

PE2604 – AULA 2

O conceito de segurança

Aplicação do conceito de segurança no projeto de estruturas

Valores característicos das ações usuais nas estruturas

Valores de projeto e coeficientes de segurança

Valores característicos das resistências dos materiais

Valores de projeto das resistências dos materiais

O conceito de segurança

- A noção de **segurança** está intimamente associada ao de **confiança**
- Quanto menor for a confiança, maior precisa ser a segurança adicional, **ou margem de segurança**

Confiança em que?

- Na definição correta das ações
- Nos materiais usados
- No processo construtivo
- Na crença de que o usuário final irá de fato usufruir da estrutura até o limite pactuado

- Em função destes inúmeros fatores, e da necessidade de chegarmos ao nosso destino num horário limite é que tomaremos a decisão de quanto mais cedo do que uma hora devemos partir para o nosso destino.
- Se a medida de uma hora de duração para o trajeto for confiável, poderemos assumir como **margem de segurança** a grandeza referente à folga de tempo com que planejamos sair mais cedo. Com esta margem buscaremos cobrir as variáveis sobre as quais temos menor controle, tais como: trânsito, condições meteorológicas, imprevistos com a mecânica do carro, etc..
- Analogamente, quando planejamos a construção de uma estrutura, nos baseamos na experiência anterior (experiência acumulada, normas e procedimentos), no conhecimento do comportamento mecânico dos materiais (tecnologia dos materiais, teorias de resistência, de rigidez,...) com os quais pretendemos construir e no montante de carga (normas de ações e segurança) que pretendemos que esta estrutura venha a suportar.

- No entanto, apesar de todos os procedimentos e normas que possamos contar, assim como no exemplo de planejamento da viagem à praia, é possível que não atinjamos os nossos objetivos, frustrando nossas expectativas. A possibilidade de insucesso caracteriza o risco de toda atividade humana apesar dos esforços que possamos dispensar para diminuí-lo.
- Modernamente o conceito de segurança tem sido associado ao de análise de risco, na busca da medida da probabilidade de ruína ou queda de desempenho das estruturas, tendo ficado cada vez mais claro que esta medida depende fortemente da variabilidade das resistências (controle de qualidade dos materiais), da variabilidade da qualidade de execução e da variabilidade das ações que as solicitarão, além da exatidão da concepção, análise e detalhamento do projeto estrutural.

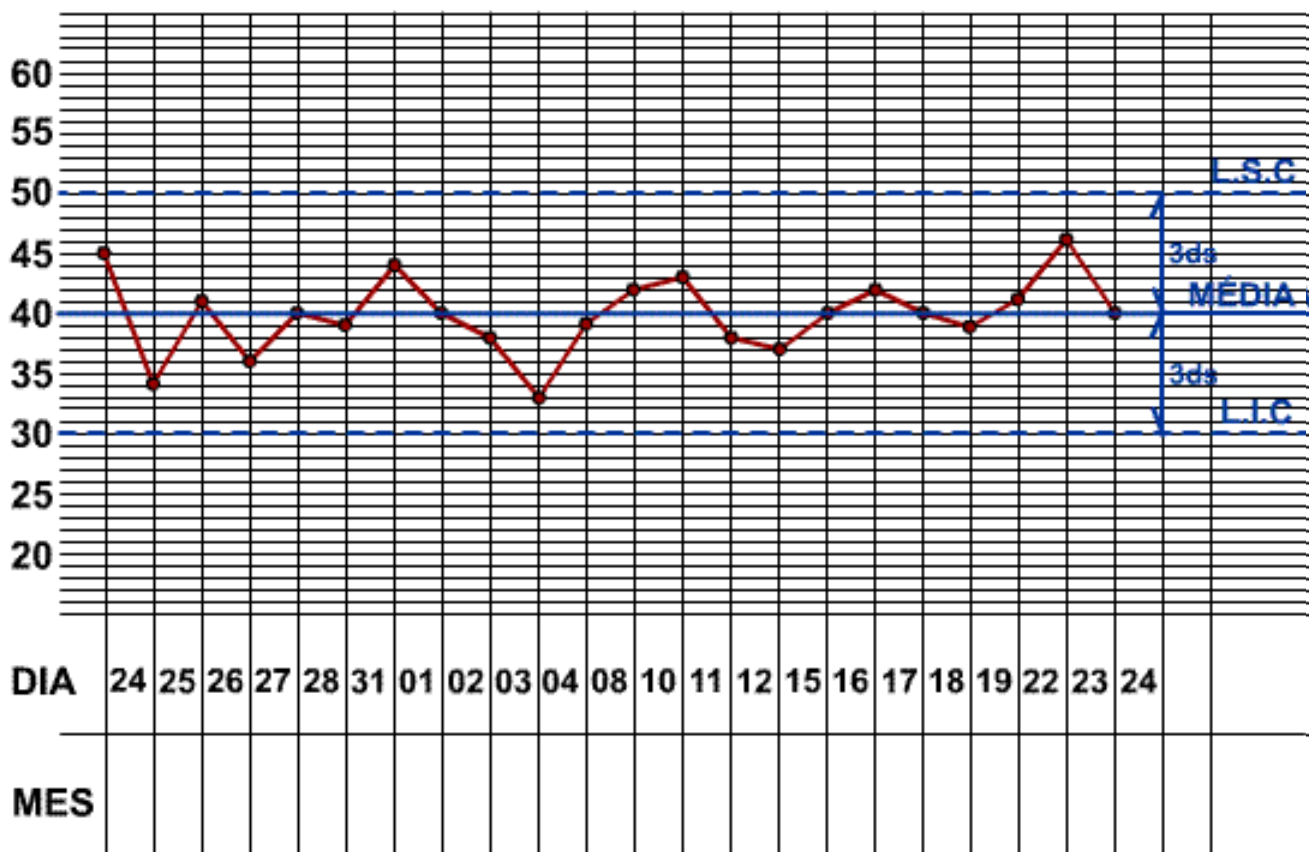
Exemplo:

Tempo gasto para ir de casa ao trabalho

Processo: carro: Celta 15.000 km
horário: saída entre 7h00 e 7h15
distância: 25 km dias: de 2a. a 6a. feira
trajeto: sempre o mesmo (São Paulo)

DATA	TEMPO GASTO (min)	DATA	TEMPO GASTO (min)
24/08	45	10/09	42
25/08	34	11/09	43
26/08	41	12/09	38
27/08	36	15/09	37
28/08	40	16/09	40
31/08	39	17/09	42
01/09	44	18/09	40
02/09	40	19/09	39
03/09	38	22/09	41
04/09	33	23/09	46
08/09	39	24/09	41

Tempo gasto para ir de casa ao trabalho durante 30 dias



Média = 39,9

desvio padrão = 3,22

MÉDIA

Para resumir dados quantitativos aproximadamente **simétricos**, é usual calcular a **média** aritmética como uma medida de localização. Se $x_1, x_2, \dots, x_n$ são os valores dos dados, então podemos escrever a média como

$$\bar{x} = \frac{x_1 + x_2 + \dots + x_n}{n} = \frac{\sum_{i=1}^n x_i}{n},$$

onde ' $\sum_{i=1}^n x_i = x_1 + x_2 + \dots + x_n$ ' e frequentemente é simplificada para $\sum x_i$ ou até mesmo $\sum x$ que significa 'adicione todos os valores de x '.

