

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

Seção	Título
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 100m^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 8m³/mês, sendo usado as chuvas médias mensais de Guarulhos da Universidade de Guarulhos (UNG) para uma área de captação de água de chuva de 100m².

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 ³)	(m ²)	(m ³)	(m ³)	(m ³)	
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
Total	1569	96 m ³ /ano		126 96 m ³ /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 19m³/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 7,6m³ por mês, ou seja, praticamente 8m³/mês. Nota-se que anualmente temos o máximo de 126m³ e que a média encontrada é de 11m³/mês.

O volume total da demanda ou do consumo 96m³/ano deve ser menor ou igual ao volume total de chuva da coluna 5 que é 126m³/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 18m^3 . Portanto, o reservatório para regularizar a demanda constante de $8\text{m}^3/\text{mês}$ deverá ter 18m^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 1m^3 . Em maio de 2m^3 . Em junho de 6m^3 . Em julho o abaixamento é de 11m^3 . Em setembro o abaixamento é de 18m^3 e em outubro o reservatório como a coluna 6 é negativa, o volume começa a extravasar.

O volume do reservatório de 18m^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 100m^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 8m^3 e área de coleta de chuva de 100m^2 com $C=0,80$.

Meses	Precipitação (mm)	Demanda consumo (m^3)	Área de captação (m^2)	Vol. Chuva mensal (m^3)	Vol. Chuva	
					acumulada (m^3)	Demanda acumulada (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 18m^3 achado na Tabela (9.1).

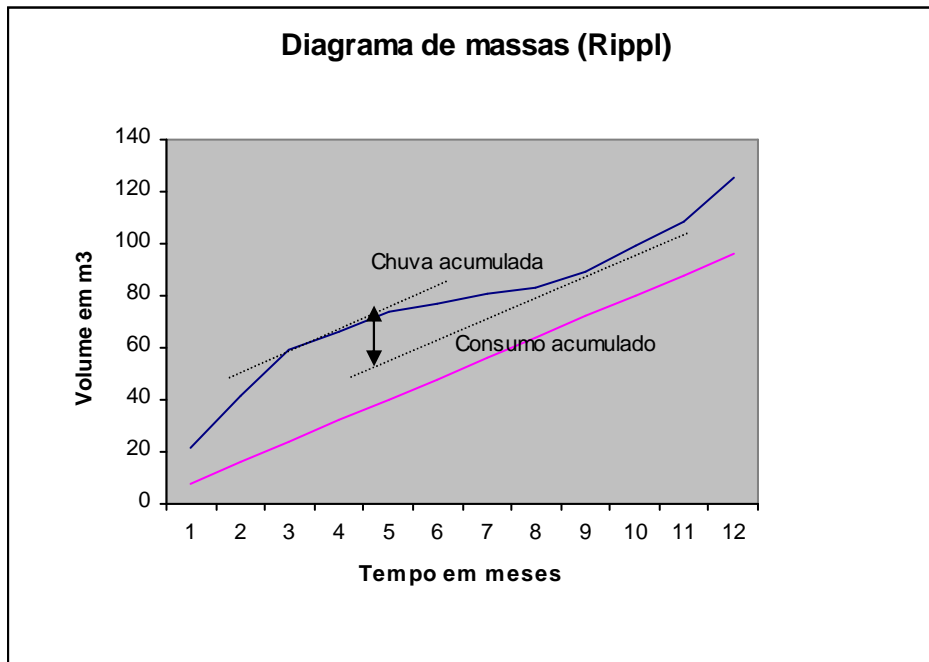


Figura 9.1- Diagrama de Rippl

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 100m² 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 ³)	Área de Captação (m ²)	Vol. mensal de chuva C=0,80 (m ³)	Vol. Chuva acumulada (m ³)	Demanda acumulada (m ³)	Diferença entre volume chuva e demanda (m ³)
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
	1569m	108		126m³/			
	m	m³/a		ano			
		no					

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 8m³/mês até 12m³/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 28m^3 que para o caso é a diferença entre 33 e 5 da coluna 8 da Tabela (9.3).

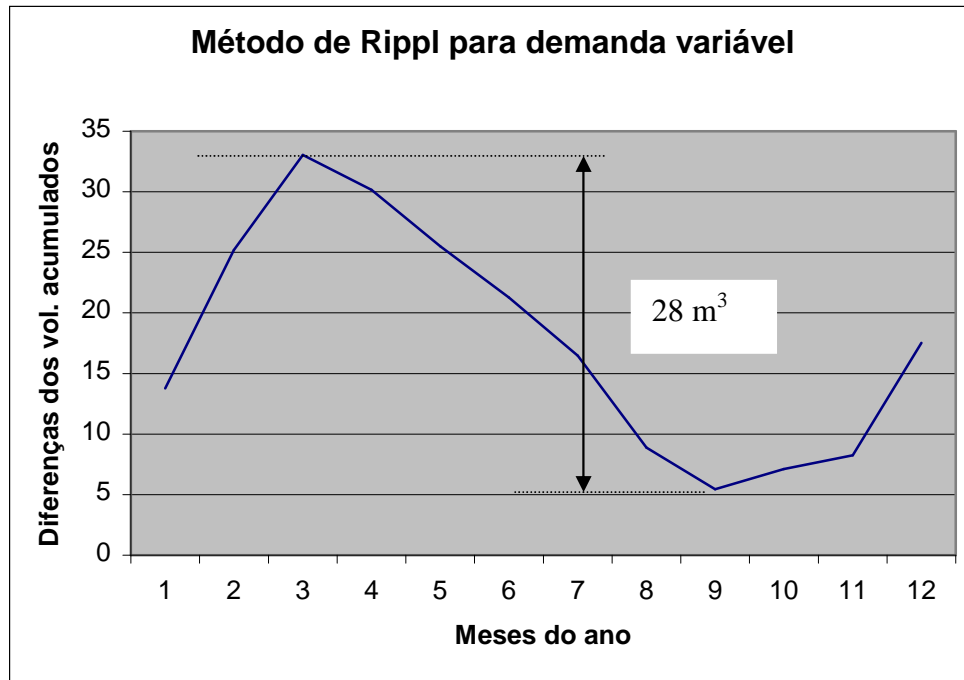


Figura 9.2- Diagrama de Rippl para demanda variável

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 350m², consumo médio mensal de 9m³ 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) m³, 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 48m³.

Tabela 9.3- Aplicação do método de Rippl considerando várias precipitações

Precipitação usada	Consumo (m ³ /mês)	Area telhado (m ²)	Reservatório (m ³)
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 1m³ até 48m³.

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.