

TEA018 - Hidrologia Ambiental

Abstrações e Método SCS

Emílio G. F. Mercuri

www.ambiental.ufpr.br/professores/mercuri

Professor DEA / UFPR



SUMÁRIO

ABSTRAÇÕES

MÉTODO SCS
Hipóteses

EXEMPLO DE APLICAÇÃO

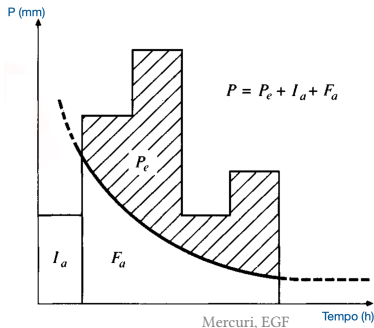
ABSTRAÇÕES

Abstrações: perdas por infiltração (armazenamento) e interceptação pela vegetação.

Equação da Continuidade (Balanço de massa para a água da chuva):

$$P = I_a + P_e + F_a \quad (1)$$

I_a : Abstrações iniciais



ABSTRAÇÕES

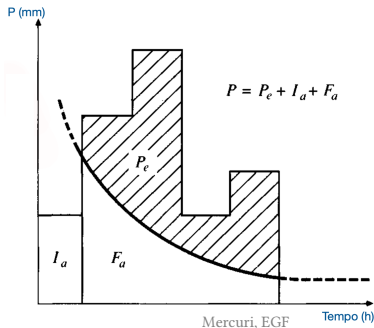
Abstrações: perdas por infiltração (armazenamento) e interceptação pela vegetação.

Equação da Continuidade (Balanço de massa para a água da chuva):

$$P = I_a + P_e + F_a \quad (1)$$

I_a : Abstrações iniciais

P_e : Excesso de precipitação (chuva efetiva)



ABSTRAÇÕES

Abstrações: perdas por infiltração (armazenamento) e interceptação pela vegetação.

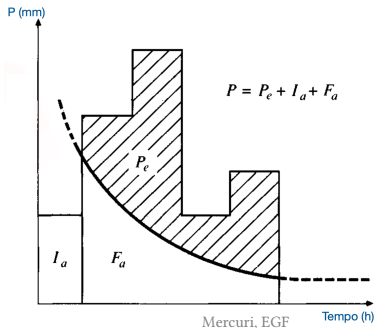
Equação da Continuidade (Balanço de massa para a água da chuva):

$$P = I_a + P_e + F_a \quad (1)$$

I_a : Abstrações iniciais

P_e : Excesso de precipitação (chuva efetiva)

F_a : Abstrações contínuas (após o início do escoamento superficial)



ABSTRAÇÕES

Abstrações: perdas por infiltração (armazenamento) e interceptação pela vegetação.

Equação da Continuidade (Balanço de massa para a água da chuva):

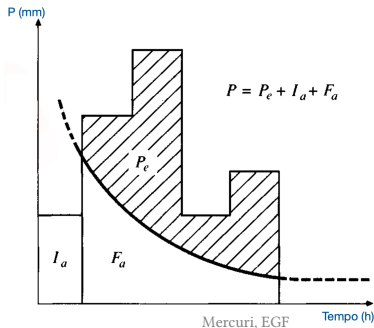
$$P = I_a + P_e + F_a \quad (1)$$

I_a : Abstrações iniciais

P_e : Excesso de precipitação (chuva efetiva)

F_a : Abstrações contínuas (após o início do escoamento superficial)

P : Precipitação total



MÉTODO SCS

Soil Conservation Service* (1972)

desenvolveu um método para cálculo do escoamento superficial / abstrações.

* Agência do Departamento de Agricultura dos EUA.

