

Capítulo 120

Infiltração com Green e Ampt, 1911

120. Infiltração com Green e Ampt, 1911

120.1 Introdução

Objetivo é mostrar como funciona a equação de Green e Ampt, 1911 em um reservatório de infiltração conforme Figura (120.1).

7.2 Reservatório de infiltração para recarga baseado na equação de Green e Ampt, 1911

Vamos fazer uma apresentação de Metcalf e Eddy, 2007 baseada na equação de Green e Ampt, 1911, modificada por Bouwer, 1966 e Neuman, 1976.

Delleuer, 1999 informa que Green e Ampt usaram a equação de Darcy e equação da continuidade para resolver a infiltração de escoamento vertical.

Na aplicação vamos considerar a profundidade da água H_w constante e também não levaremos em conta a evapotranspiração horária.

A formulação de Green e Ampt baseia-se na equação de Darcy com uma série de hipóteses. Uma delas é que o nível de água é constante e que a frente úmida avança até o lençol freático. O solo acima da frente úmida é considerado saturado.

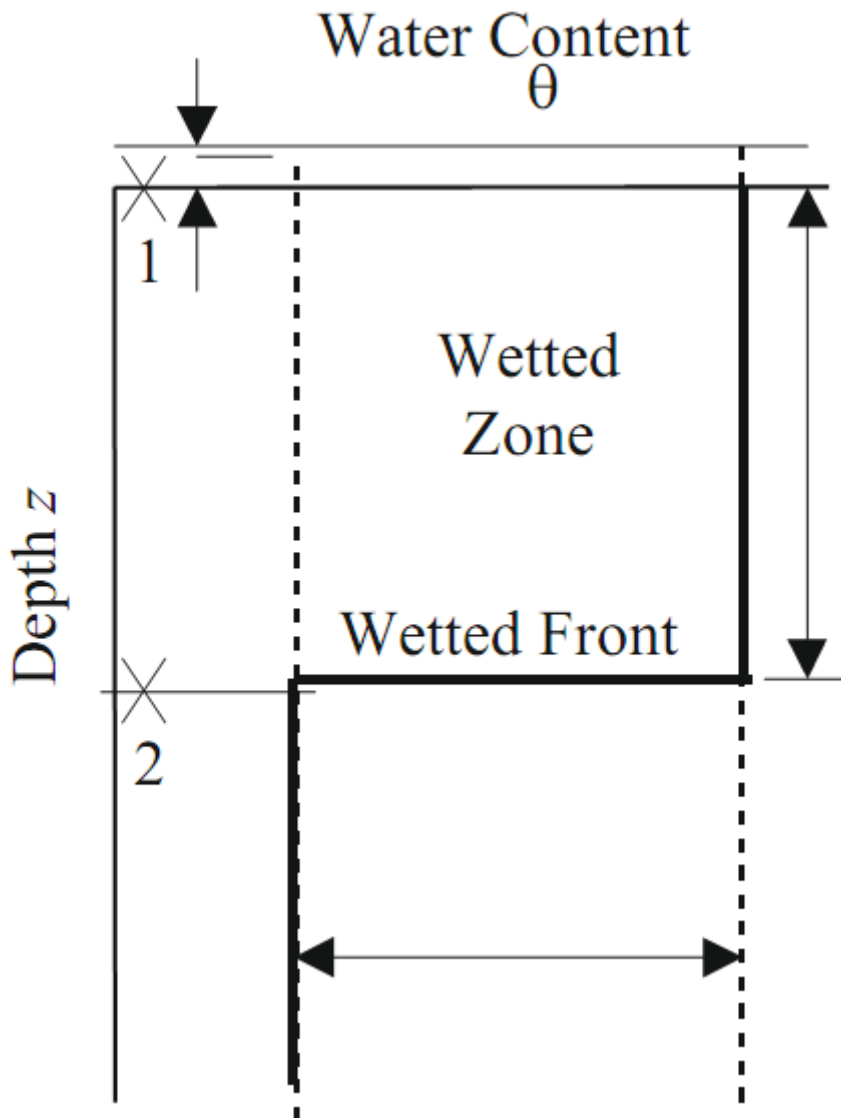


Figura 120.1- Esquema do método de infiltração de Green-Ampt.

