

12 – Método do SCS – Número da Curva

- Estimar chuva efetiva sem dados de vazão

Método SCS – Número da curva (CN)

12

Chuva efetiva sem dados de vazão. Disponibilidade somente de hietograma.
Método para pequenas bacias ($A < 100 \text{ km}^2$) e homogêneas.

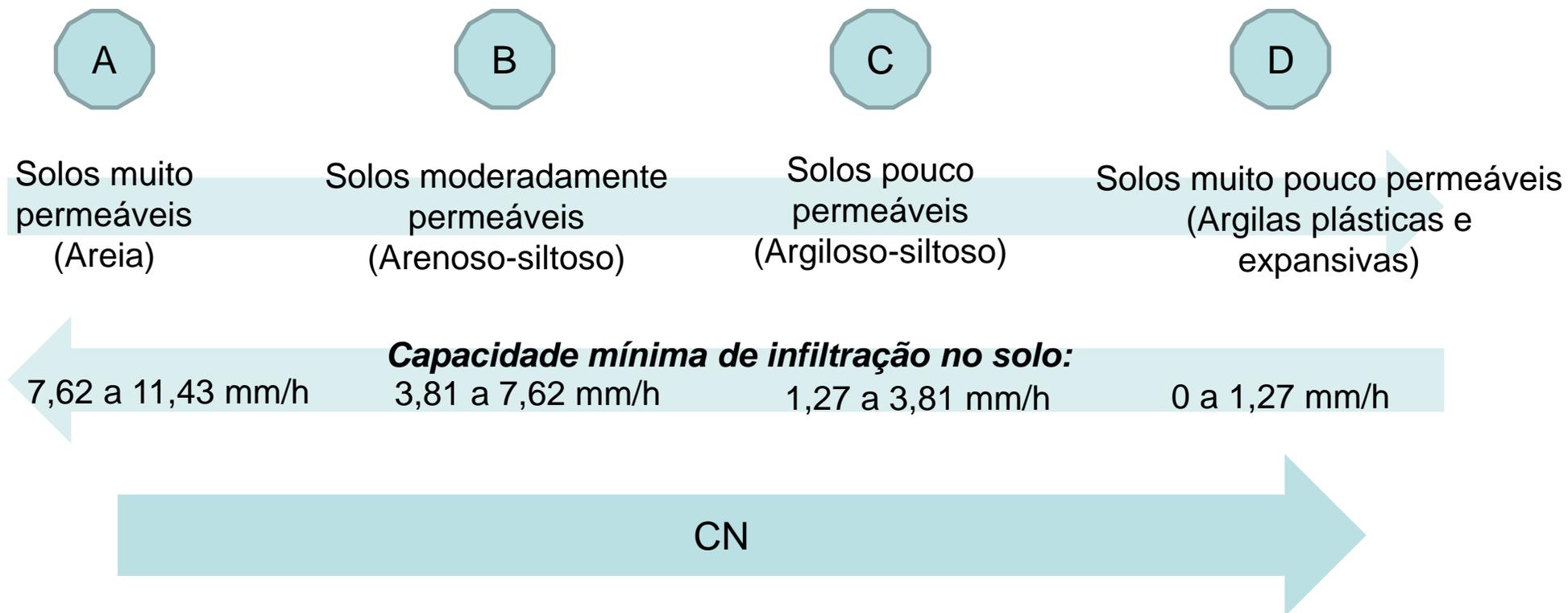
Representa a combinação empírica de 3 fatores:

- Características do solo
- Uso e cobertura da terra
- Condições antecedentes de umidade

Características do solo

12

4 grupos hidrológicos de solo, identificados pelas letras A, B, C e D, agrupados pelo potencial do escoamento superficial



