

Módulo 1: Introdução ao projeto e cálculo de estruturas de aço

Curso de Projeto e Cálculo de Estruturas metálicas

MARGEM DE SEGURANÇA

$$\sigma_{Sd} = \frac{\sigma_{Rd}}{FS}$$

Onde:

σ_{Rd} : *Tensão Resistente para efeitos de projeto*

σ_{Sd} : *Tensão Solicitante real*

FS = *Fator de Segurança*

Filosofias de cálculo:

Método dos Estados Limites

Projeto por fatoração de Cargas e Resistências (LRFD “Load & Resistance Factor Design”)

Neste método majoramos as cargas atuantes, e praticamente mantemos a resistência das peças

- ✓ Adotado pela NBR8800/08 desde sua primeira edição em 1986
- ✓ Adotaremos essa metodologia de trabalho

X

Método das tensões admissíveis

Projeto pelas resistências admissíveis (ASD “Allowable strength Design”)

Neste método, mantemos as cargas e aplicamos fatores de redução na resistência das peças

- ✓ Adotado pelo AISC
- ✓ Gera resultados muito próximos ao LRFD.
- ✓ Em geral, usamos para pré-dimensionamento e ocasiões onde seja mais prático dimensionar por esse método

MARGEM DE SEGURANÇA NO ASD

Exemplo: Peças Tracionadas no AISC 360 -05 possuem, além de outros, o Estado Limite de Escoamento da Seção Bruta

$$\sigma_{Adm} = \frac{F_y}{1,67}$$

Ou, Reescrevendo:

$$\sigma_{Adm} = 0,5988 \cdot F_y$$

MARGEM DE SEGURANÇA NO LRFD

NO LRFD AS CARGAS SÃO MAJORADAS DE ACORDO COM A MARGEM
PROBABILÍSTICA DE EXCEÇÕES

Suponha um tração de 100 kN, composta por:

10 kN de Peso Próprio de Estruturas Metálicas: $10 \times 1,25 = 12,5$ kN

10 kN de Cargas Permanentes: $10 \times 1,40 = 14$ kN

80 kN de Cargas Variáveis: $80 \times 1,50 = 120$ kN

Tração majorada = 146,5 1,465 x maior que a tração real

$$\sigma_{Real} \cdot \gamma = \frac{F_y}{1,1} \rightarrow \sigma_{Real} \cdot 1,465 = \frac{F_y}{1,1} \rightarrow \sigma_{Real} = \frac{F_y}{1,1 \cdot 1,465} \rightarrow \sigma_{Real} = \frac{F_y}{1,61}$$

$$\sigma_{Real} = 0,62 \cdot F_y$$

MARGEM DE SEGURANÇA NO LRFD

Suponha um tração de 100 kN, composta por:

40 kN de Peso Próprio de Estruturas Metálicas: $40 \times 1,25 = 50$ kN

40 kN de Cargas Permanentes: $40 \times 1,40 = 56$ kN

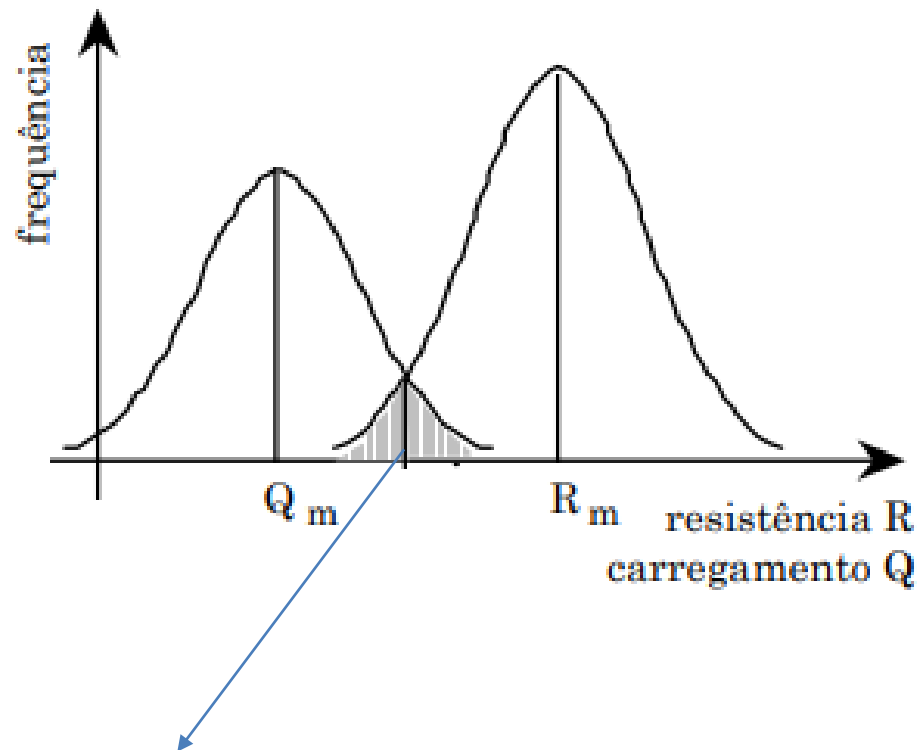
20 kN de Cargas Variáveis: $20 \times 1,50 = 30$ kN

Tração majorada = 136 1,36 x maior que a tração real

$$\sigma_{Real} \cdot \gamma = \frac{F_y}{1,1} \rightarrow \sigma_{Real} \cdot 1,36 = \frac{F_y}{1,1} \rightarrow \sigma_{Real} = \frac{F_y}{1,1 \cdot 1,36} \rightarrow \sigma_{Real} = \frac{F_y}{1,496}$$

$$\sigma_{Real} = 0,67 \cdot F_y$$

MARGEM DE SEGURANÇA NO LRFD



Probabilidade de ocorrência da ordem de 10^{-5} , ou segurança de 99,9999%

ESTADOS LIMITES:

Estados Limites de Serviço (E.L.S)

X

Estados Limites Últimos (E.L.U)

Estão relacionados ao uso e ocupação da edificação.

- ✓ Deformações em pisos ($L/350$)
- ✓ Deformações em vigas de cobertura
- ✓ Deslocamentos laterais máximos admitidos em um prédio de 15 andares
- ✓ Deslocamentos máximos admitidos em vigas que suportam pilares

Estão relacionados à resistência dos materiais empregados

- ✓ Deformações localizadas nos perfis
- ✓ Torções, deformações globais em peças
- ✓ Ruína de peças estruturais
- ✓ Fadiga, fratura, deslizamentos

TIPOS DE CARGAS:

CARGAS PERMANENTES

X

CARGAS VARIÁVEIS

- ✓ Peso próprio da estrutura
- ✓ Peso de elementos fixos ligados à estrutura (Lajes, paredes, pisos, telhas, equipamentos fixos)

- ✓ Sobrecarga de uso e ocupação (conforme NBR6120)
- ✓ Cargas de Vento (Conforme NBR6123)

Procedimentos de projeto pelo LRFD:

As resistências receberão um coeficiente de ponderação (Minoração), para absorver incertezas da resistência, e as cargas receberão um coeficiente de Ponderação (Majoração) para aborver as incertezas estatísticas das cargas adotadas

$$\sigma_{SD} \cdot \gamma_f \leq \frac{\sigma_u}{\gamma_a}$$

Tabela 3 — Valores dos coeficientes de ponderação das resistências γ_m

Combinações	Aço estrutural ^a		Concreto γ_c	Aço das armaduras γ_s
	γ_a			
	Escoamento, flambagem e instabilidade γ_{a1}	Ruptura γ_{a2}		
Normais	1,10	1,35	1,40	1,15
Especiais ou de construção	1,10	1,35	1,20	1,15
Excepcionais	1,00	1,15	1,20	1,00

^a Inclui o aço de fôrma incorporada, usado nas lajes mistas de aço e concreto, de pinos e parafusos.

Procedimentos de projeto pelo LRFD:

Fatores de Majoração a serem aplicados nas cargas

Tabela 1 — Valores dos coeficientes de ponderação das ações $\gamma_f = \gamma_{f1} \gamma_{f2}$

Combinações	Ações permanentes (γ_p) ^{a c}					
	Diretas					Indiretas
	Peso próprio de estruturas metálicas	Peso próprio de estruturas pré-moldadas	Peso próprio de estruturas moldadas no local e de elementos construtivos industrializados e empuxos permanentes	Peso próprio de elementos construtivos industrializados com adições <i>in loco</i>	Peso próprio de elementos construtivos em geral e equipamentos	
Normais	1,25 (1,00)	1,30 (1,00)	1,35 (1,00)	1,40 (1,00)	1,50 (1,00)	1,20 (0)
Especiais ou de construção	1,15 (1,00)	1,20 (1,00)	1,25 (1,00)	1,30 (1,00)	1,40 (1,00)	1,20 (0)
Excepcionais	1,10 (1,00)	1,15 (1,00)	1,15 (1,00)	1,20 (1,00)	1,30 (1,00)	0 (0)
	Ações variáveis (γ_v) ^{a d}					
	Efeito da temperatura ^b	Ação do vento	Ações truncadas ^e	Demais ações variáveis, incluindo as decorrentes do uso e ocupação		
Normais	1,20	1,40	1,20	1,50		
Especiais ou de construção	1,00	1,20	1,10	1,30		
Excepcionais	1,00	1,00	1,00	1,00		

Procedimentos de projeto pelo LRFD:

- ^a Os valores entre parênteses correspondem aos coeficientes para as ações permanentes favoráveis à segurança; ações variáveis e excepcionais favoráveis à segurança não devem ser incluídas nas combinações.
- ^b O efeito de temperatura citado não inclui o gerado por equipamentos, o qual deve ser considerado ação decorrente do uso e ocupação da edificação.
- ^c Nas combinações normais, as ações permanentes diretas que não são favoráveis à segurança podem, opcionalmente, ser consideradas todas agrupadas, com coeficiente de ponderação igual a 1,35 quando as ações variáveis decorrentes do uso e ocupação forem superiores a 5 kN/m^2 , ou 1,40 quando isso não ocorrer. Nas combinações especiais ou de construção, os coeficientes de ponderação são respectivamente 1,25 e 1,30, e nas combinações excepcionais, 1,15 e 1,20.
- ^d Nas combinações normais, se as ações permanentes diretas que não são favoráveis à segurança forem agrupadas, as ações variáveis que não são favoráveis à segurança podem, opcionalmente, ser consideradas também todas agrupadas, com coeficiente de ponderação igual a 1,50 quando as ações variáveis decorrentes do uso e ocupação forem superiores a 5 kN/m^2 , ou 1,40 quando isso não ocorrer (mesmo nesse caso, o efeito da temperatura pode ser considerado isoladamente, com o seu próprio coeficiente de ponderação). Nas combinações especiais ou de construção, os coeficientes de ponderação são respectivamente 1,30 e 1,20, e nas combinações excepcionais, sempre 1,00.
- ^e Ações truncadas são consideradas ações variáveis cuja distribuição de máximos é truncada por um dispositivo físico, de modo que o valor dessa ação não possa superar o limite correspondente. O coeficiente de ponderação mostrado nesta Tabela se aplica a este valor-limite.

