

Aula 00

CETESB-SP (Engenheiro - Civil)

Conhecimentos Específicos

Autor:

Equipe Jonas Vale, Jonas Vale

Lara

11 de Julho de 2023

APRESENTAÇÃO E CRONOGRAMA DO CURSO	4
Projeto de estruturas de concreto armado	7
<i>Propriedades e comportamento do concreto armado.....</i>	<i>7</i>
<i>Elementos estruturais de concreto armado.....</i>	<i>10</i>
<i>Tipos de lajes</i>	<i>15</i>
<i>Estados limites.....</i>	<i>25</i>
<i>Classes de agressividade</i>	<i>32</i>
<i>Características do concreto</i>	<i>34</i>
<i>Cobrimento da armadura</i>	<i>34</i>
<i>Diagramas tensão-deformação</i>	<i>42</i>
<i>Módulo de elasticidade e diagrama tensão-deformação do concreto.....</i>	<i>46</i>
<i>Módulo de elasticidade e diagrama tensão-deformação de aços para concreto armado</i>	<i>51</i>
<i>Deformações e Fissuração</i>	<i>65</i>
<i>Limites para deformações</i>	<i>65</i>
<i>Deformações e juntas de dilatação</i>	<i>67</i>
<i>Fissuração em estruturas de concreto armado</i>	<i>68</i>
<i>Limites para abertura de fissuras</i>	<i>68</i>
<i>Segurança nas estruturas.....</i>	<i>77</i>
<i>Ações atuantes na estrutura</i>	<i>77</i>
<i>Ações de cálculo e combinações de projeto</i>	<i>78</i>
<i>Resistências de cálculo</i>	<i>81</i>
<i>Esforços solicitantes de cálculo</i>	<i>82</i>
<i>Verificação de segurança estrutural.....</i>	<i>83</i>
<i>Estádios e domínios de deformação</i>	<i>85</i>



<i>Estádios de deformação</i>	<i>85</i>
<i>Domínios de deformação.....</i>	<i>92</i>
Projeto e dimensionamento de elementos de concreto armado	108
<i>Projeto e dimensionamento de vigas.....</i>	<i>108</i>
<i>Dimensionamento aos esforços de flexão</i>	<i>111</i>
<i>Dimensionamento ao esforço cortante</i>	<i>123</i>
Lista de questões	129
Referências bibliográficas	152
Considerações Finais das Aulas	153
GABARITO	154



APRESENTAÇÃO E CRONOGRAMA DO CURSO

Olá, amigo do Estratégia Concursos, tudo bem?

É um prazer iniciar essa jornada com você nesse curso de Engenharia Civil focado em concursos de alto nível do país. Faremos uma breve apresentação de nossas origens:

-Jonas Vale Lara: Sou engenheiro do Tribunal de Contas do estado de Minas Gerais, tendo sido aprovado em 1º lugar no concurso de 2018. Tenho formação em engenharia civil na UFMG (Universidade Federal de Minas Gerais) e fiz mestrado em Saneamento. Atuei em obras no Brasil e no exterior e sou um apaixonado por esportes e natureza.

-Lineker Max Goulart Coelho: Sou Professor do CEFET-MG, fui aprovado em 4 concursos na área de engenharia e em 4 concursos para professor em instituições superiores federais. Formei em engenharia civil na UFMG, e fui agraciado com a medalha de ouro dos formandos de 2011. Além disso, atuei em obras de grande porte na parte de projetos, tendo especialização em engenharia de estruturas e fiz mestrado e doutorado em Saneamento, Meio Ambiente e Recursos Hídricos.

Buscamos fazer um material objetivo e fácil de ler, para que você não só aprenda o que tem em cada apostila, mas também para que goste de ler todas as páginas. Afinal, o estudo é um parceiro seu, e não um inimigo. Queremos que qualquer pessoa possa ser um grande engenheiro dos concursos, de forma que esse curso seja um trampolim para uma vida muito melhor.

A sociedade espera muito de você! Sabia que o conhecimento que passamos é muito melhor do que você viu na universidade e, no final, você vai concluir que fez uma pós-graduação de altíssimo nível. Você estará acima de outros engenheiros que não fizeram esse curso, pois o diploma não significa nada na hora da prova. O que conta é a preparação para o concurso; é cada página que você terá lido e entendido que resultará no resultado final em um concurso.

Lembre-se: não há conhecimento já produzido que seja impossível de entender!

Quando a matéria parecer cansativa, dê um tempo ao seu cérebro, tente andar um pouco no local onde você está, pense em outras coisas, fazendo uma pausa de uns 5 minutos. Depois retorne para os estudos, que já estará com a cabeça mais fresca.



Mãos à obra rumo ao sucesso?



“O sucesso é a soma
de pequenos esforços
repetidos dia após dia.”

Robert Collier, escritor



Um grande abraço,

Jonas e Lineker

Para **tirar dúvidas**, não perca tempo, acesse nosso fórum de dúvidas! Buscaremos responder com o máximo de clareza e rapidez!



PROJETO DE ESTRUTURAS DE CONCRETO ARMADO

Nas aulas anteriores vimos as principais propriedades do concreto armado e como as matérias-primas que o compõem influenciam em suas características. Nesta aula e na próxima iremos tratar do comportamento estrutural das construções de **concreto armado** e dos procedimentos de cálculo utilizados no projeto dessas estruturas. Sendo assim, essa aula é dedicada ao projeto e dimensionamento das estruturas de concreto armado, procedimento que consiste em definir a geometria e demais características de cada elemento estrutural, buscando garantir que a edificação suporte os esforços a que está submetida, mantenha sua funcionalidade e proporcione conforto aos usuários ao longo de toda sua vida útil.

A norma técnica brasileira que trata do dimensionamento de estruturas de concreto armado e apresenta critérios e procedimentos para este fim é a **NBR 6118**, a qual será bastante explorada nesta aula.

PROPRIEDADES E COMPORTAMENTO DO CONCRETO ARMADO

Antes de começarmos e entender os procedimentos de cálculo e projeto é importante entender o que é o concreto armado.

O **concreto armado** corresponde ao uso do **concreto** reforçado por uma **armadura** formada por barras de **aço** que irá contribuir para a resistência do elemento estrutural formado por estes materiais. Essa armadura amplia as possibilidades de uso do concreto para fins estruturais, pois corrige um dos principais problemas do concreto, que é a baixa resistência a tração.

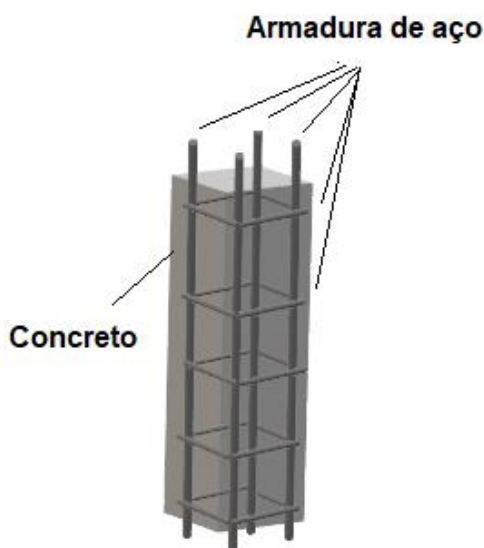


Figura 1 – Materiais que compõem o concreto armado.

Conforme apresentado nas aulas anteriores, o concreto apresenta uma **baixa resistência à tração** se comparada à sua **resistência à compressão**. Sendo assim, no cálculo de estruturas de concreto armado despreza-se a resistência do concreto a tração, ou seja, considera-se que a resistência do concreto a tração é nula e que este material vai atuar apenas resistindo a esforços de compressão.

Mas então quem resiste aos esforços de tração?

O principal **papel do aço** da armadura é resistir aos **esforços de tração**. Dessa forma o aço e o concreto **trabalham em conjunto** para resistir aos esforços a que a estrutura é submetida. Assim, o **concreto** é o principal responsável por **resistir aos esforços de compressão** (o aço também contribui para a resistência a compressão) e o **aço** é o responsável por resistir aos **esforços de tração** (o concreto na prática contribui para essa resistência, mas desprezamos essa contribuição). Considera-se que o **aço** e o **concreto** de um elemento estrutural de concreto armado **trabalham de maneira solidária**, ou seja, estão fortemente aderidos de modo que ambos apresentam as **mesmas deformações** quando submetidos a esforços de compressão. Sendo assim, considera-se que os materiais que formam o concreto trabalham de maneira conjunta de modo que a peça de concreto armado se comporta como se fosse uma peça monolítica, ou seja, um elemento único e maciço.

Antes de avançarmos é importante conhecer algumas definições quanto às variáveis apresentadas na Figura 2, que representa um elemento de concreto armado de seção transversal retangular, sendo comprimido na região superior e tracionado na região inferior. Não se preocupe sobre o porquê de haver compressão em cima e tração abaixo, ao longo da aula você entenderá os esforços.

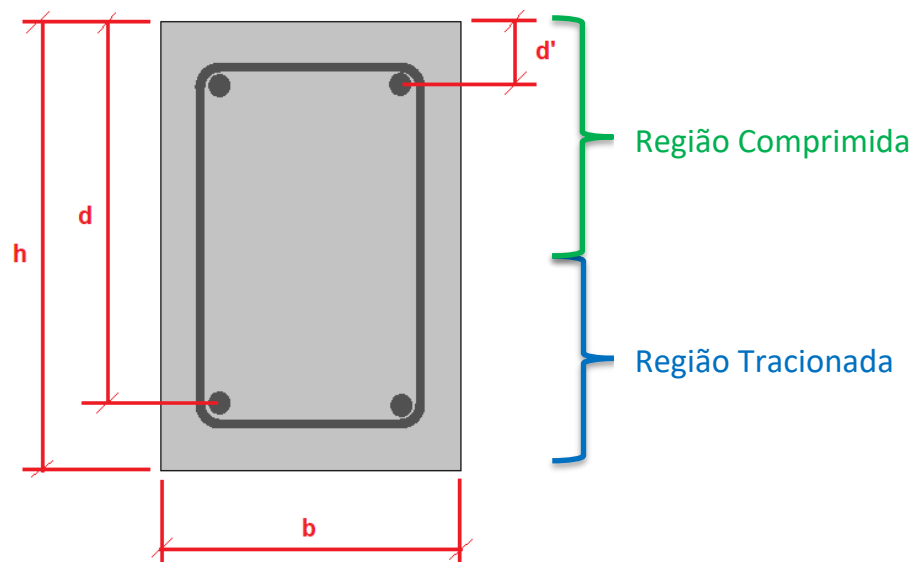


Figura 2: Características geométricas de uma seção transversal de um elemento de concreto armado.

As variáveis mostradas são:

- b: **largura** da seção transversal;
- d: **altura útil** da seção transversal, correspondente ao centro de gravidade da armadura longitudinal de tração à borda mais comprimida da seção;
- d': distância ao centro de gravidade da armadura longitudinal de compressão a borda comprimida da seção;
- h: **altura total** da seção.



Normalmente por convenção considera-se que o momento fletor que **traciona** a face **inferior** é **positivo**, enquanto que momentos fletor que tracionam a face **superior** destas são considerados **negativos**. Por esse motivo é comum chamar a armadura inferior de **armadura positiva** e a armadura superior de **armadura negativa** (Figura 3).

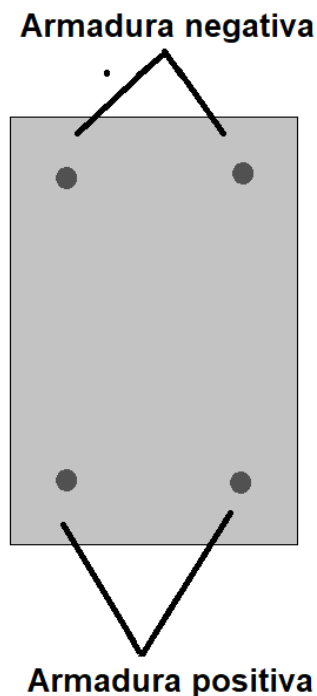


Figura 3: Seção transversal de um elemento de concreto com posição das armaduras longitudinais positivas e negativas



Um aspecto importante é que o **concreto armado** para **fins estruturais** deve apresentar uma **resistência a compressão** mínima de **20 MPa**. Esse valor mínimo é um limite muito importante no âmbito do estudo de estruturas de concreto armado, sendo frequentemente cobrado em questões de concurso.



CESPE - STM - Analista Judiciário - Eng. Civil – Questão de fixação

Nas estruturas de concreto armado, a solidariedade é uma condição básica para que o conjunto aço-concreto se comporte como uma peça monolítica.

() Certo () Errado

Comentários:

A afirmação é verdadeira. Considera-se que nos elementos de concreto armado o aço e o concreto trabalham de maneira solidária como uma peça monolítica.

Gabarito: Certo

ELEMENTOS ESTRUTURAIS DE CONCRETO ARMADO

Ao se projetar uma edificação de concreto armado é necessário o uso de diferentes tipos de **elementos estruturais** que juntos formam a estrutura do edifício. Existem vários elementos estruturais que se **diferenciam** basicamente por sua **forma geométrica** e pelo tipo de **esforço predominante** que atua sobre ele.

Com relação a sua geometria os elementos estruturais são normalmente classificados em dois grupos: **elementos lineares** e **elementos de superfície**. Os **elementos lineares**, ou barras, apresentam sua dimensão longitudinal (comprimento) bem maior do que as dimensões da sua seção transversal. Já os **elementos de superfície** caracterizam-se por uma de suas dimensões ser bem menor do que as demais, ou seja, são elementos essencialmente **bidimensionais** e cuja terceira dimensão é normalmente denominada de espessura. Cada um destes grupos é formado por vários elementos estruturais que se **diferenciam** quanto ao **esforço preponderante** a que estão submetidos, ou seja, sua **função estrutural**.

Mas afinal qual a importância de conhecermos os diferentes tipos de elementos estruturais?



O tipo de elemento estrutural define os **procedimentos de cálculo** e dimensionamento a se utilizar, pois os esforços atuantes principais **diferem** para cada **tipo de elemento**. Vamos ver por quê?



Os principais elementos estruturais de cada grupo são:

- Elementos lineares: são aqueles constituídos por apenas uma dimensão significativa (Figura 4);
 - **Pilar**: elemento estrutural linear reto em que os principais **esforços** são **de compressão** (Figura 4a). Os pilares transmitem os esforços que recebem diretamente às fundações ou a outros elementos estruturais;
 - **Viga**: elemento estrutural linear em que predominam ações atuando perpendicularmente ao eixo do elemento gerando **esforços internos de flexão** (Figura 4b);
 - ✓ Observe nessa Figura 4b a ocorrência dos esforços internos de flexão, produzidos pelo peso distribuído linearmente sobre a viga. Estudaremos ele em mais detalhes posteriormente.
 - **Arco**: elemento estrutural linear **curvo** em que predominam **esforços internos de compressão** (Figura 4c);
 - **Tirante**: elemento estrutural linear reto em que predominam **esforços de tração** (Figura 4d).

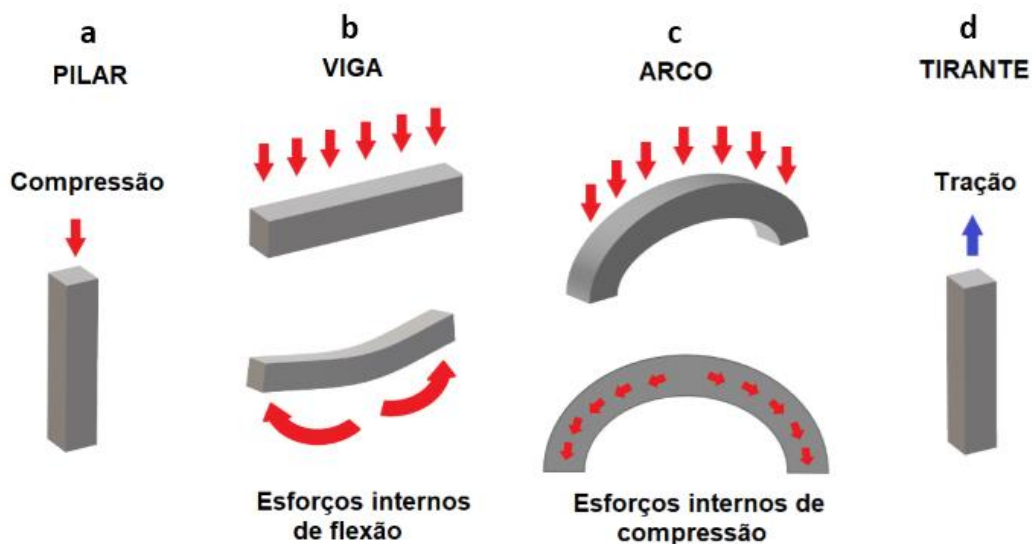


Figura 4: Elementos estruturais lineares.

- Elementos de superfície: constituídos por duas dimensões significativas, em detrimento de uma outra dimensão bem pequena (Figura 5);
 - **Casca:** elemento estrutural de superfície não plana (Figura 5a).
 - **Placa:** elemento estrutural de superfície plana submetido predominantemente a **esforços normais** (perpendiculares) ao seu plano (Figura 5b). No caso de estruturas de concreto armado, as placas são denominadas de **lajes**.
 - **Chapa:** elemento estrutural de superfície plana com os **esforços** predominantes agindo **no mesmo plano do elemento** (Figura 5c). As **paredes** são exemplos de chapas, pois são elementos planos que recebem esforços agindo no mesmo plano do elemento. Conforme a NBR 6118, se o comprimento de um elemento do tipo chapa é menor do que três vezes a maior dimensão de sua seção transversal, ele é denominado de **viga-parede** (Figura 5d).
 - ✓ Ficou complicado entender viga-parede? Como significado prático dessa relação necessária para se ter uma viga-parede, perceba que uma forma equivalente à definição da NBR 6118 seria dizer que a viga parede corresponde às chapas que têm comprimento pequeno em relação à sua seção transversal. Quão pequeno é esse comprimento? Aceita-se um comprimento que seja de até 3 vezes o comprimento do maior lado que compõe a seção transversal. Caso o comprimento da chapa seja maior do que 3 vezes o maior lado da seção transversal, trata-se apenas de uma chapa. Nos exercícios treinaremos esses conceitos.
 - **Pilar-parede:** elemento estrutural plano ou em forma de casca cilíndrica cujo esforço predominante é de **compressão** (Figura 5e). Conforme NBR 6118, para ser considerado um pilar parede, o elemento estrutural deve ter uma das dimensões de sua seção transversal menor ou igual a 1/5 da outra dimensão.
 - ✓ Essa exigência de que um lado seção transversal tem que ser menor ou igual a 20% do outro lado faz com que o pilar parede apresente uma seção transversal esticada, com um lado bem menor do que o outro. A palavra pilar vem do fato do elemento estar sujeito à compressão e a palavra parede, do fato de um lado da seção transversal ser muito menor do que o outro lado dessa seção.



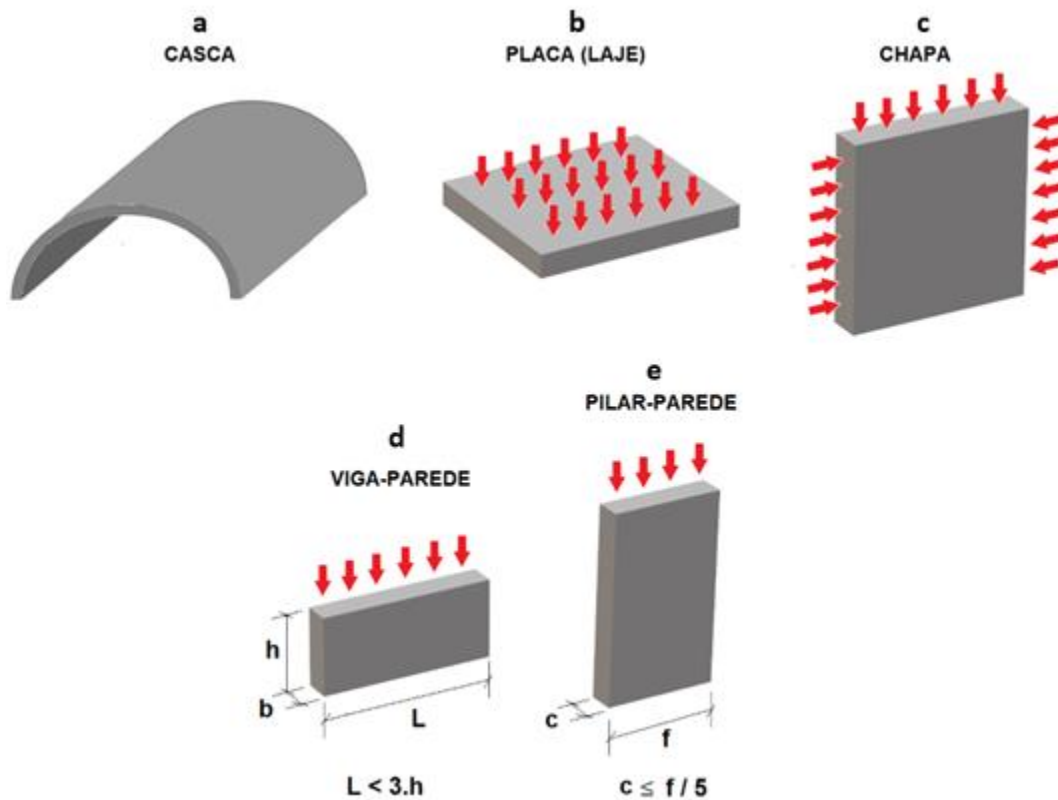


Figura 5: Elementos estruturais planos.



Vamos ver mais uma vez no detalhe alguns conceitos que podem ser difíceis à primeira vista:

- Viga-parede: é uma chapa de pequeno comprimento (Figura 5d). Quando L é igual $3 \times h$, para se aumentar o comprimento L da viga parede, teria que se aumentar também a sua altura h . Senão, se L ultrapassasse 3 vezes h , a estrutura deixaria de ser uma viga-parede, aproximando-se de um elemento linear do tipo de uma viga.
- Pilar-parede: é um pilar com um dos lados (f , no caso da Figura 5e), no mínimo, 5 vezes maior do que o outro lado da seção transversal (Figura 6). Poderíamos reescrever o conceito do pilar-parede de forma que, **se f for 5 vezes igual ou maior do que c** , teremos um **pilar-parede**:

$$f \geq 5 \cdot c \quad (1)$$

Se f for menor do que 5 vezes c , teremos apenas um pilar.



Figura 6: exemplo de pilares-parede

Uma edificação é normalmente formada pela combinação de diferentes elementos estruturais, já que, conforme apresentado, cada um deles possui uma função estrutural diferente. Dentre os elementos apresentados, os que são mais comumente encontrados em edificações de concreto armado são: **vigas**, **pilares** e **lajes**, conforme apresentado na Figura 7. Observa-se que, em uma estrutura convencional de um prédio, as lajes se apoiam nas vigas, que se apoiam nos pilares, que descarregam os esforços nas fundações. Normalmente as lajes recebem as sobrecargas dos elementos de um andar da edificação e transferem as cargas para as vigas em que estão apoiadas. Essas, por sua vez, descarregam os esforços nos pilares em que estão conectadas. Por fim os pilares transferem os esforços para as fundações.

EDIFICAÇÃO CONVENCIONAL DE CONCRETO ARMADO

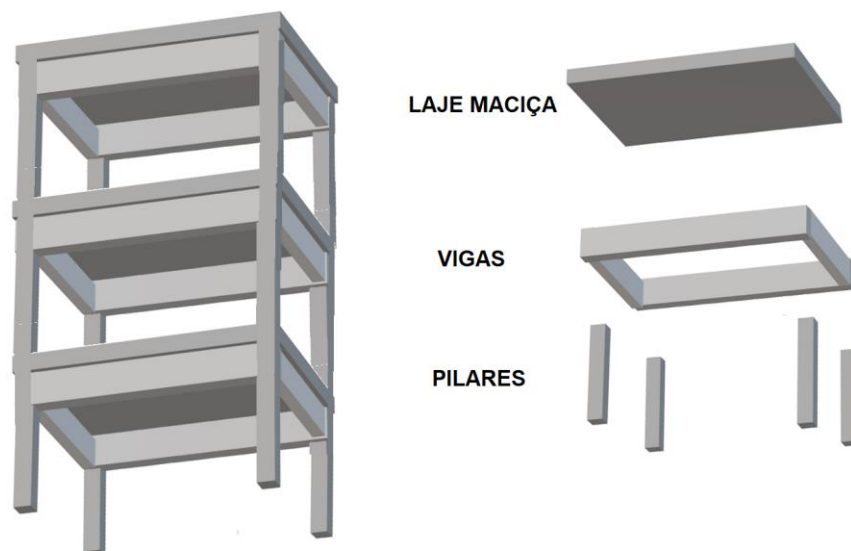


Figura 7: Edificação de concreto convencional com lajes maciças, vigas e pilares.

Tipos de lajes

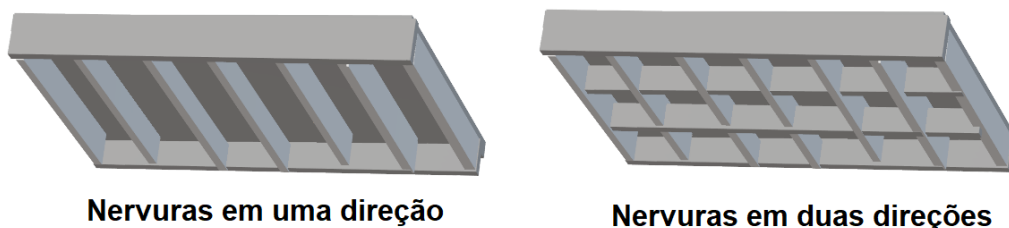
As lajes são placas em concreto armado muito empregadas no Brasil. Há **diferentes tipos de lajes** adequados a diferentes situações, podendo ser assim classificados:

- **Lajes maciças:** as lajes maciças ou convencionais são elementos planos que são apoiados em vigas e consistem no tipo de laje **mais** comumente **utilizado** (Figura 7).
- **Lajes nervuradas:** as lajes nervuradas apresentam **vigotas** ou **nervuras** em uma ou duas direções abaixo do plano da laje que permitem aumentar a rigidez desta peça (Figura 8). Uma das vantagens do uso de lajes nervuradas é que o aumento da rigidez possibilita **vencer vãos mais longos** ou suportar maiores sobrecargas, utilizando-se uma menor quantidade de concreto com relação às lajes maciças.
 - ✓ A **zona de tração** nas lajes nervuradas localiza-se na região das nervuras. Logo, o restante da laje está geralmente sob compressão.
- **Lajes lisas:** diferentemente das lajes maciças convencionais, as lajes lisas **não são apoiadas nas vigas**, pois elas se apoiam **diretamente nos pilares**. A principal vantagem da laje lisa é a facilidade de execução, pois, como não há vigas, a montagem das fôrmas é bem mais simples do que no caso de outros tipos de lajes. Por outro lado, as lajes lisas geralmente consomem mais concreto e aço, visto que resultam em **espessuras** de lajes bem **superiores** ao das lajes maciças convencionais (Figura 8).
- **Lajes cogumelo:** as lajes cogumelo, assim como as **lajes lisas**, também se apoiam diretamente nos pilares, mas elas apresentam **capitel**, que consiste no aumento da espessura da laje na região próxima aos pilares, criando uma forma semelhante à de um **cogumelo**, originando assim, o nome deste tipo de laje. A função do capitel é fazer a transição do pilar com a laje, distribuindo mais as tensões em uma região crítica de concentração de esforços. Com isso, os

capitéis reduzem a força transmitida na região de ligação do pilar com a laje, evitando um problema da concentração esforços de cisalhamento (também chamados esforços cortantes) nessa região, configurando o fenômeno de **puncionamento ou punção**. A laje cogumelo apresenta as mesmas vantagens e desvantagens da laje lisa (Figura 9), sendo empregada no caso de estrutura sujeita a esforços de maior magnitude.

- ✓ Com a evolução dos sistemas construtivos, já existe hoje em dia armação de aço que substitui o capitel, deixando a laje lisa e combatendo eficazmente a concentração de esforços chamada puncionamento.

LAJE NERVURADA



LAJE LISA

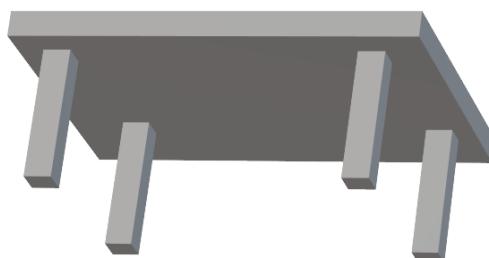
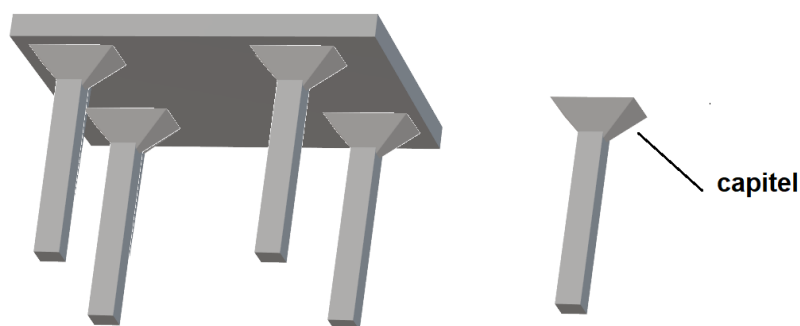
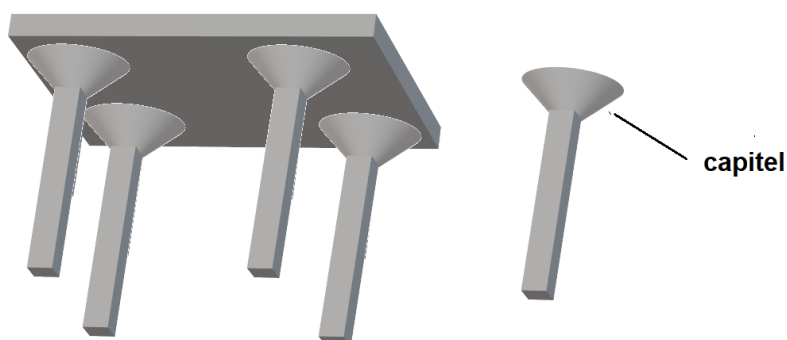


Figura 8: Lajes nervuradas e lajes lisas.

LAJE COGUMELO



Laje cogumelo com capitel piramidal



Laje cogumelo com capitel cônico

Figura 9: Lajes cogumelo com diferentes formas de capitel.



Nem sempre a laje cogumelo precisará de saliência entre a laje e o pilar formando o capitel, pois é possível eliminar essa transição simplesmente adicionando armação contra puncionamento nesta zona próxima ao pilar. Nesse caso, a laje permanecerá sem saliência alguma, como veremos em uma das questões desta aula mais à frente.



Saber diferenciar os vários **tipos de lajes** é importante, pois trata-se de um tema recorrente em questões de concursos, portanto, atente-se aos conceitos apresentados acima. Saiba que podem ainda existir **combinações** dos tipos de laje já apresentados, tais como:

- **Laje lisa nervurada:** Nessa combinação a laje apresenta nervuras e descarrega diretamente nos pilares não havendo vigas;
- **Laje cogumelo nervurada:** Nessa combinação a laje apresenta nervuras e descarrega diretamente nos pilares, não havendo vigas. Além disso, no encontro entre laje e pilar há um capitel.

Além dos elementos estruturais já apresentados, a NBR 6118 aborda ainda os elementos estruturais de concreto das fundações, tais como as **sapatas**, **estacas** e **tubulões**, os quais já foram apresentados na aula específica para este tópico.



Outro tipo específico de estrutura formada a partir da ligação entre pilares e vigas é denominada **pórtico**. Um **pórtico plano** é formado basicamente pela união de dois **pilares** e uma **viga** por meio de **ligações rígidas** em suas extremidades (Figura 10). Diferentemente de uma viga bi apoiada, em que suas ligações são flexíveis, no caso dos pórticos as ligações de extremidade permitem **transmitir momentos** entre os elementos estruturais que o compõem.

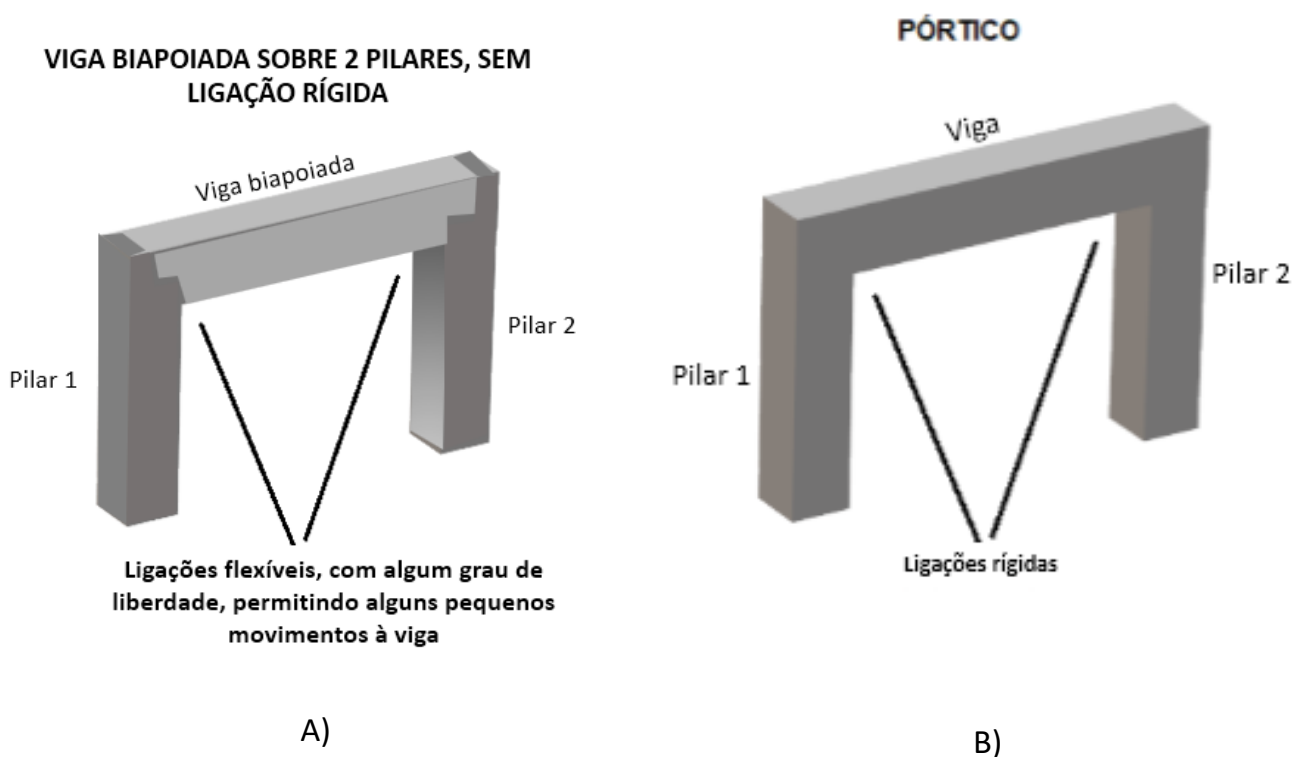


Figura 10: Viga biapoiada (A) e pórtico plano formado por dois pilares e uma viga.

Os pórticos são mais comuns do que você pensa, com certeza você já passou por baixo de algum uma vez na vida. Veja a seguir um exemplo dessa estrutura.

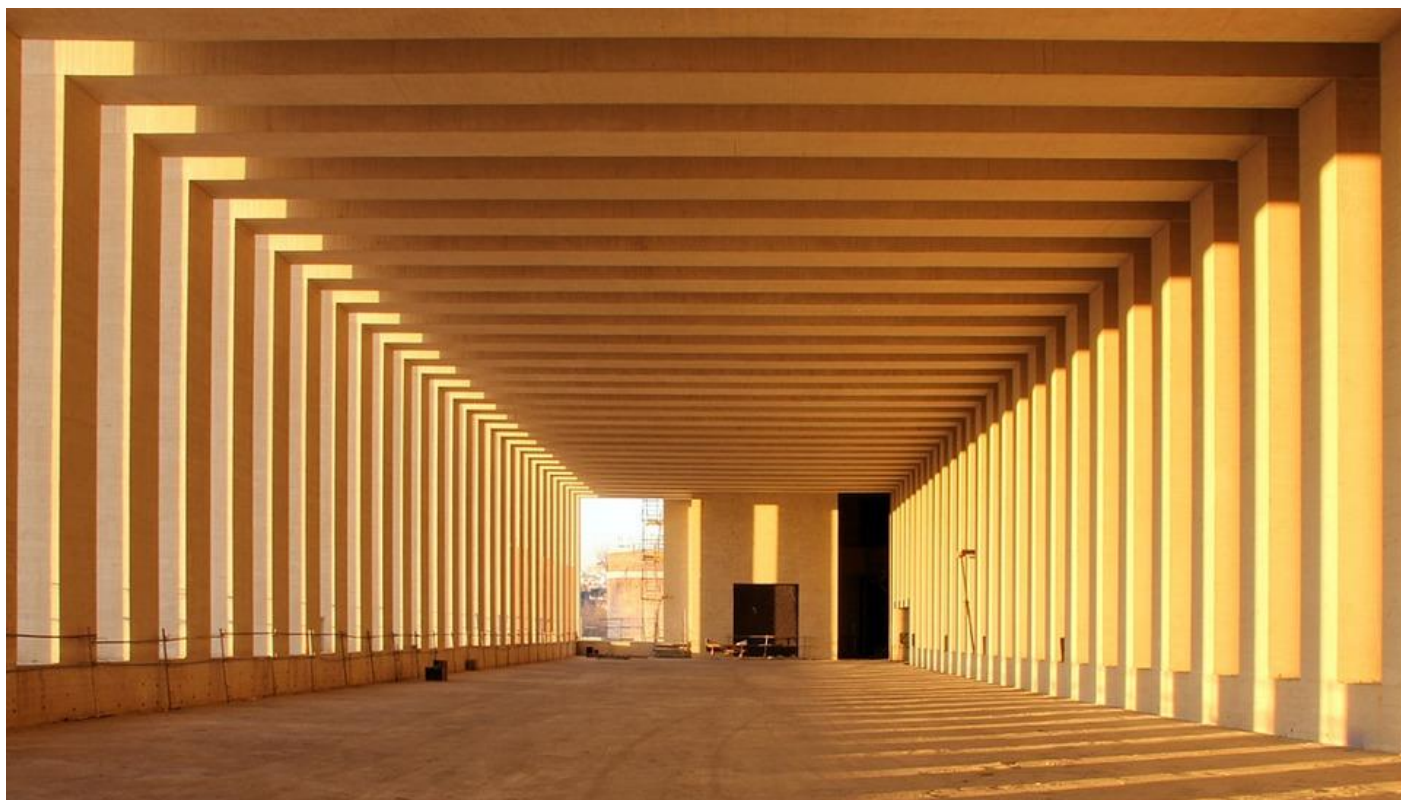
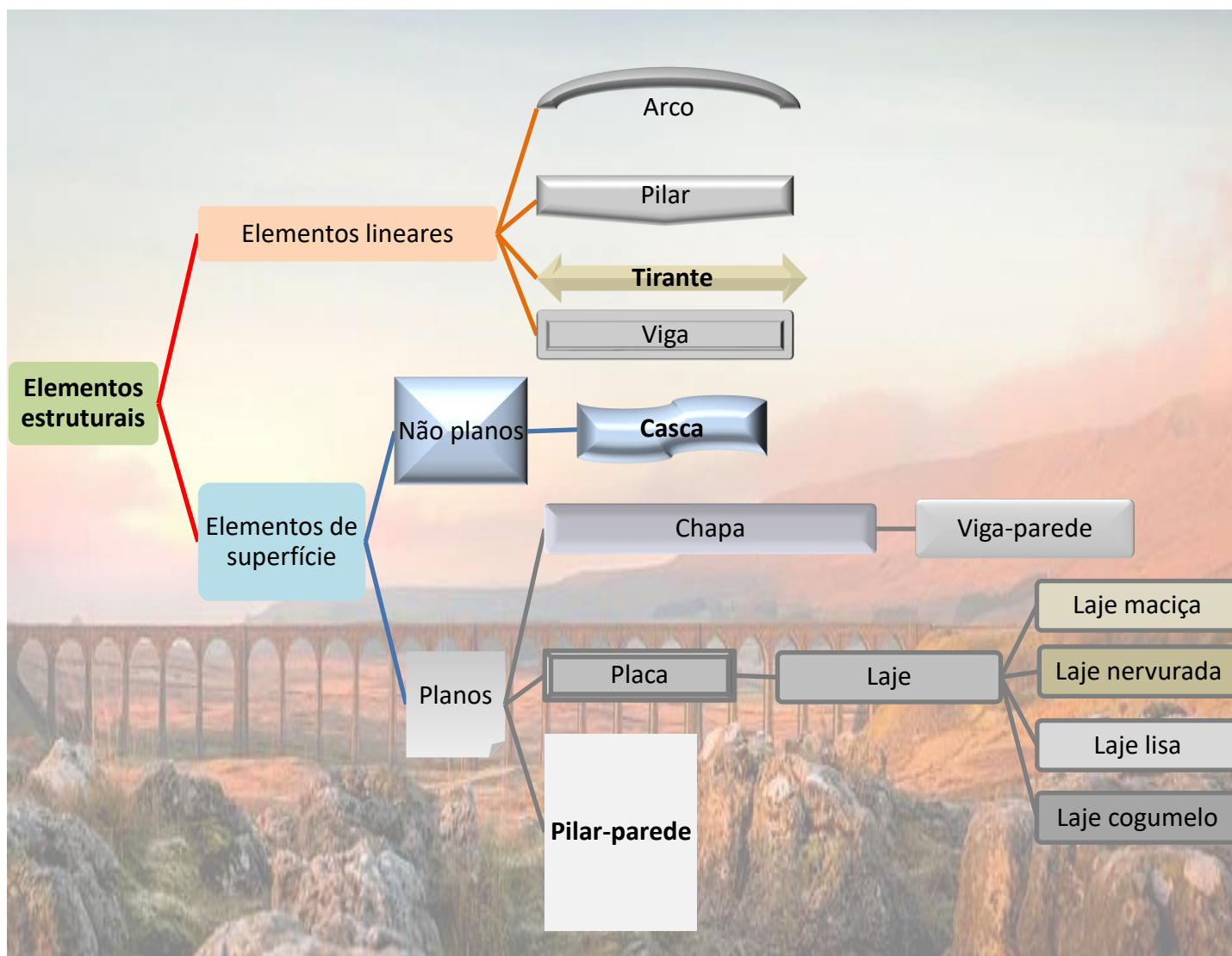


Figura 11: exemplo real de vários pórticos em série



AOCP - Prefeitura de Pinhais - Engenharia - 2017

Nas alternativas a seguir, estão listados alguns elementos estruturais básicos em concreto armado. Assinale a alternativa em que o elemento apresentado está com a definição INCORRETA.

a) Tirante é o elemento linear de eixo reto em que a força normal de tração é preponderante.



- b) Arco é o elemento curvo em que a força normal de compressão é preponderante, agindo ou não com flexão.
- c) Viga-parede é o elemento de superfície plana sujeito, principalmente, a ações contidas em seu plano; o comprimento é menor que três vezes a maior dimensão da seção transversal.
- d) Pilar-parede é o elemento de superfície plana ou casca cilíndrica, usualmente disposto na vertical, em que a força normal de compressão é preponderante; a maior dimensão da seção transversal é maior que 5 vezes a menor dimensão.
- e) Casca é o elemento de superfície plana.

Comentários: vamos ver cada alternativa juntos:

-A afirmativa “a” está correta, pois o tirante é um elemento linear de eixo reto em que a força normal de tração é preponderante.

-A afirmativa “b” está correta, pois o arco é um elemento curvo em que a força normal de compressão é preponderante, agindo ou não com flexão.

-A afirmativa “c” está correta, pois viga-parede é um elemento de superfície plana sujeito, principalmente, a ações contidas em seu plano; o comprimento é menor que três vezes a maior dimensão da seção transversal.

-A afirmativa “d” está correta, pois o pilar-parede é um elemento de superfície plana ou casca cilíndrica usualmente disposto na vertical, em que a força normal de compressão é preponderante; a maior dimensão da seção transversal é maior que 5 vezes a menor dimensão.

-A afirmativa “e” está errada, pois casca é um elemento de superfície não plana.

