

## Capítulo 9

### Método de Rippl

*“Os hidrologistas se preocupam basicamente com três objetivos: o uso da água, o controle da água e o controle da poluição da água”*

*David Maidment, 1993*



**Capítulo 9-Método de Rippl**

<b>Seção</b>	<b>Título</b>
9.1	Introdução
9.2	Diagrama de Rippl par demanda constante e chuvas mensais
9.3	Método de Rippl para demanda constante (analítico) e chuvas mensais
9.4	Método gráfico de Rippl para demanda constante e chuvas mensais
9.5	Diagrama de Rippl para demanda variável e chuvas mensais
9.6	Aplicação do Método de Rippl para chuvas diárias
9.7	Observações finais

## Capítulo 9- Método de Rippl

### 9.1 Introdução

Quando começamos a estudar o aproveitamento de água de chuva, verifiquei que diversos autores ingleses e americanos apresentam um método de dimensionamento do reservatório que não possuía um nome. Notei uma semelhança com o método de Rippl que aprendemos em hidrologia, e nomeei o método como o de Rippl, tendo conhecimento da simplificação, pois os rios possuem cursos de água sempre com água ou muita ou pouca, enquanto que para água de chuva o fluxo pode ficar de grande volume para zero.

O método mais comumente usado em aproveitamento de água de chuva é o de Rippl devido a sua simplicidade e facilidade de aplicação. Geralmente apresenta o **valor extremo do volume do reservatório** em lugares onde há grande variação nas precipitações médias mensais e é importante obtê-lo sempre para termos uma referência máxima. Em regiões quando não há variação muito grande entre as precipitações médias mensais o volume do método de Rippl torna-se zero.

Em Hidrologia é comum o uso do “diagrama de massas” para regularização de vazões em reservatórios, isto é, o estudo que garante o abastecimento constante d’água tanto no período chuvoso quanto no seco.

O diagrama tem na ordenada o acúmulo dos volumes e na abscissa o tempo (Hidrologia, EPUSP, 1980).

Geralmente se usa uma **série histórica** de precipitações mensais o mais longo possível para se aplicar o método de Rippl. Em nosso caso as precipitações se transformam em vazões que se dirigem ao reservatório.

Muitas vezes se usam **séries sintéticas**, isto é, aquelas estabelecidas com base na série histórica, ao invés da série histórica para facilidade dos cálculos.

Conforme Garcez, 1960 o diagrama de massa de Rippl pode ser resolvido para demanda constante ou para demanda variável.

Com a utilização de microcomputadores a aplicação do método de Rippl pode ser usada com segurança.

Apresentaremos o método de Rippl para chuvas mensais e para chuvas diárias.

Infelizmente não são todas as cidades do Brasil em que podemos encontrar precipitações diárias de no mínimo 20anos, daí ser usado chuvas mensais médias.

### 9.2 Diagrama de Rippl para demanda constante e chuvas mensais

Existem duas maneiras de se usar o método de Rippl para demanda constante:

- método analítico e
- método gráfico.

### 9.3 Método de Rippl para demanda constante (analítico) e chuvas mensais

A melhor maneira de explicar é fornecendo um exemplo.

#### Exemplo 9.1

Dimensionar o volume de um reservatório para demanda média mensal de  $8\text{m}^3/\text{mês}$ , com área de captação de  $100\text{m}^2$ , coeficiente de runoff  $C=0,80$  e usando chuvas médias mensais.

**Tabela 9.1- Dimensionamento do reservatório pelo método de Rippl para demanda constante de 8m<sup>3</sup>/mês, sendo usado as chuvas médias mensais de Guarulhos da Universidade de Guarulhos (UNG) para uma área de captação de água de chuva de 100m<sup>2</sup>.**

Meses	Chuva média mensal	Demanda constante mensal	Área da captação	Volume de chuva mensal	Diferença entre os volumes da demanda – vol. de chuva Col.3 – col. 5	Diferença acumulada da coluna 6 dos valores positivos	Obs.
	(mm)	(m <sup>3</sup> )	(m <sup>2</sup> )	(m <sup>3</sup> )	(m <sup>3</sup> )	(m <sup>3</sup> )	
Coluna 1	Coluna 2	Coluna 3	Coluna 4	Coluna 5	Coluna 6	Coluna 7	Coluna 8
Janeiro	272	8	100	22	-14		E
Fevereiro	243	8	100	19	-11		E
Março	223	8	100	18	-10		E
Abril	89	8	100	7	1	1	D
Mai	92	8	100	7	1	2	D
Junho	47	8	100	4	4	6	D
Julho	40	8	100	3	5	11	D
Agosto	30	8	100	2	6	16	D
Setembro	82	8	100	7	1	18	D
Outubro	121	8	100	10	-2	16	S
Novembro	114	8	100	9,0	-1,0	15	S
Dezembro	216	8	100	17	-9	6	S
<b>Total</b>	1569	96 m <sup>3</sup> /ano		126 96 m <sup>3</sup> /ano			