Procedimentos de projeto pelo LRFD:

4º -Depois de aplicar os coeficientes, proceder com as combinações

Combinações últimas normais (E.L.U) – Decorrem do uso previsto para edificação

$$S_d = \boxed{\sum(\gamma_g \cdot F_G)} + \boxed{\gamma_q \cdot F_Q} + \boxed{\sum(\gamma_{qj} \cdot \Psi_{0j} \cdot F_{Qj})}$$

Soma das cargas permanentes multiplicado por seus respectivos fatores de ponderação

Soma das cargas Variáveis multiplicado por seus respectivos fatores de ponderação

Soma das cargas Variáveis multiplicado por seus respectivos fatores de ponderação e multiplicados novamente por seus respectivos fatores de combinação

Procedimentos de projeto pelo LRFD:

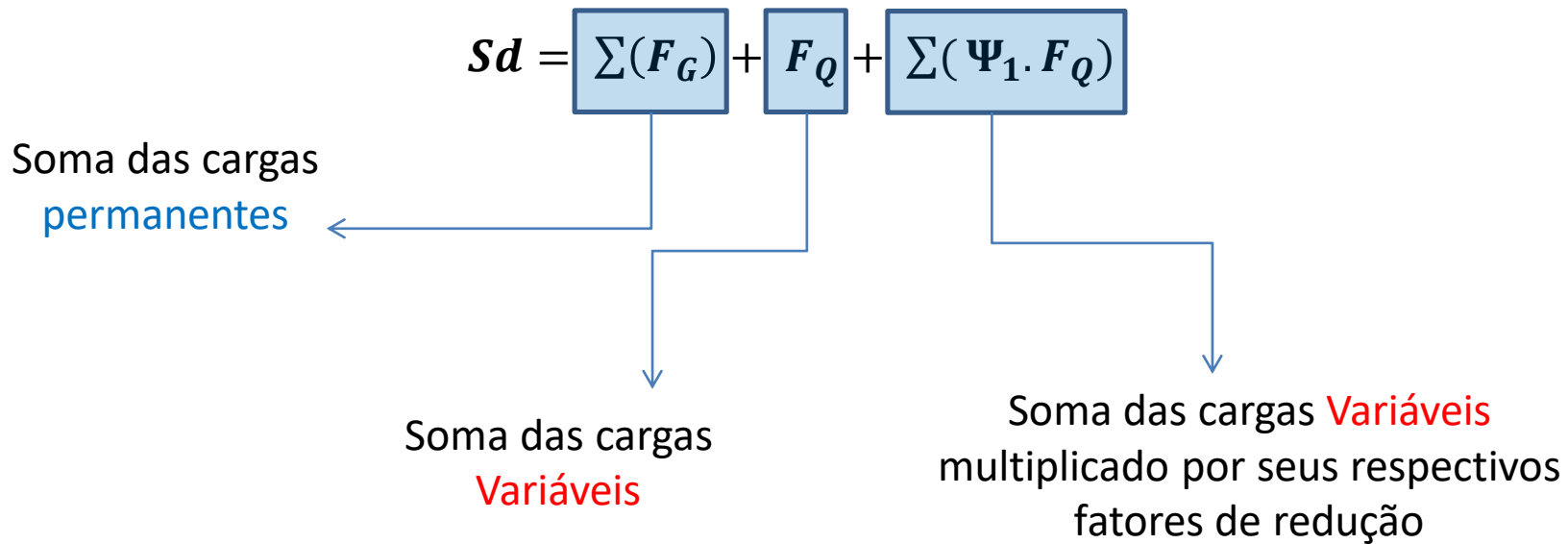
Tabela 2 — Valores dos fatores de combinação ψ_0 e de redução ψ_1 e ψ_2 para as ações variáveis

Ações		γ_{Ω}^a		
		ψ_0	ψ_1^d	ψ_2^e
Ações variáveis causadas pelo uso e ocupação	Locais em que não há predominância de pesos e de equipamentos que permanecem fixos por longos períodos de tempo, nem de elevadas concentrações de pessoas ^{b)}	0,5	0,4	0,3
	Locais em que há predominância de pesos e de equipamentos que permanecem fixos por longos períodos de tempo, ou de elevadas concentrações de pessoas ^{c)}	0,7	0,6	0,4
	Bibliotecas, arquivos, depósitos, oficinas e garagens e sobrecargas em coberturas (ver B.5.1)	0,8	0,7	0,6
Vento	Pressão dinâmica do vento nas estruturas em geral	0,6	0,3	0
Temperatura	Variações uniformes de temperatura em relação à média anual local	0,6	0,5	0,3
Cargas móveis e seus efeitos dinâmicos	Passarelas de pedestres	0,6	0,4	0,3
	Vigas de rolamento de pontes rolantes	1,0	0,8	0,5
	Pilares e outros elementos ou subestruturas que suportam vigas de rolamento de pontes rolantes	0,7	0,6	0,4
^a Ver alínea c) de 4.7.5.3. ^b Edificações residenciais de acesso restrito. ^c Edificações comerciais, de escritórios e de acesso público. ^d Para estado-limite de fadiga (ver Anexo K), usar ψ_1 igual a 1,0. ^e Para combinações excepcionais onde a ação principal for sismo, admite-se adotar para ψ_2 o valor zero.				

Procedimentos de projeto pelo LRFD:

4º -Depois de aplicar os coeficientes, proceder com as combinações

Combinações de Serviço (E.L.S) – Ocorrem praticamente durante toda a vida da estrutura.



Procedimentos de projeto pelo LRFD:

Exemplo:

Uma viga de cobertura de um galpão está sujeita às seguintes cargas:

Permanentes:

Peso próprio da estrutura metálica: 0,72kN/m

Peso próprio das telhas sobre a viga: 0,36kN/m

Cargas Variáveis:

Sobrecarga de cobertura (para baixo): 1,5 kN/m

Carga de Vento a 0° (para cima) 2,36kN/m

Carga de vento a 90° (para cima) 3,45 kN/m

PROCEDER COM AS COMBINAÇÕES

Procedimentos de projeto pelo LRFD:

COMBINAÇÕES PARA ELS – NÃO SE APLICAM COEFICIENTES DE PONDERAÇÃO

Hipóteses possíveis:

Sempre teremos PP

Frequentemente podemos ter PP + SC

Frequentemente podemos ter PP + V0

Frequentemente podemos ter PP + V90

É possível acontecer PP+SC+0,3V0

É possível acontecer PP+SC+0,3V90

É possível acontecer PP+V0+0,7SC

É possível acontecer PP+V90+0,7SC

$$Q = (0,72+0,36) = 1,08 \text{ kN/m}$$

$$Q = (0,72+0,36) + 1,5 = 2,58 \text{ kN/m}$$

$$Q = (0,72+0,36) - 2,36 = -1,28 \text{ kN/m}$$

$$Q = (0,72+0,36) - 3,45 = -2,37 \text{ kN/m}$$

$$Q = (0,72+0,36)+1,5-0,3.2,36= 1,87 \text{ kN/m}$$

$$Q = (0,72+0,36)+1,5-0,3.3,45= 1,54 \text{ kN/m}$$

$$Q = (0,72+0,36)-2,36+0,7.1,5= -0,23 \text{ kN/m}$$

$$Q = (0,72+0,36)-3,45+0,7.1,5= -1,32 \text{ kN/m}$$

A Combinação mais desfavorável para ELS se dá em PP+SC

Procedimentos de projeto pelo LRFD:

COMBINAÇÕES PARA ELU (APLICAM-SE COEFICIENTES DE PONDERAÇÃO)

Hipóteses possíveis:

Sempre teremos PP

$$Q = (1,25 \cdot 0,72 + 1,4 \cdot 0,36) = 1,404 \text{ kN/m}$$

Frequentemente podemos ter PP + SC

$$Q = (1,25 \cdot 0,72 + 1,4 \cdot 0,36) + 1,5 \cdot 1,5 = 3,654 \text{ kN/m}$$

Frequentemente podemos ter PP + V0

$$Q = (1,00 \cdot 0,72 + 1,00 \cdot 0,36) - 1,4 \cdot 2,36 = -2,22 \text{ kN/m}$$
$$Q = (1,25 \cdot 0,72 + 1,40 \cdot 0,36) - 1,4 \cdot 2,36 = -1,90 \text{ kN/m}$$

Frequentemente podemos ter PP + V90

$$Q = (1,00 \cdot 0,72 + 1,00 \cdot 0,36) - 1,4 \cdot 3,45 = -3,75 \text{ kN/m}$$
$$Q = (1,25 \cdot 0,72 + 1,40 \cdot 0,36) - 1,4 \cdot 3,45 = -3,43 \text{ kN/m}$$

É possível acontecer PP+SC+ V0

$$Q = (1,00 \cdot 0,72 + 1,00 \cdot 0,36) + 1,5 \cdot 1,5 - (1,4 \cdot 0,6 \cdot 2,36) = 1,34 \text{ kN/m}$$
$$Q = (1,25 \cdot 0,72 + 1,40 \cdot 0,36) + 1,5 \cdot 1,5 - (1,4 \cdot 0,6 \cdot 2,36) = 1,67 \text{ kN/m}$$