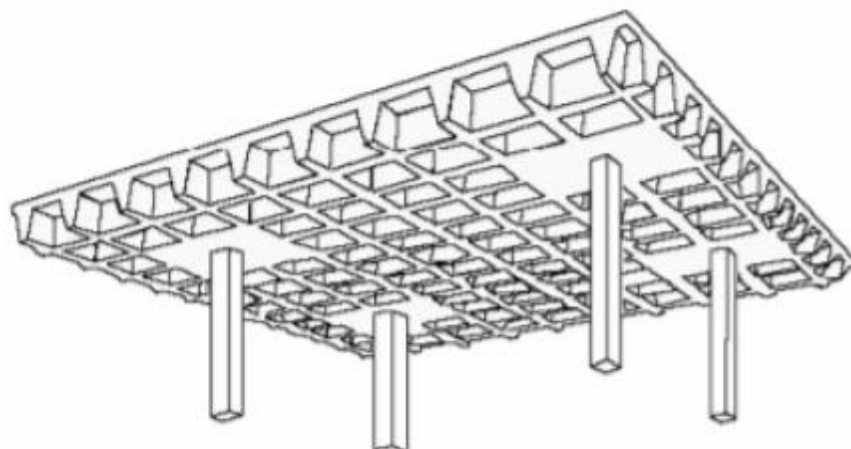
Sendo assim, a alternativa “e” é a resposta para esta questão.

Gabarito: E

AOCP - Prefeitura de Pinhais - Engenharia - 2017

A laje em concreto armado da figura a seguir apresenta um sistema estrutural denominado





Fonte: Musso, Fernando.

- a) laje maciça lisa.
- b) laje nervurada com vigas.
- c) laje cogumelo nervurada.
- d) laje cogumelo maciça.
- e) laje maciça com capitel.

Comentários:

As lajes cogumelo não apresentam vigas convencionais, de modo que a laje descarrega seus esforços diretamente no pilar. Além disso, no caso das lajes cogumelo, é comum haver um reforço da laje denominado capitel próximo à área de encontro com o pilar, conforme se observa na figura. Com isso, ficamos entre as alternativas “c” e “d”, que são as únicas que citam “cogumelo” no nome da laje. Nota-se ainda na figura a existência de uma série de pequenas vigas (vigotas) distribuídas ao longo de toda laje, formando uma estrutura nervurada. Dessa forma, a figura acima apresenta uma combinação de laje cogumelo com laje nervurada. A alternativa “C” é a resposta para esta questão.

Gabarito: C

IBFC - EMBASA - Assistente de Saneamento 2017

Analise as afirmações abaixo e assinale a alternativa correta.



I. Pilares são elementos lineares de eixo reto, usualmente dispostos na vertical, em que as forças normais de compressão são preponderantes.

II. Os pilares são destinados a transmitir as ações às fundações, embora possam também transmitir para outros elementos de apoio.

- a) Somente a afirmação I está correta
- b) Somente a afirmação II está correta
- c) Nenhuma das afirmações está correta
- d) As duas afirmações estão corretas

Comentários:

A afirmativa I é verdadeira, pois os pilares são elementos lineares de eixo reto usualmente dispostos na vertical em que as forças normais de compressão são preponderantes.

A afirmativa II é verdadeira, pois os pilares podem transmitir seus esforços para fundações ou para outros elementos estruturais.

Sendo assim, as duas afirmativas estão corretas o que corresponde à alternativa “d”.

Gabarito: D

FCC - Prefeitura de Teresina - Engenheiro Civil - 2016

Em relação à morfologia das estruturas, considere:

I. Pórticos são estruturas em que a ligação entre vigas e pilares é rígida.

II. Vigas biapoiadas possuem apoios formados por nós rígidos.

III. As sapatas recebem as ações dos pilares e as transmitem diretamente ao solo.

IV. Pilares são elementos lineares de eixo reto, usualmente dispostos na vertical, em que as forças normais de tração são preponderantes.

Está correto o que se afirma em

- a) I e III apenas.
- b) II e IV, apenas.
- c) II e III, apenas.



d) I e IV, apenas.

e) I, II, III e IV.

Comentários:

A afirmativa I é verdadeira, pois os pórticos são estruturas em que a ligação entre vigas e pilares é rígida.

A afirmativa II é falsa, pois as vigas biapoiadas não possuem apoios formados por nós rígidos, na verdade os nós de apoio das vigas biapoiadas são flexíveis.

A afirmativa III é verdadeira, conforme visto na primeira aula de fundações as sapatas recebem as ações dos pilares e as transmitem diretamente ao solo.

A afirmativa IV é falsa, pois os pilares são elementos lineares de eixo reto, usualmente dispostos na vertical, em que as forças normais de **compressão** é que são preponderantes.

Sendo assim, as afirmativas I e III são verdadeiras, o que corresponde à alternativa “a”.

Gabarito: A



FCC - Prefeitura de Teresina - Engenheiro Civil - 2016

Os elementos bidimensionais em uma estrutura são aqueles em que uma das dimensões é bem menor que as outras duas, a espessura é nitidamente menor que as dimensões da seção. Os elementos que recebem cargas normais ao seu plano e os que recebem na direção de seu plano, são respectivamente:

a) placas e chapas.

b) paredes e lajes.

c) chapas e cascas.

d) chapas e paredes.

e) chapas e placas.

Comentários:



A alternativa “a” está correta, pois as placas são elementos sujeitos a ações normais (ou perpendiculares) a seu plano, enquanto que as chapas são elementos sujeitos a ações na direção de seu plano.

A alternativa “b” está errada, pois as paredes recebem cargas na direção de seu plano, enquanto que as lajes recebem cargas normais a seu plano.

A alternativa “c” está errada, pois as chapas são elementos sujeitos a ações na direção de seu plano e as cascas são elementos de superfície não plana.

A alternativa “d” está errada, pois as chapas e as paredes são elementos sujeitos a ações na direção de seu plano.

A alternativa “e” está errada, pois as chapas são elementos sujeitos a ações na direção de seu plano e as placas são elementos sujeitos a ações normais a seu plano.

Sendo assim, a alternativa “a” é a resposta para esta questão.

Gabarito: A

ESTADOS LIMITES

Agora que conhecemos os elementos estruturais vem a principal pergunta: Como uma estrutura de **concreto armado** é projetada?

A ideia básica no projeto de estruturas de concreto é que o esforço que a estrutura da edificação recebe não deve ultrapassar a **resistência limite** dos elementos que compõem a estrutura, nem gerar **deformações** excessivas na edificação.

Sendo assim, o esforço que as cargas da edificação impõem à estrutura de concreto armado não pode ser superior à **carga máxima** que os elementos estruturais suportam, pois isso geraria a **ruptura** ou **colapso** de parte ou de toda a estrutura da edificação. Além disso, o esforço a que a estrutura de concreto resiste também não pode gerar **deformações excessivas** nos elementos estruturais, pois isso poderia afetar a **integridade estrutural** do edifício, **prejudicar o uso** da edificação ou provocar **danos estéticos**. Imagina uma deformação muito grande em uma viga, formando uma curvatura em seu centro (Figura 12). Mesmo que tal viga fosse segura, não tivesse risco de ruptura, ninguém iria aceitar ficar abaixo dessa viga, mesmo que um engenheiro dissesse que essa viga não cairia. Além disso, seria esteticamente feia uma viga com grande deformação.





Figura 12: viga com deformação excessiva vertical ao centro mostrada pelas setas (essa deformação vertical no centro da viga é chamada de flecha da viga)

Conforme a NBR 6118, as estruturas de concreto armado devem atender aos seguintes requisitos de qualidade:

- **Capacidade resistente:** este requisito está diretamente relacionado com a segurança da edificação e visa garantir que a estrutura suporte os esforços a que ela será submetida ao longo de sua vida útil.
- **Desempenho em serviço:** este requisito está relacionado com a funcionalidade da estrutura e com o conforto dos usuários, ou seja, os esforços a que a estrutura é submetida não podem gerar deformações que resultem em **desconforto** aos usuários ou prejudiquem a **estética** e/ou uso da edificação.
- **Durabilidade:** este requisito relaciona-se com a **vida útil** da estrutura, devendo estar compatível com o previsto em projeto quanto às condições ambientais, matérias-primas, condições de uso e manutenção da estrutura.

Dessa forma, assim como apresentado na aula de fundações, as estruturas de concreto armado devem ser dimensionadas quanto aos:

- **Estados Limites Últimos (ELU):** relacionado com os esforços **máximos que a estrutura suporta**;
- **Estados Limites de Serviço (ELS):** relacionado com as **deformações máximas admissíveis**.

Quando os requisitos de **capacidade resistente** ou de **desempenho de serviço** não são atendidos considera-se que foi atingido um **estado limite**. Os **ELU** estão relacionados com o **colapso** ou **perda do equilíbrio** estático da estrutura, admitida como um **corpo rígido**, sendo caracterizada pela **ruína ou ruptura** dos elementos estruturais ou pela sua **instabilidade** por deformação lateral (**flambagem**) ou pela instabilidade por ação de **cargas dinâmicas**.

Já os **ELS** estão ligados à **durabilidade** da estrutura, à **funcionalidade** e à **aparência** da edificação e ao **conforto dos usuários**. Dessa forma, as verificações dos ELS visam evitar **deformações excessivas** na estrutura, **formação de fissuras** nos elementos estruturais ou a ocorrência de **vibrações excessivas** na estrutura.

Dessa forma ao se projetar uma edificação, cada elemento que a compõe deve ser verificado quanto aos ELU e aos ELS. Caso um elemento não atenda a estas verificações, devem ser realizadas alterações na estrutura até que todos os elementos estruturais sejam aprovados quanto aos critérios de ELU e ELS.

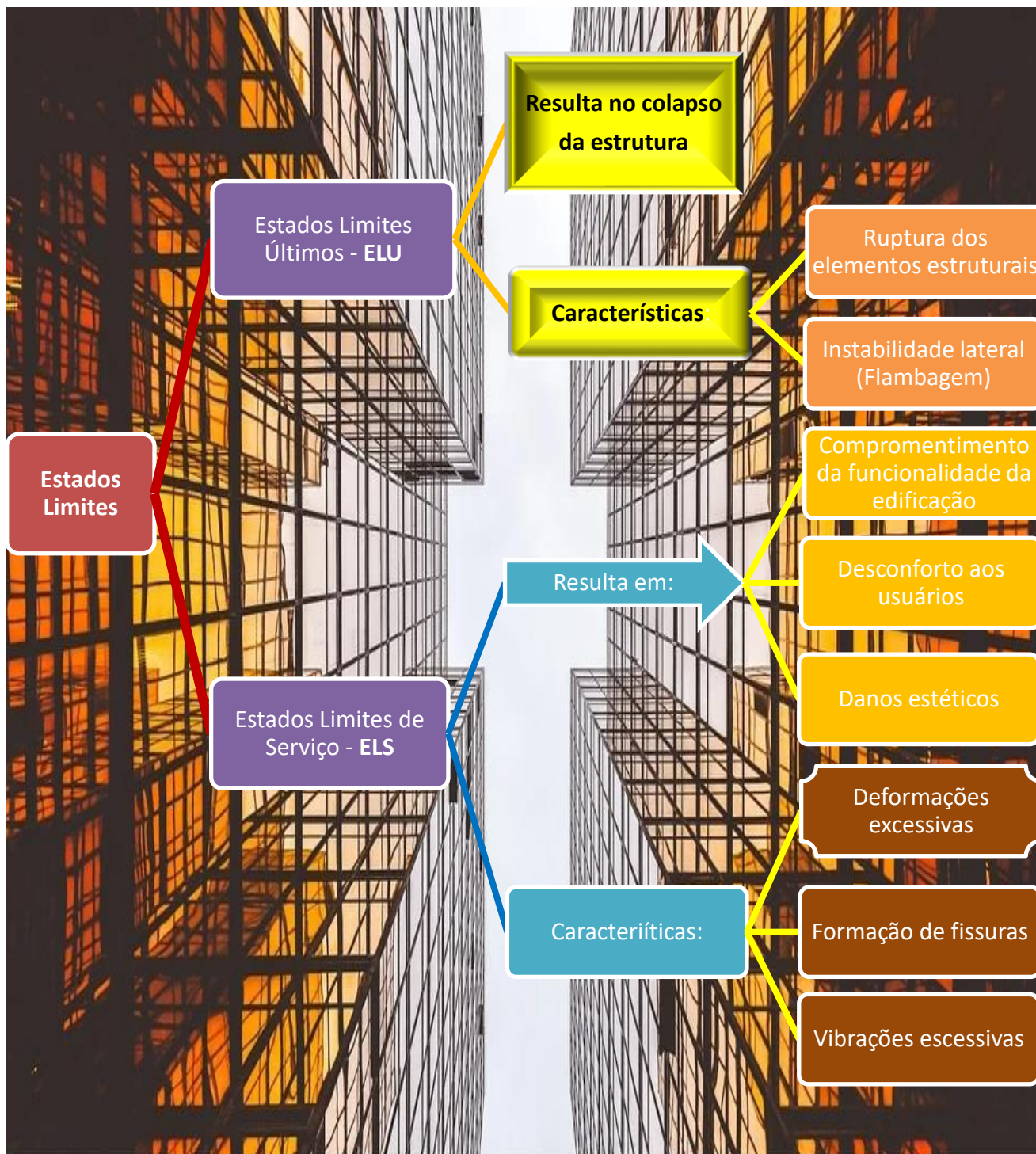
A **verificação** do atendimento aos ELU e aos ELS depende do tipo de esforço a que o elemento está submetido (**compressão, tração, flexão, torção, cisalhamento**). Os procedimentos para tais verificações serão apresentados ao longo desta e da próxima aula.



TOME NOTA!

Do ponto de vista da **análise estrutural**, geralmente em concursos as questões não requerem o detalhamento dos métodos de cálculo, seja ele linear ou não linear, mas é importante saber que tanto os ELS quanto os ELU podem ser avaliados considerando-se **análises lineares** ou **não lineares**.







FEPESE – CELESC - Engenharia civil - 2018

O estado limite último é aquele relacionado ao colapso, ou a qualquer outra forma de ruína estrutural, que determine a paralisação do uso da estrutura. A segurança das estruturas de concreto deve sempre ser verificada em relação a alguns estados limites últimos. Assinale a alternativa que apresenta um estado limite último.

- a) da abertura de fissuras
- b) de vibrações excessivas
- c) da formação de fissuras
- d) de deformações excessivas
- e) da perda do equilíbrio da estrutura, admitida como corpo rígido

Comentários:

Os estados limites de serviço (ELS) estão relacionados com a formação ou abertura de fissuras, deformações excessivas ou vibrações excessivas. Sendo assim, as alternativas “a”, “b”, “c” e “d” apresentam exemplos de ELS. Os estados limites últimos (ELU) envolvem a ruptura dos materiais dos elementos que compõem a estrutura ou a perda do equilíbrio estático da estrutura, admitida como corpo rígido. Sendo assim a alternativa “e” é a única que apresenta um exemplo de ELU, sendo, portanto, a resposta para esta questão.

Gabarito: E

CESPE - Polícia Federal - Perito Criminal Federal - 2018

Julgue o item a seguir, acerca das pontes em concreto armado.

Os estados limites de serviço (ELS) estão relacionados com a durabilidade e a boa utilização funcional das estruturas, com sua aparência e com o conforto dos usuários.

- () Certo () Errado

Comentários:



Conforme visto nesta seção, os estados limites de serviço (ELS) estão relacionados com a durabilidade e o conforto proporcionado pela estrutura, a sua boa utilização do ponto de vista funcional e sua estética. Sendo assim, a afirmação está correta.

Gabarito: certo

CESPE - IPHAN - Engenharia Civil - 2018

Considerando que uma viga biapoiada, de seção retangular e simétrica, com carregamento uniformemente distribuído, tenha sido instalada com excentricidade sobre os pilares de apoio, julgue o item subsequente.

No que se refere ao comportamento das estruturas, a análise linear e a não linear são admitidas para verificação do estado limite de serviço (ELS) e do estado limite último (ELU).

() Certo () Errado

Comentários:

Conforme visto nesta seção, a afirmativa é verdadeira, pois a análise linear e a não linear são admitidas para verificação do estado limite de serviço (ELS) e do estado limite último (ELU).

Gabarito: Certo



FGV - IBGE - Engenharia Civil - 2016

Levando-se em consideração os procedimentos e requisitos referentes a projetos de estruturas de concreto estabelecidos em norma, analise as afirmativas a seguir:

- I. O estado limite de abertura de fissuras do concreto armado está relacionado ao colapso, ou a qualquer outra forma de ruína estrutural, que determine a paralisação do uso da estrutura.
- II. O concreto a ser empregado em elementos estruturais deve possuir uma resistência característica à compressão mínima de 20 MPa.
- III. A teoria da flexão simples adota o conceito de altura útil da seção transversal, que vai do bordo mais comprimido da seção até a superfície da armadura longitudinal tracionada.

Está correto o que se afirma em:

a) somente I;



- b) somente II;
- c) somente I e III;
- d) somente II e III;
- e) I, II e III.

Comentários:

O item I é falso, pois o estado limite de fissuração não é um estado limite último (ELU), mas sim um estado limite de serviço (ELS), estando relacionado com o conforto dos usuários, com a durabilidade da estrutura, com a funcionalidade e a aparência da edificação.

O item II está correto, pois a resistência mínima de compressão do concreto para fins estruturais é de 20 MPa.

O item III é falso, pois a altura útil da seção transversal da viga vai do bordo mais comprimido da seção até o eixo da armadura longitudinal.

Sendo assim, apenas o item II é verdadeiro o que corresponde à alternativa “b”.

Gabarito: B

SMA-RJ - Prefeitura do Rio de Janeiro - Engenharia - 2016

Nos requisitos gerais das ações e segurança nas estruturas, uma das características do estado limite de serviço é a:

- a) ruptura ou deformação plástica excessiva dos materiais
- b) vibração excessiva ou desconfortável
- c) instabilidade por deformação
- d) instabilidade dinâmica

Comentários:

- a) A alternativa “a” é falsa, pois a ruptura dos materiais não caracteriza o estado limite de serviço (ELS), mas sim o estado limite último (ELU).
- b) A alternativa “b” é verdadeira, pois a vibração excessiva ou desconfortável é uma das características dos estados limites de serviço (ELS), o qual está ligado com a durabilidade e a boa utilização funcional das estruturas, com sua aparência e com o conforto dos usuários. Sendo assim, a ocorrência de vibração na estrutura está diretamente ligada ao ELS.



- c) A alternativa “c” é falsa, pois a instabilidade por deformação não caracteriza o estado limite de serviço (ELS), mas sim o estado limite último (ELU).
- d) A alternativa “d” é falsa, pois a instabilidade dinâmica não caracteriza o estado limite de serviço (ELS), mas sim estado limite último (ELU).

Sendo assim, a letra “B” é a resposta correta para esta questão.

Gabarito: B



CESPE - Câmara dos Deputados - Analista Legislativo - Questão de fixação

Com relação ao projeto de estruturas de concreto, julgue os itens seguintes.

Os estados limites relacionados ao colapso ou a qualquer forma de ruína estrutural são denominados estados limites últimos (ELU), ao passo que aqueles relacionados à durabilidade, aparência e boa utilização funcional da estrutura, bem como ao conforto do usuário, são denominados estados limites de utilização (ELS).

() CERTO () ERRADO

Comentários:

As descrições apresentadas correspondem corretamente as definições de ELU e ELS. Entretanto, há um erro bem discreto na questão, ao se descrever ELS como estados limites de utilização, mas na verdade ELS, de acordo com a NBR 6118, significa estados limites de serviço. Portanto, muita atenção com detalhes tais como a nomenclatura utilizada nas questões. Sendo assim, a afirmativa está errada.

Gabarito: Errado

CLASSES DE AGRESSIVIDADE

Ao longo da vida útil, as estruturas de concreto podem sofrer processos que aceleram seu envelhecimento e levam a sua deterioração. A NBR 6118 aponta os principais mecanismos responsáveis por estes processos, os quais devem ser considerados durante a elaboração de projetos de estruturas de concreto armado, sendo eles:

- Mecanismos de **deterioração do concreto**: lixiviação, expansão por sulfatos e reação álcali-agregado;
- Mecanismos de **deterioração da armadura**: despassivação por carbonatação e por ação de cloretos.



Tais processos não serão enfatizados nesta aula, pois já foram tratados em aulas anteriores. Todavia, com o intuito de garantir a durabilidade das estruturas de concreto considerando os processos de deterioração supracitados foi adotado na NBR 6118 um conceito importantíssimo que apresenta papel fundamental na elaboração de projetos de estruturas de concreto armado: a **classe de agressividade**.

As classes de agressividade propostas pela NBR 6118 são baseadas nas **condições do ambiente** em que as estruturas de concreto serão instaladas e buscam estabelecer diretrizes para a elaboração dos projetos visando à **durabilidade** de tais estruturas.

Na definição das classes de agressividade, as **características físicas** e **químicas** oriundas do **macroclima** e do **microclima** da área de implantação da estrutura são consideradas durante o enquadramento de um ambiente em determinada classe de agressividade. A Tabela 1 apresenta as classes de agressividade propostas pela NBR 6118, as quais vão de I a IV, sendo que quanto maior o número da classe, mais agressivo é o ambiente ao concreto. As características ditas de **macroclima** abrangem o **uso do solo** da área de implantação, tais como: rural, submersa, urbana, marinha, industrial. Já as características relacionadas ao **microclima** referem-se à **umidade relativa do ar**, se a estrutura de concreto estará em um **ambiente interno ou externo** e se é predominantemente **úmido** ou **seco**.

Tabela 1: Características de macroclima para classes de agressividade (NBR 6118).

Classe de agressividade ambiental	Nível e agressividade	Tipo de ambiente
I	Fraca	Rural Submersa
II	Moderada	Urbana
III	Forte	Marinha Industrial
IV	Muito forte	Industrial Respingos de maré

Conforme apresentado na Tabela 1, as características de **macroclima** ou de uso do solo são a principal referência para a definição da classe de agressividade. Por outro lado, as características de **microclima**, permitem que se considerem uma classe **mais branda**, caso alguns critérios sejam atendidos. Admite-se o uso de uma classe de agressividade mais branda para **ambientes internos secos** no caso de:

- **Ambientes urbanos, marinho** ou **industrial**;
- Em obras em regiões de **clima seco** em que a umidade relativa do ar é menor ou igual a 65%;
- Estruturas **protegidas de chuva** em locais secos ou regiões onde raramente chove.



Além disso, é importante observar que na Tabela 1 o ambiente industrial apresenta-se em duas classes (III e IV), sendo que na classe IV enquadram-se **áreas industriais** com ambientes **quimicamente agressivos**.

Agora, que conhecemos as classes de agressividade, precisamos saber o mais importante: para que elas servem?

As **classes de agressividade** é que **determinam** vários aspectos do projeto de estruturas de concreto armado, como:

- O valor mínimo de **resistência do concreto** que pode ser utilizado;
- A máxima **relação água/cimento** (a/c) do concreto;
- A **espessura mínima** do concreto de **cobrimento da armadura**;
- A máxima **abertura de fissuras**.

Características do concreto

A **relação água/cimento** e a **classe de resistência** do concreto dependem da **classe de agressividade ambiental**. Vários aspectos que envolvem a durabilidade foram discutidos nas aulas anteriores de concreto.

Entretanto, a NBR 6118 ressalta a relação água/cimento (a/c) como um fator crucial para a durabilidade do concreto e limita os valores a/c de acordo com a classe de agressividade ambiental em que a estrutura será instalada. Quanto mais agressivo o ambiente, menor é a relação água/cimento recomendada, conforme Tabela 2. Afinal, quanto mais água no concreto, mais poros futuramente o elemento estrutural possuirá, resultando em menor durabilidade.

Além disso, a tabela em questão também indica uma classe de resistência mínima em função da agressividade do ambiente, sendo maior a resistência mínima exigida para ambientes mais agressivos.

Tabela 2: Relação água/cimento e classe de resistência do concreto em função da classe de agressividade ambiental (NBR 6118).

Característica do concreto	Classe de agressividade ambiental			
	I	II	III	IV
Relação água cimento (a/c)	$\leq 0,65$	$\leq 0,60$	$\leq 0,55$	$\leq 0,45$
Classe do concreto	$\geq C20$	$\geq C25$	$\geq C30$	$\geq C40$

Cobrimento da armadura

Outro aspecto importante no projeto de estruturas de concreto armado que é definido pela classe de agressividade é o **cobrimento da armadura**. O cobrimento consiste na **espessura de concreto**



entre a superfície do elemento estrutural e a **face externa** da armadura (Figura 13). Sendo assim, o cobrimento é a camada de concreto que serve como **proteção da armadura** contra **agentes agressivos** do ambiente externo.

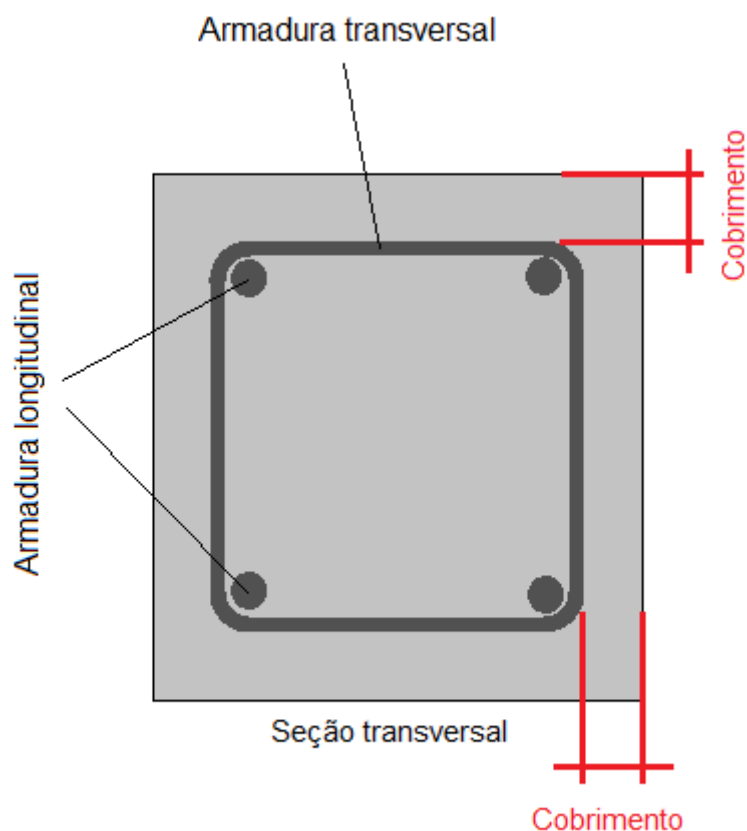


Figura 13: Cobrimento de armaduras em elementos de concreto armado.



A NBR 6118 diferencia o **cobrimento nominal** do **cobrimento mínimo**. O cobrimento mínimo é o menor valor de cobrimento a ser utilizado na execução de um elemento estrutural. Já o cobrimento nominal consiste em somar ao comprimento mínimo um valor de tolerância referente a desvios que podem ocorrer durante a execução das estruturas de concreto armado. A NBR 6118 considera uma tolerância de 10 mm. Então, na referida norma o cobrimento nominal é 10 mm superior ao cobrimento mínimo.

De acordo com a NBR 6118, a **espessura do cobrimento depende** tanto da **classe de agressividade ambiental** quanto do **tipo de elemento estrutural**, conforme apresentado na Tabela 3. Exemplo: um pilar em uma área com classe de agressividade ambiental III deve apresentar um cobrimento nominal mínimo de 40 mm.

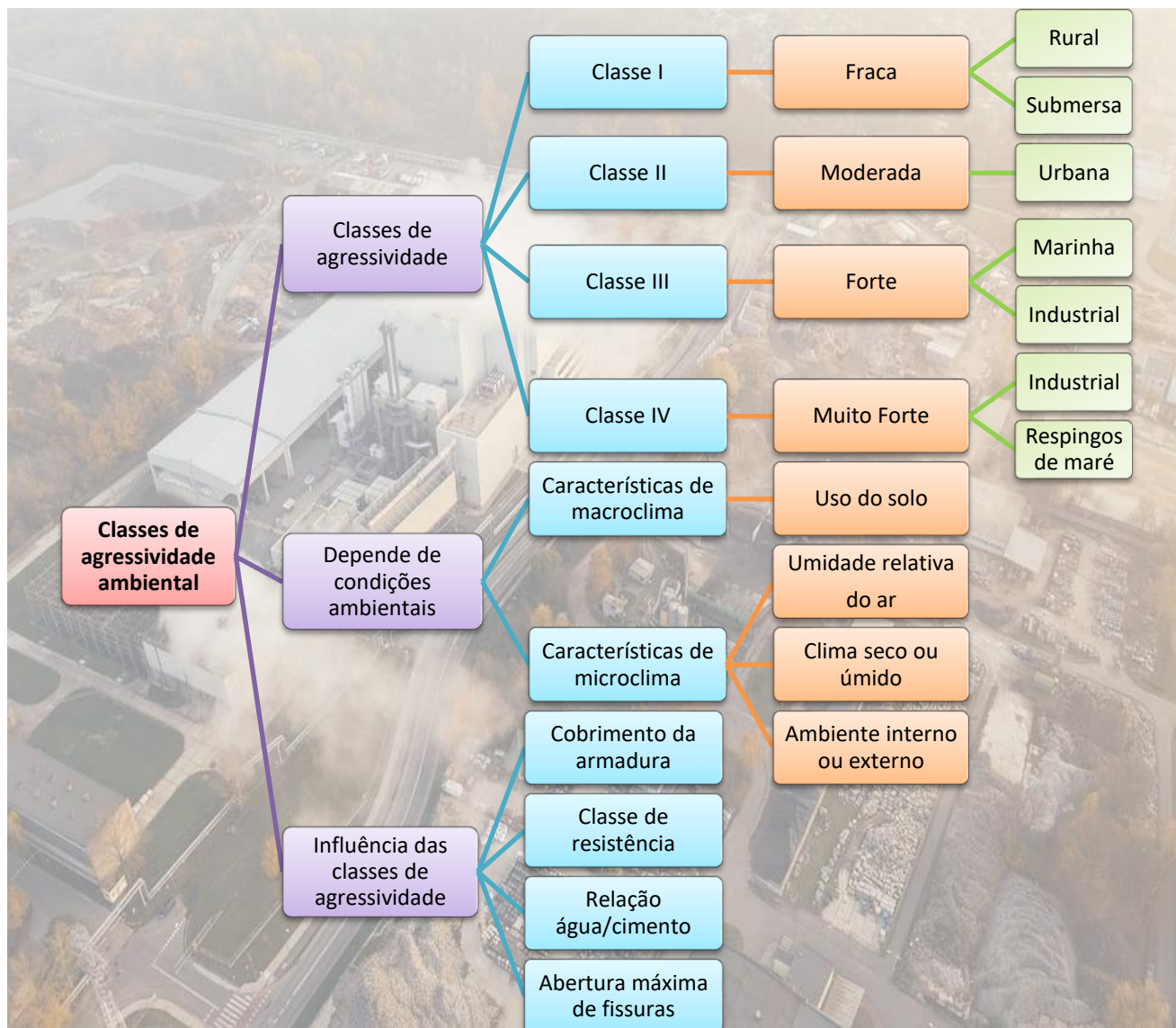
Essa norma também permite que se reduza em 5 mm o valor de cobrimento nominal apresentado na Tabela 3, caso seja utilizado um concreto com classe de resistência superior ao mínimo exigido para a classe de agressividade do projeto (ver Tabela 2). No caso de pilares em contato com o solo, o cobrimento nominal deve ser de 45 mm, pois o solo pode representar um meio de contaminação do concreto, por meio da ascensão capilar da água do nível freático. Além disso, no caso de lajes revestidas com argamassa de contrapiso, o cobrimento nominal da face superior pode ser de 15 mm ao invés dos valores da Tabela 3.

É importante saber que, em todos os casos, o **cobrimento** nominal da armadura deve ser **maior ou igual** ao **diâmetro da barra de aço**.

Tabela 3: Cobrimento nominal mínimo em função da classe de agressividade ambiental (NBR 6118).

Elemento estrutural	Classe de agressividade ambiental			
	I	II	III	IV
	Cobrimento nominal (mm)			
Laje	20	25	35	45
Viga ou pilar	25	30	40	50
Elementos estruturais em contato com solo	30		40	50





CEV-UECE - DETRAN-CE - Engenharia Civil - 2018

A durabilidade das estruturas é altamente dependente das características do concreto e da espessura e qualidade do concreto do cobrimento da armadura. Assim, no dimensionamento das seções de peças de concreto armado devem ser levadas em consideração as espessuras



para cobrimento das armaduras principais, de modo a proteger a estrutura das intempéries dos diversos tipos de meio ambiente onde são construídas as estruturas. De acordo com os critérios da NBR 6118/ABNT e suas diversas atualizações, tem-se as seguintes classes de agressividade ambiental:

Classe de agressividade ambiental	Agressividade	Classificação geral do tipo de ambiente para efeito de projeto	Risco de deterioração da estrutura
I	Fraca	Rural	Insignificante
		Submersa	
II	Moderada	Urbana ^{1), 2)}	Pequeno
III	Forte	Marinha ¹⁾	Grande
		Industrial ^{1), 2)}	
IV	Muito Forte	Industrial ^{1), 3)}	Elevado
		Respingos de maré	

¹⁾Pode-se admitir um microclima com uma classe de agressividade mais branda (um nível acima) para ambientes internos secos (salas, dormitórios, banheiros, cozinhas e áreas de serviço de apartamentos residenciais e conjuntos comerciais ou ambientes com concreto revestido com argamassa e pintura).

²⁾Pode-se admitir uma classe de agressividade mais branda (um nível acima) em: obras em regiões de clima seco, com umidade relativa do ar menor ou igual a 65%, partes da estrutura protegidas de chuva em ambientes predominantemente secos, ou regiões onde chove raramente.

³⁾Ambientes quimicamente agressivos, tanques industriais, galvanoplastia, branqueamento em indústrias de celulose e papel, armazéns de fertilizantes, indústrias químicas.

Assinale a opção em que a classificação de agressividade ambiental e o valor do dimensionamento do cobrimento das armaduras estão de acordo com a peça estrutural em concreto armado considerada.

- a) LAJE: Classe IV; Cobrimento – 30 mm.
- b) ELEMENTOS EM CONTATO COM O SOLO: Classe III; Cobrimento – 40 mm.
- c) VIGAS: Classe II; Cobrimento – 25 mm.
- d) PILARES: Classe I; Cobrimento – 20 mm.

Comentários:



Conforme a Tabela 3, pode-se fazer as seguintes observações:

A afirmativa “a” é falsa, pois o valor correto do cobrimento é 45 mm.

A afirmativa “b” é verdadeira, pois o valor correto do cobrimento é 40 mm.

A afirmativa “c” é falsa, pois o valor correto do cobrimento é de 30 mm.

A afirmativa “d” é falsa, pois o valor correto do cobrimento é de 25 mm.

Sendo assim, a resposta para esta questão é a alternativa “b”.

Gabarito: B

ESAF - FUNAI - Engenharia Civil - 2016 (ADAPTADA)

A respeito da classe de agressividade ambiental e o cobrimento nominal (para $\Delta c = 10$ mm), de acordo a NBR 6118 (ABNT, 2014), considerando que a classe de concreto utilizada é igual ao mínimo exigido, é correto afirmar que:

- a) para uma viga de concreto armado, é necessário ter um cobrimento nominal de 25 mm para a classe I de agressividade ambiental.
- b) para uma viga de concreto armado, é necessário ter um cobrimento nominal de 30 mm para a classe I de agressividade ambiental.
- c) para um pilar de concreto armado, é necessário ter um cobrimento nominal de 25 mm para a classe II de agressividade ambiental.
- d) para uma viga de concreto armado, é necessário ter um cobrimento nominal de 25 mm para a classe IV de agressividade ambiental.

Comentários:

Conforme a Tabela 3, pode-se fazer as seguintes observações:

A alternativa “a” está correta, pois o cobrimento nominal para uma viga de concreto armado na situação apresentada deve ser de 25 mm.

A alternativa “b” está errada, pois o cobrimento nominal, para uma viga de concreto armado na classe I de agressividade ambiental, deve ser de 25 mm.

A alternativa “c” está errada, pois o cobrimento nominal, para uma viga de concreto armado na classe II de agressividade ambiental, deve ser de 30 mm.



A alternativa “d” está errada, pois o cobrimento nominal deve ser de 50 mm uma viga de concreto armado na situação apresentada.

Sendo assim, a alternativa “A” é a resposta para esta questão.

Gabarito: A

AOCP - Prefeitura de Juiz de Fora – Engenharia civil - 2016

A relação água/cimento, em massa, do concreto armado empregado na execução de estruturas nas zonas urbanas (classe de agressividade moderada) deve ser inferior ou igual a

- a) 0,65
- b) 0,60
- c) 0,55
- d) 0,50
- e) 0,45

Comentários:

De acordo com a NBR 6118:2014 e conforme a Tabela 2 a relação água/cimento para classe de agressividade moderada deve ser inferior a 0,6. Sendo assim, a letra “b” é a resposta para esta questão.

Gabarito: B

CESPE - TELEBRAS - Engenheiro Civil - 2015

Com base nas disposições da norma NBR 6.118/2014, que legisla a respeito de projetos de estruturas de concreto, julgue os itens a seguir.

O cobrimento da armadura do concreto deve ser projetado e executado para proteger as barras de aço contra a oxidação. Nesse caso, a espessura do cobrimento deverá ser inversamente proporcional à agressividade do ambiente em que a estrutura está inserida.

() CERTO () ERRADO

Comentários:

A afirmativa está errada, a espessura do cobrimento é diretamente proporcional à agressividade do ambiente, ou seja, quanto mais agressivo é o ambiente maior deve ser a espessura do cobrimento.



Gabarito: Errado

CESPE - TJ SE - Engenharia Civil - Questão de fixação

No que se refere às especificações de materiais e de serviços ligados a concreto protendido, concreto armado e pintura, e à patologia de assentamento de cerâmicas, julgue o item que se segue.

Segundo as normas técnicas vigentes, para uma tolerância de execução de 10 mm, o cobrimento nominal para pilares executados em concreto armado, sob agressividade ambiental fraca, deve ser de, no mínimo, de 50 mm.

() CERTO () ERRADO

Comentários:

A afirmação está errada, pois o cobrimento nominal mínimo de pilares para classe de agressividade fraca é de 25 mm, conforme Tabela 3.

Gabarito: Errado

CESPE - MP - Analista de Infraestrutura - Questão de fixação

Com relação ao projeto de estruturas de concreto e de fundações, julgue os próximos itens.

Fissuração excessiva em estruturas de concreto, deslocamentos (ou flechas) acima dos limites permitidos e vibrações que causam desconforto ao usuário são exemplos de estados limites últimos.

() CERTO () ERRADO

Comentários:

A afirmação está errada, pois a fissuração excessiva, deslocamentos acima dos limites permitidos e vibrações que causam desconforto a usuários são exemplos de estados limites de serviço (ELS)

Gabarito: Errado

CESPE - Analista Legislativo - Câmara dos Deputados - Questão de fixação

Com base nas normas técnicas brasileiras da ABNT referentes ao dimensionamento de pilares, vigas e lajes de concreto armado, julgue os itens que se seguem.

O cobrimento de concreto utilizado em lajes, vigas e pilares varia conforme as classes de agressividade ambiental, que são: fraca, moderada, forte e muito forte.

() CERTO () ERRADO

Comentários:



A afirmação é verdadeira, pois o cobrimento do concreto utilizado em lajes, vigas e pilares varia conforme as classes de agressividade ambiental, que são: fraca, moderada, forte e muito forte.

Gabarito: Certo

DIAGRAMAS TENSÃO-DEFORMAÇÃO

Quando aplicamos força a um material ele sofre uma deformação. Lembre que a deformação é muito importante para o ELS, como no exemplo que demos de uma viga com uma flecha grande. Para evitar problemas como esse, estudamos o diagrama **tensão-deformação** dos materiais de uma estrutura, relacionando a tensão imposta a uma estrutura com sua deformação.

Como cada material possui um diagrama tensão-deformação próprio, foi criado um indicador muito importante para retratar essa relação entre força e deformação, buscando comparar os materiais. Trata-se do **módulo de elasticidade** longitudinal E , obtido dividindo a tensão (σ) pela deformação específica (ε) verificada, conforme equação (2) a seguir.

$$E = \frac{\sigma}{\varepsilon} \quad (2)$$

Vamos imaginar um material de área transversal A e comprimento L , submetido a uma força de compressão F , conforme a seguir:

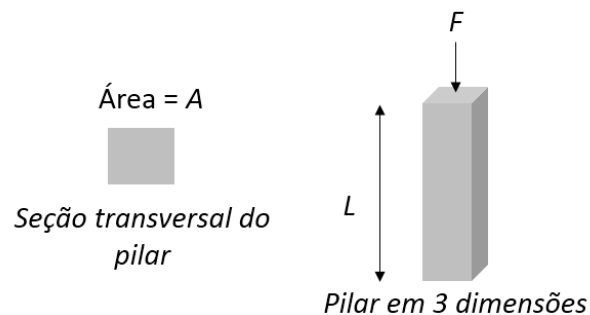


Figura 14: Pilar de seção A e comprimento L recebendo a ação de uma força de compressão F

Calculamos a tensão de compressão (σ) no pilar com a força dividida pela área, ou seja:

$$\sigma = \frac{F}{A} \quad (3)$$

Com a ação da força F , temos a produção de uma deformação no material, deixando-o conforme a seguir:



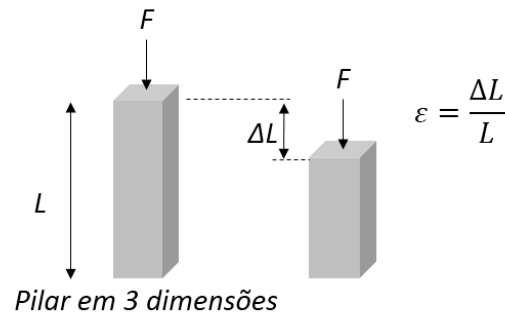


Figura 15: pilar sofrendo encurtamento ΔL resultado da ação da força F

Para calcularmos a deformação específica ε utilizada na Equação 2, basta dividir o encurtamento ou alongamento ΔL do material (a depender de ser uma força atuante de compressão ou tração, respectivamente), pelo comprimento do material sem ação de nenhuma força L . Fica assim:

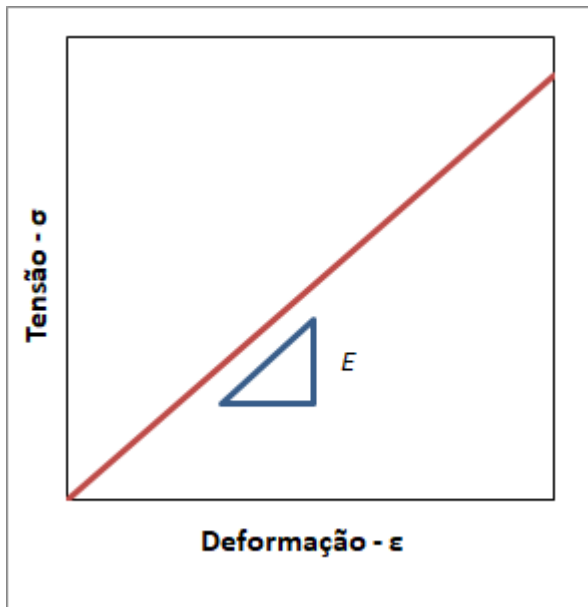
$$\varepsilon = \frac{\Delta L}{L}$$

Damos os seguintes nomes a essas variáveis:

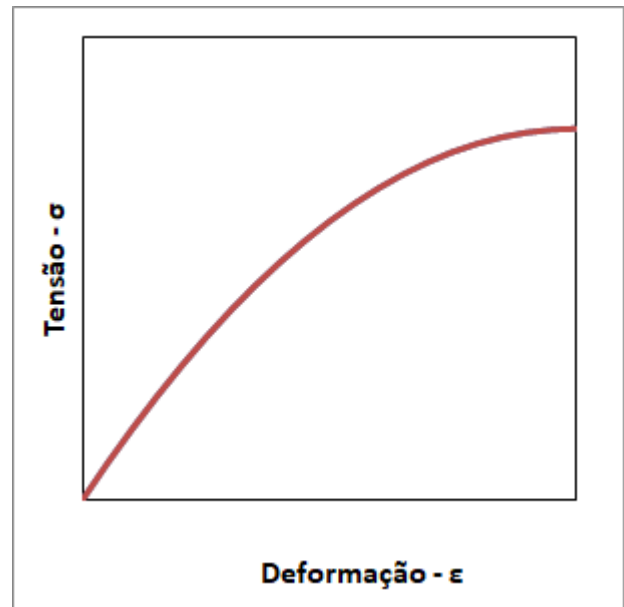
- ΔL : variação do comprimento ou **deformação** longitudinal **absoluta** (m)
- ε : **deformação** longitudinal **específica** ou **relativa (adimensional)**
- σ : tensão atuante (Pa)
- A : área da seção em que atua a tensão (m^2)
- L : comprimento do elemento estrutural (m)
- E : módulo de elasticidade longitudinal (Pa)
- Se, para cada força, medirmos a deformação produzida, chegaremos a um gráfico de tensão-deformação.

