

**Manual de
Fundamentos do
Projeto Estrutural**



Sinduscon CE

Sindicato da Indústria da Construção Civil do Ceará

Universidade Federal do Ceará

***Departamento de Engenharia Estrutural e
Construção Civil (UFC)***

Associação Cearense de Engenharia Estrutural

Autores

Engº Dácio Carvalho

Engº Marcelo Silveira

Engº Helder Martins

Prof. Dr. Antônio Eduardo Cabral (UFC)

Coordenação

Prof. Dr. Augusto T. de Albuquerque (UFC)

Marcelo Meireles Neto
(Estudante de Engenharia Civil - UFC)

Sumário

Introdução

Normas

A nova NBR-6118 (Antiga NB-1)

NBR-14931 (2003): Execução de estruturas de concreto

Fundações

Execução

Controle de estacas

Sondagens

Contenção

Pilares

Sistemas Estruturais

Introdução

Tipos

Elementos (Lajes e vigas)

Concreto Protendido (Não Aderente)

Definição e filosofia

Protensão não aderente

Controle de obra

Concreto

Conceitos Básicos

Fck do concreto

Prefácio

Objetivando o cumprimento de nossas metas estamos editando o mais novo manual de nossa sequência, agora sobre cálculo estrutural.

Nossa missão é tornar nossas empresas associadas e seu pessoal em um padrão de formação tecnológica moderna e que venha com isso obter um melhor rendimento. Portanto acreditamos haver com esta iniciativa em conjunto com a UFC através de seu departamento de cálculo estrutural e Associação Cearense de Engenharia estrutural iniciado a participação no movimento de implantação de nossa Universidade Corporativa da Construção.

A todos que com seu saber colaboraram na elaboração deste Manual nossos sinceros agradecimentos, especialmente ao Engenheiro Prof. Dr. Augusto T. Albuquerque pelo profissionalismo e competência dedicadas à engenharia.

Eng. Roberto Sérgio Oliveira Ferreira

Pres. Sinduscon-CE

Introdução

A construção de um edifício exige o envolvimento de vários profissionais, cada qual responde por sua área de especialidade, e, assume perante à sociedade a responsabilidade através das ART's (anotações de responsabilidade técnica), que são registradas no Conselho Regional de Engenharia e Arquitetura (CREA).

Diante disso, o Engenheiro responsável pela execução da obra precisa ter uma visão sistêmica de todo o processo, bem como sólidos conceitos do funcionamento de cada projeto. Sensível a essa realidade o SINDUSCON, a Associação Cearense de Engenharia Estrutural (ACEE) e o DEECC (Departamento de Engenharia Estrutural e Construção Civil da UFC) organizaram a cartilha “Fundamentos do Projeto Estrutural – Manual para engenheiros de obra”.

Boa Leitura!

Normas são leis ?

A dúvida referente a legalidade de Normas costuma ser frequente. Muitos profissionais ligados à construção questionam se as normas são realmente leis. Para sanar essa dúvida, pode-se encontrar no código de defesa do consumidor de 1990 os seguintes trechos:

SEÇÃO IV – DAS PRÁTICAS ABUSIVAS

ART.39 – É VEDADO AO FORNECEDOR DE PRODUTOS OU SERVIÇOS:

VIII – colocar, no mercado de consumo, qualquer produto ou serviço em desacordo com as normas expedidas pelos órgãos oficiais competentes ou, se normas específicas não existirem, pela associação Brasileira de Normas Técnicas ou outra entidade credenciada pelo Conselho Nacional de Metrologia, Normalização e qualidade Industrial – CONMETRO.

SEÇÃO II – DA RESPONSABILIDADE PELO FATO DO PRODUTO E DO SERVIÇO

ART.12 – O fabricante, o produtor, o construtor, nacional ou estrangeiro, e o importador respondem, independentemente da existência de culpa, pela reparação dos danos causados aos consumidores por defeitos decorrentes de projeto, fabricação, construção, montagem, fórmulas, manipulação, apresentação ou acondicionamento de seus produtos, bem como por informações insuficientes ou inadequadas sobre sua utilização e riscos.

§1º - O produto é defeituoso quando não oferece a segurança que dele legitimamente se espera, levando-se em consideração as circunstâncias relevantes,...

A “NOVA NBR - 6118” (Antiga NB-1)

Ao longo do tempo, a NB-1 (1978) foi desmembrada em várias normas, tais como: Projeto de estruturas de concreto (NBR 6118:2003), execução (NBR 14931:2003), produção (NBR 7212:1984), controle (NBR 12655:1992), uso e manutenção (NBR 5674:1999) e desempenho.

Visando à durabilidade da estrutura de concreto, a NBR 6118 (2003) discute meios de como tornar os elementos de concreto mais duráveis. Dentre eles, pode-se citar:

≥•DRENAGEM: Evitar acúmulo de águas paradas, prever mecanismos de drenagem, selar juntas, proteger platibandas, paredes e beirais.

•FORMAS ARQUITETÔNICAS E ESTRUTURAIS: Evitar soluções de menor durabilidade, prever inspeção e manutenção em mecanismos de inspeção de menor durabilidade, tais como Aparelhos de Apoio, Impermeabilizações, etc.

•QUALIDADE DO CONCRETO DO COBRIMENTO: Definido na Tabela 7.1.

•DETALHAMENTO DAS ARMADURAS de modo a facilitar a concretagem e o cobrimento protetor do concreto.

•Controlar a FISSURAÇÃO, limitando suas aberturas.

•Prever Mecanismos de Proteção em situações especiais de exposição da estrutura.

•Inspeção e Manutenção preventivas.

As tabelas 6.1, 7.1 e 7.2 da norma, citadas a seguir, indicam como as classes de agressividade ambiental devem ser classificadas para proporcionar o devido traço e cobrimento de concreto.

Tabela 6.1 - 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.

Tabela 7.1 - Correspondência entre classe de agressividade e qualidade do concreto

Concreto	Tipo	Classe de agressividade (tabela 6.1)			
		I	II	III	IV
Relação água/cimento em massa	CA	0,65	0,60	0,55	0,45
	CP	0,60	0,55	0,50	0,45
Classe de concreto (ABNT NBR 8953)	CA	C20	C25	C30	C40
	CP	C25	C30	C35	C40

NOTAS

1 - O concreto empregado na execução das estruturas deve cumprir com os requisitos estabelecidos na ABNT NBR 12655.

