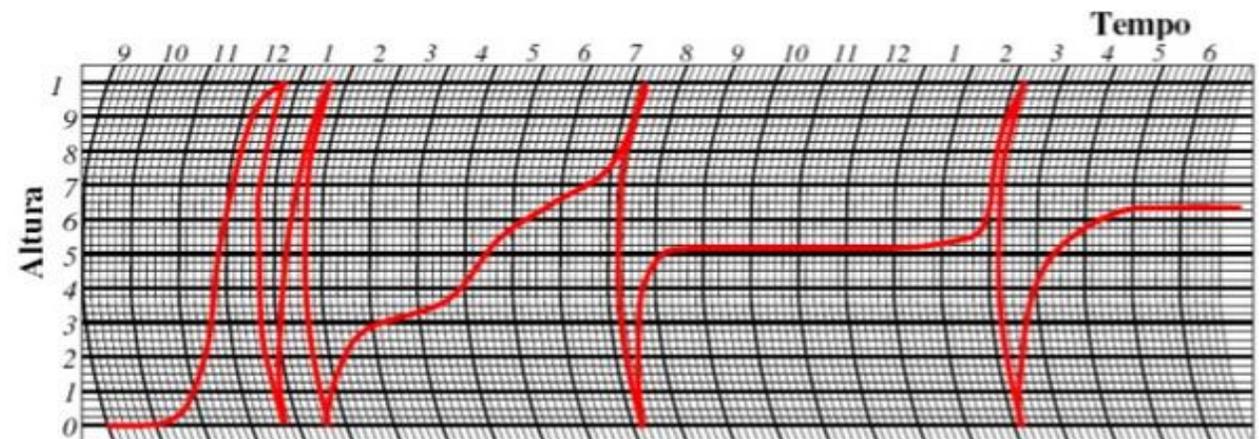




O pluviógrafo é mais encontrado nas estações meteorológicas. Ele registra em uma fita de papel em modelo apropriado, simultaneamente, a quantidade e a duração da precipitação (pluviograma). A sua operação é mais complicada e dispendiosa e o próprio custo de aquisição do aparelho, tornam seu uso restrito, embora seus resultados sejam bem mais importantes hidrológicamente.

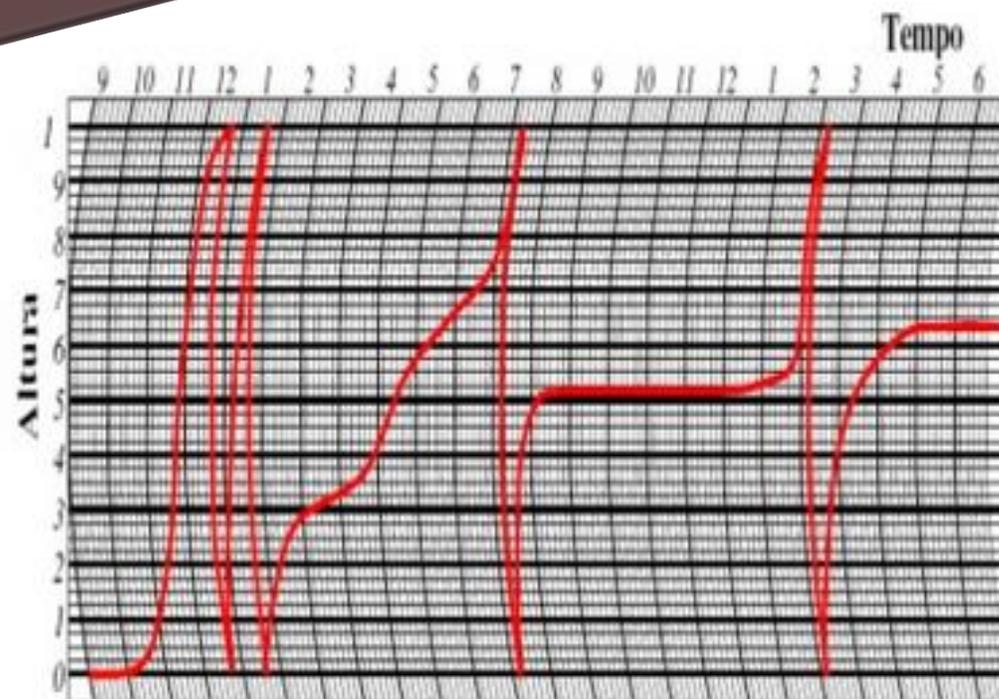


<http://www.dec.ufcg.edu.br/saneamento/Dren02.html>



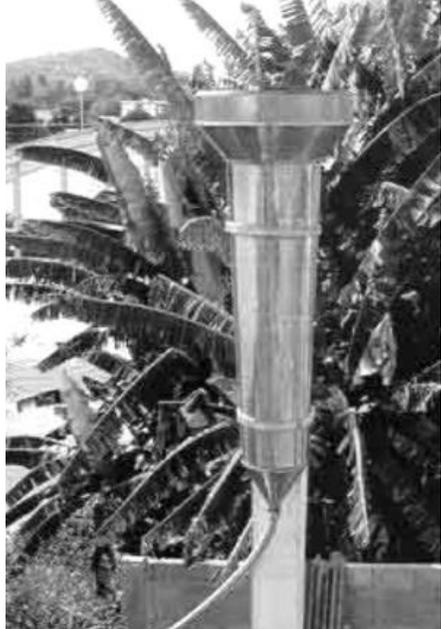
# Leitura do pluviógrafo

Para fazer a leitura é fácil. As linhas verticais indicam a quantidade de chuva (mm) e as horizontais indicam a hora e minutos de início e fim da mesma. Através do pluviograma pode-se extrair algumas informações a respeito do comportamento da chuva. Pode-se dividi-lo em 2 precipitações, haja visto que o tempo que separa um evento de outro é razoavelmente grande.



**1ª Chuva**  
Lâmina total precipitada: 35 mm  
Duração da chuva: 11h  
Intensidade média: 3,2 mm/h

**2ª Chuva**  
Lâmina total precipitada: 11 mm  
Duração: 3 horas e 30 minutos  
Intensidade média: 3,1 mm/h



**OS DADOS HIDROLÓGICOS SÃO DE SUMA IMPORTÂNCIA PARA O PLANEJAMENTO AGROPECUÁRIO, PLANEJAMENTO DE OBRAS DE ENGENHARIA, PREVISÃO E ACOMPANHAMENTO DE ENCHENTES, ZONEAMENTO DE ÁREAS INUNDÁVEIS, ESTUDOS DE EIA/RIMA, ...**





Nesse nosso estudo  
não abordarei os  
radares  
meteorológicos



6.3 – Precipitação  
média numa bacia  
hidrográfica





Para calcular a precipitação média de uma superfície qualquer, é necessário utilizar as observações dos postos dentro dessa superfície e nas suas vizinhanças.