É possível acontecer PP+SC+ V90

$$Q = (1,00 \cdot 0,72 + 1,00 \cdot 0,36) + 1,5 \cdot 1,5 - (1,4 \cdot 0,6 \cdot 3,45) = 0,432 \text{ kN/m}$$
$$Q = (1,25 \cdot 0,72 + 1,40 \cdot 0,36) + 1,5 \cdot 1,5 - (1,4 \cdot 0,6 \cdot 3,45) = 0,756 \text{ kN/m}$$

É possível acontecer PP+V0+ SC

$$Q = (1,00 \cdot 0,72 + 1,00 \cdot 0,36) - 1,4 \cdot 2,36 + (1,5 \cdot 0,8 \cdot 1,5) = -0,424 \text{ kN/m}$$
$$Q = (1,25 \cdot 0,72 + 1,4 \cdot 0,36) - 1,4 \cdot 2,36 + (1,5 \cdot 0,8 \cdot 1,5) = -0,1 \text{ kN/m}$$

É possível acontecer PP+V90+ SC

$$Q = (1,00 \cdot 0,72 + 1,00 \cdot 0,36) - 1,4 \cdot 3,45 + (1,5 \cdot 0,8 \cdot 1,5) = -1,95 \text{ kN/m}$$
$$Q = (1,25 \cdot 0,72 + 1,40 \cdot 0,36) - 1,4 \cdot 3,45 + (1,5 \cdot 0,8 \cdot 1,5) = -1,626 \text{ kN/m}$$

Curso de Projeto e Cálculo de Estruturas metálicas

NA PRÁTICA

E.L.S

Combinações:

- a) **PP+SC**
- b) **PP+VENTO**

E.L.U

Combinações:

- a) **1,4PP+1,5SC**
- b) **PP+1,4VENTO**
- c) **1,4PP+1,5SC+0,84VENTO**

Tabela de Pesos específicos de materiais de construção (NBR6120)

Tabela 1 – Peso específico aparente dos materiais de construção (continua)

Material		Peso específico aparente γ_{ap} kN/m ³
1 Rochas naturais	Arenito	21 a 27 (24)
	Ardósia	28
	Basalto, diorito, gabro	27 a 31 (29)
	Calcário denso	20 a 29 (24,5)
	Gnaíse	30
	Granito, sienito, pórfiro	27 a 30 (28,5)
	Lava basáltica	24
	Mármore e calcário	28
	Outros calcários	20
	Taquilito	26
2 Blocos artificiais e pisos	Blocos de concreto vazados (função estrutural, classes A e B, ABNT NBR 6136)	14
	Blocos cerâmicos vazados com paredes vazadas (função estrutural, ABNT NBR 15270-1)	12
	Blocos cerâmicos vazados com paredes maciças (função estrutural, ABNT NBR 15270-1)	14
	Blocos cerâmicos maciços	18
	Blocos de concreto celular autoclavado (Classe C25 – ABNT NBR 13438)	5,5
	Blocos de vidro	9
	Blocos sílico-calcáreos	20
	Lajotas cerâmicas	18
	Porcelanato	23
	Terracota	21

Tabela 1 (continuação)

Material		Peso específico aparente γ_{ap} kN/m ³
3 Argamassas e concretos	Argamassa de cal, cimento e areia	19
	Argamassa de cal	12 a 18 (15)
	Argamassa de cimento e areia	19 a 23 (21)
	Argamassa de gesso	12 a 18 (15)
	Argamassa autonivelante	24
	Concreto simples	24
	Concreto armado	25
NOTA – Os pesos específicos de argamassas e concretos são válidos para o estado endurecido.		
4 Metais	Aço	77 a 78,5 (77,8)
	Alumínio e ligas	28
	Bronze	83 a 85 (84)
	Chumbo	112 a 114 (113)
	Cobre	87 a 89 (88)
	Estanho	74
	Ferro forjado	76
	Ferro fundido	71 a 72,5 (71,8)
Latão	83 a 85 (84)	
Zinco	71 a 72 (71,5)	
5 Madeiras	Madeiras naturais (umidade U = 12 %)	
	Cedro	5
	Pinho	5
	Quarubarana	6
	Louro, Imbuia, Pau-óleo	6,5
	Angelim Araroba, Angelim Pedra, Cafearana, Louro Preto	7
	Branquilha, Casca Grossa, Castelo, Guaiçara, Oiticica Amarela	8
	Guajuvirá, Guatambu, Grápia	8
	Canafistula, Capiúba, Guarapa Roraima, Guaruaia, Mandioqueira	9
	Eucalipto, Tatajuba	10
	Angico, Cabriúva	10
	Champanhe, Ipê, Jatobá, Sucupira	11
	Angelim Ferro, Angelim Pedra Verdadeiro, Catiúba, Maçaranduba	12

Tabela de Pesos específicos de materiais de construção (NBR6120)

Tabela 1 (conclusão)

Material	Peso específico aparente γ_{ap} kN/m ³	
5 Madeiras	Coníferas – classificação ABNT NBR 7190	
	Madeira maciça classe resistência C20	5
	Madeira maciça classe resistência C25	5,5
	Madeira maciça classe resistência C30	6
	NOTA Umidade U = 12 %	
	Dicotiledôneas – classificação ABNT NBR 7190	
	Madeira maciça classe resistência C20	6,5
	Madeira maciça classe resistência C30	8
	Madeira maciça classe resistência C40	9,5
	Madeira maciça classe resistência C60	10
	NOTA Umidade U = 12 %	
	Madeira laminada colada	
	Compensado de resinosas	5
	Compensado de painéis lamelados (<i>laminboard</i> e <i>blockboard</i>)	4,5
	Aglomerados de partículas	
	ligados por resinas sintéticas	7 a 8 (7,5)
	ligados por cimento	12
OSB e produtos similares (<i>flakeboard</i> e <i>waferboard</i>)	7	
Aglomerados de fibras		
duro (<i>hardboard</i>), corrente e temperado	10	
de média densidade (MDF)	8	
brando (<i>softboard</i>)	4	

Peso Próprio de Alvenarias e divisórias (NBR6120)

Tabela 2 – Alvenarias

Alvenaria	Espessura nominal do elemento cm	Peso - Espessura de revestimento por face kN/m ²		
		0 cm	1 cm	2 cm
ALVENARIA ESTRUTURAL				
Bloco de concreto vazado (Classes A e B – ABNT NBR 6136)	14	2,0	2,3	2,7
	19	2,7	3,0	3,4
Bloco cerâmico vazado com paredes maciças (Furo vertical - ABNT NBR 15270-1)	14	2,0	2,3	2,7
Bloco cerâmico vazado com paredes vazadas (Furo vertical - ABNT NBR 15270-1)	9	1,1	1,5	1,9
	11,5	1,4	1,8	2,2
	14	1,7	2,1	2,5
	19	2,3	2,7	3,1
Tijolo cerâmico maciço (ABNT NBR 15270-1)	9	1,6	2,0	2,4
	11,5	2,1	2,5	2,9
	14	2,5	2,9	3,3
	19	3,4	3,8	4,2
Bloco sílico-calcário vazado (Classe E - ABNT NBR 14974-1)	9	1,1	1,5	1,9
	14	1,5	1,9	2,3
	19	1,9	2,3	2,7
Bloco sílico-calcário perfurado (Classes E, F e G - ABNT NBR 14974-1)	11,5	1,9	2,3	2,7
	14	2,1	2,5	2,9
	17,5	2,8	3,2	3,6
ALVENARIA DE VEDAÇÃO				
Bloco de concreto vazado (Classe C – ABNT NBR 6136)	6,5	1,0	1,4	1,8
	9	1,1	1,5	1,9
	11,5	1,3	1,7	2,1
	14	1,4	1,8	2,2
	19	1,8	2,2	2,6
Bloco cerâmico vazado (Furo horizontal - ABNT NBR 15270-1)	9	0,7	1,1	1,6
	11,5	0,9	1,3	1,7
	14	1,1	1,5	1,9
	19	1,4	1,8	2,3
Bloco de concreto celular autoclavado (Classe C25 – ABNT NBR 13438)	7,5	0,5	0,9	1,3
	10	0,6	1,0	1,4
	12,5	0,8	1,2	1,6
	15	0,9	1,3	1,7
	17,5	1,1	1,5	1,9
	20	1,2	1,6	2,0
Bloco de vidro (decorativo, sem resistência ao fogo)	8	0,8	–	–
NOTA Na composição de pesos de alvenarias desta Tabela foi considerado o seguinte: — argamassa de assentamento vertical e horizontal de cal, cimento e areia com 1 cm de espessura e peso específico de 19 kN/m ³ ; — revestimento com peso específico médio de 19 kN/m ³ ; — proporção de um meio bloco para cada três blocos inteiros; — sem preenchimento de vazios (com graute etc.).				

Tabela 3 – Divisórias e caixilhos

Material	Espessura nominal do elemento cm	Peso kN/m ²
Drywall (composição: montantes metálicos, quatro chapas com 12,5 mm de espessura cada e isolamento acústico com lã de rocha ou lã de vidro com 50 mm de espessura)	7 a 30	0,5
Divisórias retráteis (exceto divisórias com vidro)	7 a 12	0,6
Caixilhos, incluindo vidro simples (espessura 4 mm):		
— de alumínio,	—	0,2
— de ferro,	—	0,3
— que vão de piso a piso, com $h \leq 4,0$ m	—	0,5
Fachadas com pele de vidro, fachadas unitizadas	Validar conforme o caso	

Telhas, telhados, forros e Sprinklers (NBR6120)

Tabela 5 – Telhas

Material	Peso na superfície inclinada kN/m ²
Telha cerâmica em geral (exceto tipo germânica e colonial)	0,45
Telha cerâmica tipo germânica ou colonial	0,60
Telha de fibrocimento ondulada com espessura 4 mm	0,14
Telha de fibrocimento ondulada com espessura 5 mm	0,16
Telha de fibrocimento ondulada com espessura 6 mm	0,18
Telha de fibrocimento ondulada com espessura 8 mm	0,24
Telha de fibrocimento modulada com espessura 8 mm	0,26
Telha de fibrocimento tipo canaleta com espessura 8 mm	0,25
Telha de alumínio com espessura 0,6 mm	0,025
Telha de alumínio com espessura 0,8 mm	0,035
Telha plástica em geral (exceto tipo colonial)	0,05
Telha plástica tipo colonial	0,15
Telha de aço ondulada ou trapezoidal com espessura 0,5 mm	0,06
Telha de aço ondulada ou trapezoidal com espessura 0,8 mm	0,10
Telha de aço ondulada ou trapezoidal com espessura 1,25 mm	0,14
Telha de vidro	0,45

NOTA Peso por metro quadrado de telhas, na superfície inclinada, incluindo a superposição, elementos de fixação e absorção de água.