2 - CA corresponde a componentes e elementos estruturais de concreto armado.

3 - CP corresponde a componentes e elementos estruturais de concreto protendido.

Tabela 7.2 - Correspondência entre classe de agressividade ambiental e cobertura nominal para $\Delta c = 10$ mm

Tipo de estrutura	Componente ou elemento	Classe de agressividade ambiental (tabela 6.1)			
		I	II	III	IV ³
		Cobertura nominal mm			
Concreto armado	Laje ²	20	25	35	45
	Viga/Pilar	25	30	40	50
Concreto protendido ¹	Todos	30	35	45	55

1) Cobertura nominal da armadura passiva que envolve a bainha ou os fios, cabos e cordoalhas, sempre superior ao especificado para o elemento de concreto armado, devido aos riscos de corrosão fragilizante sob tensão.

2) Para a face superior de lajes e vigas que serão revestidas com argamassa de contrapiso, com revestimentos finais secos tipo carpete e madeira, com argamassa de revestimento e acabamento tais como pisos de elevado desempenho, pisos cerâmicos, pisos asfálticos e outros tantos, as exigências desta tabela podem ser substituídas por 7.4.7.5, respeitado um cobertura nominal 15 mm.

3) Nas faces inferiores de lajes e vigas de reservatórios, estações de tratamento de água e esgoto, condutos de esgoto, canaletas de efluentes e outras obras em ambientes química e intensamente agressivos, a armadura deve ter cobertura nominal 45 mm.

A cidade de Fortaleza sofre uma forte influência da névoa salina, devido à forte concentração de cloretos na região que vai do Porto do Mucuripe até o Porto das Dunas, aliada à direção leste predominante dos ventos. Somam-se a esses fatores uma alta temperatura média e um baixo índice pluviométrico. Essas características ambientais justificam a elevada agressividade verificada nas estruturas em grande parte da cidade.

NBR-14931 (2003)

Execução de estruturas de concreto

Esta Norma estabelece os requisitos gerais para a execução de estruturas de concreto. Em particular, esta Norma define requisitos detalhados para a execução de obras de concreto estrutural, cujos projetos foram elaborados de acordo com a NBR 6118(2003). Pode não haver a menção de valores específicos para determinados dados, mas há o enfoque para o atendimento de critérios de desempenho.

Nas especificações de projeto devem ser apresentadas todas as informações necessárias e todos os requisitos técnicos para a execução da estrutura de concreto, conforme estabelece a seção 5 da NBR 6118 (2003).

O conteúdo e tabelas a seguir foram extraídas da NBR 14931 e são apresentadas de forma resumida sobre a execução de estruturas de concreto.

No plano da obra deve constar a descrição do método a ser seguido para construir e remover estruturas auxiliares, devendo ser especificados os requisitos para manuseio, ajuste, contraflecha intencional, desforma e remoção. A retirada de fôrmas e escoramentos deve ser executada de modo a respeitar o comportamento da estrutura em serviço. No caso de dúvidas quanto ao modo de funcionamento de uma estrutura específica, o engenheiro responsável pela execução da obra deve entrar em contato com o projetista, a fim de obter esclarecimento sobre a seqüência correta para retirada das fôrmas e do escoramento.

Quando de sua construção, o escoramento deve ser apoiado sobre cunhas, caixas de areia ou outros dispositivos apropriados a facilitar a remoção das fôrmas, de maneira a não submeter a estrutura a impactos, sobrecargas ou outros danos.

7.2.2.2 - Escoramento

O escoramento deve ser projetado de modo a não sofrer, sob a ação de seu próprio peso, do peso da estrutura e das cargas acidentais que possam atuar durante a execução da estrutura de concreto, deformações prejudiciais ao formato da estrutura ou que possam causar esforços não previstos no concreto.

A colocação de novas escoras em posições preestabelecidas e a retirada dos elementos de um primeiro plano de escoramento podem reduzir os efeitos do carregamento inicial, do carregamento subsequente e evitar deformações excessivas.

Neste caso devem ser considerados os seguintes aspectos:

- Nenhuma carga deve ser imposta e nenhum escoramento removido de qualquer parte da estrutura enquanto não houver certeza de que os elementos estruturais e o novo sistema de escoramento têm resistência suficiente para suportar com segurança as ações a que estarão sujeitos;
- Nenhuma ação adicional, não prevista nas especificações de projeto ou na programação da execução da estrutura de concreto, deve ser imposta à estrutura ou ao sistema de escoramento sem que se comprove que o conjunto têm resistência suficiente para suportar com segurança as ações a que estará sujeito;

- A análise estrutural e os dados de deformabilidade e resistência do concreto usados no planejamento para a reestruturação do escoramento devem ser fornecidos pelo responsável pelo projeto estrutural ou pelo responsável pela obra, conforme acordado entre as partes;

- A verificação de que a estrutura de concreto suporta as ações previstas, considerando a capacidade de suporte do sistema de escoramento e os dados de resistência e deformabilidade do concreto.

7.2.6 - Fôrmas perdidas (remanescentes dentro da estrutura)

Recomenda-se evitar o uso de fôrmas perdidas. Nos casos em que, após a concretagem da estrutura ou de um determinado elemento estrutural, não for feita a retirada da forma ou parte dela, essa condição deve ser previamente estabelecida em projeto e devem ser verificadas:

- A durabilidade do material componente da fôrma (em se tratando de madeira, verificar se está imunizada contra cupins, fungos e insetos em geral);
- A compatibilidade desse material com o concreto;
- A estabilidade estrutural do elemento contendo a fôrma perdida;
- A correta ancoragem da fôrma perdida.

8.1.4 - Limpeza

A superfície da armadura deve estar livre de ferrugem e substâncias deletérias que possam afetar de maneira adversa o aço, o concreto ou a aderência entre esses materiais. Armaduras que apresentem produtos destacáveis na sua superfície em função de processo de corrosão devem passar por limpeza superficial antes do lançamento do concreto.

Após limpeza deve ser feita uma avaliação das condições da armadura, em especial de eventuais reduções de seção.