E: água escoando pelo extravasor D: nível de água baixando S: nível de água subindo

Vamos passar a explicar as oito colunas da Tabela (9.1).

**Coluna 1 –**

É o período de tempo que vai de janeiro a dezembro.

**Coluna 2 –**

Nesta coluna estão as chuvas médias mensais em milímetros do município de Guarulhos.

**Coluna 3 –**

Demanda mensal que foi imposta de acordo com as necessidades. A demanda também pode ser denominada de consumo mensal e é fornecido em metros cúbicos.

Considerando que em Guarulhos o consumo médio residencial é de 19m<sup>3</sup>/mês; que o IBGE encontrou a média de 4,06pessoas/residência e 30,5dias/mês, a quota *per capita* será de 153 litros/dia x habitante.

Considerando que no consumo de uma casa cerca de 40% (60 litros/dia x habitante) de água são gastos nas descargas das bacias sanitárias, teremos uma média de 7,6m<sup>3</sup> por mês, ou seja, praticamente 8m<sup>3</sup>/mês. Nota-se que anualmente temos o máximo de 126m<sup>3</sup> e que a média encontrada é de 11m<sup>3</sup>/mês.

O volume total da demanda ou do consumo 96m<sup>3</sup>/ano deve ser menor ou igual ao volume total de chuva da coluna 5 que é 126m<sup>3</sup>/ano.

**Coluna 4-**

É a área de captação da água de chuva que é suposta constante durante o ano. A área de captação é fornecida em metros quadrados e é a projeção do telhado sobre o terreno.

### Coluna 5-

Nesta coluna estão os volumes mensais disponíveis da água de chuva. É obtido multiplicando-se a coluna 2 pela coluna 4 e pelo coeficiente de runoff de 0,80 e dividindo-se por 1000 para que o resultado do volume seja em metros cúbicos.

Assim a linha referente ao mês de janeiro é obtida:

$$272\text{mm} \times 100 \text{ m}^2 \times 0,80 / 1000 = 22 \text{ m}^3$$

O total da coluna 5 do volume de água fornecida pela chuva média de janeiro a dezembro é de  $126\text{m}^3/\text{ano}$  que deverá ser maior ou igual ao volume total da demanda ou consumo que se refere a coluna 3.

### Coluna 6 –

Nesta coluna estão as diferenças entre os volumes da demanda e os volumes de chuva mensais. É na prática a coluna 3 menos a coluna 5. O sinal negativo indica que há excesso de água e o sinal positivo indica que o volume de demanda, nos meses correspondentes supera o volume de água disponível.

### Coluna 7 –

Nesta coluna estão as diferenças acumuladas da coluna 6 considerando somente os valores positivos. Para preencher esta coluna foi admitida a hipótese inicial de o reservatório estar cheia.

Os valores negativos não foram computados, pois, correspondem a meses em que há excesso de água (volume disponível superando a demanda).

Começa-se com a soma pelos valores positivos, prosseguindo-se até a diferença se anule, desprezando-se todos os valores negativos seguintes, recomeçando-se a soma quando aparecer o primeiro valor positivo (Garcez, 1960, p.56 Volume II).

O volume máximo obtido na coluna 7 pelo Método de Rippl é de  $18\text{m}^3$ . Portanto, o reservatório para regularizar a demanda constante de  $8\text{m}^3/\text{mês}$  deverá ter  $18\text{m}^3$  de capacidade.

### Coluna 8-

O preenchimento da coluna 8 é feito usando as letras E, D e S sendo:

E = água escoando pelo extravasor;

D= nível de água baixando e

S= nível de água subindo.

Supomos desde o **início que o reservatório está cheio** e, portanto, nos meses de janeiro, fevereiro e março da coluna 6 verificamos que as diferenças são negativas e, portanto, temos que a água está escoando pelo extravasor.