Grupo de solos e suas características

12

	Características
A	<p>solos arenosos com baixo teor de argila total, inferior a 8%, não havendo rocha nem camadas argilosas e nem mesmo densificadas até a profundidade de 1,5m. O teor de húmus é muito baixo, não atingindo 1% (Porto, 1979 e 1995). Solos que produzem baixo escoamento superficial e alta infiltração. Solos arenosos profundos com pouco silte e argila (Tucci et al, 1993).</p>
B	<p>solos arenosos menos profundos que os do Grupo A e com menor teor de argila total, porém ainda inferior a 15%. No caso de terras roxas, esse limite pode subir a 20% graças à maior porosidade. Os dois teores de húmus podem subir, respectivamente, a 1,2 e 1,5%. Não pode haver pedras e nem camadas argilosas até 1,5m, mas é, quase sempre, presente camada mais densificada que a camada superficial (Porto, 1979 e 1995) Solos menos permeáveis do que o anterior, solos arenosos menos profundo do que o tipo A e com permeabilidade superior à média (Tucci et al, 1993).</p>
C	<p>solos barrentos com teor total de argila de 20% a 30%, mas sem camadas argilosas impermeáveis ou contendo pedras até profundidade de 1,2m. No caso de terras roxas, esses dois limites máximos podem ser de 40% e 1,5m. Nota-se a cerca de 60cm de profundidade, camada mais densificada que no Grupo B, mas ainda longe das condições de impermeabilidade (Porto, 1979 e 1995). Solos que geram escoamento superficial acima da média e com capacidade de infiltração abaixo da média, contendo percentagem considerável de argila e pouco profundo (Tucci et al, 1993).</p>
D	<p>solos argilosos (30% a 40% de argila total) e ainda com camada densificada a uns 50cm de profundidade. Ou solos arenosos como do grupo B, mas com camada argilosa quase impermeável ou horizonte de seixos rolados (Porto, 1979 e 1995). Solos contendo argilas expansivas e pouco profundos com muito baixa capacidade de infiltração, gerando a maior proporção de escoamento superficial (Tucci et al, 1993).</p>

CN para usos e coberturas da terra

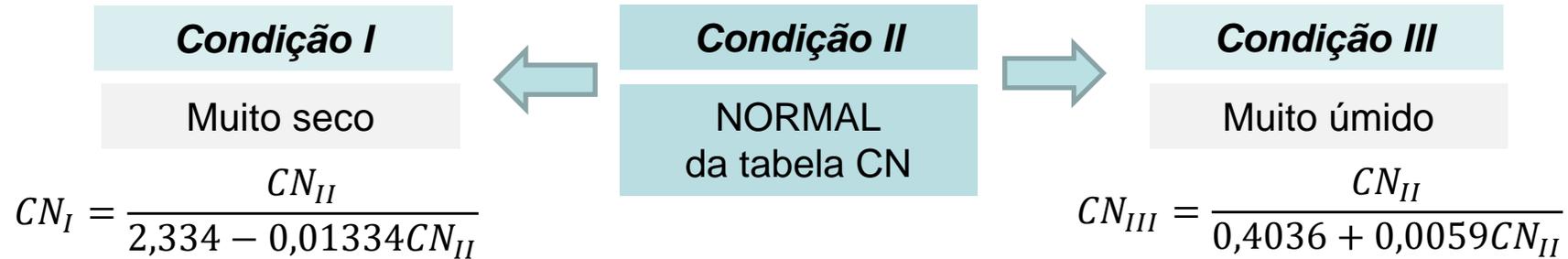
Tabela 12.3- Valores dos números CN da curva de runoff para bacias rurais

Uso do solo	Superfície do solo	Grupo do Solo			
		A	B	C	D
Solo lavrado	Com sulcos retilíneos	77	86	91	94
	Em fileiras retas	70	80	87	90
Plantações regulares	Em curvas de nível	67	77	83	87
	Terraceado em nível	64	76	84	88
	Em fileiras retas	64	76	84	88
Plantações de cereais	Em curvas de nível	62	74	82	85
	Terraceado em nível	60	71	79	82
	Em fileiras retas	62	75	83	87
Plantações de legumes ou cultivados	Em curvas de nível	60	72	81	84
	Terraceado em nível	57	70	78	89
	Pobres	68	79	86	89
	Normais	49	69	79	94
	Boas	39	61	74	80
Pastagens	Pobres, em curvas de nível	47	67	81	88
	Normais, em curvas de nível	25	59	75	83
	Boas, em curva de nível	6	35	70	79