Armaduras levemente oxidadas por exposição ao tempo em ambientes de agressividade fraca a moderada, por períodos de até três meses, sem produtos destacáveis e sem redução de seção, podem ser empregadas em estruturas de concreto.

8.1.5.5 - Montagem e posicionamento da armadura

A armadura deve ser posicionada e fixada no interior das fôrmas de acordo com as especificações de projeto, com as tolerâncias estabelecidas em 9.2.4, caso o projeto da estrutura, em virtude de circunstâncias especiais, não as exija mais rigorosas, de modo que durante o lançamento do concreto se mantenha na posição estabelecida, conservando-se inalteradas as distâncias das barras entre si e com relação às faces internas das fôrmas.

A montagem da armadura deve ser feita por amarração, utilizando arames. No caso de aços soldáveis, a montagem pode ser feita por pontos de solda. A distância entre pontos de amarração das barras das lajes deve ter afastamento máximo de 35 cm.

O cobrimento especificado para a armadura no projeto deve ser mantido por dispositivos adequados ou espaçadores e sempre se refere à armadura mais exposta. É permitido o uso de espaçadores de concreto ou argamassa, desde que apresente relação água/cimento menor ou igual a 0,5, e espaçadores plásticos, ou metálicos com as partes em contato com a fôrma revestidas com material plástico ou outro material similar. Não devem ser utilizados calços de aço cujo cobrimento, depois de lançado o concreto, tenha espessura menor do que o especificado no projeto.

8.1.6.2 - Barras de espera

Caso a concretagem seja interrompida por mais de 90 dias, as barras de espera devem ser pintadas com pasta de cimento para proteção contra a corrosão. Ao ser retomada a concretagem as barras de espera devem ser limpas (8.1.4), de modo a permitir boa aderência com o concreto.

9.1.2.1 - Especificação do concreto

A especificação do concreto deve levar em consideração todas as propriedades requeridas em projeto, em especial quanto à resistência característica, ao módulo de elasticidade do concreto e à durabilidade da estrutura, bem como às condições eventualmente necessárias em função do método de preparo escolhido e das condições de lançamento, adensamento e cura.

9.1.2.1.1 - Especificação pela resistência característica do concreto à compressão

O concreto é solicitado especificando-se a resistência característica do concreto à compressão na idade de controle, conforme a ABNT NBR 12655, a dimensão máxima característica do agregado graúdo e o abatimento do concreto fresco no momento de entrega, de acordo com a ABNT NBR 7212.

9.1.2.1.2 - Especificação pelo consumo de cimento

O concreto é solicitado especificando-se o consumo de cimento Portland por metro cúbico de concreto, a dimensão máxima característica do agregado graúdo e o abatimento do concreto fresco no momento da entrega.

9.1.2.1.3 - Especificação pela composição da mistura (traço)

O concreto é solicitado especificando-se as quantidades por metro cúbico de cada um dos componentes, incluindo-se aditivos, se for o caso.

9.2.3 - Armaduras

A montagem, o posicionamento e o cobrimento especificados para as armaduras passivas devem ser verificados e as barras de aço devem estar previamente limpas de acordo com o que estabelecem 8.1.4 e 8.1.5.

Os estribos de pilares no trecho da intersecção com a viga devem ser projetados de modo a possibilitar sua montagem.

NOTA: Nas regiões de grande densidade de armadura, como por exemplo na região de traspasse de armadura de pilar, o projeto deve prever detalhamento que garanta o espaçamento necessário entre barras para a execução da concretagem.

O posicionamento e a fixação das armaduras ativas devem ser verificados como estabelecem os anexos A e C. Devem ser tomados os cuidados especiais contra problemas relacionados à corrosão.

9.7 - Juntas de concretagem

Quando o lançamento do concreto for interrompido e, assim, se formar uma junta de concretagem não prevista, devem ser tomadas as devidas precauções para garantir a suficiente ligação do concreto já endurecido com o do novo trecho.

O concreto deve ser perfeitamente adensado até a superfície da junta, usando-se fômas temporárias (por exemplo, tipo “pente”), quando necessário, para garantir apropriadas condições de adensamento.

Antes da aplicação do concreto, deve ser feita a remoção cuidadosa de detritos.

Antes de reiniciar o lançamento do concreto deve ser removida a nata da pasta de cimento (vitrificada) e feita a limpeza da superfície da junta, com a retirada do material solto. Pode ser retirada a nata superficial com a aplicação de jato de água sob forte pressão logo após o fim de pega (“corte verde”). Em outras situações, para se obter a aderência desejada entre a camada remanescente e o concreto a ser lançado, é necessário o jateamento de abrasivos ou o apicoamento da superfície da junta, com posterior lavagem, de modo a deixar aparente o agregado graúdo. Nesses casos, o concreto já endurecido deve ter resistência suficiente para não sofrer perda indesejável de material, gerando a formação de vazios na região da junta de concretagem. Cuidados especiais devem ainda ser tomados no sentido de não haver acúmulo de água em cavidades formadas pelo método de limpeza da superfície.

Devem ser tomadas as precauções necessárias para garantir a resistência aos esforços que podem agir na superfície da junta. Uma medida adequada consiste normalmente em deixar arranques da armadura ou barras cravadas ou reentrâncias no concreto mais velho. Na retomada da concretagem, aplicar argamassa com a mesma composição da argamassa do concreto sobre a superfície da junta, para evitar a formação de vazios.

10.1 - Cura e cuidados especiais

Enquanto não atingir endurecimento satisfatório, o concreto deve ser curado e protegido contra agentes prejudiciais para:

- Evitar a perda de água pela superfície exposta;
- Assegurar uma superfície com resistência adequada;
- Assegurar a formação de uma capa superficial durável.

Os agentes deletérios mais comuns ao concreto em seu início de vida são: mudanças bruscas de temperatura, secagem, chuva forte, água torrencial, congelamento, agentes químicos, bem como choques e vibrações de intensidade tal que possam produzir fissuras na massa de concreto ou prejudicar a sua aderência à armadura.

O endurecimento do concreto pode ser acelerado por meio de tratamento térmico ou pelo uso de aditivos que não contenham cloreto de cálcio em sua composição e devidamente controlado, não se dispensando as medidas de proteção contra a secagem.