Quando esse gráfico é uma reta (Figura 16a), é dito que o material possui um comportamento linear, pois a tensão varia **linearmente** com a deformação. Nesse caso, o valor de (E) da equação 2 será sempre constante, e chamaremos a fórmula 2 de **Lei de Hooke**. Enquanto o material mantiver o comportamento linear, o seu **módulo de elasticidade** longitudinal será **constante** neste trecho do gráfico. Daí o motivo do nome de lei dado à fórmula.

Outros materiais apresentam comportamento não linear (Figura 16b), ou seja, o módulo de elasticidade é variável, e o gráfico de tensão-deformação apresenta-se como uma curva.



(a) Comportamento linear



(b) Comportamento não linear

Figura 16: Diagramas de tensão deformação para comportamento (a) linear e (b) não linear.



Não confunda **módulo de elasticidade (E)** com a **elasticidade do material**. Um material com um **módulo de elasticidade** elevado não é mais **elástico**, na verdade ele é mais **rígido**. Isso porque, de acordo com a **Lei de Hooke** quanto maior o módulo de elasticidade, maior é o esforço necessário para deformar um material, ou seja, materiais com módulo de elasticidade alto são mais rígidos e materiais com módulos de elasticidade baixos são mais elásticos.

Outro conceito importante é o de elasticidade, que é a capacidade de um corpo recuperar totalmente uma deformação sofrida, após cessada a força sobre esse corpo. Não é, pois, necessário que a relação entre tensão (ou força) e deformação de um material no regime elástico seja linear para que um material seja elástico



Um elemento de estruturas muito comum são as vigas. Você lembra o que é uma viga? Trata-se de elemento estrutural linear em que predominam ações atuando perpendicularmente ao eixo do elemento (Figura 17a), gerando esforços internos de **flexão** (Figura 17b).

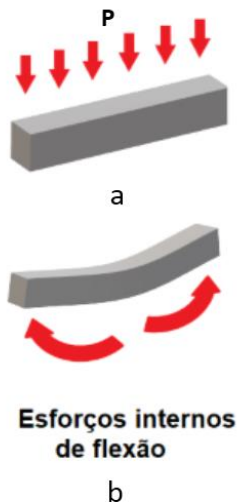


Figura 17: viga submetida a uma carga ao longo de seu comprimento, resultando na flexão da viga.

Sabe o que acontece com essa viga se cortássemos uma seção transversal dela?

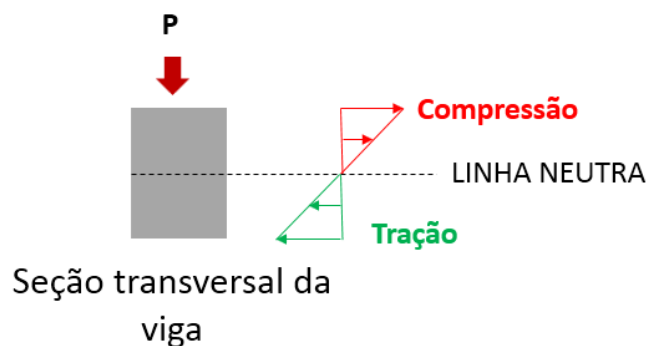


Figura 18: corte esquemático da viga da figura anterior, mostrando os esforços internos gerados pela carga P.

Perceba da figura anterior que a flexão produz no lado inferior da seção transversal da viga uma tração (em verde) e, na parte superior da viga, uma compressão (em vermelho). Quanto mais longe do centro da viga, maior o valor da força. O que acontece então no meio da viga? Nada, a força lá é zero, ou seja, não há compressão nem tração. Por isso, chamamos essa região de **linha neutra**, correspondente à **posição** da seção transversal de um elemento submetido à flexão que separa a região comprimida da região tracionada (Figura 19), de modo que na posição da linha neutra a **tensão é nula**. A posição da linha neutra (x) é medida a partir da **borda comprimida** da seção do elemento de concreto armado submetido à flexão (Figura 19). Atente-se agora para o conceito de linha neutra, pois detalhes sobre o comportamento do concreto armado serão apresentados adiante.

O que acontece, então, se eu coloco aço na região inferior da seção transversal dessa viga? Eu desloco a região tracionada, que estava no meio da viga na figura anterior, para mais perto do aço,

pois o aço consegue praticamente sozinho resistir aos esforços de tração (região azul na figura a seguir). Assim, sobra mais concreto da seção transversal para resistir à compressão.

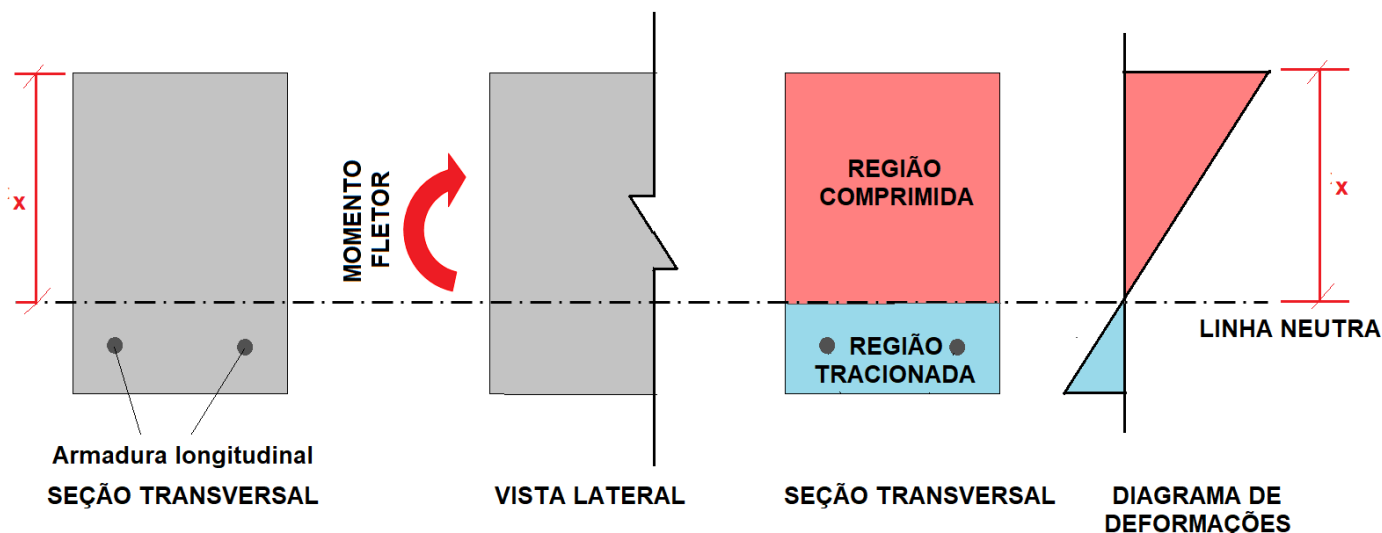


Figura 19: Posição da linha neutra em seção de concreto submetida a flexão.



Além da deformação elástica, temos ainda 2 outros tipos de deformações no concreto:

- **Fluência:** oriunda da aplicação de carga sobre um material continuamente por longo período de tempo, resultando em um aumento da deformação com o tempo;
- **Retração na secagem:** resultado da água que evapora do concreto, resultando na redução do volume do maciço.

Módulo de elasticidade e diagrama tensão-deformação do concreto

Nós vimos o conceito de módulo de elasticidade e o comportamento linear entre a deformação e o esforço correspondente aplicado em alguns materiais, o que resulta nesse módulo ser constante. Porém, o concreto possui esse comportamento linear para apenas tensões de baixa magnitude. A partir do momento em que se aumenta a força exercida sobre o concreto, há a produção de deformações permanentes. Por isso, dizemos que o concreto é um material pseudoplástico. O motivo é que o concreto é um material composto, o que resulta na produção de deformações permanentes, quando submetido a uma carga significativa.

O gráfico tensão-deformação do concreto é dado pela NBR 6118, conforme figura a seguir. Perceba como o material não é linear, exceto próximo à sua origem, ou seja, para tensões e deformações de pequenas magnitudes.

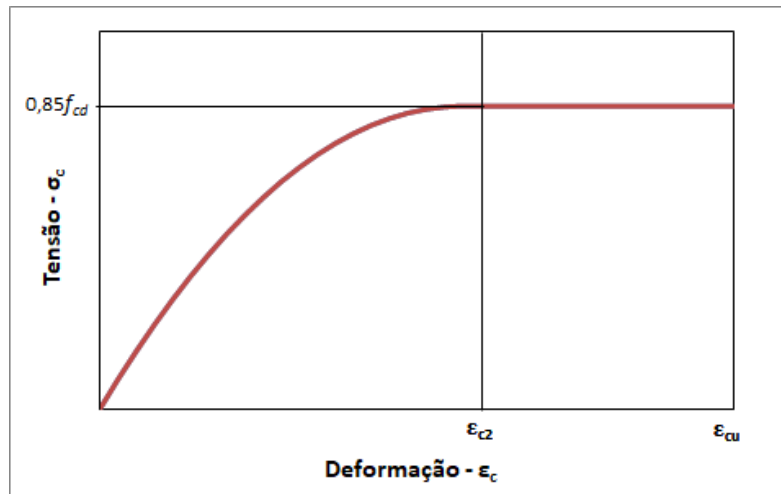


Figura 20: diagrama tensão-deformação do concreto, mostrando sua não-linearidade

Diante do comportamento não linear do concreto, a NBR 6118 indica dois módulos de elasticidade para descrever o comportamento do concreto, conforme Figura 21 a seguir. A reta azul é utilizada para obter o módulo de deformação tangente inicial ou módulo de elasticidade inicial (E_{ci}), que é determinado traçando-se uma reta tangente ao início da curva do diagrama de tensão-deformação do concreto. Já a curva amarela representa o módulo de deformação secante ou módulo de elasticidade secante (E_{cs}). Lembre-se que uma reta secante é aquela que corta em dois pontos uma curva. Sendo assim, no caso do E_{cs} , este é determinado por meio de uma reta secante que toca a curva de tensão-deformação do concreto no início da curva e em um ponto do gráfico que corresponde 40% da resistência de ruptura do concreto. Conforme observado na Figura 21, a reta amarela apresenta uma inclinação menor do que a reta azul, então por consequência o E_{cs} é menor do que o E_{ci} . Por essa razão o E_{cs} é utilizado para o **dimensionamento de estruturas de concreto armado**, pois permite um cálculo **a favor da segurança**.

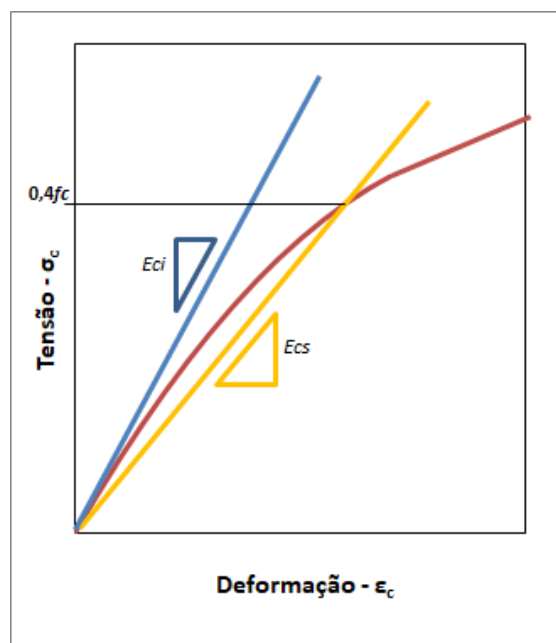


Figura 21: Módulos de elasticidade do concreto

As fórmulas para cálculo desses módulos são as seguintes:

1. Módulo de elasticidade inicial (E_{ci}), calculado com base no valor do f_{ck} por meio da equação:

$$E_{ci} = \alpha_E 5600 \sqrt{f_{ck}}, \quad \text{para } 20 \text{ MPa} \leq f_{ck} \leq 50 \text{ MPa}$$

$$E_{ci} = \alpha_E 21500 \left(\frac{f_{ck}}{10} + 1,25 \right)^{1/3}, \quad \text{para } 55 \text{ MPa} \leq f_{ck} \leq 90 \text{ MPa}$$

Em que:

- α_E : 1,2 para basalto e diabásio
 - α_E : 1,0 para granito e gnaisse
 - α_E : 0,9 para calcário
 - α_E : 0,7 para arenito
2. No caso do dimensionamento de estruturas de concreto armado, ao invés do E_{ci} utiliza-se o **módulo de elasticidade secante** (E_{cs}), obtido pelo ensaio descrito na NBR 8522, ou a partir do E_{ci} com base nas equações:

$$E_{cs} = \alpha_i E_{ci}$$

$$\alpha_i = 0,8 + 0,2 \frac{f_{ck}}{80} \leq 1,0$$



Você não precisa sair decorando essas fórmulas, veja as variáveis de que os módulos de elasticidade dependem, como, por exemplo, o f_{ck} . Quando essas fórmulas são cobradas, elas são fornecidas na questão.

Com relação à **deformação do concreto** (ϵ_c), considera-se como **limite de deformação**, antes do esmagamento do concreto, dois valores que dependem da condição de solicitação a que o elemento está submetido:

- Em **elementos parcialmente comprimidos**, considera-se o limite de deformação para o concreto o valor de ϵ_{cu} para a borda mais comprimida;
- Em **elementos totalmente comprimidos**, considera-se o limite de deformação para o concreto o valor de ϵ_{c2} considerando uma fibra situada a uma distância igual a $(1 - \epsilon_{c2}/\epsilon_{cu}) \cdot h$ da borda mais comprimida.



Em que:

$$\varepsilon_{cu} = 3,5\text{‰}, \text{ para } 20\text{MPa} \leq f_{ck} \leq 50 \text{MPa}$$

$$\varepsilon_{cu} = \left(2,6 + 35 \left(\frac{90 - f_{ck}}{100} \right)^4 \right) \text{‰}, \text{ para } 55\text{MPa} \leq f_{ck} \leq 90 \text{MPa}$$

$$\varepsilon_{c2} = 2\text{‰}, \text{ para } 20\text{MPa} \leq f_{ck} \leq 50 \text{MPa}$$

$$\varepsilon_{c2} = (2,0 + 0,085(f_{ck} - 50)^{0,53}) \text{‰}, \text{ para } 55\text{MPa} \leq f_{ck} \leq 90 \text{MPa}$$

Como vimos, no caso do comportamento do **concreto à compressão**, a NBR 6118 adota um **diagrama tensão deformação não linear** denominado de diagrama **parábola-retângulo**. Neste diagrama, inicialmente a relação tensão deformação possui o formato de parábola até atingir um patamar constante, conforme Figura 22.

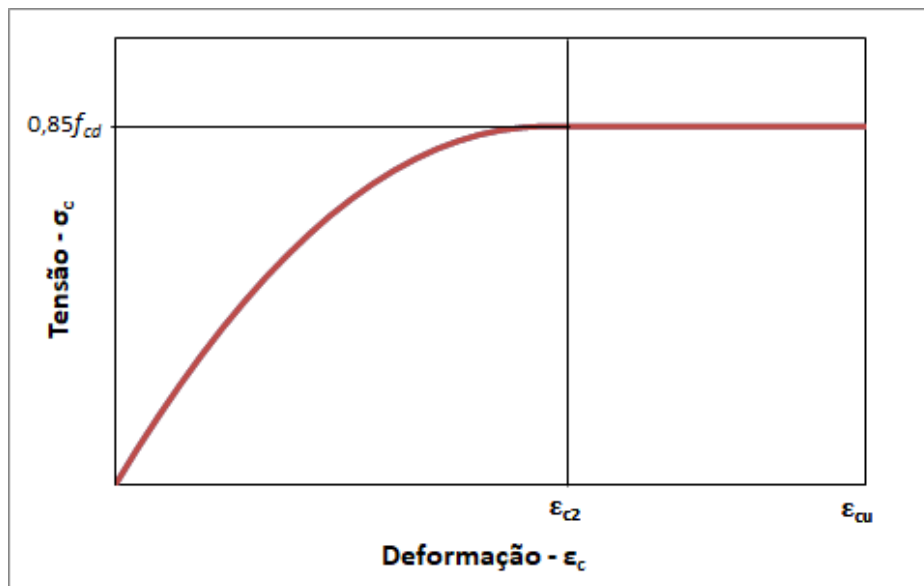


Figura 22: Diagrama tensão deformação para concreto em compressão (parábola-retângulo) – NBR 6118.

A NBR 6118 permite ainda que o diagrama parábola-retângulo seja substituído por um diagrama retangular com largura $y = \lambda_x \cdot x$, conforme Figura 23.

Em que:

- $\lambda_x = 0,8$, para $f_{ck} \leq 50 \text{MPa}$
- $\lambda_x = 0,8 - (f_{ck} - 50)/400$, para $f_{ck} > 50 \text{MPa}$
- R_{cc} = esforço resistente de compressão da seção de concreto
- R_s = esforço resistente de tração da armadura de aço

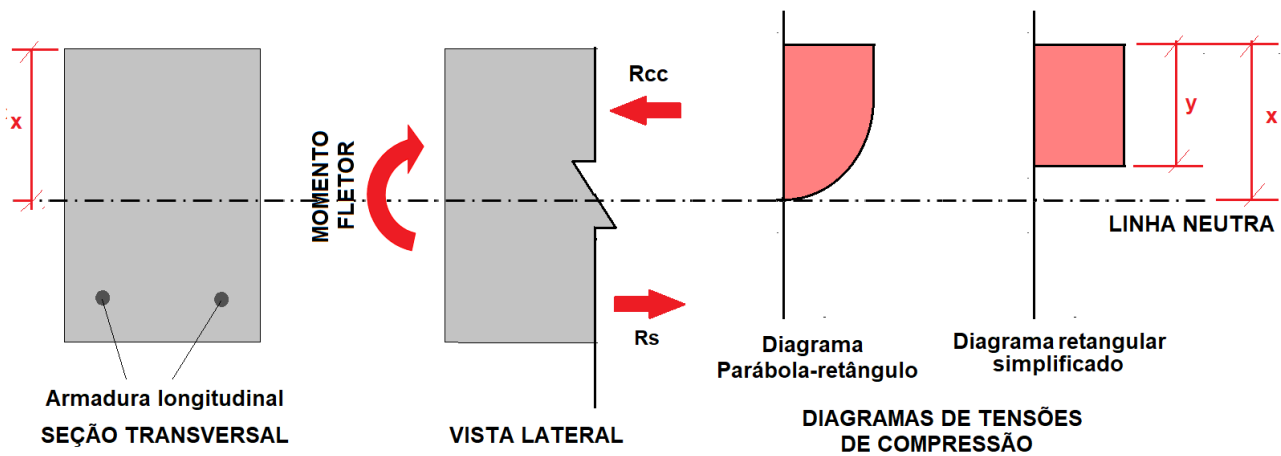


Figura 23: Diagrama tensão deformação simplificado em formato retangular para o concreto comprimido (NBR 6118).

Já para o diagrama tensão-deformação do **concreto a tração**, adota-se um **gráfico bilinear** conforme Figura 24.

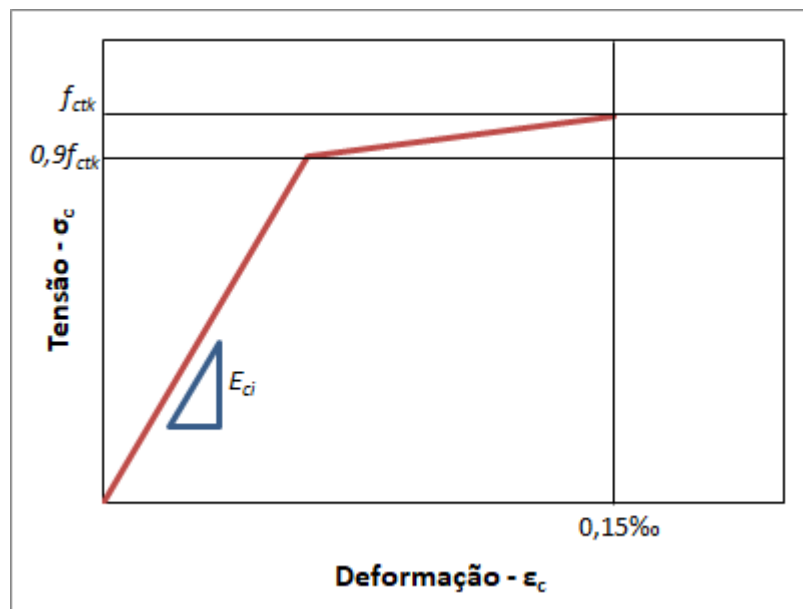


Figura 24: Diagrama tensão deformação para o concreto tracionado.

É importante ressaltar que a resistência à tração do concreto deve ser preferencialmente determinada com base nos ensaios da NBR 7222 e NBR 12142. Na ausência de dados de ensaios, a NBR 6118 recomenda o uso das seguintes equações para cálculo de **resistências a tração** características que podem ser utilizadas no projeto de estruturas de concreto armado:

$$f_{ct,m} = 0,3 \cdot f_{ck}^{2/3}, \quad \text{para } 20\text{MPa} \leq f_{ck} \leq 50\text{MPa}$$

$$f_{ct,m} = 2,12 \cdot \ln(1 + 0,11 \cdot f_{ck}), \quad \text{para } 55\text{MPa} \leq f_{ck} \leq 90\text{MPa}$$

$$f_{ctk,inf} = 0,7 \cdot f_{ct,m}$$

$$f_{ctk,sup} = 1,3 \cdot f_{ct,m}$$

Em que:

- $f_{ct,m}$: resistência média à tração do concreto
- $f_{ctk,sup}$: resistência característica superior do concreto à tração
- $f_{ctk,inf}$: resistência característica inferior do concreto à tração

Os valores **inferior** e **superior** da resistência característica a **tração** são utilizados no projeto de estruturas de concreto armado considerando-se o limite a favor da segurança, ou seja, no sentido mais desfavorável. Conforme será visto mais adiante, o $f_{ctk,inf}$ é utilizado para determinação da resistência de aderência e do **comprimento de ancoragem**, enquanto que o $f_{ctk,sup}$ é empregado no cálculo da **armadura mínima** de flexão de vigas.

Módulo de elasticidade e diagrama tensão-deformação de aços para concreto armado

O diagrama tensão-deformação do aço possui a forma geral apresentada na Figura 25, na qual é possível observar alguns trechos com características particulares. A parte inicial do gráfico corresponde ao **regime elástico**, em que as **deformações** são **reversíveis**, ou seja, se a carga aplicada ao aço for interrompida o elemento volta a sua forma inicial. Nessa região, os aços tendem a apresentar um **comportamento linear**, mas no final do regime elástico pode existir uma **zona de transição** em que o material apresenta **comportamento não linear**.

A partir de uma dada deformação o aço sai do regime elástico e entra no **regime plástico**, no qual as **deformações** ocorridas passam a ser **permanentes**, ou seja, o elemento não volta às suas dimensões iniciais, mesmo se o esforço aplicado for interrompido. No **regime plástico** é possível verificar que as tensões não variam linearmente com as deformações. Além disso, no regime plástico pode-se observar três regiões distintas, sendo elas:

- Zona ou **patamar de escoamento**: região em que há deformação elevada do aço sem que haja aumento da tensão. A tensão em que este comportamento ocorre é denominada de tensão de escoamento do aço (f_y) e trata-se de uma propriedade de extrema importância para caracterizar os aços;
 - O nome escoamento se deve ao fato de o aço se comportar como se fosse um fluido, pois a partir do momento em que o aço atinge esse estado, sua deformação aumenta continuamente.
- Zona de **encruamento**: a deformação cresce à medida que se aumenta a tensão até atingir um valor limite, o qual é denominado de tensão de ruptura (f_u);
- Zona de **estricção**: nesta região ocorre a redução acentuada da seção do aço até gerar a ruptura do elemento.



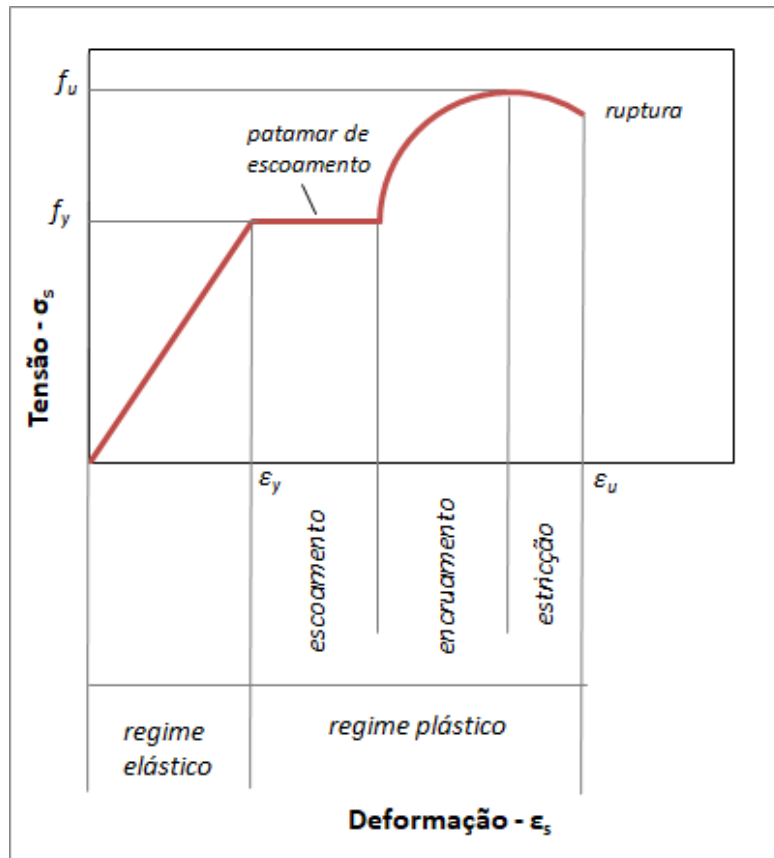


Figura 25: Diagrama geral de tensão-deformação do aço

Existem três tipos de aços normatizados pela NBR 7480 para uso em estruturas de concreto armado, sendo eles: **CA-25**, **CA-50** e **CA-60**.

A nomenclatura destes aços indica sua aplicação e a resistência característica de cada um. O prefixo CA significa que os aços são indicados para o uso em concreto armado e o prefixo 25, 50 e 60 indicam a tensão de escoamento característica do aço (f_{yk}), sendo igual a 25 kN/cm² (250 MPa) para o CA-25, 50 kN/cm² (500 MPa) para o CA-50 e 60 kN/cm² (600 MPa) para o CA-60.

O aço **CA-25** é **pouco utilizado** em estruturas de concreto armado devido a sua baixa resistência, sendo normalmente aplicado na confecção de alças de içamento para elementos de concreto pré-moldado. Já o aço **CA-50** é muito utilizado para as **barras longitudinais** de vigas e pilares e o aço **CA-60** é normalmente empregado na **armadura transversal** de vigas e pilares e em **telas** de armadura de lajes.

Além da tensão de escoamento, outra diferença entre estes aços é o processo de fabricação, pois os aços CA-25 e CA-50 são fabricados por **laminação a quente** enquanto que o aço CA-60 é fabricado pelo processo de **laminação a frio** ou **trefilação**. No caso da **laminação a frio** ocorre o **encruamento** do aço, que consiste no aumento de sua rigidez, por deformação permanente da estrutura do aço, situando-se no regime plástico na zona de encruamento. Não serão apresentados detalhes desses processos de fabricação, pois estes não são normalmente cobrados em questões de concursos, mas é importante se lembrar:

- CA-25 e CA-50: fabricação por laminação a quente;
- CA-60: fabricação por laminação a frio ou trefilação com encruamento do aço.

Quanto ao comportamento do diagrama tensão-deformação, os aços CA-25 e CA-50 apresentam um comportamento similar ao apresentado na Figura 25, com um patamar de escoamento bem significativo. Já os aços CA-60 apresentam um diagrama tensão-deformação sem patamar de escoamento, conforme Figura 26.

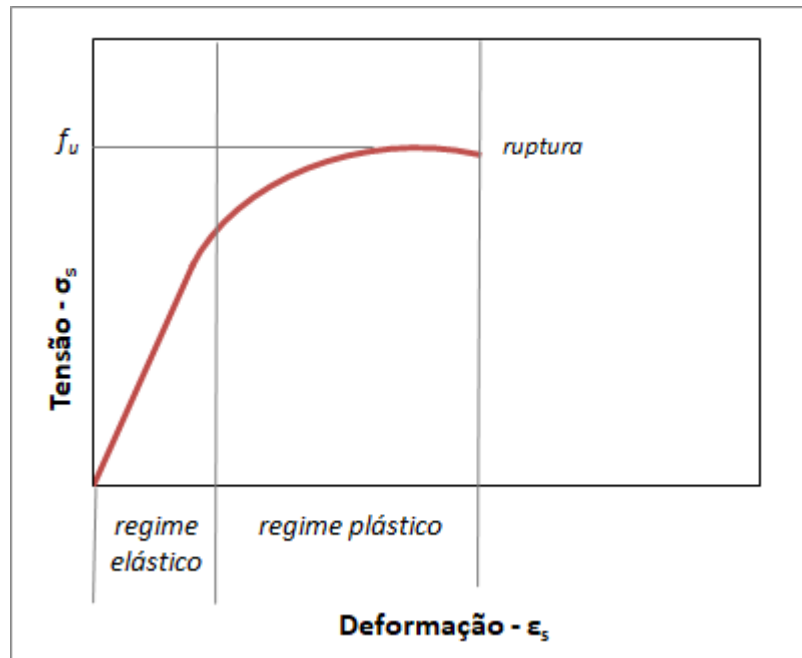


Figura 26: Gráfico tensão-deformação sem patamar de escoamento.

Do ponto de vista do projeto de estruturas de concreto armado, a NBR 6118 apresenta algumas recomendações quanto ao diagrama tensão deformação do aço. A referida norma indica que, na ausência de dados de ensaios ou de informações do fabricante, pode-se adotar o valor de **210 GPa (210 kN/mm²)** para o **módulo de elasticidade do aço** (E_s) em projetos de estruturas de concreto armado.

Com relação ao **limite de deformação do aço** (ϵ_{ud}), apesar de as deformações de ruptura desses materiais se situarem entre valores que variam entre 5% a 18%, dependendo do tipo de aço, a NBR 6118 limita a **deformação máxima** de tração do aço a **10%** ou **1%**, buscando evitar deformações plásticas excessivas (ARAÚJO, 2014). Quanto à **deformação de escoamento** do aço (ϵ_{yd}), esta pode ser obtida por meio da equação:

$$\epsilon_{yd} = \frac{f_{yd}}{E_s}$$

Em que:

f_{yd} : É a tensão de escoamento do aço de cálculo



E_s : Módulo de elasticidade longitudinal do aço

ϵ_{yd} : Deformação de escoamento do aço

A NBR 6118 permite que, para aços utilizados em estruturas de concreto armado, possa ser considerado um diagrama tensão-deformação apresentado na Figura 27, em que admite-se um diagrama simplificado com comportamento **linear** até o valor da tensão de escoamento de cálculo (f_{yd}).

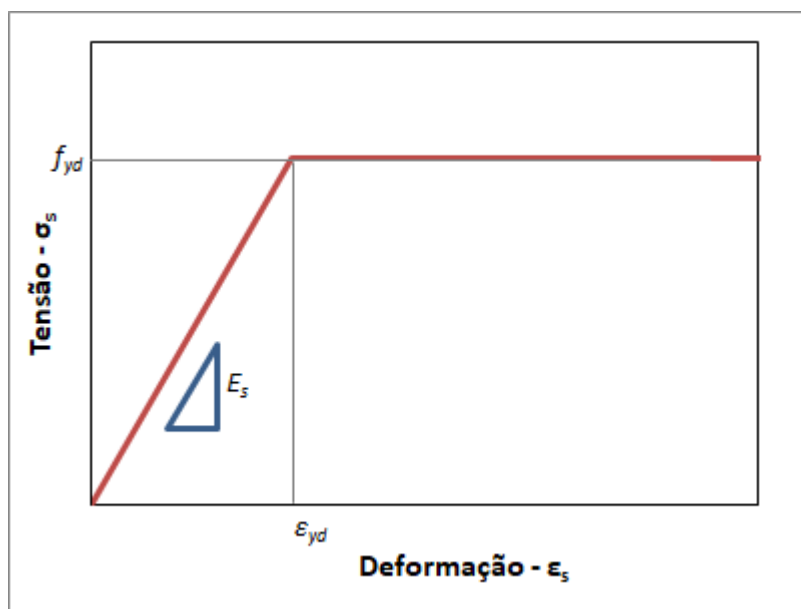
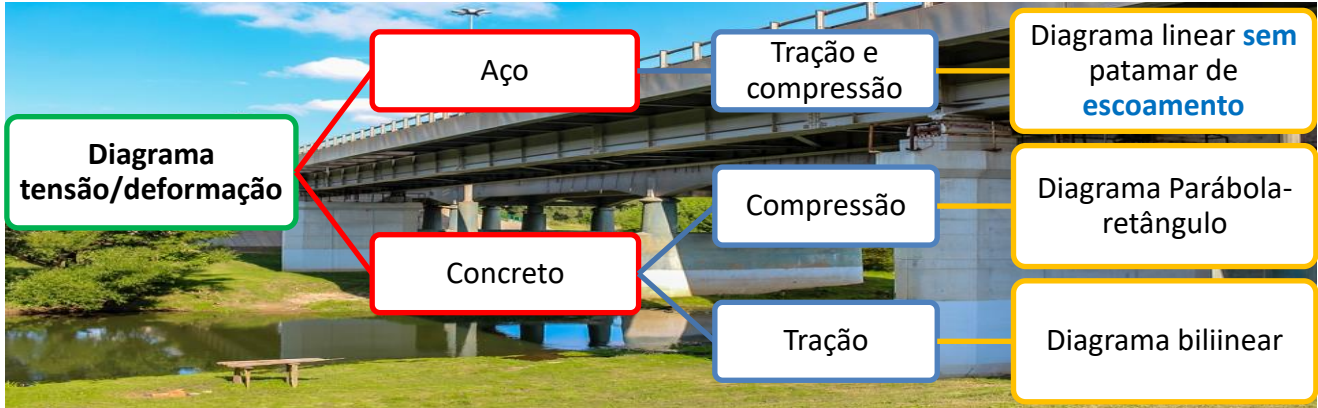


Figura 27: Diagrama tensão deformação para os aços utilizados em armaduras de concreto armado.

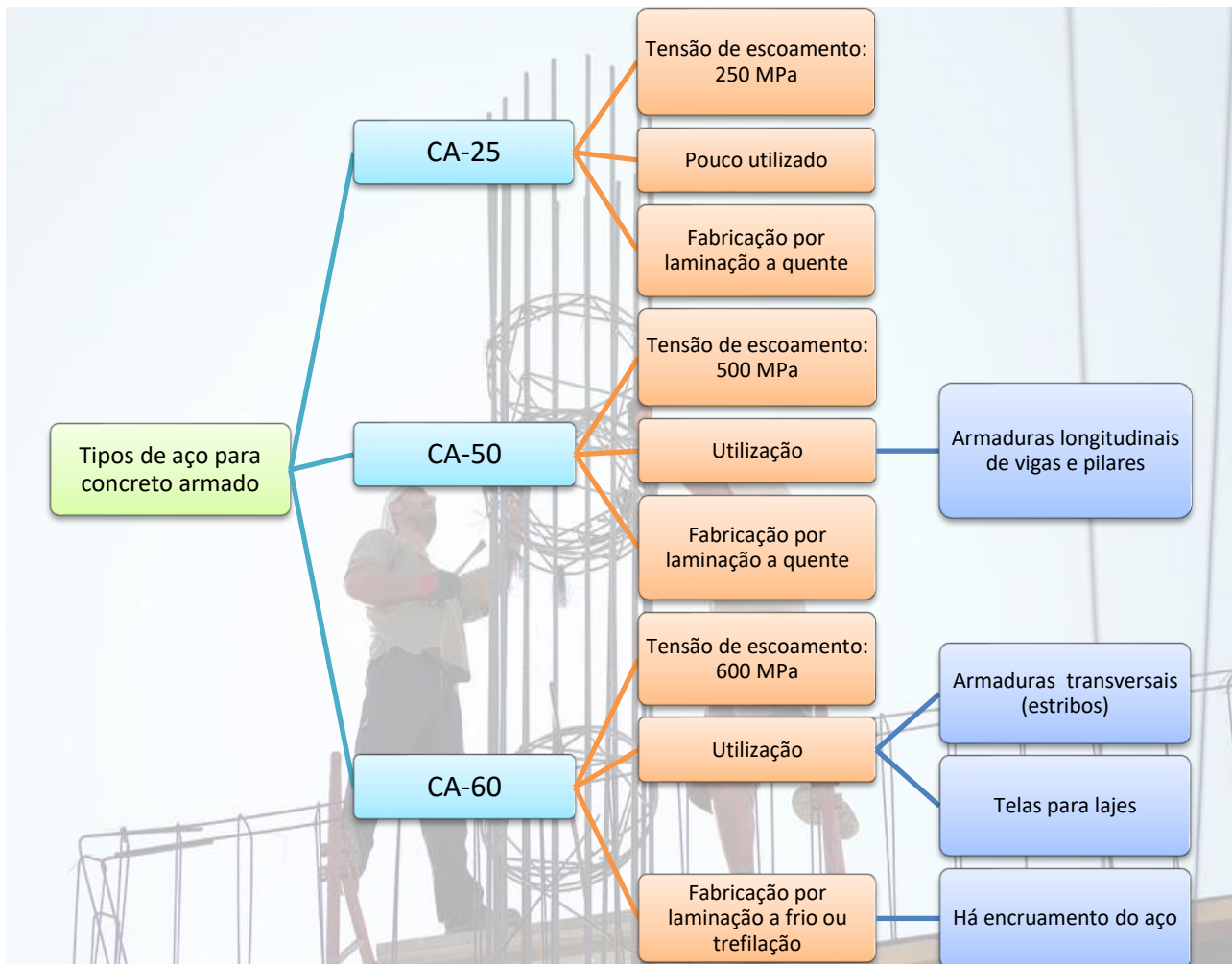


Conforme informado anteriormente, considera-se que o **aço** e o **concreto** de um elemento estrutural **trabalham de maneira solidária**, ou seja, estão fortemente aderidos de modo que ambos apresentam as **mesmas deformações** quando submetidos a esforços de compressão. Entretanto, como o aço possui um maior módulo de elasticidade, ele apresentará uma tensão superior à do concreto. De fato, conforme a lei de Hooke ($E=\sigma/\epsilon$), o módulo de elasticidade é igual à tensão dividida pela deformação. Como se assume que o concreto e o aço estão solidarizados na estrutura, se um deforma, o outro se deforma igualmente. Com isso, conclui-se que a deformação do aço (ϵ_s) é igual à deformação do concreto (ϵ_c) em estruturas de concreto armado. Todavia o módulo de elasticidade do aço (E_s) é superior ao do concreto (E_c). Então, como temos $E_s > E_c$ e $\epsilon_s = \epsilon_c$, para que a **Lei de Hooke** seja atendida necessariamente a **tensão no aço** (σ_s) deve ser **maior** do que a **tensão no concreto** (σ_c).





RESUMINDO



HORA DE
PRATICAR!

CESPE - EBSERH – Engenharia civil - 2018

Acerca de projetos e execução de obras e serviços de engenharia, julgue o item a seguir.

No regime plástico dos aços estruturais, ocorrem deformações crescentes sem variação de tensão; o valor constante dessa tensão, denominado resistência ao escoamento, é uma característica importante desse tipo de material.

() Certo () Errado

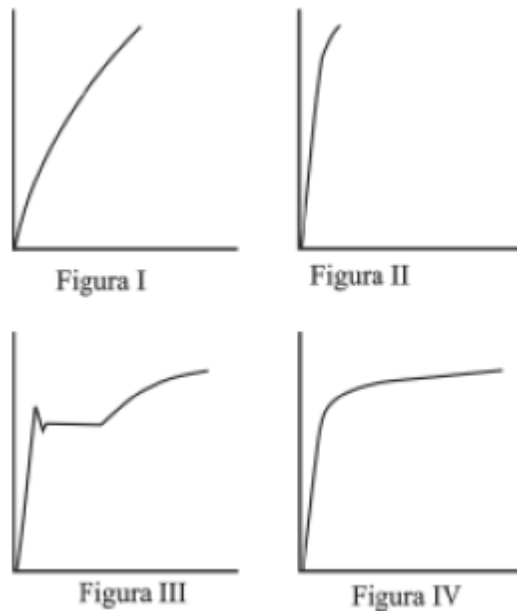


Comentários:

Conforme apresentado nesta seção, a zona do regime plástico em que ocorrem deformações contínuas sem aumento de tensão é a zona de escoamento, cujo valor refere-se a uma propriedade característica do aço. Sendo assim, a afirmativa está correta.

Gabarito: Certo

CESPE - Prefeitura de São Luís - Engenharia Civil - 2017



Considerando-se as figuras precedentes, em que são apresentados diagramas tensão-deformação de materiais variados obtidos em ensaios de tração, e sabendo-se que, na construção civil, os aços mais utilizados para concreto armado são o CA-50 e o CA-60, é correto afirmar que os ensaios de tração desses aços correspondem, respectivamente, aos diagramas das figuras.

- a) II e III
- b) II e IV
- c) III e IV
- d) I e II
- e) I e III

Comentários:



Conforme apresentado nesta seção, o aço CA-50 apresenta um diagrama tensão-deformação com patamar de escoamento, o que corresponde ao gráfico III. Já o aço CA-60 apresenta um diagrama tensão-deformação sem patamar de escoamento, mas apresenta zonas bem evidentes de deformação no regime elástico e no regime plástico, conforme apresentado no gráfico IV. Sendo assim, a sequência correta é III e IV, o que corresponde a alternativa “c”.

Gabarito: C

CONSULPLAN - Prefeitura de Sabará – Eng. - 2017

Quando o aço é tensionado, ele ultrapassa o regime elástico e o material apresenta uma propriedade que é caracterizada pelo aumento de deformação com tensão constante. A esta propriedade chamamos de:

- a) Torção
- b) Escoamento
- c) Compressão
- d) Cisalhamento

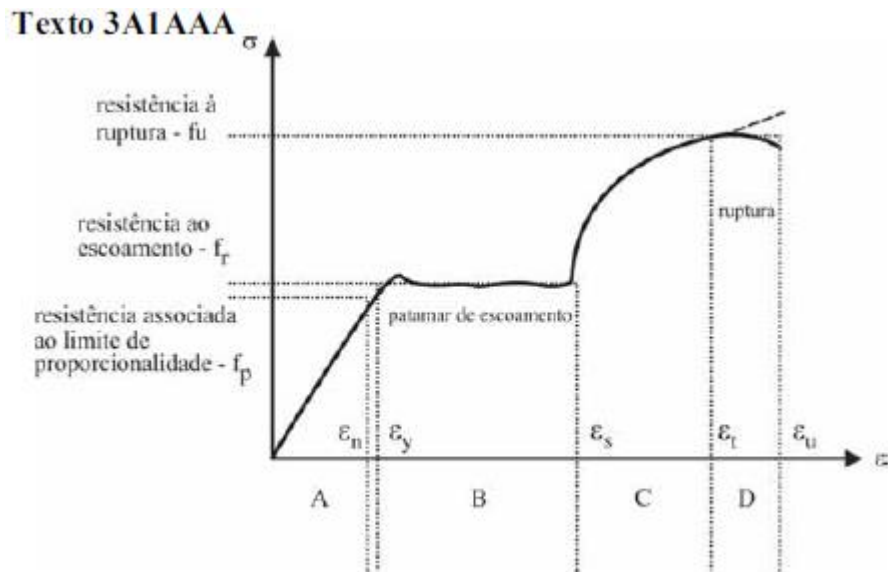
Comentários:

Conforme apresentado nesta seção, após ultrapassar o regime elástico ocorrem deformações contínuas sem aumento de tensão sendo esta região denominada de zona de escoamento. Sendo assim, a alternativa “b” é a resposta para esta questão.

Gabarito: B

CESPE - Polícia Científica PE - Perito Criminal - 2016





A figura precedente representa um diagrama tensão \times deformação de um material utilizado na construção civil. Assinale a opção que representa o intervalo identificado pela letra B na figura do texto 3A1AAA.