Tabela 6 – Telhados

Composição	Peso na superfície horizontal kN/m ²
Com telhas cerâmicas em geral (exceto tipo germânica e colonial) e estrutura de madeira com inclinação ≤ 40 %	0,7
Com telhas cerâmicas (tipo germânica e colonial) e estrutura de madeira com inclinação ≤ 40 %.	0,85
Com telhas de fibrocimento onduladas (com espessura até 5 mm) e estrutura de madeira	0,4
Com telhas de alumínio (com espessura até 0,8 mm) e estrutura metálica de aço	0,3
Com telhas de alumínio (com espessura até 0,8 mm) e estrutura metálica de alumínio	0,2
Com telhas de fibrocimento tipo canaleta (com espessura 8 mm) e estrutura de madeira	0,35

NOTA Peso por metro quadrado de telhado, na superfície horizontal, incluindo a estrutura de suporte (tesouras, terças, caibros e ripas).

Tabela 8 – Forros, dutos e sprinkler

Material	Peso kN/m ²
Forro de fibra mineral, inclui estrutura de suporte	0,10
Forro de gesso acartonado, inclui estrutura de suporte	0,25
Forro de gesso em placas, inclui estrutura de suporte	0,15
Forro de PVC, inclui estrutura de suporte	0,10
Forro de placas de alumínio, inclui estrutura de suporte	0,10
Dutos de ventilação, sem isolamento térmico	0,20
Dutos de ar-condicionado, com isolamento térmico	0,30
Rede de distribuição de chuveiros automáticos (<i>sprinkler</i>) com diâmetro nominal de até 65 mm	0,10
Rede de distribuição de chuveiros automáticos (<i>sprinkler</i>) com diâmetro nominal de até 80 mm	0,15

Tubos de aço com água (NBR6120)

Tabela 9 – Tubos de aço cheios d'água (continua)

Diâmetro nominal mm	Peso do tubo cheio d'água N/m		
	Schedule 10	Schedule 20	Schedule 40
6	3,1	–	4,0
8	5,4	–	6,8
10	7,1	–	9,2
15	11,8	–	14,5
20	15,9	–	20,0
25	25,8	–	29,9
32	34,9	–	41,9
40	43,7	–	53,1
50	58,9	–	74,0
65	85,8	–	119,5
80	114,9	–	163,2
90	137,7	–	199,3

Tabela 9 (conclusão)

Diâmetro nominal mm	Peso do tubo cheio d'água N/m		
	Schedule 10	Schedule 20	Schedule 40
100	162,2	–	239,2
125	238,3	–	340,4
150	315,0	–	459,3
200	513,9	647,3	739,7
250	768,7	908,4	1 093,8
300	1 066,7	1 204,0	1 503,9
350	1 509,0	1 641,1	1 907,6

NOTA 1 Diâmetros e pesos conforme a ABNT NBR 5590.
 NOTA 2 Para tubos com bitolas maiores que 350 mm, analisar conforme o caso.
 NOTA 3 1 kgf = 10 N.

Preenchimentos(NBR6120)

Tabela 7 – Enchimentos

Material	Peso específico aparente γ_{ap} kN/m ³
Entulho de obra, calça	15
Blocos de concreto celular autoclavado	5,5
Argila expandida	5 a 7 (6)
Concreto leve (com argila expandida)	17 a 19 (18)
Solo	16 a 20 (18)
Poliestireno expandido (EPS) de alta densidade	0,3

Revestimentos de pisos e impermeabilizações(NBR6120)

Tabela 4 – Revestimentos de pisos e impermeabilizações

Material	Espessura cm	Peso kN/m ²
Impermeabilização com manta asfáltica simples (apenas manta com 15 % de sobreposição e pintura asfáltica, sem camada de regularização nem proteção mecânica)	0,3	0,08
	0,4	0,10
	0,5	0,11
Piso elevado interno com placas de aço, sem revestimento (até 30 cm de altura)	–	0,5
Piso elevado interno com placas de polipropileno, sem revestimento (até 30 cm de altura)	–	0,15
Revestimentos de pisos de edifícios residenciais e comerciais ($\gamma_{ap-m} = 20 \text{ kN/m}^3$)	5	1,0
	7	1,4
Revestimentos de pisos de edifícios industriais ($\gamma_{ap-m} = 34 \text{ kN/m}^3$)	5	1,7
	7	2,4
Impermeabilizações em coberturas com manta asfáltica e proteção mecânica, sem revestimento ($\gamma_{ap-m} = 18 \text{ kN/m}^3$)	10	1,8
	15	2,7

NOTA Calcular caso a caso, considerando a espessura dos componentes do revestimento de pisos e seus respectivos pesos específicos. Na falta de informações mais precisas, podem ser considerados os pesos específicos médios indicados.

Tabela de Sobrecargas (NBR6120)

Tabela 10 – Valores característicos nominais das cargas variáveis (continua)

Local		Carga uniformemente distribuída kN/m ²	Carga concentrada kN
Aeroportos ^a	Áreas de acesso público, circulações, sanitários	5	–
	Lojas, <i>duty free</i>	5	–
	Controle de passaportes, segurança, raios X	5	–
	Restituição de bagagens (não inclui o peso próprio dos equipamentos)	5	–
	Áreas administrativas	5	–
	Manipulação de bagagens (não inclui o peso próprio dos equipamentos)	10	–
	Áreas sujeitas ao tráfego de veículos (ver 6.6)		
	Arquibancadas e tribunas ^{a, b}	Com assentos fixos Com assentos móveis	4 5
Áreas técnicas ^{a, c} As cargas devem ser validadas caso a caso, porém com os valores mínimos indicados nesta Tabela.	Barrilete	1,5	^d
	Áreas técnicas em geral (fora da projeção dos equipamentos), exceto barrilete	3	–
	Sala de ventiladores, pressurização, exaustores	3	–
	Sala de ar-condicionado (<i>fan coil</i>)	4	–
	Sala de painéis elétricos de baixa tensão	4	–
	Sala de gerador e transformador (com leiaute)	3	–
	Sala de gerador e transformador (sem leiaute)	10	–
	Sala de <i>no-breaks</i>	7,5	–
	Sala de baterias	10	–
	CPD (centro de processamento de dados)	5	–
	Casa de máquinas de elevador de passageiros ($v \leq 1,0$ m/s)	30 ^{e, f}	^g
	Casa de máquinas de elevador de passageiros ($v > 1,0$ m/s)	50 ^{e, f}	^g
	Poço de elevador de passageiros	50 ^f	–
Poço de plataforma de elevação motorizada para pessoas com mobilidade reduzida	2,5 ^h	–	

Tabela 10 (continuação)

Local		Carga uniformemente distribuída kN/m ²	Carga concentrada kN
Balcões, sacadas, varandas e terraços ^{i, j}	Residencial	2,5	–
	Comercial, corporativos e escritórios Com acesso público (hotéis, hospitais, escolas, teatros etc.)	3 4	– –
Bancos, agências bancárias, instituições financeiras ^a	Escritórios	2,5	–
	Sanitários	2	–
	Salas de diretoria e de gerência	2,5	–
	Cofre (validar caso a caso, respeitando o valor mínimo indicado nesta Tabela)	30	–
	Agência (área de atendimento ao público)	3	–
	Regiões de arquivos deslizantes	5	–
	Região de terminais de autoatendimento, caixas eletrônicas	12	^k
Bibliotecas ^a	Áreas técnicas (ver item Áreas Técnicas nesta Tabela)		
	Centro de processamento de dados (ver Áreas técnicas)		
	Sala de leitura (sem estantes)	3	–
	Sala de leitura (com estantes)	4	–
	Sala com estantes de livros ^l	6 kN/m ² para estantes até 2,2 m de altura + 2 kN/m ² por metro de altura de estante que ultrapassar 2,2 m	–
	Regiões de arquivos deslizantes	5	–
	Salas administrativas	2,5	–
	Sanitários	2	–
	Corredores	3	–
	Centros de convenções e locais de reunião de pessoas ^a , teatros ^a , igrejas ^a	Plataforma com assentos fixos	4
Plataforma com assentos móveis		5	–
Sanitários		2	–
Acessos, corredores		5	–
Plataformas (assembleia)		5	–
Palco (área de apresentação)		5	–

Tabela de Sobrecargas (NBR6120)

Tabela 10 (continuação)

Local		Carga uniformemente distribuída kN/m ²	Carga concentrada kN
Centros de exposição ^a As cargas devem ser validadas caso a caso, porém com os valores mínimos indicados nesta Tabela.	Acesso exclusivo de pessoas	5	–
	Área de estandes de exposição	10 ^m	–
	Área de exposição de veículos e equipamentos	30 ^m	–
Cinemas ^a (não inclui cinemas de <i>shopping centers</i>)	Plateia com assentos fixos	4	–
	Sanitários	2	–
	Acessos, corredores	4	–
Clubes ^a	Refeitórios	3	–
	Sala de assembleia com assentos fixos	4	–
	Sala de assembleia com assentos móveis	5	–
	Academia	5	–
	Salão de esportes	5	–
	Salão de danças	5	–
	Salão de bilhar, sala de jogos	3	–
	Pista de boliche	4	–
	Sanitários, vestiários	2	–
	Cozinhas	3	–
	Depósitos	5	–
	Salas administrativas	2,5	–
	Corredores	3	–
Quadras esportivas	5	–	
Lavanderias (ver item nesta Tabela)			
Coberturas ^{a-g,n,o} Cargas para estruturas de concreto armado, mistas de aço e concreto e alvenaria estrutural. Outras coberturas: ver 6.4	Com acesso apenas para manutenção ou inspeção	1	^g
	Com placas de aquecimento solar ou fotovoltaicas	1,5	^g
	Outros usos: conforme o item pertinente desta Tabela.		