Quando os valores da coluna 6 são positivos o nível de água do reservatório está baixando e isto vai acontecer no mês de abril quando o abaixamento é de  $1\text{m}^3$ . Em maio de  $2\text{m}^3$ . Em junho de  $6\text{m}^3$ . Em julho o abaixamento é de  $11\text{m}^3$ . Em setembro o abaixamento é de  $18\text{m}^3$  e em outubro o reservatório como a coluna 6 é negativa, o volume começa a extravasar.

O volume do reservatório de  $18\text{m}^3$ , correspondentes a um suprimento de 69 dias de seca (2,3 meses).

#### 9.4 Método gráfico de Rippl para demanda constante e chuvas mensais

O método gráfico é feito usando Microsoft Excel. Para isto precisamos dos volumes de chuva acumulada de janeiro a dezembro, bem como a demanda acumulada de janeiro a dezembro. Para o volume acumulado de janeiro a dezembro teremos uma curva e para a demanda constante teremos uma reta.

##### Exemplo 9.2

Calcular o volume do reservatório para precipitação média mensal, consumo médio mensal de  $8\text{m}^3/\text{mês}$ , área de captação de  $100\text{m}^2$  e coeficiente de runoff  $C=0,80$ .

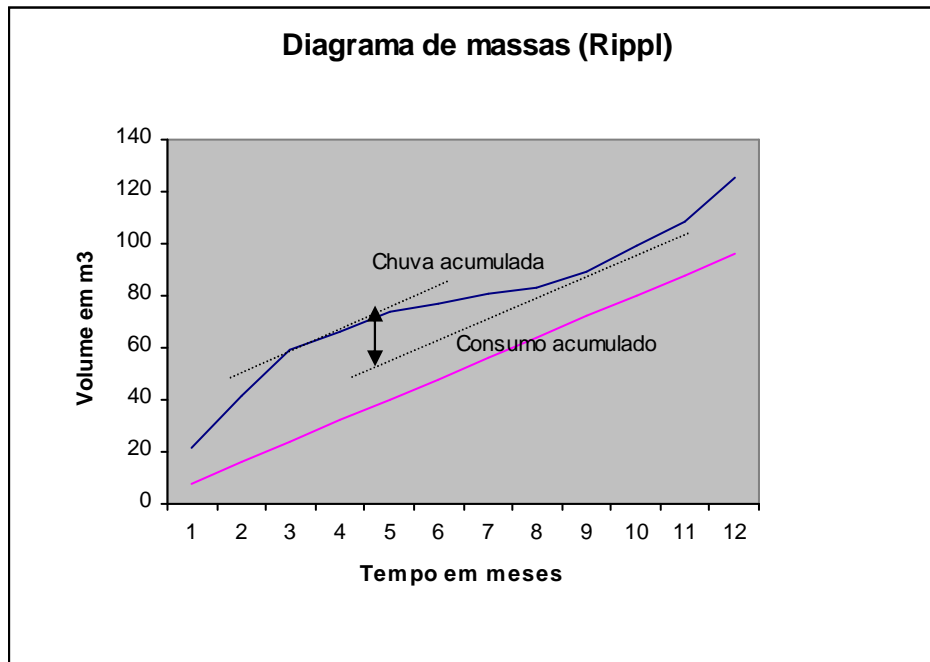
**Tabela 9.2- Dados para traçar o Diagrama de Rippl para demanda constante com precipitações médias mensais da Universidade de Guarulhos (UNG), demanda mensal de  $8\text{m}^3$  e área de coleta de chuva de  $100\text{m}^2$  com  $C=0,80$ .**

Meses	Precipitação (mm)	Demanda consumo ( $\text{m}^3$ )	Área de captação ( $\text{m}^2$ )	Vol. mensal Chuva ( $\text{m}^3$ )	Vol. Chuva	
					acumulada ( $\text{m}^3$ )	Demanda acumulada ( $\text{m}^3$ )
janeiro	272	8	100	22	22	8
fevereiro	243	8	100	19	41	16
março	223	8	100	18	59	24
abril	89	8	100	7	66	32
maio	92	8	100	7	74	40
junho	47	8	100	4	77	48
julho	40	8	100	3	80	56
agosto	30	8	100	2	83	64
setembro	82	8	100	7	89	72
outubro	121	8	100	10	99	80
novembro	114	8	100	9	108	88
dezembro	216	8	100	17	126	96

O método de Rippl, ou seja, o diagrama de Rippl pode ser colocado em um gráfico para facilitar a compreensão conforme Figura (9.1).

