

Projeto de Extensão à Construção Civil, Sustentabilidade, Qualidade e Segurança

IF Sul de Minas -
Câmpus Pouso Alegre

Professores:

Jose Venicius de Souza
Juliano Romanzini Pedreira
Rosangela Alves Dutra
Maria Cecília Rodrigues
Simões

Ricardo Aparecido Avelino
Mariana Felicetti Rezende
Gabriela Belinato
Fernando Carlos Scheffer
Machado

Alunos do Projeto:

Gabriel Alves
Guilherme Vilasboas
Irineu Junior
Alexandre Siqueira
Fernandes

Participantes do Projeto:

Juciana - Tec. Edificações
Susan - Enfermeira



ENTENDENDO AS ESTRUTURAS

Prof.: Fernando Scheffer

Curso Sobre Construção Civil

- O que é uma Estrutura?
- Forças e Carregamento
- Esforços Internos
- Materiais da Construção
- Cisalhamentos
- Momento Fletor
- Treliças

INDICE

1.	O que é uma estrutura?.....	2
2.	Forças e Carregamentos.....	2
3.	Esforços Internos e os Materiais de Construção.....	4
4.	Cisalhamento.....	7
5.	Momento Fletor.....	8
6.	Treliças.....	10

6. Treliças:

As treliças são um tipo de estrutura onde os elementos estruturais são barras que resistem basicamente a esforços de tração e compressão simplesmente. Cada um dos nós é um ponto de aplicação de forças responsável por receber as forças de cada uma dos elementos estruturais e “compensar” as forças para que o sistema fique estático.

A rigidez da estrutura é obtida por um processo chamado contraventamento. Isto é, uma treliça construída com quadros triangulares é mais rígida que uma de quadros de quatro ou mais lados, pois é a forma triangular fornece contraventamento eficiente (ver Fig. 15).

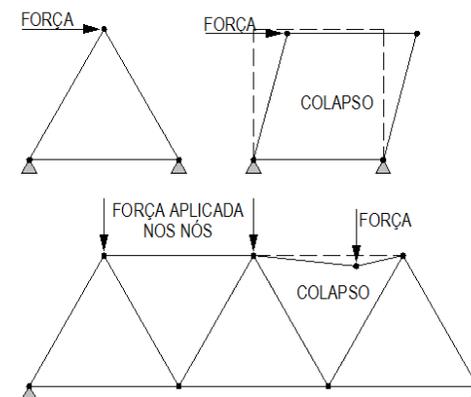


Figura 15 – Quadros e treliças.

Por fim, outra característica que deve ser observada na construção das treliças é a de que, para que os contraventamentos triangulares funcionem, as cargas devem ser aplicadas apenas nos nós. Uma carga aplicada fora de um nó tende a criar um vinco (dobra) no elemento da treliça, formando ali um nó extra que modifica a forma triangular do quadro e colaborando para o colapso da treliça (ver Fig. 15).

Referência Bibliográficas:

- SILVER, P.; MCLEAN W. e EVANS P. Sistemas Estruturais. Ed. Blucher. São Paulo, 2013.
REBELLO Y.C.P. A Concepção Estrutural e a Arquitetura. Ed. Ziguarte. São Paulo, 2000.
ALMEIDA M.C.F. Estruturas Isostáticas. Ed. Oficina de Textos. São Pulos, 2011.

Referências de Fotos:

- Foto 1:
<http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/b/ba/Parthenon.jpg/1024px-Parthenon.jpg>
Foto 2:
http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/8/89/SFEC_EGYPT_ESNA_2006-012.JPG/682px-SFEC_EGYPT_ESNA_2006-012.JPG

Uma vez que somente as fibras superiores e inferiores da viga trabalham para combater o momento fletor e as fibras medianas são praticamente inúteis, os melhores formatos de seção de vigas são aqueles que concentram material nas faces superior e inferior. Os principais exemplos são as seções I e O (ver a Fig. 13).



O uso de seções retangulares na construção de vigas de concreto só é aceito quando a economia de material das seções especiais for menor que o custo de trabalho de executá-las.