- a) estrição
- b) ruptura
- c) regime plástico
- d) encruamento
- e) regime elástico

Comentários:

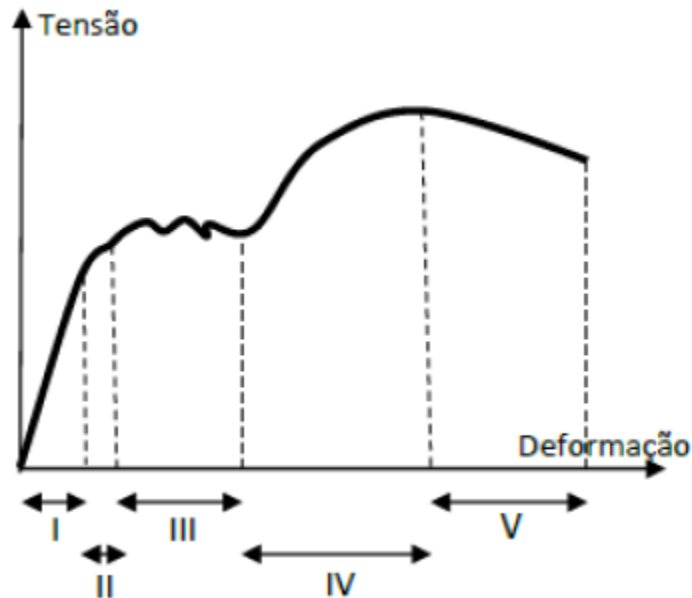
Conforme apresentado nesta seção, a região A do diagrama corresponde ao regime elástico e as regiões B, C e D são pertencentes ao regime plástico. Ressalto que a zona B é uma zona especial do regime plástico denominada de zona de escoamento. A zona C é a região de encruamento e a zona D a área relativa a estrição. Então, como as alternativas apresentadas não possuem a opção da zona de escoamento, a única alternativa que esta correta é a “c”, pois a zona B corresponde a zona de escoamento que ocorre no regime plástico.

Gabarito: C



FGV - Defensoria Pública do Estado RO - Analista em Eng. Civil - 2015

Uma barra metálica submetida a um esforço crescente de tração axial sofre uma deformação progressiva descrita pelo gráfico de tensão-deformação da figura abaixo.



O encruamento do metal ocorre no trecho:

- a) I
- b) II
- c) III
- d) IV
- e) V

Comentários:

Conforme apresentado nesta seção, a zona I corresponde ao regime elástico, a zona II é uma transição entre regime elástico e plástico, a zona III é a região de escoamento, a zona IV corresponde ao encruamento e na zona V ocorre a estrição. Sendo assim, encruamento ocorre na zona IV, o que corresponde à alternativa “d”.

Gabarito: D



FCC - TRT-3 – Eng. Civil - 2015

O aço mais utilizado em obras é o aço tipo CA-50. As barras deste tipo de aço têm a superfície obrigatoriamente com nervuras transversais (rugosa). A identificação numérica 50 indica um aço que possui:

- a) resistência característica de escoamento de 500 MPa.
- b) diâmetro nominal característico, igual a 50 mm.
- c) resistência mínima à tração de 50 MPa.
- d) massa específica característica de 50 kg/m³.
- e) resistência característica à compressão de 500 MPa.

Comentários:

Conforme apresentado anteriormente o valor 50 da nomenclatura CA-50 refere-se ao valor da tensão de escoamento do aço de 50 kN/cm² (500 MPa). Dessa forma, apenas a afirmativa “a” está correta.

Gabarito: A

CESPE – MJ – Eng. Civil – Questão de fixação (Adaptada)

Acerca dos projetos estruturais de concreto e aço, julgue o item subsequente.

Existem três categorias de aço para concreto estrutural: CA-25, CA-50 e CA-60, classificadas em função da resistência característica de escoamento, respectivamente, em 250 MPa, 500 MPa e 600 MPa. Aços CA-50 correspondem às barras laminadas a quente e aços CA-60, às barras encruadas.

() CERTO () ERRADO

Comentários:

A afirmativa está correta, pois os aços CA-50 são produzidos por laminação a quente, enquanto que aços CA-60 são produzidos por trefilação com encruamento do aço.

Gabarito: Certo

CESPE – MPU – Técnico Edificações – Questão de fixação

A determinação das propriedades mecânicas de um material metálico é realizada por meio de ensaios destrutivos e não destrutivos. Com base nos conceitos e nas especificações de ensaios de materiais, julgue o próximo item.



O módulo de elasticidade de um material é uma medida da sua rigidez: quanto menor o módulo de elasticidade, mais rígido é o material e, conseqüentemente, menor será a sua deformação elástica quando submetido a tensão.

() CERTO () ERRADO

Comentários:

A afirmação está errada, pois conforme observado através da Lei de Hooke, quanto maior o módulo de elasticidade, mais rígido é o material, pois maior será a tensão necessária para provocar deformação neste material.

Gabarito: Errado

CESPE – MPU – Técnico Edificações – Questão de fixação

A determinação das propriedades mecânicas de um material metálico é realizada por meio de ensaios destrutivos e não destrutivos. Com base nos conceitos e nas especificações de ensaios de materiais, julgue o próximo item.

O limite elástico é definido como a maior tensão que o material pode suportar após a ocorrência de deformações permanentes.

() Certo () Errado

Comentários:

A afirmação está errada. O limite elástico é a tensão correspondente ao final do regime elástico, sendo definido como a maior tensão a que o material suporta antes da ocorrência de deformações permanentes.

Gabarito: Errado

CESPE – Câmara dos Deputados - Analista Legislativo - Questão de fixação

Com relação ao projeto de estruturas de concreto, julgue os itens seguintes.

Fluência são as deformações que ocorrem em peças de concreto, ao longo do tempo e sob carga constante.

() CERTO () ERRADO

Comentários:

A afirmação é verdadeira, pois fluência consiste nas deformações ocorridas no concreto devido a cargas aplicadas continuamente.



Gabarito: Certo

FCC – Ministério Público da União – Eng. Civil – Questão de fixação

A deformação de uma barra de aço $\varnothing 16$ mm por uma força de tração de 9,0 tf é, em cm, de:

Dados:

Comprimento da barra = 12,0 m

Módulo de elasticidade do aço

$$(E) = 2 \cdot 10^6 \text{ Kgf/cm}^2$$

a) 5,4

b) 4,7

c) 3,8

d) 3,4

e) 2,7

Comentários:

De acordo com a Lei de Hooke, temos que: $E = \sigma / \varepsilon$, rearranjando a equação, a deformação pode ser calculada assim:

$$\varepsilon = \sigma / E$$

A tensão, por sua vez, é calculada por:

$$\sigma = F / A$$

Sendo que:

$$F = 9 \text{ tf} = 9.000 \text{ kgf}$$

$$A = \pi \cdot \phi^2 / 4 = \pi \cdot 16^2 / 4 = 201 \text{ mm}^2 = 2,01 \text{ cm}^2$$

Portanto, temos que a tensão será:

$$\sigma = F / A = 9.000 / 2,01 = 4.478 \text{ kgf/cm}^2$$

Então, podemos obter a deformação:



$$\varepsilon = \sigma/E = 4.478 / 2.10^6 = 0,00224$$

Todavia, o enunciado da questão pediu a deformação em cm, de modo que, na verdade, a resposta não é a deformação relativa (ε), que é adimensional, mas sim a deformação absoluta ou a variação do comprimento (ΔL). Então, temos:

$$\varepsilon = \Delta L / L, \text{ sendo } L = 12 \text{ m}$$

$$\Delta L = \varepsilon \cdot L = 0,00224 \cdot 12 = 0,027 = 2,7 \text{ cm}$$

Sendo assim, a deformação em cm é igual a 2,7 cm, o que corresponde a alternativa “e”.

Gabarito: E

CESPE - Policia Federal – Eng. Civil – Questão de fixação

O dimensionamento e a execução de uma estrutura de concreto devem atender a requisitos que garantam a sua segurança e durabilidade. Com relação a esse tema, julgue o item subsequente.

O aço utilizado para armadura passiva de estruturas de concreto armado deve ser classificado por norma com valor característico da resistência de escoamento nas categorias CA-25, CA-50 e CA-60.

() Certo () Errado

Comentários:

De fato, os aços utilizados em armaduras de concreto armado devem ser classificados em umas das três classes CA-25, CA-50 ou CA-60. Sendo assim, a afirmativa está correta.

Gabarito: Certo

Perceba como tem algumas questões que ainda focam em memorização.

CESPE - Policia Federal - Perito Criminal Federal – Questão para fixação

Julgue o item subsequente, referente a aços utilizados em construções civis.

O módulo de elasticidade é praticamente igual para todos os tipos de aço, com valor aproximadamente igual a 210 kN/mm² (ou 21.000 kgf/mm²).

() Certo () Errado

Comentários:



Conforme a NBR 6118, para aços utilizados em concreto armado pode-se adotar o valor de 210 kN/mm² para o módulo de elasticidade. Dessa forma, a afirmativa está certa.

Gabarito: Certo

CESPE - MS - Eng. Civil – Exercícios de Fixação

Com relação ao aço utilizado em concreto armado, julgue a afirmativa seguinte:

Na falta de ensaios ou valores fornecidos pelo fabricante, pode-se assumir um valor de módulo de elasticidade do aço igual a 210.000 MPa para estruturas de concreto armado.

() CERTO () ERRADO

Comentários:

Na falta de valores fornecidos pelo fabricante, pode-se adotar um valor de 210 GPa ou 210.000 MPa para o módulo de elasticidade do aço utilizado em estruturas de concreto armado.

Gabarito: Certo

DEFORMAÇÕES E FISSURAÇÃO

Dois conceitos importantes no âmbito do projeto de estruturas de concreto armado são as **deformações** da estrutura e o processo de **fissuração**, os quais estão diretamente relacionados com os **Estados Limites de Serviço (ELS)**, conforme apresentado anteriormente.

Limites para deformações

As deformações que ocorrem em uma estrutura de concreto armado precisam ser limitadas de modo a se evitar **deslocamentos excessivos** que possam gerar **desconfortos estéticos** ou prejudicar o **uso do edifício**. Dessa forma, a NBR 6118 define valores limites de deslocamentos a serem utilizados para verificação dos estados limites de serviço (ELS) relativos a deformações excessivas nas estruturas de concreto armado. Para isso, os efeitos das deformações são divididos em quatro grupos:

- Grupo 1 - **Aceitabilidade sensorial**: Deslocamentos que geram **impactos estéticos** desagradáveis à edificação e/ou desconforto do usuário devido a **vibrações excessivas**;
- Grupo 2 - **Efeitos estruturais em serviço**: Deslocamentos que prejudicam a **funcionalidade** e/ou uso da edificação;
- Grupo 3 - **Efeitos em elementos não estruturais**: Deslocamentos que podem gerar **danos a elementos não estruturais** do edifício tais como: paredes e forros.
- Grupo 4 - **Efeitos em elementos estruturais**: Deslocamentos em elementos estruturais que podem tornar inválidas as premissas adotadas na análise estrutural.



A partir destes quatro grupos de efeitos a NBR 6118 estabelece os **deslocamentos máximos** necessários para evitar impactos indesejáveis em cada grupo.

A Tabela 4 apresenta os principais limites indicados pela norma em função de cada grupo de efeito. A Figura 28 apresenta exemplos de deslocamentos em estruturas de concreto armado. Não há limites de deslocamento para o grupo 4, relativo aos efeitos para elementos estruturais. Nesse caso, a NBR 6118 indica que, se os deslocamentos de elementos estruturais tornarem inválidas as premissas de cálculo, estes devem ser incorporados na análise estrutural. Outros detalhes sobre limitações de deslocamentos são apresentados nessa norma, mas não abordaremos por não caírem em provas mais.

Tabela 4: Deslocamentos máximos para avaliação dos ELS de estruturas de concreto armado (NBR 6118).

Tipo de efeito	Razão	Deslocamento limite
Aceitabilidade sensorial	Efeitos visuais (deslocamento total)	L/250
	Vibrações no piso (deslocamento devido apenas as cargas acidentais)	L/350
Efeitos estruturais em serviço	Coberturas e varandas (deslocamento total)	L/250
Efeitos em elementos não estruturais	Paredes de alvenaria	L/500
	Paredes de divisórias	L/250
	Revestimento colado de forro	L/350
	Revestimento pendurado de forro	L/175
	Deslocamento lateral	Total: H/1700 Entre pavimentos: h/850
	Pontes rolantes	H/400

L: vão do elemento estrutural; H: altura do edifício; h diferença entre níveis de pavimentos.



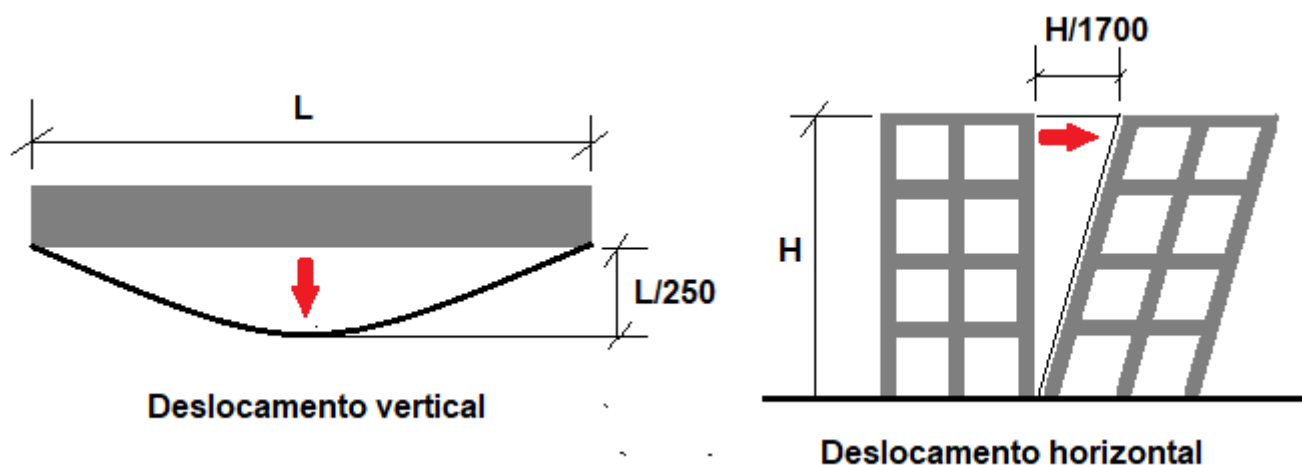


Figura 28: Exemplos de deslocamentos em estruturas de concreto armado.



ESTA CAI
NA PROVA!

Dentre todos os **limites de deslocamento** apresentados na tabela acima, o que merece maior atenção por ser cobrado de maneira recorrente em questões de concursos refere-se ao **deslocamento limite** para **aceitabilidade sensorial** devido efeitos visuais, cujo valor é **L/250**.



TOME NOTA!

Frequentemente, o deslocamento perpendicular ao eixo de vigas ou lajes é denominado de **flecha**. Esta nomenclatura é muito comum em questões de concursos. Importante saber que a **magnitude da flecha** em vigas e lajes depende da **carga aplicada** no elemento estrutural, do **comprimento do vão**, das características geométricas da **seção transversal** (momento de inércia) e das **propriedades do material** (módulo de elasticidade).

Vale lembrar que várias questões utilizam exemplos envolvendo flechas em vigas **bi-apoiadas** com **carregamento uniformemente distribuído**. Nesse caso, a **flecha máxima** ocorre sempre no **meio do vão**, de maneira similar ao apresentado na viga da Figura 28.

Deformações e juntas de dilatação

Conforme a NBR 6118, as **deformações uniformes** que ocorrem na estrutura, tais como aquelas oriundas de retração, variação de temperatura e fluência do concreto, **não são desprezíveis, mesmo que haja a criação de juntas de concretagem** ou de **dilatação**, pois essas juntas apenas **atenuam** os efeitos da deformação. Além disso, caso existam juntas na edificação, estas devem ser seladas de modo a evitar a passagem de água através delas.



Ressalta-se que a NBR 6118 não define distâncias máximas para a existência de **juntas de dilatação** no caso de concreto armado, mas recomenda que, no caso de **concreto simples**, as juntas de dilatação devem ser previstas pelo menos **a cada 15 m**.

Fissuração em estruturas de concreto armado

A **fissuração** consiste no processo de **formação de trincas**, as quais podem ser definidas como aberturas que surgem no concreto oriundas de **tensões de tração**. A fissuração pode ocorrer a partir dos **esforços solicitantes** a que o elemento estrutural é submetido, por processos de **retração** do concreto durante seu **endurecimento**, ou ainda por variações de **temperatura**.

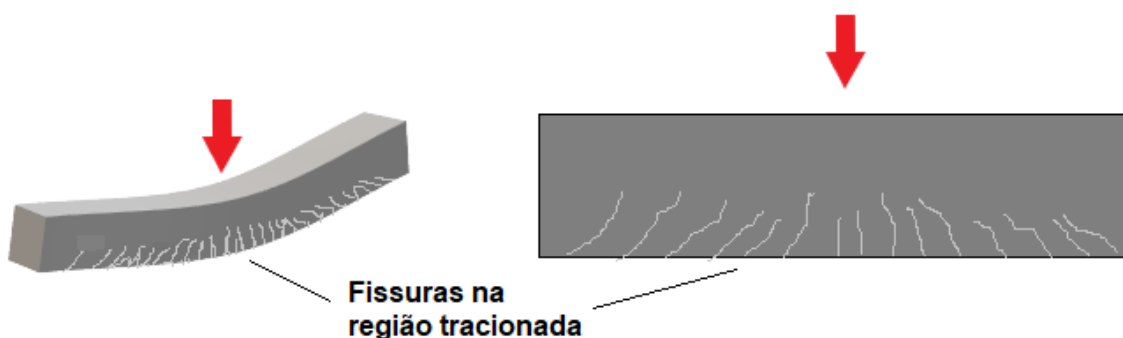


Figura 29: Fissuras formadas na região tracionada de uma viga submetida à flexão.

Mas qual a importância do processo de fissuração no projeto de estruturas de concreto armado?

Se o processo de **fissuração** não for controlado e as aberturas de fissuras **alcançarem dimensões importantes**, elas facilitarão a infiltração de água ao longo do concreto, aumentando o risco de contaminantes alcançarem as **armaduras** e **acelerarem** o processo de deterioração do aço por **corrosão**. Sendo assim, é importante limitar a abertura das fissuras para reduzir o risco de corrosão da armadura, buscando-se garantir maior durabilidade às estruturas de concreto armado.

Limites para abertura de fissuras

Assim como para deformações, a NBR 6118 estabelece também valores **limites para a dimensão das aberturas de fissuras** de modo a garantir a **durabilidade** das estruturas de concreto. Assim, a norma estabelece que fissuras ocorridas nas estruturas de concreto armado não implicarão agravamento significativo do processo de **corrosão da armadura**, se elas não ultrapassarem valores entre **0,2 mm** a **0,4 mm**.

É importante frisar que tais valores aplicam-se apenas em concreto armado, que é onde se verifica armadura passiva. No caso de concreto protendido, que possui armaduras chamadas ativas, esses aços requerem limites mais rigorosos de abertura de fissuras, uma vez que a corrosão é aumentada pela tensão aplicada à armadura.

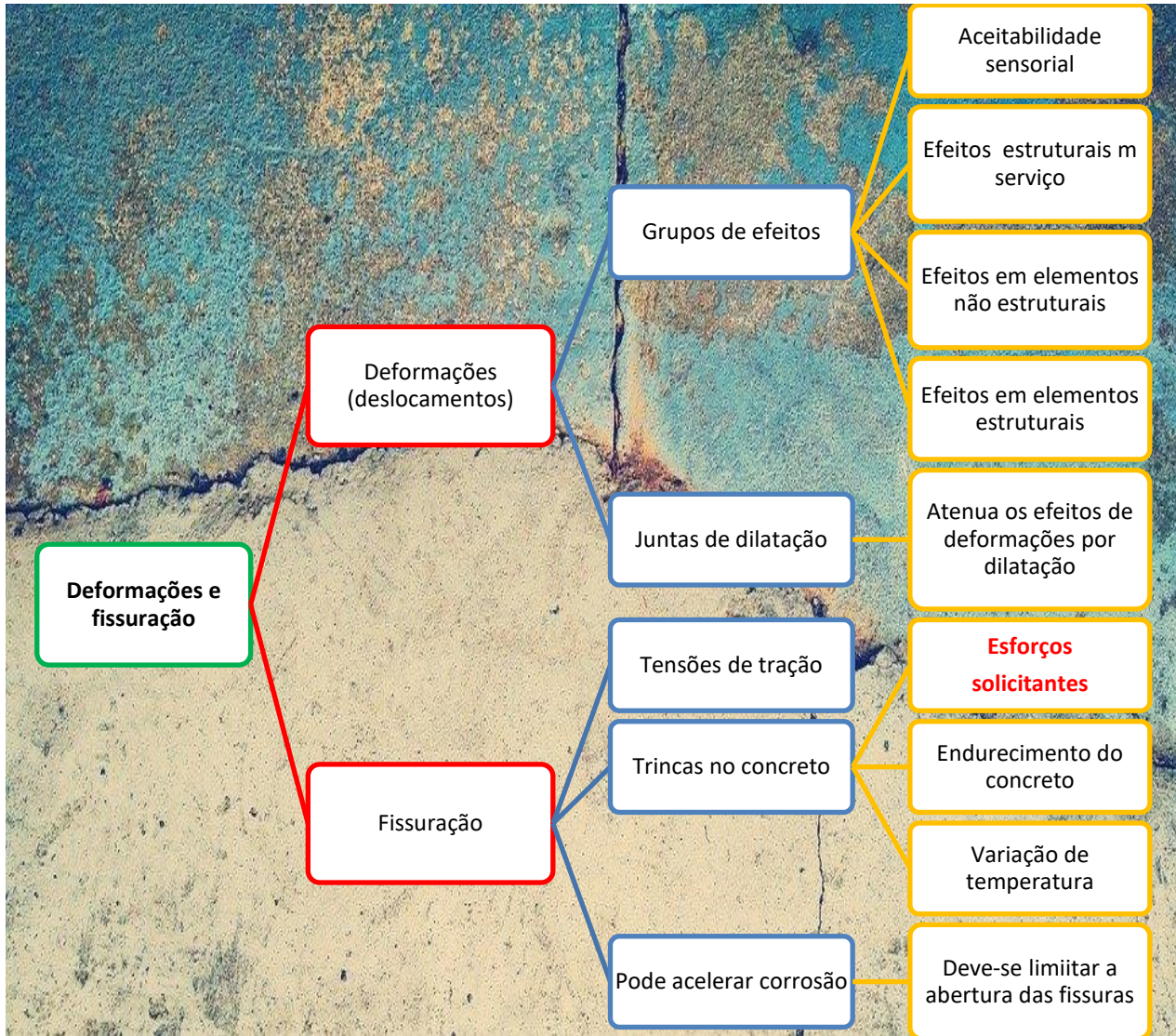
É recorrente em questões de concursos perguntas sobre os valores de **abertura máxima de fissura** que a NBR 6118 indica como a faixa em que a corrosão da armadura não será influenciada significativamente. Portanto lembre-se de que a faixa limite de abertura de fissuras indicada pela referida norma é de **0,2 mm a 0,4 mm**.

Além disso, a NBR 6118 diferencia o limite de abertura de fissuras para as estruturas de concreto armado em função da **classe de agressividade**, conforme apresentado na Tabela 5.

Tabela 5: Limite de abertura de fissuras para concreto armado em função da classe de agressividade (NBR 6118).

Classe de agressividade ambiental	Limite de abertura de fissura (mm)
I	0,4
II	0,3
III	0,3
IV	0,2



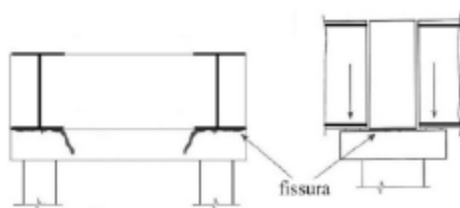


CESPE - IPHAN - Eng. Civil - 2018

Em uma cidade, um galpão do século XIX foi restaurado para abrigar o arquivo público, que ocupará dois pavimentos da edificação. Para manter a fachada do galpão preservada, foi construída uma estrutura de concreto e aço independente no interior do prédio. Os pórticos



da estrutura são compostos de vigas de concreto armado biapoiadas e isostáticas. Uma nova cobertura foi projetada com tesouras de madeira no corpo de prédio e uma treliça espacial metálica no vão central, que é circular. Para movimentar o acervo do arquivo, foi prevista uma ponte rolante apoiada em duas vigas metálicas de perfil I, assentadas sobre consolos curtos localizados no bordo inferior das travessas de apoio no topo dos pilares do pórtico. As vigas são apoiadas por aparelhos de neoprene fretado. Os pilares apresentam seção retangular vazada, com dimensões externas de 2,0 m × 1,50 m. Três meses após a obra definitivamente recebida, foi realizada uma vistoria, em que se constataram fissuras nas travessas de apoio no topo dos pilares e na ligação dos consolos com a alma das travessas, prolongando-se para baixo dos consolos, conforme representado na figura a seguir. A administração do órgão público responsável pela obra exigiu da construtora o reforço da estrutura. A construtora alegou que a obra já havia sido definitivamente recebida e, por isso, não caberia mais nenhum reparo.



Com relação à situação hipotética precedente, julgue o item.

Em uma viga biapoiada, isostática, de material isotrópico e homogêneo, submetida a um carregamento uniformemente distribuído ao longo do vão, a flecha máxima ocorre no centro do vão e é função somente do comprimento do vão entre os apoios e do valor da carga distribuída.

() CERTO () ERRADO

Comentários:

A afirmativa é falsa, pois em vigas biapoiadas com carregamento uniformemente distribuído, de fato a flecha máxima ocorre no centro do vão. Entretanto, a flecha depende não apenas do comprimento do vão e da carga distribuída, mas também das características geométricas da seção transversal (momento de inércia) da viga e das propriedades do material (módulo de elasticidade).

Gabarito: Errado

FCC - TRT 11 – Eng. Civil - 2017

No projeto de estruturas de concreto, a verificação em serviço do estado limite de deformações excessivas, considerando o efeito de aceitabilidade sensorial e da limitação visual, o deslocamento total máximo em elementos estruturais de concreto armado deve ser limitado à relação:

a) $L/500$

- b) L/250
- c) L/300
- d) L/350
- e) L/150

Comentários:

Conforme a NBR 6118:2014, considerando o efeito de aceitabilidade sensorial e efeito visual, o deslocamento total máximo em elementos estruturais de concreto armado é de $L/250$, sendo L o comprimento do vão. Dessa forma, a alternativa “B” é a resposta correta.

Gabarito: B

SMA-RJ - Prefeitura do Rio de Janeiro - Engenharia - 2016

No concreto simples, as juntas de dilatação devem ser previstas, segundo a NBR 6118:2014 (Projeto de estruturas de concreto – Procedimento), pelo menos a cada:

- a) 10m
- b) 15m
- c) 20m
- d) 25m

Comentários:

De acordo com a NBR 6118:2014 as juntas de dilatação em estruturas de concreto simples devem ser previstas pelo menos a cada 15 m. Logo, a letra “b” está correta.

Gabarito: B



CESPE - TELEBRAS – Eng. Civil - 2015

Com base nas disposições da norma NBR 6.118/2014, que legisla a respeito de projetos de estruturas de concreto, julgue o item a seguir.



Na construção de um prédio retangular com 40 m × 60 m (largura × comprimento) e com estrutura projetada de concreto armado, serão necessárias três juntas de dilatação na maior dimensão para que se obedeça à prescrição da norma, que determina o uso de uma junta de dilatação a cada 15 m em estruturas de concreto armado.

() Certo () Errado

Comentários:

A NBR 6118 apresenta uma prescrição de juntas de dilatação a cada 15 m apenas para concreto simples, não existe nesta norma prescrição de espaçamento de juntas para concreto armado. Sendo assim, a afirmação acima está errada.

Gabarito: Errado

FCC - TRT 11 – Eng. Civil - 2017

Sobre as exigências de durabilidade relacionadas à fissuração e à proteção da armadura, em peças de concreto armado, em função das classes de agressividade ambiental, a abertura máxima característica das fissuras, desde que não exceda valores da ordem de X mm a Y mm, sob ação das combinações frequentes, não tem importância significativa na corrosão das armaduras passivas. Os valores de X e Y, em mm, são, respectivamente:

- a) 1,0 e 1,5.
- b) 0,3 e 0,5
- c) 0,5 e 1,0
- d) 0,2 e 0,4
- e) 2,0 e 3,0

Comentários:

De acordo com a NBR 6118, se a abertura máxima característica das fissuras não exceder valores da ordem de 0,2 mm a 0,4 mm, estas não tem importância significativa na corrosão das armaduras passivas. Dessa forma, a alternativa “D” é a resposta correta.

Gabarito: D

FCC - Prefeitura de Teresina – Engenheiro Civil - 2016



A fissuração em elementos estruturais de concreto é inevitável, devido à grande variabilidade e à baixa resistência do concreto à tração. A abertura máxima característica das fissuras, desde que NÃO exceda valores da ordem de:

- a) 2 mm a 3 mm sob ação das combinações frequentes, não tem importância significativa na corrosão das armaduras ativas.
- b) 2 mm a 3 mm sob ação das combinações frequentes, não tem importância significativa na corrosão das armaduras passivas.
- c) 0,5 mm a 1 mm sob ação das combinações frequentes, não tem importância significativa na corrosão das armaduras ativas.
- d) 1,5 mm a 3 mm sob ação das combinações frequentes, não tem importância significativa na corrosão das armaduras ativas.
- e) 0,2 mm a 0,4 mm sob ação das combinações frequentes, não tem importância significativa na corrosão das armaduras passivas.

Comentários:

De acordo com a NBR 6118, a abertura máxima característica das fissuras, desde que não exceda 0,2 mm a 0,4 mm sob a ação das combinações frequentes, não tem importância significativa na corrosão das armaduras passivas. Dessa forma, a alternativa “E” é a resposta para esta questão.

Gabarito: E



FGV - CODEBA - Engenheiro Civil - 2016

Uma viga de concreto armado encontra-se fissurada. Sabendo-se que a abertura média das fissuras de flexão é de 0,24 mm e a distância média entre essas fissuras é de 15 cm, a deformação média da armadura longitudinal de tração da viga, em %, é igual a

- a) 0,16.
- b) 0,32.
- c) 0,64.
- d) 1,28.



e) 1,60.

Comentários:

A deformação (ϵ) é calculada normalmente dividindo-se a variação do comprimento ocorrida no elemento estrutural (ΔL) pelo seu comprimento inicial (L):

$$\epsilon = \Delta L / L$$

Considerando que a distância entre fissuras é de 15 cm e que a abertura da fissura é de 0,24 mm, pode-se estimar a deformação longitudinal da armadura dividindo-se o valor da abertura da fissura pela distância entre fissuras. Nesse caso, a abertura da fissura representa a variação do comprimento (ΔL) e a distância entre fissuras representa o comprimento inicial (L). Sendo assim:

$$\epsilon = \Delta L / L = 0,24 \text{ mm} / 150 \text{ mm} = 0,0016 \text{ ou } 0,16\%$$

Então, 0,16% é valor estimado para a deformação da armadura longitudinal. Portanto, a alternativa "A" está correta.

Gabarito: A

VUNESP - Prefeitura de Guarulhos – Engenheiro - 2016

Para garantir a durabilidade de uma estrutura de concreto armado ou protendido, os valores de recobrimento e a abertura admissível de fissuras são definidos:

- a) pela classe de agressividade ambiental, que por sua vez é definida pelo macroclima e pelo microclima em que a estrutura está inserida.
- b) pela classe de agressividade ambiental, definida pelo macroclima em que a estrutura está inserida, e pela classe de resistência do concreto.
- c) pela classe de agressividade ambiental, definida pelo microclima em que a estrutura está inserida, e pela classe de resistência do concreto.
- d) pela classe de resistência do concreto estabelecida pelo calculista para a obra e pelo controle tecnológico adotado na obra.
- e) pelo tipo de cimento portland a ser empregado, sendo considerados os cimentos resistentes a sulfatos os mais adequados a ambientes mais agressivos.

Comentários:



A alternativa “a” está correta, pois os valores de cobrimento e os limites de abertura de fissuras são definidos com base na classe de agressividade ambiental, a qual depende do macroclima (rural, urbano e marinho) e microclima (seco, úmido, ambiente interno ou externo) em que a estrutura está inserida.

A alternativa “b” está errada, pois a definição da classe de agressividade não depende da classe de resistência do concreto, na verdade a classe de resistência do concreto é definida com base na classe de agressividade do ambiente.

A alternativa “c” está errada, pois a definição da classe de agressividade não depende da classe de resistência do concreto, na verdade a classe de resistência do concreto é definida com base na classe de agressividade do ambiente.

A alternativa “d” está errada, pois a definição do cobrimento **não depende** da classe de resistência do concreto nem do controle tecnológico na obra.

A alternativa “e” está errada, pois a definição do cobrimento **não depende** do tipo de cimento Portland utilizado.

Sendo assim, a alternativa “A” é a resposta correta para esta questão.

Gabarito: A

CESPE - TRT-10 – Engenharia – Questão de fixação

Acerca dos sistemas estruturais empregados na construção civil, julgue o item seguinte.

Considere que uma viga biapoiada, isostática e constituída de material isotrópico e homogêneo tenha sido submetida a um carregamento uniformemente distribuído ao longo de um vão de intensidade q . Nessa situação, a flecha máxima dessa viga ocorre no centro desse vão, sendo função somente do valor da carga distribuída e do comprimento desse vão entre os apoios.

() Certo () Errado

Comentários:

A afirmativa é falsa, pois a flecha máxima em vigas biapoiadas com carregamento uniformemente distribuído de fato ocorre no centro do vão. Entretanto, a flecha depende não apenas do comprimento do vão e da carga distribuída, mas também das características geométricas da seção transversal (momento de inércia) da viga e das propriedades do material (módulo de elasticidade).

Gabarito: Errado

CESPE - MPOG – Analista de Infraestrutura – Questão de fixação

No que concerne às estruturas das edificações da construção civil, julgue o item subsequente.



O deslocamento limite recomendado para uma viga de comprimento L , devido às cargas acidentais, é igual a $L/350$.

() Certo () Errado

Comentários:

Conforme a Tabela 4, o deslocamento limite devido a cargas acidentais é de $L/350$. Então, a afirmação é verdadeira.

Gabarito: Certo



CESPE - Câmara dos Deputados - Analista Legislativo – Questão de fixação

Com relação ao projeto de estruturas de concreto, julgue os itens seguintes.

As juntas de dilatação normalmente são adotadas em projetos de estruturas de concreto, com o objetivo de minimizar as tensões na estrutura oriundas das variações de temperatura.

() CERTO () ERRADO

Comentários:

A afirmação é verdadeira, pois as juntas de dilatação permitem atenuar as tensões na estrutura oriundas de variações de temperatura.

Gabarito: Certo

SEGURANÇA NAS ESTRUTURAS

Ações atuantes na estrutura

Uma estrutura ao longo de sua vida útil é submetida a ações às quais ele deve suportar de maneira a atender os critérios de segurança quanto ao ELU e ELS. Contudo, as ações sobre uma estrutura apresentam várias particularidades que influem na sua consideração nos cálculos, sendo assim classificadas:

- **Permanentes:** são as ações a que a estrutura é submetida ao longo de sua vida útil de maneira constante ou de pouca variação, tais como: peso próprio da estrutura e dos demais elementos da edificação.
- **Variáveis:** são as ações que ocorrem nas edificações e que podem sofrer muitas alterações, tais como: as sobrecargas de uso das edificações devido a equipamentos móveis, pessoas e veículos, ou ações devido ao vento.



- **Excepcionais:** são ações cuja probabilidade de ocorrência em uma edificação é muito baixa, tais como ações oriundas de explosões, abalos sísmicos ou incêndios.

Ações de cálculo e combinações de projeto

As **ações de cálculo** correspondem aos valores de esforços atuantes na edificação e que serão considerados durante o dimensionamento da estrutura. O valor de uma ação é classificado como “**característica**” quando não foi multiplicada pelos coeficientes de majoração. Por outro lado a ação é classificada como “**de cálculo**” quando esta é obtida por meio da combinação de ações características multiplicadas por coeficientes de majoração.



As **ações de cálculo** são definidas com base na combinação das **ações características** multiplicadas por coeficientes de majoração e fatores de combinação.

A NBR 8681 define os procedimentos necessários para realizar a **combinação dos esforços característicos** que resultam nas ações de cálculo obtidas a partir de carregamentos de projeto. Um carregamento consiste na combinação de ações que podem atuar simultaneamente em uma estrutura. No caso de verificação dos Estados Limites Últimos (ELU), a NBR 8681 diferencia os carregamentos em três tipos:

- **Carregamento normal:** são **combinações** de ações bastante recorrentes e que possuem duração longa atuando ao longo de quase toda vida útil da edificação. Exemplos deste tipo de carregamento são as combinações que englobam ações permanentes relativas ao peso próprio da edificação e às sobrecargas de uso do edifício.
- **Carregamento especial** ou de **construção:** possui duração muito pequena em relação à vida útil da estrutura. Exemplo deste tipo de carregamento são as **combinações** que incluem o peso próprio da estrutura e as ações transitórias a que a estrutura pode estar submetida durante sua fase de construção.
- **Carregamento excepcional:** são combinações raras, que dificilmente ocorrerão e que possuem duração extremamente curta. São exemplos deste tipo de carregamento as **combinações** que incluem ações excepcionais, tais como aquelas de origem sísmica ou em situações de incêndio.





Apesar de parecerem semelhantes **ações** e **carregamentos** são conceitos bem diferentes. As **ações** referem-se a **esforços individuais**, enquanto que o **carregamento** é uma **combinação de ações** que podem ocorrer simultaneamente.

A classificação de ações (permanente, variável, excepcional) não tem nada a ver com a classificação de carregamentos (normal, especial ou excepcional). As ações são esforços individuais atuantes na estrutura tais como: o peso próprio, esforço de vento, sobrecargas em geral. Já os carregamentos, conforme já comentado, correspondem a combinações de ações que atuam simultaneamente na estrutura e que podem ser mais recorrentes (carregamentos normais), ou combinações de ações de menor probabilidade de ocorrência, ou que ocorrem apenas em determinada fase da vida de uma edificação, tais como os carregamentos de construção e os carregamentos excepcionais.

A definição das combinações de cálculo **depende** dos **tipos de carregamentos** considerados e do **estado limite** que está sendo avaliado (ELU ou ELS). A diferenciação dos tipos de carregamento é importante, pois os coeficientes de majoração utilizados nas combinações de cálculo podem variar em função do tipo de carregamento.

A Tabela 6 apresenta os coeficientes de majoração para ações permanentes (γ_g) e para ações variáveis (γ_q). Estes coeficientes são utilizados para **superestimar** o valor das ações atuantes na estrutura, buscando garantir maior segurança nos cálculos.

Tabela 6: Coeficientes de majoração para ações permanentes (γ_g) e para ações variáveis (γ_q) - NBR 8681.

Tipo de combinação	γ_g	γ_q
Normal	1,4	1,4
Especial ou de construção	1,3	1,2
Excepcional	1,2	1,0

A equação para realização da combinação para obter as ações de cálculo depende do tipo de **carregamento considerado**.

A maioria das edificações é dimensionada quanto ao ELU com base nas combinações para os **carregamentos normais**. Caso haja ações na etapa de construção ou a previsão de cargas excepcionais, as combinações para estes tipos de carregamentos também devem ser incluídas no dimensionamento da estrutura quanto aos ELU. Sendo assim, como em geral o carregamento normal é que predomina para o dimensionamento das edificações, nesta aula será apresentada apenas a **combinação de cálculo** para verificação de ELU para **esforços normais**:



$$F_d = \sum_{i=1}^m \gamma_{gi} F_{gi,k} + \gamma_{q,1} F_{qk,1} + \sum_{i=2}^n \gamma_{q,i} \Psi_{0i} F_{qk,i}$$

Em que:

- F_d : ação atuante de cálculo.
- F_{gk} : ação permanente característica.
- $F_{qk,1}$: ação variável principal característica.
- $F_{qk,i}$: i -ésima ação variável secundária característica.
- Ψ_0 : fator de combinação.

Os **fatores de combinação (Ψ_0)** são utilizados quando há ações variáveis de diferentes origens. Neste caso aplicam-se tais fatores ao se determinar a combinação de cálculo, pois se assume que há uma pequena probabilidade de ações variáveis de diferentes origens ocorrerem simultaneamente com seu valor máximo. A Tabela 7 apresenta os valores de Ψ_0 conforme NBR 8681.

O uso dessa equação requer que sejam realizadas várias combinações, as quais devem incluir as ações permanentes e variáveis. Em cada uma das combinações considera-se uma **ação variável** como **principal** e as demais como **secundárias**. A **ação variável principal** entra na combinação com seu valor característico F_{qk} , enquanto que as **ações variáveis secundárias** são incluídas na combinação com seu valor F_{qk} reduzido pelo fator de combinação (Ψ_0).

Tabela 7: Fatores de combinação Ψ_0 conforme NBR 8681.

Tipo de combinação	Ψ_0
Variações uniformes de temperatura	0,6
Pressão dinâmica do vento	0,6
Cargas acidentais dos edifícios quando não há predominância de pesos de equipamentos que permanecem fixos por longo período de tempo, nem elevada concentração de pessoas	0,5
Cargas acidentais dos edifícios nos casos contrários	0,7
Cargas acidentais em bibliotecas, arquivos, oficinas e garagens	0,8

Por exemplo, se uma situação tem duas ações variáveis: uma relacionada à sobrecarga de uso do edifício e outra relacionada com ações de vento. Neste caso haverá duas combinações para os carregamentos normais, sendo elas:

- **Combinação 1:** inclui as **cargas permanentes majoradas**, a carga de sobrecarga de uso majorada, sendo considerada como **carga variável principal**, e a carga de vento majorada e multiplicada pelo fator de combinação (Ψ_0), pois é considerada **carga variável secundária**.
- **Combinação 2:** inclui as **cargas permanentes majoradas**, e inverte-se a posição das cargas variáveis, considerando a carga de vento majorada, sendo agora considerada como **carga**



variável principal, enquanto a carga de sobrecarga de uso é majorada e multiplicada pelo fator de combinação, pois nesta combinação (ψ_0) é considerada **carga variável secundária**.

Resistências de cálculo

Assim como para as ações atuantes na estrutura, os valores dos esforços resistentes do concreto e aço são ditos “**característicos**”, quando se apresentam de maneira bruta, ou seja, são os valores obtidos em ensaios ou fornecidos pelo fabricante. Já os esforços resistentes “**de cálculo**” para o concreto (f_{cd}) e aço (f_{yd}) são determinados a partir dos **valores característicos da resistência a compressão** do concreto (f_{ck}) e da tensão de escoamento do aço (f_{yk}), respectivamente, dividindo-os por **coeficientes de minoração**. Esses coeficientes são utilizados para **subestimar** o valor da resistência de uma estrutura de modo a realizar um dimensionamento a favor da segurança.

$$f_{cd} = \frac{f_{ck}}{\gamma_c}$$

$$f_{yd} = \frac{f_{yk}}{\gamma_s}$$

Em que:

- γ_c é o **coeficiente de minoração** da resistência à compressão do concreto.
- γ_s é o **coeficiente de minoração** da tensão de escoamento do aço.

Esses **coeficientes de minoração** buscam retratar **discrepâncias** entre as **resistências** dos materiais ensaiados **em laboratório** e aqueles efetivamente utilizados **na obra**. No caso do concreto, os coeficientes de minoração retratam ainda **desvios nas dimensões** dos elementos estruturais ocorridos durante a execução.

Os valores dos coeficientes de minoração dependem do tipo de carregamento das ações de cálculo considerado, conforme Tabela 8.

Tabela 8: Coeficientes de minoração para o aço e para o concreto conforme a NBR 6118.

Tipo de carregamento	γ_c	γ_s
Normal	1,4	1,15
Especial ou de construção	1,2	1,15
Excepcional	1,2	1,0

No caso do **concreto**, deve-se realizar uma **redução adicional** na resistência à compressão de cálculo, para se considerar o efeito da diminuição da resistência do concreto quando submetido a **esforços de longa duração**. Para isso, multiplica-se f_{cd} por um fator α_c , obtendo-se então a resistência a compressão de cálculo do concreto (σ_{cd}), que de fato é utilizada no dimensionamento dos elementos estruturais de concreto armado.



$$\sigma_{cd} = \alpha_c \cdot f_{cd}$$

$$\alpha_c = 0,85 \text{ se } f_{ck} \leq 50 \text{MPa}$$

$$\alpha_c = 0,85 \left[1 - \frac{(f_{ck} - 50)}{200} \right] \text{ se } f_{ck} > 50 \text{MPa}$$



Um aspecto a ser ressaltado é que o **coeficiente de minoração** da resistência do concreto (γ_c) deve ser multiplicado por **1,1** no caso de a concretagem ocorrer em **situações desfavoráveis** tais como: elevada **concentração de armadura** em determinadas regiões do elemento estrutural e/ou realização de **adensamento manual**. Afinal de contas, essas situações representam riscos à qualidade da concretagem, impondo maior necessidade de cautela na consideração nos cálculos da qualidade do concreto resultante.