Tabela 10 (continuação)

Local		Carga uniformemente distribuída kN/m ²	Carga concentrada kN
Cozinhas não residenciais ^a	Validar caso a caso, respeitando o valor mínimo indicado nesta Tabela	3	–
	Câmara fria	5	–
Depósitos de uso geral ^a As cargas devem ser validadas caso a caso, porém com os valores mínimos indicados nesta Tabela.	Validar caso a caso, respeitando o valor mínimo indicado nesta Tabela	7,5 kN/m ² até 2,5 m de altura de estoque + 3 kN/m ² por metro de altura de estoque excedente ^P	^q
	Locais sujeitos ao acúmulo de mercadorias, incluindo zonas de acesso Materiais de armazenagem (ver 6.9) Supermercados (ver item nesta Tabela)	7,5	^q
Edifícios residenciais	Dormitórios	1,5	–
	Sala, copa, cozinha	1,5	–
	Sanitários	1,5	–
	Despensa, área de serviço e lavanderia	2	–
	Quadras esportivas	5 ^a	–
	Salão de festas, salão de jogos	3 ^a	–
	Áreas de uso comum	3 ^a	–
	Academia	3 ^a	–
	Ferro acessíveis apenas para manutenção e sem estoque de materiais	0,1 ^{a,r}	–
	Sótão	2 ^a	–
	Corredores dentro de unidades autônomas	1,5	–
	Corredores de uso comum	3	–
	Depósitos	3	–
Áreas técnicas (ver item nesta Tabela)			
Jardins (ver item nesta Tabela)			

Tabela de Sobrecargas (NBR6120)

Tabela 10 (continuação)

Local		Carga uniformemente distribuída kN/m ²	Carga concentrada kN
Edifícios comerciais, corporativos e de escritórios	Salas de uso geral e sanitários	2,5	–
	Regiões de arquivos deslizantes	5	–
	Call center	3	–
	Corredores dentro de unidades autônomas	2,5	–
	Corredores de uso comum	3	–
	Áreas técnicas (ver item nesta Tabela)		
	Jardins (ver item nesta Tabela)		
Edificações industriais ^{a,5} As cargas devem ser validadas caso a caso, porém com os valores mínimos indicados nesta Tabela.	Áreas de produção, processos, manufatura etc.	(ver 6.8)	(ver 6.8)
	Refeitórios	3	–
	Sanitários, vestiários	2	–
	Cozinhas	3	–
	Salas administrativas	2,5	–
	Corredores	3	–
	Áreas técnicas (ver item nesta Tabela)		
Escadas e passarelas ^t	Hospitais	3	–
	Residenciais, hotéis (dentro de unidades autônomas)	2,5	–
	Residenciais, hotéis (uso comum)	3	–
	Edifícios comerciais, clubes, escritórios, bibliotecas	3	–
	Centros de exposição	5	–
	Centros de convenções e locais de reunião de pessoas, teatros, igrejas	5	–
	Escolas	3	–
	Cinemas, centros comerciais, <i>shopping centers</i>	4	–
	Servindo arquibancadas	5	–
	Com acesso público	3	–
	Sem acesso público	2,5	–

Tabela 10 (continuação)

Local		Carga uniformemente distribuída kN/m ²	Carga concentrada kN
Escolas, instituições de ensino ^a	Auditório com assentos fixos	4	–
	Auditório com assentos móveis	5	–
	Corredor	3	–
	Sala de aula	3	–
	Salas administrativas	2,5	–
	Dormitórios	2,5	–
	Cafés, restaurantes	3	–
	Salão de esportes, academia	5	–
	Salão de danças	5	–
	Sanitários, vestiários	2	–
	Cozinhas	3	–
	Dépósitos	5	–
	Laboratórios	3	–
	Regiões de arquivos deslizantes	5	–
Quadras esportivas	5	–	
Biblioteca (ver item nesta Tabela)			
Áreas técnicas (ver item nesta Tabela)			
Estações de passageiros ^a	Acessos, escadas, corredores e plataformas (estações de trens, metrô, ônibus, portos)	5	9
	Aeroportos (ver item nesta Tabela)		
	Áreas sujeitas ao tráfego de veículos (ver 6.6)		
Forros	Acessíveis apenas para manutenção e sem estoque de materiais	0,1 ^{a,r}	–
Garagens, estacionamentos ^a	Ver 6.6.1	–	–
Ginásios de esportes ^a		5	–
Helipontos ^a	Ver 6.7	–	–

Tabela de Sobrecargas (NBR6120)

Tabela 10 (continuação)

Local		Carga uniformemente distribuída kN/m ²	Carga concentrada kN
Hospitais As cargas devem ser validadas caso a caso, porém com os valores mínimos indicados nesta Tabela.	Dormitórios, enfermaria, sala de recuperação, sanitários	2	—
	Sala de raios X, sala de cirurgia	3 ^a	—
	Laboratório	3 ^a	—
	Corredores	3	—
	Sala de refeições, café, restaurante	3 ^a	—
	Depósitos	20 kN/m ² até 3 m de altura de estoque + 5 kN/m ² por metro de altura de estoque excedente ^{a,P}	—
	Salas administrativas Áreas técnicas (ver item nesta Tabela)	2,5	—
Hotéis	Dormitórios	1,5	—
	Sanitários dentro de unidades autônomas	1,5	—
	Demais sanitários, vestiários	2	—
	Salão de esportes, academia	5 ^a	—
	Salão de festas, salão de jogos	3 ^a	—
	Áreas de uso comum	3 ^a	—
	Corredores de unidades autônomas	1,5	—
	Corredores de uso comum	3	—
	Restaurante	3 ^a	—
	Sala de assembleia com assentos fixos	4 ^a	—
	Sala de assembleia com assentos móveis	5 ^a	—
	Cozinhas	3 ^a	—
	Depósitos	5 ^a	—
	Salas administrativas Áreas técnicas (ver item nesta Tabela) Lavanderias (ver item nesta Tabela)	2,5	—
Instituições penais ^a	Celas	3	—
	Corredores	3	—
	Sanitários	2	—
	Salas administrativas	2,5	—
Jardins ^{a,u}	Com possibilidade de acesso de pessoas	3	—
	Sem possibilidade de acesso de pessoas (somente acesso de manutenção)	1	—

Tabela 10 (continuação)

Local		Carga uniformemente distribuída kN/m ²	Carga concentrada kN
Laboratórios ^a	Incluindo equipamentos. Validar caso a caso, respeitando o valor mínimo indicado nesta Tabela	3	—
Lavanderias não residenciais ^a	Incluindo equipamentos. Validar caso a caso, respeitando o valor mínimo indicado nesta Tabela	3	—
Lojas ^a , centros comerciais ^a , shopping centers ^a	Circulações e lojas em geral	4	—
	Lojas com mezanino metálico (inclui o peso próprio do mezanino e sua carga de uso)	7,5	20 ^v
	Mezanino metálico (apenas carga de uso)	2	—
	Praça de alimentação - área de público	5	—
	Praça de alimentação - área de cozinhas e serviços	7,5	—
	Cinema e teatro (apenas carga de uso, plateia com assentos fixos)	4	—
	Cinema e teatro (acessos e corredores)	4	—
	Cinema e teatro (piso que o suporta)	12,5 ^w	50 ^v
	Sanitários	2	—
	Depósitos	5	—
Museus ^a , galerias de arte ^a	Salas administrativas	2,5	—
	Região de terminais de autoatendimento, caixas eletrônicos	12	k
	Supermercados (ver item nesta Tabela)	—	—
	Áreas técnicas (ver item nesta Tabela)	—	—
	Áreas de exposição	3	—
As cargas devem ser validadas caso a caso, porém com os valores mínimos indicados nesta Tabela.	Sanitários	2	—
	Depósitos	5	—
	Salas administrativas	2,5	—
	Acessos, corredores	5	—
Restaurantes ^a	Salão	3	—
	Sanitários	2	—
	Depósitos	5	—
	Salas administrativas	2,5	—
	Cozinha (ver item nesta Tabela)	—	—

Tabela de Sobrecargas (NBR6120)

Tabela 10 (continuação)

Local	Carga uniformemente distribuída kN/m ²	Carga concentrada kN	
Supermercados ^{a,y}	Salão de vendas com gôndolas, balcões com ou sem refrigeração	8	q
	Salão de vendas com porta-paletes	20 kN/m ² até 3 m de altura de estoque + 3 kN/m ² por metro de altura de estoque excedente ^P	q,z
	Depósitos (com ou sem porta-paletes)	20 kN/m ² até 3 m de altura de estoque + 5 kN/m ² por metro de altura de estoque excedente ^P	q,z
	Padaria, açougue, peixaria, frios e demais áreas de manipulação de alimentos	8	q
	Área de caixas (<i>check outs</i>)	4	q
	Sanitários	2	—
	Salas administrativas	2,5	—
	Região de terminais de autoatendimento, caixas eletrônicos	12	k
	Salas-cofre, salas-forte	10 ^x	—
	Áreas técnicas (ver item nesta Tabela)		
Vestibulos (acessos) ^a	Residenciais, hotéis, hospitais (uso comum)	3	—
	Edifícios comerciais, corporativos e de escritórios	3	—
	Clubes, escolas, bibliotecas	3	—
	Centros de convenções e locais de reunião de pessoas, teatros, igrejas	5	—
	Cinemas, centros comerciais, <i>shopping centers</i>	4	—
	Servindo arquibancadas	5	—
	Sem acesso público	1,5	—
	Com acesso público	3	—

^a Redução de cargas variáveis não permitida.

^b Deve-se considerar forças horizontais conforme 6.3. Devem ser verificados os efeitos dinâmicos.