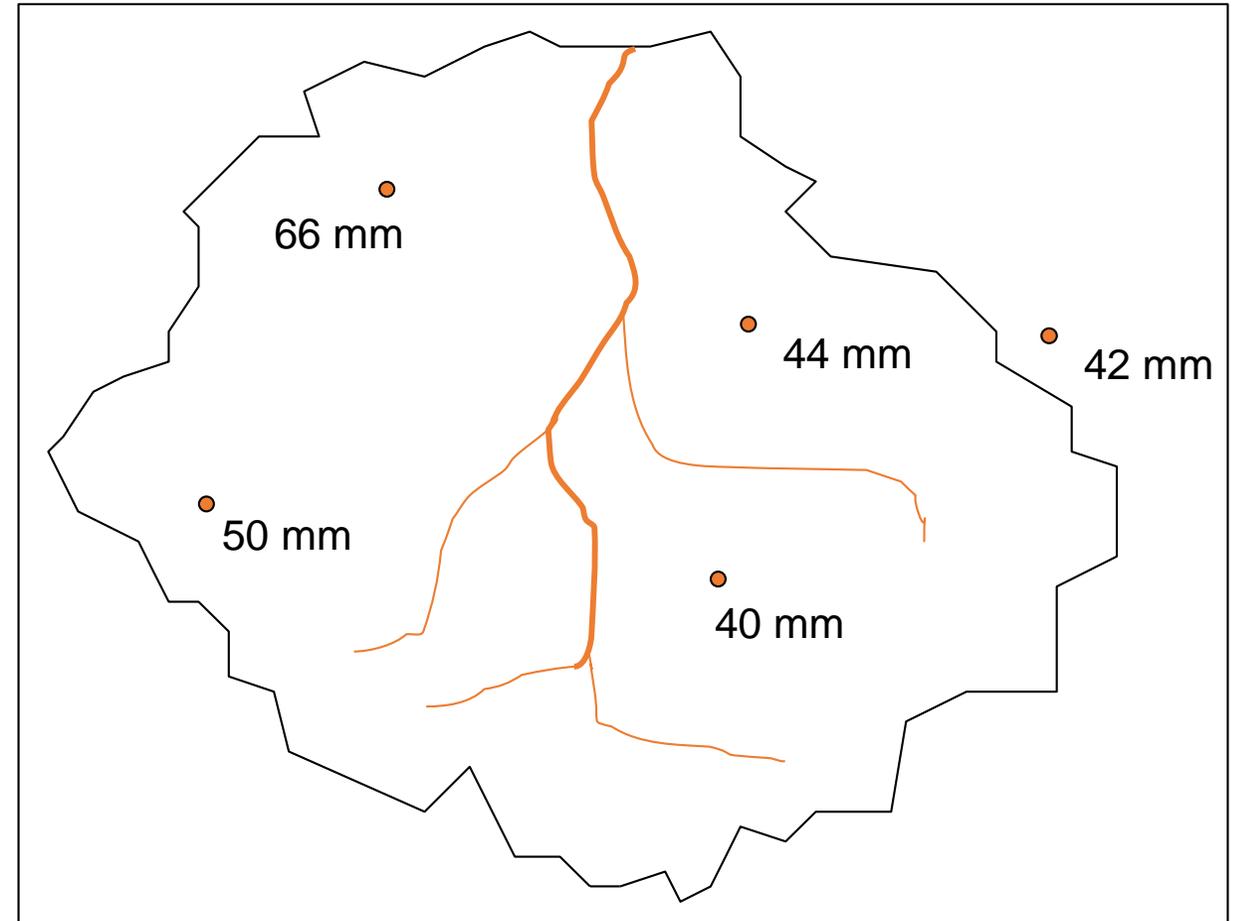


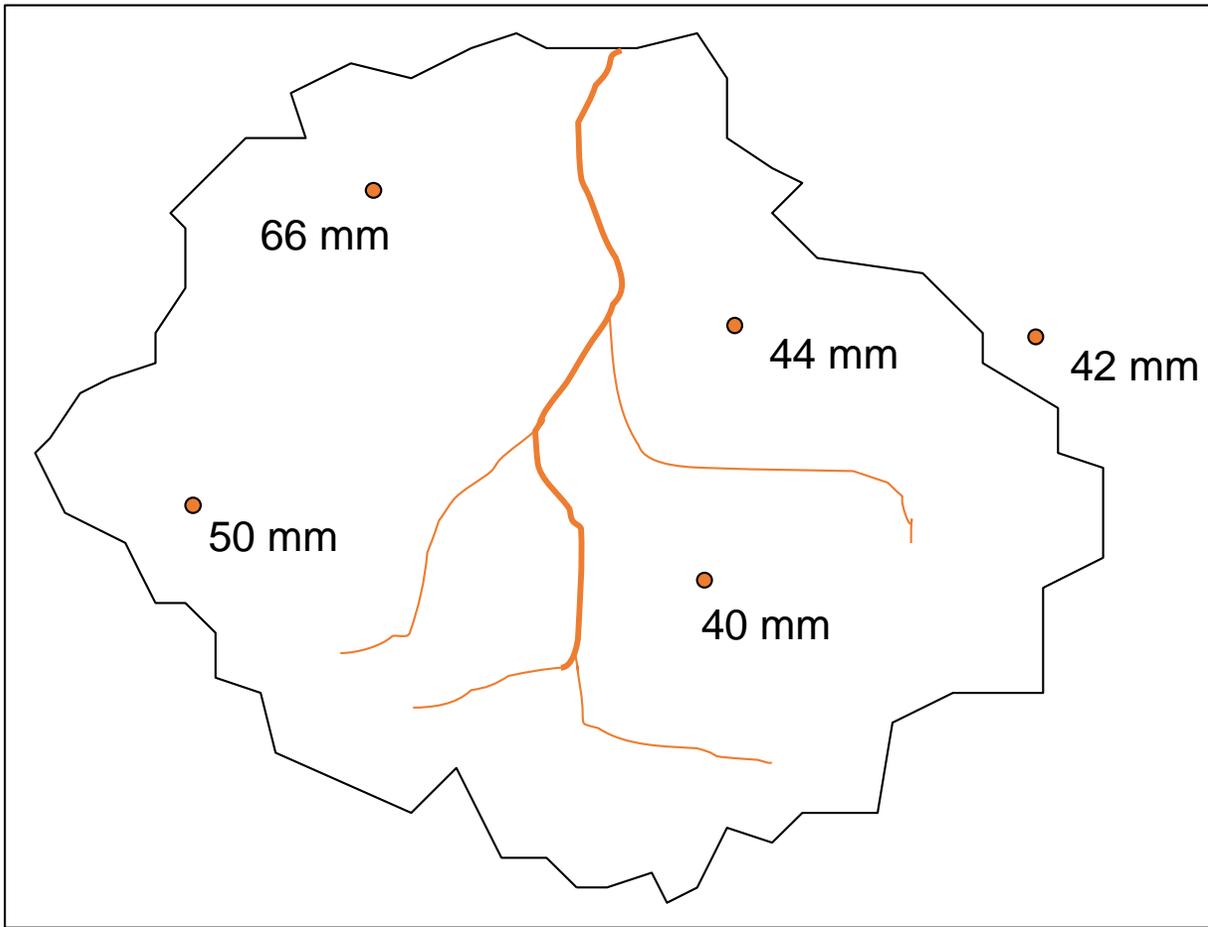
Existem três métodos para o cálculo da precipitação média: método da Média Aritmética, método de Thiessen e método das Isoietas.