Esforços solicitantes de cálculo

Os **esforços solicitantes** atuantes em uma estrutura são gerados quando esta é submetida a ações externas (sobrecargas) ou internas (peso próprio). Os elementos estruturais devem ser dimensionados para resistir aos esforços solicitantes a que serão submetidos ao longo de sua vida útil, tais como: esforço de **flexão**, **torção**, **compressão**, **tração** e **cortante** (também chamado de cisalhamento).

Analogamente às ações, o valor de um esforço solicitante é classificado como “**característico**” quando foi obtido a partir da análise estrutural em que foram utilizadas as **ações** com seus valores **característicos** (sem coeficientes de majoração). Por outro lado um esforço solicitante é classificado como “**de cálculo**” quando foi obtido a partir da análise estrutural em que foram utilizadas as **ações** com seus valores **de cálculo** (obtidos por meio das **combinações de cálculo**).



Sendo assim, os **esforços característicos** (S_k) são obtidos aplicando-se na estrutura as **ações características** (F_k), enquanto que os **esforços solicitantes de cálculo** (S_d) são obtidos a partir das ações obtidas com base nas **combinações de cálculo** (F_d).

Verificação de segurança estrutural

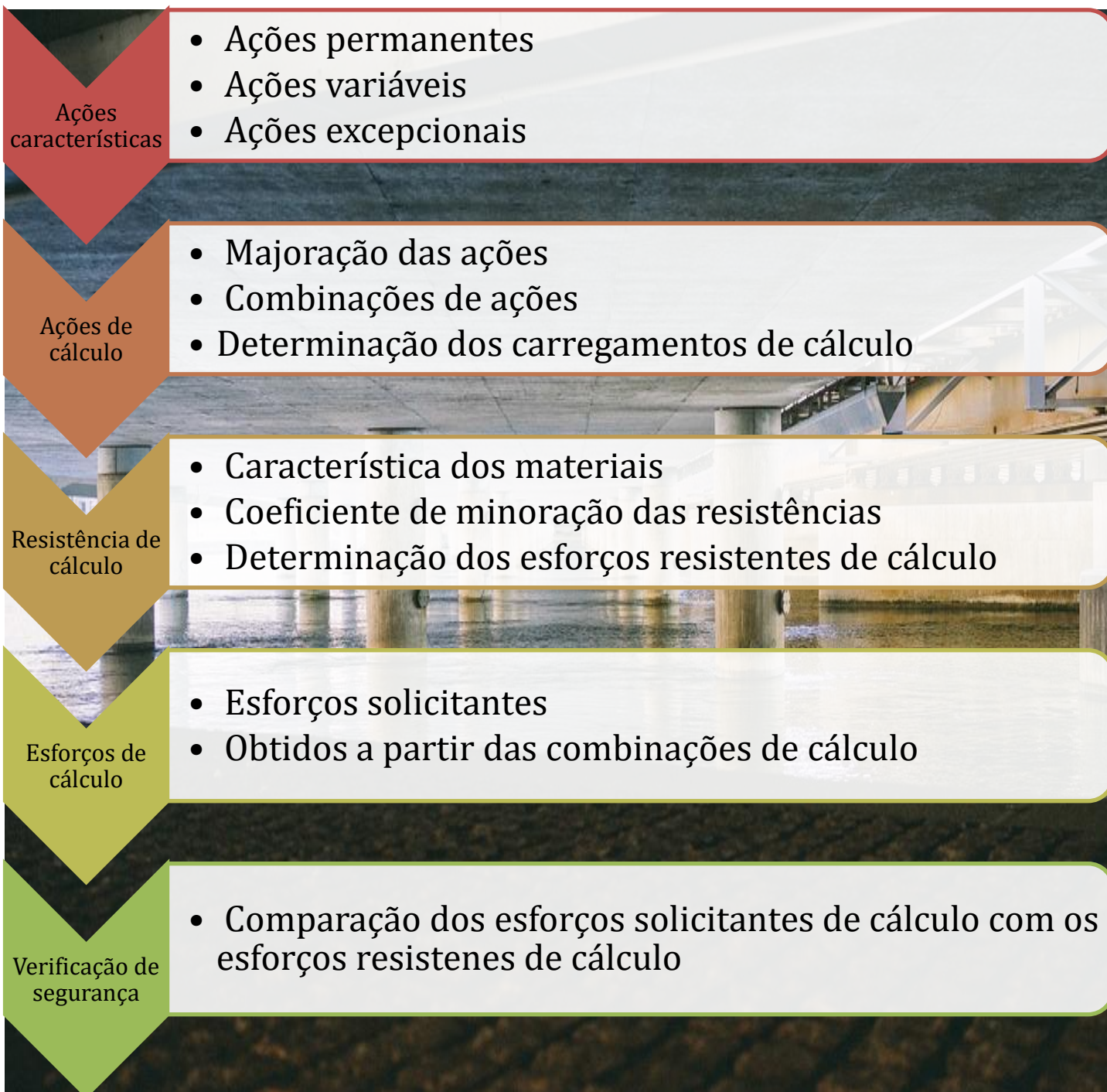
Após realizar os procedimentos de majorar os esforços atuantes na estrutura e minorar os esforços resistentes conforme apresentado acima, é necessário verificar se a estrutura resiste a todas as ações a que foi submetida. Sendo assim, a verificação da segurança estrutural é realizada comparando-se o valor dos **esforços solicitantes de cálculo** (S_d) com o **esforço resistente de cálculo** (R_d) de cada elemento estrutural. Considera-se que a estrutura está adequadamente dimensionada quando:

$$S_d \leq R_d$$

Essa equação é bem lógica, pois ela diz que os esforços solicitantes têm que ser menores do que os esforços resistentes para uma estrutura ficar em equilíbrio. Assim, considera-se que a estrutura está adequadamente projetada quando os esforços atuantes nas estruturas majorados (S_d) são menores ou iguais aos esforços resistentes minorados (R_d).

Um aspecto importante é que S_d representa um esforço solicitante (compressão, tração, cortante, flexão) em geral que vai depender de cada caso. Alguns elementos podem estar submetidos a mais de um tipo de esforço solicitante, devendo ser realizada a verificação acima para cada um destes esforços solicitantes. Vigas, por exemplo, estão submetidas predominantemente a esforços de flexão e cortante, pilares a esforços de compressão e flexão e tirantes a esforços de tração.







FCC – Tribunal de Contas do Estado GO – Engenharia - Questão de fixação

Para o projeto e dimensionamento da estrutura de um edifício usual de concreto armado no estado limite último, optou-se por utilizar concreto com resistência característica de 28 MPa. Considerando situações de combinações normais, a resistência de cálculo à compressão do concreto aos 28 dias, em MPa, é:

- a) 15
- b) 18
- c) 20
- d) 22
- e) 25

Comentários:

Conforme apresentado na Tabela 8, o coeficiente de minoração da resistência do concreto para combinações normais é igual a 1,4. Sendo assim, a resistência de cálculo à compressão do concreto é igual a:

$$f_{cd} = \frac{f_{ck}}{\gamma_c} = \frac{28}{1,4} = 20 \text{ MPa}$$

Dessa forma, a alternativa “c” é a resposta para esta questão.

Gabarito: C

ESTÁDIOS E DOMÍNIOS DE DEFORMAÇÃO

O comportamento de um elemento de concreto armado, a partir do momento que ele é submetido a um esforço, pode ser descrito com base nos chamados **estádios** e **domínios de deformação**. Vamos ver o que é cada um desses conceitos.

Estádios de deformação

Os **estádios de deformação** consistem em diferentes comportamentos **tensão-deformação** de uma seção de concreto armado ao se aplicar um esforço em um elemento estrutural. Quando se aplica



um esforço crescente de zero até um valor limite que causa a ruptura do elemento de concreto, é possível se notar **três** fases denominadas de **Estádios I, II e III**.

O **Estádio I** retrata o comportamento estrutural do elemento estrutural ao se iniciar a aplicação de um esforço. Nesta situação notam-se um comportamento **linear e elástico** do diagrama tensão deformação do concreto, ou seja, as tensões nas fibras mais comprimidas são proporcionais às deformações. Além disso, as tensões atuantes são menores do que a resistência à tração do concreto. Nesse caso, considera-se que o concreto **contribui** para resistir aos **esforços de tração**. Além disso, no Estádio I **não há formação de fissuras visíveis**. O Estádio I é utilizado como base para definição da **armadura mínima** de elementos de concreto armado.

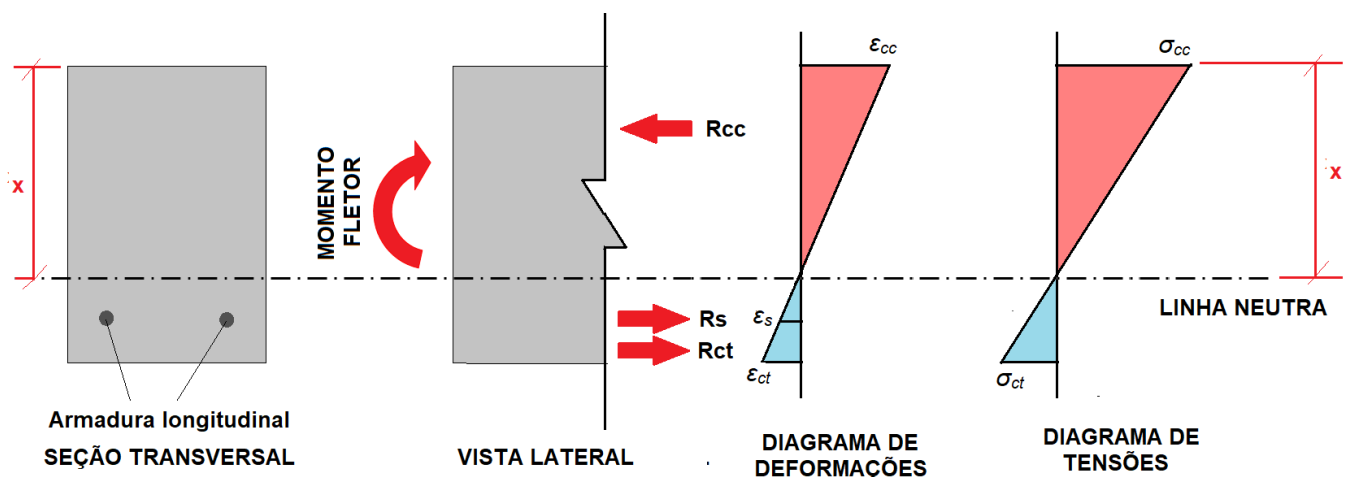


Figura 30: Estádio I - Deformações e tensões e linha neutra.

Em que:

R_{cc} : força resistente de cálculo da seção comprimida do concreto;

R_{ct} : força resistente de cálculo da seção tracionada do concreto.

R_s : força resistente de cálculo da armadura tracionada.

No **Estádio II** há o surgimento de **fissuras visíveis** no concreto na **porção tracionada** da estrutura. Como a seção está fissurada, assume-se que apenas o **aço resiste aos esforços de tração** e existem fissuras visíveis. No estágio II a tensão de compressão no concreto continua apresentando comportamento **elástico linear**. Além disso, o Estádio II é utilizado como base para verificação dos **ELS** relacionadas à **fissuração** e a **deformação** (flechas).

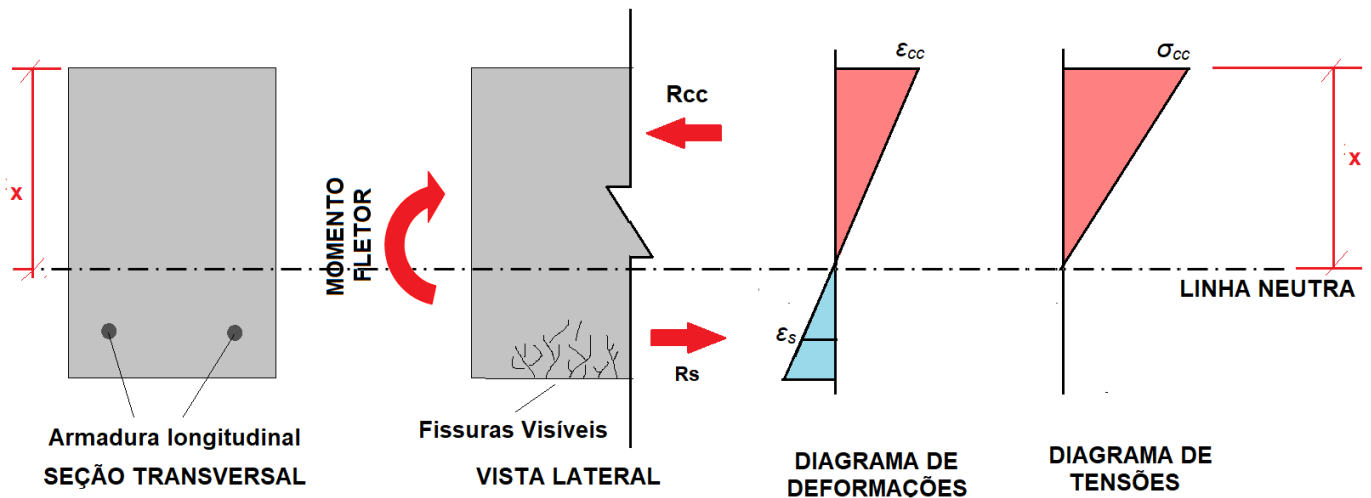


Figura 31: Estádio II - Deformações e tensões e linha neutra.

No caso de um elemento de concreto armado no **Estádio III**, ocorre a **plastificação da seção** do concreto e o diagrama de tensão de compressão do concreto passa a apresentar um comportamento **não linear** em formato de **parábola-retângulo**. De fato, nesse estágio observa-se que a fibra mais comprimida do concreto começa a escoar a partir da deformação específica de 0,2%, chegando a atingir, sem aumento de tensão, o valor de 0,35%.

O Estádio III possui **fissuras visíveis** que são ainda mais evidentes do que no Estádio II. No Estádio III o elemento estrutural apresenta-se **bastante fissurado**, estando as fissuras cada vez maiores e próximas da linha neutra, o que diminui a profundidade delas e, conseqüentemente, reduz a região comprimida de concreto. Sendo assim, o Estádio III é utilizado com base para verificação dos **ELU**, já que esse estágio representa a **condição de ruína** do elemento estrutural, no qual os materiais que compõem a estrutura de concreto armado atingem seus **limites de deformação**.

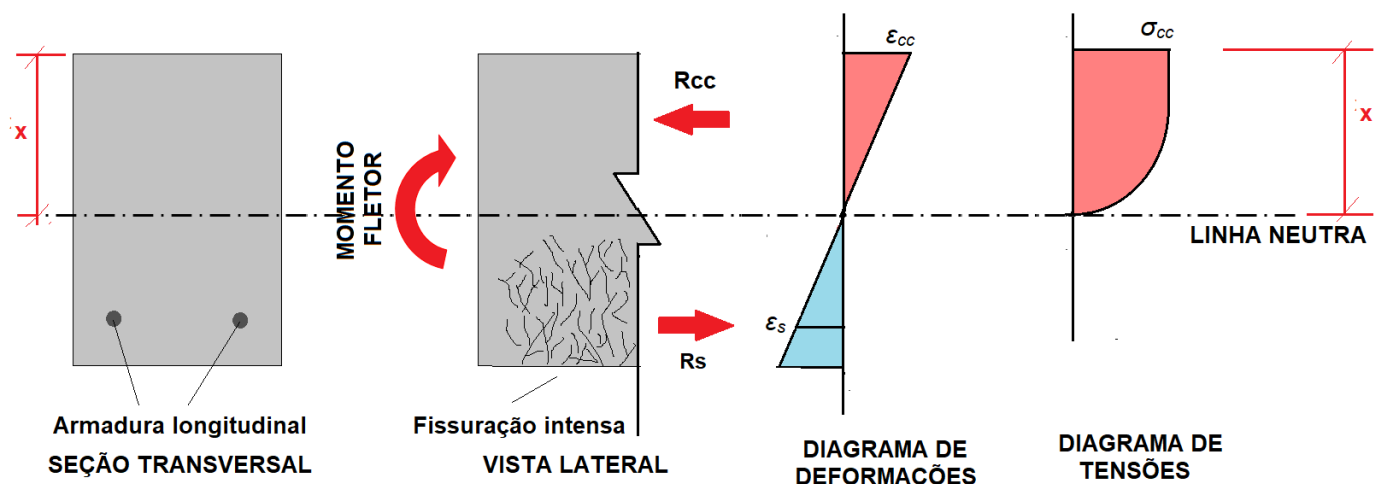
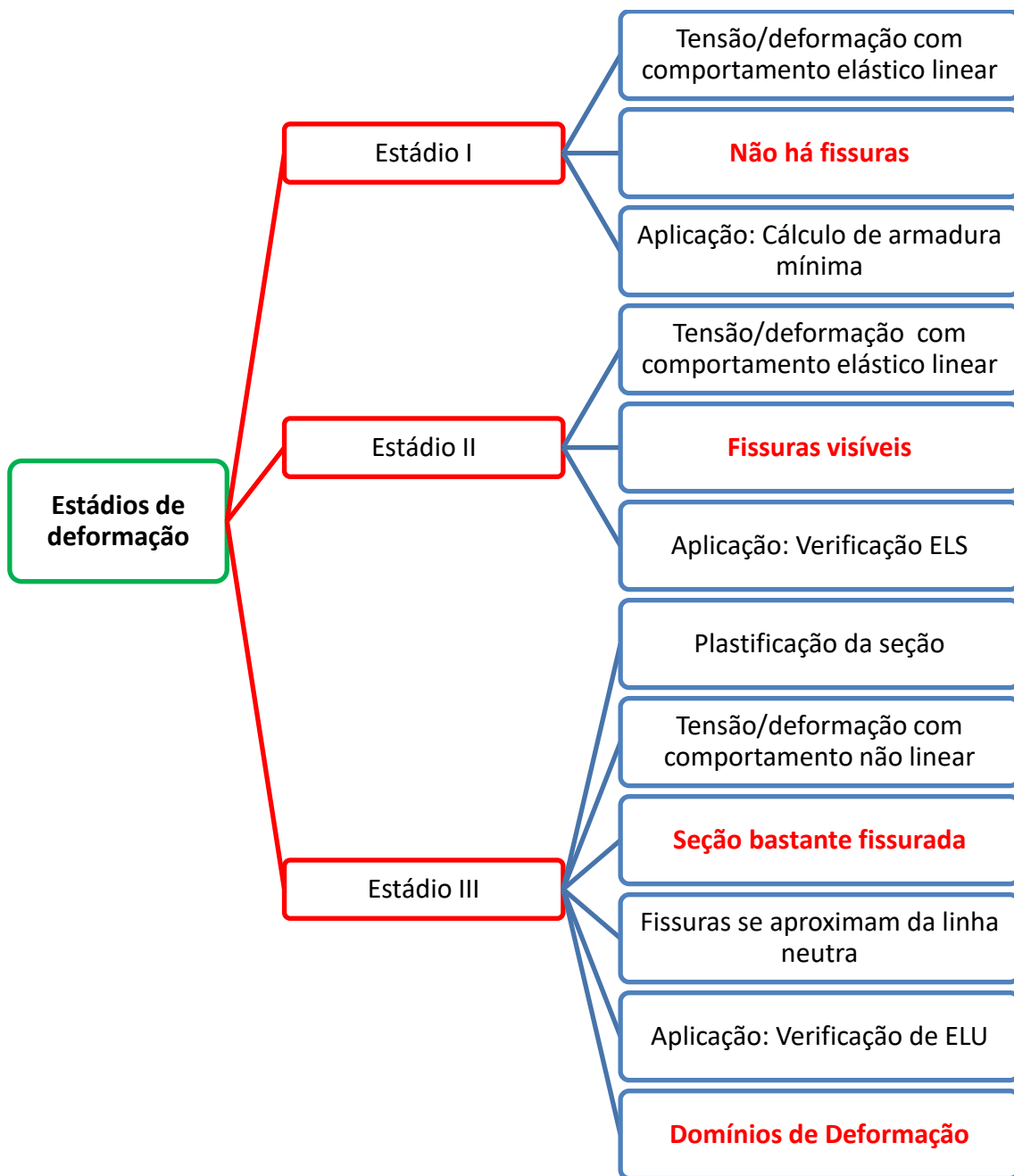


Figura 32: Estádio III - Deformações e tensões e linha neutra.





IBFC - EBSEERH - Engenharia civil - 2016

Pode-se caracterizar os três Estádios de Deformação de uma viga de concreto na flexão normal Simples:

No Estádio I (estado elástico), é correto afirmar:

I. Diagrama de tensão normal ao longo da seção é linear
II. As tensões nas fibras mais comprimidas são proporcionais às deformações, correspondendo ao trecho linear do diagrama tensão-deformação

III. Não há fissuras visíveis

- a) I e II, apenas
- b) I e III, apenas
- c) II e III, apenas
- d) II apenas
- e) I, II e III

Comentários:

Conforme apresentado nesta seção, as principais características de uma viga no estágio I são: Diagrama linear da tensão normal ao longo da seção, as tensões nas fibras mais comprimidas são proporcionais às deformações, correspondendo ao trecho linear do diagrama tensão-deformação e não há formação de fissuras visíveis. Sendo assim, todas as afirmativas apresentadas são verdadeiras, o que corresponde à alternativa “E”.

Gabarito: E

IBFC - EBSEERH - Engenharia civil - 2016

Quanto às características do estado de deformação, no Estadio II (estado de fissuração), é correto afirmar:

I. Considera-se que apenas o aço passa a resistir aos esforços de tração;



II. Admite-se que a tensão de compressão no concreto continua linear;

III. As fissuras de tração no concreto na flexão são invisíveis;

- a) I e II, apenas
- b) I e III, apenas
- c) II e III, apenas
- d) II apenas
- e) I, II e III

Comentários:

No Estádio II assume-se que apenas o aço resiste aos esforços de tração e que a tensão de compressão no concreto continua apresentando comportamento linear. Sendo assim, as afirmativas I e II estão corretas. Entretanto, afirmativa III é está errada, pois no Estádio II há o surgimento de fissuras visíveis no concreto na porção tracionada da estrutura. Dessa forma, apenas os itens I e II são verdadeiros, o que corresponde a letra “a”.

Gabarito: A

IBFC - EBSERH - Engenharia civil - 2016

Quanto às características do estado de deformação, no Estádio III, é correto afirmar:

I. A fibra mais comprimida do concreto começa a escoar a partir da deformação específica de 0,2%, chegando a atingir, sem aumento de tensão, a 0,35%;

II. A peça está bastante fissurada, com as fissuras se aproximando da linha neutra, fazendo com que sua profundidade diminua e, conseqüentemente, a região comprimida de concreto também;

III. As fissuras de tração no concreto na flexão são invisíveis;

- a) I e III, apenas
- b) I e II, apenas
- c) II e III, apenas
- d) II apenas
- e) I, II e III



Comentários:

Conforme visto nesta seção, as afirmativas I e II estão corretas, pois elas descrevem exatamente as principais características de um elemento de concreto armado no Estádio III: A fibra mais comprimida do concreto começa a escoar a partir da deformação específica de 0,2%, chegando a atingir, sem aumento de tensão, a 0,35%, além de que a peça está bastante fissurada, com as trincas se aproximando da linha neutra, reduzindo a região comprimida de concreto.

Entretanto, a afirmativa III é incorreta, pois diferentemente do que ela afirma, no Estádio III o concreto apresenta-se bastante fissurado e com fissuras de tração visíveis. Dessa forma, apenas as afirmativas I e II são corretas o que corresponde à alternativa “B”.

Gabarito: B

VUNESP - Prefeitura de Presidente - Engenharia civil - 2016

Para o dimensionamento de vigas de concreto armado são levados em consideração os seus níveis de deformação, denominados Estádios. No Estádio III de deformações

- a) o diagrama de tensão normal é linear ao longo da seção.
- b) as fissuras de tração na flexão no concreto não são visíveis.
- c) as tensões nas fibras mais comprimidas são proporcionais às deformações, correspondendo ao trecho linear do diagrama tensão deformação do concreto.
- d) o aço e o concreto trabalham juntos para resistir aos esforços de tração.
- e) a fibra mais comprimida do concreto começa a escoar, atingindo a deformação específica de 3,5 ‰.

Comentários:

A alternativa “a” é falsa, pois no estágio III considera-se um diagrama de tensões em formato de parábola retângulo.

A alternativa “b” é falsa, pois no estágio III as fissuras de tração são visíveis.

A alternativa “c” é falsa, pois no estágio III as tensões nas fibras mais comprimidas não são mais proporcionais às deformações. Inclusive neste caso não se está mais no trecho linear do diagrama tensão deformação, já que ocorre a plastificação do concreto comprimido.

A alternativa “d” é falsa, pois apenas o aço resiste aos esforços de tração, uma vez que a região tracionada apresenta o concreto bastante fissurado.



A alternativa “e” é verdadeira, pois no estágio III considera-se que o concreto atingiu o limite de deformação específica, alcançando o valor de 3,5 %.

Então, a alternativa “E” é a resposta para esta questão.

Gabarito: E

Domínios de deformação

Os **domínios de deformação** correspondem às diferentes **formas de ruptura** de um elemento de concreto armado. O motivo de haver várias formas de ruína nos elementos de concreto armado é a existência de variados tipos de esforços solicitantes, como forças de compressão, tração, cisalhamento, etc.

Em poucas palavras, os **domínios de deformação** representam os diferentes comportamentos de ruína de um elemento de concreto armado a partir do momento em que se entra no **Estádio III**, quando ocorrerá sua ruptura.

Afinal, uma trinca no concreto pode fazer parecer que a ruptura é por tração do concreto, como na Figura 33, por ser a tração o ponto fraco do concreto. Contudo, a ruptura de uma estrutura pode ocorrer também por compressão ou mesmo pelo escoamento do aço. Nem sempre o esforço principal é de tração, da mesma forma que nada garante que o concreto será o primeiro a romper. No caso da Figura 33, a análise dos esforços na estrutura pode confirmar a verdadeira causa da trinca.



Figura 33: nem sempre uma trinca no concreto indica ruptura da estrutura por tração

Conhecendo o conceito de domínio, o projetista observa os cenários de cada tipo de rompimento e elabora o projeto de forma a dificultar a ocorrência de cada tipo de ruína.

Antes de detalhar cada domínio de deformação, vamos lembrar que a ruptura do concreto armado e o consequente colapso de uma estrutura deste material podem ocorrer basicamente por **2 razões**, as quais representam **Estados Limites Últimos** (ELU):

- **Escoamento do aço** da armadura por esforço de tração. Considera-se que o alongamento máximo do aço da armadura antes da ruptura é de 10‰.
 - A expressão 10‰ é uma forma equivalente de se escrever 1%, ou seja:
 $1\% = 10\text{‰}$
 - Fazemos esse tipo de notação (10‰, dizemos “dez por mil”) apenas para a deformação ter um valor mais alto, sendo mais fácil sua visualização e memorização.
- **Esmagamento do concreto** por compressão:
 - Em **elementos parcialmente comprimidos**, considera-se o limite de deformação para o concreto o valor de ϵ_{cu} ; deformação ϵ_{cu} para a borda mais comprimida. Lembrando que $\epsilon_{cu} = 0,35\%$ para concretos de até 50 MPa;
 - Escrevemos a deformação ϵ_{cu} de 0,35% como sendo 3,5‰.
 - Novamente, o motivo para preferimos ‰ a % é evitar vírgulas antes do valor, tornando mais objetiva a percepção do valor, facilitando sua visualização e memorização.
 - Em **elementos totalmente comprimidos**, considera-se o limite de deformação antes da ruptura para o concreto o valor de ϵ_{c2} .

Sendo assim, os domínios de deformação apresentam diferentes comportamentos de ruptura do concreto. Experimentalmente, notamos que há **8 situações básicas de ruptura**. Para analisar tais situações, utilizamos a Figura 34. Nela, mostramos a seção transversal (Figura 34a) e a vista lateral (Figura 34b) de um elemento estrutural de concreto armado (uma viga, por exemplo).

Observando a vista lateral (Figura 34b), observe que é representado no lado esquerdo o alongamento do aço, resultado da força de tração atuante. Já no lado direito da Figura 34b, temos o encurtamento do concreto, resultado de esforços de compressão. Representamos nessa figura apenas essas 2 situações, alongamento do aço e encurtamento do concreto, pois uma estrutura de concreto armado vai romper pelo alongamento excessivo do aço, que é inserido no concreto com esse propósito principal, ou pela compressão excessiva do concreto.

A partir desse esquema da Figura 34, analisamos as diferentes formas de rupturas, ou seja, os domínios de deformação.



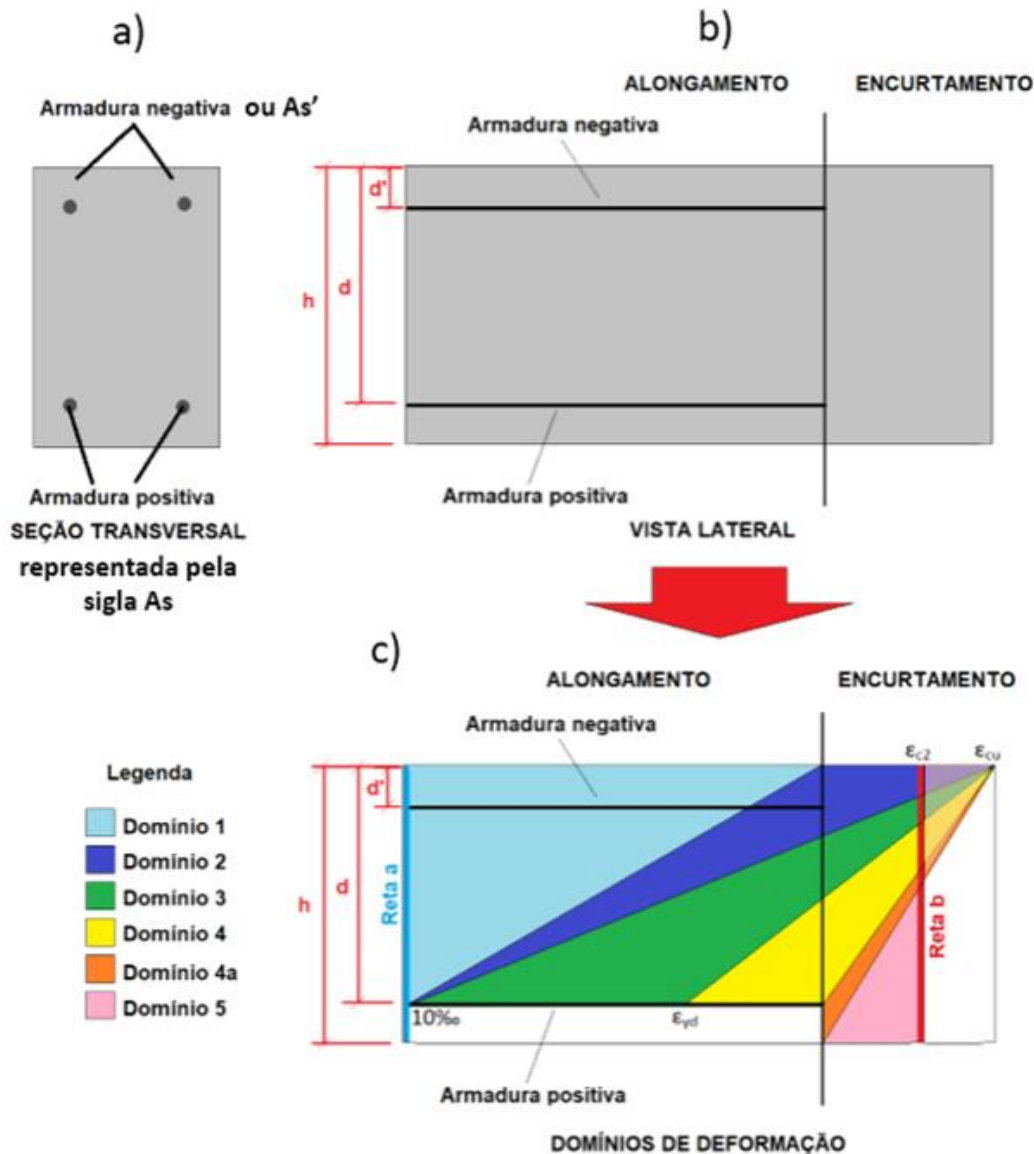


Figura 34: Domínios de deformação de elementos de concreto armado.

O primeiro caso de ruptura é denominado pela NBR 6118 “**reta a**”, a qual corresponde à situação em que o elemento estrutural está submetido à tração simples, havendo **escoamento do aço** com deformação uniforme e alongamento de 10‰ (ou seja, alongamento de 1%) da armadura longitudinal superior e inferior. Neste caso, apenas o aço da armadura atua resistindo aos esforços de tração. Como a seção está tracionada de maneira uniforme, considera-se que não há linha neutra, uma vez que esta linha, por se caracterizar por esforços nulos, separa os esforços de tração dos de compressão e não há compressão na estrutura.

Essa situação da “**reta a**” corresponde, por exemplo, ao comportamento de tirantes submetidos à **tração simples** (Figura 35).



Figura 35: tração simples em uma viga

Chamamos **Domínio 1** ao comportamento do concreto quando sofre tração e ao mesmo tempo flexão, resultando na produção de apenas tração na seção transversal do concreto, sem gerar esforços de compressão. Esse tipo de situação é chamada de **flexo-tração**. Neste caso apenas o aço da armadura atua resistindo aos esforços de tração:

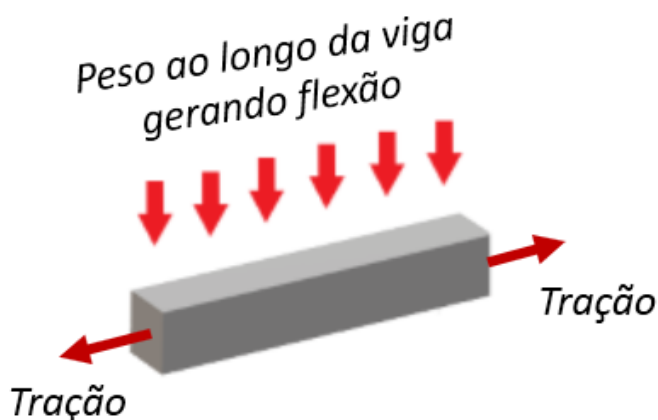


Figura 36: flexo-tração em uma viga

No Domínio 1, como apenas o aço atua na estrutura, a ruptura ocorre por **escoamento do aço** da armadura positiva. Neste domínio, o concreto não está comprimido, não sofrendo encurtamento em nenhum ponto da sua seção. Observe na Figura 34c que a área azul clara que delimita o domínio 1 acaba logo antes de começar o encurtamento. Essa situação corresponde, por exemplo, ao comportamento de **tirantes** submetidos à **flexo-tração** (Figura 38). Assim como no caso da "reta a" da Figura 34c, a seção está toda tracionada, não havendo **linha neutra** ao longo da peça estrutural.

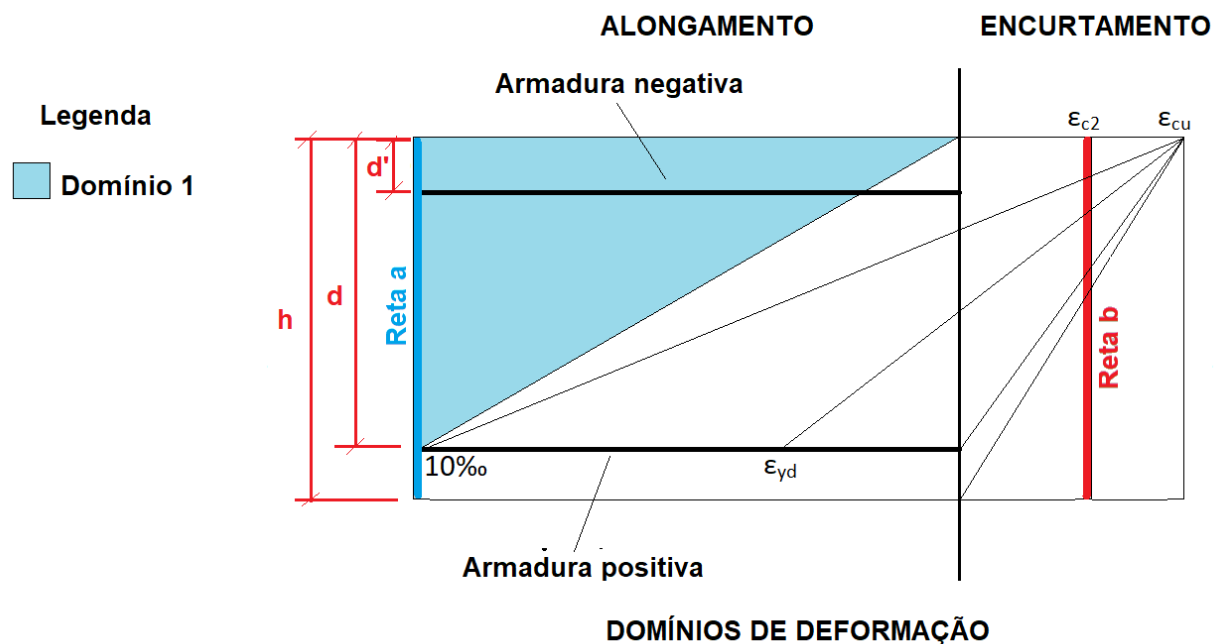


Figura 37: domínio 1 no concreto armado: apenas o aço é solicitado, não havendo compressão no concreto

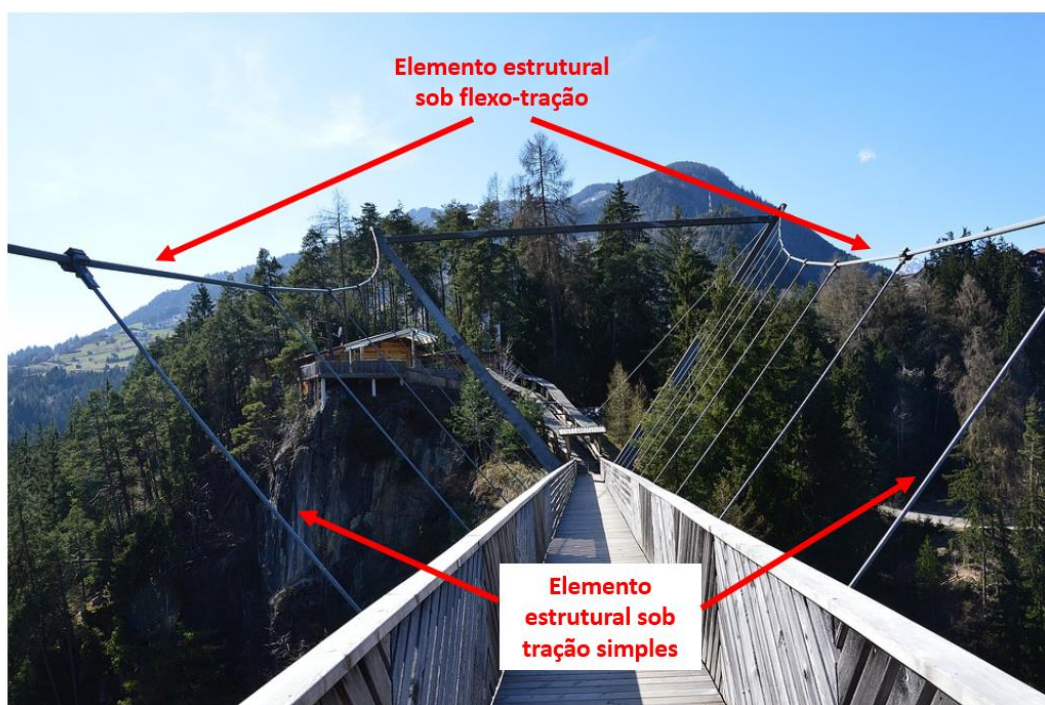


Figura 38: Exemplo real de tração simples e flexo-tração.

O **Domínio 2**, por sua vez, retrata a ruptura por **escoamento do aço** havendo **compressão do concreto**, mas sem este chegar à ruptura. Neste caso, há o escoamento da armadura com alongamento de A_s (armadura positiva), ou seja, aquela que resiste ao momento positivo e se situa na face inferior da viga. Há também compressão do concreto na borda superior. Sendo assim, parte da seção está tracionada e parte está comprimida, de modo que neste caso a posição da linha neutra

ocorre dentro da seção do elemento estrutural, caracterizando uma situação de **flexão simples** ou **composta**.

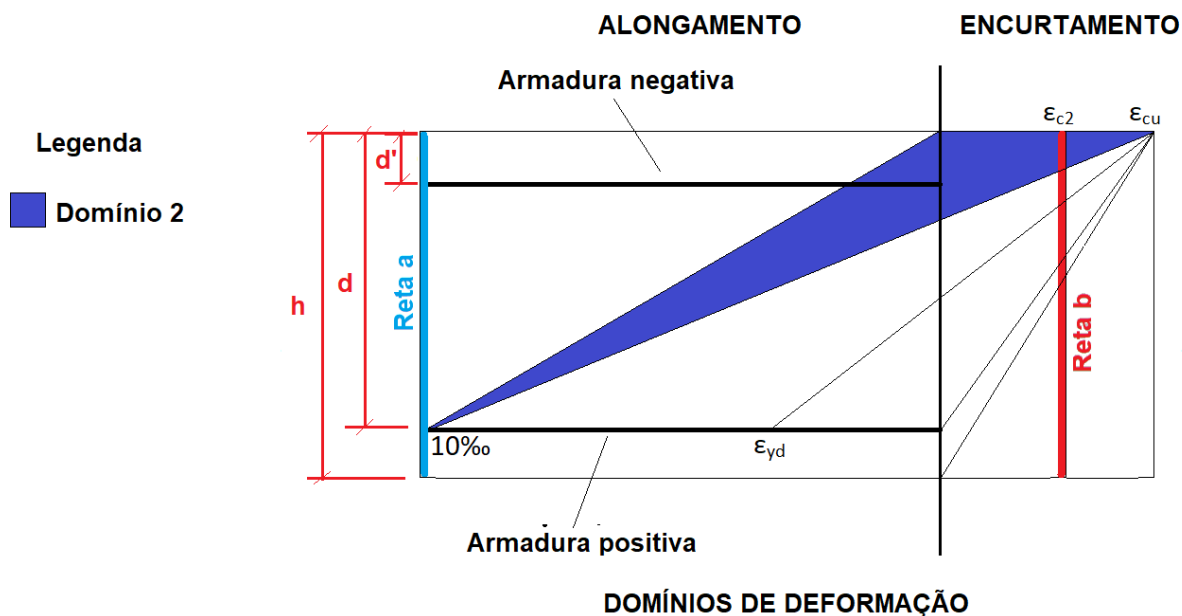


Figura 39: Domínio 2 no concreto armado: ocorre ruptura do aço, mas dessa vez o concreto também é comprimido, havendo por isso a produção de encurtamento do material



Os esforços gerados numa estrutura que está no domínio 2 podem ser de **flexão simples** ou **composta**. A flexão simples é produzida quando temos uma carga distribuída sobre uma viga, como na figura a seguir:

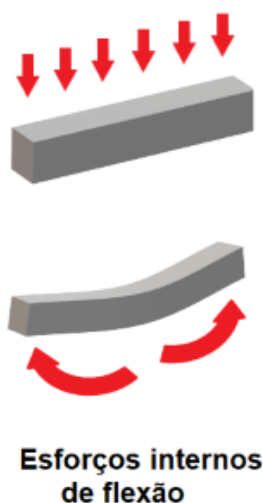


Figura 40: exemplo de flexão simples

Já a flexão composta é igual à flexão simples mais um esforço de compressão ou de tração na seção transversal do elemento, dividindo-se nesses 2 casos:

- Flexão com tração (Figura 36);
- Flexão com compressão (Figura 41);

Essa situação corresponde, por exemplo, ao comportamento de **vigas** submetidas à **flexão** ou **flexo-compressão**, conforme a figura a seguir. É importante saber que, no Domínio 2, a ruptura ocorre **com aviso (ruptura dúctil)**, já que, antes do colapso, o aço sofre uma deformação suficiente para gerar grandes fissuras no concreto.