A velocidade de infiltração é dada pela equação:

$$V = K \times (H_w + L_f - H_{cr}) / L_f$$

Sendo:

V= taxa de infiltração (m/dia)

K= condutividade hidráulica na zona molhada (m/dia)

H_w= profundidade da água acima do solo (m)

L_f= profundidade da frente molhada (m)= profundidade do lençol freático

H_{cr}= pressão crítica do solo (m). Varia de -0,1m (solos grosseiros) a -1m (solos finos).

A Tabela (120.1) apresenta alguns valores da pressão crítica do solo em cm.

Tabela 120.1- Alguns parametros para uso em Green e Ampt conforme Herman Bouwer em Artificial recharge of groundwater: hydrogeology and engineering

Tipo de solo	H _{cr} (cm)
Areia grossa	-5
Areia média	-10
Areia fina	-15
Areia franca	-25
Franco	-35
Argila estruturada	-35
Argila dispersa	-100

Integrando dL_f/ dt obtemos:

$$t = (f/K) \times \{ L_f - (H_w - H_{cr}) \times \{ \ln [(H_w + L_f - H_{cr}) / (H_w - H_{cr})] \} \}$$

Sendo:

t= tempo desde o início de infiltração em dias f= porosidade efetiva do solo (dimensional). Para areia varia de 0,20 a 0,30.

Exemplo 48.1- baseado em Metcalf e Eddy, 2007

Dados:

H_w=0,7m (altura da água)

K= 1m/dia= condutividade hidráulica que corresponde a 42mm/h

H_{cr}= -0,5 (valor médio)

f=0,35 (valor alto)

Determinar a quantidade de água infiltrada em área de recarga = 100m²

L_f= 10m= profundidade até a zona saturada

Vamos variar o valor total de L_f=10m de 0,50m em 0,50m da seguinte maneira:

$$t = (f/K) \times \{ L_f - (H_w - H_{cr}) \times \{ \ln [(H_w + L_f - H_{cr}) / (H_w - H_{cr})] \} \}$$

$$t = (0,35/1) \times \{ 0,5 - (0,7 - (-0,5)) \times \{ \ln [(0,7 + 0,5 - (-0,5)) / (0,7 - (-0,5))] \} \} = 0,029d$$

A velocidade é calculada assim:

$$V = K \times (H_w + L_f - H_{cr}) / L_f$$

$$V = 1,0 \times (0,7 + 0,5 - (-0,5)) / 0,5 = 3,4m/s$$

Na Tabela (120.2) estão os cálculos de aplicação do Método de Green e Ampt.

Nota: fizemos aplicação pelo método que usamos no livro Poluição Difusa e os resultados são os mesmos.

Tabela 120.2- Cálculos de recarga de reservatório de infiltração segundo Green e Ampt

Lf	f	Hcr (m)	Hw (m)	K (m/dia)	t (dias)	Velocidade de infiltração (m/d)
0,50	0,35	-0,5	0,7	1,00	0,029	3,40
1,00	0,35	-0,5	0,7	1,00	0,095	2,20
1,50	0,35	-0,5	0,7	1,00	0,184	1,80
2,00	0,35	-0,5	0,7	1,00	0,288	1,60
2,50	0,35	-0,5	0,7	1,00	0,402	1,48
3,00	0,35	-0,5	0,7	1,00	0,524	1,40
3,50	0,35	-0,5	0,7	1,00	0,652	1,34
4,00	0,35	-0,5	0,7	1,00	0,784	1,30
4,50	0,35	-0,5	0,7	1,00	0,921	1,27
5,00	0,35	-0,5	0,7	1,00	1,060	1,24
5,50	0,35	-0,5	0,7	1,00	1,203	1,22
6,00	0,35	-0,5	0,7	1,00	1,347	1,20
6,50	0,35	-0,5	0,7	1,00	1,494	1,18
7,00	0,35	-0,5	0,7	1,00	1,643	1,17
7,50	0,35	-0,5	0,7	1,00	1,793	1,16
8,00	0,35	-0,5	0,7	1,00	1,945	1,15
8,50	0,35	-0,5	0,7	1,00	2,097	1,14
9,00	0,35	-0,5	0,7	1,00	2,251	1,13
9,50	0,35	-0,5	0,7	1,00	2,406	1,13
10,00	0,35	-0,5	0,7	1,00	2,562	1,12