### 6.3.1 - Média aritmética (método mais simples)

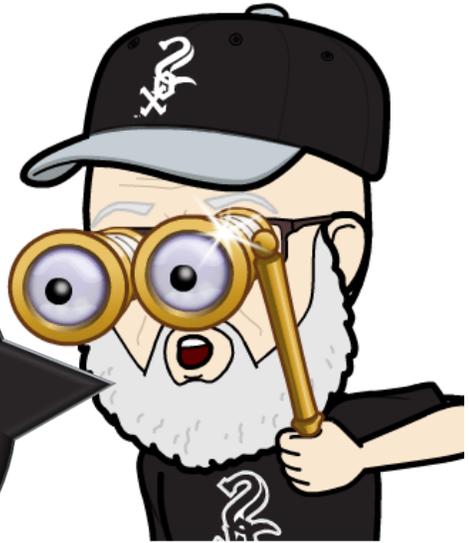
$$P_m = \frac{(P_1 + P_2 + \dots + P_n)}{n}$$

Considerando os dados de precipitações de uma certa bacia hidrográfica representada ao lado, os quais foram obtidos nos postos pluviométricos, calcule a precipitação média na bacia hidrográfica em questão.





**Admite-se que esse método da média aritmética seja válido somente quando:**



$$h_{\text{verif}} = \frac{h_{\text{max}} - h_{\text{min}}}{h_{\text{médio}}} \leq 0,5$$

existem autores que recomendam  $\leq 0,25$

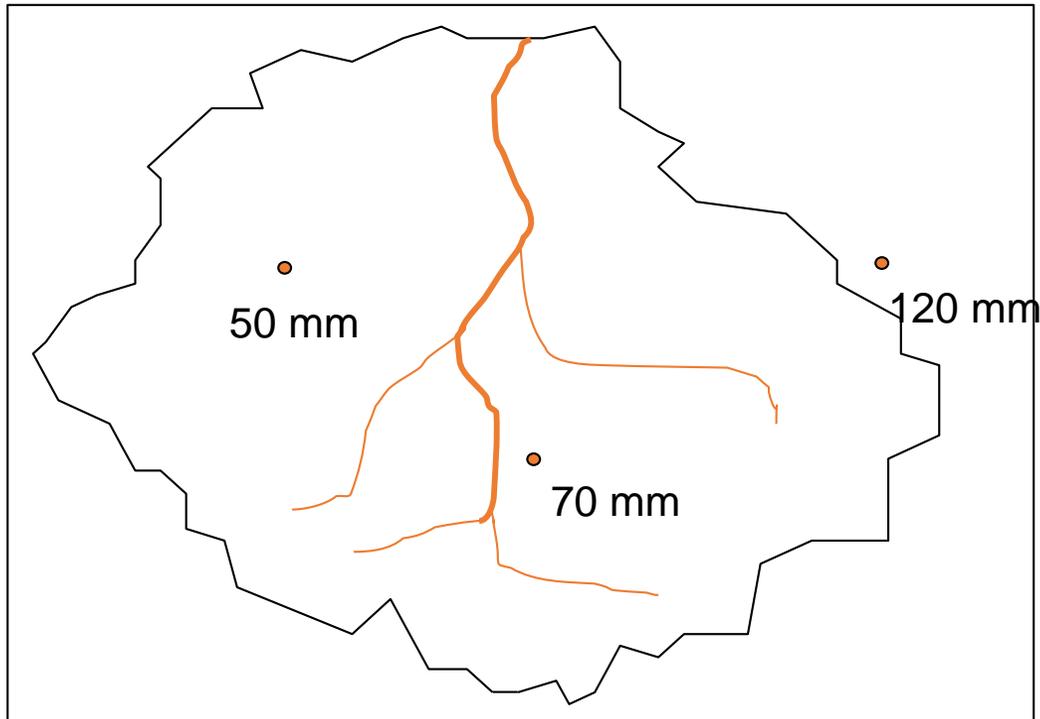
$$P_m = \frac{66 + 50 + 44 + 40}{4} \cong 50\text{mm}$$

Portanto para esse caso não seria válido, pois:



$$h_{\text{verif}} = \frac{66 - 40}{50} \cong 0,52$$

**Outro exemplo: calcule a precipitação média para a situação representada a seguir.**

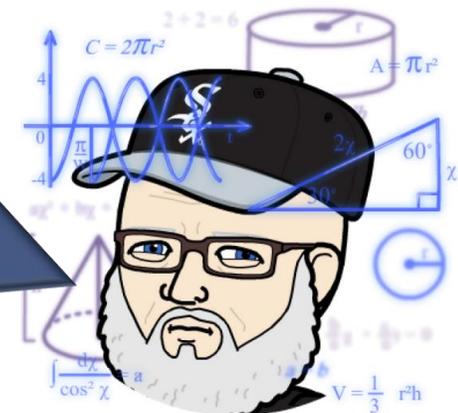


$$P_m = \frac{50 + 70}{2} = 60\text{mm}$$

**Verificação**

$$h_{\text{verif}} = \frac{70 - 50}{60} \cong 0,334$$

Apesar de ter satisfeito a condição estabelecida por alguns autores, ser menor que 0,5, haveria o problema de não ter sido considerada a forte precipitação junto ao divisor.