Elementos estruturais de superfície devem ser curados até que atinjam resistência característica à compressão (f_{ck}), de acordo com a ABNT NBR 12655, igual ou maior que 15 MPa.

No caso de utilização de água, esta deve ser potável ou satisfazer às exigências da ABNT NBR 12654.

10.2.2 - Tempo de permanência de escoramentos e fôrmas

Em elementos de concreto protendido é fundamental que a remoção das fôrmas e escoramentos seja efetuada em conformidade com a programação prevista no projeto estrutural.

Escoramentos e fôrmas não devem ser removidos, em nenhum caso, até que o concreto tenha adquirido resistência suficiente para:

- Suportar a carga imposta ao elemento estrutural nesse estágio;
- Evitar deformações que excedam as tolerâncias especificadas;
- Resistir a danos para a superfície durante a remoção.

Deve ser dada especial atenção ao tempo especificado para a retirada do escoramento e das fôrmas que possam impedir a livre movimentação de juntas de retração ou dilatação, bem como de articulações, atendido o disposto em 7.2.

Se a fôrma for parte integrante do sistema de cura, como no caso de pilares e laterais de vigas, o tempo de remoção deve considerar os requisitos de cura da seção 10.

A retirada das fôrmas e do escoramento só pode ser feita quando o concreto estiver suficientemente endurecido para resistir às ações que sobre ele atuarem e não conduzir a deformações inaceitáveis, tendo em vista o baixo valor do módulo de elasticidade do concreto (E_{ci}) e a maior probabilidade de grande deformação diferida no tempo quando o concreto é solicitado com pouca idade.

Para o atendimento dessas condições, o responsável pelo projeto da estrutura deve informar ao responsável pela execução da obra os valores mínimos de resistência à compressão e módulo de elasticidade que devem ser obedecidos concomitantemente para a retirada das fôrmas e do escoramento, bem como a necessidade de um plano particular (seqüência de operações) de retirada do escoramento.

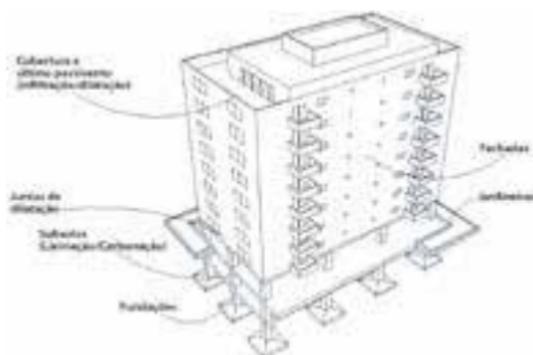
Durante muito tempo, tomou-se como base para os seguintes prazos:

•Pilares e faces laterais de vigas	03 Dias
•Fases inferiores de lajes e vigas, deixando-se pontaletes bem acunhadados e conveniente mente espaçados	14 Dias
•Retirada total dos pontaletes das faces inferiores de lajes e vigas	21 Dias

Atualmente, embora estes prazos ainda possam ser utilizados como uma mera referência, a rigor a retirada final do cimbramento somente deverá acontecer após atingido o valor do módulo de elasticidade do concreto. Este, obrigatoriamente, deverá constar, de forma bastante clara, nas especificações do projeto estrutural. Recomenda-se que também sejam atendidos os requisitos relativos ao assunto das normas NBR 14931 (execução de estruturas) e NBR 7678/ NBR 252 (fôrmas e escoramentos).

Patologias

O não cumprimento das exigências das normas, em especial a NBR 6118 e 14931, propiciará a estrutura ter patologias. A imagem a seguir evidencia os focos usuais de patologias em um edifício.



Diagnóstico e prognóstico

Hipóteses: Nesta etapa, deve-se levantar hipóteses e buscar evidências que as comprovem ou não, levando a um diagnóstico das patologias. Dependendo das condições da exposição da estrutura, pode ser necessária a investigação de ataques de agentes químicos, como ações de cloretos, sulfatos, águas agressivas e ácidas, carbonatação e álcali-agregado.

Conseqüências: Feito o diagnóstico, é necessário buscar dados que permitam realizar o prognóstico da deterioração da estrutura, ou seja, predizer as conseqüências da não realização de intervenções de manutenção.

Intervenções: É necessário investigar, em campo, a ocorrência de investigações posteriores à construção original, principalmente serviços de reparo, reforço ou obras que resultem em carregamento adicional à estrutura.

Locais de concentração dos trabalhos

1) Superestrutura(principalmente pilares) – Verificar infiltrações de água, corrosão de armaduras, fissuras e deformações em elementos estruturais, fissuras em alvenarias, cobrimento das armaduras, carbonatação, teor de cloretos, segregação, ninhos de concretagem, má vibração, porosidade e baixa resistência do concreto

2) Cobertura e último pavimento – verificar calhas, telhado e madeiramento, fissuras de origem térmica, impermeabilização, isolamento térmico.

3) Reservatórios e casa de máquinas – verificar reservatório inferior e superior, dando prioridade às lajes de tampa, checar vazamentos, existência de trincas na ligação da estrutura de concreto armado da laje da cobertura e as alvenarias.

4) Jardineiras – verificar a existência de vazamentos, integridade da impermeabilização, existência de condensação.

5) Juntas de dilatação – verificar condições de elastômero, obstruções com acabamentos, oxidação de armadura nas lajes de difícil acesso.

6) Fundações – Cuidados em edifícios construídos há mais de dez anos, pois deve ser feita inspeção nos elementos de fundação (sapatas ou blocos) independentemente de apresentarem sintomas ou não na superestrutura. Deve ser tomada uma amostragem mínima de 30% das sapatas ou blocos e pescoços dos pilares. A fundação sempre deverá ser inspecionada quando houver indicadores de patologias, como trincas e manifestações típicas de recalques. Todos os pilares juntos às caixas de passagem ou que possuírem tubulações anexadas deverão, obrigatoriamente, ser inspecionados. Recomenda-se, ainda, verificar o nível do lençol freático. Checar as localizações do sistema de fossa, filtro e do reservatório interior, além de verificar se há umidade nessas regiões.