Tabela 10 (continuação)

<p>^c Deve-se verificar o trajeto dos equipamentos até o local definitivo, para instalação ou manutenção. A carga móvel correspondente ao equipamento e veículo de transporte podem ser consideradas como especiais, conforme a ABNT NBR 8681. Deve ser avaliada a possibilidade de movimentação dos equipamentos e seus componentes dentro da área técnica. Caso se disponha do leiaute dos equipamentos, é possível substituir a carga distribuída indicada pela carga máxima em operação dos equipamentos e suas bases, juntamente com a carga uniformemente distribuída indicada fora da projeção dos equipamentos. Para elevadores sem casa de máquinas, deve-se considerar o peso máximo em operação dos equipamentos atuando nos seus pontos de apoio, conforme o projeto do elevador.</p> <p>^d Prever cargas devido a tanques, reservatórios, bombas etc. (com suas respectivas bases), distribuídas na área da projeção desses itens.</p> <p>^e Carga na projeção do poço do elevador.</p> <p>^f As forças impostas pelo motor, guias, para-choques, polias etc., a serem fornecidas pelo fabricante do elevador de passageiros, devem ser calculadas conforme a ABNT NBR NM 207.</p> <p>^g Para o teto da casa de máquinas de elevadores, verificar a necessidade de prever cargas concentradas variáveis para os ganchos de suspensão dos equipamentos (mínimo 40 kN por gancho).</p> <p>^h Carga variável, não inclui o peso próprio da plataforma elevatória.</p> <p>ⁱ Conforme o caso, deve-se prever cargas adicionais devido a mudanças futuras, por exemplo: fechamento com vidro, nivelamento do piso, mudança de uso etc.</p> <p>^j Nas bordas de balcões, varandas, sacadas e terraços com guarda-corpo, prever carga variável de 2 kN/m, além do peso próprio do guarda-corpo. Considerar também forças horizontais variáveis conforme 6.3.</p> <p>^k Deve-se verificar a ação dos equipamentos como carga concentrada, representada por uma carga uniformemente distribuída de 18,5 kN/m² apenas na projeção dos equipamentos (0,9 m × 0,6 m).</p> <p>^l A carga se aplica a salas de estantes com dupla face, não móveis e: a) profundidade máxima de 30 cm em cada face; b) linhas paralelas de estantes separadas por corredor com no mínimo 90 cm de largura.</p> <p>^m Carga característica nominal mínima, devendo ser aumentada conforme a expectativa de peso dos itens a serem expostos e eventual tráfego de veículos.</p> <p>ⁿ Incluir tampas de reservatórios de concreto armado no topo de edifícios.</p> <p>^o Verificar possibilidade de acúmulo de água, conforme 5.5.</p> <p>^p Altura de estoque corresponde ao pé-direito máximo disponível para empilhamento de produtos. Pode ser limitado por forros ou outros dispositivos que impeçam o empilhamento de produtos além da altura prevista.</p> <p>^q Pode ser necessária verificação específica para ações de equipamentos especiais, conforme o caso. Havendo possibilidade de tráfego de empilhadeiras ou similares, a estrutura deve ser verificada conforme 6.6.2.</p> <p>^r Para forros inacessíveis e sem possibilidade de estoque de materiais, não é necessário considerar cargas variáveis devido ao uso.</p> <p>^s Devido à grande variabilidade de cargas em edificações industriais, é imprescindível validar as cargas efetivas que atuam sobre a estrutura, segundo os usos das áreas específicas.</p> <p>^t Nas escadas com trechos em balanço ou biapoiados, calcular o degrau com carga concentrada de 2,5 kN aplicada na posição mais desfavorável. A verificação com carga concentrada deve ser feita separadamente, sem consideração simultânea da carga variável uniformemente distribuída. Passarelas não inseridas nas edificações não fazem parte do escopo desta Norma, devendo-se consultar a ABNT NBR 7188.</p> <p>^u Para cargas de uso, além das cargas permanentes (impermeabilização, solo e plantio). Deve ser previsto sistema de drenagem adequado.</p> <p>^v Pode-se considerar a carga concentrada aplicada em uma área de 20 cm × 20 cm ($Q_k \leq 20$ kN) ou 30 cm × 30 cm ($Q_k > 20$ kN). O valor da carga concentrada pode ser alterado conforme o caso.</p> <p>^w Incluir carga de uso, estrutura da arquibancada e outros usos sob a arquibancada. Validar conforme o projeto e expectativas de utilização.</p> <p>^x Caso as salas-forte ou salas-cofre estejam detalhadas em projeto (incluindo as espessuras de piso, teto e paredes), a carga variável devido ao uso pode ser adotada como 2,5 kN/m².</p>

Tabela de Sobrecargas (NBR6120)

Tabela 10 (conclusão)

- ^y Para supermercados e hipermercados com salões de vendas com gôndolas e balcões com ou sem refrigeração, supõe-se a venda de produtos alimentícios e outros produtos típicos desses locais. Lojas de equipamentos pesados, materiais de construção (*home centers*) etc. devem ter as cargas de projeto definidas caso a caso.
- ^z Considera-se a utilização de paletes médios (carga de utilização de 8 kN a 12 kN, com valor médio de 10 kN) e dimensões em planta de 1,00 m × 1,20 m, conforme a ABNT NBR 8334. Para estruturas sujeitas ao uso de paletes pesados (carga de utilização superior a 12 kN), deve ser realizado estudo específico. As cargas desta Norma não se aplicam ao projeto de porta-paletes e afins, que devem ser projetados conforme critérios específicos. Devem ser verificados os efeitos das reações de apoio dos porta-paletes (forças e momentos concentrados, se houver).

Tabela de Sobrecargas (NBR6120)

Quando forem previstas paredes divisórias sem posição definida em projeto, sobre estruturas com adequada capacidade de distribuição dos esforços solicitantes, pode-se considerar, além dos demais carregamentos, uma carga uniformemente distribuída adicional conforme a Tabela 11. A consideração dessa carga adicional pode ser dispensada para pavimentos cuja carga variável de projeto seja maior ou igual a $4,0 \text{ kN/m}^2$, exceto para paredes divisórias com peso próprio da parede acabada superior a $3,0 \text{ kN/m}$.

Tabela 11 – Cargas variáveis adicionais para consideração de paredes divisórias sem posição definida em projeto

Peso próprio (p.p.) da parede acabada kN/m	Carga adicional kN/m ²
p.p. $\leq 1,0$	0,5
$1,0 < \text{p.p.} \leq 2,0$	0,75
$2,0 < \text{p.p.} \leq 3,0$	1,0
p.p. $> 3,0$	Não permitido

Para paredes divisórias com peso próprio da parede acabada superior a $3,0 \text{ kN/m}$, a respectiva carga linear deve ser considerada como permanente, segundo a posição de projeto.

Exercícios Resolvidos

1 – Determinar as cargas solicitantes de projeto (S_d), expressas em kN/m^2 sobre um mezanino de uma loja de shopping, montada em estruturas de aço com peso próprio estimado em 30kg/m^2 , com piso de laje de concreto de vigotas e blocos cerâmicos H12, contrapiso de regularização de 3cm e piso de porcelanato espessura 1cm.

Passo 1- determinar as cargas Permanentes isoladamente.

Peso da laje de concreto (G.laje): consulta-se a tabela a seguir

Laje concretada			
LT	Tipo	Capa cerâmica	Peso
11	Laje H8	H6	185 Kg/m^2
12	Laje H10	H7	203 Kg/m^2
15	Laje H12	H10	237 Kg/m^2
20	Laje H16	H16	283 Kg/m^2
25	Laje H20	H20	354 Kg/m^2
30	Laje H25	H24	424 Kg/m^2

Valores aproximados.

$$G.laje = \frac{237\text{kg}}{\text{m}^2}$$

Divide-se por 100 para
Transformar em kN/m^2

$$\mathbf{G.Laje = 2,37\text{kN/m}^2}$$

Exercícios Resolvidos

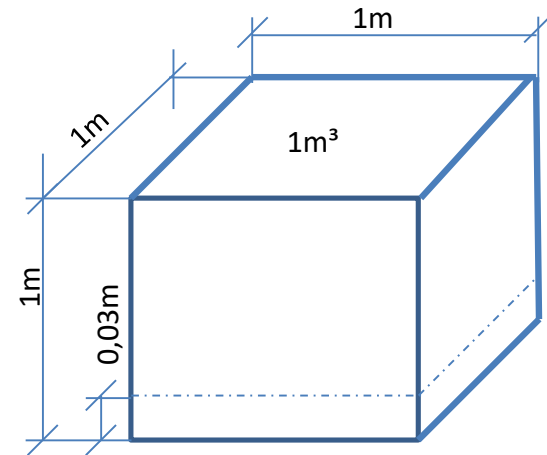
1 – Determinar as cargas solicitantes de projeto (S_d), expressas em kN/m^2 de um mezanino de uma loja de shopping, montada em estruturas de aço com peso próprio estimado em 30kg/m^2 , com piso de ~~laje de concreto de vigotas e blocos cerâmicos H12~~, contrapiso de regularização de 3cm e piso de porcelanato espessura 1cm.

Passo 1- determinar as cargas Permanentes isoladamente.

Peso do contrapiso de regularização: (P.Cp) Argamassa de contrapisos é feita com uma argamassa de cimento e areia, cuja densidade é 21kN/m^3

Como nosso objetivo é descobrir o peso para cada 1m^2 , basta multiplicar o peso de 1m^3 pela espessura da capa de concreto em metros

Portanto $P.Cp = 21\text{kN/m}^3 \times 0,03\text{m} = 0,63 \text{ kN/m}^2$



Exercícios Resolvidos

1 – Determinar as cargas solicitantes de projeto (Sd), expressas em kN/m^2 de um mezanino de uma loja de shopping, montada em estruturas de aço com peso próprio estimado em 30kg/m^2 , com piso de ~~laje de concreto de vigotas e blocos cerâmicos H12~~, ~~contrapiso de regularização de 3cm~~ e piso de porcelanato espessura 1cm.

O fabricante nos fornece o peso líquido por Udm (Unidade de medida, que no caso é m^2)

Passo 1- determinar as cargas Permanentes isoladamente.

$$P. Por = 21,93\text{kg/m}^2 = 0,2193\text{kN/m}^2$$

Peso do Porcelanato: (P.Por) Consulta ao site do fabricante Portobello, obtêm-se as informações:

Informações da Embalagem

Unidade de Medida	M2	Peça/pallet mi	60
M2/caixa	1.610	Peça/pallet me	0
Peça/caixa	2	Caixa/pallet mi	30
Peso líquido/Udm	21.930	Caixa/pallet me	0
Peso bruto/Udm	22.360		
M2/pallet mi	48.300		
M2/pallet me	0.000		

Exercícios Resolvidos

1 – Determinar as cargas solicitantes de projeto (S_d), expressas em kN/m^2 de um mezanino de uma loja de shopping, montada em estruturas de aço com peso próprio estimado em 30kg/m^2 , com piso de ~~laje de concreto de vigotas e blocos cerâmicos H12, contrapiso de regularização de 3cm e piso de porcelanato espessura 1cm.~~

Passo 1- determinar as cargas Permanentes isoladamente.