Na Figura (9.1) na abscissa estão os meses de janeiro a dezembro (1 a 12). Nas ordenadas está o volume acumulado da coluna 5.

O consumo acumulado de  $8\text{m}^3/\text{mês}$  está na reta. Pelo método de Rippl, temos que traçar paralelas pela reta acumulado do consumo traçando-se paralelas pelo ponto mais alto e pelo ponto mais baixo. A distância vertical entre as duas paralelas será o volume de  $18\text{m}^3$  achado na Tabela (9.1).



**Figura 9.1- Diagrama de Rippl**

### 9.5 Diagrama de Rippl para demanda variável e chuvas mensais

Conforme Garcez, 1960 o diagrama de Rippl para demanda variável deve ser criada as coluna 6, 7 e 8 da Tabela (9.3).

#### Exemplo 9.3

Calcular o volume do reservatório para precipitação média mensal, demanda variavel, área de captação de 100m<sup>2</sup> e coeficiente de runoff C=0,80

**Tabela 9.3- Dados para o diagrama de Rippl para demanda variável com dados pluviométricos da Universidade de Guarulhos (UNG)**

Meses	Precipitação (mm)	Demanda (m <sup>3</sup> )	Área de Captação (m <sup>2</sup> )	Vol. mensal de chuva C=0,80 (m <sup>3</sup> )	Vol. Chuva acumulada (m <sup>3</sup> )	Demanda acumulada (m <sup>3</sup> )	Diferença entre volume chuva e demanda (m <sup>3</sup> )
Coluna 1	Coluna 2	Coluna 3	Coluna 4	Coluna 5	Coluna 6	Coluna 7	Coluna 8
janeiro	272	8	100	22	22	8	14
fevereiro	243	8	100	19	41	16	25
março	223	10	100	18	59	26	33
abril	89	10	100	7	66	36	30
maio	92	12	100	7	74	48	26
junho	47	8	100	4	77	56	21
julho	40	8	100	3	80	64	16
agosto	30	10	100	2	83	74	9
setembro	82	10	100	7	89	84	5
outubro	121	8	100	10	99	92	7
novembro	114	8	100	9	108	100	8
dezembro	216	8	100	17	126	108	18
	<b>1569m</b>	<b>108</b>		<b>126m<sup>3</sup>/</b>			
	<b>m</b>	<b>m<sup>3</sup>/a</b>		<b>ano</b>			
		<b>no</b>					

#### Coluna 1-

São os meses de janeiro a dezembro.

#### Coluna 2-

são as precipitações mensais médias de Guarulhos

#### Coluna 3-

estão as demandas mensais em metros cúbicos que são os consumos que variam de 8m<sup>3</sup>/mês até 12m<sup>3</sup>/mês.



**Coluna 4-**

área de captação de água de chuva em metros quadrados.

**Coluna 5-**

é o volume de chuva mensal, obtido pela multiplicação da coluna 2 pela coluna 4 e pelo coeficiente de runoff 0,80 e dividido por 1000 para se obter os resultados em metros cúbicos.

**Coluna 6-**

é o volume de água de chuva acumulado. Em dezembro teremos o volume máximo que é  $126\text{m}^3/\text{ano}$ .

