



CENTRO UNIVERSITÁRIO IBMEC/RJ
CURSO DE ENGENHARIA CIVIL

ESTRUTURAS METÁLICAS E DE MADEIRA

EXERCÍCIOS COMPLEMENTARES

PROFESSOR: VICTOR MACHADO DA SILVA, M.SC.

RIO DE JANEIRO/RJ

2021

COMBINAÇÕES DE CARREGAMENTO EM ESTRUTURAS

Exercício 1

Um elemento de madeira possui 4m de comprimento, e faz parte da estrutura de uma residência unifamiliar. Considerando que a peça possui dimensões 10cm x 40cm e os carregamentos listados abaixo, calcule as tensões máximas de flexão para os estados limite último e de serviço, considerando combinações normais e quase permanentes, respectivamente.

- Peso próprio de estrutura de madeira: $q_{g1} = 0,5kN/m$;
- Peso próprio de estruturas moldadas no local: $q_{g2} = 4,5kN/m$;
- Sobrecarga de utilização: $q_{g4} = 1,5kN/m$;
- Vento: $q_{g5} = 0,5kN/m$;

Exercício 2

Uma viga metálica biapoiada de 5m de comprimento, em um edifício destinado a uma biblioteca possui os seguintes carregamentos básicos:

- Peso próprio de estruturas metálicas $q_{g1} = 1kN/m$;
- Peso próprio de estruturas moldadas no local $q_{g2} = 8kN/m$;
- Peso próprio das paredes de alvenaria e contrapisos $q_{g3} = 10kN/m$;
- Sobrecarga de sala de leitura $q_{q1} = 8kN/m$;
- Vento $q_{q2} = 0,5kN/m$;

Considerando as ações variáveis agrupadas (conforme indicado na apostila) e as ações permanentes agrupadas, conforme a tabela 1 da NBR8681/2003 (reproduzida abaixo), e que o perfil metálico possui $I_x = 7158cm^4$ e $M_{d,res} = 138kN.m$, responda às solicitações a seguir:

- a) Verifique o elemento à flexão simples, considerando uma combinação normal de ações, para o estado limite último;

- b) Verifique o elemento à deformação, considerando uma combinação normal e quase-permanente de ações, para o estado limite de serviço. Considere que a deformação máxima em uma viga biapoiada é $\delta_{m\acute{a}x} = \frac{5ql^4}{384EI_x}$.

ESTRUTURAS DE MADEIRA

Exercício 1

Verifique uma peça de madeira de dimensões 15cm x 30cm, de comprimento 1,5m e considerada engastada e livre, submetida a um esforço normal característico de compressão igual a 60kN, centrado na peça. A madeira é dicotiledônea de classe C40, serrada, com classe de umidade 2 e de 1ª categoria.

Exercício 2

Uma terço com um vão igual a 2m, composta por madeira conífera C25 e de dimensões 10cm x 20cm está submetida a um carregamento vertical de projeto $q_d = 10\text{kN/m}$. Esta terço está posicionada em um telhado de inclinação 15 graus. Considerando que ela possui um esforço adicional de compressão igual a $N_d = 50\text{kN}$, verifique o elemento ao efeito de flexocompressão oblíqua. Considere que a madeira possui classe de umidade 3, o carregamento é de longa duração, a madeira é serrada e de 1ª categoria.

Exercício 3

Dimensione uma seção quadrada de madeira submetida a uma carga de tração de projeto de 150kN, considerando uma peça de madeira conífera C20, serrada, de 2ª categoria e classe de umidade 2. Considere ainda que o carregamento é considerado de longa duração.

Exercício 4

Dada uma peça de madeira de seções 10cm x 20cm, com comprimento de flambagem de 3m, dicotiledônea C40, laminada colada, de 1ª categoria e classe de umidade 1, com carregamento de média duração, verifique a sua resistência para um carregamento de compressão de projeto de 150kN.

Exercício 5

Dada uma viga biapoiada, com vão de 4m e com apoios de 20cm de largura, dimensione uma peça de madeira dicotiledônea C30, com $k_{mod} = 0,60$, considerando um

carregamento uniformemente distribuído de projeto de 5kN/m em todo o vão. A peça deve ser dimensionada de forma a não necessitar de contenção lateral no meio do vão.