Peso Próprio da estrutura: Conversão direta de kg/m^2 para kN/m^2

$$P.\text{Est} = 30\text{kg/m}^2 = 0,30\text{kN/m}^2$$

Exercícios Resolvidos

1 – Determinar as cargas solicitantes de projeto (S_d), expressas em kN/m^2 de um mezanino de uma loja de shopping, montada em estruturas de aço com ~~peso próprio estimado em 30kg/m^2~~ , com piso de ~~laje de concreto de vigotas e blocos cerâmicos H12~~, ~~contrapiso de regularização de 3cm~~ e ~~piso de porcelanato espessura 1cm~~.

Passo 2- determinar as cargas variáveis.

De acordo com a NBR6120, a sobrecarga de projeto que deve ser adotada em lojas é 2kN/m^2 no mezanino e 4kN/m^2 nas áreas de circulação geral.

Portanto $SC = 2\text{kN/m}^2$

Exercícios Resolvidos

1 – Determinar as cargas solicitantes de projeto (S_d), expressas em kN/m^2 de um mezanino de ~~uma loja de shopping~~, montada em estruturas de aço com ~~peso próprio estimado em 30kg/m^2~~ , com piso de ~~laje de concreto de vigotas e blocos cerâmicos H12~~, ~~contrapiso de regularização de 3cm~~ e ~~piso de porcelanato espessura 1cm~~.

Passo 3- Definir as solicitações para os Estados Limites de Serviço (E.L.S)

		E.L.S
<p>Soma das cargas permanentes</p>	<p>Soma das cargas Variáveis</p>	<p>Combinações:</p>
<p>P.Laje = $2,37\text{kN/m}^2$ P.Cp = $0,63\text{ kN/m}^2$ P.Por = $0,22\text{ kN/m}^2$ P.Est = $0,30\text{ kN/m}^2$ ----- Fg = $3,52\text{ kN/m}^2$</p>	<p>Fq = 2kN/m^2</p>	<p>a) PP+SC b) PP+VENTO c) PP+SC+VENTO</p>
	<p>$S_d = PP + SC = 3,52 + 2,0 = 5,52\text{kN/m}^2$</p>	
	<p>Usaremos essa carga para calcular as flechas (E.L.S)</p>	

Exercícios Resolvidos

1 – Determinar as cargas solicitantes de projeto (S_d), expressas em kN/m^2 de um mezanino de ~~uma loja de shopping~~, montada em estruturas de aço com ~~peso próprio estimado em 30kg/m^2~~ , com piso de ~~laje de concreto de vigotas e blocos cerâmicos H12~~, ~~contrapiso de regularização de 3cm~~ e ~~piso de porcelanato espessura 1cm~~.

Passo 4- Definir as solicitações para os Estados Limites últimos(E.L.U)

Soma das cargas
permanentes

$$P.Laje = 2,37\text{kN/m}^2 \times 1,35$$

$$P.Cp = 0,63 \text{ kN/m}^2 \times 1,35$$

$$P.Por = 0,22 \text{ kN/m}^2 \times 1,40$$

$$P.Est = 0,30 \text{ kN/m}^2 \times 1,25$$

 $PP = 4,73\text{kN/m}^2$

Soma das cargas
Variáveis

$$SC = 1,5 \times 2\text{kN/m}^2$$

$$SC = 3\text{kN/m}^2$$

E.L.U

Combinações:

a) $1,4 \cdot PP + 1,5 \cdot SC$

b) $PP + 1,4 \cdot \text{VENTO}$

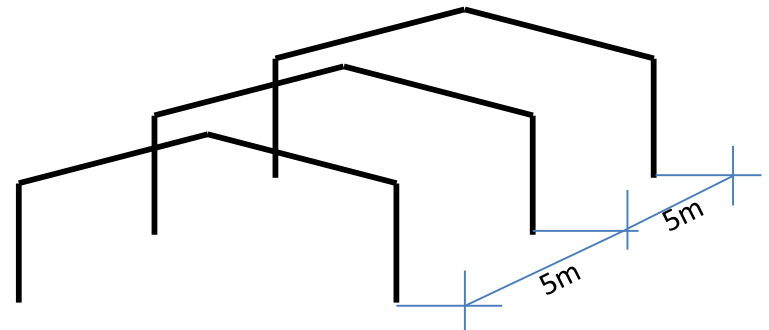
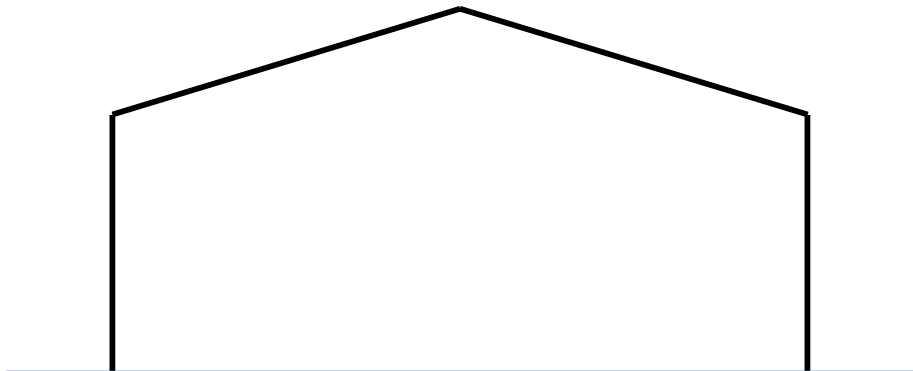
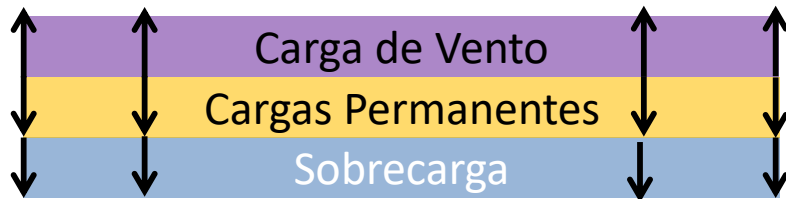
c) $1,4PP + 1,5SC + 0,84\text{VENTO}$

$$S_d = PP + SC = 4,73 + 3 = 7,73\text{kN/m}^2$$

Usaremos essa carga para calcular as resistências das peças
E.L.U

Exercícios Resolvidos

2 – Determinar as cargas distribuídas linearmente, verticais, em um pórtico interno de galpão, cuja inclinação da cobertura é 10%, coberto com telhas simples Trapézio 40 de espessura 0,43mm. A carga de vento distribuída superficialmente é conhecida e tem valor $0,55 \text{ kN/m}^2$ de sucção na cobertura. Não há paredes, e o distanciamento entre pórticos é de 5m. O peso estimado da estrutura da cobertura apoiada sobre o pórtico é 6 kg/m^2 . O peso estimado da viga do pórtico é 32 kg/m .



Exercícios Resolvidos

2 – Determinar as cargas distribuídas linearmente, verticais, em um pórtico interno de galpão, coberto com telhas simples Trapézio 40 de espessura 0,43mm A carga de vento distribuída superficialmente é conhecida e tem valor 0,55 kN/m² de sucção na cobertura. Não há paredes, e o distanciamento entre pórticos é de 5m. O peso estimado da estrutura da cobertura apoiada sobre o pórtico é 6kg/m². O peso estimado da viga do pórtico é 32kg/m

Passo 1: determinar as carga permanentes, distribuídas sobre a superfície isoladamente

$$P.Telhas = 0,0417\text{kN/m}^2$$

TELHA TRAPEZOIDAL 40 - Conforme Norma NBR 14514

Tabela de Cargas Admissíveis (kgf/m²) - Telhas revestidas com Zn

Esp. (mm)	Peso* (kg/m ²)	Peso (kg/ml)	I (cm ⁴ /m)	W (cm ³ /m)	Nº de apoios	Distância entre Apoios (mm)											
						1750		2000		2250		2500		2750		3000	
						F	C	F	C	F	C	F	C	F	C	F	C
0,43	4,17	4,13	10,4898	3,746	2	137	137	105	105	83	74	67	54	56	41	47	31
					3	137	137	105	105	83	83	67	67	56	56	47	47
					4	171	171	131	131	104	104	84	84	69	69	58	58
0,50	4,85	4,80	12,1631	4,344	2	159	159	122	122	96	86	78	63	64	47	54	36
					3	159	159	122	122	96	96	78	78	64	64	54	54
					4	199	199	152	152	120	120	97	97	80	80	68	68
0,65	6,30	6,24	15,7169	5,613	2	205	205	157	157	124	111	100	81	83	61	70	47
					3	205	205	157	157	124	124	100	100	83	83	70	70
					4	256	256	196	196	155	155	126	126	104	104	87	87
0,80	7,76	7,68	19,2278	6,867	2	251	251	192	192	152	136	123	99	102	75	85	58
					3	251	251	192	192	152	152	123	123	102	102	85	85
					4	314	314	240	240	190	190	154	154	127	127	107	107
0,95	9,21	9,12	22,6961	8,106	2	296	296	227	227	179	161	145	117	120	88	101	68
					3	296	296	227	227	179	179	145	145	120	120	101	101
					4	370	370	284	284	224	224	182	182	150	150	126	126
1,25	12,12	12,00	29,5074	10,538	2	385	385	295	295	233	209	189	153	156	114	131	88
					3	385	385	295	295	233	233	189	189	156	156	131	131
					4	482	482	369	369	291	291	236	236	195	195	164	164

* = Incluindo sobreposição (Larg. útil de 980 mm)

F - Fechamento

C - Cobertura

NOTA: A flecha máxima admissível é de 300 mm.

Valores obtidos para cobertura e fechamento obedecendo ao menor valor nos seguintes critérios:

- Flecha máxima L/200 para cobertura e L/125 para fechamento (L - vão entre terças) ou tensão máxima admissível de 1400 kgf/cm².

