

INTRODUÇÃO AOS CONCEITOS DE ANÁLISE DE SISTEMAS ESTRUTURAIS PLANOS E ESPACIAIS COMPOSTOS DE ELEMENTOS UNIDIMENSIONAIS

Joao Victor Freitas Barros Correia¹

Mislaine Moura Lima²

RESUMO

A análise estrutural é um importante segmento da engenharia e arquitetura, para confecção de projetos por exemplo de edificações de um modo geral e obras de infraestrutura como pontes, viadutos e passarelas. Para se analisar uma estrutura que já existe ou que ainda será construída é necessário se fazer um modelo da mesma, os modelos a serem estudados podem ser simplificados em uma análise inicial e posteriormente são acrescentadas outras informações como dimensões de seções dos elementos e as propriedades dos materiais constituintes, a fim de se facilitar os procedimentos de cálculo, considerando assim as estruturas como formadas por elementos estruturais unidimensionais, ou seja, com uma de suas dimensões preponderante em relação às demais. Apesar dos inúmeros e modernos softwares de análise automática de estruturas, conceber o modelo a ser analisado e saber classificar as diferentes formas de montagem das barras, se mantém como competência indispensável a profissionais de engenharia e arquitetura, para o correto dimensionamento de estruturas dentro dos códigos de projeto e execução vigentes.

1 Mestrando em ciência e engenharia de materiais - UFS; Pós-graduando em MBA em tecnologia de projetos e gestão da qualidade na construção civil. - UNIT; Graduação em Engenharia Civil - UNIT. e-mail: joao.freitas95@souunit.com.br

2 Pós-graduanda em MBA em tecnologia de projetos e gestão da qualidade na construção civil. - UNIT; Graduação em Engenharia Civil - UNIT. mislaine-moura@hotmail.com

PALAVRAS-CHAVE

Análise estrutural; elementos estruturais unidimensionais; modelo.

ABSTRACT

Structural analysis is an important segment of engineering and architecture, for the preparation of projects such as buildings generally and infrastructure works such as bridges, overpasses and walkways. In order to analyze a structure that already exists or is still to be constructed it is necessary to make a model of it, the models to be studied can be simplified in an initial analysis and later are added other information as dimensions of sections of the elements and properties of the constituent materials, in order to facilitate the calculation procedures, thus considering the structures as formed by one-dimensional structural elements, that is, one of its dimensions preponderant in relation to the others. In spite of the numerous and modern software of automatic analysis of structures, to design the model to be analyzed and to know how to classify the different forms of assembly of the bars, it remains an indispensable competence for engineering and architecture professionals, for the correct dimensioning of structures within the codes design and execution.

KEYWORDS

Structural analysis; one-dimensional structural elements; model

1 INTRODUÇÃO

A estática é o ramo da mecânica destinado ao estudo dos corpos e sistemas físicos que se mantêm em equilíbrio sobre a ação de cargas externas. A análise estrutural consiste em criar um modelo de uma estrutura para estudo de seu comportamento sob ação de diversas cargas previstas de utilização para as quais está sendo projetada. Nesse modelo são considerados além das cargas,

os tipos de apoios e vínculos das estruturas, a fim de se encontrar as reações de apoio, deslocamentos e os esforços internos da estrutura, existentes durante a aplicação das cargas previstas.

A definição de estrutura é consolidada em um sistema físico capaz de receber e transmitir esforços, são exemplos de estrutura: viadutos, edifícios e pontes. Um sistema estrutural é formado por elementos estruturais, são exemplos de elementos estruturais: vigas, pilares, treliças, lajes e paredes estruturais, que por sua vez são formados por componentes estruturais, são exemplos de componentes estruturais: concreto armado, peças de madeira ou aço, blocos de cerâmica estrutural.

Nesse artigo os sistemas estruturais abordados são os bidimensionais (planos) e tridimensionais (espaciais) compostos por elementos unidimensionais, ou seja, elementos que tem uma de suas dimensões muito maior que as outras duas, a exemplo de vigas, pilares, colunas, barras, tirantes. Os elementos que tem duas de suas dimensões muito maiores que a outra como chapas, lajes, blocos são ditos elementos de superfície ou de volume, e analisados pelo método de elementos finitos, esses não serão abordados nesse artigo.

A análise estrutural de sistemas planos e espaciais compostos por elementos unidimensionais, é feita para simplificar o estudo estrutural, através de idealizações e conceitos, onde inicialmente são desconsideradas dimensões de secção de peças e materiais constituintes das peças, para se encontrar os esforços seccionais e as reações de apoio da estrutura, e posteriormente podem ser acrescentadas a análise estrutural mais informações como secção das peças, as propriedades físicas dos materiais compositores das peças e demais estudos de resistência dos materiais, aumentando assim a fidedignidade do modelo proposto ao sistema real.