Exercício 6

Para uma ligação entre duas peças submetidas a um esforço de tração de 40kN, determine o número de parafusos de diâmetro 12,7mm ($f_{y,k} = 310MPa$), considerando madeira conífera C30 e $k_{mod} = 0,60$. Considere que a chapa de madeira mais fina na conexão possui 4cm de espessura, e que os parafusos estão submetidos a corte duplo. Considere também que a resistência do parafuso é superior à resistência da madeira nesta ligação, e portanto não precisa ser calculada.

Exercício 7

O banzo inferior de uma treliça é composto por elementos de madeira de seção transversal 15cm x 30cm. Sabe-se que a madeira é serrada, de primeira categoria e dicotiledônea de classe C30, com classe de umidade 3. Para a combinação de carregamentos principais, considera-se que os elementos estão sujeitos a um carregamento axial permanente de 70kN e um carregamento axial variável de 50kN, ambos de tração. Há também uma segunda combinação de carregamento, na qual o esforço axial de compressão de projeto é igual a 150kN. Com essas informações, atenda aos seguintes pedidos:

- Verifique os elementos para a primeira combinação de carregamento, considerando a possibilidade de ocorrer uma excentricidade geométrica de 5cm, de forma a gerar um momento fletor na menor inércia;
- Verifique os elementos para a segunda combinação de carregamento, considerando a carga centrada e um comprimento de flambagem igual a 2,5m;
- Caso o esforço de compressão de projeto, centrado, fosse de 300kN, identifique qual seria a menor dimensão necessária para atender aos critérios de segurança conforme as normas vigentes, considerando a seguinte lista de perfis: 12,5cm x 25cm, 15cm x 30cm ou 20cm x 40cm;

Exercício 8

O banzo inferior de uma treliça é composto por dois elementos de madeira, de seção transversal 10cm x 20cm e conectados por duas chapas de madeira de 4cm de espessura (uma em cada lado das barras), e que pode ter comprimento variável, conforme a necessidade de projeto. Sabe-se que a madeira é serrada, de primeira categoria e dicotiledônea de classe C40, com classe de umidade 2. Para a combinação de carregamentos principais, considera-se que os elementos estão sujeitos a um carregamento axial permanente de 55kN e um carregamento axial variável de 25kN, ambos de tração. Há também uma segunda combinação de carregamento, na qual o esforço axial de compressão de projeto é igual a 150kN. Quando necessário, devem ser utilizados parafusos de diâmetro 1/2" (12,7mm), 5/8" (16mm) ou 3/4" (19,1mm), de aço ASTM A307. Com essas informações, atenda aos seguintes pedidos:

- a) Verifique os elementos para a primeira combinação de carregamento, considerando a possibilidade de ocorrer uma excentricidade geométrica de 5cm, de forma a gerar um momento fletor na menor inércia;
- b) Verifique os elementos para a segunda combinação de carregamento, considerando a carga centrada e um comprimento de flambagem igual a 3m;
- c) Caso uma ou ambas as verificações acima falhem, identifique qual seria a menor dimensão necessária para atender aos critérios de segurança conforme as normas vigentes, considerando a seguinte lista de perfis: 15cm x 25cm, 15cm x 30cm ou 20cm x 40cm;
- d) Dimensione a ligação, elaborando um croqui indicando os parafusos e os espaçamentos entre si. Para o dimensionamento, considere a pior das duas combinações de carregamento apresentada (tração ou compressão), e ignore qualquer excentricidade.

Exercício 9

Como calculista, foi solicitado o dimensionamento de uma escada de madeira de viga única, conforme mostrado nas figuras abaixo. A viga possui dimensões 15cm x 30cm e os degraus são compostos por chapas de 4cm de espessura, 100cm de largura e 30cm de profundidade.