DATA	TEMPO GASTO (min)	DATA	TEMPO GASTO (min)
24/08	45	10/09	42
25/08	34	11/09	43
26/08	41	12/09	38
27/08	36	15/09	37
28/08	40	16/09	40
31/08	39	17/09	42
01/09	44	18/09	40
02/09	40	19/09	39
03/09	38	22/09	41
04/09	33	23/09	46
08/09	39	24/09	41

22 eventos

DETERMINAÇÃO DA MÉDIA

$$\text{Tempo médio} = \frac{878}{22} = 39,9 \text{ min}$$

429

449

878 min

VARIÂNCIA e DESVIO PADRÃO

A **variância** é definida como o 'desvio quadrático médio da média' e é calculada de uma amostra de dados como

$$s^2 = \frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{n - 1} = \frac{\sum_{i=1}^n (x_i^2) - n\bar{x}^2}{(n - 1)}.$$

A segunda versão é mais fácil de ser calculada, embora muitas calculadoras têm funções prontas para o cálculo de variâncias, e é raro ter que realizar todos os passos manualmente. Comumente as calculadoras fornecerão a raiz quadrada da variância, o **desvio padrão**, i.e.

$$s = \sqrt{\text{variância}} = \sqrt{s^2}$$

a qual é medida nas mesmas unidades dos dados originais.

Medidas da dispersão da amostra

Determinação do desvio padrão

m ou $\bar{X}$ média

x	45	34	41	36	40	39	44	40	38	33	39	42	43	38	37	40	42	40	39	41	46	41
x-m	5,1	-5,9	1,1	-3,9	0,1	-0,9	4,1	0,1	-1,9	-6,9	-0,9	2,1	3,1	-1,9	-2,9	0,1	2,1	0,1	-0,9	1,1	6,1	1,1
(x-m) ²	26,01	34,81	1,21	15,21	0,01	0,81	16,81	0,01	3,61	47,61	0,81	4,41	9,61	3,61	8,41	0,01	4,41	0,01	0,81	1,21	37,21	1,21

$$\Sigma(x - \bar{X})^2 = 217,82$$

$$N-1 = 22-1 = 21$$

$$\text{Variância} = \frac{217,82}{21} = 10,37$$

$$s = \text{Desvio padrão} = (\text{variância})^{1/2} = 3,22 \text{ min}$$

Para as distribuições normais, isso significa que:

- 68,27% dos casos estão incluídos entre $\bar{X} - s$ e $\bar{X} + s$;
- 95,45% dos casos estão incluídos entre $\bar{X} - 2s$ e $\bar{X} + 2s$;
- 99,73% dos casos estão incluídos entre $\bar{X} - 3s$ e $\bar{X} + 3s$.

Ampliando o exemplo:

Tempo gasto para ir de casa ao trabalho

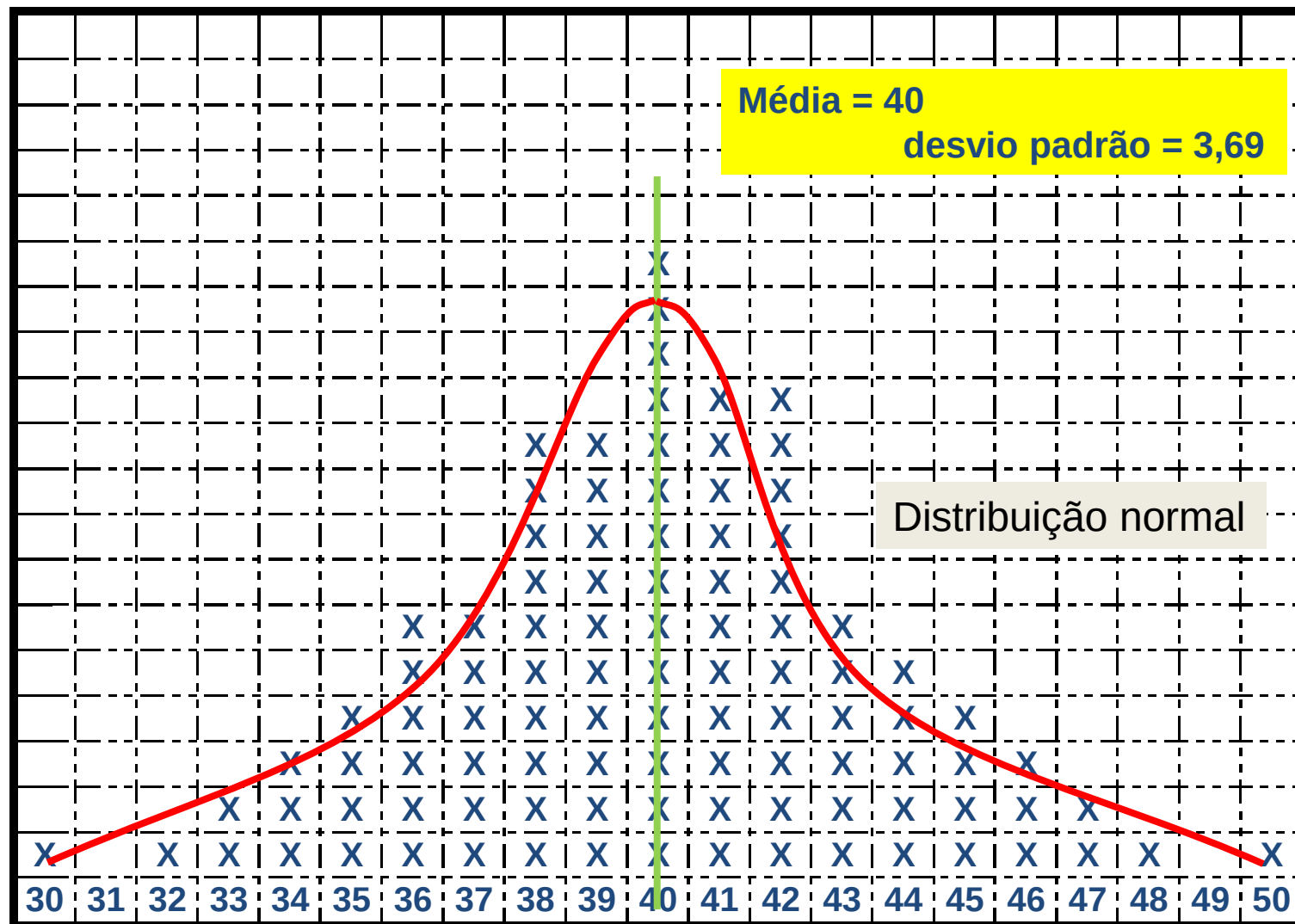
Aumentando a base de dados – tempo gasto durante 99 dias

45	40	37	40	42	38	41	39
44	37	46	43	47	38	35	34
39	34	38	40	42	40	37	36
43	46	41	33	42	41	42	44
45	34	47	48	39	38	36	39
32	40	42	35	46	44	41	42
36	38	38	41	35	38	39	36
50	41	39	37	45	41	44	42
40	45	41	37	40	39	44	
35	37	43	36	43	38	41	
41	39	38	33	39	42	43	
40	40	42	40	39	40	43	
40	43	38	41	30	36	42	