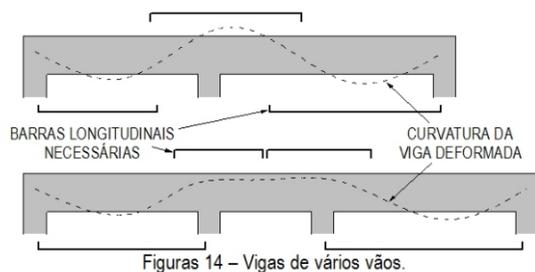
Armaduras Longitudinais da viga – posicionamento

Como o concreto tem baixa resistência à tração, usa-se o aço para compensar essa deficiência. Barras de aço devem ser posicionadas nos locais das vigas onde é previsto ocorrer esforços de tração (onde houver estiramento das fibras). Para isso deve-se analisar a deformação das vigas (curvaturas) diante dos carregamentos previstos. Existem diversas formas de fazer essa análise, entre eles as gráficas, as matemáticas e também o uso de maquetes específicas para esse tipo de análise. Atualmente, a forma mais usual é a matemática por métodos numéricos (computacional).

A análise da curvatura deve levar em consideração as seguintes regras:

- Quando a curvatura é interna ocorre compressão: concreto é, normalmente, suficiente para combater os esforços nessa face da viga;
- Quando a curvatura é externa ocorre tração e o concreto é insuficiente para combater os esforços nessa face da viga e será necessário o uso de barras de aço;
- Quando não ocorre curvatura não aparecem esforços de tração ou compressão;

Assim, a necessidade e o posicionamento das barras, seja na face inferior da viga (armadura positiva) ou na face superior (armadura negativa), serão definidas pela curvatura da viga deformada. A Figura 14 demonstra o uso das regras apresentadas acima:



É importante destacar que as armaduras longitudinais das vigas têm função construtiva, isto é, auxiliam na montagem do conjunto. No vão intermediário da segunda viga da Fig. 14, não existe necessidade estrutural de armadura positiva, entretanto ela deve ser usada por motivos construtivos e especificações de norma.

1. O que é uma estrutura?

Na natureza, todos os corpos estão sob a ação do meio ambiente. Essa ação é representada pela força da gravidade, variação de temperatura, pressão do vento, terremotos, etc. Algumas dessas forças são facilmente perceptíveis, outras não.

Desta forma, é necessário, a tudo na natureza, ser suficientemente resistente para que essas forças não venham a quebrá-los ou desabá-los. As árvores, as teias de aranha e até o corpo humano são exemplos de entidades criadas pela natureza para suportar tais forças.

O ser humano, na busca de abrigo e proteção e imitando um pouco a natureza, reuniu conhecimento e habilidade suficiente para construir abrigos que fossem funcionais, seguros e econômicos. As primeiras construções foram criadas a partir de materiais rústicos e pouco elaborados, na sua maioria alvenaria de pedra, terra e madeira.

O aprimoramento das técnicas e a busca de economia construtiva levou a definição do conceito ESTRUTURA. A função da estrutura é economizar materiais nobres, responsáveis por suportar a construção, permitindo o uso de materiais menos nobres, mas ainda utilizáveis, em outras partes da construção sem função estrutural.

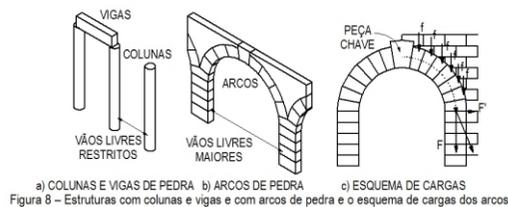
As estruturas da antiguidade eram mais reconhecidas como arte do que como ciência. Não havia regras para idealização de carregamentos, modelos de comportamento da estrutura e dos materiais, critérios de segurança, etc. A construção de novas estruturas era empírica (experimental) baseada em experiências prévias do tipo: "ficou de pé, então é estável, pode-se fazer assim". O conhecimento empírico era passado de geração em geração de construtores práticos e tratado como segredos da corporação, ou seja, repassados do "mestre" ao seu "aprendiz" que, ao longo do tempo, deveria se mostrar notável e digno para merecer exercer a profissão.