Em uma chuva de grande intensidade:

$$P_e \leq P$$

Após o início da precipitação:

$$F_a \leq S$$

S : Armazenamento máximo (potencial máximo de retenção de água no solo)

F_a : Água armazenada na bacia (após o início do escoamento superficial)

P_e : Excesso de precipitação (chuva efetiva)

P : Precipitação total

I_a : Abstrações iniciais

Hipótese do Método SCS

$$\frac{\text{Abstração atual}}{\text{Abstração Potencial}} = \frac{\text{Chuva Efetiva}}{\text{Chuva Total}} \rightarrow \frac{F_a}{S} = \frac{P_e}{P - I_a} \quad (2)$$

MÉTODO SCS

Isolando F_a da Equação 1 obtemos:

$$F_a = P - I_a - P_e \quad (3)$$

MÉTODO SCS

Isolando F_a da Equação 1 obtemos:

$$F_a = P - I_a - P_e \quad (3)$$

Substituindo a Eq. 3 na Eq. 2 e isolando P_e :

MÉTODO SCS

Isolando F_a da Equação 1 obtemos:

$$F_a = P - I_a - P_e \quad (3)$$

Substituindo a Eq. 3 na Eq. 2 e isolando P_e :

$$P_e = \frac{(P - I_a)^2}{(P - I_a + S)} \quad \blacksquare \quad (4)$$

A Eq. 4 fornece o cálculo da chuva efetiva pelo método SCS.

MÉTODO SCS

Isolando F_a da Equação 1 obtemos:

$$F_a = P - I_a - P_e \quad (3)$$

Substituindo a Eq. 3 na Eq. 2 e isolando P_e :

$$P_e = \frac{(P - I_a)^2}{(P - I_a + S)} \quad \blacksquare \quad (4)$$

A Eq. 4 fornece o cálculo da chuva efetiva pelo método SCS.

Estudo experimentais (p/ bacias pequenas) forneceram a relação empírica:

$$I_a = 0,2S \quad (5)$$

MÉTODO SCS

Isolando F_a da Equação 1 obtemos:

$$F_a = P - I_a - P_e \quad (3)$$

Substituindo a Eq. 3 na Eq. 2 e isolando P_e :

$$P_e = \frac{(P - I_a)^2}{(P - I_a + S)} \quad \blacksquare \quad (4)$$

A Eq. 4 fornece o cálculo da chuva efetiva pelo método SCS.

Estudo experimentais (p/ bacias pequenas) forneceram a relação empírica:

$$I_a = 0,2S \quad (5)$$

Substituindo 5 em 4:

$$P_e = \frac{(P - 0,2S)^2}{(P + 0,8S)} \quad \blacksquare \quad (6)$$

Equação amplamente utilizada em modelos hidrológicos. Mas como quantificar S ?

MÉTODO SCS

O S.C.S. padronizou as curvas (P, P_e) usando o coeficiente adimensional **CN** (*Curve Number*)

CN: “Número de Curva” (número de escoamento) ($0 \leq \text{CN} \leq 100$)

MÉTODO SCS

O S.C.S. padronizou as curvas (P, P_e) usando o coeficiente adimensional **CN** (*Curve Number*)

CN: “Número de Curva” (número de escoamento) ($0 \leq \text{CN} \leq 100$)

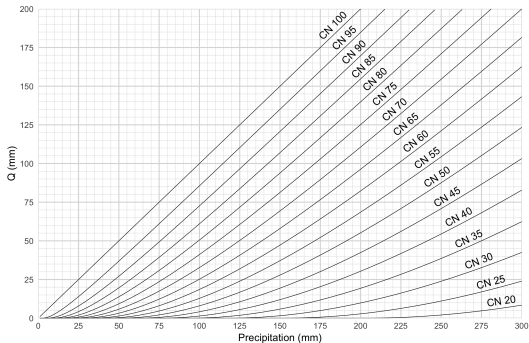
Gráfico $P \times P_e$:

MÉTODO SCS

O S.C.S. padronizou as curvas (P, P_e) usando o coeficiente adimensional CN (*Curve Number*)

CN: “Número de Curva” (número de escoamento) ($0 \leq \text{CN} \leq 100$)

Gráfico $P \times P_e$:

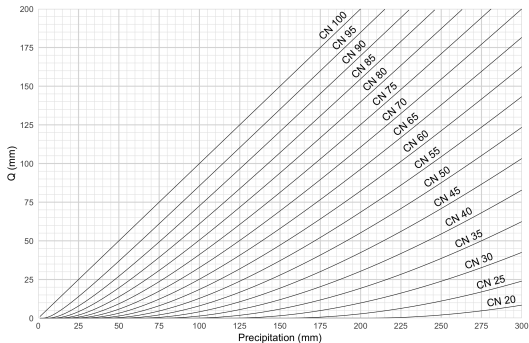


MÉTODO SCS

O S.C.S. padronizou as curvas (P, P_e) usando o coeficiente adimensional CN (*Curve Number*)