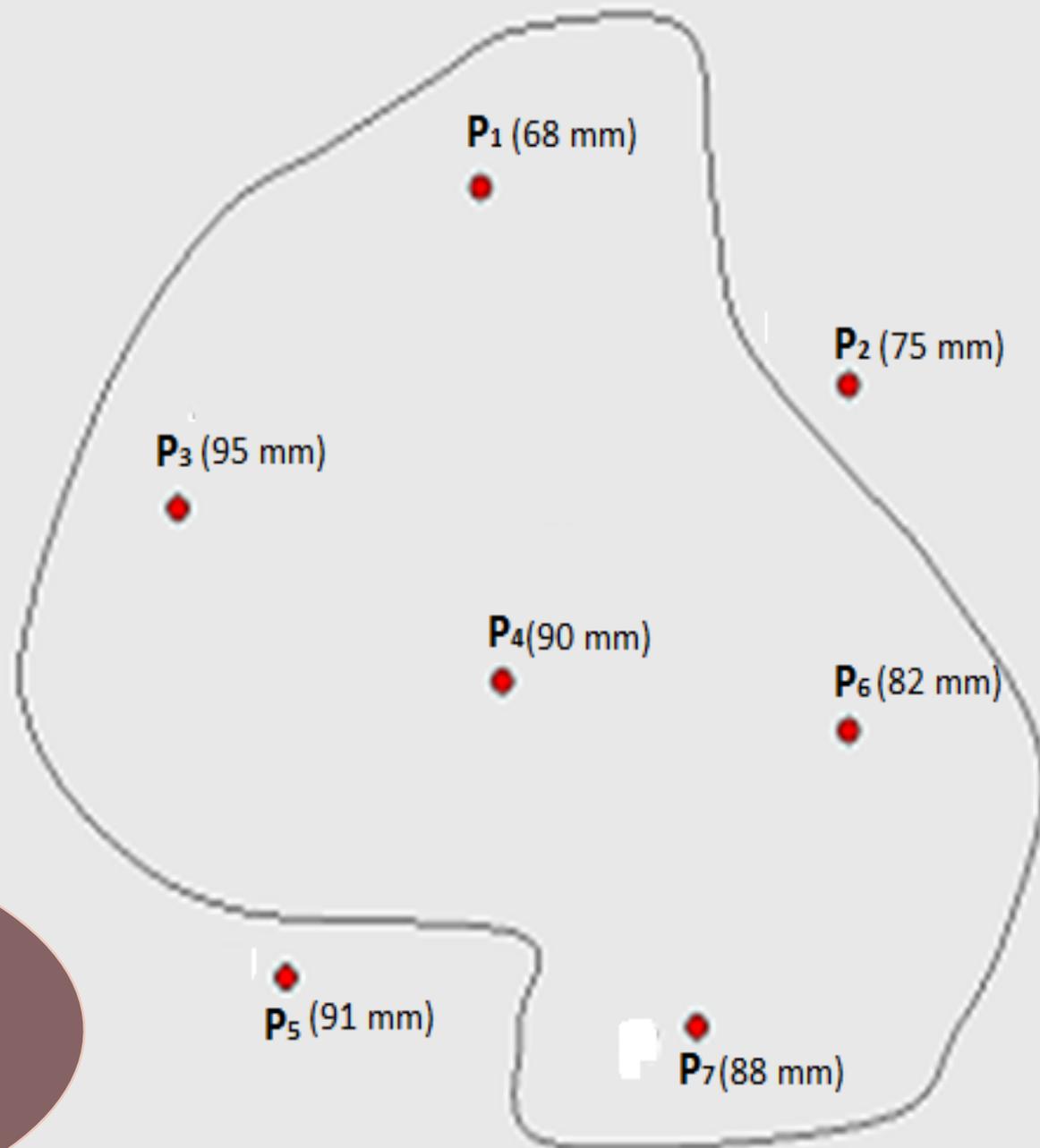
Mesmo que satisfaça a condição de  $h_{\text{verif}} < 0,5$  ou  $< 0,25$ , esse método só deve ser usado se os aparelhos forem distribuídos uniformemente e a área for plana ou de relevo muito suave.



## Exercício 4



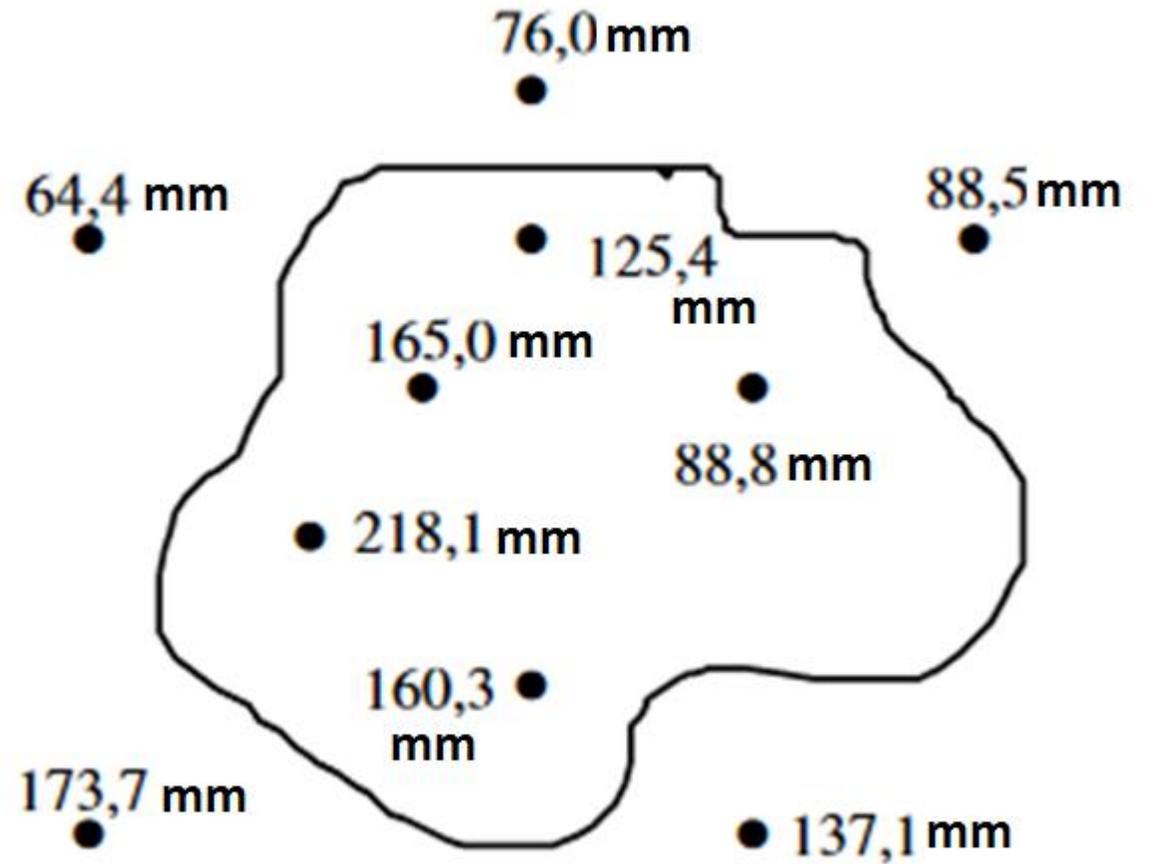
Calcule a precipitação média da bacia hidrográfica representada ao lado.



## Exercício 5



Calcule a precipitação média da bacia hidrográfica representada ao lado.



### 6.3.2 - Método de Thiessen

Este método permite uma avaliação da precipitação média sobre a bacia mesmo quando os aparelhos não são uniformemente distribuídos sobre a bacia, ele é mais preciso que o método aritmético e requer um trabalho elaborado.

Thiessen define zonas de influência de cada estação. Estas zonas de influência são determinadas através da união de postos adjacentes por linhas retas tomando-se, em seguida, as mediatrizes dessas retas que formarão polígonos. Os lados do polígono são limites da área de influência de cada estação.

$$P_m = \frac{\sum P_i \times A_i}{A}$$

Considere a bacia hidrográfica do exercício 4 e calcule a precipitação média pelo método de Thiessen.