O primeiro construtor (engenheiro ou arquiteto), que entendia o conceito de estrutura, que se tem notícia foi o egípcio Imhotep que construiu a pirâmide de Sakara com 62 metros de altura no século 17 a.c.

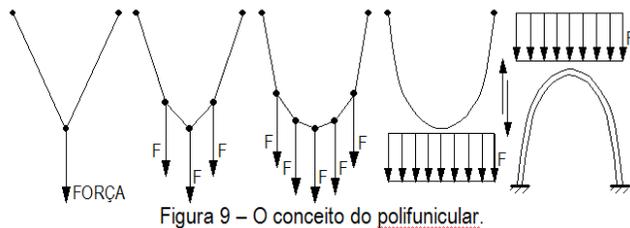
As primeiras estruturas de edifícios eram compostas de viga e pilares, formando pórticos, tipo até hoje muito usado. A limitação quanto aos materiais disponíveis levava a limitação dos comprimentos dos elementos estruturais – tanto das vigas quanto dos pilares – limitando o tamanho dos vãos e aumentando a necessidade de vários pilares. Talvez observando as estruturas da natureza, cedo se percebeu que a forma de arco, por levar a uma melhor distribuição de esforços, permite a elaboração de construções estáveis de maiores vãos. Essa forma, assim como sua variação espacial, como cúpulas e abóbodas, é muito presente em construções antigas. De uma maneira geral, pode-se dizer que os gregos criaram as estruturas em pórticos, depois aperfeiçoadas pelos romanos para a forma de arco, possibilitando maiores vãos com os materiais disponíveis à época. Somente com a Revolução Industrial, a partir do século 19, é que a forma em pórtico volta a ser popular, pois os novos materiais, como o ferro fundido e, posteriormente, o aço e o concreto armado, possibilitavam vãos maiores com estruturas aporticadas.

2. Forças e Carregamentos:

As Forças são entidades físicas que representam a aplicação uma quantidade de energia num determinado objeto, criando (ou não) movimento neste. Neste trabalho as forças são representadas por setas (vetores) que têm intensidade, direção, sentido e ponto de aplicação (ver Fig. 1a). Na engenharia civil essas forças são chamadas cargas ou carregamentos. Basicamente, a diferença entre uma carga e um carregamento é o ponto de aplicação ou a forma como a carga é aplicada na estrutura. Carregamentos são, normalmente, aplicados (distribuídos, espalhados) em uma determinada área de aplicação e, na física, são considerados mais reais (ver Fig. 1b). Já as cargas são aplicadas em um ponto específico (concentrada nele) ou consideradas como tal, quando a área de aplicação é relativamente pequena, em relação à estrutura como um todo.

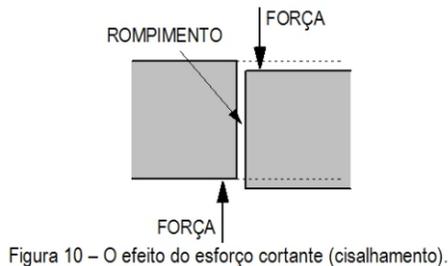


Com o tempo, as técnicas construtivas dos arcos foram se desenvolvendo e a busca de arcos mais bonitos e mais eficientes levou ao desenvolvimento da técnica do Polifuncular que analisa o arco “de cabeça para baixo” (ver Fig. 9). À medida que se acrescentam “pesos” a um tirante, ele vai tomando a forma de um arco perfeito. Esse desenho (formato) obtido pode ser invertido e usado como arco de compressão.



4. Cisalhamento:

O cisalhamento é um tipo esforço que surge quando as forças do carregamento não estão alinhadas. Esse desalinhamento tende a “cortar” o elemento estrutural e por isso esse esforço é comumente chamado de esforço cortante. A Figura 10 mostra esse efeito de corte.



Normalmente, a superfície de corte é paralela a direção das forças “cortantes”, mas, dependendo do material, a superfície de rompimento forma um ângulo com esse alinhamento diferente de zero. Enquanto o aço, por ser um material dúctil, tem o ângulo próximo a zero, o concreto, por ser um material frágil, tem esse ângulo próximo a 45°. Assim, a forma de combater esse esforço varia dependendo do material usado na estrutura.