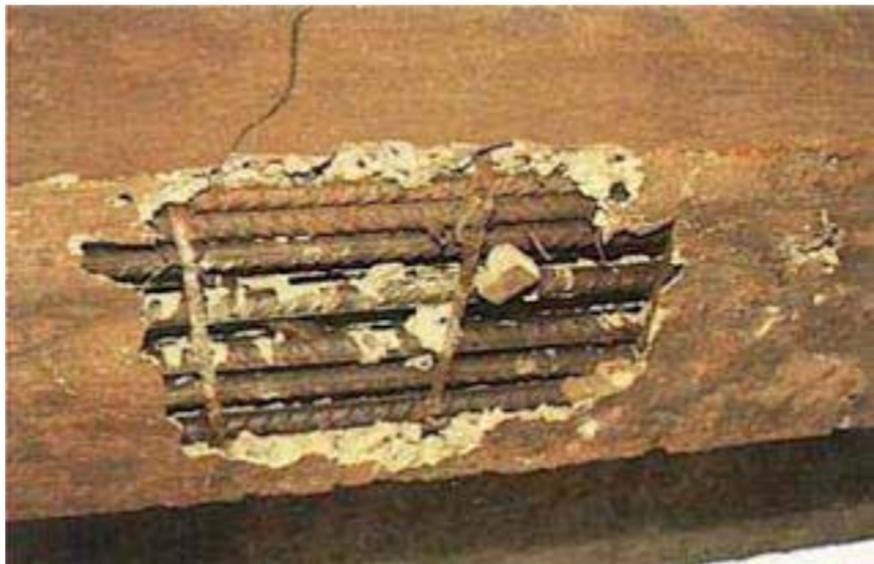
7) Subsolos – Verificar microambiente criado por sistemas finais de esgoto (sumidouros, caixas de visita, sistema de drenagem, valas de infiltração, águas pluviais).

8) Fachadas – Verificar o acúmulo de umidade em argamassas de revestimentos externos, infiltrações através de rejuntamentos, caixas de ar-condicionado, brises, ausência de drenagem de caixas de ar-condicionado, destacamento dos elementos de revestimento.

Corrosão de armaduras

Na vistoria de corrosão de armaduras, o engenheiro deve ater-se mais às regiões da estrutura que estiverem submetidas a ciclos de molhagem e secagem, à estrutura voltada para fachada e locais confinados, como as garagens. Muitas vezes existe a necessidade de remoção do revestimento e do concreto para melhor visualização da manifestação patológica.

“Leves” probleminhas de concretagem



Ninho de concretagem na viga, originalmente encoberto por concreto que não penetrou entre a fôrma e as armaduras. (Revista Técnica n.º 08, p. 23)



Alta densidade de armadura na base da viga com cobertura insuficiente e, infiltração pela junta de dilatação provocando corrosão generalizada e expansão da seção das armaduras. (Jefferson Maia Lima)



Alta densidade de armadura com cobrimento insuficiente provocando corrosão generalizada e expansão da seção das armaduras com posterior rompimento dos estribos. (Jefferson Maia Lima)



Laje executada sem o mínimo de cobrimento para proteção da armadura que coincidiu com as juntas das fôrmas provocando corrosão generalizada e expansão da seção das armaduras. (José R. S. Pacha)

Sugestão de normas da ABNT para as bibliotecas dos engenheiros de obra

NBR 5674:1999 – Manutenção de edificações. Procedimento

NBR 5738:1994 – Moldagem e cura de corpos de prova cilíndricos ou prismáticos de concreto: Procedimento.

NBR 5739:1994 – Concreto: Ensaio de compressão de corpos-de-prova cilíndricos. Método de ensaio.

NBR 6004:1984 – Arames de Aço: Ensaio de dobramento alternado. Método de ensaio.

NBR 6118:2003 – Projeto de Estruturas de concreto. Procedimento. (Antiga NB-1)

NBR 6120:1980 – Cargas para cálculo de estruturas de edificações. Procedimento.

NBR 6122:1996 – Projeto e execução de fundações. Procedimento.

NBR 6123:1988 – Forças devidas ao vento em edificações. Procedimento.

NBR 6349:1991 – Fios, barras e cordoalhas de aço para armaduras de protensão. Ensaio de tração. Método de ensaio.

NBR 6484:2001 – Sondagem de simples reconhecimento com SPT. Método de ensaio.

NBR 7187:2003 – Projeto de pontes de concreto armado e de concreto protendido. Procedimento.

NBR 7480:1996 – Barras de aço destinados a armaduras para concreto armado. Especificações.

NBR 7481:1990 – Tela de aço soldada: Armadura para concreto. Especificação.

NBR 7482:1991 – Fios de aço para concreto protendido. Especificação.

NBR 7483:1991 – Cordoalhas de aço para concreto protendido. Especificação.

NBR 7680:1983 – Extração, preparo, ensaio e análise de testemunhos de estruturas de concreto. Procedimento

NBR 8681:1984 – Ações e segurança nas estruturas. Procedimento.

NBR 8953:1992 – Concreto para fins estruturais. Classificação por grupos de resistência. Classificação.

NBR 9062:2001 – Projeto e execução de estruturas de concreto pré-moldado. Procedimento.

NBR 12142:1992 – Concreto: Determinação da resistência à tração na flexão em corpos-de-prova prismáticos. Método de ensaio.

NBR 12654:1992 – Controle tecnológico de materiais componentes do concreto. Procedimento.

NBR 12655:1996 – Concreto:Preparo, controle e recebimento. Procedimento.

NBR 14859:2002 – Laje pré-fabricada. Requisitos. Parte 2: Lajes bidirecionais.

NBR 14931:2002 – Execução de estruturas de concreto. Procedimento.

NBR 15421:2006 – Projeto de estruturas resistente a sismos. Procedimento.

NBR NM67:1998 – Concreto: Determinação da resistência pelo abatimento do tronco de cone.

