



HIP 11 HIDROLOGIA II

Aula 8

Professor Joel Avruch Goldenfum
IPH/UFRGS





Regularização de descargas

- vazões naturais → extremamente variáveis
- deve-se compatibilizar a oferta natural com a demanda
- uso mais harmonioso dos recursos existentes
- extrair maior proveito dos recursos existentes
- A regularização de descargas é a técnica pela qual se regula o fluxo de água de forma a conter os excessos para atender os períodos cujas vazões naturais são inferiores à demanda.
- é necessário conhecer as quantidades de água colocadas à disposição e também a seqüência temporal da ocorrência das vazões.





Regularização de descargas

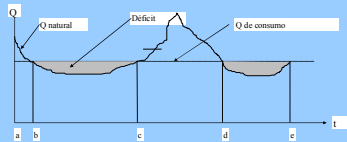
- A regularização de descargas pretende harmonizar as disponibilidades de vazão numa determinada seção de um rio com as necessidades da demanda para qualquer aproveitamento.
- Se a descarga máxima prevista para o aproveitamento a ser construído é inferior ou igual à descarga mínima do rio, não são necessárias obras de regularização.
- quando a curva de demanda apresentar vazões superiores à descarga mínima do rio, pelo menos em alguns trechos, torna-se preciso construir um dispositivo que regularize as descargas
- Os reservatórios acumulam as água nas épocas de abundância para usá-las nos tempos de carência, efetuando uma transposição temporal, ou uma redistribuição, dos volumes disponíveis.





Tipos de reservatório

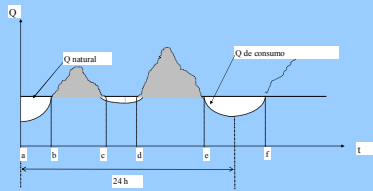
O reservatório de suprimento regulariza as vazões naturais, essencialmente variáveis, para atender uma demanda relativamente constante. É o caso dos reservatórios para abastecimento e irrigação





Tipos de reservatório

O reservatório de consumo armazena apenas os volumes necessários para atender os picos de demanda. É o caso das usinas hidrelétricas, onde não é conveniente operar grandes sistemas para atender variações rápidas.





Tipos de regularização de descargas

Regularização total (anual ou plurianual): pode-se substituir a sucessão de vazões naturais anuais ou plurianuais por uma única vazão constante durante todo o período em análise. Essa regularização é a que permite um melhor aproveitamento da disponibilidade hídrica local




- $Q_{reg} = Q_p$
- Turbinas dimensionadas p/ maior aproveitamento
- reservatórios muito grandes, com a inundação de áreas extensas
- Com reservatórios menores, a regularização total pode ser obtida através da determinação de uma sucessão de vazões regularizadas, com durações variáveis.




Tipos de regularização de descargas

regularização parcial: admite-se a perda periódica de vazões acima de um máximo derivável, ou seja, quando a vazão regularizada é inferior à máxima vazão que pode ser regularizada num dado intervalo de tempo.

- varias Qreg com duracao variavel
- turbinas dimensionadas p/ maior Qreg
- construção de reservatórios de pequena capacidade de armazenamento
- perdas de energia hidráulica nas cheias e déficits nas vazões deriváveis em épocas de seca.






Métodos de cálculo do volume do reservatório


Simulação:

- Método do hidrograma
- Método analítico
- Curva de massa (diagrama de Rippl)

Métodos simplificados:

- Curva de permanência
- Curva de frequência de vazões mínimas





Simulação

Resolvemos uma equação de continuidade: $ds/dt = Q - E - q$

Devemos conhecer:


- $Q = f(t)$ → disponibilidade hídrica
- $E = f(t)$ → perdas
- $q = f(t)$ ou cte → demandas

Condicionados a:

- S_{min} → capacidade mínima
- S_{max} → capacidade máxima
- $S_{efetivo} = S_{max} - S_{min}$

Dados necessários:

- série de vazões afluentes
- Intervalo de tempo de análise
- Critérios de operação do reservatório
- Período de risco
- Evaporação
- demanda



**Regularizacão Total:
Método do hidrograma**

supõe-se que o reservatório encontra-se cheio no início do período analisado e procura-se encontrar uma estimativa do volume útil capaz de fornecer uma vazão regularizada que atende as demandas

permite a visualização e compreensão do processo de redistribuição de volumes efetuado pelo reservatório.
 Se as séries a analisar são longas, o procedimento torna-se demorado e trabalhoso

**Regularizacão Total:
Método analítico**

Sob a forma de planilha, calculam-se as diferenças entre as descargas naturais e a descarga que se deseja regularizar, obtendo-se valores positivos e negativos para esta diferença.