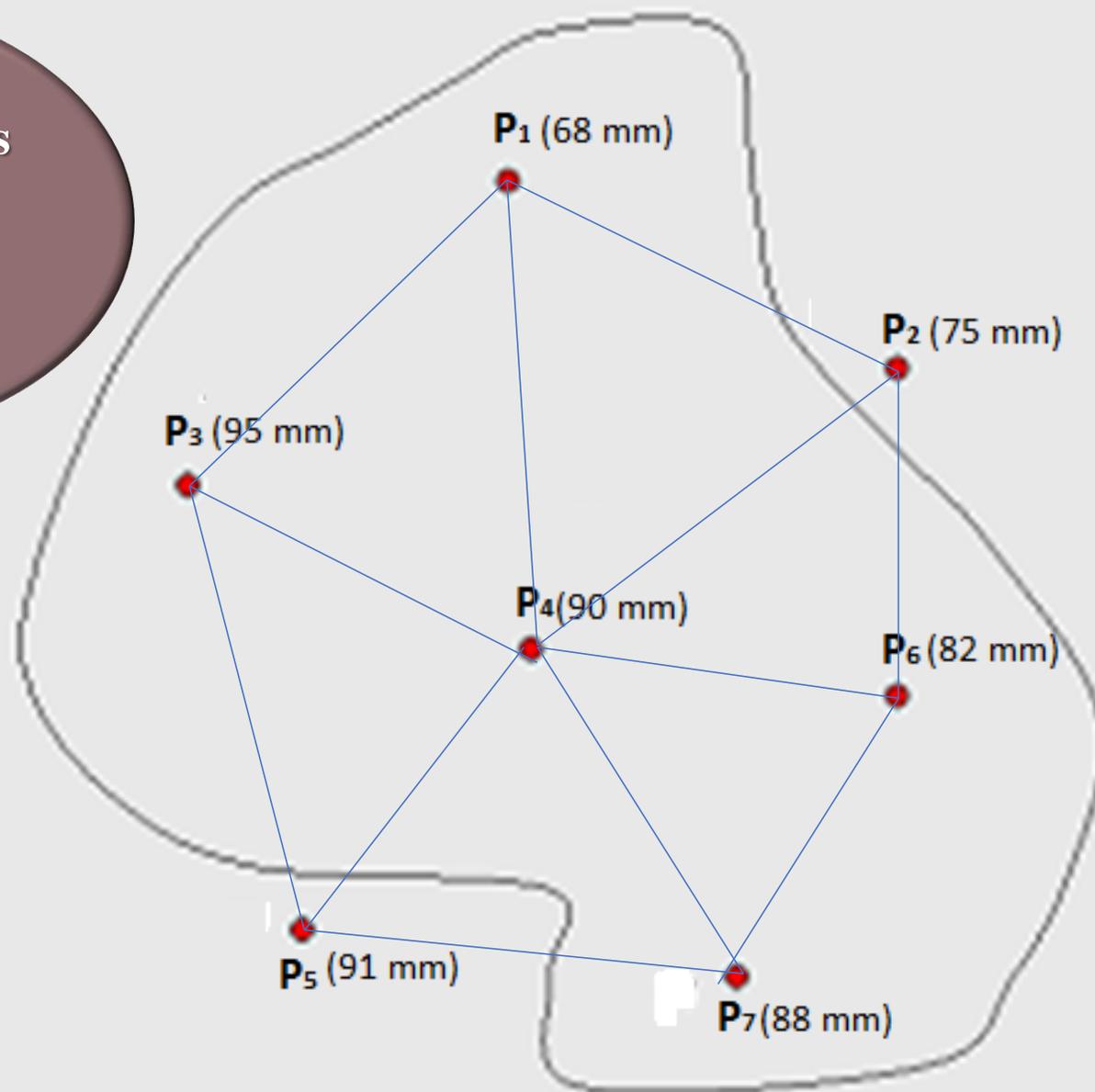


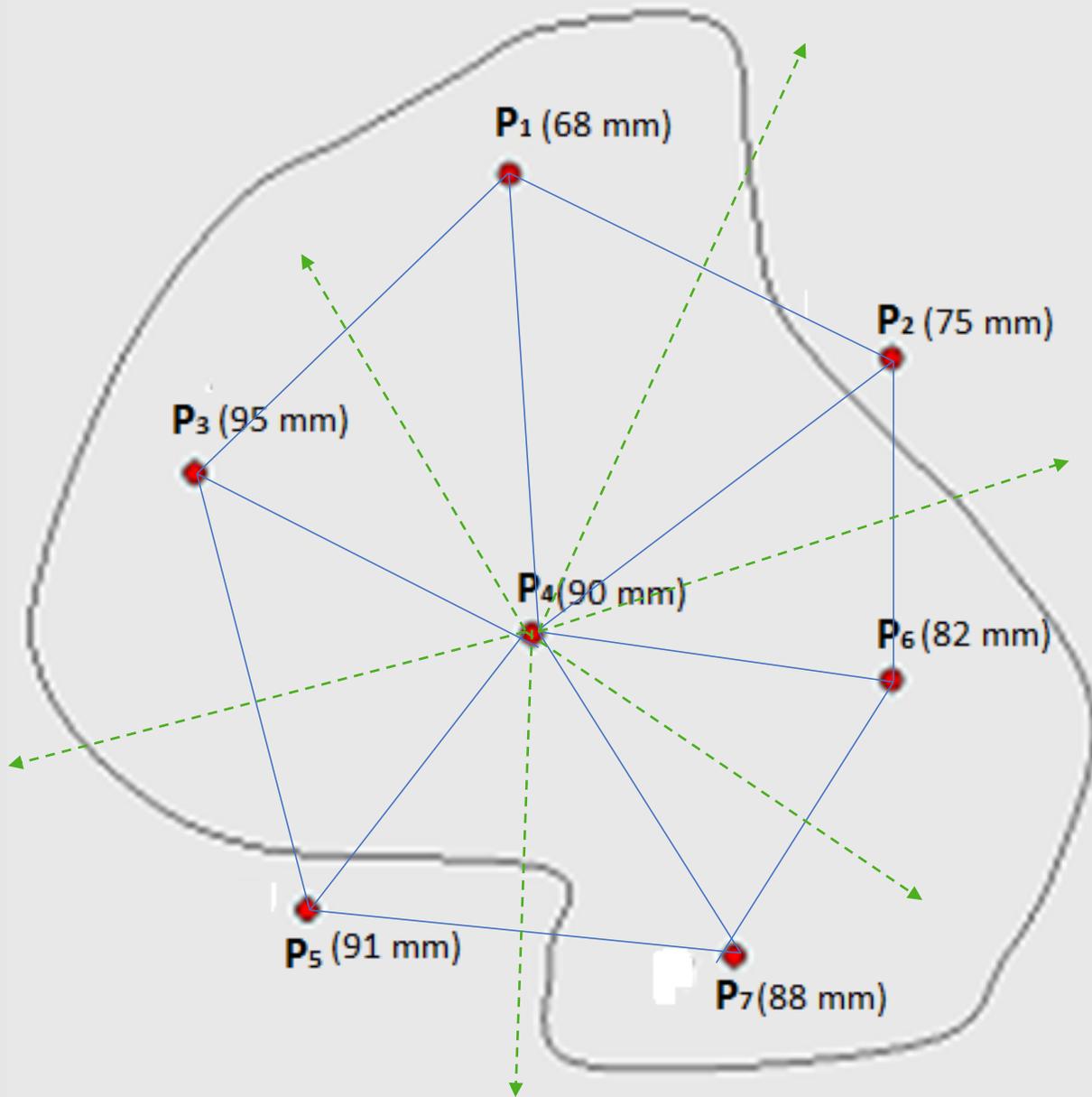
# DADOS

Posto pluviométrico	Altura pluviométrica (mm)	Área de influência (km <sup>2</sup> )
<b>P<sub>1</sub></b>	68	2,08
<b>P<sub>2</sub></b>	75	1,45
<b>P<sub>3</sub></b>	95	2,32
<b>P<sub>4</sub></b>	90	2,00
<b>P<sub>5</sub></b>	91	1,08
<b>P<sub>6</sub></b>	82	2,27
<b>P<sub>7</sub></b>	88	2,12