Fundações

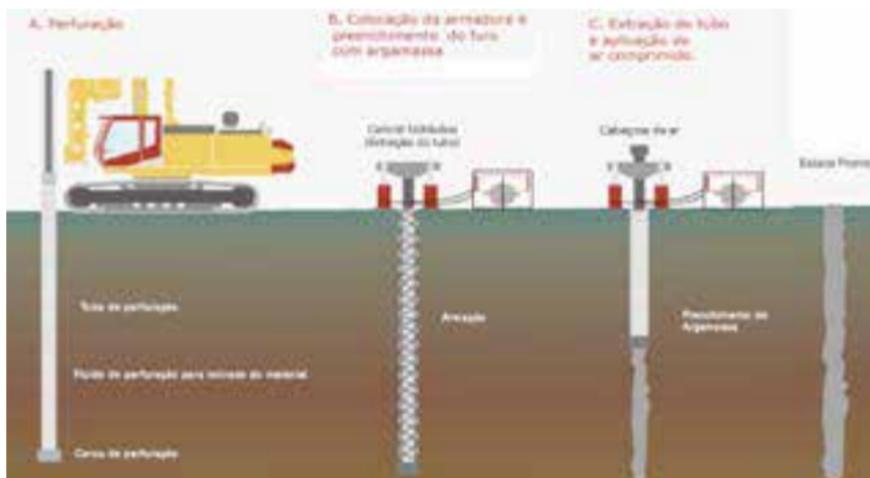
As fundações, como se sabe, podem ser diretas (sapatas ou blocos de concreto ciclópico) ou indiretas (estacas ou tubulões). As estacas podem ser do tipo cravadas à percussão ou escavadas, manual ou mecanicamente, e concretadas no local. Dentre as cravadas, destacam-se, hoje, as pré-moldadas do tipo centrifugadas, com anel metálico nas extremidades, que permitem que sejam facilmente emendadas. Também, já temos disponíveis no mercado equipamentos de cravação de última geração, do tipo hidráulico, que minimizam bastante os problemas usuais deste tipo de estacas (barulho, vibração, danos a vizinhos, etc). Outro tipo de estaca que vem sendo bastante utilizada nos últimos tempos são as de perfis metálicos laminados, que substituem com enormes vantagens as tradicionais estacas compostas com trilhos ferroviários, muito utilizadas no passado, mas que, hoje, têm perdido espaço para os perfis, tanto em termos de custo, como em desempenho e facilidade executiva.

Dentre as escavadas, as mais utilizadas ultimamente são as do tipo raiz e as do tipo hélice contínua motora. Ainda estão disponíveis no mercado as tradicionais estacas escavadas com trado mecânico e também as do tipo franki, que vêm gradativamente, perdendo espaço. Temos as do tipos especiais de escavadas, como os estacões de grande diâmetro e as do tipo barrete. Estas, porém, não estão disponíveis no nosso mercado.

O construtor deve solicitar ao seu projetista de estrutura uma planta de cargas, e, encaminhá-la para um consultor de fundações sugerir soluções de fundações viáveis. De posse desses dados o projetista de estrutura faz uma estimativa do volume de concreto e aço das sapatas e dos blocos de coroamento. Com esses valores o construtor deve fazer uma apropriação dos custos considerando escavação, tempo de execução, impacto na contenção, consumo de materiais, custo de execução de estacas e então decidir por qual opção adotar.

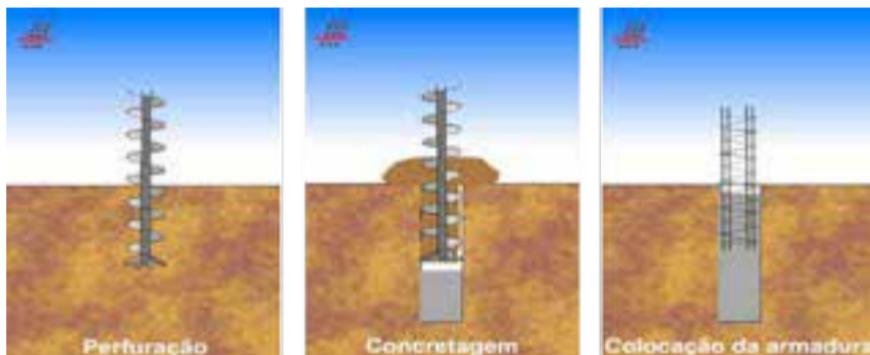
Exemplos de execução

Estaca Raiz



Fonte: www.fundesp.com.br

Estaca Hélice Contínua



Fonte: www.fundesp.com.br

Controle de estacas cravadas

A seguir, serão listados os métodos de controle de estacas mais usuais.

Controle das estacas por Prova de carga estática

- Melhor método;
- Os inconvenientes são o tempo e o custo;
- O número de estacas a serem testadas é de 1% do total

Controle das estacas por instrumentação dinâmica

- O ensaio usualmente conhecido como prova de carga dinâmica (PDA) é uma técnica que consiste na instrumentação de estacas, com o objetivo de se conhecer de uma forma rápida e econômica a capacidade de carga de fundações;

- Quando uma estaca é golpeada por um martelo, ondas resultantes do impacto se propagam ao longo da mesma. Em estacas de concreto, essas ondas viajam com velocidades da ordem de 3500m/s. A medida que as ondas percorrem a estaca, sua intensidade gradualmente se modifica, pois é necessário consumir a energia do impacto para que a estaca supere a resistência do solo de atrito lateral e de ponta e penetre no terreno.

- Utilizando-se uma instrumentação adequada, é possível medir a intensidade das ondas de impacto do martelo, e as alterações que as mesmas sofrem devido à resistência do solo. Os sinais são monitorados e armazenados através do equipamento denominado PDA – Pile Driving Analyzer.

Controle de estacas pela Nega

- A “nega” corresponde à penetração permanente da estaca causada pela aplicação de um golpe do pilão. Em geral é medida por uma série de dez golpes.

- O uso da “nega” tem a vantagem de uniformizar o estaqueamento.

- A ordem de grandeza da “nega” é de 1 a 2cm.

Controle das Estacas pelo repique

- Avalia-se o retorno dos deslocamentos quando a estaca é solicitada.

- Quanto maior o repique maior a mobilização da resistência de ponta.

- Deve-se ter cuidado para não quebrar a estaca com um repique muito alto.