Tempo gasto para ir de casa ao trabalho

L.I.C

L.S.C



Memória de cálculo

tempos de percurso

45	40	37	40	42	38	41	39
44	37	46	43	47	38	35	34
39	34	38	40	42	40	37	36
43	46	41	33	42	41	42	44
45	34	47	48	39	38	36	39
32	40	42	35	46	44	41	42
36	38	38	41	35	38	39	36
50	41	39	37	45	41	44	42
40	45	41	37	40	39	44	
35	37	43	36	43	38	41	
41	39	38	33	39	42	43	
40	40	42	40	39	40	43	
40	43	38	41	30	36	42	

Σx	Σx^2	N
3960	159734	99

tk,inf=media-1,645.s
tempo característico inferior
33,93
só 5% são inferiores

média	s	coef.var.
40,00	3,689	9,22%

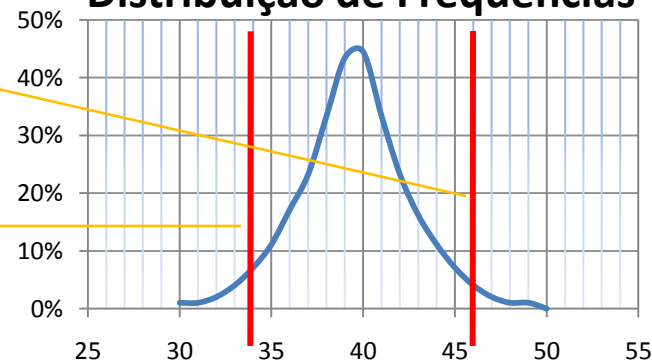
des. Pad.
tk,inf=media+1,645.s
tempo característico superior
46,07
só 5% são superiores

Verificar que a **média pouco variou com a expansão da base de dados, porém, o desvio padrão variou de forma mais sensível com o tamanho da amostragem dos dados observados.**

Organizando os dados

ni		quantil inferior	quantil superior		xi
1	1,010%	1,010%	98,990%	1,010%	30
0	0,000%	1,010%	98,990%	1,010%	31
1	1,010%	2,020%	97,980%	2,020%	32
2	2,020%	4,040%	95,960%	4,040%	33
3	3,030%	7,071%	92,929%	7,071%	34
4	4,040%	11,111%	88,889%	11,111%	35
6	6,061%	17,172%	82,828%	17,172%	36
6	6,061%	23,232%	76,768%	23,232%	37
10	10,101%	33,333%	66,667%	33,333%	38
10	10,101%	43,434%	56,566%	43,434%	39
12	12,121%	55,556%	44,444%	44,444%	40
11	11,111%	66,667%	33,333%	33,333%	41
10	10,101%	76,768%	23,232%	23,232%	42
7	7,071%	83,838%	16,162%	16,162%	43
5	5,051%	88,889%	11,111%	11,111%	44
4	4,040%	92,929%	7,071%	7,071%	45
3	3,030%	95,960%	4,040%	4,040%	46
2	2,020%	97,980%	2,020%	2,020%	47
1	1,010%	98,990%	1,010%	1,010%	48
0	0,000%	98,990%	1,010%	1,010%	49
1	1,010%	100,000%	0,000%	0,000%	50

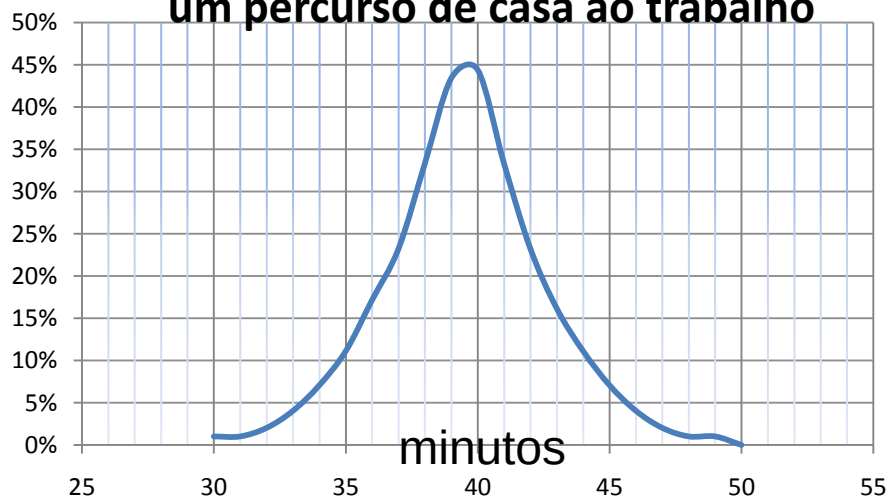
Distribuição de Freqüências



- **Com o que vimos até aqui o que podemos extrair do gráfico abaixo?**

1. Que sair com 40 min de antecedência é jogar com a sorte pois existe 50% de chance de sucesso e de insucesso de chegar no horário.
2. Se queremos ter 95% de chance de chegar ao nosso destino no horário estabelecido, devemos sair com 46,07 min de antecedência.
3. A chance de chegarmos em menos de 30 min ou em mais de 50 min é praticamente nula.

Distribuição de Freqüências para realizar um percurso de casa ao trabalho



Segurança e os fatores que influem na sua avaliação

- ✚ **Tudo varia na natureza**
- ✚ **Dois objetos idênticos apenas parecem idênticos. O sistema de medição é que não possui sensibilidade para diferenciar**

Limites de controle

Determinam os limites onde a variação dos valores medidos é natural para aquele processo

Os valores dentro dos limites de controle são atribuídos a CAUSAS SISTÊMICAS (fazem parte do processo, causam variação NATURAL)

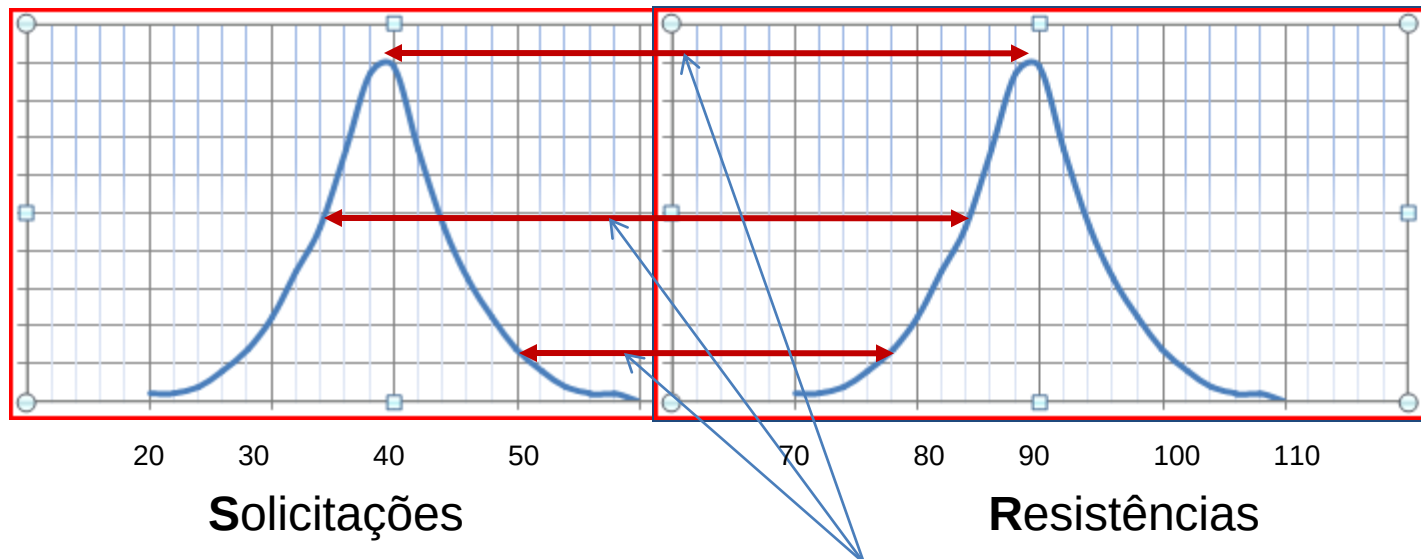
Os valores fora dos limites de controle são atribuídos a CAUSAS ESPECIAIS (não fazem parte do processo, acontecem em intervalos longos de tempo)

Método Probabilístico de Segurança

No caso das estruturas, existe variação aleatória das resistências e também das solicitações.