**1º Passo: unir os  
postos pluviométricos  
mais próximos entre  
SI, sem cruzar  
linhas**

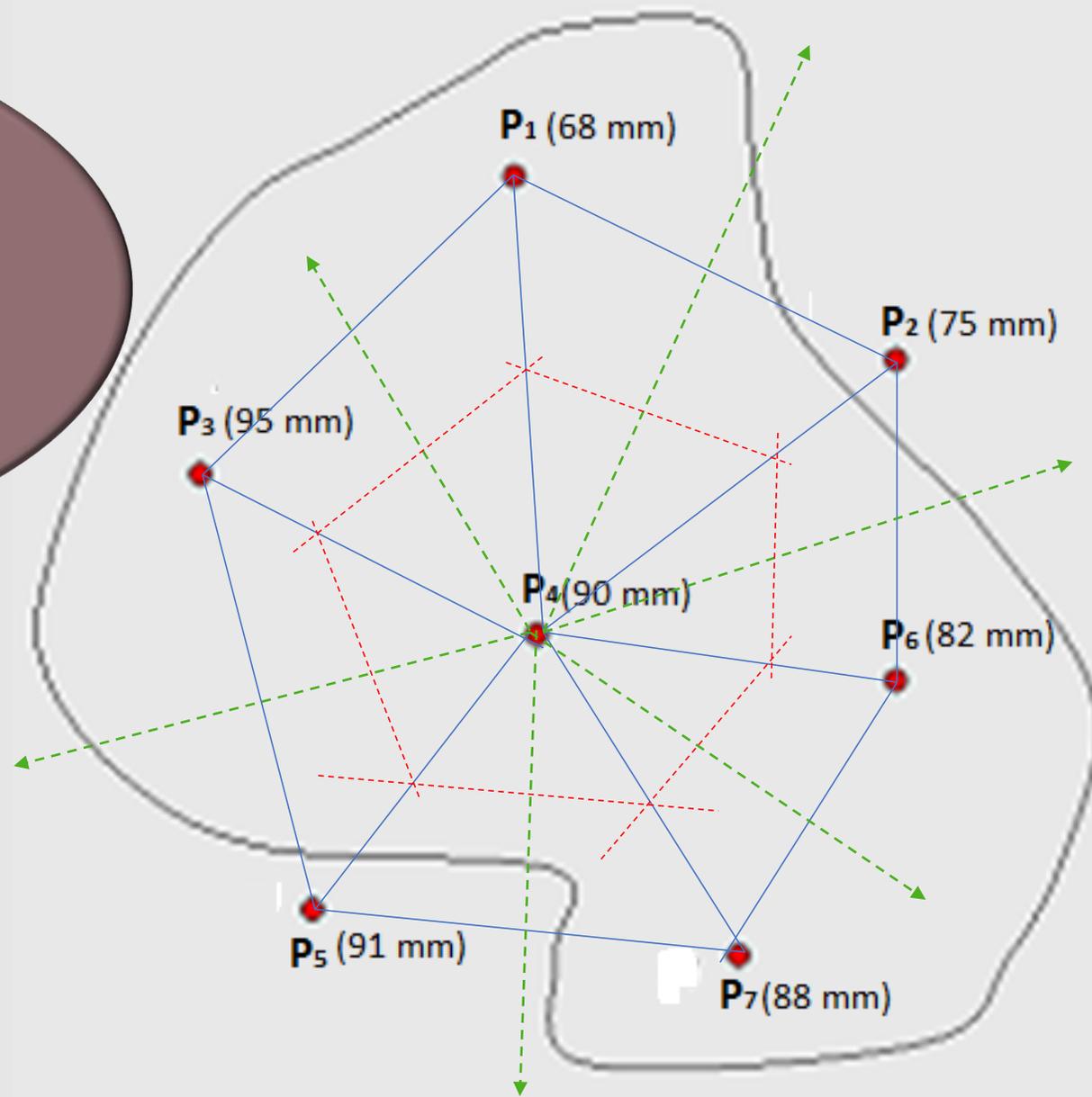


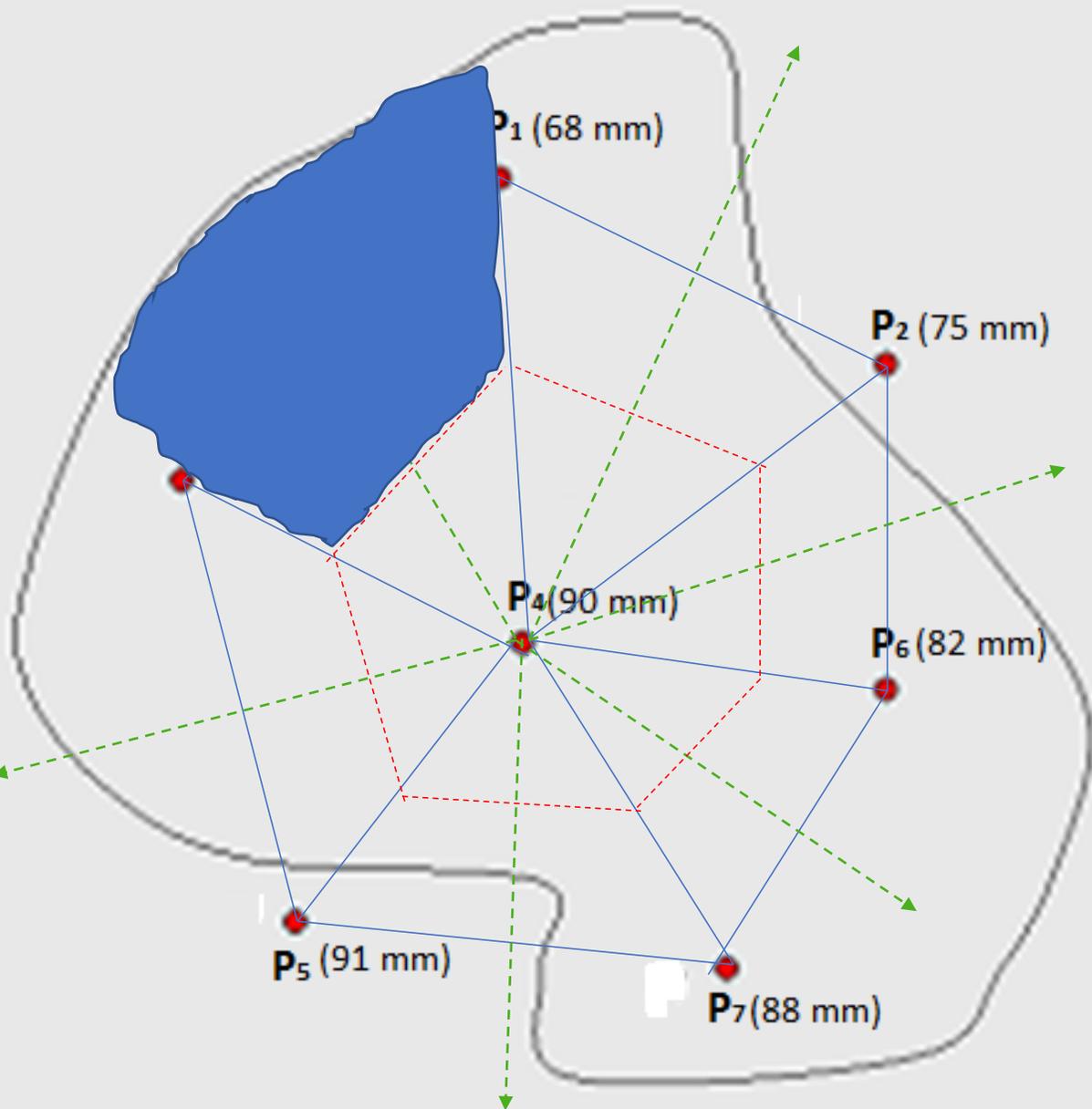


2º Passo: Marcar a mediana de todas as retas do passo anterior e unir de forma radial pelo posto mais central.



**3º Passo:** Marcar a mediana de todas as retas radiais, traçadas no passo