Sondagens geotécnicas

Segundo a NBR 8036, em seu item 4.1.1.2:

O número de furos de sondagem deve ser no mínimo 01 (um) para cada 200m² de área da projeção em planta do edifício de até 1200m² de área. Entre 1200m² e 2400m² deve-se fazer 01(uma) sondagem para cada 400m² que excederem os primeiros 1200m². Acima de 2400m² o número de sondagens deve ser fixado de acordo com o plano particular da construção. Nos casos em que ainda não há plantas dos edifícios, o número de sondagens deve ser fixado de forma que a distância máxima entre elas seja de 100m, com um mínimo de 03 (três) furos.

Com posse destes dados, pode-se concluir que:

- Se $A \leq 1200\text{m}^2$ - 01 furo para cada 200m².
- Se $1200 < A \leq 2400\text{m}^2$ - 01 furo para cada 400m² que exceda os primeiros 1200m²
- Se $A > 2400\text{m}^2$ - Estabelecer um plano específico.
- Se não existir ainda uma planta de situação definida, realizar um mínimo de 03 furos com distância máxima entre eles de 100m.

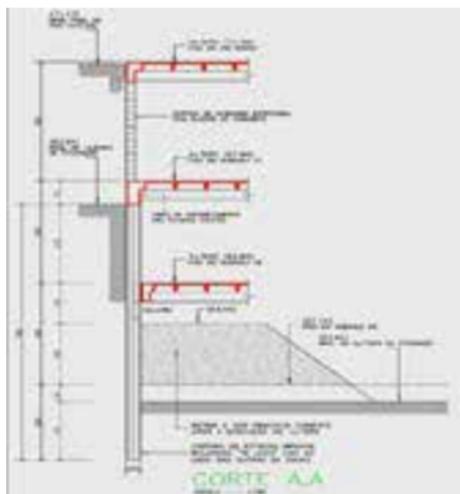
Tabela prática de referência do número de furos em função da área de projeção do edifício:

Intervalos em m ²	(0,200]	(200,400]	(400,600]	(600,800]	(800,1000]
Nº de furos	1	2	3	4	5
	(1000,1200]	(1200,1600]	(1600,2000]	(2000,2400]	
	6	7	8	9	

Cortinas e contenção de sub-solos

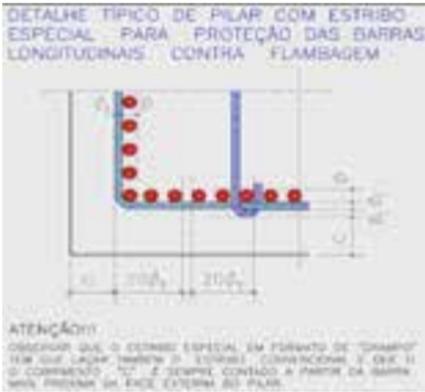
As duas imagens abaixo mostram situações de contenção de subsolos. A primeira é o caso em que a contenção é dada por estacas brocas e que após a execução da estrutura serão travadas pelo pavimento. Daí a necessidade de serem rigorosamente atendidas as orientações de projeto, tal como a não retirada da “berma” antes da execução da estrutura.

A segunda situação apresenta uma cortina atirantada, geralmente adotada para contenções a partir de dois sub-solos. Observa-se que o projetista da contenção deve receber do engenheiro de obra um levantamento completo dos terrenos vizinhos, bem como das edificações existentes, com suas respectivas cotas de nível.



Pilares

As imagens a seguir mostram exemplos de como fazer corretamente os grampos entre o estribo de um pilar, assim como tipos de traspasse para pilares que mudem de seção ao longo dos pavimentos. Deve-se prestar atenção que o grampo laça une o estribo.



- Deve-se observar que algumas vezes o traspasse deve ser feito por dentro (det.01) para preservar a distância mínima entre barras.

- Os estribos dos pilares na região de encontro com as vigas não podem ser eliminados.

- Os traspasses alternados não podem ser alterados em obra sem autorização do projetista.

- Dimensões mínimas:

- A seção transversal de pilares e pilares-parede maciços, qualquer que seja a sua forma, não deve apresentar dimensão menor que 19 cm.

Sistemas estruturais - Introdução

Os primeiros edifícios com estrutura de concreto armado foram concebidos utilizando-se lajes maciças e, posteriormente, lajes pré-moldadas. Com a evolução da tecnologia de construção e da informática, foi possível o emprego de concretos mais resistentes, análises mais refinadas para o cálculo e a utilização de novas opções estruturais: lajes nervuradas, lajes lisas e protensão em estruturas usuais de edifícios, por exemplo.

A escolha do sistema estrutural de um edifício, em geral, é influenciada por imposições arquitetônicas, por rotinas construtivas ou ainda pela infra-estrutura da região. De posse do projeto arquitetônico, em geral se faz um estudo de soluções estruturais, que serão analisadas por uma equipe multidisciplinar.

Após reuniões entre os profissionais envolvidos no desenvolvimento e construção de um edifício, o engenheiro de estruturas estará ciente das limitações das soluções estruturais, dando início ao lançamento da estrutura ou estruturação.

É importante lembrar que a estruturação segue alguns critérios e conceitos. Como já é de conhecimento básico entre engenheiros, os carregamentos são aplicados em lajes, as quais transmitem os esforços a vigas. As vigas, por sua vez, são apoiadas em pilares. Por fim, todo o carregamento do edifício é aplicado em suas fundações por meio dos pilares.

Ao fazer a locação de pilares, o projetista já deve preocupar-se paralelamente com o posicionamento da caixa-d'água, com a formação de pórticos para suportar os esforços do vento e com a possibilidade de superposição das fundações.

A colocação das vigas vai depender do tipo de laje que será adotada, já que as vigas delimitam o contorno das la-

jes. Com o posicionamento das vigas as lajes ficam praticamente definidas, faltando apenas, caso existam, as lajes em balanço.

Ressalta-se, porém que a escolha do sistema estrutural deve ser de responsabilidade do construtor baseada nas informações dos projetistas. O construtor deve fazer uma completa apropriação de custos dentre as alternativas estruturais apresentadas, levando em consideração todos os impactos econômicos que cada sistema estrutural produz nas outras etapas da construção, além de apreciar tempo de execução, equipamentos necessários, cronograma financeiro, etc.

Tipos estruturais

Estrutura convencional com lajes maciças

Entende-se como estrutura convencional aquela em que as lajes se apoiam em vigas (tipo laje-viga-pilar). A laje maciça não pode vencer grandes vãos, devido ao seu peso próprio. É prática usual adotar-se como vão médio econômico das lajes um valor entre 3,5m e 5m.