A estrutura é composta de madeira conífera, com classe de resistência C30 ($f_{c0,k} = 30MPa$, $f_{c0,k} = 30MPa$, $f_{v,k} = 6MPa$, $f_{v,k} = 6MPa$ e $E_{c0,m} = 14500MPa$). A classe de umidade é 2, a madeira é serrada e de 1ª categoria.

No detalhe 1, a cantoneira usada para a ligação (de aço ASTM A36) possui dimensões 80mm x 80mm x 8mm. Os parafusos são de aço ASTM A307.

A estrutura foi modelada usando o software Ftool com um carregamento simples de 1kN/m. Os diagramas de esforços normais, esforços cortantes e momento fletor estão apresentados nas figuras 3, 4 e 5, respectivamente. Como calculista, você deve projetar a viga considerando os seguintes carregamentos:

- Peso próprio da estrutura (permanente) de 0,50kN/m;
- Sobrecarga (média duração) de 3kN/m² sobre todos os degraus.

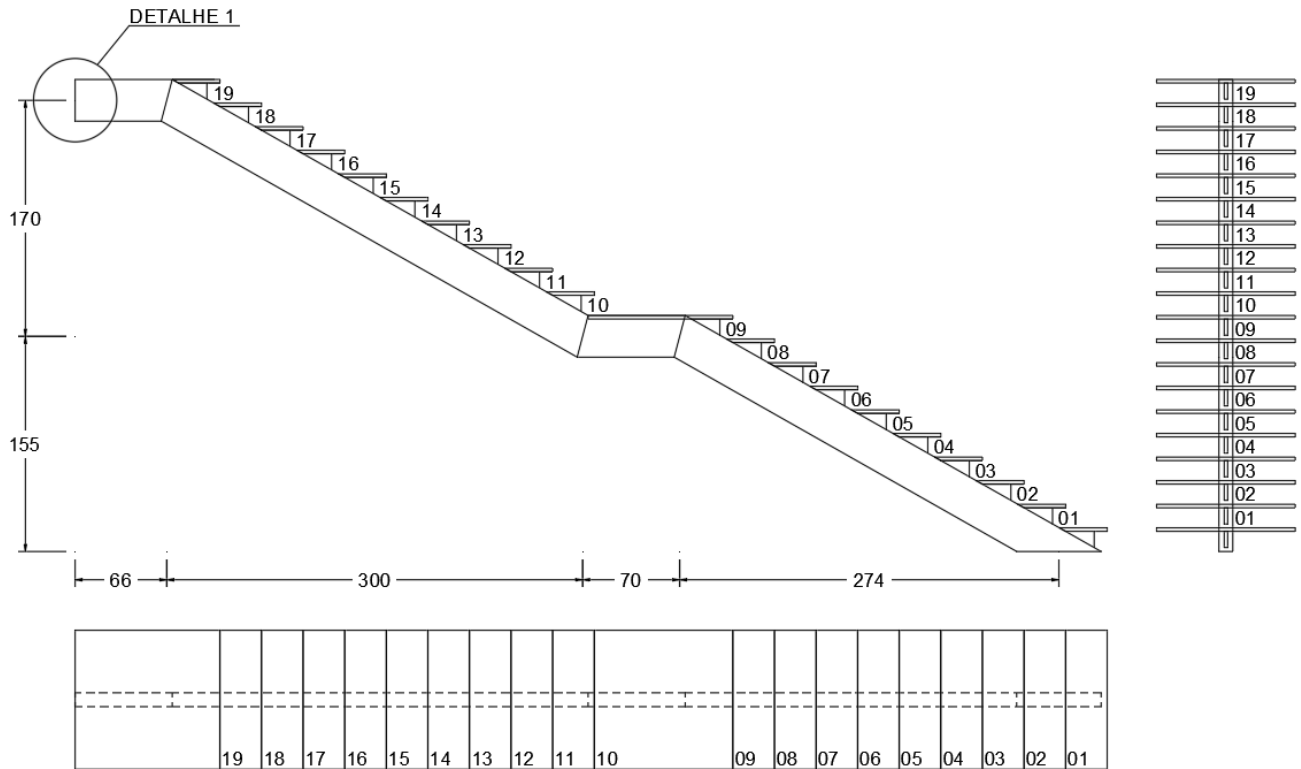
Os degraus devem ser dimensionados conforme instrução da NBR6120, reproduzida a seguir:

"Quando uma escada for constituída por degraus isolados, estes devem ser calculados para suportarem uma carga concentrada de 2,5kN, aplicada na posição mais desfavorável. Este carregamento não deve ser considerado na composição de cargas das vigas que suportam os degraus, as quais devem ser calculadas para carga indicada na Tabela 2 [mencionadas acima]."