com conservação do solo		62	71	78	81
Pastagens ou terrenos em más condições		68	79	86	89
Baldios em boas condições		39	61	74	80
Prado em boas condições		30	58	71	78
Bosques ou zonas com cobertura ruim		45	66	77	83
Floresta: cobertura boa		25	55	70	77
Espaços abertos, relvados, parques, campos de golfe, cemitérios, boas condições					
Com relva em mais de 75% da área		39	61	74	80
Com relva de 50% a 75% da área		49	69	79	84
Zonas comerciais e de escritórios		89	92	94	95
Zonas industriais		81	88	91	93
Zonas residenciais					
Lotes de (m ²)	% média impermeável				
<500	65	77	85	90	92
1000	38	61	75	83	87
1300	30	57	72	81	86
2000	25	54	70	80	85
4000	20	51	68	79	84
Parques de estacionamento, telhados, viadutos, etc.		98	98	98	98
Arruamentos e estradas					
Asfaltadas e com drenagem de águas pluviais		98	98	98	98
Paralelepípedos		76	85	89	91
Terra		72	82	87	89

Condições antecedentes de umidade do solo

Ocorrência de precipitações nos últimos 5 dias. Condição de saturação do solo.



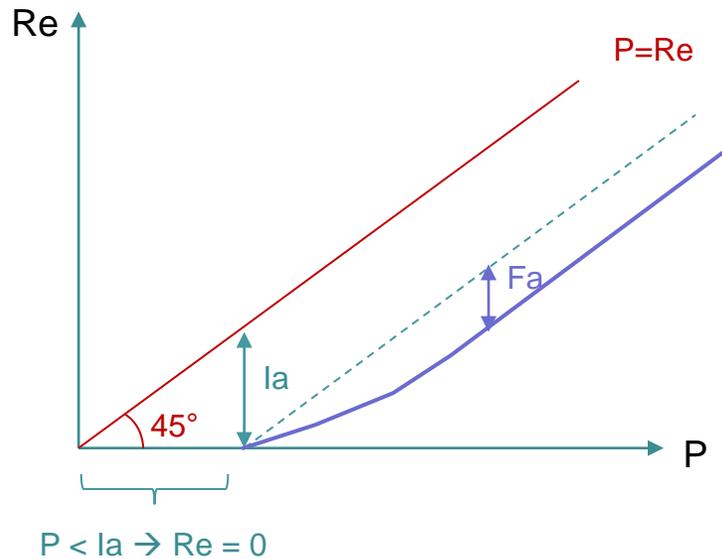
Limites de 5 dias de chuva antecedente em relação a período latente e período de crescimento

Índice de umidade antecedente (AM):

$$AM_t = \sum_{j=t-5}^{t-1} P_j$$

Condição do solo	Chuva antecedente de 5 dias em milímetros	
	Período latente	Período de crescimento
I	< 12,7 mm	< 35,56 mm
II	12,7 a 27,94 mm	35,56 a 53,34 mm
III	> 27,94mm	> 53,34mm

[Fonte: Plínio Tomaz](#)



Se bacia totalmente impermeável

Se não houvesse perdas contínuas e a bacia impermeável, mas com depressões, etc

Se bacia permeável.

Dados os valores acumulados: $P = R_e + I_a + F_a$

Sendo:

P – Chuva acumulada

R_e – Chuva efetiva acumulada

F_a – Perdas, abstrações contínuas acumuladas (evaporação, infiltração)

I_a – Perdas, abstrações iniciais acumuladas (retenções, interceptações)

Método

12

Sendo:

P – Chuva acumulada

R_e – Chuva efetiva acumulada

F_a – Perdas, abstrações contínuas acumuladas (evaporação, infiltração)

I_a – Perdas, abstrações iniciais acumuladas (retenções, interceptações)

S – Detenção potencial máxima – f(tipo de solo, uso da terra e umidade)

$(P - I_a)$ – Chuva efetiva potencial máxima (bacia impermeável)

$$\left\{ \begin{array}{l} P = R_e + I_a + F_a \quad (I) \\ \frac{F_a}{S} = \frac{R_e}{P - I_a} \quad (II) \end{array} \right.$$

Isola-se F_a

$$F_a = S \frac{R_e}{P - I_a}$$

Substituindo F_a em (I):

$$P = R_e + I_a + S \frac{R_e}{P - I_a}$$

Isola-se R_e :

$$R_e = \frac{(P - I_a)^2}{(P - I_a) + S} \quad (III)$$

Empiricamente:

$$I_a = 0,2 S$$

Assim, substituindo em (III):

$$R_e = \frac{(P - 0,2S)^2}{(P - 0,2S) + S}$$

Para $P > I_a = 0,2S$

$$R_e = 0$$

Para $P < I_a = 0,2S$

S – Detenção potencial máxima – f(tipo de solo, uso da terra e umidade).