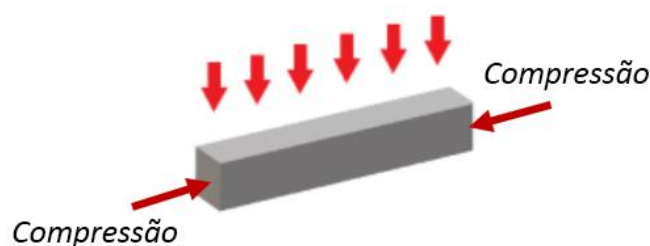


Figura 41: exemplo de flexo-compressão em uma viga

No **Domínio 3** ocorre simultaneamente a **ruptura por esmagamento** do concreto e o escoamento do aço, mas este não chega à ruptura. Assim como para o domínio 2, parte da seção está tracionada e parte está comprimida, de modo que neste caso a posição da linha neutra ocorre dentro da seção do elemento estrutural (Figura 42), caracterizando uma situação de **flexão simples** ou **composta**.

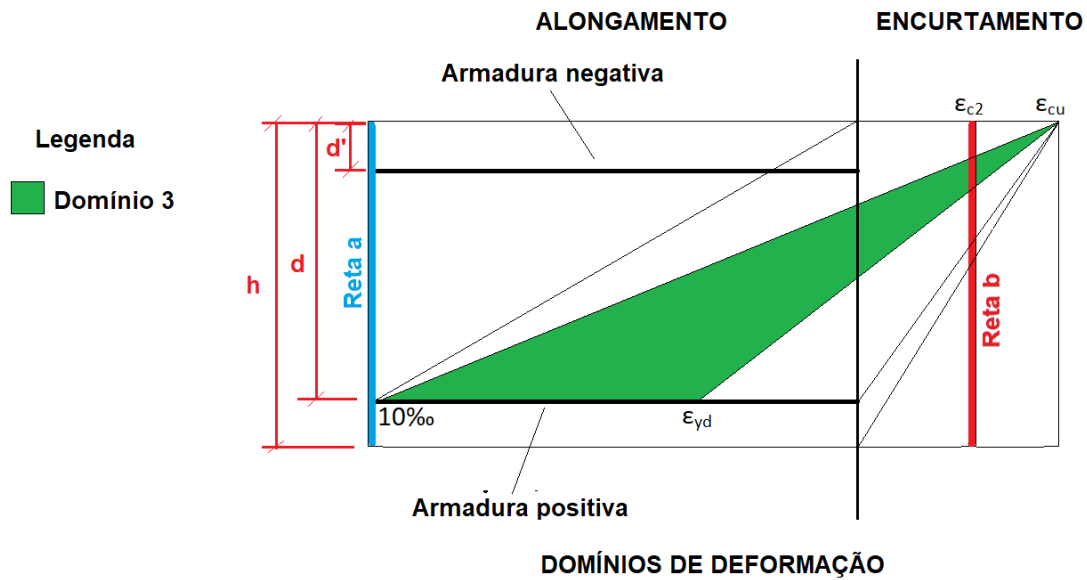


Figura 42: domínio 3, ruptura do concreto por encurtamento e escoamento do aço sem ruptura deste.



Perceba que no domínio 3 não há rompimento do aço, pois sua deformação está sempre abaixo do valor máximo em que ocorre o rompimento e acima do valor mínimo para a ocorrência do escoamento:

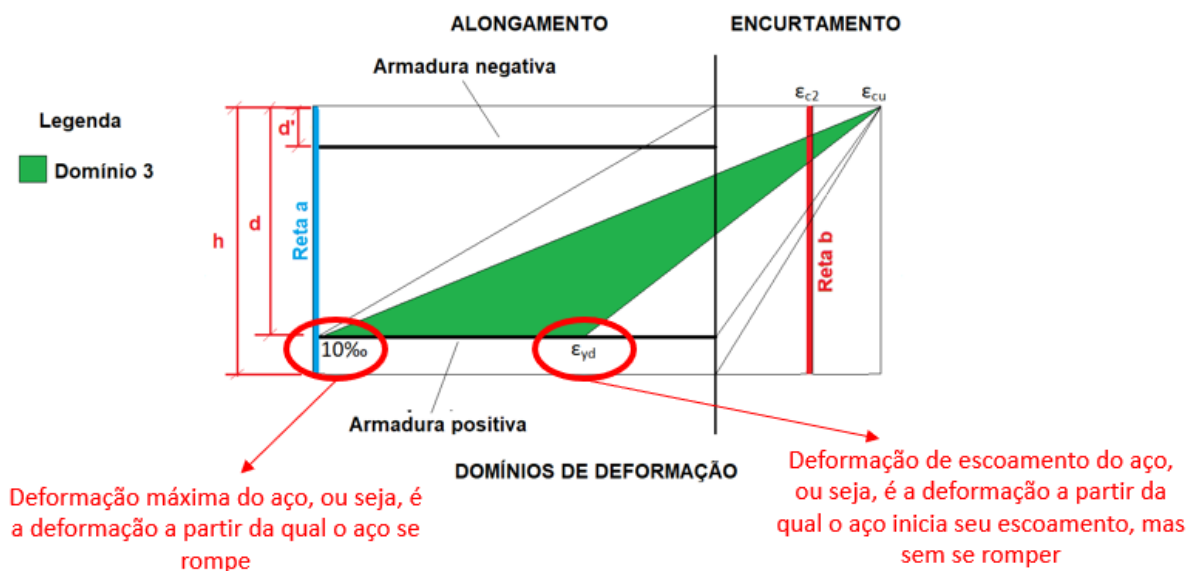


Figura 43: comportamento do aço ao longo do domínio 3

Essa situação corresponde, por exemplo, ao comportamento de vigas submetidas à **flexão** ou **flexo-compressão**. Também neste caso a ruptura ocorre **com aviso (ruptura dúctil)**, já que, antes do colapso, o aço sofre uma deformação suficiente para gerar fissuras no concreto.

Os elementos estruturais que atingem o ELU no domínio 3 são denominados **subarmados**, pois a capacidade resistente do aço é totalmente utilizada. No domínio 3 a **linha neutra** se situa no interior da seção transversal da viga.



Há divergência na doutrina sobre o uso da palavra "subarmado", sendo que muitos doutrinadores consideram até errado esse nome, por dar a ideia de que o aço apresenta menos armadura do que precisa. Outros autores dizem que o domínio 2 seria um caso de estrutura subarmada. Contudo, a intenção da NBR 6118 não é esta de comparar a quantidade necessária de aço com a quantidade de aço existente na estrutura, mas sim de comparar o domínio 3 com o 4 em relação à deformação de escoamento do aço (ϵ_{yd}).

Como no domínio 4 o aço não atinge nem o escoamento (você verá isso logo a seguir ao estudar o domínio 4), dizemos que a estrutura está superarmada, ou seja, o aço não está plenamente solicitado. Em oposição, a partir do momento em que estamos no domínio 3, o aço passa a entrar em escoamento, aumentando sua deformação cada vez mais, sendo, por isso, a estrutura chamada de subarmada. A NBR 6118 não chama os domínios 1 e 2 de subarmados, por isso, não podemos fazer essa consideração para 1 e 2, embora alguns doutrinadores a façam.

Já o **Domínio 4** apresenta **ruptura do concreto** por flexão com encurtamento e a armadura As sofrendo tração, mas sem **escoamento do aço** (Figura 44). O interessante é que, nesse domínio, a **ruptura** ocorre **sem aviso (ruptura frágil)**, já que o concreto se rompe antes que o aço sofra deformações suficientes para gerar fissuras no concreto, além do fato do concreto ser um material frágil, que se deforma pouco. Assim, deformando-se pouco, as pessoas não percebem que o material vai se romper, sendo um fator de risco para a segurança dos usuários de uma estrutura.



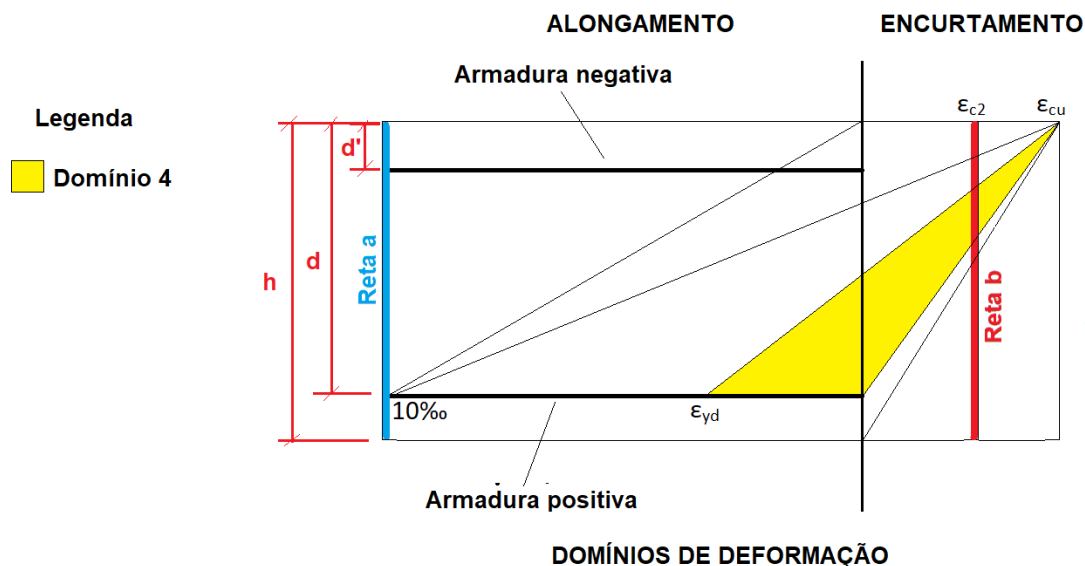


Figura 44: Domínio 4, ruptura por encurtamento do concreto sem escoamento do aço.

No domínio 4, parte da seção do elemento estrutural está tracionada e parte está comprimida, de forma que, neste caso, a posição da linha neutra ocorre também dentro da seção do elemento estrutural. Os elementos estruturais que atingem o ELU nesse domínio são denominados **superarmados**, pois a capacidade resistente do aço não é totalmente utilizada. Evitamos projetos com elementos estruturais que possam atingir o ELU no domínio 4 pelos dois motivos relatados, ou seja:

1. Ruptura **sem aviso prévio** com grandes riscos de causar sérios ferimentos nos usuários;
2. Estrutura **superarmada**, o que é antieconômico.



CURIOSIDADE

Normalmente busca-se dimensionar os elementos de concreto armado de modo a se enquadrarem nos **domínios 2 ou 3**. Isso porque, nesses domínios, a ruptura é dúctil, ou seja, o material se deforma muito antes de se romper, permitindo que os usuários percebam que a estrutura pode colapsar. Por isso, dizemos que ocorre **ruptura com aviso**. Além disso, o dimensionamento de elementos estruturais nos domínios 2 e 3 permite **aproveitar** melhor as **propriedades de resistência** do aço e

do concreto, solicitando mais esses materiais em relação ao que eles conseguem suportar, o que chamamos de **eficiência estrutural**.



Há um caso particular no domínio 4, denominado **domínio 4a**, no qual ocorre ruptura **do concreto** por flexão com pequena excentricidade. Neste caso, a **armadura** As **sofre compressão** (perceba na Figura 45 que a faixa laranja chega até à armadura positiva, comprimindo-a). Como grande parte da seção estará comprimida no domínio 4a, a **linha neutra** se localiza dentro da seção do elemento estrutural e a **ruptura** ocorrerá **sem aviso (ruptura frágil)**. A linha neutra varia entre d e h (Figura 45), havendo encurtamento de quase toda a seção; apenas a porção de concreto entre a linha neutra e h não se encontra comprimida. Essa condição é verificada na prática no caso de dimensionamento de **pilares** submetidos à flexo-compressão.

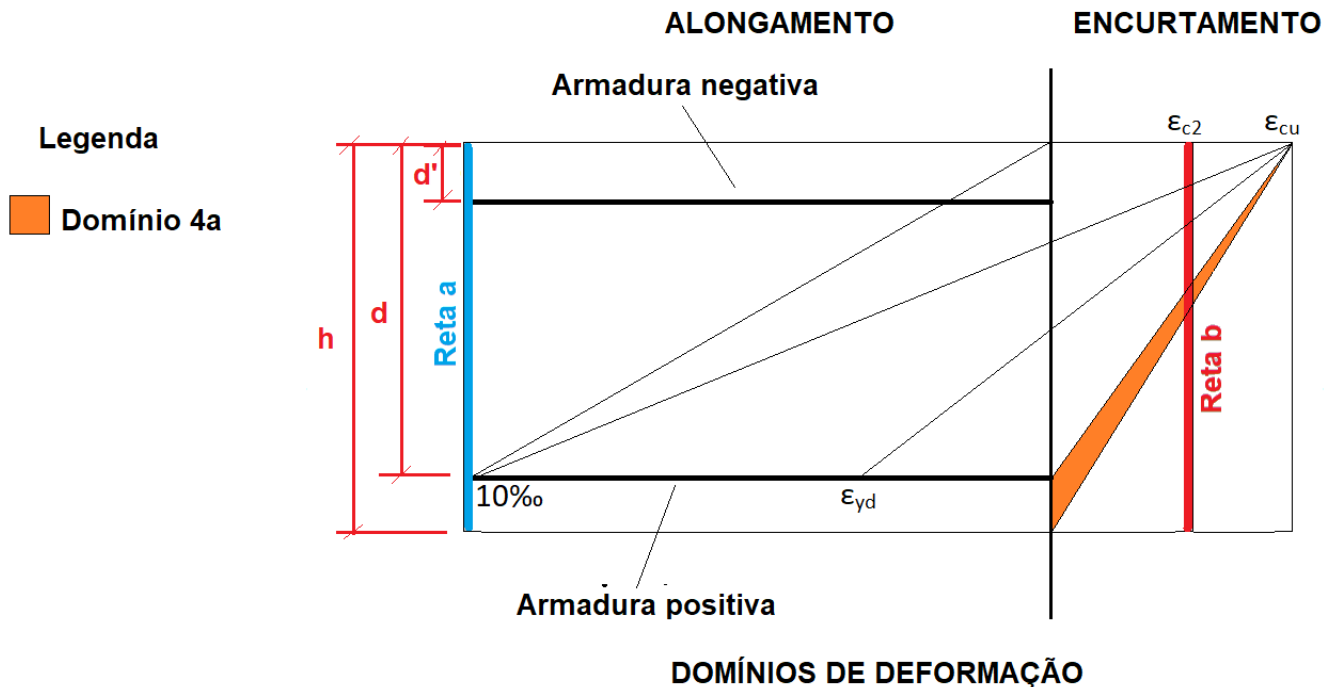


Figura 45: domínio 4a, com compressão chegando à armadura positiva.

O **Domínio 5** consiste na **ruptura por flexão do concreto** com seção comprimida de maneira não uniforme. A seção está totalmente comprimida e peça está submetida a flexão. Nesse domínio a **ruptura** ocorre **sem aviso (ruptura frágil)**.

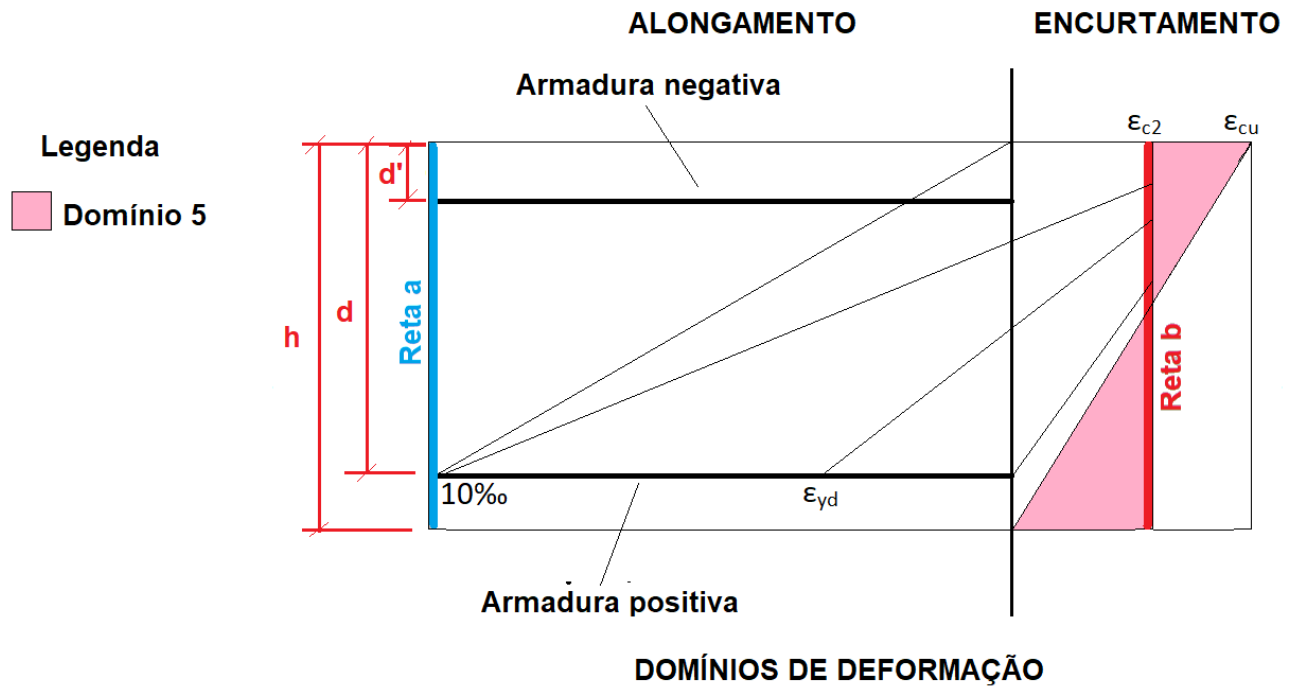
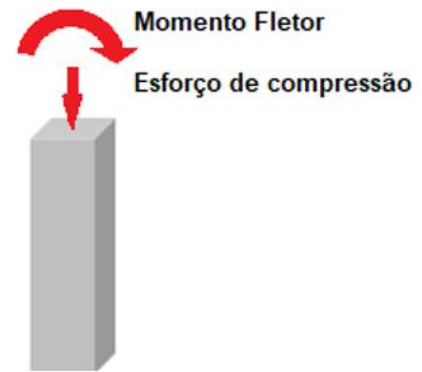


Figura 46: domínio 5, com elemento estrutural sendo sempre comprimido



Um pilar sob flexo-compressão

Figura 47: pilares são estruturas típicas do domínio 5

Por fim, tem-se o último caso que é denominado de **reta b**, no qual ocorre ruptura por **compressão simples** do concreto por encurtamento uniforme da seção (Figura 48a). Como a seção está uniformemente comprimida, considera-se neste caso que a **linha neutra** está fora do elemento estrutural. Essa condição ocorre no caso de dimensionamento de pilares submetidos à compressão centrada (Figura 48b).

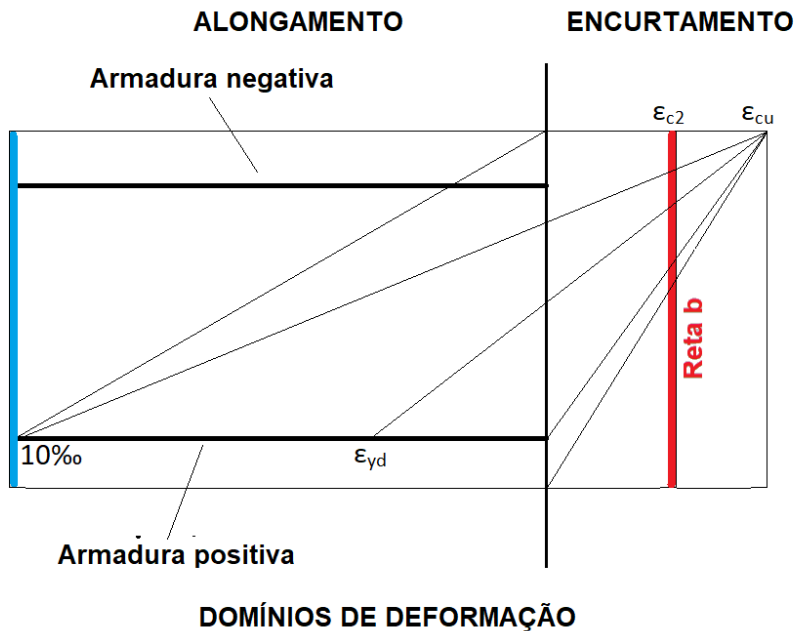


Figura 48: caso típico da reta b: pilar sob compressão centrada

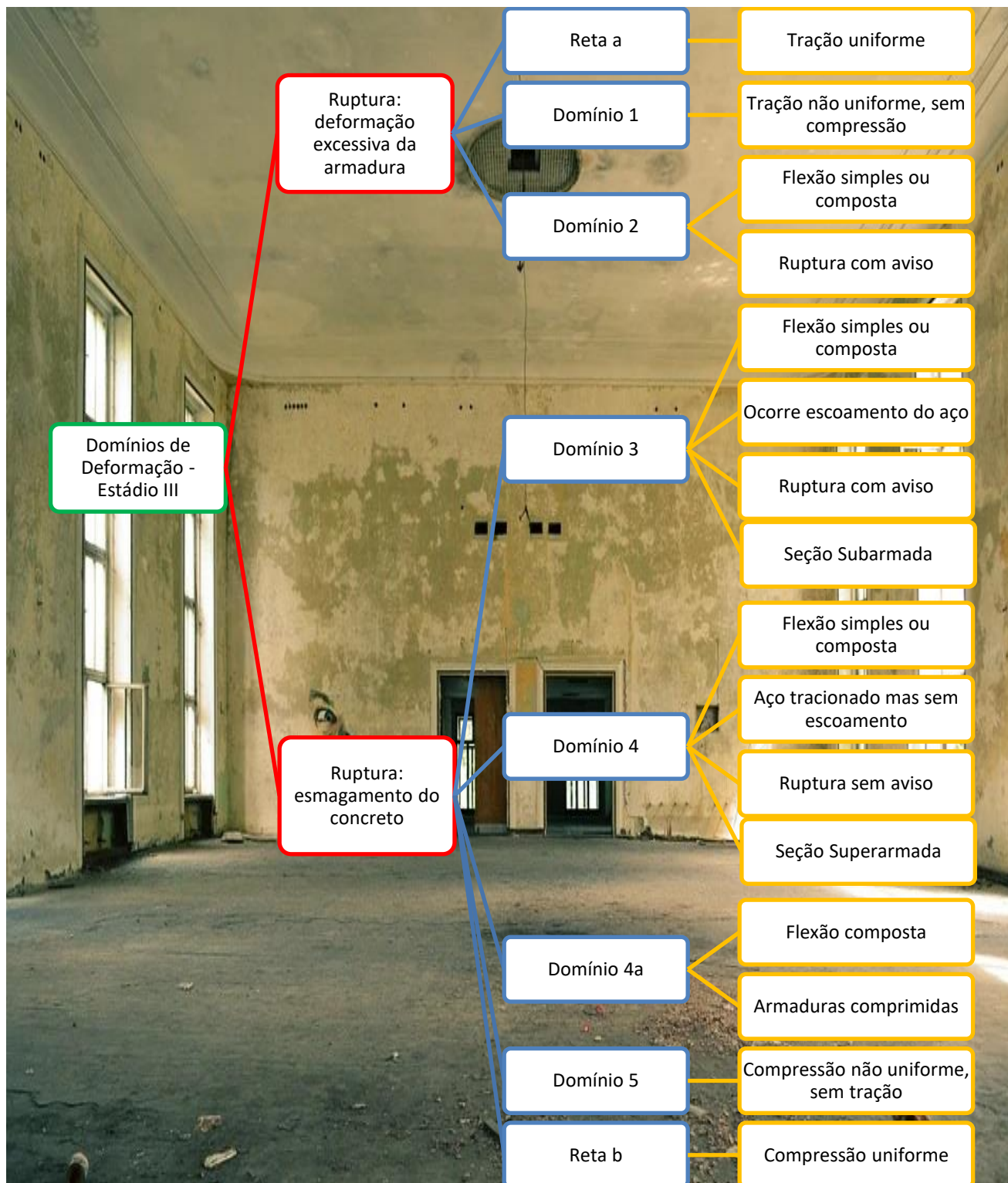


Qual a diferença entre **Estádios** e **Domínios de deformação**?

Os **estádios de deformação** representam a evolução do comportamento do concreto armado à medida que se aumenta o esforço aplicado sobre um elemento estrutural, indo de uma força nula até atingir-se um esforço que provoca o colapso ou ruptura do elemento estrutural. Os **Estádios I e II** representam fases iniciais em que há deformação elástica.

O **Estádio I** é utilizado para determinar a **armadura mínima** em elementos de concreto e o **Estádio II** é utilizado em verificações de **Estados Limites de Serviço (ELS)**. Já o **Estádio III** é caracterizado pela ruptura do elemento estrutural com ocorrência de deformações plásticas, sendo utilizado como base para verificações dos **Estados Limites Últimos (ELU)**.

Diferentemente, os **domínios de deformação** descrevem as várias possibilidades de comportamento do concreto armado na ruptura, dado que o elemento estrutural se encontra no **Estádio III**, ou seja, atingiu um **Estado Limite Último (ELU)** com ocorrência de deformação plástica do aço e/ou concreto.





FEPESB - CELESC - Engenharia civil - 2018

As deformações das vigas de concreto armado submetidas à flexão simples encontram-se em domínios de deformações que, quando do dimensionamento, representarão seções econômicas, normalmente armadas, subarmadas ou superarmadas. Assim, para melhor aproveitamento das características de cada material constituinte do concreto armado, sugere-se que o dimensionamento seja feito nos domínios:

- a) 1 ou 2
- b) 1 ou 3
- c) 2 ou 3
- d) 2 ou 4
- e) 3 ou 4

Comentários:

Conforme apresentado nesta seção, para melhor aproveitamento das características de resistência do aço e do concreto normalmente busca-se dimensionar os elementos de concreto armado de modo que estes se enquadrem nos domínios 2 ou 3. Dessa forma, a alternativa “c” é a resposta para esta questão.

Gabarito: C

IBFC - PCE-PR - Perito Criminal – 2017 (Adaptada)

Sobre o comportamento de uma viga de concreto armado submetido à flexão simples, assinale a alternativa incorreta.

- a) O momento de dimensionamento influencia na posição da linha neutra
- b) A desvantagem de a viga trabalhar no domínio 2 é a de que o aço não está solicitado ao limite de escoamento, o que torna a peça insegura quanto à possibilidade de ruptura brusca
- c) Se a viga estiver trabalhando no domínio 3, a tensão de tração na armadura é igual à sua tensão de escoamento
- d) Domínio 4 indica encurtamento do concreto com ruptura por esmagamento deste



e) Domínio 3 indica encurtamento do concreto com ruptura por esmagamento deste

Comentários:

A afirmativa “a” é verdadeira, pois o momento fletor a que o elemento de concreto está submetido influencia na posição da linha neutra. De fato a medida que se aumenta o momento fletor passa-se do Estádio I para o Estádio II e por fim para o Estádio III, o que resulta em uma redução da zona comprimida da seção alterando assim a posição da linha neutra, conforme mostrado nas Figura 30, Figura 31 e Figura 32.

A afirmativa “b” é falsa, pois a descrição apresentada refere-se ao domínio 4 e não ao domínio 2.

A afirmativa “c” é verdadeira, pois como a deformação do aço no domínio 3 é superior a ϵ_{yd} o aço se encontra submetido a tensão de escoamento (f_{yd}), conforme diagrama da Figura 27.

A afirmativa “d” é verdadeira, pois no domínio 4 o concreto apresenta encurtamento de 0,35%.

A afirmativa “e” é verdadeira, pois no domínio 3 o concreto apresenta encurtamento de 0,35%.

Sendo assim, a alternativa “b” é a resposta para esta questão.

Gabarito: B

SMA-RJ - Prefeitura do Rio de Janeiro - Engenharia - 2016

Segundo a NBR 6118 (Projeto de estruturas de concreto – Procedimento), quanto à caracterização do domínio 4, é correto afirmar que:

a) A linha neutra encontra-se a uma distância x fora da seção transversal e, conseqüentemente, a seção está totalmente tracionada. São situações típicas: tração não uniforme, sem compressão e tração uniforme.

b) A linha neutra encontra-se dentro da seção transversal, x variando entre 0 e $x_{lim(3-4)}$. Parte da seção está comprimida e a outra parte tracionada. São situações típicas: flexão simples ou composta sem ruptura à compressão do concreto.

c) A linha neutra encontra-se dentro da seção transversal, x variando entre $x_{lim(3-4)}$ e d . Parte da seção está comprimida e a outra parte tracionada. São situações típicas: flexão simples ou composta com ruptura à compressão do concreto e aço em escoamento.

d) A linha neutra encontra-se dentro da seção transversal, x variando entre $x_{lim(3-4)}$ e d . Parte da seção está comprimida e a outra parte tracionada. São situações típicas: flexão simples ou composta com ruptura à compressão do concreto e aço sem escoamento.



Comentários:

Conforme apresentado nesta seção, no domínio quatro é dita que a peça está superarmada havendo ruptura à compressão do concreto, mas sem escoamento do aço tracionado (ruptura sem aviso). No domínio 4 a linha neutra está dentro da seção transversal de modo que a posição linha neutra (x) varia entre $x_{lim(3-4)}$ e d , o qual é a altura útil do elemento estrutural. Sendo assim, a resposta para esta questão é a alternativa “D”.

Gabarito: D

PROJETO E DIMENSIONAMENTO DE ELEMENTOS DE CONCRETO ARMADO

Agora que já sabemos os conceitos ligados ao projeto de estruturas de concreto armado, iremos aprender os procedimentos de cálculo a serem utilizados. Nessa seção, veremos como é o dimensionamento de vigas e na aula que vem será apresentado os procedimentos para o projeto de pilares e lajes.

PROJETO E DIMENSIONAMENTO DE VIGAS

Vimos que a **viga** é um elemento estrutural em que os esforços solicitantes de **flexão** são predominantes. Isso ocorre porque as cargas atuantes na viga são oriundas das lajes ou paredes que nela se apoiam e descarregam suas cargas perpendicularmente ao eixo da viga, resultando em esforços solicitantes de flexão (**momento fletor**) e de cisalhamento (esforço cortante).



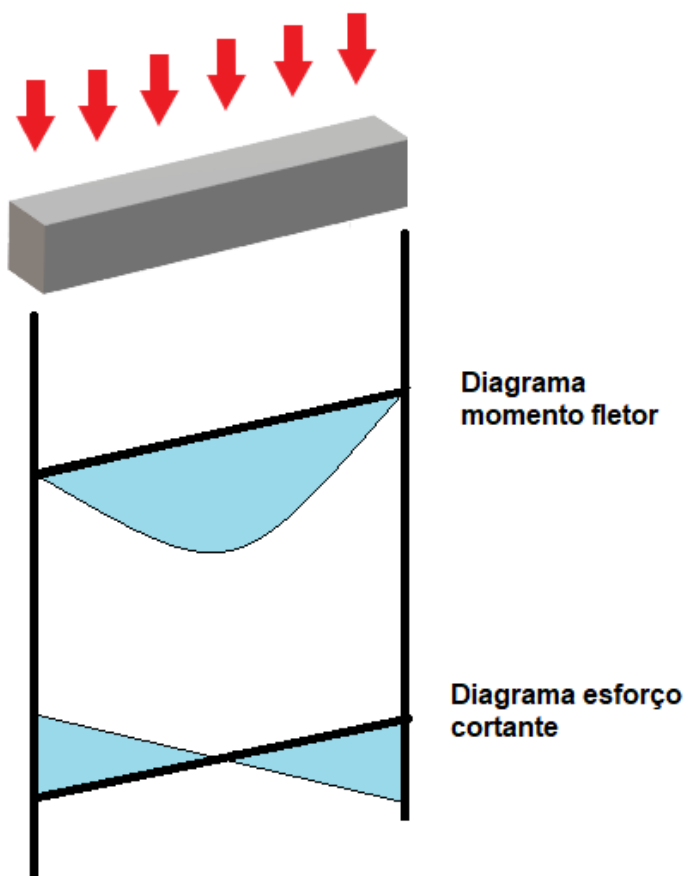


Figura 49: Esforços solicitantes em viga bi-apoiada submetida à carga uniformemente distribuída.

Assim, os esforços de flexão aplicados à viga fazem com que parte da seção esteja comprimida e outra parte tracionada. Para resistir às cargas atuantes, a viga apresenta **armadura longitudinal** que resiste aos esforços de tração na região tracionada deste elemento estrutural e aos esforços de compressão na região comprimida da viga (Figura 50). A armadura longitudinal superior é denominada **armadura negativa** e a armadura longitudinal inferior é denominada **armadura positiva**. Além disso, para resistir à força cortante, as vigas apresentam também **armaduras transversais** denominadas **estribos** (Figura 50).

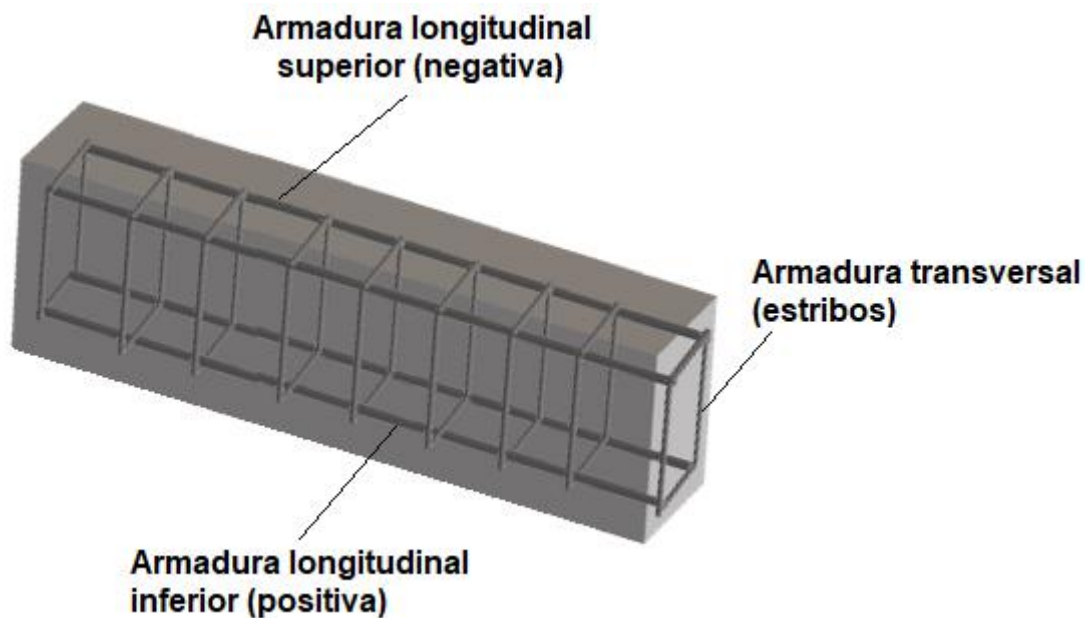


Figura 50: Armaduras longitudinais e transversais em vigas.



Além das armaduras longitudinais positivas e negativas, em vigas com mais de 60 cm de altura devem ser previstas armaduras longitudinais ao longo das **faces laterais**. Essa armadura é denominada **armadura de pele** ou **costela** e tem como principal função evitar o surgimento de fissuras nas faces laterais de vigas de grande altura (Figura 51).

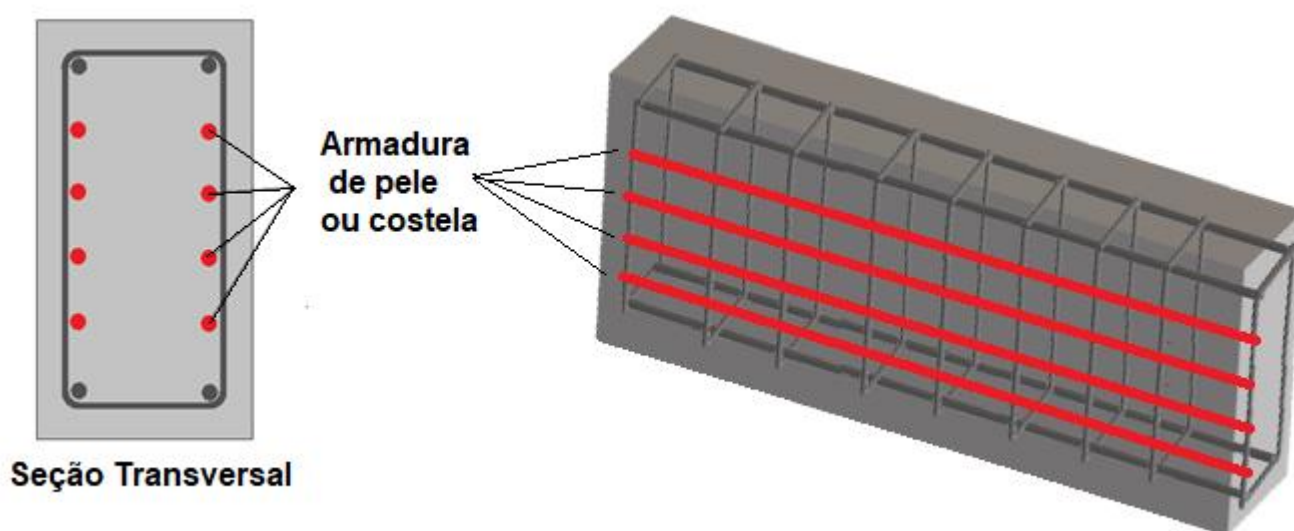


Figura 51: Armadura lateral de pele ou costela



Quando a viga requer armadura longitudinal apenas na região tracionada da seção, ela é denominada viga com **armadura simples** (Figura 52a). Nesse caso, o concreto é capaz de resistir aos esforços na região comprimida da seção e a armadura longitudinal colocada nesta região serve como suporte para a armadura transversal (estribo), sendo por isso, denominadas de **porta estribo**, permitindo manter o estribo na posição correta e contribuindo para a resistência à compressão da viga.

Porém, nem sempre o concreto sozinho consegue resistir ao esforço de compressão, sendo necessária uma armadura também na região comprimida da viga. Assim, a viga possuirá armadura longitudinal na região tracionada e também na região comprimida, sendo esse sistema de armação denominado de **armadura dupla** (Figura 52b). Agora caso a viga requeira apenas armadura na região tracionada, mas por questões geométricas e de espaçamento sejam necessárias duas camadas de armadura, é dito que a viga possui **armadura simples com dupla camada** de armadura de tração (Figura 52c).

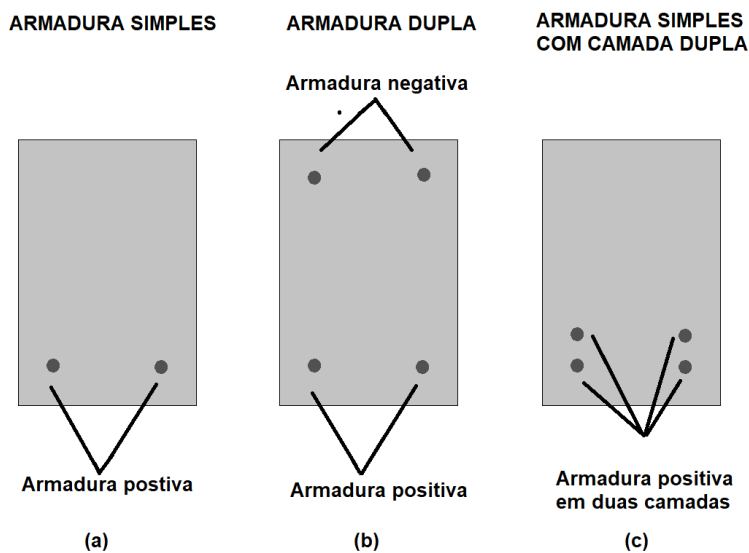


Figura 52: Tipos de viga quanto as configurações de armaduras.

Dimensionamento aos esforços de flexão

No dimensionamento de elementos estruturais a flexão, deve-se determinar a momento fletor resistente de cálculo (M_{rd}) de um elemento estrutural e compará-lo com o momento fletor solicitante de cálculo (M_{sd}), conforme a verificação abaixo:

$$M_{sd} \leq M_{rd}$$



Na Figura 53 vemos que o **momento fletor** pode resultar em uma região da seção do elemento estrutural comprimida e em uma seção tracionada. Na região tracionada, os esforços solicitantes são resistidos pela armadura de tração (armadura positiva - A_s). Já na seção comprimida, os esforços de compressão são resistidos pelo concreto e pela armadura de compressão (armadura negativa - A_s').

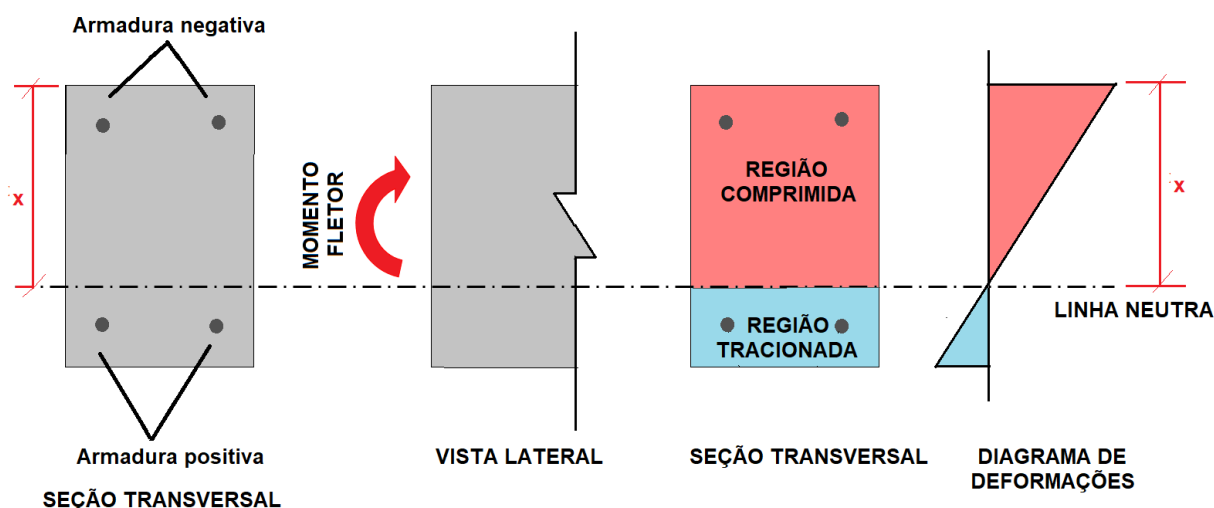


Figura 53: Armadura em vigas e regiões tracionadas e comprimidas.

Sendo assim, o dimensionamento de elementos estruturais à flexão consiste em determinar as dimensões da seção transversal, altura (h) e largura (b) no caso de seções retangulares, bem como as áreas de armadura (A_s e A_s'), que resultam em um momento resistente (M_{rd}) que seja maior que o momento solicitante, conforme equação anterior.



No caso de a **armadura de tração** de uma viga possuir mais de uma camada devido a limitações geométricas e de espaçamento mínimo, a NBR 6118 permite que no projeto de estruturas de concreto armado os esforços nas armaduras sejam considerados concentrados no **centro de gravidade** da **armadura** desde que a distância entre este e o eixo da armadura mais afastada não seja superior a 10% da altura da peça.



Normalmente uma viga é executada com seu topo coincidindo com a superfície superior da laje. Todavia, existe um tipo de viga especial denominada **viga invertida**, cujo nome refere-se ao fato de ser executada sobre as lajes, ou seja, com o **fundo da viga** coincidindo com a superfície inferior da

laje. Apesar do posicionamento diferente em relação à laje, a viga invertida segue os **mesmos critérios** de dimensionamento das vigas convencionais. É comum fazermos vigas invertidas quando não há espaço no andar abaixo para se fazer uma viga normal, sendo um recurso também empregado no reforço de estruturas que apresentam defeitos estruturais.