Aceitando que o reservatório se encontra cheio no primeiro período, passa-se a examinar o balanço de volumes em cada intervalo de tempo através da equação

$$V_j = V_{j-1} + (Q_j - E - qr) \cdot \Delta t_j$$

- supõe-se o reservatório cheio no intervalo que precede o primeiro período, fazendo-se $V_{j-1} = 0$;
- calcula-se o balanço:
 - se $V_j \geq 0$: reservatório cheio. Neste caso, se faz $V_j = 0$;
 - se $V_j < 0$: situação de déficit;
- o menor valor encontrado para V_j representará o maior déficit ocorrido em toda série examinada, sendo esse o volume útil do reservatório necessário para regularizar a descarga constante Q_r

**Regularizacão Total:
Método analítico**

Determinação do nível de garantia:

- Para um determinado valor de S_{max} e de $q_1 \rightarrow NF_1$

$$P = (1 - NF_1 / NTM) * 100\%$$
- Plotar para vários valores de S_{max} e q , traçando as curvas com igual probabilidade de falha

Obs.: a garantia se refere à série histórica e não à população

**Regularizacão Total:
Método analítico**

Alternativa: Séries estocásticas:

1. Geram-se M séries estocásticas de vazões
2. Para cada vazão q^* escolhida simula-se cada uma das M séries geradas, até obter S^* que atende 100% das demandas. Obtém-se M valores de S^* para cada valor de q^*
3. Supondo que S^* siga distribuição normal, calcular média e desvio padrão para ajustar a distribuição
4. A partir da distribuição ajustada, obter valores de S^* com determinadas probabilidades de ocorrência (50%, 95%, etc)
5. Repetir o procedimento para novos valores de q^*

UFRGS
UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL

**Regularizacão Total:
Método da curva de massa -
Diagrama de Rippl**

UFRGS
UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL

**Regularizacão Total:
Método da curva de massa -
Diagrama de Rippl**

A curva de massa das descargas, ou diagrama de Rippl, é a curva integral do hidrograma ao longo do tempo, com os valores dos volumes nas abcissas e o tempo nas ordenadas.

Na prática, faz-se um somatório das descargas ao longo do tempo e utiliza-se a unidade de vazão multiplicada pela unidade de tempo como unidade de volume.

$$V = \int_{t1}^{t2} Q \cdot dt = \sum Q \cdot \Delta t$$

UFRGS
UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL

Regularizacão Total:
Método da curva de massa -
Diagrama de Rippl

- a declividade da reta que une dois pontos quaisquer é a vazão média neste intervalo;
- a reta AB representa uma vazão única, que, no período, provocaria um volume acumulado correspondente à ordenada no ponto B. Esta descarga é chamada de descarga média de longo período;
- a tangente à curva em qualquer ponto é a vazão naquele instante, sendo que a vazão nula corresponde à horizontal;
- a diferença de ordenadas entre dois pontos quaisquer é o volume escoado no intervalo de tempo correspondente.

Regularizacão Total:
Método da curva de massa -
Diagrama de Rippl

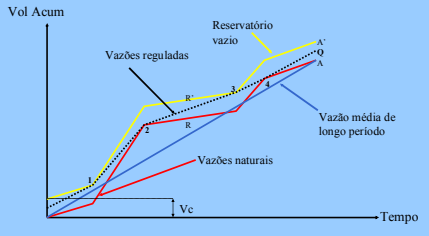
O volume útil de um reservatório capaz de garantir a regularização de qualquer vazão Q_r será igual ao máximo afastamento, medido na vertical, entre a reta de declividade correspondente a Q_r e a curva de massa.

Regularizacão Total:
Curva de Regularizacão



Regularização parcial: método de Conti-Varlet

•o regime ideal de descargas regularizadas é definido por uma poligonal que representa o caminho mais curto entre os pontos extremos do gráfico de massa
•é obtido através do traçado de uma curva paralela à curva de massa, situada a uma distância igual ao volume do reservatório (curva de reservatório vazio).



- A posição da poligonal corresponde àquela que tomaria um fio flexível estendido entre os extremos inicial e final, considerando-se como contornos sólidos as duas curvas traçadas.
- A declividade da poligonal em cada trecho define sua vazão.