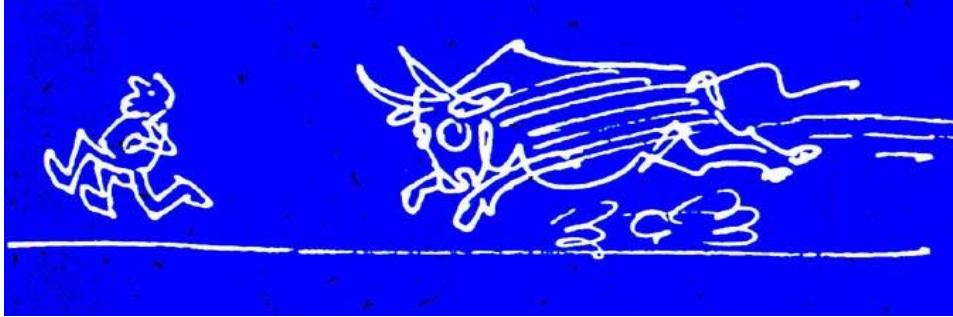
Quando se falava em coeficiente de segurança, no “Método das Tensões Admissíveis”, não se pensava em variabilidade, pois não há sentido em definir coeficiente de segurança (R/S) quando as grandezas são aleatórias.

Define-se : **Margem** = **Resistência** – **Solicitação**, como medida da segurança.



diversas medidas de Margem (indicam ser variável aleatória)

Segurança Estrutural



Resistência $\xleftarrow{\text{Margem}}$ **Solicitação**

$M = R - S > 0$ seguro

$M = R - S = 0$ equação de Estado Limite

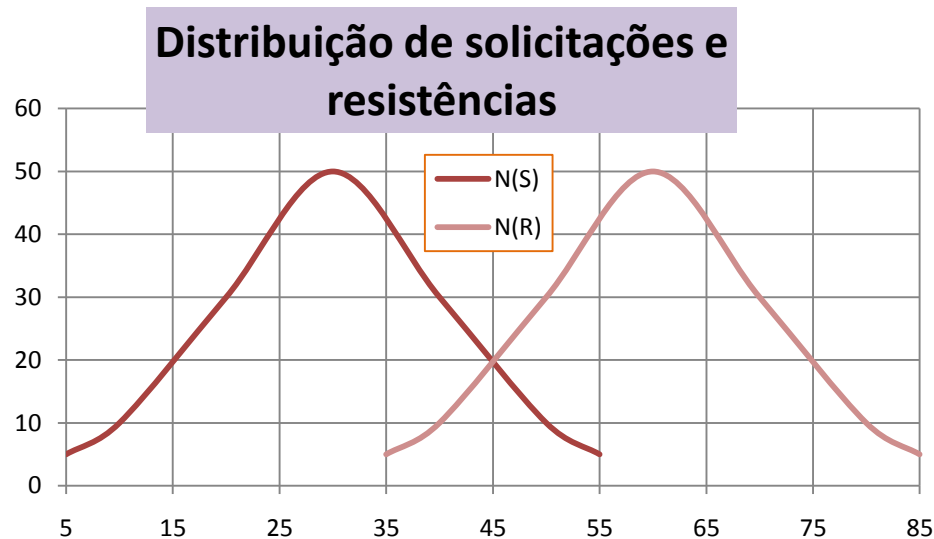
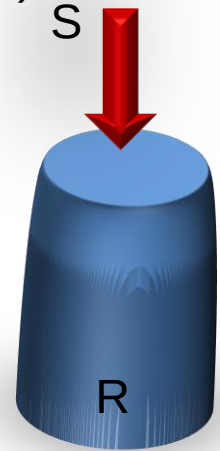
$M = R - S \leq 0$ ruptura, insucesso

$M = R - S$ função Estado Limite $G(x)$

Exemplo de determinação da segurança estrutural (Mét. Probabilístico)

R-kN	35	40	50	60	70	80	85	140
N(R)	5	10	30	50	30	10	5	

S-kN	5	10	20	30	40	50	55	140
N(S)	5	10	30	50	30	10	5	



Aqui, as Resistências e as Solicitações, são conhecidas por amostragem em 7 grandezas de intensidade de força, onde além da intensidade procura-se obter a frequência com que esta se apresenta. Quanto maior a quantidade de grandezas amostradas, melhor fica a caracterização da amostragem.

Método Probabilístico de Segurança

1) combinando a resistência de

R-kN	85
N(R)	5

com

S-kN	5	10	20	30	40	50	55
N(S)	5	10	30	50	30	10	5
R-S	80	75	65	55	45	35	30
N(R-S)	25	50	150	250	150	50	25

700

0 0 0 0 0 0 0 0

2) combinando a resistência de

R-kN	80
N(R)	10

com

S-kN	5	10	20	30	40	50	55
N(S)	5	10	30	50	30	10	5
R-S	75	70	60	50	40	30	25
N(R-S)	50	100	300	500	300	100	50

1400

0 0 0 0 0 0 0 0

3) combinando a resistência de

R-kN	70
N(R)	30

com

S-kN	5	10	20	30	40	50	55
N(S)	5	10	30	50	30	10	5
R-S	65	60	50	40	30	20	15
N(R-S)	150	300	900	1500	900	300	150

4200

0 0 0 0 0 0 0 0

Método Probabilístico de Segurança

4) combinando a resistência de

R-kN	60
N(R)	50

com

S-kN	5	10	20	30	40	50	55	
N(S)	5	10	30	50	30	10	5	
R-S	55	50	40	30	20	10	5	
N(R-S)	250	500	1500	2500	1500	500	250	7000
	0	0	0	0	0	0	0	0

5) combinando a resistência de

R-kN	50
N(R)	30

com

S-kN	5	10	20	30	40	50	55	
N(S)	5	10	30	50	30	10	5	
R-S	45	40	30	20	10	0	-5	
N(R-S)	150	300	900	1500	900	300	150	4200
	0	0	0	0	0	0	150	150

6) combinando a resistência de

R-kN	40
N(R)	10

com

S-kN	5	10	20	30	40	50	55	
N(S)	5	10	30	50	30	10	5	
R-S	35	30	20	10	0	-10	-15	
N(R-S)	50	100	300	500	300	100	50	1400
	0	0	0	0	0	100	50	150

7) combinando a resistência de

R-kN	35
N(R)	5

com

S-kN	5	10	20	30	40	50	55	
N(S)	5	10	30	50	30	10	5	
R-S	30	25	15	5	-5	-15	-20	
N(R-S)	25	50	150	250	150	50	25	700
	0	0	0	0	150	50	25	225