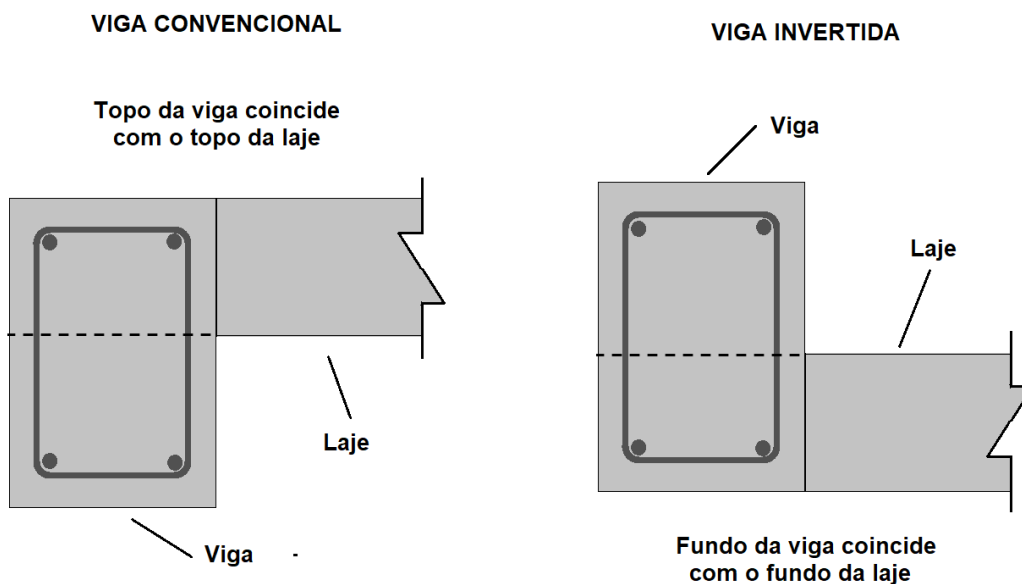
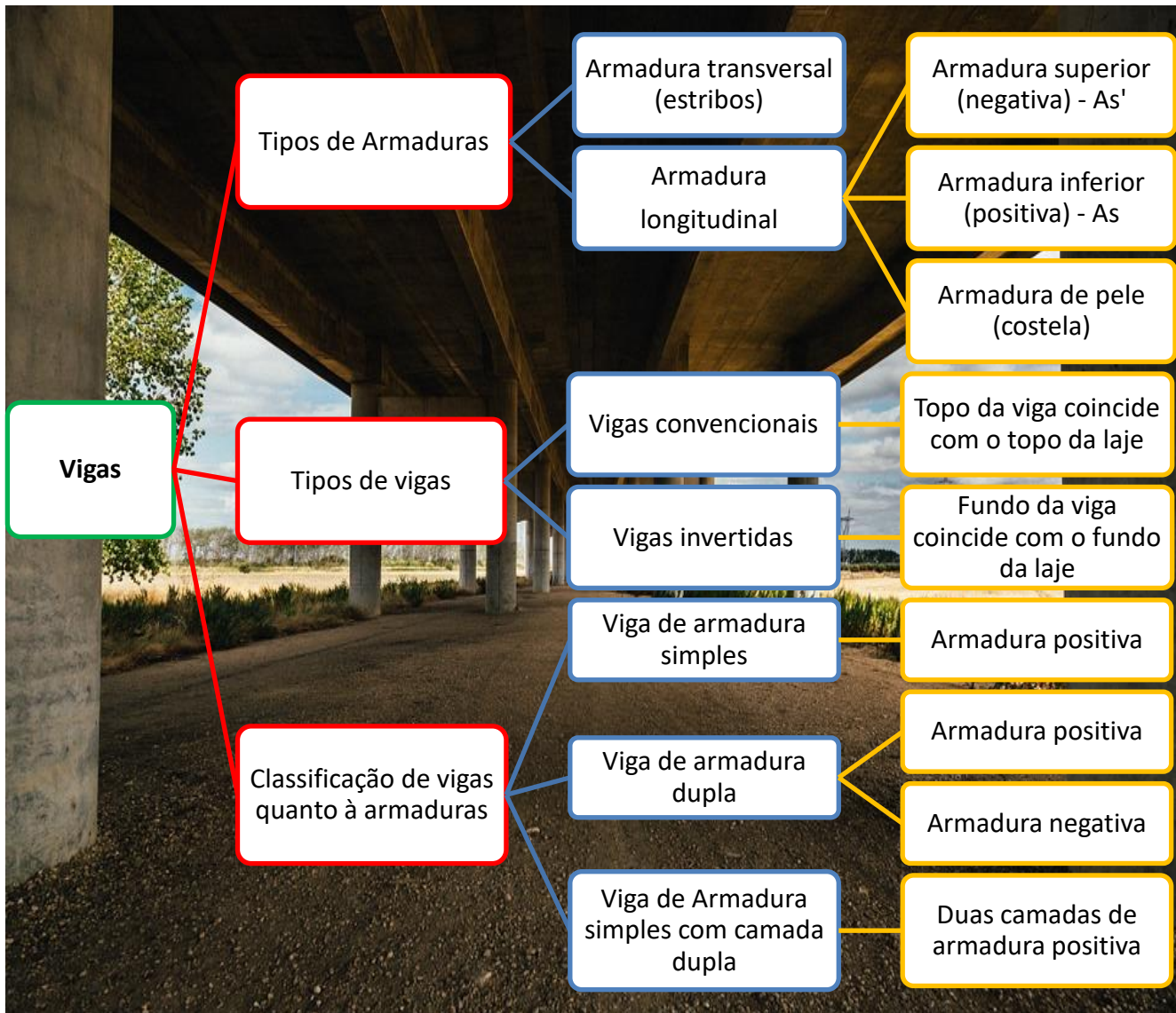


Figura 54: Diferença entre viga convencional e viga invertida.



CESPE - IPHAN - Eng. Civil - 2018

Considerando que uma viga biapoiada, de seção retangular e simétrica, com carregamento uniformemente distribuído, tenha sido instalada com excentricidade sobre os pilares de apoio, julgue o item subsequente.



A face inferior da viga sofre o esforço de tração e, na metade do comprimento da viga, o esforço cortante é máximo.

() Certo () Errado

Comentários:

Ao receber um carregamento em sua face superior, a região superior da seção transversal da viga é comprimida e a região inferior da seção transversal fica tracionada. Entretanto, conforme observado na Figura 49, em uma viga bi-apoiada submetida a um carregamento uniformemente distribuído, o esforço cortante é máximo nas extremidades da viga e não no meio do vão. Portanto, a afirmativa está errada.

Gabarito: Errado

FCC - ARTESP - Engenharia Civil - 2017

Para o cálculo e dimensionamento das estruturas de concreto submetidas à flexão, os esforços nas armaduras podem ser considerados concentrados no centro de gravidade correspondente, se a distância deste centro de gravidade ao centro da armadura mais afastada, medida normalmente à linha neutra, não atingir, em relação à altura da peça, o percentual de

- a) 2,5%
- b) 10,0%
- c) 5,0%
- d) 7,5%
- e) 8,0%

Comentários:

Conforme a NBR 6118, a afirmação acima pode ser considerada no projeto de estruturas de concreto armado quando a distância entre centro de gravidade ao centro da armadura mais afastada não for superior a 10% da altura da peça. Dessa forma a alternativa “B” é a resposta para esta questão.

Gabarito: B

IESES - BAHIA GÁS - Engenharia civil - 2016

No dimensionamento de vigas de concreto armado em muitos casos precisa-se criar artifícios para vencer maiores vãos com menores dimensões das seções transversais.

Um destes artifícios são as vigas com armadura dupla, as quais são:



- a) São aquelas em que as os diâmetros especificados para o banzo tracionado são os mesmos para o banzo comprimido.
- b) São aquelas em que todas as barras de aço chamadas de positiva estão colocadas no banzo superior e as negativas no banzo inferior.
- c) Aquelas em que há necessidade de duas camadas de barras de aço no banzo tracionado.
- d) São aquelas em que as barras de aço colocadas paralelamente possuem a mesma função, seja para absorver as forças de tração como também as forças de compressão.
- e) Aquelas em que as barras são colocadas no banzo tracionado e também no banzo comprimido.

Comentários:

Conforme apresentado nesta seção, a armadura dupla consiste na utilização de armadura tanto na região tracionada quanto na região comprimida da viga de modo que as barras de aço atuam resistindo aso esforços de tração e compressão a que a viga está submetida.

Gabarito: E

IBFC - EBSEH - Engenharia civil - 2016

Uma viga apoiada e com tensão de tração somente no meio do vão:

- I. É necessário ter somente ferragem positiva;
- II. É necessário somente a ferragem positiva, e a ferragem negativa funcionará somente como porta estribo;
- III. É necessário somente a ferragem positiva, não necessitando de ferragem negativa.

Estão corretas as afirmativas:

- a) I e II, apenas
- b) I e III, apenas
- c) II e III, apenas
- d) II apenas
- e) I, II e III



Comentários:

A afirmativa I é falsa, visto que é necessária uma armadura na região comprimida que funcionará como suporte para o estribo.

A afirmativa II é verdadeira, pois ainda que a viga possua esforços de tração apenas no meio do vão, além da ferragem positiva é necessária uma armadura de ferragem negativa que funcionará como suporte para o estribo.

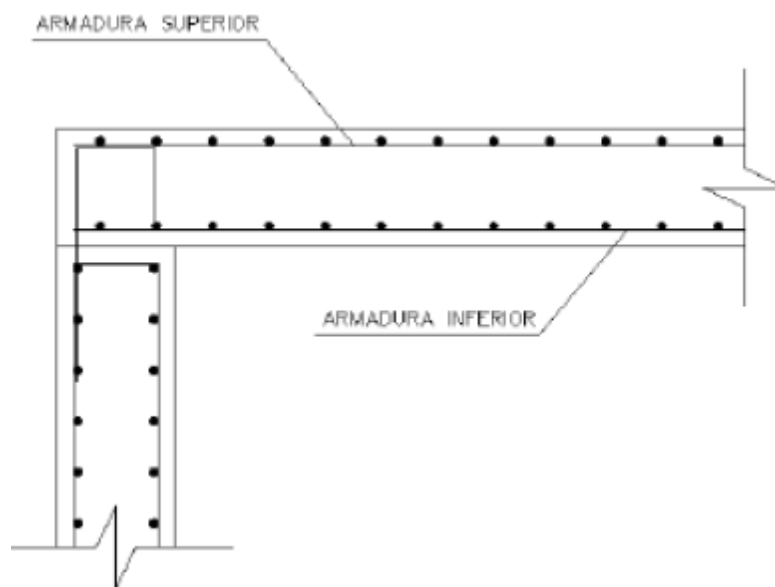
A afirmativa III é falsa, já que é necessária uma armadura de ferragem negativa que funcionará como suporte para o estribo.

Sendo assim, apenas a afirmativa II está correta, o que corresponde à alternativa "D".

Gabarito: D

FCC - METRO-SP - Engenharia civil - 2016

Em uma estrutura de concreto armado, estão presentes diversos tipos de armaduras.



Na imagem acima, que se refere a uma seção,

- a) a armadura superior e inferior são armaduras de pele.
- b) a armadura superior é negativa e a armadura inferior é positiva.
- c) a armadura superior é positiva e a armadura inferior é negativa.
- d) a armadura superior e inferior são armaduras positivas.

e) a armadura superior e inferior são armaduras negativas.

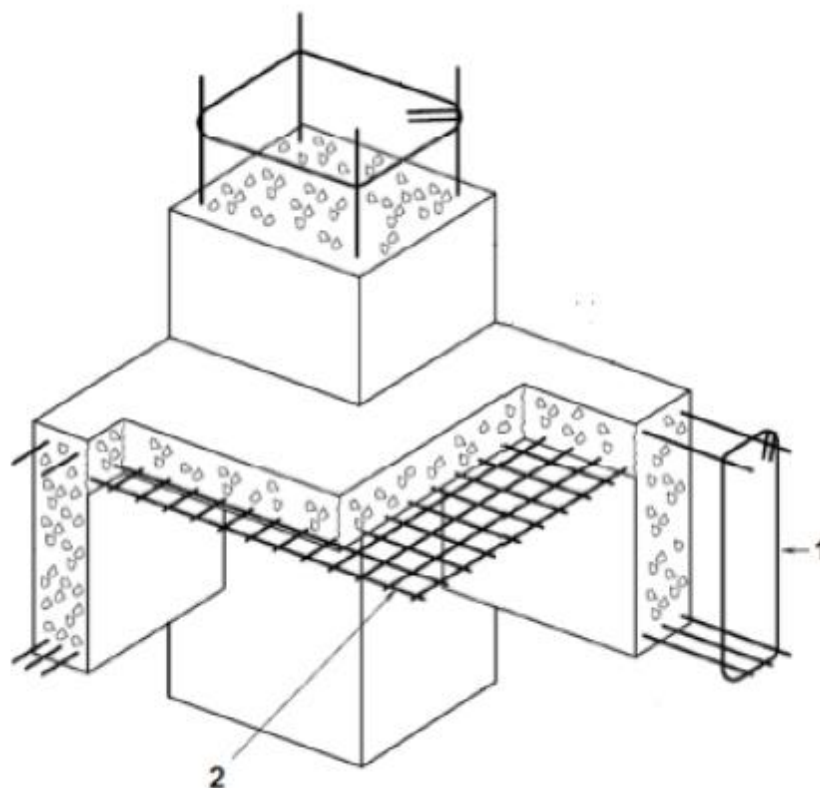
Comentários:

Conforme visto nesta seção, a armadura longitudinal superior de vigas é normalmente denominada de armadura negativa, enquanto que a armadura inferior é chamada de armadura positiva. Sendo assim, a alternativa “b” é a resposta para esta questão.

Gabarito: B

BIO-RIO - Prefeitura de Mangaratiba - Engenharia civil - 2016

A figura a seguir ilustra, esquematicamente, parte da estrutura de concreto armado de uma edificação. Use-a para responder à próxima questão.



A armadura indicada com o número 1 tem como função resistir a:

- a) esforços normais atuantes na viga.
- b) esforços cortantes atuantes na viga.
- c) momentos fletores negativos atuantes na viga.
- d) momentos fletores positivos atuantes na viga.

e) momentos volventes atuantes na viga.

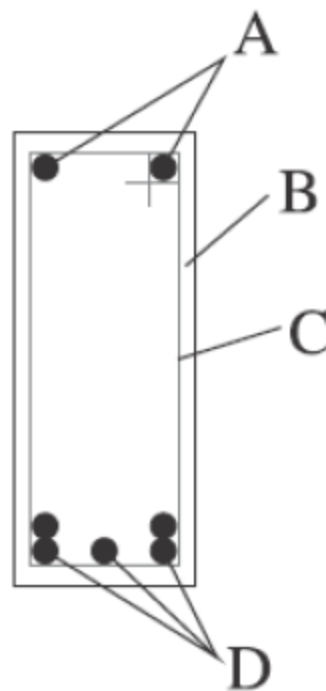
Comentários:

A armadura indicada com o número 1 na figura acima é denominada de estribo e tem como função principal resistir aos esforços cortantes que atuam na viga. A letra “B” é a resposta para esta questão.

Gabarito: B

CPCON-UEPB - Prefeitura de Sapé - Engenharia - 2016

Dada a seção de uma viga de concreto armado, assinale a alternativa que identifica a estrutura.



- a) A = Armadura de aço positiva. B = Recobrimento de concreto da armadura. C = Estribo. D = Armadura de aço negativa (combate a tração).
- b) A = Armadura de aço negativa. B = Recobrimento de concreto da armadura. C = Estribo. D = Armadura de aço positiva (combate a tração).
- c) A = Armadura de aço negativa. B = Recobrimento de concreto da armadura. C = Armadura de aço positiva (combate a tração). D = Estribo.
- d) A = Armadura de aço de costela (combate o cisalhamento). B = Recobrimento de concreto da armadura. C = Estribo. D = Armadura de aço positiva (combate a tração).

e) A = Armadura de aço de costela (combate o cisalhamento). B = Forma de madeira. C = Estribos. D = Armadura de aço positiva (combate a tração).

Comentários:

A alternativa “a” é falsa, pois a armadura A não corresponde à armadura de aço positiva, mas sim a negativa, e a armadura B não corresponde a armadura de aço negativa, mas sim a positiva.

A alternativa “b” é verdadeira, pois A = Armadura de aço negativa. B = Recobrimento de concreto da armadura. C = Estribo. D = Armadura de aço positiva (combate a tração)

A alternativa “c” é falsa, pois C é o estribo e não a armadura positiva e D é a armadura positiva e não o estribo.

A alternativa “d” é falsa, pois A é a armadura de aço negativa e não a armadura de costela.

A alternativa “e” é falsa, pois A é a armadura de aço negativa e não a armadura de costela, e B não é a forma de madeira, mas sim o cobrimento da armadura.

Sendo assim, a letra “b” corresponde à resposta para esta questão.

Gabarito: B

IESES – BAHIA GÁS - Engenharia civil - 2016

Em um projeto de uma edificação, em muitos casos é necessário à execução de uma viga invertida, seja por razões estéticas ou mesmo necessidade para instalação de algum equipamento. Nesse sentido assinale a alternativa que corresponde a sua definição e características.

- a) São vigas executadas sobre as lajes, onde o fundo coincide com o nível do teto abaixo. Seu dimensionamento não segue os mesmos critérios das vigas convencionais, pois as cargas sobre ela são diferentes e não sofrem sobre si as cargas das lajes.
- b) São vigas executadas sobre as lajes, onde o fundo coincide com o nível do teto abaixo. Seu dimensionamento segue os mesmos critérios das vigas convencionais.
- c) São vigas executadas sobre as lajes, onde o fundo coincide com o nível do teto abaixo. Seu dimensionamento é diferente dos critérios das vigas convencionais.
- d) São vigas executadas no mesmo nível das vigas convencionais. Seu dimensionamento difere das demais por terem invertidas as ações das cargas sobre elas.



e) São vigas executadas após a concretagem das lajes acima destas. Seu dimensionamento segue os mesmos critérios das vigas convencionais e não conta em sua altura a espessura da laje.

Comentários:

A alternativa “a” é falsa, pois o dimensionamento das vigas invertidas segue os mesmos critérios das vigas convencionais.

A alternativa “b” é verdadeira, pois as vigas invertidas são executadas sobre as lajes com o fundo coincidindo com o nível do teto abaixo e o dimensionamento deste tipo de viga segue os mesmos critérios das vigas convencionais.

A alternativa “c” é falsa, pois o dimensionamento da viga invertida não difere daquele das vigas convencionais.

A alternativa “d” é falsa, pois as ações das cargas nas vigas invertidas não são invertidas em relação às vigas convencionais.

A alternativa “e” é falsa, pois as vigas invertidas não são concretadas após as lajes acima delas, pois na há lajes acima das vigas invertidas, já que as vigas é que se encontram acima do fundo da laje. Além disso, a espessura da laje pode ser contabilizada na altura da viga invertida.

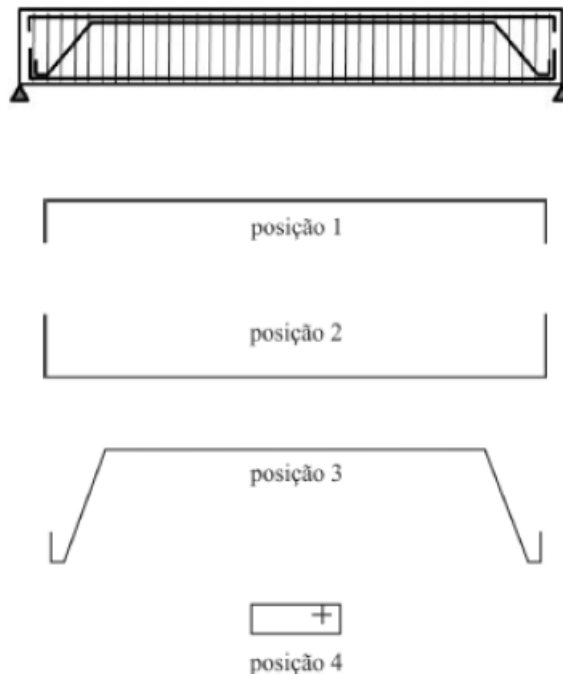
Sendo assim, a letra “b” é a resposta correta para esta questão.

Gabarito: B





CESPE - STJ - Analista Judiciário - 2015



Ao receber o projeto de estrutura de concreto armado do calculista, o gerente de uma obra de grande porte da área automobilística designou um engenheiro para analisá-lo e, em seguida, encaminhá-lo à central responsável pelos cortes e pelas dobras de aço. Ao analisar a armação da viga ilustrada na figura apresentada, o engenheiro fez algumas críticas técnicas e tirou algumas conclusões. Com relação a essa situação hipotética e tendo a figura apresentada como referência, julgue o item a seguir.

As barras de aço da posição 1, denominadas de porta-estribos, além de serem utilizadas para manter os estribos na posição correta, podem contribuir para o aumento da resistência à compressão da face superior da viga.

() CERTO () ERRADO

Comentários:

O armadura superior da viga atua como como suporte para a armadura transversal (estribo), sendo por isso, denominada de **porta estribo**, permitindo manter o estribo na posição correta e contribuindo para a resistência à compressão da viga.

Gabarito: Certo

Dimensionamento ao esforço cortante

Quando um elemento estrutural de concreto armado está submetido a um momento fletor, é possível que na parte tracionada da seção surjam fissuras, pois conforme já discutido, o concreto não resiste bem a este tipo de esforço. A Figura 55, por exemplo, apresenta uma viga com a porção inferior tracionada longitudinalmente produzindo fissuras. Por esse motivo, no caso do dimensionamento dos esforços cortantes, considera-se sempre a seção fissurada, ou seja, a análise é feita no **Estádio II**.

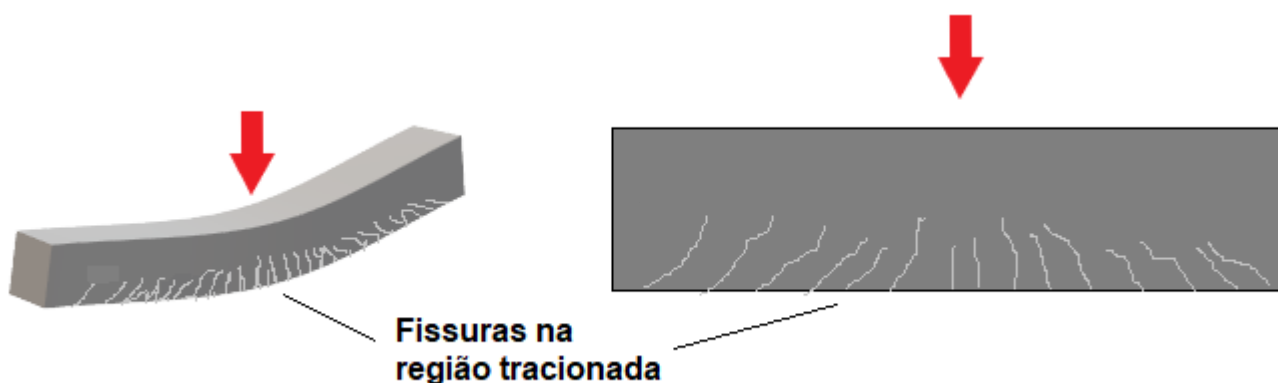


Figura 55: Fissuras na região tracionada da viga.

Pode-se simplificar a distribuição dos esforços cortantes no interior desta viga após a **fissuração** como se ela fosse uma treliça conforme a Figura 56, a qual é denominada de **treliça idealizada de Morsch**. Nela há diagonais comprimidas (barras em vermelho) e regiões verticais tracionadas chamadas de montantes (barras azuis).

De fato, as fissuras surgem justamente destas tensões de tração atuantes no concreto a partir da aplicação das cargas no elemento estrutural. As **diagonais comprimidas** apresentam-se na mesma direção das fissuras que aparecem no elemento (Figura 56), enquanto que os **montantes tracionados** correspondem às armaduras transversais (**estribos**) que devem ser colocadas para evitar a tração do concreto e o surgimento de fissuras.

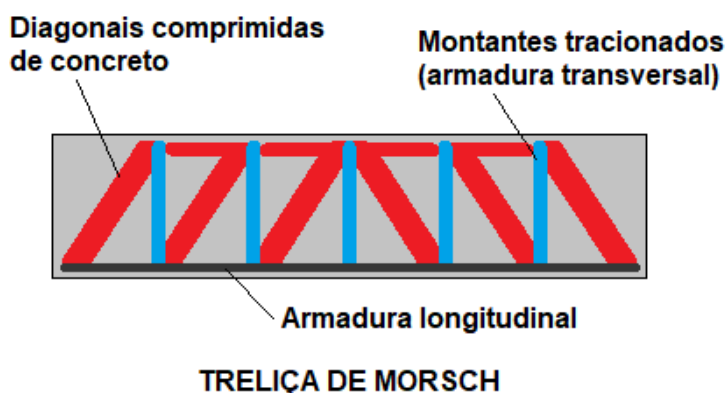


Figura 56: Esquema de uma viga representada pela treliça de Morsch.

Sendo assim, são necessárias duas verificações básicas no dimensionamento dos elementos estruturais ao esforço cortante:

1. Na área comprimida (representada pelas diagonais comprimidas) deve-se verificar se o concreto resiste aos esforços cortantes;
2. Na área tracionada para resistir aos esforços cortantes de tração (representado pelos montantes tracionados) é necessário o uso de armaduras transversais ao longo do elemento estrutural denominadas de estribos, os quais devem ser escolhidos de modo a resistir a tais esforços.

Então, no dimensionamento dos elementos estruturais de concreto armado ao esforço cortante (cisalhamento) devem ser atendidas as duas verificações abaixo:

$$V_{sd} \leq V_{rd2}$$

$$V_{sd} \leq V_{rd3}$$

Em que:

V_{rd2} : É o esforço cortante resistente de cálculo relativo à ruína das diagonais comprimidas do concreto.

V_{rd3} : É o esforço cortante resistente de cálculo relativo à ruína por tração do concreto.

Com relação a disposição das armaduras transversais, um aspecto importante refere-se ao **espaçamento entre estribos** (s), o qual irá **variar** em **função** do **esforço cortante** a que a seção transversal está submetida. Trechos da viga com elevado esforços cortante requerem um menor espaçamento entre estribos, pois aumenta a concentração de armadura nesta área. Por outro lado, trechos da viga com esforço cortante menor podem apresentar estribos mais espaçados.

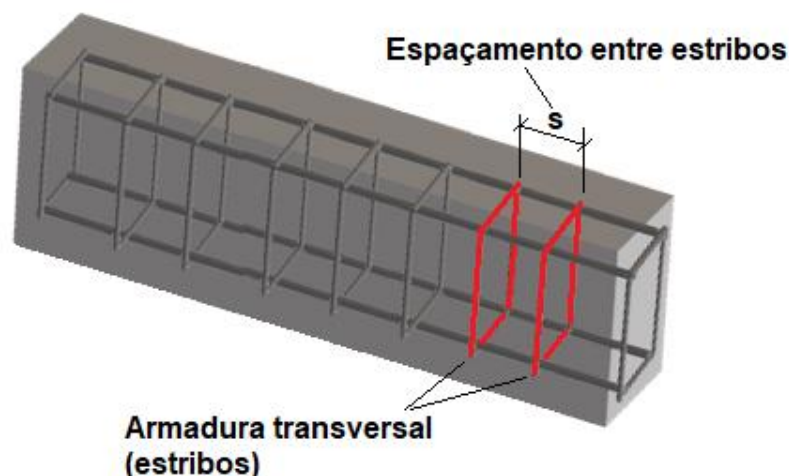
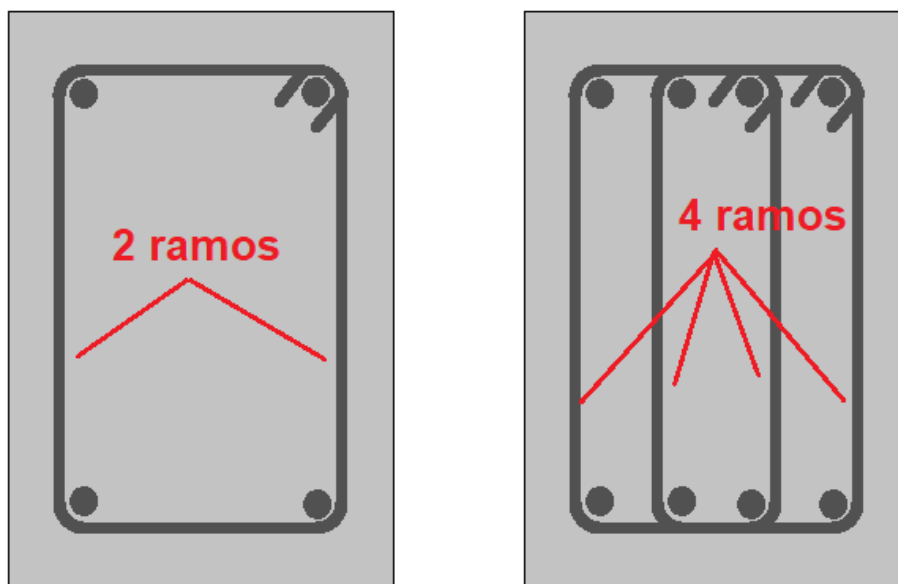


Figura 57: Espaços entre estribos (armadura transversal).



TOME NOTA!

No caso da escolha do diâmetro da armadura dos estribos é importante lembrar-se de levar em consideração o número de ramos. Normalmente o estribo possui dois ramos, mas pode apresentar uma quantidade maior (Figura 58).



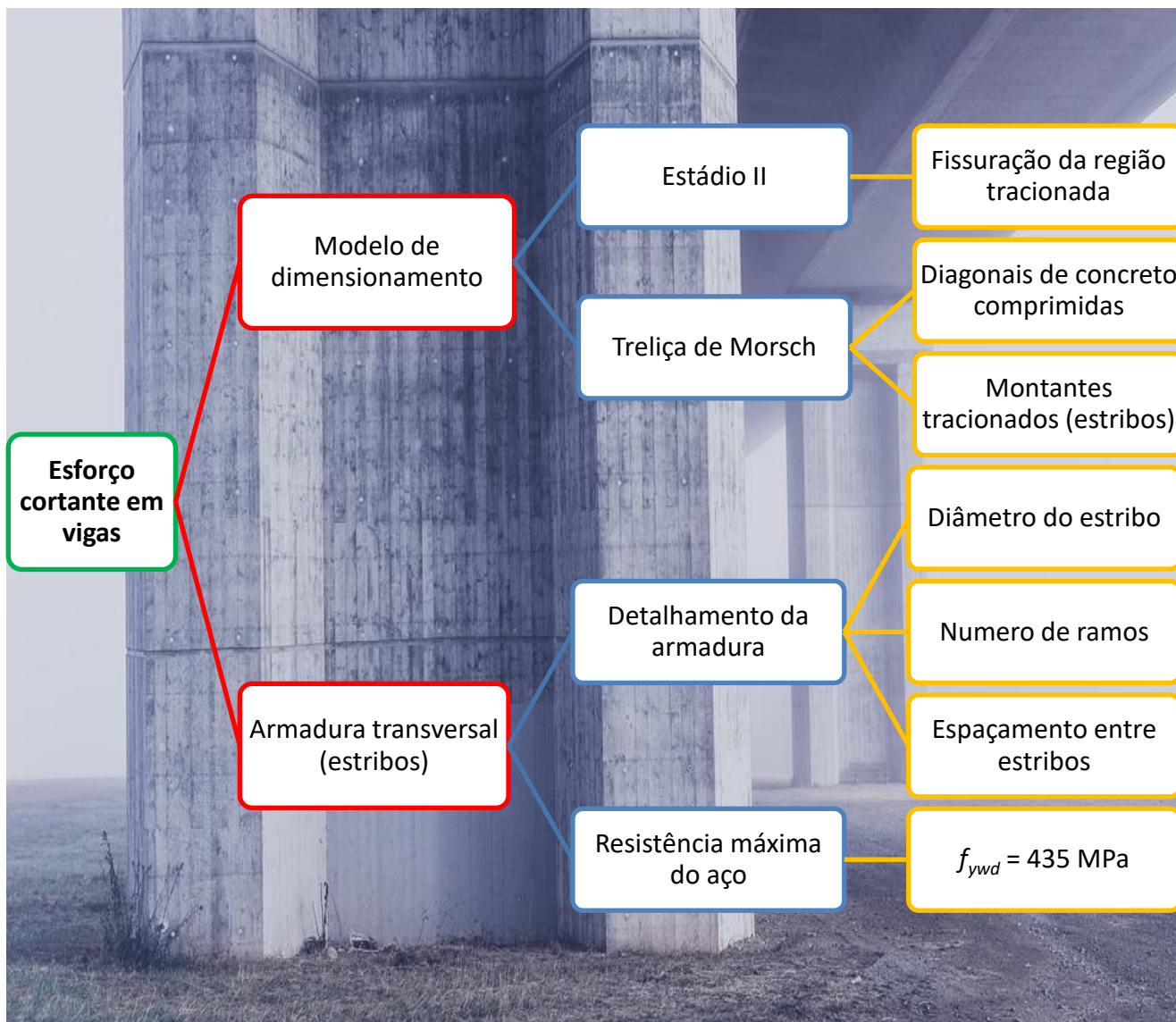
Seção transversal de vigas

Figura 58: Detalhes dos ramos de armadura transversal de vigas.



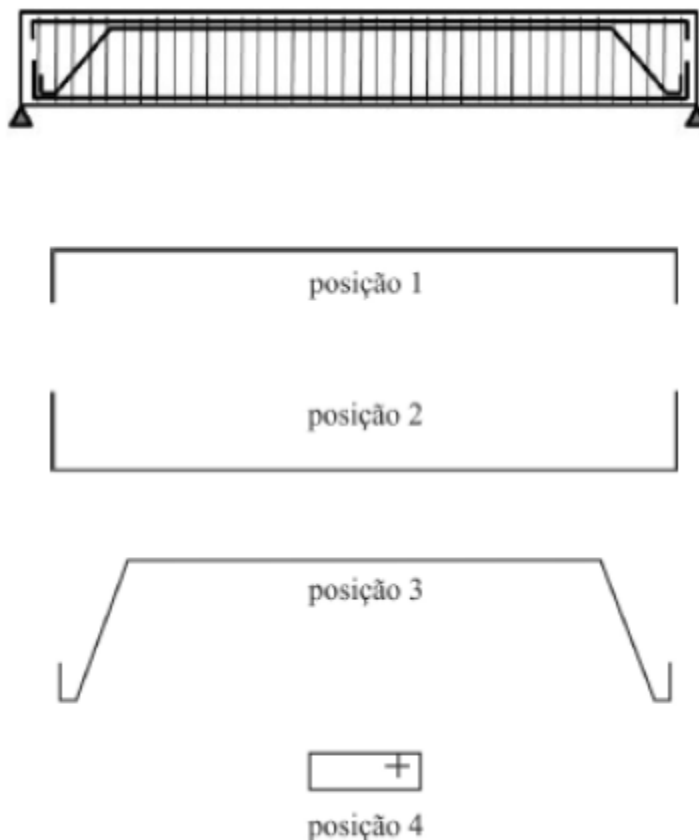
FIQUE ATENTO!

De acordo com a NBR 6118 o maior valor da resistência de cálculo ao esforço cortante ($f_{ywd} = f_{yk}/\gamma_s$) que pode ser utilizado no dimensionamento é **435 MPa**. Sendo assim, mesmo que o estribo seja de um aço CA-60, o dimensionamento deve ser feito considerando um valor f_{ywd} de 435 MPa, o qual corresponde ao CA-50.





CESPE – STJ - Analista Judiciário - 2015



Ao receber o projeto de estrutura de concreto armado do calculista, o gerente de uma obra de grande porte da área automobilística designou um engenheiro para analisá-lo e, em seguida, encaminhá-lo à central responsável pelos cortes e pelas dobras de aço. Ao analisar a armação da viga ilustrada na figura apresentada, o engenheiro fez algumas críticas técnicas e tirou algumas conclusões. Com relação a essa situação hipotética e tendo a figura apresentada como referência, julgue o item a seguir.

O espaçamento dos estribos da posição 4 pode variar em função das tensões de cisalhamento ao longo da viga.

() CERTO () ERRADO

Comentários:

A afirmativa é verdadeira, pois o espaçamento entre estribos pode variar em função das tensões de cisalhamento ao longo da viga.

Gabarito: Certo



CESGRANRIO - PETROBRAS - Técnico em edificações - Questão de fixação

Os aços destinados a resistir aos esforços de cisalhamento em uma viga biapoiada são denominados

- a) normais
- b) longitudinais
- c) positivos
- d) negativos
- e) estribos

Comentários:

Conforme apresentado nesta seção, os esforços de cisalhamento são resistidos pela armadura transversal, também denominada de estribos. Sendo assim, a letra “e” é a resposta para esta questão.

Gabarito: E



LISTA DE QUESTÕES

1. CESPE - STM - Analista Judiciário - Eng. Civil – Questão de fixação

Nas estruturas de concreto armado, a solidariedade é uma condição básica para que o conjunto aço-concreto se comporte como uma peça monolítica.

() Certo () Errado

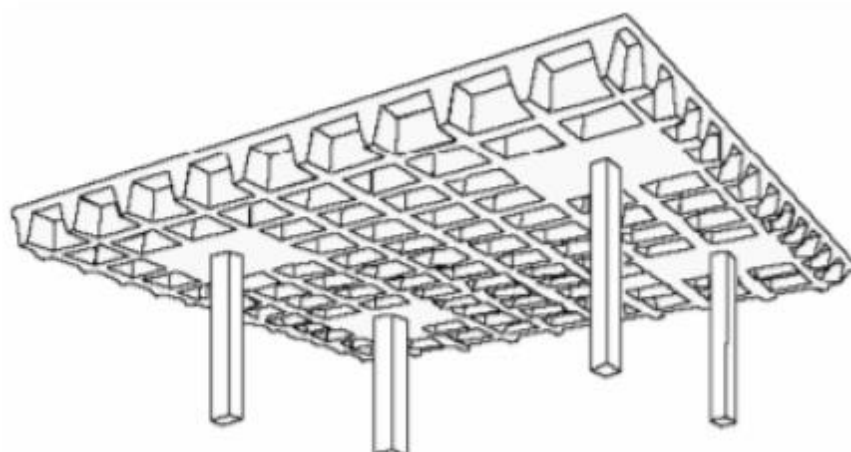
2. AOCP - Prefeitura de Pinhais - Engenharia - 2017

Nas alternativas a seguir, estão listados alguns elementos estruturais básicos em concreto armado. Assinale a alternativa em que o elemento apresentado está com a definição INCORRETA.

- a) Tirante é o elemento linear de eixo reto em que a força normal de tração é preponderante.
 - b) Arco é o elemento curvo em que a força normal de compressão é preponderante, agindo ou não com flexão.
 - c) Viga-parede é o elemento de superfície plana sujeito, principalmente, a ações contidas em seu plano; o comprimento é menor que três vezes a maior dimensão da seção transversal.
 - d) Pilar-parede é o elemento de superfície plana ou casca cilíndrica, usualmente disposto na vertical, em que a força normal de compressão é preponderante; a maior dimensão da seção transversal é maior que 5 vezes a menor dimensão.
 - e) Casca é o elemento de superfície plana.
-

3. AOCP - Prefeitura de Pinhais - Engenharia - 2017

A laje em concreto armado da figura a seguir apresenta um sistema estrutural denominado



Fonte: Musso, Fernando.

- a) laje maciça lisa.

- b) laje nervurada com vigas.
 - c) laje cogumelo nervurada.
 - d) laje cogumelo maciça.
 - e) laje maciça com capitel.
-

4. IBFC - EMBASA - Assistente de Saneamento 2017

Analise as afirmações abaixo e assinale a alternativa correta.

- I. Pilares são elementos lineares de eixo reto, usualmente dispostos na vertical, em que as forças normais de compressão são preponderantes.
 - II. Os pilares são destinados a transmitir as ações às fundações, embora possam também transmitir para outros elementos de apoio.
- a) Somente a afirmação I está correta
 - b) Somente a afirmação II está correta
 - c) Nenhuma das afirmações está correta
 - d) As duas afirmações estão corretas
-

5. FCC - Prefeitura de Teresina - Engenheiro Civil - 2016

Em relação à morfologia das estruturas, considere:

- I. Pórticos são estruturas em que a ligação entre vigas e pilares é rígida.
- II. Vigas bi-apoiadas possuem apoios formados por nós rígidos.
- III. As sapatas recebem as ações dos pilares e as transmitem diretamente ao solo.
- IV. Pilares são elementos lineares de eixo reto, usualmente dispostos na vertical, em que as forças normais de tração são preponderantes.

Está correto o que se afirma em

- a) I e III apenas
 - b) II e IV, apenas
 - c) II e III, apenas
 - d) I e IV, apenas
 - e) I, II, III e IV
-

6. FCC - Prefeitura de Teresina - Engenheiro Civil - 2016

Os elementos bidimensionais em uma estrutura são aqueles em que uma das dimensões é bem menor que as outras duas, a espessura é nitidamente menor que as dimensões da seção. Os elementos que recebem cargas normais ao seu plano e os que recebem na direção de seu plano, são respectivamente:

- a) placas e chapas.



- b) paredes e lajes.
 - c) chapas e cascas.
 - d) chapas e paredes.
 - e) chapas e placas.
-

7. FEPESE – CELESC - Engenharia civil - 2018

O estado limite último é aquele relacionado ao colapso, ou a qualquer outra forma de ruína estrutural, que determine a paralisação do uso da estrutura. A segurança das estruturas de concreto deve sempre ser verificada em relação a alguns estados limites últimos. Assinale a alternativa que apresenta um estado limite último.

- a) da abertura de fissuras
 - b) de vibrações excessivas
 - c) da formação de fissuras
 - d) de deformações excessivas
 - e) da perda do equilíbrio da estrutura, admitida como corpo rígido
-

8. CESPE - Polícia Federal - Perito Criminal Federal - 2018

Julgue o item a seguir, acerca das pontes em concreto armado. Os estados limites de serviço (ELS) estão relacionados com a durabilidade e a boa utilização funcional das estruturas, com sua aparência e com o conforto dos usuários.

- () Certo () Errado
-

9. CESPE - IPHAN - Engenharia Civil - 2018

Considerando que uma viga biapoiada, de seção retangular e simétrica, com carregamento uniformemente distribuído, tenha sido instalada com excentricidade sobre os pilares de apoio, julgue o item subsequente.

No que se refere ao comportamento das estruturas, a análise linear e a não linear são admitidas para verificação do estado limite de serviço (ELS) e do estado limite último (ELU).

- () Certo () Errado
-

10. FGV - IBGE - Engenharia Civil - 2016

Levando-se em consideração os procedimentos e requisitos referentes a projetos de estruturas de concreto estabelecidos em norma, analise as afirmativas a seguir:

- I. O estado limite de abertura de fissuras do concreto armado está relacionado ao colapso, ou a qualquer outra forma de ruína estrutural, que determine a paralisação do uso da estrutura.
- II. O concreto a ser empregado em elementos estruturais deve possuir uma resistência característica à compressão mínima de 20 MPa.
- III. A teoria da flexão simples adota o conceito de altura útil da seção transversal, que vai do bordo mais comprimido da seção até a superfície da armadura longitudinal tracionada.



Está correto o que se afirma em:

- a) somente I;
 - b) somente II;
 - c) somente I e III;
 - d) somente II e III;
 - e) I, II e III.
-

11. SMA-RJ - Prefeitura do Rio de Janeiro - Engenharia - 2016

Nos requisitos gerais das ações e segurança nas estruturas, uma das características do estado limite de serviço é a:

- a) ruptura ou deformação plástica excessiva dos materiais
 - b) vibração excessiva ou desconfortável
 - c) instabilidade por deformação
 - d) instabilidade dinâmica
-

12. CESPE - Câmara dos Deputados - Analista Legislativo - Questão de fixação

Com relação ao projeto de estruturas de concreto, julgue os itens seguintes. Os estados limites relacionados ao colapso ou a qualquer forma de ruína estrutural são denominados estados limites últimos (ELU), ao passo que aqueles relacionados à durabilidade, aparência e boa utilização funcional da estrutura, bem como ao conforto do usuário, são denominados estados limites de utilização (ELS).

() Certo () Errado

13. CEV-UECE - DETRAN-CE - Engenharia civil - 2018

A durabilidade das estruturas é altamente dependente das características do concreto e da espessura e qualidade do concreto do cobrimento da armadura. Assim, no dimensionamento das seções de peças de concreto armado devem ser levadas em consideração as espessuras para cobrimento das armaduras principais, de modo a proteger a estrutura das intempéries dos diversos tipos de meio ambiente onde são construídas as estruturas. De acordo com os critérios da NBR 6118/ABNT e suas diversas atualizações, tem-se as seguintes classes de agressividade ambiental:



Classe de agressividade ambiental	Agressividade	Classificação geral do tipo de ambiente para efeito de projeto	Risco de deterioração da estrutura
I	Fraca	Rural	Insignificante
		Submersa	
II	Moderada	Urbana ^{1), 2)}	Pequeno
III	Forte	Marinha ¹⁾	Grande
		Industrial ^{1), 2)}	
IV	Muito Forte	Industrial ^{1), 3)}	Elevado
		Respingos de maré	

¹⁾Pode-se admitir um microclima com uma classe de agressividade mais branda (um nível acima) para ambientes internos secos (salas, dormitórios, banheiros, cozinhas e áreas de serviço de apartamentos residenciais e conjuntos comerciais ou ambientes com concreto revestido com argamassa e pintura).