Observar na Figura (120.2) no gráfico que no final de 2,251 dias a velocidade fica constante de 1,13m/dia.

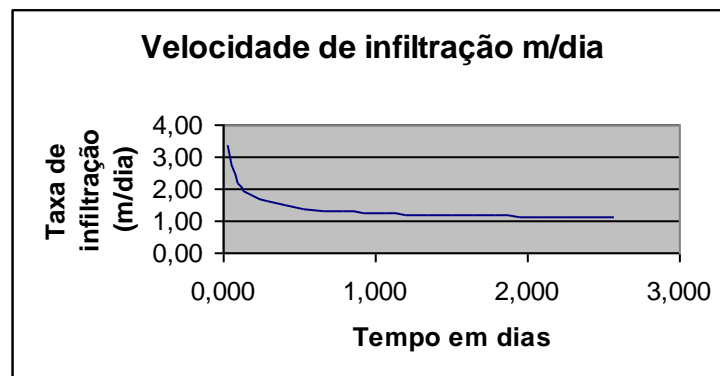


Figura 120.2- Gráfico da velocidade de infiltração

Metcalf e Eddy, 2007 observam que quando se usa o coeficiente K deve-se usar um coeficiente de segurança igual a 2,0 e quando usamos a reservatório para água de reúso temos que aplicar novamente novo coeficiente de segurança igual a 2,0. Assim teremos um valor de segurança que evitará o *clogging*.

Determinação do volume de água infiltrada em área de recarga de 100m²
 $V_{infiltrado} = Lf \times f \times area$

$$\text{Vinfiltrado} = 10\text{m} \times 0,35 \times 100\text{m}^2 = 350\text{m}^3$$

Exemplo 120.2- Neste exemplo supomos a altura variável
 É fornecida a Tabela (120.13)

Tabela (120.3)- Dados do problema

Metcalfe e Eddy Recarga pagina 1260	
Metodo de Green and Ampt modificado por Bouwer, 1966 e Neuman, 1976	
Bacia 2	
Dados da bacia	
Area (m ²)=	16333
Volume (m ³)=	24500
Condutividade hidraulica (mm/h)	46,61
Condutividade hidraulica (m/dia)=	1,11864
Porosidade do solo (adimensional)=	0,4
Altura critica da pressao do solo (m)= Hcr=	-0,25
Altura da água na bacia Hw (m)=	1,5
Altura Lf (m) do fundo até o lençol freatico=	16
Volume de recarga (m ³)= Lf x f x area=	28746
Nota: Supuz nivel de água vaariável	

Os calculos estão na Tabela (120.4). Notar a variação da altura e a profundidade que chegou a frente de água saturada pelo método de Greem-Ampt, 1911.