Exercícios Resolvidos

2 – Determinar as cargas distribuídas linearmente, verticais, em um pórtico interno de galpão, coberto com telhas simples Trapézio 40 de espessura 0,43mm A carga de vento distribuída superficialmente é conhecida e tem valor 0,55 kN/m² de sucção na cobertura. Não há paredes, e o distanciamento entre pórticos é de 5m. O peso estimado da estrutura da cobertura apoiada sobre o pórtico é 6kg/m². O peso estimado da viga do pórtico é 32kg/m

Passo 1: determinar as carga permanentes, distribuídas sobre a superfície isoladamente

P.Cob = Conversão Direta: $6\text{kg/m}^2 = 0,06\text{kN/m}^2$

IMPORTANTE: Por enquanto vamos deixar de lado a carga linear distribuída sobre o pórtico

Exercícios Resolvidos

Passo 2: determinar as carga variáveis distribuídas superficialmente sobre a cobertura:

Sobrecarga de cobertura – Texto específico da Norma NBR6120/2019

As coberturas devem ter no mínimo 1 % de inclinação. Não são recomendadas coberturas com inclinações inferiores a 2 %, devido à maior probabilidade de acúmulo de água, granizo, pó etc. que resultam em cargas adicionais potencialmente perigosas.

As coberturas tensionadas cobertas com elementos flexíveis (tecidos, filmes sintéticos, lonas, telas etc.) devem ser projetadas para suportar uma carga variável uniformemente distribuída de 0,25 kN/m².

As demais coberturas devem ser projetadas para suportar uma carga variável uniformemente distribuída conforme a expressão a seguir:

$$q = 0,50 \times \alpha \quad \text{onde} \quad 0,25 \text{ kN/m}^2 \leq q \leq 0,50 \text{ kN/m}^2$$

$$\alpha = \begin{cases} 1,0 & 1\% < i \leq 2\% \\ 2,0 - 0,5 \times i & 2\% < i < 3\% \\ 0,5 & i \geq 3\% \end{cases}$$

onde

i é a inclinação da cobertura, medida entre a cumeeira e a extremidade mais baixa, expressa em porcentagem (%).

As cargas citadas anteriormente são apresentadas na Figura 2.

Caso a cobertura possua sistema de drenagem suficiente e rigidez adequada que impeçam a ocorrência do fenômeno de empoçamento progressivo, pode-se considerar carga variável uniformemente distribuída de 0,25 kN/m² (independente da inclinação da cobertura, mas respeitando-se o mínimo de 1 %), desde que seja feita a verificação conforme o Anexo D. Coberturas com inclinações maiores ou iguais a 5 % não precisam ser verificadas para esse fenômeno.

Exercícios Resolvidos

2 – Determinar as cargas distribuídas linearmente, verticais, em um pórtico interno de galpão, coberto com telhas simples Trapézio 40 de espessura 0,43mm. A carga de vento distribuída superficialmente é conhecida e tem valor $0,55 \text{ kN/m}^2$ de sucção na cobertura. Não há paredes, e o distanciamento entre pórticos é de 5m. O peso estimado da estrutura da cobertura apoiada sobre o pórtico é 6 kg/m^2 . O peso estimado da viga do pórtico é 32 kg/m .

Passo 2: determinar as carga variáveis distribuídas superficialmente sobre a cobertura:

Sobrecarga de cobertura – Texto específico da Norma NBR8800/08

B.5 Sobrecarga em coberturas

B.5.1 Coberturas comuns

Nas coberturas comuns (telhados), na ausência de especificação mais rigorosa, deve ser prevista uma sobrecarga característica mínima de $0,25 \text{ kN/m}^2$, em projeção horizontal. Admite-se que essa sobrecarga englobe as cargas decorrentes de instalações elétricas e hidráulicas, de isolamentos térmico e acústico e de pequenas peças eventualmente fixadas na cobertura, até um limite superior de $0,05 \text{ kN/m}^2$.

B.5.2 Casos especiais

Em casos especiais, a sobrecarga na cobertura deve ser determinada de acordo com sua finalidade, porém com um valor mínimo igual ao especificado em B.5.1.

Portanto $SC = 0,25 \text{ kN/m}^2$ A CARGA DE VENTO JÁ É CONHECIDA: $CV = 0,55 \text{ kN/m}^2$

Curso de Projeto e Cálculo de Estruturas metálicas

Exercícios Resolvidos

2 – Determinar as cargas distribuídas linearmente, verticais, em um pórtico interno de galpão, coberto com telhas simples Trapézio 40 de espessura 0,43mm A carga de vento distribuída superficialmente é conhecida e tem valor 0,55 kN/m² de sucção na cobertura. Não há paredes, e o distanciamento entre pórticos é de 5m. O peso estimado da estrutura da cobertura apoiada sobre o pórtico é 6kg/m². O peso estimado da viga do pórtico é 32kg/m

Passo 3: Determinar as solicitações para Estados Limites de Serviço

Soma das cargas
permanentes

$$P.\text{telhas} = 0,047\text{kN/m}^2$$

$$P.\text{Cob} = 0,06 \text{ kN/m}^2$$

 $PP \text{ (parcial)} = 0,107\text{kN/m}^2$

PP da viga: 0,32kN/m

Soma das cargas
Variáveis

$$SC = 0,25\text{kN/m}^2$$

$$CV = 0,55\text{kN/m}^2$$

**PRECISAMOS
TRANSFORMAR
ESSAS CARGAS
ESPACIAIS EM
CARGAS LINEARES**

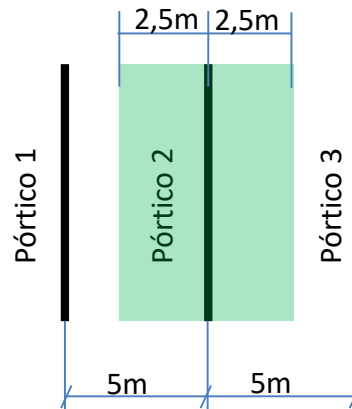
Exercícios Resolvidos

2 – Determinar as cargas distribuídas linearmente, verticais, em um pórtico interno de galpão, coberto com telhas simples Trapézio 40 de espessura 0,43mm. A carga de vento distribuída superficialmente é conhecida e tem valor $0,55 \text{ kN/m}^2$ de sucção na cobertura. Não há paredes, e o distanciamento entre pórticos é de 5m. O peso estimado da estrutura da cobertura apoiada sobre o pórtico é 6 kg/m^2 . O peso estimado da viga do pórtico é 32 kg/m .

Passo 3: Determinar as solicitações para Estados Limites de Serviço

Galpão visto por cima

A Área de influência mede 5m, portanto devemos multiplicar as cargas espaciais por 5m para extrair as cargas lineares



Exercícios Resolvidos

2 – Determinar as cargas distribuídas linearmente, verticais, em um pórtico interno de galpão, coberto com telhas simples Trapézio 40 de espessura 0,43mm A carga de vento distribuída superficialmente é conhecida e tem valor 0,55 kN/m² de sucção na cobertura. Não há paredes, e o distanciamento entre pórticos é de 5m. O peso estimado da estrutura da cobertura apoiada sobre o pórtico é 6kg/m². O peso estimado da viga do pórtico é 32kg/m

Passo 3: Determinar as solicitações para Estados Limites de Serviço

Soma das cargas
permanentes

$$P.\text{telhas} = 0,0417\text{kN/m}^2 \times 5\text{m} = 0,208\text{kN/m}$$

$$P.\text{Cob} = 0,06 \text{ kN/m}^2 \times 5\text{m} = 0,3 \text{ kN/m}$$

$$\text{PP da viga: } 0,32\text{kN/m}$$

$$\text{PP} = 0,828 \text{ kN/m}$$

Cargas Variáveis

$$\text{SC} = 0,25\text{kN/m}^2 \times 5\text{m} = 1,25\text{kN/m}$$

$$\text{CV} = 0,55\text{kN/m}^2 \times 5\text{m} = 2,75\text{kN/m}$$

E.L.S

Combinações:

a) PP+SC

b) PP+VENTO

c) PP+SC+0,3VENTO

$$\text{a) } \text{PP} + \text{SC} = 0,828 + 1,25 = 2,07 \text{ kN/m}$$

$$\text{b) } \text{PP} + \text{VENTO} = 0,828 + (-2,75) = -1,922 \text{ kN/m}$$

$$\text{c) } \text{PP} + \text{SC} + \text{VENTO} = 0,828 + 1,25 - 0,3 \cdot 2,75 = 1,25\text{kN/m}$$

O Caso mais desfavorável para verificação de E.L.S é o caso a. porém, posteriormente veremos que devemos usar o caso b para um dupla verificação da flecha na cobertura

Exercícios Resolvidos

2 – Determinar as cargas distribuídas linearmente, verticais, em um pórtico interno de galpão, coberto com telhas simples Trapézio 40 de espessura 0,43mm A carga de vento distribuída superficialmente é conhecida e tem valor 0,55 kN/m² de sucção na cobertura. Não há paredes, e o distanciamento entre pórticos é de 5m. O peso estimado da estrutura da cobertura apoiada sobre o pórtico é 6kg/m². O peso estimado da viga do pórtico é 32kg/m

Passo 4: Determinar as solicitações para Estados Limites Últimos

Soma das cargas
permanentes

$$P_{\text{telhas}} = 0,235 \text{ kN/m} \times 1,4 = 0,329 \text{ kN/m}$$

$$P_{\text{Cob}} = 0,3 \text{ kN/m} \times 1,25 = 0,375 \text{ kN/m}$$

$$PP \text{ da viga: } 0,32 \text{ kN/m} \times 1,25 = 0,4 \text{ kN/m}$$

$$PP = 1,104 \text{ kN/m}$$

Cargas Variáveis

$$1,5.SC = 1,875 \text{ kN/m}$$

$$1,4.CV = 3,85 \text{ kN/m}$$

$$0,84.CV = 2,31 \text{ kN/m}$$

E.L.U

Combinações:

a) **1,4.PP+1,5.SC**

b) **PP+1,4.VENTO**

c) **1,4.PP+1,5.SC+0,84.VENTO**

a) $1,4PP + 1,5.SC = 1,104 + 1,875 = 2,979 \text{ kN/m}$

b) $PP+1,4VENTO = 0,828 - 3,85 = -3,022 \text{ kN/m}$

c) $1,4PP+1,5SC+0,84VENTO = 1,104 + 1,875 - 2,31 = 0,669 \text{ kN}$

O Caso mais desfavorável para verificação de E.L.U é o caso b.