Na atualidade existem modernos softwares, capazes de simular estruturas, mas mesmo com o que existe de mais avançado na engenharia de simulação computacional, o estudo da análise estrutural é necessário e não deve ser negligenciado, para a correta alimentação dos softwares com dados e interpretação dos resultados obtidos em tais softwares.

Segundo a NBR 15575 (2013) o sistema estrutural de edificações habitacionais, tem o objetivo

de cumprir com a macro função de sustentar a edificação, devido a isso sua vida útil de projeto deve ser igual ou superior a vida útil da própria edificação, de no mínimo 50 anos, e durante esta vida útil não devem ser necessárias significativas intervenções de manutenção. Por exemplo reconstrução de um pilar viga ou laje devido à perda de desempenho.

Durante a vida Útil o sistema estrutural não pode ruir ou apresentar fissuras, deslocamentos, e deformações excessivas, que venha a inviabilizar a utilização e funcionamento de demais sistemas ou até do próprio sistema estrutural. Esses critérios e requisitos de desempenho estrutural, ressaltam a importância a análise estrutural para confecção de projetos.

Uma estrutura está em equilíbrio estático, quando o somatório de forças nos eixos e resultantes de momento em qualquer um dos eixos XYZ é nula, essas condições são representadas pelas expressões matemáticas de equilíbrio da estática, que são elas:

$$\sum F_x = 0, \sum F_y = 0, \sum F_z = 0 \quad (1)$$

$$\sum M_x = 0, \sum M_y = 0, \sum M_z = 0 \quad (2)$$

Essas equações são suficientes para determinação da reação de apoio e os esforços seccionais apenas das estruturas classificadas como isostáticas. Para as estruturas ditas hiperestáticas, as quais tem apoios abundantes, ditos redundantes estáticos, são necessários outros métodos para obtenção das reações de apoio e esforços seccionais, que utilizam princípios como a sobreposição de sistemas e esforços virtuais. Para criação de sistemas de lineares de incógnitas, podendo ser elas as próprias redundantes estáticas ou até mesmo a combinação de deslocamento da sobreposição de esforços virtuais e reais. Alguns desses métodos são :o método das forças, método dos deslocamentos que tem vasta aplicação na computação de simulação, sendo devido a isso o método mais importante, e o processo de cross.

Objetivo desse artigo é trazer uma introdução aos conceitos para a compreensão da análise estrutural, que seriam as condições da estática do equilíbrio, os vínculos estruturais, graus de elasticidade de uma estrutura e os esforços simples que atuam numa seção de uma estrutura.

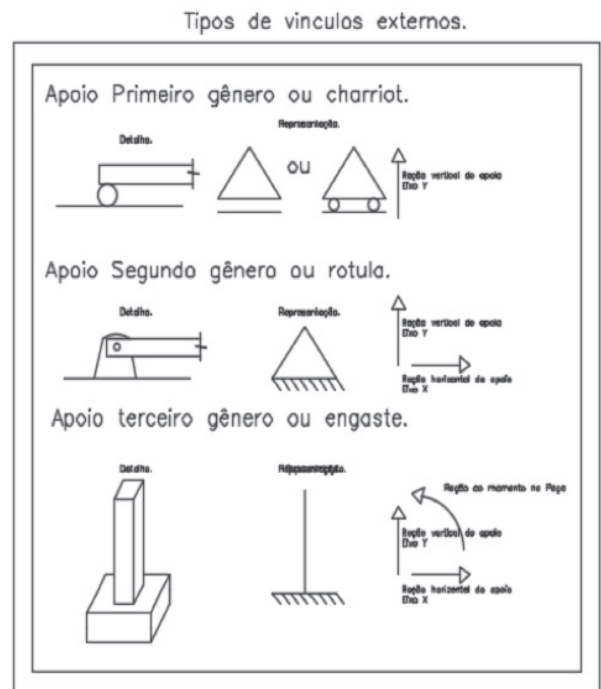
2 TIPOS DE VÍNCULOS ESTRUTURAIS

Os elementos estruturais são unidos com o meio em que estão por vínculos estruturais externos, e unidos entre si por vínculos estruturais internos. Os vínculos externos ou apoios, são classificados em: apoio de primeiro gênero, apoio de segundo gênero, apoio de terceiro gênero, essa classificação é feita mediante ao número de restrições de movimentos que são gerados pelo apoio, considerando um sistema no espaço tridimensional.