Tabela (120.4)- Cálculos

Lf	f	Hcr (m)	Hw (m)	K (m/dia)	t (dias)	t (horas)	vel infiltração (m/d)	Vol (m ³)	Altura (m)
0,50	0,4	-0,25	1,5	1,12	0,0	0,5	5,03	1770	0,11
0,60	0,4	-0,25	1,39	1,12	0,0	0,8	4,18	2163	0,13
0,70	0,4	-0,25	1,37	1,12	0,0	1,0	3,70	2560	0,16
0,80	0,4	-0,25	1,34	1,12	0,1	1,3	3,35	2966	0,18
0,90	0,4	-0,25	1,32	1,12	0,1	1,6	3,07	3381	0,21
1,00	0,4	-0,25	1,29	1,12	0,1	2,0	2,84	3806	0,23
1,10	0,4	-0,25	1,27	1,12	0,1	2,3	2,66	4240	0,26
1,20	0,4	-0,25	1,24	1,12	0,1	2,7	2,51	4683	0,29
1,30	0,4	-0,25	1,21	1,12	0,1	3,2	2,38	5135	0,31
1,40	0,4	-0,25	1,19	1,12	0,2	3,6	2,27	5595	0,34
1,50	0,4	-0,25	1,16	1,12	0,2	4,1	2,17	6064	0,37
1,60	0,4	-0,25	1,13	1,12	0,2	4,6	2,08	6543	0,40
1,70	0,4	-0,25	1,10	1,12	0,2	5,1	2,01	7030	0,43
1,80	0,4	-0,25	1,07	1,12	0,2	5,7	1,94	7526	0,46
1,90	0,4	-0,25	1,04	1,12	0,3	6,3	1,88	8031	0,49
2,00	0,4	-0,25	1,01	1,12	0,3	6,9	1,82	8545	0,52
2,10	0,4	-0,25	0,98	1,12	0,3	7,5	1,77	9068	0,56
2,20	0,4	-0,25	0,94	1,12	0,3	8,2	1,73	9601	0,59
2,30	0,4	-0,25	0,91	1,12	0,4	8,9	1,68	10143	0,62
2,40	0,4	-0,25	0,88	1,12	0,4	9,6	1,64	10695	0,65
2,50	0,4	-0,25	0,85	1,12	0,4	10,3	1,61	11257	0,69
2,60	0,4	-0,25	0,81	1,12	0,5	11,0	1,58	11830	0,72

2,70	0,4	-0,25	0,78	1,12	0,5	11,8	1,54	12414	0,76
2,80	0,4	-0,25	0,74	1,12	0,5	12,6	1,51	13008	0,80
2,90	0,4	-0,25	0,70	1,12	0,6	13,5	1,49	13615	0,83
3,00	0,4	-0,25	0,67	1,12	0,6	14,3	1,46	14234	0,87
3,10	0,4	-0,25	0,63	1,12	0,6	15,2	1,44	14867	0,91
3,20	0,4	-0,25	0,59	1,12	0,7	16,1	1,41	15513	0,95
3,30	0,4	-0,25	0,55	1,12	0,7	17,1	1,39	16174	0,99
3,40	0,4	-0,25	0,51	1,12	0,8	18,1	1,37	16852	1,03
3,50	0,4	-0,25	0,47	1,12	0,8	19,1	1,35	17547	1,07
3,60	0,4	-0,25	0,43	1,12	0,8	20,2	1,33	18261	1,12
3,70	0,4	-0,25	0,38	1,12	0,9	21,3	1,31	18997	1,16
3,80	0,4	-0,25	0,34	1,12	0,9	22,5	1,29	19756	1,21
3,90	0,4	-0,25	0,29	1,12	1,0	23,7	1,27	20544	1,26
4,00	0,4	-0,25	0,24	1,12	1,0	25,0	1,26	21363	1,31
4,10	0,4	-0,25	0,19	1,12	1,1	26,3	1,24	22221	1,36
4,20	0,4	-0,25	0,14	1,12	1,2	27,8	1,22	23125	1,42
4,30	0,4	-0,25	0,08	1,12	1,2	29,4	1,21	24089	1,47
4,40	0,4	-0,25	0,03	1,12	1,3	31,1	1,19	25133	1,54

120.3 Bibliografia e livros consultados

- DELLEUR, JACQUES W. *Groundwater engineering*. Editora CRC Press, 1999.
- GUPTA, RAM S. *Hydrology and Hydraulic Systems*. 3a ed. Waveland, ano 2008, 896 páginas, ISBN 1-57766-455-8.
- METCALF&EDDY. *Water Reuse*. McGraw Hill, 2007, 1570 páginas, ISBN 13.978-0-07145927-3