anterior, e note que a área de influência do posto central, já se configura neste passo.

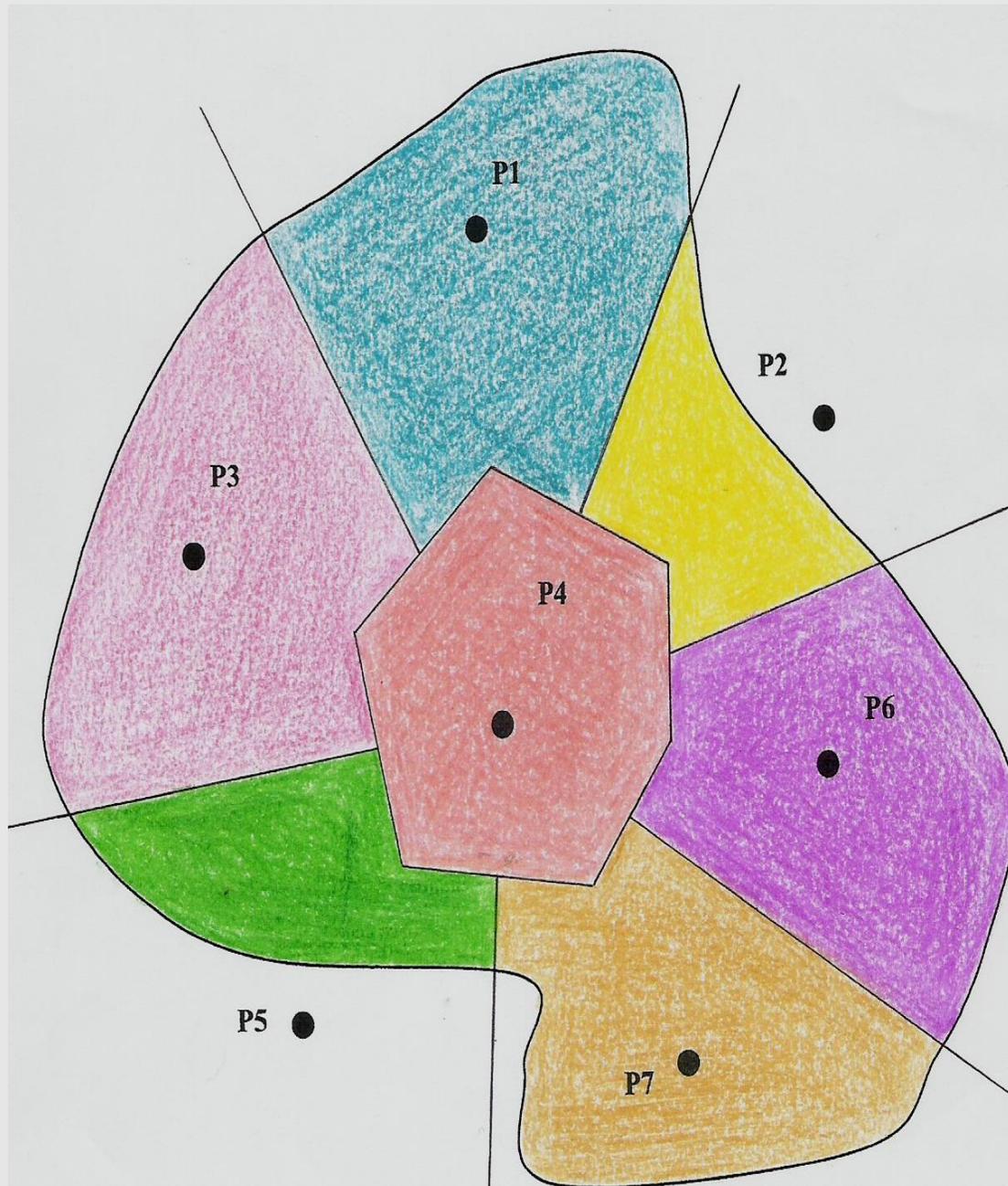




4º Passo: Definir e determinar a área de influência dos demais postos, salientando com cores ou hachuras.

Observação: nesse exemplo as áreas são dadas, mas na prática deveriam ser determinadas, por exemplo com auxílio do Google Earth.