2.1 VÍNCULOS ESTRUTURAIS EXTERNOS

O apoio de primeiro gênero tem capacidade de reagir a um único esforço, vertical ou horizontal. O apoio de segundo gênero tem a capacidade de reagir a dois tipos de esforços, vertical e horizontal. O apoio de terceiro gênero tem a capacidade de reagir não só aos esforços horizontais ou verticais como também aos esforços de momentos nos elementos.

Figura 1 – Tipos de vínculos estruturais internos

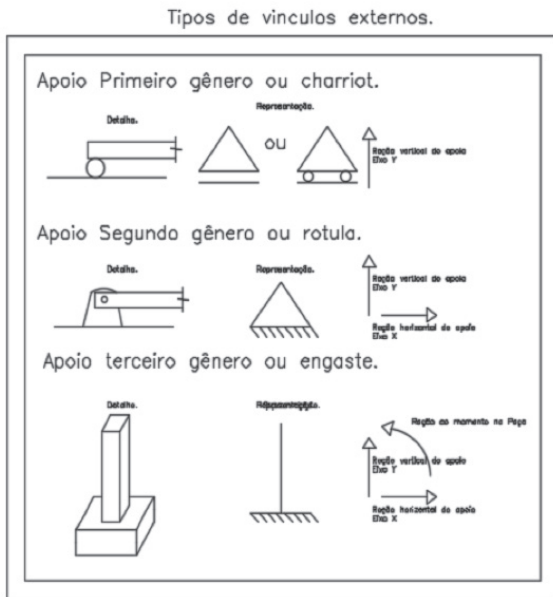


Fonte: Arquivo próprio, 2019.

2.2 VÍNCULOS ESTRUTURAIS INTERNOS

Os vínculos internos podem ser classificados como soldas ou rótulas. As soldas são continuidades estruturais, não permitindo movimentação em relação ao eixo z e permitindo transmissão de esforços. As rótulas são articulações ou ainda descontinuidades estruturais, permitindo movimentação em relação ao eixo z e não permitindo transmissão de esforços.

Figura 2 – Tipos de vínculos estruturais internos



Fonte: Arquivo próprio, 2019.

3 CLASSIFICAÇÃO DE ESTRUTURAS COMPOSTAS POR ELEMENTOS UNIDIMENSIONAIS

As estruturas bidimensionais podem ser classificadas quanto a sua configuração (montagem das barras), ao seu grau de estaticidade e quanto ao número de apoios.

3.1 CLASSIFICAÇÃO DAS ESTRUTURAS SEGUNDO SUA ESTATICIDADE.

As estruturas compostas por elementos unidimensionais podem ser classificadas quanto ao

seu grau de liberdade estaticidade em hipostáticas, e isostáticas e hiperestáticas.

As estruturas hipostáticas são aquelas cujo o somatório de restrições de movimentos de seus apoios e vínculos internos não são suficientes para manter seus elementos em equilíbrio estático sobre a atuação de forças e cargas externas.

Em exemplo prático podemos citar uma barra em cima de dois apoios de primeiro gênero ou ainda uma barra sobre um apoio do segundo gênero, algo comparável a uma gangorra ou uma balança de pratos.

Figura 3 – Exemplos de vigas hipostáticas

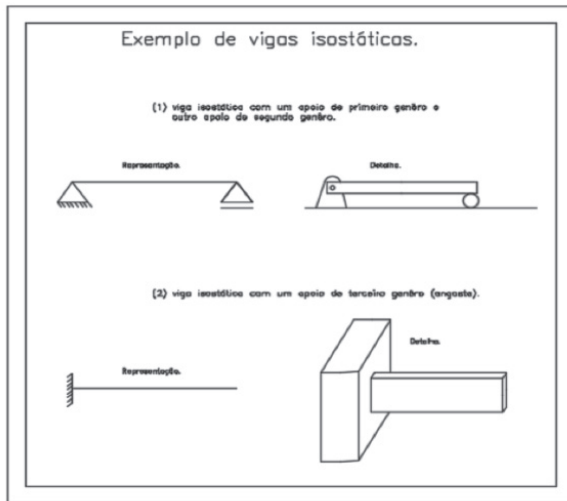


Fonte: Arquivo próprio, 2019.

As estruturas isostáticas são aquelas cujo somatório de restrições de movimentos de seus apoios e vínculos internos são suficientes para mantê-las em equilíbrio, podendo se encontrar suas reações de apoio e esforços internos através das equações primordiais da estática.

Viga biapoiada em um apoio de segundo gênero e outro de primeiro gênero. Viga engastada. A consideração do engastamento de um apoio pode ser feita a partir de uma barra fixada em um elemento com uma inércia muito maior que a sua, por exemplo um poste engastado em sua fundação, ou uma árvore engastada por suas raízes no solo.