Usa-se um índice CN para calcular S :

$$S = \frac{25400}{CN} - 254$$

Hietograma efetivo sem dados de vazão

12

Equações empíricas do método SCS:

$$P = R_e + I_a + F_a \quad (I)$$

$$\frac{F_a}{S} = \frac{R_e}{P - I_a} \quad (II)$$

Isola-se R_e → $R_e = \frac{F_a}{S} (P - I_a)$

Substituindo R_e em (I):

$$P = \frac{F_a}{S} (P - I_a) + I_a + F_a$$

Isola-se F_a :

$$F_a = \frac{S(P - I_a)}{(P - I_a) + S} \quad (III)$$

Considerando valores acumulados até o intervalo i ($t = i \Delta t$) e que $I_a = 0,2S$, resulta:

$$F_{a,i} = \frac{S(P_i - I_a)}{(P_i - I_a) + S} \quad (\text{para } P_i > 0,2S)$$

$$F_{a,i} = 0 \quad (\text{para } P_i < 0,2S)$$

Assim: $R_e = P - I_a - F_a$

$$R_{e,i} = P_i - 0,2S - F_{a,i} \quad (\text{Acumulado})$$

$$r_{e,i} = R_{e,i} - R_{e,i-1} \quad (\text{hietograma efetivo})$$

Exercício 3

12

Estime o escoamento superficial da precipitação de 100 mm para uma bacia com as características apresentadas, nas seguintes condições:

- a) Condições de umidade anterior é normal.
- b) Se as condições de umidade antecedentes fossem úmidas. Analise as mudanças no escoamento (em %).
- c) E se a área residencial se expandisse e aumentasse a impermeabilização 65% impermeável em condições normais. Analise as mudanças no escoamento (em %).

Características da bacia:

- 40% residencial (38% impermeável)
- 15% comercial
- 15% ruas pavimentadas
- 10% área gramada
- 10% bosques
- 10% estacionamento

O solo é do tipo B

Exercício 3 - Solução

Estime o escoamento superficial da precipitação de 100 mm para uma bacia com as características apresentadas, nas seguintes condições:

- Condições de umidade anterior é normal.
- Se as condições de umidade antecedentes fossem úmidas. Analise as mudanças no escoamento (em %).
- E se a área residencial se expandisse e aumentasse a impermeabilização 65% impermeável em condições normais. Analise as mudanças no escoamento (em %).

Características da bacia:

- | | |
|-------------------------------------|----|
| • 40% residencial (38% impermeável) | CN |
| • 15% comercial | 75 |
| • 15% ruas pavimentadas | 92 |
| • 10% área gramada | 98 |
| • 10% bosques | 61 |
| • 10% estacionamento | 66 |
| | 98 |

O solo é do tipo B

$$CN_{\text{ponderado}} = 81$$

a)

$$S = \frac{25400}{CN} - 254 = 59,58 \text{ mm}$$

$$R_e = \frac{(P - 0,2S)^2}{(P - 0,2S) + S} = 52,54 \text{ mm}$$

$$c = \frac{R_e}{P} = 0,53$$

b)

$$CN_{III} = \frac{CN_{II}}{0,4036 + 0,0059CN_{II}} = 92$$

$$S = \frac{25400}{CN} - 254 = 22,09 \text{ mm}$$

$$R_e = \frac{(P - 0,2S)^2}{(P - 0,2S) + S} = 77,64 \text{ mm}$$

$$c = \frac{R_e}{P} = 0,78$$

Aumento de
48% no
escoamento
superficial

c)

Características da bacia:

- 40% residencial (65% impermeável)
- 15% comercial
- 15% ruas pavimentadas
- 10% área gramada
- 10% bosques
- 10% estacionamento