²⁾Pode-se admitir uma classe de agressividade mais branda (um nível acima) em: obras em regiões de clima seco, com umidade relativa do ar menor ou igual a 65%, partes da estrutura protegidas de chuva em ambientes predominantemente secos, ou regiões onde chove raramente.

³⁾Ambientes quimicamente agressivos, tanques industriais, galvanoplastia, branqueamento em indústrias de celulose e papel, armazéns de fertilizantes, indústrias químicas.

Assinale a opção em que a classificação de agressividade ambiental e o valor do dimensionamento do cobrimento das armaduras estão de acordo com a peça estrutural em concreto armado considerada.

- a) LAJE: Classe IV; Cobrimento – 30 mm.
- b) ELEMENTOS EM CONTATO COM O SOLO: Classe III; Cobrimento – 40 mm.
- c) VIGAS: Classe II; Cobrimento – 25 mm.
- d) PILARES: Classe I; Cobrimento – 20 mm.

14. ESAF - FUNAI - Engenharia Civil - 2016 (ADAPTADA)

A respeito da classe de agressividade ambiental e o cobrimento nominal (para $\Delta c = 10$ mm), de acordo a NBR 6118 (ABNT, 2014), considerando que a classe de concreto utilizada é igual ao mínimo exigido, é correto afirmar que:

- a) para uma viga de concreto armado, é necessário ter um cobrimento nominal de 25 mm para a classe I de agressividade ambiental.
- b) para uma viga de concreto armado, é necessário ter um cobrimento nominal de 30 mm para a classe I de agressividade ambiental.



- c) para um pilar de concreto armado, é necessário ter um cobrimento nominal de 25 mm para a classe II de agressividade ambiental.
- d) para uma viga de concreto protendido, é necessário ter um cobrimento nominal de 25 mm para a classe I de agressividade ambiental.
- e) o cobrimento da armadura passiva, de uma estrutura de concreto protendido, não necessita respeitar os cobrimentos de estruturas de concreto armado.
-

15. AOC - Prefeitura de Juiz de Fora – Engenharia civil - 2016

A relação água/cimento, em massa, do concreto armado empregado na execução de estruturas nas zonas urbanas (classe de agressividade moderada) deve ser inferior ou igual a

- a) 0,65
- b) 0,60
- c) 0,55
- d) 0,50
- e) 0,45
-

16. CESPE - TELEBRAS - Engenheiro Civil - 2015

Com base nas disposições da norma NBR 6.118/2014, que legisla a respeito de projetos de estruturas de concreto, julgue os itens a seguir. O cobrimento da armadura do concreto deve ser projetado e executado para proteger as barras de aço contra a oxidação. Nesse caso, a espessura do cobrimento deverá ser inversamente proporcional à agressividade do ambiente em que a estrutura está inserida.

() Certo () Errado

17. CESPE - TJ SE - Engenharia Civil - Questão de fixação

No que se refere às especificações de materiais e de serviços ligados a concreto protendido, concreto armado e pintura, e à patologia de assentamento de cerâmicas, julgue o item que se segue. Segundo as normas técnicas vigentes, para uma tolerância de execução de 10 mm, o cobrimento nominal para pilares executados em concreto armado, sob agressividade ambiental fraca, deve ser de, no mínimo, de 50 mm.

() Certo () Errado

18. CESPE - MP - Analista de Infraestrutura - Questão de fixação

Com relação ao projeto de estruturas de concreto e de fundações, julgue os próximos itens. Fissuração excessiva em estruturas de concreto, deslocamentos (ou flechas) acima dos limites permitidos e vibrações que causam desconforto ao usuário são exemplos de estados limites últimos.



() Certo () Errado

19. CESPE - Analista Legislativo - Câmara dos Deputados - Questão de fixação

Com base nas normas técnicas brasileiras da ABNT referentes ao dimensionamento de pilares, vigas e lajes de concreto armado, julgue os itens que se seguem. O cobrimento de concreto utilizado em lajes, vigas e pilares varia conforme as classes de agressividade ambiental, que são: fraca, moderada, forte e muito forte.

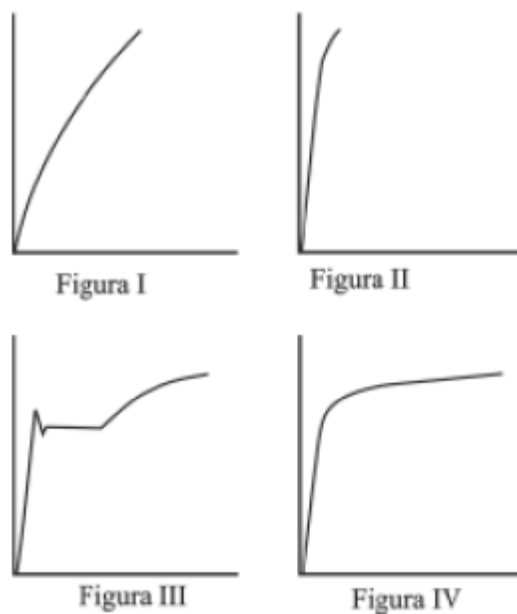
() Certo () Errado

20. CESPE - EBSERH – Engenharia civil - 2018

Acerca de projetos e execução de obras e serviços de engenharia, julgue o item a seguir. No regime plástico dos aços estruturais, ocorrem deformações crescentes sem variação de tensão; o valor constante dessa tensão, denominado resistência ao escoamento, é uma característica importante desse tipo de material.

() Certo () Errado

21. CESPE - Prefeitura de São Luís - Engenharia Civil - 2017



Considerando-se as figuras precedentes, em que são apresentados diagramas tensão-deformação de materiais variados obtidos em ensaios de tração, e sabendo-se que, na construção civil, os aços mais utilizados para concreto armado são o CA-50 e o CA-60, é correto afirmar que os ensaios de tração desses aços correspondem, respectivamente, aos diagramas das figuras.

- a) II e III
- b) II e IV



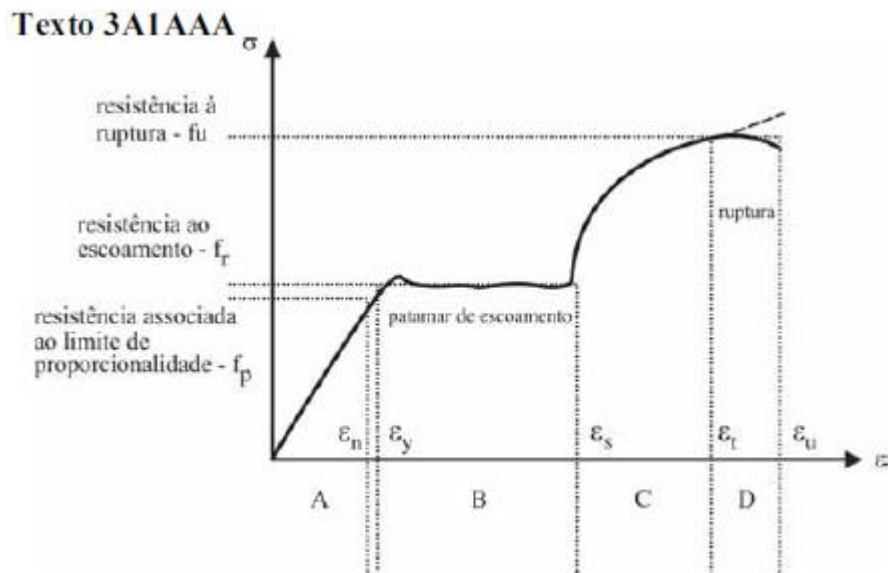
- c) III e IV
- d) I e II
- e) I e III

22. CONSULPLAN - Prefeitura de Sabará - Engenharia - 2017

Quando o aço é tensionado, ele ultrapassa o regime elástico e o material apresenta uma propriedade que é caracterizada pelo aumento de deformação com tensão constante. A esta propriedade chamamos de:

- a) Torção
- b) Escoamento
- c) Compressão
- d) Cisalhamento

23. CESPE - Polícia Científica PE - Perito Criminal - 2016



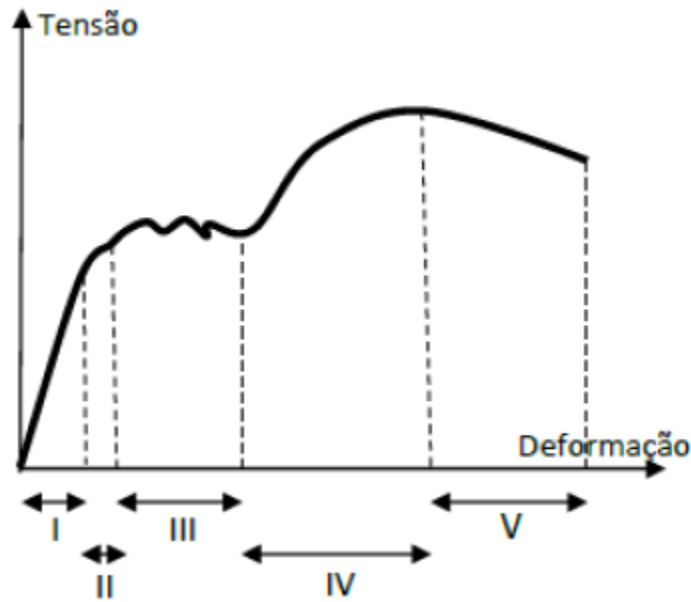
A figura precedente representa um diagrama tensão \times deformação de um material utilizado na construção civil. Assinale a opção que representa o intervalo identificado pela letra B na figura do texto 3A1AAA.

- a) estricção
- b) ruptura
- c) regime plástico
- d) encruamento
- e) regime elástico

24. FGV - Defensoria Pública do Estado RO - Analista em Engenharia Civil - 2015



Uma barra metálica submetida a um esforço crescente de tração axial sofre uma deformação progressiva descrita pelo gráfico de tensão-deformação da figura abaixo.



O encruamento do metal ocorre no trecho:

- a) I
- b) II
- c) III
- d) IV
- e) V

25. FCC - TRT-3 - Engenharia Civil - 2015

O aço mais utilizado em obras é o aço tipo CA-50. As barras deste tipo de aço têm a superfície obrigatoriamente com nervuras transversais (rugosa). A identificação numérica 50 indica um aço que possui:

- a) resistência característica de escoamento de 500 MPa.
- b) diâmetro nominal característico, igual a 50 mm.
- c) resistência mínima à tração de 50 MPa.
- d) massa específica característica de 50 kg/m³.
- e) resistência característica à compressão de 500 MPa.

26. CESPE – MJ – Eng. Civil – Questão de fixação (Adaptada)

Acerca dos projetos estruturais de concreto e aço, julgue o item subsequente. Existem três categorias de aço para concreto estrutural: CA-25, CA-50 e CA-60, classificadas em função da resistência característica de escoamento, respectivamente, em 250 MPa, 500 MPa e 600 MPa. Aços CA-50 correspondem às barras laminadas a quente e aços CA-50, às barras encruadas.



Certo Errado

27. CESPE – MPU – Técnico Edificações – Questão de fixação

A determinação das propriedades mecânicas de um material metálico é realizada por meio de ensaios destrutivos e não destrutivos. Com base nos conceitos e nas especificações de ensaios de materiais, julgue o próximo item.

O módulo de elasticidade de um material é uma medida da sua rigidez: quanto menor o módulo de elasticidade, mais rígido é o material e, conseqüentemente, menor será a sua deformação elástica quando submetido a tensão.

Certo Errado

28. CESPE – MPU – Técnico Edificações – Questão de fixação

A determinação das propriedades mecânicas de um material metálico é realizada por meio de ensaios destrutivos e não destrutivos. Com base nos conceitos e nas especificações de ensaios de materiais, julgue o próximo item. O limite elástico é definido como a maior tensão que o material pode suportar após a ocorrência de deformações permanentes.

Certo Errado

29. CESPE – Câmara dos Deputados - Analista Legislativo - Questão de fixação

Com relação ao projeto de estruturas de concreto, julgue os itens seguintes. Fluência são as deformações que ocorrem em peças de concreto, ao longo do tempo e sob carga constante.

Certo Errado

30. FCC – Ministério Público da União - Engenharia Civil

A deformação de uma barra de aço Ø16 mm por uma força de tração de 9,0 tf é, em cm, de:

Dados:

Comprimento da barra = 12,0 m

Módulo de elasticidade do aço

(E) = 2×10^6 Kgf/cm²

- a) 5,4
 - b) 4,7
 - c) 3,8
 - d) 3,4
 - e) 2,7
-

31. CESPE - Policia Federal - Engenharia Civil

O dimensionamento e a execução de uma estrutura de concreto devem atender a requisitos que garantam a sua segurança e durabilidade. Com relação a esse tema, julgue o item



subsequente. O aço utilizado para armadura passiva de estruturas de concreto armado deve ser classificado por norma com valor característico da resistência de escoamento nas categorias CA-25, CA-50 e CA-60.

Certo Errado

32. CESPE - Policia Federal - Perito Criminal Federal

Julgue o item subsequente, referente a aços utilizados em construções civis. O módulo de elasticidade é praticamente igual para todos os tipos de aço, com valor aproximadamente igual a 210 kN/mm² (ou 21.000 kgf/mm²).

Certo Errado

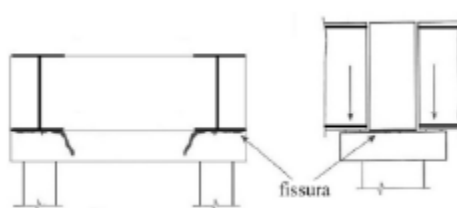
33. CESPE - MS - Eng. Civil – Exercícios de Fixação

Na falta de ensaios ou valores fornecidos pelo fabricante, pode-se assumir um valor de módulo de elasticidade do aço igual a 210.000 MPa para estruturas de concreto armado.

Certo Errado

34. CESPE - IPHAN - Eng. Civil - 2018

Em uma cidade, um galpão do século XIX foi restaurado para abrigar o arquivo público, que ocupará dois pavimentos da edificação. Para manter a fachada do galpão preservada, foi construída uma estrutura de concreto e aço independente no interior do prédio. Os pórticos da estrutura são compostos de vigas de concreto armado biapoiadas e isostáticas. Uma nova cobertura foi projetada com tesouras de madeira no corpo de prédio e uma treliça espacial metálica no vão central, que é circular. Para movimentar o acervo do arquivo, foi prevista uma ponte rolante apoiada em duas vigas metálicas de perfil I, assentadas sobre consolos curtos localizados no bordo inferior das travessas de apoio no topo dos pilares do pórtico. As vigas são apoiadas por aparelhos de neoprene fretado. Os pilares apresentam seção retangular vazada, com dimensões externas de 2,0 m × 1,50 m. Três meses após a obra definitivamente recebida, foi realizada uma vistoria, em que se constataram fissuras nas travessas de apoio no topo dos pilares e na ligação dos consolos com a alma das travessas, prolongando-se para baixo dos consolos, conforme representado na figura a seguir. A administração do órgão público responsável pela obra exigiu da construtora o reforço da estrutura. A construtora alegou que a obra já havia sido definitivamente recebida e, por isso, não caberia mais nenhum reparo.



Com relação à situação hipotética precedente, julgue o item.

Em uma viga biapoiada, isostática, de material isotrópico e homogêneo, submetida a um carregamento uniformemente distribuído ao longo do vão, a flecha máxima ocorre no centro

do vão e é função somente do comprimento do vão entre os apoios e do valor da carga distribuída.

() Certo () Errado

35. FCC – TRT 11 - Engenharia Civil - 2017

No projeto de estruturas de concreto, a verificação em serviço do estado limite de deformações excessivas, considerando o efeito de aceitabilidade sensorial e da limitação visual, o deslocamento total máximo em elementos estruturais de concreto armado deve ser limitado à relação:

- a) L/500
 - b) L/250
 - c) L/300
 - d) L/350
 - e) L/150
-

36. SMA-RJ - Prefeitura do Rio de Janeiro - Engenharia - 2016

No concreto simples, as juntas de dilatação devem ser previstas, segundo a NBR 6118:2014 (Projeto de estruturas de concreto – Procedimento), pelo menos a cada:

- a) 10m
 - b) 15m
 - c) 20m
 - d) 25m
-

37. CESPE - TELEBRAS - Engenheiro Civil - 2015

Com base nas disposições da norma NBR 6.118/2014, que legisla a respeito de projetos de estruturas de concreto, julgue o item a seguir.

Na construção de um prédio retangular com 40 m × 60 m (largura × comprimento) e com estrutura projetada de concreto armado, serão necessárias três juntas de dilatação na maior dimensão para que se obedeça à prescrição da norma, que determina o uso de uma junta de dilatação a cada 15 m em estruturas de concreto armado.

() Certo () Errado

38. FCC - TRT 11 - Engenharia Civil - 2017

Sobre as exigências de durabilidade relacionadas à fissuração e à proteção da armadura, em peças de concreto armado, em função das classes de agressividade ambiental, a abertura máxima característica das fissuras, desde que não exceda valores da ordem de X mm a Y mm, sob ação das combinações frequentes, não tem importância significativa na corrosão das armaduras passivas. Os valores de X e Y, em mm, são, respectivamente:



- a) 1,0 e 1,5.
 - b) 0,3 e 0,5
 - c) 0,5 e 1,0
 - d) 0,2 e 0,4
 - e) 2,0 e 3,0
-

39. FCC – Prefeitura de Teresina - Engenheiro civil - 2016

A fissuração em elementos estruturais de concreto é inevitável, devido à grande variabilidade e à baixa resistência do concreto à tração. A abertura máxima característica das fissuras, desde que NÃO exceda valores da ordem de:

- a) 2 mm a 3 mm sob ação das combinações frequentes, não tem importância significativa na corrosão das armaduras ativas.
 - b) 2 mm a 3 mm sob ação das combinações frequentes, não tem importância significativa na corrosão das armaduras passivas.
 - c) 0,5 mm a 1 mm sob ação das combinações frequentes, não tem importância significativa na corrosão das armaduras ativas.
 - d) 1,5 mm a 3 mm sob ação das combinações frequentes, não tem importância significativa na corrosão das armaduras ativas.
 - e) 0,2 mm a 0,4 mm sob ação das combinações frequentes, não tem importância significativa na corrosão das armaduras passivas.
-

40. FGV - CODEBA - Engenheiro Civil - 2016

Uma viga de concreto armado encontra-se fissurada. Sabendo-se que a abertura média das fissuras de flexão é de 0,24 mm e a distância média entre essas fissuras é de 15 cm, a deformação média da armadura longitudinal de tração da viga, em %, é igual a

- a) 0,16.
 - b) 0,32.
 - c) 0,64.
 - d) 1,28.
 - e) 1,60.
-

41. VUNESP - Prefeitura de Guarulhos – Engenheiro - 2016

Para garantir a durabilidade de uma estrutura de concreto armado ou protendido, os valores de recobrimento e a abertura admissível de fissuras são definidos:

- a) pela classe de agressividade ambiental, que por sua vez é definida pelo macroclima e pelo microclima em que a estrutura está inserida.
- b) pela classe de agressividade ambiental, definida pelo macroclima em que a estrutura está inserida, e pela classe de resistência do concreto.



- c) pela classe de agressividade ambiental, definida pelo microclima em que a estrutura está inserida, e pela classe de resistência do concreto.
- d) pela classe de resistência do concreto estabelecida pelo calculista para a obra e pelo controle tecnológico adotado na obra.
- e) pelo tipo de cimento portland a ser empregado, sendo considerados os cimentos resistentes a sulfatos os mais adequados a ambientes mais agressivos.
-

42. CESPE - TRT-10 – Engenharia - Questão de fixação

Acerca dos sistemas estruturais empregados na construção civil, julgue o item seguinte. Considere que uma viga biapoiada, isostática e constituída de material isotrópico e homogêneo tenha sido submetida a um carregamento uniformemente distribuído ao longo de um vão de intensidade q . Nessa situação, a flecha máxima dessa viga ocorre no centro desse vão, sendo função somente do valor da carga distribuída e do comprimento desse vão entre os apoios.

() Certo () Errado

43. CESPE - MPOG – Analista de Infraestrutura - Questão de fixação

No que concerne às estruturas das edificações da construção civil, julgue o item subsequente. O deslocamento limite recomendado para uma viga de comprimento L , devido às cargas acidentais, é igual a $L/350$.

() Certo () Errado

44. CESPE - Câmara dos Deputados - Analista Legislativo - Questão de fixação

Com relação ao projeto de estruturas de concreto, julgue os itens seguintes. As juntas de dilatação normalmente são adotadas em projetos de estruturas de concreto, com o objetivo de minimizar as tensões na estrutura oriundas das variações de temperatura.

() Certo () Errado

45. FCC – Tribunal de Contas do Estado GO – Engenharia - Questão de fixação

Para o projeto e dimensionamento da estrutura de um edifício usual de concreto armado no estado limite último, optou-se por utilizar concreto com resistência característica de 28 MPa. Considerando situações de combinações normais, a resistência de cálculo à compressão do concreto aos 28 dias, em MPa, é:

- a) 15
 - b) 18
 - c) 20
 - d) 22
 - e) 25
-



46. IBFC - EBSEH - Engenharia civil - 2016

Pode-se caracterizar os três Estádios de Deformação de uma viga de concreto na flexão normal Simples:

No Estádio I (estado elástico), é correto afirmar:

- I. Diagrama de tensão normal ao longo da seção é linear
 - II. As tensões nas fibras mais comprimidas são proporcionais às deformações, correspondendo ao trecho linear do diagrama tensão-deformação
 - III. Não há fissuras visíveis
- a) I e II, apenas
 - b) I e III, apenas
 - c) II e III, apenas
 - d) II apenas
 - e) I, II e III
-

47. IBFC - EBSEH - Engenharia civil - 2016

Quanto às características do estado de deformação, no Estadio II (estado de fissuração), é correto afirmar:

- I. Considera-se que apenas o aço passa a resistir aos esforços de tração;
 - II. Admite-se que a tensão de compressão no concreto continua linear;
 - III. As fissuras de tração no concreto na flexão são invisíveis;
- a) I e II, apenas
 - b) I e III, apenas
 - c) II e III, apenas
 - d) II apenas
 - e) I, II e III
-

48. IBFC - EBSEH - Engenharia civil - 2016

Quanto às características do estado de deformação, no Estadio III, é correto afirmar:

- I. A fibra mais comprimida do concreto começa a escoar a partir da deformação específica de 0,2%, chegando a atingir, sem aumento de tensão, a 0,35%;
 - II. A peça está bastante fissurada, com as fissuras se aproximando da linha neutra, fazendo com que sua profundidade diminua e, conseqüentemente, a região comprimida de concreto também;
 - III. As fissuras de tração no concreto na flexão são invisíveis;
- a) I e III, apenas



- b) I e II, apenas
 - c) II e III, apenas
 - d) II apenas
 - e) I, II e III
-

49. VUNESP - Prefeitura de Presidente - Engenharia civil - 2016

Para o dimensionamento de vigas de concreto armado são levados em consideração os seus níveis de deformação, denominados Estádios. No Estádio III de deformações

- a) o diagrama de tensão normal é linear ao longo da seção.
 - b) as fissuras de tração na flexão no concreto não são visíveis.
 - c) as tensões nas fibras mais comprimidas são proporcionais às deformações, correspondendo ao trecho linear do diagrama tensão deformação do concreto.
 - d) o aço e o concreto trabalham juntos para resistir aos esforços de tração.
 - e) a fibra mais comprimida do concreto começa a escoar, atingindo a deformação específica de 3,5 ‰.
-

50. FEPESE - CELESC - Engenharia civil - 2018

As deformações das vigas de concreto armado submetidas à flexão simples encontram-se em domínios de deformações que, quando do dimensionamento, representarão seções econômicas, normalmente armadas, subarmadas ou superarmadas. Assim, para melhor aproveitamento das características de cada material constituinte do concreto armado, sugere-se que o dimensionamento seja feito nos domínios:

- a) 1 ou 2
 - b) 1 ou 3
 - c) 2 ou 3
 - d) 2 ou 4
 - e) 3 ou 4
-

51. IBFC - PCE-PR - Perito Criminal – 2017 (adaptada)

Sobre o comportamento de uma viga de concreto armado submetido à flexão simples, assinale a alternativa incorreta.

- a) O momento de dimensionamento influencia na posição da linha neutra
- b) A desvantagem de a viga trabalhar no domínio 2 é a de que o aço não está solicitado ao limite de escoamento, o que torna a peça insegura quanto à possibilidade de ruptura brusca
- c) Se a viga estiver trabalhando no domínio 3, a tensão de tração na armadura é igual à sua tensão de escoamento
- d) Domínio 4 indica encurtamento do concreto com ruptura por esmagamento deste



e) Domínio 3 indica encurtamento do concreto com ruptura por esmagamento deste

52. SMA-RJ - Prefeitura do Rio de Janeiro - Engenharia - 2016

Segundo a NBR 6118:2014 (Projeto de estruturas de concreto – Procedimento), quanto à caracterização do domínio 4, é correto afirmar que:

- a) A linha neutra encontra-se a uma distância x fora da seção transversal e, conseqüentemente, a seção está totalmente tracionada. São situações típicas: tração não uniforme, sem compressão e tração uniforme.
 - b) A linha neutra encontra-se dentro da seção transversal, x variando entre 0 e $x_{lim(3-4)}$. Parte da seção está comprimida e a outra parte tracionada. São situações típicas: flexão simples ou composta sem ruptura à compressão do concreto.
 - c) A linha neutra encontra-se dentro da seção transversal, x variando entre $x_{lim(3-4)}$ e d . Parte da seção está comprimida e a outra parte tracionada. São situações típicas: flexão simples ou composta com ruptura à compressão do concreto e aço em escoamento.
 - d) A linha neutra encontra-se dentro da seção transversal, x variando entre $x_{lim(3-4)}$ e d . Parte da seção está comprimida e a outra parte tracionada. São situações típicas: flexão simples ou composta com ruptura à compressão do concreto e aço sem escoamento.
-

53. CESPE - IPHAN - Eng. Civil - 2018

Considerando que uma viga biapoiada, de seção retangular e simétrica, com carregamento uniformemente distribuído, tenha sido instalada com excentricidade sobre os pilares de apoio, julgue o item subsequente. A face inferior da viga sofre o esforço de tração e, na metade do comprimento da viga, o esforço cortante é máximo.

() Certo () Errado

54. FCC - ARTESP - Engenharia Civil - 2017

Para o cálculo e dimensionamento das estruturas de concreto submetidas à flexão, os esforços nas armaduras podem ser considerados concentrados no centro de gravidade correspondente, se a distância deste centro de gravidade ao centro da armadura mais afastada, medida normalmente à linha neutra, não atingir, em relação à altura da peça, o percentual de

- a) 2,5%
 - b) 10,0%
 - c) 5,0%
 - d) 7,5%
 - e) 8,0%
-

55. IESES - BAHIA GÁS - Engenharia civil - 2016

No dimensionamento de vigas de concreto armado em muitos casos precisa-se criar artifícios para vencer maiores vãos com menores dimensões das seções transversais.



Um destes artifícios são as vigas com armadura dupla, as quais são:

- a) São aquelas em que as os diâmetros especificados para o banzo tracionado são os mesmos para o banzo comprimido.
 - b) São aquelas em que todas as barras de aço chamadas de positiva estão colocadas no banzo superior e as negativas no banzo inferior.
 - c) Aquelas em que há necessidade de duas camadas de barras de aço no banzo tracionado.
 - d) São aquelas em que as barras de aço colocadas paralelamente possuem a mesma função, seja para absorver as forças de tração como também as forças de compressão.
 - e) Aquelas em que as barras são colocadas no banzo tracionado e também no banzo comprimido.
-

56. IBFC - EBSEH - Engenharia civil - 2016

Uma viga apoiada e com tensão de tração somente no meio do vão:

- I. É necessário ter somente ferragem positiva;
- II. É necessário somente a ferragem positiva, e a ferragem negativa funcionará somente como porta estribo;
- III. É necessário somente a ferragem positiva, não necessitando de ferragem negativa.

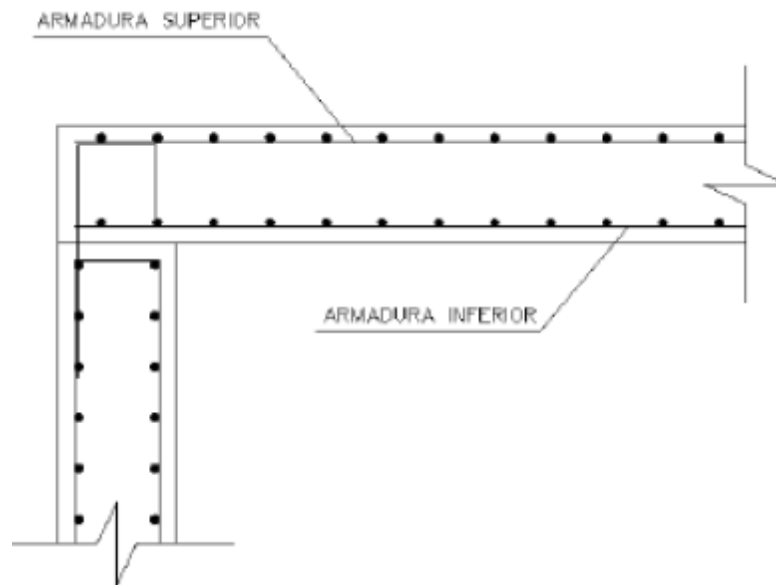
Estão corretas as afirmativas:

- a) I e II, apenas
 - b) I e III, apenas
 - c) II e III, apenas
 - d) II apenas
 - e) I, II e III
-

57. FCC - METRO-SP - Engenharia civil - 2016

Em uma estrutura de concreto armado, estão presentes diversos tipos de armaduras.



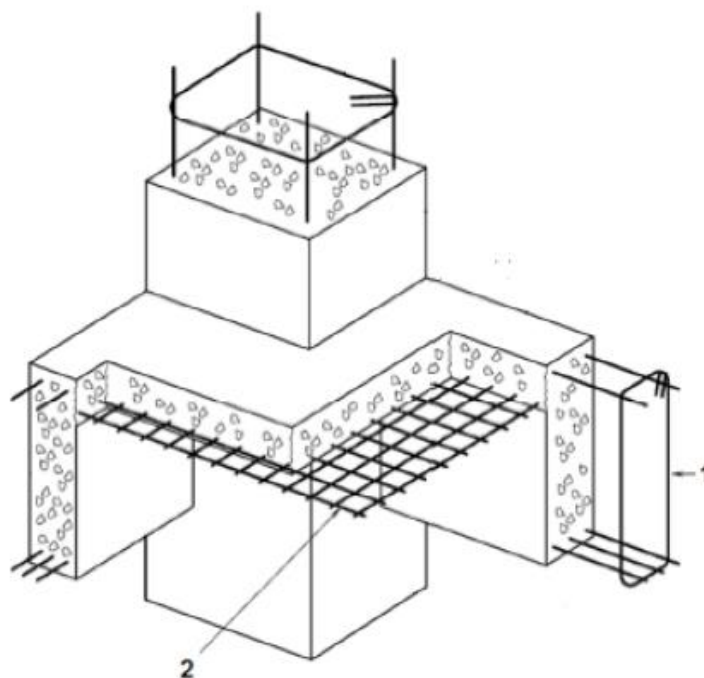


Na imagem acima, que se refere a uma seção,

- a) a armadura superior e inferior são armaduras de pele.
- b) a armadura superior é negativa e a armadura inferior é positiva.
- c) a armadura superior é positiva e a armadura inferior é negativa.
- d) a armadura superior e inferior são armaduras positivas.
- e) a armadura superior e inferior são armaduras negativas.

58. BIO-RIO - Prefeitura de Mangaratiba - Engenharia civil - 2016

A figura a seguir ilustra, esquematicamente, parte da estrutura de concreto armado de uma edificação. Use-a para responder à próxima questão.

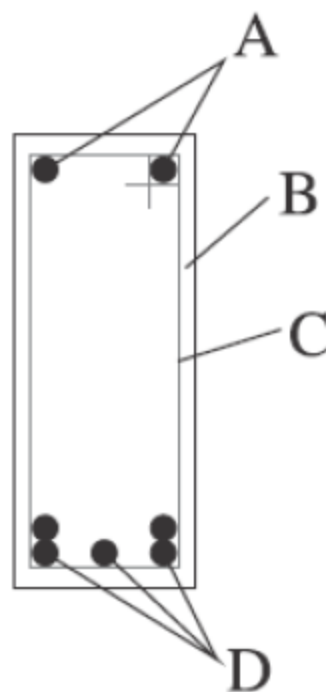


A armadura indicada com o número 1 tem como função resistir a:

- a) esforços normais atuantes na viga.
- b) esforços cortantes atuantes na viga.
- c) momentos fletores negativos atuantes na viga.
- d) momentos fletores positivos atuantes na viga.
- e) momentos volventes atuantes na viga.

59. CPCON-UEPB - Prefeitura de Sapé - Engenharia - 2016

Dada a seção de uma viga de concreto armado, assinale a alternativa que identifica a estrutura.



- a) A = Armadura de aço positiva. B = Recobrimento de concreto da armadura. C = Estribo. D = Armadura de aço negativa (combate a tração).
- b) A = Armadura de aço negativa. B = Recobrimento de concreto da armadura. C = Estribo. D = Armadura de aço positiva (combate a tração).
- c) A = Armadura de aço negativa. B = Recobrimento de concreto da armadura. C = Armadura de aço positiva (combate a tração). D = Estribo.
- d) A = Armadura de aço de costela (combate o cisalhamento). B = Recobrimento de concreto da armadura. C = Estribo. D = Armadura de aço positiva (combate a tração).
- e) A = Armadura de aço de costela (combate o cisalhamento). B = Forma de madeira. C = Estribos. D = Armadura de aço positiva (combate a tração).

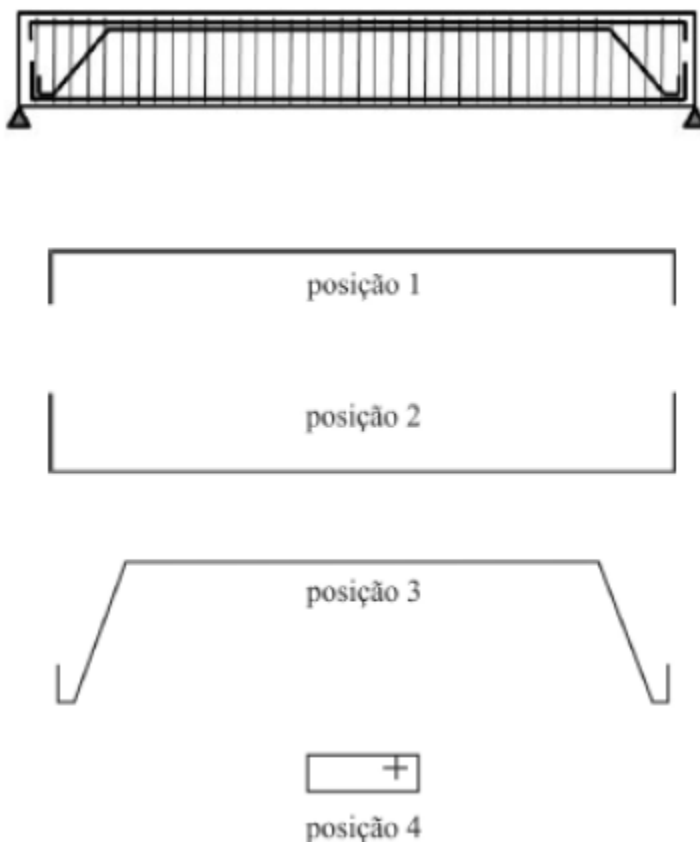
60. IESES – BAHIA GÁS - Engenharia civil - 2016



Em um projeto de uma edificação, em muitos casos é necessário à execução de uma viga invertida, seja por razões estéticas ou mesmo necessidade para instalação de algum equipamento. Nesse sentido assinale a alternativa que corresponde a sua definição e características.

- a) São vigas executadas sobre as lajes, onde o fundo coincide com o nível do teto abaixo. Seu dimensionamento não segue os mesmos critérios das vigas convencionais, pois as cargas sobre ela são diferentes e não sofrem sobre si as cargas das lajes.
- b) São vigas executadas sobre as lajes, onde o fundo coincide com o nível do teto abaixo. Seu dimensionamento segue os mesmos critérios das vigas convencionais.
- c) São vigas executadas sobre as lajes, onde o fundo coincide com o nível do teto abaixo. Seu dimensionamento é diferente dos critérios das vigas convencionais.
- d) São vigas executadas no mesmo nível das vigas convencionais. Seu dimensionamento difere das demais por terem invertidas as ações das cargas sobre elas.
- e) São vigas executadas após a concretagem das lajes acima destas. Seu dimensionamento segue os mesmos critérios das vigas convencionais e não conta em sua altura a espessura da laje.

61. CESPE - STJ - Analista Judiciário - 2015

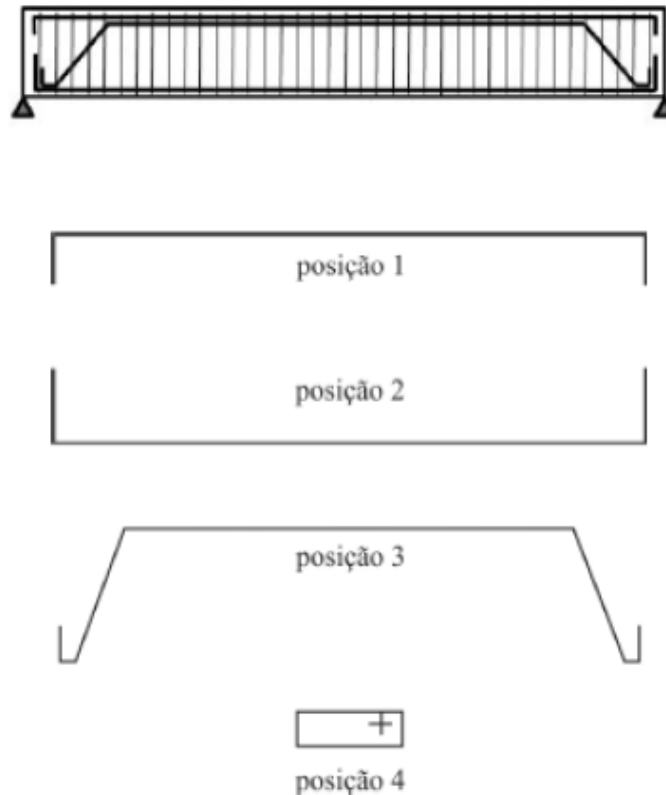


Ao receber o projeto de estrutura de concreto armado do calculista, o gerente de uma obra de grande porte da área automobilística designou um engenheiro para analisá-lo e, em seguida, encaminhá-lo à central responsável pelos cortes e pelas dobras de aço. Ao analisar a armação

da viga ilustrada na figura apresentada, o engenheiro fez algumas críticas técnicas e tirou algumas conclusões. Com relação a essa situação hipotética e tendo a figura apresentada como referência, julgue o item a seguir. As barras de aço da posição 1, denominadas de porta-estribos, além de serem utilizadas para manter os estribos na posição correta, podem contribuir para o aumento da resistência à compressão da face superior da viga.

() Certo () Errado

62. CESPE – STJ - Analista Judiciário - 2015



Ao receber o projeto de estrutura de concreto armado do calculista, o gerente de uma obra de grande porte da área automobilística designou um engenheiro para analisá-lo e, em seguida, encaminhá-lo à central responsável pelos cortes e pelas dobras de aço. Ao analisar a armação da viga ilustrada na figura apresentada, o engenheiro fez algumas críticas técnicas e tirou algumas conclusões. Com relação a essa situação hipotética e tendo a figura apresentada como referência, julgue o item a seguir. O espaçamento dos estribos da posição 4 pode variar em função das tensões de cisalhamento ao longo da viga.

() Certo () Errado

63. CESGRANRIO - PETROBRAS - Técnico em edificações - Questão de fixação

Os aços destinados a resistir aos esforços de cisalhamento em uma viga biapoiada são denominados

a) normais

- b) longitudinais
 - c) positivos
 - d) negativos
 - e) estribos
-



REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ARAÚJO, J. M. **Curso de concreto armado – Vol. 1**, Editora Dunas, 2014, 295p.

ARAÚJO, J. M. **Curso de concreto armado – Vol. 2**, Editora Dunas, 2014, 413p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - ABNT. NBR 6118:2014. **Projeto de estruturas de concreto - Procedimento**, Rio de Janeiro: ABNT, 256p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - ABNT. NBR 7222:2011. **Concreto e argamassa — Determinação da resistência à tração por compressão diametral de corpos de prova cilíndricos**, Rio de Janeiro: ABNT, 5p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - ABNT. NBR 7480:2007. **Aço destinado a armaduras de concreto armado – Especificação**, Rio de Janeiro: ABNT, 13p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - ABNT. NBR 8522:2017. **Concreto - Determinação dos módulos estáticos de elasticidade e de deformação à compressão**, Rio de Janeiro: ABNT, 20p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - ABNT. NBR 8681:2004. **Ações e segurança nas estruturas – Procedimento**, Rio de Janeiro: ABNT, 18p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - ABNT. NBR 12142:2010. **Concreto — Determinação da resistência à tração na flexão de corpos de prova prismáticos**, Rio de Janeiro: ABNT, 5p.

BOTELHO, M, H, C, MARCHETTI, O. **Concreto armado eu te amo**, vol.1. Editora Blucher, 2018, 532p.

LIBÂNIO, M. PINHEIRO. **Fundamentos do concreto e projetos de edifícios**. São Carlos: USP, 2010.



CONSIDERAÇÕES FINAIS DAS AULAS

Parabéns por ter chegado até aqui! Se você leu tudo e fez todos os exercícios, com certeza adquiriu uma ótima base para qualquer concurso de engenharia civil.

Esse é nosso diferencial, prever nas aulas tudo que pode cair na prova, ensinar com todos os detalhes para não ficar nenhuma dúvida. Mas se você ainda tem alguma pergunta, por favor, entre em contato com nosso time no fórum de dúvidas. Será um prazer responder.



GABARITO

- | | |
|------------|------------|
| 1. certo | 42. errado |
| 2. e | 43. certo |
| 3. c | 44. certo |
| 4. d | 45. c |
| 5. a | 46. e |
| 6. a | 47. a |
| 7. e | 48. b |
| 8. certo | 49. e |
| 9. certo | 50. c |
| 10. b | 51. b |
| 11. b | 52. d |
| 12. errado | 53. errado |
| 13. b | 54. b |
| 14. a | 55. e |
| 15. b | 56. d |
| 16. errado | 57. b |
| 17. errado | 58. b |
| 18. errado | 59. b |
| 19. certo | 60. b |
| 20. certo | 61. certo |
| 21. c | 62. certo |
| 22. b | 63. e |
| 23. c | |
| 24. d | |
| 25. a | |
| 26. certo | |
| 27. errado | |
| 28. errado | |
| 29. certo | |
| 30. e | |
| 31. certo | |
| 32. certo | |
| 33. certo | |
| 34. errado | |
| 35. b | |
| 36. b | |
| 37. errado | |
| 38. d | |
| 39. e | |
| 40. a | |
| 41. a | |



ESSA LEI TODO MUNDO CONHECE: PIRATARIA É CRIME.

Mas é sempre bom revisar o porquê e como você pode ser prejudicado com essa prática.



1

Professor investe seu tempo para elaborar os cursos e o site os coloca à venda.



2

Pirata divulga ilicitamente (grupos de rateio), utilizando-se do anonimato, nomes falsos ou laranjas (geralmente o pirata se anuncia como formador de "grupos solidários" de rateio que não visam lucro).



3

Pirata cria alunos fake praticando falsidade ideológica, comprando cursos do site em nome de pessoas aleatórias (usando nome, CPF, endereço e telefone de terceiros sem autorização).



4

Pirata compra, muitas vezes, clonando cartões de crédito (por vezes o sistema anti-fraude não consegue identificar o golpe a tempo).



5

Pirata fere os Termos de Uso, adultera as aulas e retira a identificação dos arquivos PDF (justamente porque a atividade é ilegal e ele não quer que seus fakes sejam identificados).



6

Pirata revende as aulas protegidas por direitos autorais, praticando concorrência desleal e em flagrante desrespeito à Lei de Direitos Autorais (Lei 9.610/98).



7

Concurseiro(a) desinformado participa de rateio, achando que nada disso está acontecendo e esperando se tornar servidor público para exigir o cumprimento das leis.



8

O professor que elaborou o curso não ganha nada, o site não recebe nada, e a pessoa que praticou todos os ilícitos anteriores (pirata) fica com o lucro.



Deixando de lado esse mar de sujeira, aproveitamos para agradecer a todos que adquirem os cursos honestamente e permitem que o site continue existindo.