

# PROGRAMA PARA O CÁLCULO DE VAZÕES EM REDES DE DISTRIBUIÇÃO ATRAVÉS DO MÉTODO DE CLEMENT

Heber Pimentel Gomes <sup>1</sup>, Eduardo Felipe Cavalcanti Correa de Oliveira <sup>2</sup>

**RESUMO:** O presente trabalho apresenta o Método de Clément, usado para cálculo de vazões transportadas numa rede coletiva de distribuição, com base na aleatoriedade das irrigações das parcelas abastecidas. Utiliza-se recursos computacionais (planilha eletrônica) para automatizar essa técnica, permitindo assim o cálculo dos diâmetros das tubulações, evitando-se que a rede trabalhe superdimensionada em boa parte do seu tempo de funcionamento.

**PALAVRAS CHAVES:** Clement, vazão, rede de abastecimento

**ABSTRACT:** This paper describes the Clement's Technic, applied to calculate the discharge in water distribution system, based on the contingent of the irrigation in the beneficiary portion. Using Computer Resources automated technic, the diameter of the pipe is calculated, avoiding an oversized of the network in great part of the operation time.

**KEYWORDS:** Clement, discharge, water distribution system

**INTRODUÇÃO:** A determinação dos diâmetros dos trechos das tubulações de uma rede coletiva de distribuição exige o conhecimento de vários parâmetros, tais como: as vazões circulantes nos trechos, a modalidade de irrigação, o traçado da rede, as descargas e as pressões requeridas nas tomadas de água. Pode-se efetuar tal cálculo de duas formas: a primeira considerando a máxima demanda hídrica, com todas as tomadas de água das parcelas funcionando ao mesmo tempo; a segunda levando em conta a aleatoriedade das demandas de irrigação com o tempo, desenvolvida por René Clément (1986).

**DESCRIÇÃO DO PROGRAMA:** O cálculo da vazão a ser transportada por cada trecho da rede coletiva de distribuição de um sistema coletivo à demanda, baseado no método de Clement, se obtém a partir da seguinte fórmula:

$$Q = \sum D_i P_i + U \times (\sum P_i Q_i D_i^2)^{1/2}$$
, sendo - Q (vazão no trecho considerado),  $D_i$  (dotação de cada parcela "i" situada a jusante do trecho considerado),  $P_i$  (probabilidade de que a tomada d'água "i" esteja irrigando),  $Q_i$  (probabilidade de que a tomada d'água "i" não esteja irrigando =  $1 - P_i$ ) e U (Variável reduzida da distribuição normal de probabilidade, que depende da garantia de abastecimento adotada para o projeto).

---

<sup>1</sup> Doutor em Engenharia de Irrigação - Professor Adjunto do Departamento de Engenharia Civil - CCT / UFPB - Campua II - Campina Grande - Caixa Postal 505, Fone (083) 3101388, Fax (083) 3101088, E-mail: Heber@Rechid.ufpb.br.

<sup>2</sup> Engenheiro Civil - Aluno do curso de mestrado em Engenharia Hidráulica do Departamento de Engenharia Civil - CCT / UFPB - Campus II - Campina Grande, Fone (083) 310-1157

O método citado foi desenvolvido considerando que as tomadas d'água são independentes e irrigam aleatoriamente com o tempo. Tal fato permite considerar que o número de tomadas abertas abastecidas por um certo trecho da rede coletiva seja uma variável aleatória, que segue uma lei de distribuição binomial. O programa proposto foi elaborado em planilha eletrônica (Software Excel da Microsoft), apresentando as seguintes partes, conforme mostra o Quadro 1. Efetuado todos os procedimentos citados anteriormente, compara-se por fim as vazões obtidas pelo método de Clement (coluna 15), para cada trecho, com as calculadas pela acumulação direta das dotações das parcelas abastecidas (coluna 9). O menor dos valores entre as colunas 9 e 15, por trecho, será aquele utilizado como vazão de projeto.

**CONCLUSÃO:** A grande vantagem de utilizar planilha eletrônica é a facilidade e rapidez que se tem para simular inúmeras situações de projeto, permitindo-se efetuar variações nos dados de entrada.

**REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS:**

CLEMENT, R y GALANT, A - **El Riego por Aspersión**. Editores Técnicos Asociados, S.A Barcelona, 1986.

GOMES, H. P - **Engenharia de Irrigação** - Editora Universitária, João Pessoa, 1994.