O concreto tem um ângulo grande porque grande parte do esforço cortante é transformado em esforços de compressão e tração. Quando o braço de alavanca do binário é pequeno o cortante é transformado em compressão, quando o braço de alavanca é grande o cortante vira tração. Conclui-se que o concreto não rompe por cisalhamento e sim por tração.

deve permanecer estático, isto é, não deve se movimentar. Assim, deverão existir sempre um conjunto (pelo menos duas) de forças agindo nesse objeto e este conjunto de forças deve se “compensar”, isto é, o movimento de uma força deve anular o movimento de outra até que todas se anulem.

Essa compensação de forças ocorre quando esse conjunto de forças está alinhado, isto é, as forças estão aplicadas num mesmo ponto de aplicações ou quando elas formam uma única linha de aplicação (ver Fig. 4a). Quando esse alinhamento não existe, ocorre um binário de forças e consequentemente um giro, que deve ser evitado (combatido) para que o objeto fique estático. A distância entre esse desalinhamento é comumente chamado de braço de alavanca (ver Fig. 4b). Quanto maior o braço de alavanca maior a força de giro do binário.



Para que o objeto (edifício) se mantenha estável, seus elementos devem resistir aos esforços internos criados por essas cargas e carregamentos e a parte desse objeto que resiste é chamada ESTRUTURA. Os materiais usados na construção civil para formar a estrutura do edifício têm características muito diferentes e devem ser levadas em consideração na hora de sua escolha:

- Pedra: é um material barato e muito resistente, mas de difícil trabalho e manuseio;
- Aço: é muito resistente e de fácil trabalho e manuseio, mas é caro e muito flexível;
- Concreto: é relativamente barato, de fácil de trabalho e manuseio e muito resistente a alguns esforços, mas de baixa resistência a outros esforços e impactos.

Esses materiais resistem aos esforços de forma diferenciada (principalmente o concreto) e por isso é necessário entender os esforços que ocorrem nos elementos estruturais antes de ver as características de cada material.

3. Esforços Internos e os Materiais de Construção:

Os esforços internos mais simples que correm nos elementos estruturais são:

- Compressão: Quando forças opostas alinhadas comprimem um elemento estrutural de forma que ele reduza a sua dimensão (encurtamento), dizemos que o elemento está sob compressão;
- Tração: Quando forças opostas alinhadas tracionam um elemento estrutural de forma que aumente sua dimensão (estiramento), dizemos que o elemento está sob tração.

O concreto, por exemplo, é um material que resiste muito bem à compressão, mas tem baixa resistência à tração (cerca de 10% da compressão). Já o aço é um material que tem ótima resistência tanto à tração quanto à compressão.

Esses esforços são normalmente uniformes na seção do elemento estrutural, isto é, cada fibra do elemento estrutural recebe a mesma quantidade de carga, de forma que cada uma estira ou encurta na mesma quantidade.

■ estruturas com cabos:

Os tirantes, sejam feitos de cordas ou cabos de aço, são elementos que suportam bem os esforços de tração, mas devido à sua flexibilidade não resistem bem a esforços de compressão. O uso de cordas como elemento estrutural é bem antigo e começou a ser aplicado em pontes pênsis para atravessar vale e desfiladeiros relativamente estreitos. Os cabos de aço vieram substituir as cordas e, até hoje, são úteis em estruturas de pontes e coberturas leves. Na Figura 5 podemos ver dois tipos de estrutura com tirantes (cabos).

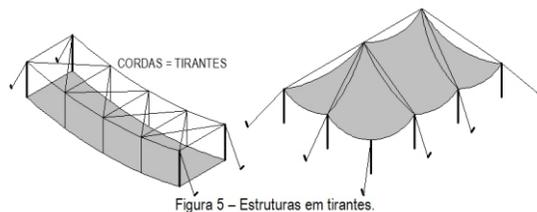


Figura 5 – Estruturas em tirantes.

Pilares e colunas:

Um elemento estrutural que também é bastante antigo é a coluna, que era frequentemente usada pelos egípcios e gregos em seus templos e construções públicas. É um elemento simples de ser entendido, pois, devido ao seu posicionamento vertical, acaba suportando basicamente cargas verticais, combatendo então esforços de compressão.