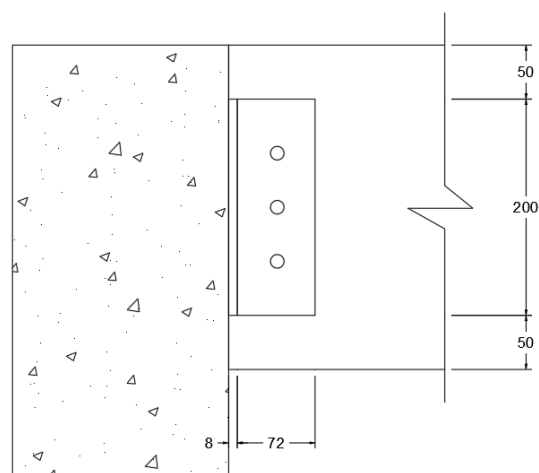
Portanto, solicita-se o seguinte:

- a) Verificar a viga central para os carregamentos mencionados, aplicando o princípio da superposição da efeitos com base nos diagramas de esforços apresentados. Caso necessário, considere a excentricidade devida à fluência igual a 0,21cm;
- b) Verificar um degrau típico, para o carregamento mencionado;

- c) Dimensionar os parafusos da ligação apresentada no detalhe 1, considerando uma lista com diâmetros 12,7mm, 16mm, 19mm e 22,2mm. Caso nenhuma dimensão seja satisfatória, relatar.