**Coluna 7-**

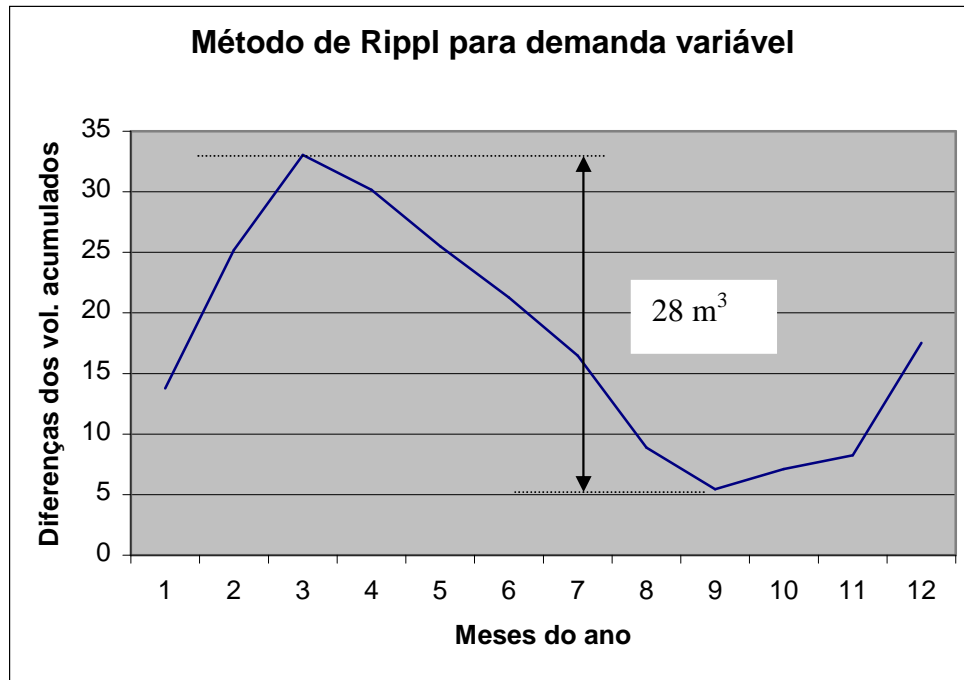
é a demanda mensal acumulada em metros cúbicos sendo que em dezembro teremos o máximo de demanda anual que é  $108\text{m}^3/\text{ano}$  e que deverá ser menor ou igual ao máximo de chuva anual que é  $126\text{m}^3/\text{ano}$ .

**Coluna 8-**

é a diferença da coluna 6 referente ao volume de água de chuva acumulada com a coluna 7 que se refere a demanda acumulada.

Colocamos então os dados da coluna 8 em um gráfico usando Microsoft Excel obtendo a Figura (9.2).

Na Figura (9.2) as **paralelas** são traçadas em relação a abscissa tangenciando o ponto mais alto e o ponto mais baixo. Obteremos  $28\text{m}^3$  que para o caso é a diferença entre 33 e 5 da coluna 8 da Tabela (9.3).



**Figura 9.2- Diagrama de Rippl para demanda variável**

### **9.6 Aplicação do Método de Rippl para chuvas diárias**

Embora não seja nada prática a aplicação do Método de Rippl para chuvas diárias, usando microcomputador pode-se fazer aplicação para série histórica 10 anos de precipitações diárias.

## 9.7 Observações finais

Nos exemplos citados usamos a precipitação média, mas poderíamos ter usado as probabilidades de 95%, 85% e 75% e conseqüentemente os resultados seriam diferentes como foi explicado no Capítulo 10.6.

Teríamos para escolher as seguintes precipitações:

**1 Precipitação média**

**2 Probabilidade de 95% (extremamente confiável)**

**3 Probabilidade de 85% (confiável)**

**4 Probabilidade de 75% (tolerável)**

Não devemos esquecer que a precipitação média não oferece uma probabilidade confiável, pois é de aproximadamente 40% o que significa que está abaixo dos níveis de tolerância.

### Exemplo 9.4

Dimensionar a reservatório para um telhado com 350m<sup>2</sup>, consumo médio mensal de 9m<sup>3</sup> e considerando quatro tipo de precipitações ou seja, a média, e as probabilidades de 75%, 85% e 95%.

Na Tabela (9.3) está os resultados da aplicação do Método de Rippl. Observar que para a média o resultado foi de um reservatório com somente 1 (um) m<sup>3</sup>, enquanto que aumentando a probabilidade, aumentaremos o volume do reservatório, pois assim correremos menos riscos.

Então um reservatório para atender 95% de probabilidade deverá ter um volume de 48m<sup>3</sup>.

**Tabela 9.3- Aplicação do método de Rippl considerando várias precipitações**

Precipitação usada	Consumo (m <sup>3</sup> /mês)	Area telhado (m <sup>2</sup> )	Reservatório (m <sup>3</sup> )
Média	9	350	1
75% de prob.	9	350	26
85% de prob.	9	350	33
95% de prob.	9	350	48

Como se pode observar na Tabela (9.3) obtivemos volume de reservatórios que variam de 1m<sup>3</sup> até 48m<sup>3</sup>.

São necessárias outras considerações para determinar o volume do reservatório a ser escolhido, como a confiabilidade das chuvas, os custos e os dias seguidos sem chuva ou com pouca chuva.