CN: “Número de Curva” (número de escoamento) ($0 \leq \text{CN} \leq 100$)

Gráfico $P \times P_e$:



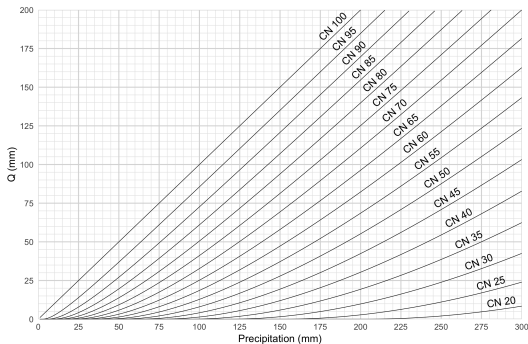
CN = 100 (superfícies impermeáveis), CN < 100 (sup. naturais)

MÉTODO SCS

O S.C.S. padronizou as curvas (P, P_e) usando o coeficiente adimensional CN (*Curve Number*)

CN: “Número de Curva” (número de escoamento) ($0 \leq CN \leq 100$)

Gráfico $P \times P_e$:



CN = 100 (superfícies impermeáveis), CN < 100 (sup. naturais)

$$CN = \frac{1000}{10 + S} \quad (S \text{ em polegadas}) \qquad CN = \frac{25400}{254 + S} \quad (S \text{ em mm}) \quad (7)$$

MÉTODO SCS

Em resumo, sabendo o **tipo e cobertura do solo** (\rightarrow CN), no método usa-se:

$$S = \frac{1000}{\text{CN}} - 10 \quad \text{ou} \quad S = \frac{25400}{\text{CN}} - 254$$

MÉTODO SCS

Em resumo, sabendo o **tipo e cobertura do solo** (\rightarrow CN), no método usa-se:

$$S = \frac{1000}{\text{CN}} - 10 \quad \text{ou} \quad S = \frac{25400}{\text{CN}} - 254$$

$$P_e = \frac{(P - 0,2S)^2}{(P + 0,8S)}$$

MÉTODO SCS

Em resumo, sabendo o **tipo e cobertura do solo** (\rightarrow CN), no método usa-se:

$$S = \frac{1000}{\text{CN}} - 10 \quad \text{ou} \quad S = \frac{25400}{\text{CN}} - 254$$

$$P_e = \frac{(P - 0,2S)^2}{(P + 0,8S)}$$

Os Números de Curva das equações acima são válidos para **condições normais de umidade antecedente** (AMC II - *antecedent moisture condition*).

MÉTODO SCS

Em resumo, sabendo o **tipo e cobertura do solo** (\rightarrow CN), no método usa-se:

$$S = \frac{1000}{\text{CN}} - 10 \quad \text{ou} \quad S = \frac{25400}{\text{CN}} - 254$$

$$P_e = \frac{(P - 0,2S)^2}{(P + 0,8S)}$$

Os Números de Curva das equações acima são válidos para **condições normais de umidade antecedente** (AMC II - *antecedent moisture condition*).

Para condições secas (AMC I):

$$\text{CN(I)} = \frac{4.2\text{CN(II)}}{10 - 0.058\text{CN(II)}}$$

MÉTODO SCS

Em resumo, sabendo o **tipo e cobertura do solo** (\rightarrow CN), no método usa-se:

$$S = \frac{1000}{\text{CN}} - 10 \quad \text{ou} \quad S = \frac{25400}{\text{CN}} - 254$$

$$P_e = \frac{(P - 0,2S)^2}{(P + 0,8S)}$$

Os Números de Curva das equações acima são válidos para **condições normais de umidade antecedente** (AMC II - *antecedent moisture condition*).