Sua técnica construtiva é um pouco mais elaborada que os arcos e sua principal limitação é a altura, devido ao efeito da flambagem.



Figura 6 – Colunas usadas em templos Gregos e Egípcios.

Flambagem:

Flambagem é um efeito físico que ocorre em elementos comprimidos com comprimento longitudinal muito grande e demasiados esbeltos. Enquanto elementos curtos e robustos são capazes de resistir compressões muito altas, quase até o rompimento do seu material constituinte, elementos, do mesmo material, que são longos e esbeltos, têm baixa capacidade de compressão por conta da Flambagem. Isto é, com pequenos carregamentos o elemento começa a fletir (curvar), se deformando constantemente até a ruína do elemento. Este efeito tem como principal definidor a esbeltez do elemento, mas também a forma da seção transversal e o fato dos materiais usados na construção civil não serem perfeitamente homogêneos. A Figura 7 mostra a curvatura que ocorre na flambagem.

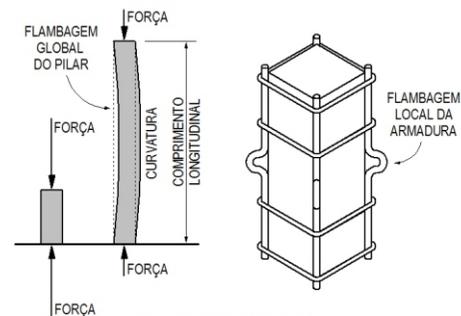


Figura 7 – O efeito da flambagem.

A flambagem é evitada (combatida) modificando as características do elemento estrutural que determinam a sua esbeltez, isto é, buscando seções robustas ou comprimentos curtos. Como o uso de seções robustas faz com que a estrutura fique cara (maior uso de material) é comum reduzir os comprimentos dos elementos estruturais por meio de contraentramentos e engastamentos.

Em pilares de concreto armado, dois tipos de armadura são responsáveis por combater a flambagem: as barras longitudinais e os estribos. O uso de barras longitudinais extras impedem a curvatura do pilar como um todo (flambagem global) e o uso de estribos impedem a “dobra” da armadura longitudinal em determinados pontos (flambagem local).

Estruturas em arcos:

Uma das primeiras técnicas estruturais que efetivamente visava economia foi a dos arcos circulares. Geralmente em pedra, tijolo ou outro material de construção similar, o arco é composto por blocos em cunha que, colocados lado-a-lado, se travam uns aos outros em compressão e mantêm a forma em curva. Sua invenção é muito antiga, mas foram os Romanos que desenvolveram a técnica do arco circular e usaram-no em grande escala. O arco tem diversas vantagens principalmente em relação às estruturas formadas por colunas e vigas de pedra (ver Fig. 8a e b). Dentre as principais vantagens destacam as seguintes:

- Uso de material simples e barato – alvenaria de pedras (relativamente pequenas) com cortes simples;
- Técnica construtiva muito simples;
- Conhecimento do funcionamento da estrutura – elementos somente comprimidos.

Essas vantagens dos arcos se traduziam em estruturas mais resistentes com vãos livres muito maiores. Estruturas de colunas/vigas quando tentam alcançar tais vãos tendem a ter as vigas rompidas.

Nessa prática construtiva observou-se que todo carregamento aplicado sobre o arco se transformava em compressão entre as pedras constituintes do arco. Esse fato dispensava o uso de argamassas ou colas para aderir as pedras e o conjunto se mantem “em pé” simplesmente por ação do contato entre as pedras.

Enquanto os sistemas coluna/viga tem como ponto vulnerável o comprimento da viga (que tende a se deformar ou romper), o arco funciona sob compressão, transportando o peso da construção para os pilares de suporte e para os lados (impulso lateral e diagonal) permitindo a abertura de vãos maiores sem risco de colapso.

A construção do arco exige a montagem de um cimbramento que serve de forma para a curvatura. O bloco situado no alto do arco (a “chave”) é o último elemento a ser colocado e permite que a estrutura se trave e a forma se mantenha depois de retirada da forma.