Probabilidade de Ruína

número total de combinações

1)	700
2)	1400
3)	4200
4)	7000
5)	4200
6)	1400
7)	700
19600	

número de rupturas obtidas

1)	0
2)	0
3)	0
4)	0
5)	150
6)	150
7)	225
525	

probabilidade de ruptura

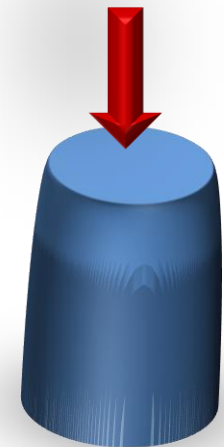
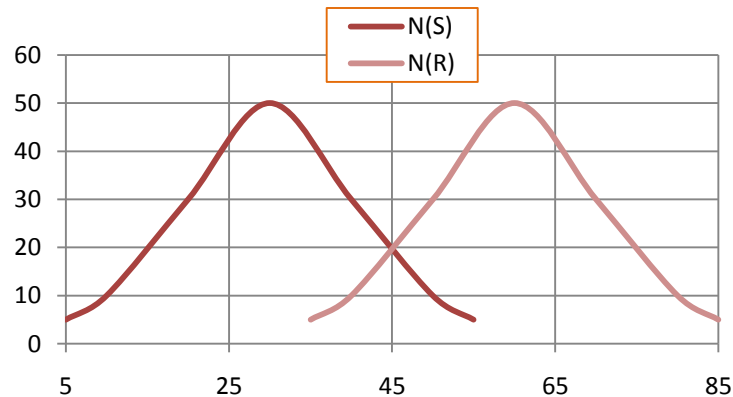
$$\frac{525}{19600} = 2,68\%$$

R-kN	35	40	50	60	70	80	85
N(R)	5	10	30	50	30	10	5

S-kN	5	10	20	30	40	50	55
N(S)	5	10	30	50	30	10	5

s/média		
média	s	cof.variação
60	1,024	1,706%

s/média		
média	s	cof.variação
30	1,024	3,413%



Análise crítica do método probabilístico:

1. O tamanho da amostra influi no resultado
2. Existe grande dificuldade prática de se obter amostras de solicitações
3. No estágio atual do desenvolvimento da engenharia civil, padronizar e normalizar procedimentos para este método é muito difícil.
4. Para obter-se confiabilidade da ordem de $1/1$ milhão o tamanho das amostras deveriam ser imensas para refletir o resultado com confiabilidade (ver item 1)

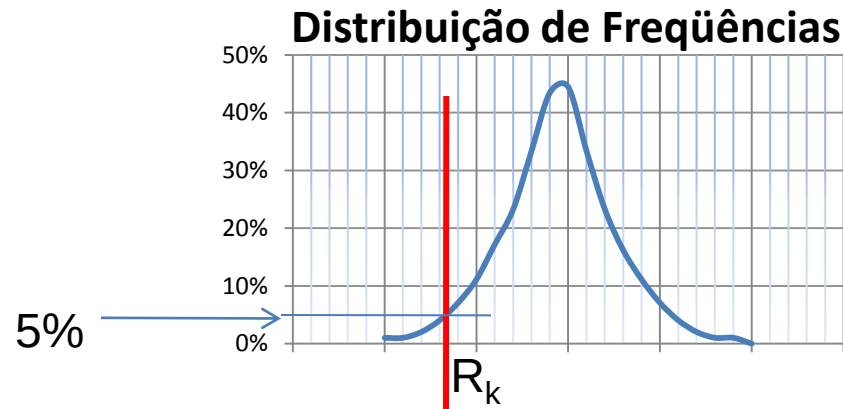


Para contornar estas dificuldades

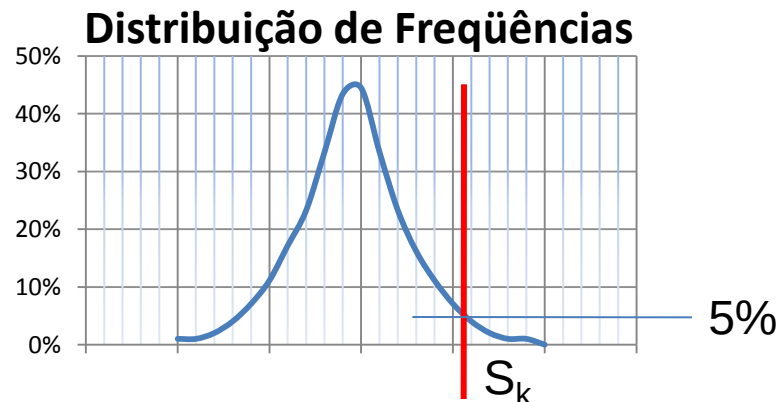
Surge o Método Semi-Probabilístico

Método Semi-Probabilístico

1. Caracteriza o universo das Resistências pelo Valor Característico – quantil 5% Inferior das distribuições de freqüência das Resistências



2. Caracteriza o universo das Solicitações pelo Valor Característico – quantil 5% Superior das distribuições de freqüência das Solicitações

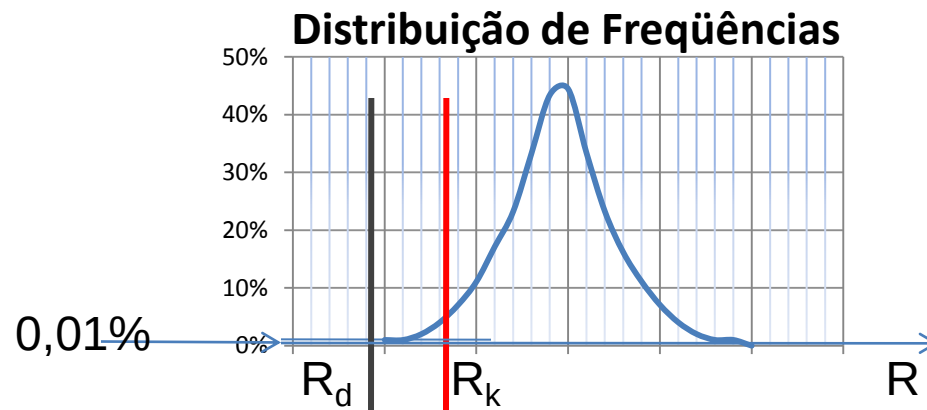


Método Semi-Probabilístico

3. O valor das Resistências é minorado de (dividido por) um coeficiente de ponderação do material, γ_m

- Concreto 1,4 que tem maior desvio padrão do que o aço
- Aço 1,15

Dando origem **ao valor de projeto** das Resistências $R_d = \frac{R_k}{\gamma_m}$