O solo é do tipo B

	CN
	85
	92
	98
	61
	66
	98
	$CN_{ponderado}=85$

$$S = \frac{25400}{CN} - 254 = 44,82mm$$

$$R_e = \frac{(P - 0,2S)^2}{(P - 0,2S) + S} = 61mm$$

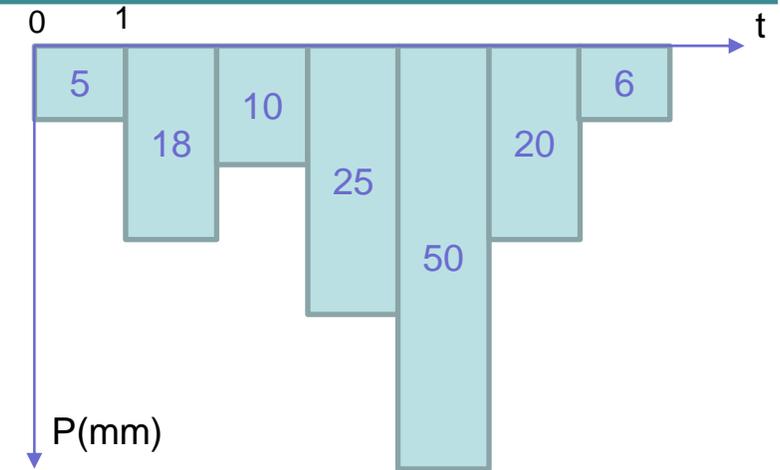
$$c = \frac{R_e}{P} = 0,61$$

Aumento de
16% no
escoamento
superficial

Exercício 4

12

Em uma bacia de drenagem ocorreu uma precipitação com hietograma ao lado
Supondo um $CN=80$ e condições de umidade normal,
determine o **hietograma da chuva efetiva**.

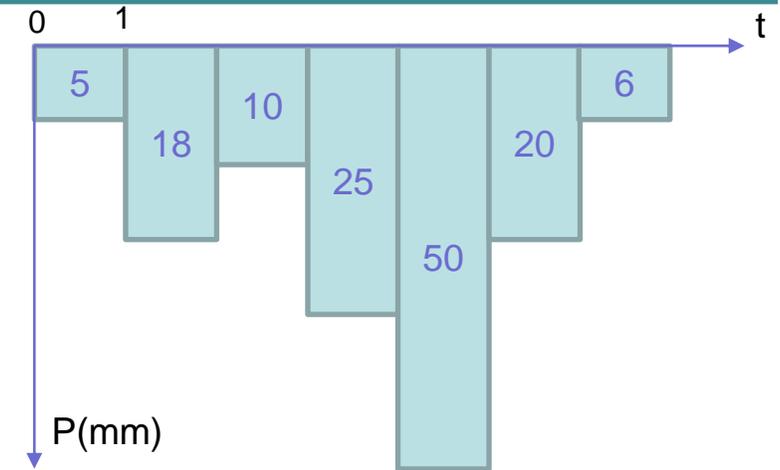


Exercício 4 - solução

Em uma bacia de drenagem ocorreu uma precipitação com hietograma ao lado
Supondo um $CN=80$ e condições de umidade normal,
determine o **hietograma da chuva efetiva**.

Solução:

t	P(mm)	acumulados				
		P _{acum}	I _a	F _a	R _e	r _e (mm)
0	5	0	0	0	0	0
1	18	5	5	0	0	0
2	10	23	12,7	8,9	1,4	1,4
3	25	33	12,7	15,4	4,9	3,5
4	50	58	12,7	26,4	18,9	14
5	20	108	12,7	38,1	57,2	38,3
6	6	128	12,7	40,9	74,4	17,2
7		134	12,7	41,7	79,6	5,2



$$S = \frac{25400}{CN} - 254 = 63,5 \text{ mm}$$

$$I_a = 0,2 S = 12,7 \text{ mm}$$

$$F_{a,i} = \frac{S(P_i - I_a)}{(P_i - I_a) + S} \quad (\text{para } P_i > 0,2S)$$

$$F_{a,i} = 0 \quad (\text{para } P_i < 0,2S)$$

$$R_{e,i} = P_i - 0,2S - F_{a,i} \quad (\text{Acumulado})$$

$$r_{e,i} = R_{e,i} - R_{e,i-1} \quad (\text{hietograma efetivo})$$