Figura 4 – Exemplos de vigas isostáticas



Fonte: Arquivo próprio, 2019.

As estruturas hiperestáticas são aquelas cujo somatório de restrições de movimentos de seus apoios e vínculos internos são mais que suficientes para mantê-las na condição de equilíbrio estático, ou seja, seus apoios e vínculos se mostram de forma superabundante ao equilíbrio estático, sendo então denominados de redundantes estáticos.

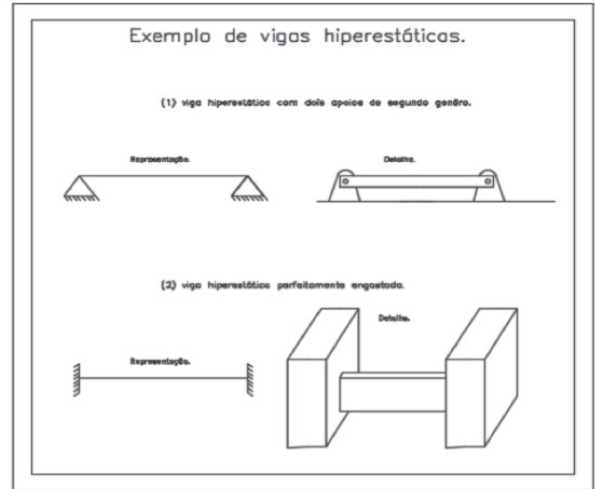
Para tais estruturas apenas as equações de equilíbrio da estática não são suficientes calcular suas reações de apoio e esforços seccionais (momentos, normais e cortantes), sendo necessários métodos matemáticos como exemplo: o método das forças, método dos deslocamentos, e processo de cross.

Para aplicação de tais métodos é necessário saber o grau de indeterminação estática da estrutura, ou seja, mensurar a superabundância de restrições de movimento dos vínculos e apoios. Sendo o grau de indeterminação estática da estrutura 'N', ela será 'N' vezes hiperestática.

Grau de liberdade da estrutura menor número de restrições de movimento.

Exemplo prático: viga bi apoiada em dois apoios de segundo gênero, viga bi apoiada em dois apoios engastados, ou biapoiada em um engaste e um apoio de primeiro, um engaste e um apoio do segundo gênero.

Figura 5 – Exemplos de vigas hiperestáticas

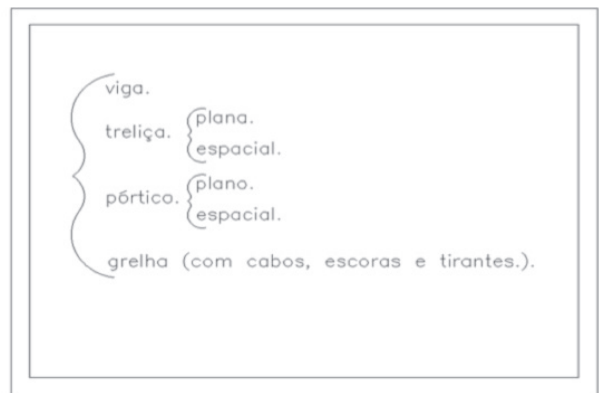


Fonte: Arquivo próprio, 2019.

3.2 CLASSIFICAÇÃO DAS ESTRUTURAS QUANTO A MONTAGEM FÍSICA DAS BARRAS, SIMETRIA E GEOMETRIA

Quanto a montagem das peças em um plano ou espaço podem ser, vigas, pórticos e treliças. E quanto a sua simetria podem ser simétricas ou assimétricas.

Figura 6 – Classificação de estruturas quanto a montagem das peças unidimensionais no plano e no espaço

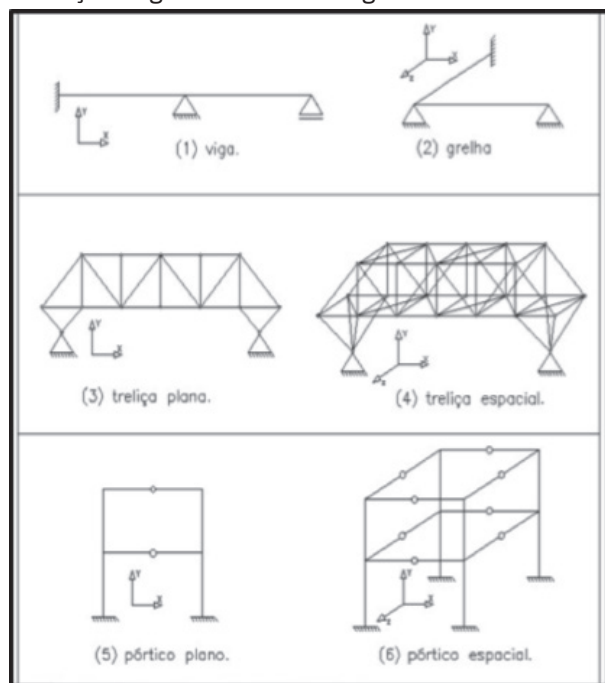


Fonte: Arquivo próprio, 2019.