Para condições secas (AMC I):

$$\text{CN(I)} = \frac{4.2\text{CN(II)}}{10 - 0.058\text{CN(II)}}$$

Para condições úmidas (AMC III):

$$\text{CN(III)} = \frac{23\text{CN(II)}}{10 + 0.13\text{CN(II)}}$$

MÉTODO SCS

As C.N. foram tabeladas para **4 grupos de solos**:

Grupo A : Areias, loesse (solo de coloração amarelada) e solos siltosos profundos

MÉTODO SCS

As C.N. foram tabeladas para **4 grupos de solos**:

Grupo A : Areias, loesse (solo de coloração amarelada) e solos siltsos profundos

Grupo B : Loess raso, solo franco-arenoso (17% argila)

MÉTODO SCS

As C.N. foram tabeladas para **4 grupos de solos**:

Grupo A : Areias, loesse (solo de coloração amarelada) e solos siltosos profundos

Grupo B : Loess raso, solo franco-arenoso (17% argila)

Grupo C : Solos argilo-arenosos, Franco-arenosos rasos, solos com matéria orgânica e argila

MÉTODO SCS

As C.N. foram tabeladas para **4 grupos de solos**:

Grupo A : Areias, loesse (solo de coloração amarelada) e solos siltosos profundos

Grupo B : Loess raso, solo franco-arenoso (17% argila)

Grupo C : Solos argilo-arenosos, Franco-arenosos rasos, solos com matéria orgânica e argila

Grupo D : Solos que absorvem bastante umidade (argilas de comportamento plástico, solos salinos)

MÉTODO SCS

Tabela dos CN para **uso e grupo de solos** (Enviar em PDF aos discentes):

Runoff curve numbers for selected agricultural, suburban, and urban land uses (antecedent moisture condition II, $I_a = 0.25$)

Land Use Description		Hydrologic Soil Group			
		A	B	C	D
Cultivated land ¹ : without conservation treatment		72	81	88	91
	with conservation treatment	62	71	78	81
Pasture or range land: poor condition		68	79	86	89
	good condition	39	61	74	80
Meadow: good condition		30	58	71	78
Wood or forest land: thin stand, poor cover, no mulch		45	66	77	83
	good cover ²	25	55	70	77
Open Spaces, lawns, parks, golf courses, cemeteries, etc.					
	good condition: grass cover on 75% or more of the area	39	61	74	80
	fair condition: grass cover on 50% to 75% of the area	49	69	79	84
Commercial and business areas (85% impervious)		89	92	94	95
Industrial districts (72% impervious)		81	88	91	93
Residential ³ :					
Average lot size	Average % impervious ⁴				
1/8 acre or less	65	77	85	90	92
1/4 acre	38	61	75	83	87
1/3 acre	30	57	72	81	86
1/2 acre	25	54	70	80	85

EXEMPLO

Determine o escoamento superficial para precipitação de 127 mm em bacia de 4 km². Dados:

- Grupos Hidrológicos dos solos

EXEMPLO

Determine o escoamento superficial para precipitação de 127 mm em bacia de 4 km². Dados:

- ▶ Grupos Hidrológicos dos solos
50% dos solos grupo B, 50% dos solos grupo C

EXEMPLO

Determine o escoamento superficial para precipitação de 127 mm em bacia de 4 km². Dados:

- ▶ Grupos Hidrológicos dos solos
50% dos solos grupo B, 50% dos solos grupo C
- ▶ Antecedente de umidade II

EXEMPLO

Determine o escoamento superficial para precipitação de 127 mm em bacia de 4 km². Dados:

- ▶ Grupos Hidrológicos dos solos
50% dos solos grupo B, 50% dos solos grupo C
- ▶ Antecedente de umidade II
- ▶ Uso do solo:

EXEMPLO

Determine o escoamento superficial para precipitação de 127 mm em bacia de 4 km². Dados:

- ▶ Grupos Hidrológicos dos solos
50% dos solos grupo B, 50% dos solos grupo C
- ▶ Antecedente de umidade II
- ▶ Uso do solo:
40% área residencial 30% impermeável

EXEMPLO

Determine o escoamento superficial para precipitação de 127 mm em bacia de 4 km². Dados:

- ▶ Grupos Hidrológicos dos solos
50% dos solos grupo B, 50% dos solos grupo C
- ▶ Antecedente de umidade II
- ▶ Uso do solo:
40% área residencial 30% impermeável
12% área residencial 65% impermeável