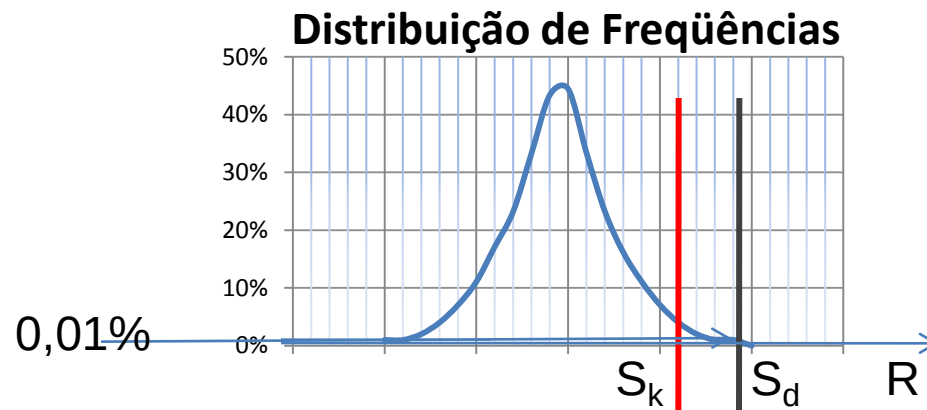


Método Semi-Probabilístico

4. O valor das Solicitações é majorado de (multiplicado por) um coeficiente de ponderação da ação, γ_f

- Ações em geral (ELU) = 1,4
- Ações excepcionais = 1,0

Dando origem ao **valor de projeto** das Solicitações $S_d = S_k \times \gamma_f$



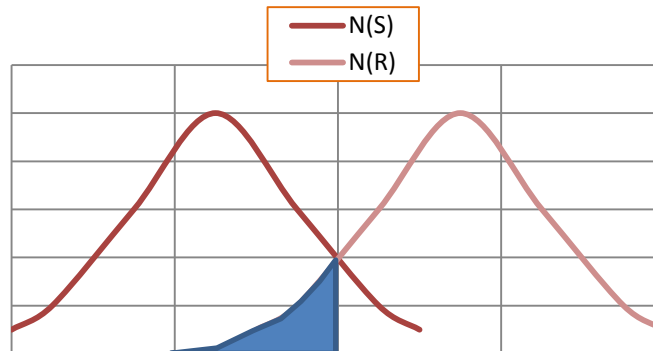
Método Semi-Probabilístico

5. Utilizando-se do conceito de Margem

$$\mathbf{M = R - S = 0} \quad \text{equação de Estado Limite} \quad (\text{slide 17})$$

$$\mathbf{R_d = S_d}$$

Obtém-se uma probabilidade de ruína da ordem de 10^{-5}



Método Semi-Probabilístico

6. No Estado Limite Último (ELU):

Podemos ter:

um procedimento de dimensionamento:

onde

$$R_d = A_s \cdot f_d = S_d \quad \text{de onde} \quad A_{s,nec} = S_d / f_d$$

que é a área mínima necessária para a seção transversal.

um procedimento de verificação:

onde

$$R_d = A_s \cdot f_d = S_d \quad \text{de onde} \quad f_{d,min} = S_d / A_{s,exist}$$

que é a resistência mínima necessária. Esta normalmente é comparada com a resistência de projeto que deve apresentar uma maior capacidade resistente.

Método Semi-Probabilístico

6. No Estado Limite de Serviço (ELS):

O estado Limite de Serviço prevê garantir boas condições de utilização tais como deformações adequadas ao uso, baixa incidência de patologias por fissuração e corrosão, etc...

Nestes casos os coeficientes de ponderação são próximos da unidade pois uma probabilidade de ocorrência deste tipo de evento, em níveis próximos a 5%, é bastante aceitável.

Em termos de equação é utilizada a mesma formulação, apenas revendo os valores de projeto.

(ver slides 24 e 25)

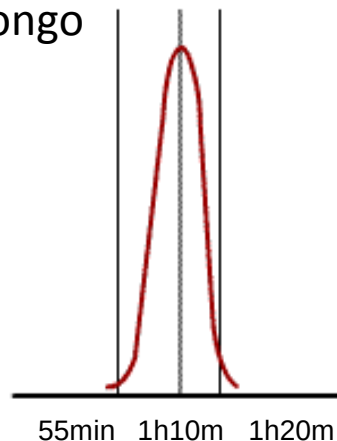
Exercício:

1) Dos dois percursos para ir de casa ao trabalho, qual escolher?

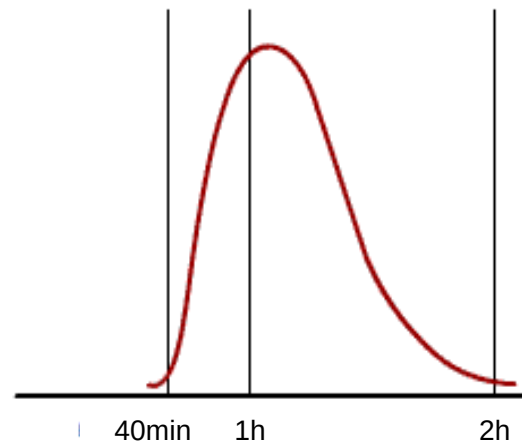
O horário de entrada é 8h00 (o critério é que atrasos superiores a 1 hora são motivo de dispensa sumária, os atrasos inferiores são descontados do salário. Qual dos dois percursos é mais confiável e porque?

Distribuição de frequências para dois percursos possíveis

Percurso 1
mais longo



Percurso 2
mais curto



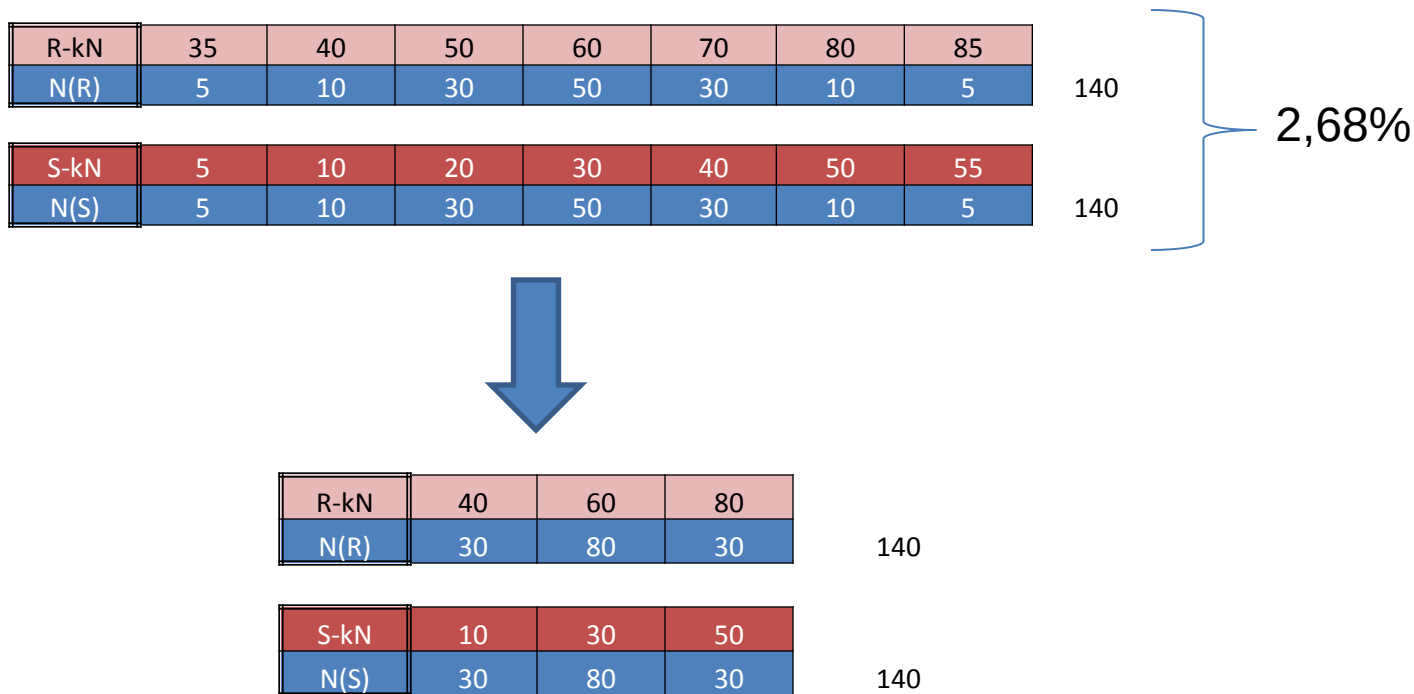
Identifique dentre os critérios de atraso, 2) qual seria Estado Limite Último e 3) qual seria Estado Limite de Serviço, no exemplo acima.