As vigas são compostas por barras horizontais e inclinadas em um plano, as grelhas são compos-

tas por barras horizontais em mais de um plano, os pórticos são constituídos por barras horizontais e verticais e inclinadas, e as treliças por barras horizontais e inclinadas com usualmente seus nós rotulados, e carregamentos pontuais nos mesmos.

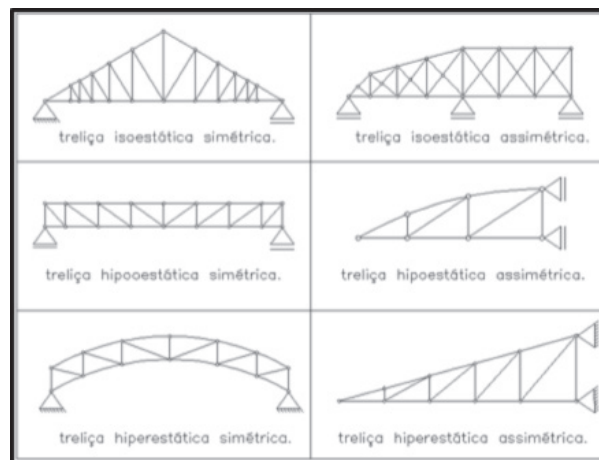
Figura 7 – Ilustração dos tipos de estruturas compostas por elementos unidimensionais e sua classificação segundo sua montagem de barras



Fonte: Arquivo próprio, 2019.

Quanto a simetria as estruturas podem ser simétricas quando são espelhadas por ao menos um plano, ou assimétricas quando não são espelhadas por nenhum plano. Pode ser observada a condição de simetria para as situações de carregamento da estrutura.

Figura 8 – Classificação das treliças quanto a seu grau de estaticidade e simetria



Fonte: Arquivo próprio, 2019.

4 CONCLUSÕES

Conhecer os diferentes tipos de estruturas de elementos unidimensionais, vínculos internos e externos das mesmas, seus graus de estaticidade e os métodos de análise estrutural, tem alta relevância para profissionais atuantes nas áreas de engenharia e arquitetura habitacional e de infraestrutura, tomarem a decisão de qual tipo de estrutura deve ser usado para determinada finalidade é como esta deve ser concebida, sempre atentos às normas de projeto e execução de estruturas.

REFERÊNCIAS

ABNT, ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 6118 – Projeto de Estruturas de Concreto**. Rio de Janeiro, 2014.

ABNT, ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 8800 - Projeto de estruturas de aço e de estruturas mistas de aço e concreto de edifícios**. Rio de Janeiro, 2008.

ABNT, ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 7190 – Projeto de estruturas de madeira**. Rio de Janeiro, 1997.

ABNT, ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15575-1 Edificações habitacionais- Desempenho – Requisitos Gerais.** Rio de Janeiro, 2013.

ABNT, ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15575-2 Edificações habitacionais- Desempenho – Requisitos para os sistemas estruturais.** Rio de Janeiro, 2013.

CBIC, CÂMARA BRASILEIRA DA INDÚSTRIA DA CONSTRUÇÃO. **Desempenho de edificações habitacionais: guia orientativo para atendimento à norma ABNT NBR 15575/2013.** Brasília/DF, 2013.

SÜSSEKIND, J. C., **Curso de Análise Estrutural – Vol. 2: Deformações em Estruturas, Método das Forças – Vol. 3: Método das Deformações, Processo de Cross,** Editora Globo, 1977.

HIBBELER, R. C. **Resistência dos Materiais, 5^a ed.** São Paulo: Prentice Hall, 2004.

BEER, F. P. & JOHNSTON, E. R. **Resistência dos Materiais.** Editora Mc Graw.

SORIANO, H. L. **Análise de estruturas, vol. 1, 2^a ed.** Rio de Janeiro: Ciência Moderna, 2006.

Recebido em: 5 de Outubro de 2018

Avaliado em: 8 de Maio de 2019

Aceito em: 8 de Maio de 2019