EXEMPLO

Determine o escoamento superficial para precipitação de 127 mm em bacia de 4 km². Dados:

- ▶ Grupos Hidrológicos dos solos
50% dos solos grupo B, 50% dos solos grupo C
- ▶ Antecedente de umidade II
- ▶ Uso do solo:
40% área residencial 30% impermeável
12% área residencial 65% impermeável
18% arruamento

EXEMPLO

Determine o escoamento superficial para precipitação de 127 mm em bacia de 4 km². Dados:

- ▶ Grupos Hidrológicos dos solos
 - 50% dos solos grupo B, 50% dos solos grupo C
- ▶ Antecedente de umidade II
- ▶ Uso do solo:
 - 40% área residencial 30% impermeável
 - 12% área residencial 65% impermeável
 - 18% arruamento
 - 16% gramíneas (boa qualidade)

EXEMPLO

Determine o escoamento superficial para precipitação de 127 mm em bacia de 4 km². Dados:

- ▶ Grupos Hidrológicos dos solos
50% dos solos grupo B, 50% dos solos grupo C
- ▶ Antecedente de umidade II
- ▶ Uso do solo:
 - 40% área residencial 30% impermeável
 - 12% área residencial 65% impermeável
 - 18% arruamento
 - 16% gramíneas (boa qualidade)
 - 14% áreas pavimentadas

EXEMPLO

Determine o escoamento superficial para precipitação de 127 mm em bacia de 4 km². Dados:

- ▶ Grupos Hidrológicos dos solos
50% dos solos grupo B, 50% dos solos grupo C
- ▶ Antecedente de umidade II
- ▶ Uso do solo:
40% área residencial 30% impermeável
12% área residencial 65% impermeável
18% arruamento
16% gramíneas (boa qualidade)
14% áreas pavimentadas

Solução: 1) Determinação do CN médio:

Uso / tipo de solo	B			C		
	%	CN	Produto	%	CN	Produto
Residencial (30% impermeável)	20	72	1440	20	81	1620
Residencial (65% impermeável)	6	85	510	6	90	540
Ruas	9	98	882	9	98	882
Gramma	8	61	488	8	74	592
Pavimento	7	98	686	7	98	686
Valor Médio	50		4006	50		4320

EXEMPLO

Determine o escoamento superficial para precipitação de 127 mm em bacia de 4 km². Dados:

- ▶ Grupos Hidrológicos dos solos
50% dos solos grupo B, 50% dos solos grupo C
- ▶ Antecedente de umidade II
- ▶ Uso do solo:
40% área residencial 30% impermeável
12% área residencial 65% impermeável
18% arruamento
16% gramíneas (boa qualidade)
14% áreas pavimentadas

Solução: 1) Determinação do CN médio:

Uso / tipo de solo	B			C		
	%	CN	Produto	%	CN	Produto
Residencial (30% impermeável)	20	72	1440	20	81	1620
Residencial (65% impermeável)	6	85	510	6	90	540
Ruas	9	98	882	9	98	882
Gramma	8	61	488	8	74	592
Pavimento	7	98	686	7	98	686
Valor Médio	50		4006	50		4320

$$CN_{\text{médio}} = \frac{4006 + 4320}{100} = 83,26$$

EXEMPLO

Solução:

1. Determinação do CN médio

$$CN_{\text{médio}} = \frac{4006 + 4320}{100} = 83,26$$

EXEMPLO

Solução:

1. Determinação do CN médio

$$CN_{\text{médio}} = \frac{4006 + 4320}{100} = 83,26$$

2. Determinação do armazenamento máximo da bacia S

$$S = \frac{25400}{CN} - 254 = 51,07 \text{ mm}$$

EXEMPLO

Solução:

1. Determinação do CN médio

$$CN_{\text{médio}} = \frac{4006 + 4320}{100} = 83,26$$

2. Determinação do armazenamento máximo da bacia S

$$S = \frac{25400}{CN} - 254 = 51,07 \text{ mm}$$

3. Determinação da precipitação efetiva = escoamento superficial

$$P_e = \frac{(P - 0,2S)^2}{(P + 0,8S)} = \frac{(127 - 0,2(51,07))^2}{(127 + 0,8(51,07))} = 81,26 \text{ mm} \quad \blacksquare$$