Resolução do exercício em aula

1. O percurso mais longo é o mais confiável por ter uma menor dispersão dos dados.
2. Dentre os critérios de atraso o que representa o ELU é aquele que provoca a dispensa sumária por atraso superior a uma hora.
3. Já a situação de atrasos inferiores a uma hora são semelhantes ao ELS pois não causam danos irre recuperáveis.

Exercício:

4) Determine para o exemplo do Slide 18, a probabilidade de ruína, agrupando as grandezas em 3 grupos as resistências e solicitações.



5) Compare a probabilidade com a probabilidade, anteriormente obtida no exemplo em classe (2,68%), e explique o resultado obtido.

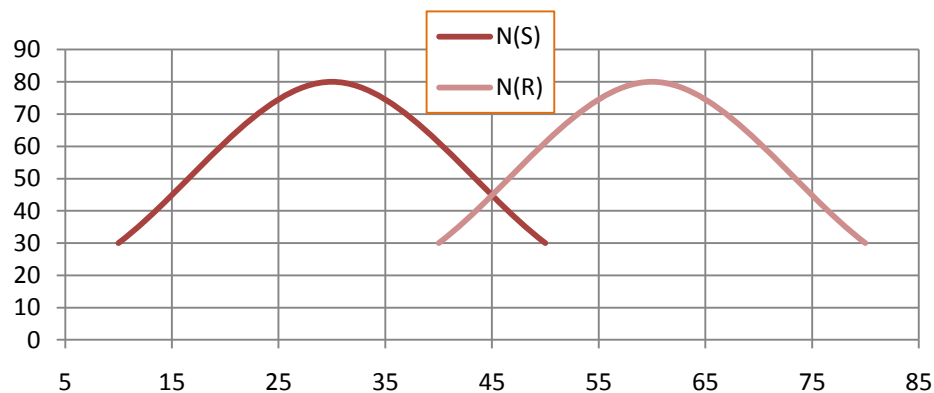
R-kN	40	60	80
N(R)	30	80	30

140

S-kN	10	30	50
N(S)	30	80	30

140

Distribuição de solicitações e resistências



Probabilidade de Ruína

número total de combinações

1)	4200
2)	11200
3)	4200
	19600

número de rupturas obtidas

1)	0
2)	0
3)	900
	900

probabilidade de ruptura

$$\frac{900}{19600} = 4,59\%$$

1) combinando a resistência de

R-kN	80
N(R)	30

com

S-kN	10	30	50
N(S)	30	80	30
R-S	70	50	30
N(R-S)	900	2400	900

0 0 0

4200
0

2) combinando a resistência de

R-kN	60
N(R)	80

com

S-kN	10	30	50
N(S)	30	80	30
R-S	50	30	10
N(R-S)	2400	6400	2400

0 0 0

11200
0

3) combinando a resistência de

R-kN	40
N(R)	30

com

S-kN	10	30	50
N(S)	30	80	30
R-S	30	10	-10
N(R-S)	900	2400	900

0 0 900

4200
900

A probabilidade de ruína é bem diferente devido a qualidade da amostragem utilizada (bem menor) que altera o desvio padrão da amostra e, como foi visto, a dispersão da amostra altera a confiabilidade do resultado, portanto a medida da segurança.

probabilidade de
ruptura obtido no
exercício

Ao invés de 2,68%

$$\frac{900}{19600} = 4,59\%$$

VALORES CARACTERÍSTICOS DAS AÇÕES USUAIS NAS ESTRUTURAS

AÇÃO: TUDO QUE PRODUZ SOLICITAÇÕES NA ESTRUTURA (MOMENTOS FLETORES, FORÇAS NORMAIS, COMPRESSÕES ETC)

AS AÇÕES PODEM SER:

- CARGAS PROVENIENTES DE PESO DOS MATERIAIS
- CARGAS ORIGINADAS PELA PRESSÃO DO VENTO
- EMPUXOS DE TERRA, DE ÁGUA, DE CORRENTEZA
- EFEITOS DE TEMPERATURA
- RECALQUES DIFERENCIAIS
- PROTENSÃO
- RETRAÇÃO E FLUÊNCIA DOS MATERIAIS ESTRUTURAIS

CARGAS PERMANENTES (AS QUE OCORREM SEMPRE)

A) CARGAS FORNECIDAS POR PESO ESPECÍFICO

CONCRETO SIMPLES	24 kN/m ³
CONCRETO ARMADO	25 kN/m ³
ARGAMASSA	19 kN/m ³
ALVENARIA DE TIJOLO MACIÇO	18 kN/m ³
ALVENARIA DE TIJOLO FURADO CERÂMICO	13 kN/m ³
ALVENARIA DE BLOCOS DE CONCRETO	13 kN/m ³
MATERIAL DE ENCHIMENTO – ENTULHO	15 kN/m ³
MAT. ENCHIMENTO – ARGILA EXPANDIDA	9 kN/m ³
TERRA	18 kN/m ³

CARGAS PERMANENTES

B) CARGAS FORNECIDAS POR UNIDADE DE ÁREA (m²)

REVESTIMENTOS DE PISOS (CADA 5 cm)	1,0 kN/m ²
TELHADOS: TELHA DE BARRO	0,7 kN/m ²
TELHA DE FIBRO-CIMENTO	0,4 kN/m ²
TELHA DE ALUMÍNIO	0,3 kN/m ²
IMPERMEABILIZAÇÃO DE PISOS	1,0 kN/m ²
DIVISÓRIA DE MADEIRA	0,2 kN/m ²
CAIXILHOS DE FERRO	0,3 kN/m ²
CAIXILHOS DE ALUMÍNIO	0,2 kN/m ²

CARGAS VARIÁVEIS OU ACIDENTAIS

AS QUE PODEM ATUAR SOBRE AS ESTRUTURAS EM FUNÇÃO DO SEU USO

A) CARGAS VERTICAIS (SUPOSTAS UNIFORMEMENTE DISTRIBUÍDAS)

A.1) EDIFÍCIOS RESIDENCIAIS

DORMITÓRIOS, SALAS, COZINHAS E BANHEIROS	1,5 kN/m ²
DESPENSAS, ÁREAS DE SERVIÇO E LAVANDERIAS	2,0 kN/m ²
FORROS SEM ACESSO DE PESSOAS	0,5 kN/m ²
ESCADAS SEM ACESSO DE PÚBLICO	2,5 kN/m ²
CORREDORES SEM ACESSO DE PÚBLICO	2,0 kN/m ²
GARAGENS (CARGAS ESTÁTICAS)	3,0 kN/m ²
TERRAÇOS PRIVATIVOS	2,0 kN/m ²