**Representação final das áreas de influência**

**Observe que quando os polígonos abrangem áreas externas à bacia hidrográfica, essas porções devem ser eliminadas no cálculo!**



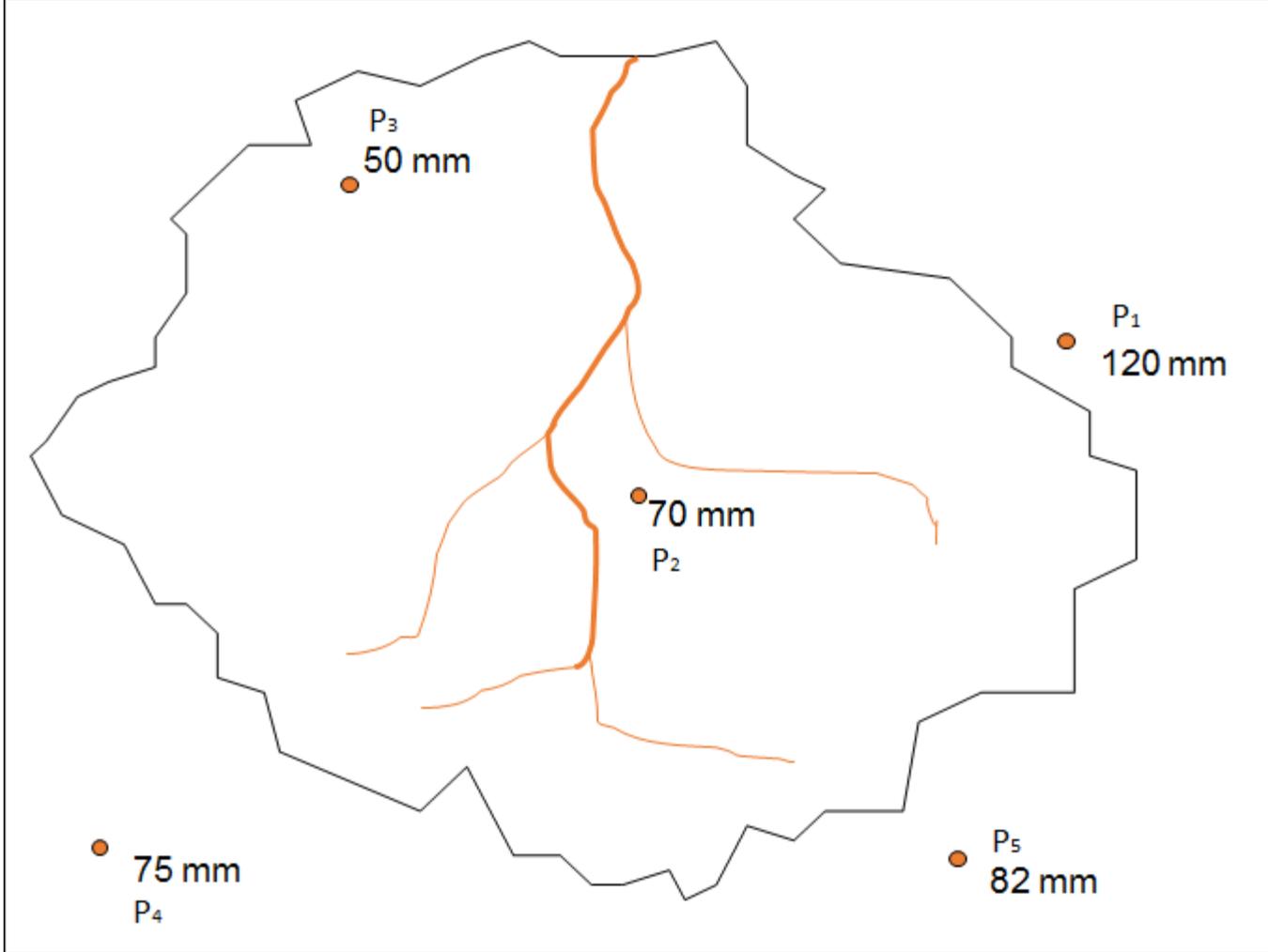
1	2	3	2*3
Posto pluviométrico	Altura pluviométrica (mm)	Área de influência (km <sup>2</sup> )	km <sup>2</sup> *mm
P <sub>1</sub>	68	2,08	141,44
P <sub>2</sub>	75	1,45	108,75
P <sub>3</sub>	95	2,32	220,4
P <sub>4</sub>	90	2	180
P <sub>5</sub>	91	1,08	98,28
P <sub>6</sub>	82	2,27	186,14
P <sub>7</sub>	88	2,12	186,56
		<b>13,32</b>	<b>1121,57</b>
	<b>P<sub>m</sub></b>	<b>=</b>	<b>84,20</b>

Pelo Excel



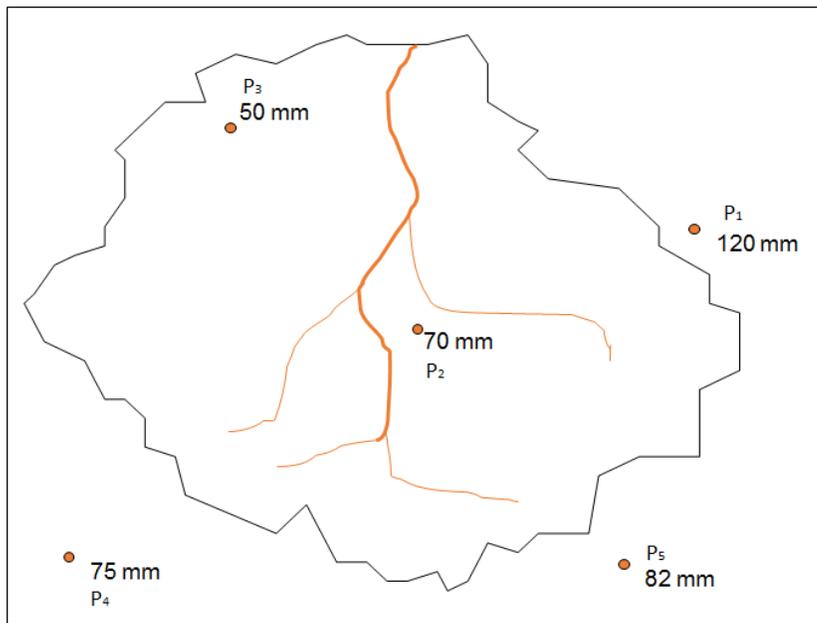
$$P_m = \frac{\sum P_i \times A_i}{A} = \frac{1121,57}{13,32} \cong 84,20\text{mm}$$

Para a bacia hidrográfica representada abaixo, pede-se representar as áreas de influências e calcular a precipitação média pelos métodos da média aritmética e de Thiessen.



Exercício 6





Dados do Exercício 6



<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>
<b>Posto pluviométrico</b>	<b>Altura pluviométrica (mm)</b>	<b>Área de influência (km<sup>2</sup>)</b>
<b>P<sub>1</sub></b>	<b>68</b>	<b>2,08</b>
<b>P<sub>2</sub></b>	<b>75</b>	<b>1,45</b>
<b>P<sub>3</sub></b>	<b>95</b>	<b>2,32</b>
<b>P<sub>4</sub></b>	<b>90</b>	<b>2</b>
<b>P<sub>5</sub></b>	<b>91</b>	<b>1,08</b>