QUADRO 2 - Cálculo de Vazões Pelo Método de Clement ( $Q_c$ )

<p>Parte 1 - Parâmetros Gerais</p> <p>1.1 - Vazão unitária contínua - <math>q</math> ( l / s )                      1.2 - Grau de liberdade - <math>GL = T_1 / T_2</math>                      1.3 - Rendimento da rede coletiva - <math>R = T_3 / T_1</math>                      1.4 - Dotação da parcela - <math>d_i</math> ( l / s )                      1.5 - Número de horas disponíveis para irrigação - <math>T_1</math>                      1.6 - Número de horas que o agricultor irriga - <math>T_2</math>                      1.7 - Número de horas que a rede pode abastecer - <math>T_3</math>                      1.8 - Probabilidade da tomada estar irrigando - <math>P_i = ( 1 / r \times GL )</math>                      1.9 - Probabilidade da tomada de água desativada - <math>Q_i = 1 - P_i</math>                      1.10 - Área beneficiada pela irrigação - <math>S</math> ( ha )</p>																	
<p>Parte 2 - Dados Gerais de Entrada</p> <p>2.1 - Necessidade Bruta de irrigação máxima - <math>N_{bMÁX}</math> ( <math>m^3 / ha</math> )                      2.2 - Dias por semana de irrigação - <math>N_{DIAS}</math>                      2.3 - Garantia de abastecimento - <math>GA</math> ( % )                      2.4 - Variável reduzida da distribuição normal - <math>U</math></p>																	
<p>Parte 3 - Dados de Entrada por Trecho do Ramal</p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="width: 15%;">Ramal</th> <th style="width: 15%;">Trecho</th> <th style="width: 15%;">S (ha)</th> <th style="width: 15%;">T<sub>1</sub></th> <th style="width: 15%;">T<sub>2</sub></th> <th style="width: 15%;">T<sub>3</sub></th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>( coluna 1 )</td> <td>( coluna 2 )</td> <td>( coluna 3 )</td> <td>( coluna 5 )</td> <td>( coluna 6 )</td> <td>( coluna 7 )</td> </tr> </tbody> </table>						Ramal	Trecho	S (ha)	T <sub>1</sub>	T <sub>2</sub>	T <sub>3</sub>	( coluna 1 )	( coluna 2 )	( coluna 3 )	( coluna 5 )	( coluna 6 )	( coluna 7 )
Ramal	Trecho	S (ha)	T <sub>1</sub>	T <sub>2</sub>	T <sub>3</sub>												
( coluna 1 )	( coluna 2 )	( coluna 3 )	( coluna 5 )	( coluna 6 )	( coluna 7 )												
<p>Parte 4 - Cálculos Efetuados por Trecho do Ramal</p> <p>4.1 - Área acumulada do ramal ( <math>\sum S_i</math> ) .....coluna 4                      ( coluna 4 )<sub>i</sub> = ( coluna 3 )<sub>i</sub> + ( coluna 4 )<sub>i-1</sub>, sendo i = linha                      4.2 - Grau de liberdade por trecho ( <math>GL</math> ).....coluna 8                      coluna 8 = coluna 6 / coluna 5                      4.3 - Vazão unitária contínua ( <math>q</math> ) = <math>N_{bMÁX} / ( N_{dias} / 7 ) \times 24 \times 3600</math>                      4.4 - Dotação da parcela ( <math>D_i</math> ).....coluna 9                      coluna 9 = <math>q \times ( \text{coluna 4} ) \times ( \text{coluna 8} )</math>                      4.5 - Dotação acumulada do ramal ( <math>\sum D_i</math> ) .....coluna 10                      ( coluna 10 )<sub>i</sub> = ( coluna 9 )<sub>i</sub> + ( coluna 10 )<sub>i-1</sub>, sendo i = linha                      4.6 - <math>D_i P_i</math> ( coluna 11 ) = coluna 9 / ( ( coluna 7 / coluna 5 ) x coluna 8 )                      4.7 - <math>\sum D_i P_i</math>.....coluna 12                      ( coluna 12 )<sub>i</sub> = ( coluna 11 )<sub>i</sub> + ( coluna 12 )<sub>i-1</sub>, sendo i = linha                      4.8 - <math>D_i P_i \times ( D_i - D_i P_i )</math>.....coluna 13                      coluna 13 = ( coluna 12 ) x ( coluna 9 - coluna 12 )                      4.9 - <math>\sum P_i D_i^2 \times ( 1 - P_i )</math>.....coluna 14                      ( coluna 14 )<sub>i</sub> = ( coluna 13 )<sub>i</sub> + ( coluna 14 )<sub>i-1</sub>, sendo i = linha                      4.10 - <math>Q_c = \sum D_i P_i + U \times ( \sum P_i Q_i D_i^2 )^{1/2}</math> .....coluna 15                      ( coluna 15 ) = ( coluna 12 ) + <math>U \times ( \text{coluna 14} )^{1/2}</math></p>																	