CARGAS VARIÁVEIS OU ACIDENTAIS

AS QUE PODEM ATUAR SOBRE AS ESTRUTURAS EM FUNÇÃO DO SEU USO

A) CARGAS VERTICAIS (SUPOSTAS UNIFORMEMENTE DISTRIBUÍDAS)

A.2) EDIFÍCIOS DE ESCRITÓRIOS

SALAS DE USO GERAL E BANHEIROS	2,0 kN/m ²
ESCADAS PÚBLICAS	3,0 kN/m ²
CORREDORES PÚBLICOS	3,0 kN/m ²
TERRAÇOS PÚBLICOS	3,0 kN/m ²
FORROS E GARAGENS	VER A.1
RESTAURANTES	3,0 kN/m ²

CARGAS VARIÁVEIS OU ACIDENTAIS

AS QUE PODEM ATUAR SOBRE AS ESTRUTURAS EM FUNÇÃO DO SEU USO

A) CARGAS VERTICAIS (SUPOSTAS UNIFORMEMENTE DISTRIBUÍDAS)

A.3) ESCOLAS

SALAS DE AULA	3,0 kN/m ²
AUDITÓRIOS	5,0 kN/m ²
ESCADAS E CORREDORES	4,0 kN/m ²
OUTRAS SALAS	2,0 kN/m ²

CARGAS VARIÁVEIS OU ACIDENTAIS

AS QUE PODEM ATUAR SOBRE AS ESTRUTURAS EM FUNÇÃO DO SEU USO

A) CARGAS VERTICAIS (SUPOSTAS UNIFORMEMENTE DISTRIBUÍDAS)

A.4) BIBLIOTECAS

SALAS DE LEITURA	2,5 kN/m ²
SALAS PARA DEPÓSITO DE LIVROS	4,0 kN/m ²
SALAS COM ESTANTES DE LIVROS	6,0 kN/m ²

CARGAS VARIÁVEIS OU ACIDENTAIS

AS QUE PODEM ATUAR SOBRE AS ESTRUTURAS EM FUNÇÃO DO SEU USO

A) CARGAS VERTICAIS (SUPOSTAS UNIFORMEMENTE DISTRIBUÍDAS)

A.5) BANCOS

ESCRITÓRIOS E BANHEIROS	2,0 kN/m ²
SALAS DE DIRETORIA	1,5 kN/m ²

CARGAS VARIÁVEIS OU ACIDENTAIS

AS QUE PODEM ATUAR SOBRE AS ESTRUTURAS EM FUNÇÃO DO SEU USO

A) CARGAS VERTICAIS (SUPOSTAS UNIFORMEMENTE DISTRIBUÍDAS)

A.6) CINEMAS E TEATROS

PALCO	5,0 kN/m ²
PLATÉIA COM ASSENTOS FIXOS	3,0 kN/m ²
PLATÉIA COM ASSENTOS MÓVEIS	4,0 kN/m ²
BANHEIROS	2,0 kN/m ²

CARGAS VARIÁVEIS OU ACIDENTAIS

AS QUE PODEM ATUAR SOBRE AS ESTRUTURAS EM FUNÇÃO DO SEU USO

A) CARGAS VERTICAIS (SUPOSTAS UNIFORMEMENTE DISTRIBUÍDAS)

A.7) CLUBES

SALAS DE ASSEMBLÉIAS COM ASSENTOS FIXOS	3,0 kN/m ²
SALAS DE ASSEMBLÉIAS COM ASSENTOS MÓVEIS	4,0 kN/m ²
SALÃO DE DANÇAS OU ESPORTE	5,0 kN/m ²
BANHEIROS	2,0 kN/m ²
GINÁSIO DE ESPORTES	5,0 kN/m ²

CARGAS VARIÁVEIS OU ACIDENTAIS

AS QUE PODEM ATUAR SOBRE AS ESTRUTURAS EM FUNÇÃO DO SEU USO

A) CARGAS VERTICAIS (SUPOSTAS UNIFORMEMENTE DISTRIBUÍDAS)

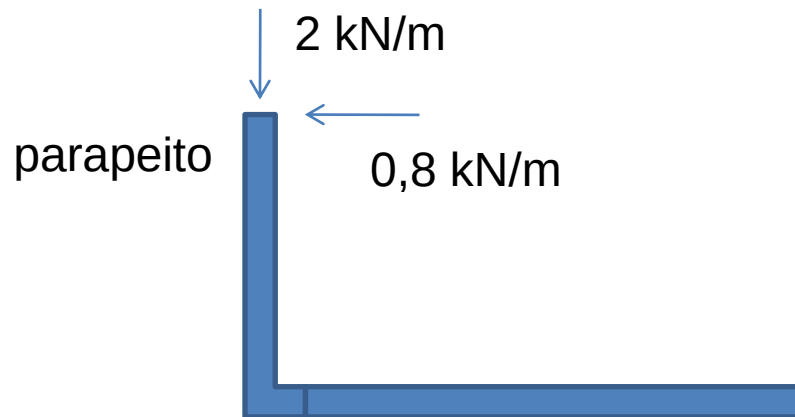
A.8) HOSPITAIS

DORMITÓRIOS, ENFERMARIAS, SALAS DE CIRURGIA E BANHEIROS	2,0 kN/m ²
CORREDORES	3,0 kN/m ²

B) CARGAS EM BALCÕES

AO LONGO DOS PARAPEITOS E BALCÕES DEVERÃO SER CONSIDERADAS APLICADAS:

- UMA CARGA HORIZONTAL DE 0,8 kN/m NA ALTURA DO CORRIMÃO
- UMA CARGA VERTICAL DE 2 kN/m.



C) CARGAS VERTICAIS ESPECIAIS

C.1) CASA DE MÁQUINAS E POÇO DOS ELEVADORES

CASA DE MÁQUINAS

LAJE SOBRE A CAIXA DOS ELEVADORES

v (velocidade) < 1 m/s: 30 kN/m^2

$v > 1$ m/s: 50 kN/m^2

LAJE ADJACENTE À CAIXA DOS ELEVADORES

v (velocidade) < 1 m/s: 5 kN/m^2

$v > 1$ m/s: 7 kN/m^2

FORRO DA CASA DE MÁQUINAS: 10 kN/m^2

POÇO DE MOLAS DOS ELEVADORES

(LAJE INFERIOR): 20 kN/m^2

C) CARGAS VERTICAIS ESPECIAIS

C.2) HELIPONTO

DEVERÃO SER CONSIDERADAS:

- UMA CARGA VERTICAL DE 12 kN, CONCENTRADA NA POSIÇÃO MAIS DESFAVORÁVEL
- UMA CARGA UNIFORMENTE DISTRIBUÍDA DE 5 kN/m².

REDUÇÃO DAS CARGAS ACIDENTAIS

NO CÁLCULO DOS PILARES E DAS FUNDAÇÕES DOS EDIFÍCIOS PARA ESCRITÓRIOS, RESIDÊNCIAS E CASAS COMERCIAIS NÃO DESTINADAS A DEPÓSITOS, AS CARGAS ACIDENTAIS PODEM SER REDUZIDAS DE ACORDO COM OS VALORES INDICADOS ABAIXO:

No. DE PISOS QUE ATUAM SOBRE O ELEMENTO	REDUÇÃO PERCENTUAL DAS CARGAS ACIDENTAIS
1,2 E 3	0
4	20%
5	40%
6 OU MAIS	60%