Vistas principais



Vista longitudinal

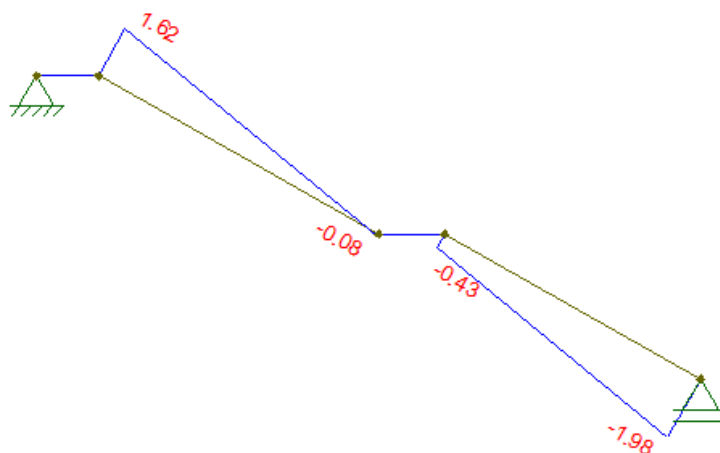


Diagrama de esforços normais

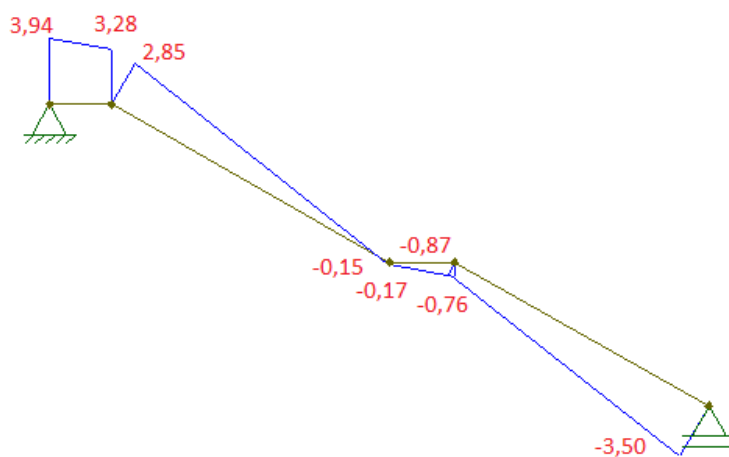


Diagrama de esforços cortantes

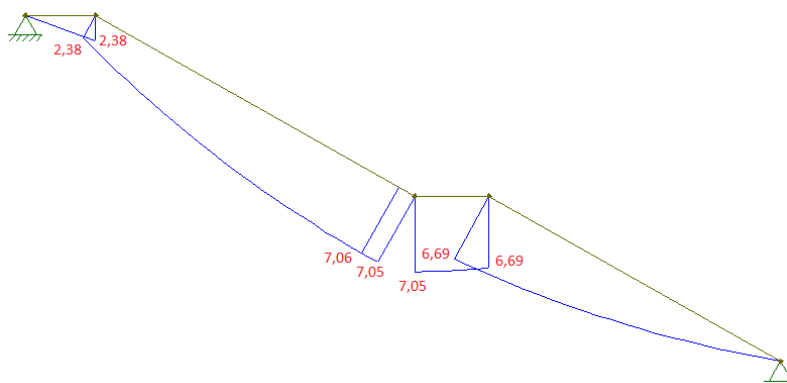
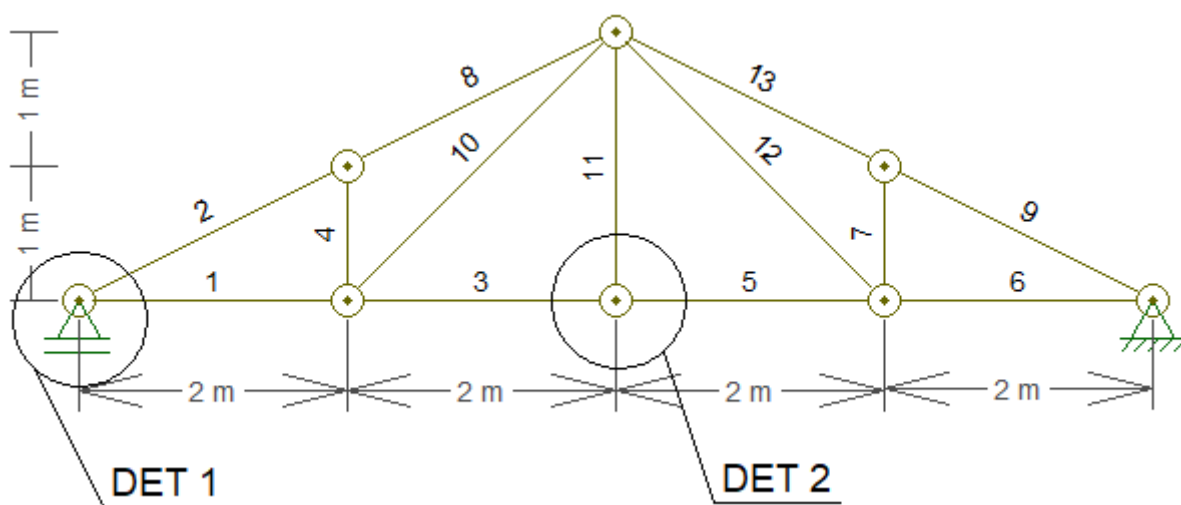


Diagrama de momentos fletores

Exercício 10

A treliça biapoiada da figura abaixo é composta por elementos de madeira dicotiledônea, classe C40 ($f_{c0,k} = 40MPa$, $f_{c0,k} = 40MPa$, $f_{v,k} = 6MPa$, $E_{c0,m} = 19500MPa$), considerando um $k_{mod} = 0,48$. As tabelas apresentam os esforços normais devidos aos carregamentos permanentes e os esforços normais devidos aos carregamentos variáveis. Para o Estado Limite Último, atenda aos pedidos abaixo:

- Considerando que todas as peças possuem a mesma seção transversal, dimensione a estrutura para a condição de flexotração, considerando que há uma excentricidade em uma direção de 3cm, e na outra direção de 5cm. Estão disponíveis perfis quadrados de lados 20cm, 22,5cm e 25cm;
- Assumindo agora que todas as peças possuem seção transversal 17,5cm x 17,5cm, verifique a segurança da estrutura para a condição de compressão axial simples (não se esqueça de levar em consideração as excentricidades acidentais e de fluência, se existirem);
- Dimensione uma ligação dentre as duas indicadas nos desenhos. Escolha qual será o tipo de ligação utilizado, dentre as seguintes opções: por entalhe ou parafusada. Despreze qualquer excentricidade construtiva que possa ocorrer. Considere, quando necessário, peças de dimensões 10cm x 15cm, e parafusos de diâmetro 16mm em aço ASTM A307 ($f_{y,k} = 310MPa$, $f_{t,k} = 310MPa$).



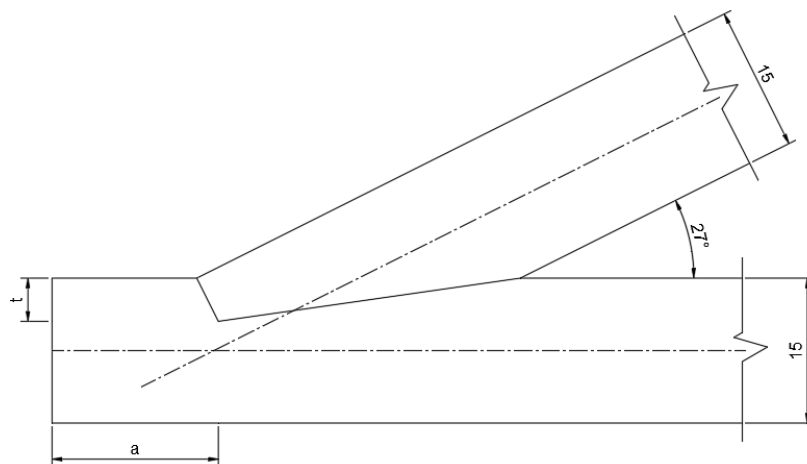
Vista da estrutura

Barra	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
N (kN)	125,0	-139,8	80,0	-45,0	80,0	115,0	-35,0	-150,9	-173,3	63,6	20,0	49,5	-162,1

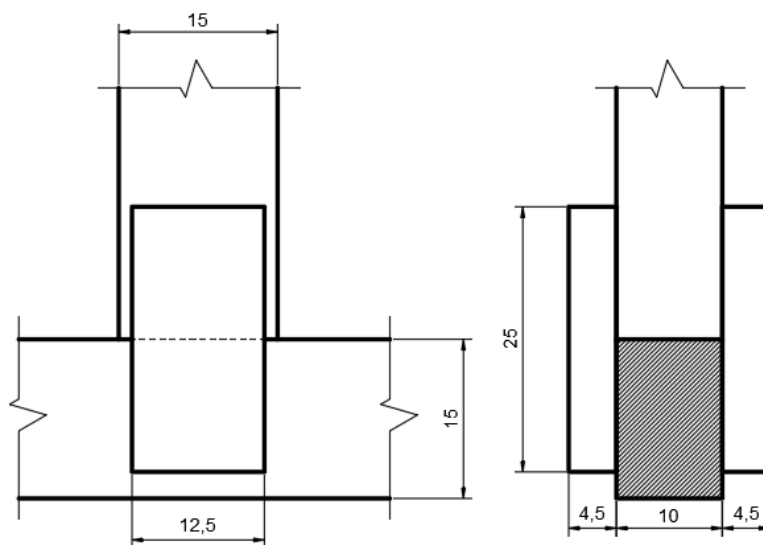
Cargas permanentes

Barra	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
N (kN)	38,7	-43,3	26,2	-12,5	26,2	33,7	-7,5	-48,9	-57,3	17,7	10,0	10,6	-51,7

Cargas variáveis



Ligação por entalhe (usar $\sin 27^\circ = 0,45$ e $\cos 27^\circ = 0,89$) – cotas em cm



Ligação parafusada – cotas em cm