Foi durante anos o sistema estrutural mais utilizado nas construções de concreto, por isso a mão-de-obra já é bastante treinada.

Estrutura convencional com lajes nervuradas

As lajes nervuradas são por definição um conjunto de nervuras solidarizadas por uma mesa de concreto. O fato de as armaduras serem responsáveis pelos esforços resistentes de tração permite que a zona tracionada seja discretizada em forma de nervuras, não comprometendo a zona comprimida, que será resistida pela mesa de concreto.

A vantagem principal desta utilização é a redução do peso próprio da estrutura, já que o volume de concreto diminui

devido ao uso de formas ou tijolos, e ainda há um aumento na inércia, já que a laje tem sua altura aumentada.

A prática usual consiste em fazer painéis com vãos maiores que os das lajes maciças, apoiados em vigas mais rígidas que as nervuras.



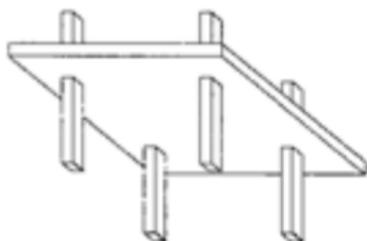
Seções transversais de lajes nervurada moldadas no local.

Lajes lisas

São lajes apoiadas diretamente em pilares sem o auxílio de capitéis. Esse tipo de sistema estrutural apresenta uma versatilidade muito grande à concepção arquitetônica, já que a ausência de vigas propicia uma liberdade maior a mudanças no “layout” dos pavimentos.

Nas primeiras lajes sem vigas era comum o uso de capitéis, visando ao enrijecimento da ligação laje-pilar, mas isto prejudicava uma das suas principais vantagens, que é a ausência de recortes na forma do pavimento.

As lajes lisas podem ser maciças ou nervuradas; caso sejam nervuradas a região em torno do pilar será maciça (capitel embutido).



Laje Lisa Maciça



Laje Lisa Nervurada

Vale ressaltar que estas lajes são devidamente projetadas levando em consideração o efeito da punção. Este efeito consiste na perfuração de uma placa (laje) devido um carregamento, provocando grandes tensões cisalhantes. Nos edifícios com laje lisa, esta forma de ruína pode se dar na ligação da laje com os pilares. Por fim, podem ser simplesmente armadas ou protendidas.

Vigas-faixa

“Nas lajes lisas, há casos em que, nos alinhamentos dos pilares, uma determinada faixa é considerada como viga, sendo projetada como tal. São as denominadas vigas-faixa” (Libânio, 2004). As vigas-faixa, em geral são protendidas para evitar deformações.



Viga-Faixa

Elementos

Conceitos segundo professor libânio

Estrutura é a parte resistente da construção e tem as funções de resistir as ações e as transmitir para o solo.

Em edifícios, os elementos estruturais principais são:

- Lajes: são placas que, além das cargas permanentes, recebem as ações de uso e as transmitem para os apoios; travam os pilares e distribuem as ações horizontais entre os elementos de contraventamento;

- Vigas: são barras horizontais que delimitam as lajes, suportam paredes e recebem ações das lajes ou de outras vigas e as transmitem para os apoios;

- Pilares: são barras verticais que recebem as ações das vigas ou das lajes e dos andares superiores as transmitem para os elementos inferiores ou para a fundação;

- Fundação: são elementos como blocos, lajes, sapatas, vigas, estacas etc., que transferem os esforços para o solo.

- Nos edifícios, são considerados elementos estruturais complementares: escadas, caixas d'água, muros de arrimo, consolos, marquises etc.

Pilares alinhados ligados por vigas formam os pórticos, que devem resistir às ações do vento e às outras ações que atuam no edifício, sendo o mais utilizado elemento de contraventamento.

Em edifícios esbeltos, o travamento também pode ser feito por pórticos treliçados, paredes estruturais ou núcleos. Os dois primeiros situam-se, em geral, nas extremidades do edifício. Os núcleos costumam envolver a escada ou da caixa de elevadores.

Tabela com a dimensão mínima dos elementos lajes e vigas segundo a NBR 6118 (2003).

A dimensão mínima de vigas é muitas vezes também orientada pelo aumento do cobrimento que requer vigas mais largas. Em função da largura dos blocos existentes, tem-se adotado com bastante frequência vigas com 14 cm a 19 cm.

Cuidados a serem adotados para execução dos elementos

É interessante deixar claro quanto aos cuidados do posicionamento das armaduras. Elas devem ser armadas exatamente de acordo com o projeto, pois isto irá garantir as hipóteses de cálculo adotadas pelo engenheiro projetista.

Muitas vezes, durante a execução, o fluxo de operários em cima da armadura faz com que a mesma seja concretada em uma posição deslocada, alterando assim o rendimento da peça, e, as vezes, até a própria hipótese de cálculo.

A seguir, tem-se uma lista resumida de cuidados no instante da execução de pilares, vigas e lajes.

Pilares

- Formas:

- Cuidado com o prumo;
- Aperto das formas;

- Armaduras:

- Montagem;
- Cobrimentos;
- Traspasses;

- Concretagem:

- Lançamento: Limitação de altura;
- Adensamento;

- Desforma

- Tempo mínimo;

- Cura
 - Úmida;
 - Química;

Lajes e vigas

- Formas:
 - Cuidados com o nivelamento;
 - Precisão dos limites;
- Escoramentos
 - Estabilidade;
 - Trânsito sob laje;
- Armaduras:
 - Correto posicionamento e montagem;
 - Emendas;
 - Ancoragem;
 - Cobrimento;
 - Limpeza.
- Concretagem:
 - Lançamento;
 - Juntas de concretagem;
 - Adensamento;
 - Acabamento.

- Cura
 - Úmida;
 - Química.
- Desforma e desescoramento
 - Tempo mínimo.
- Reescoramento
 - Como e quando.

Concreto protendido

Conceitos básicos

“A operação de protensão consiste em estirar a armadura contra a própria peça de concreto, a fim de comprimir a zona que será tracionada pela carga. A armadura de protensão (ativa) deve ter alta resistência, aproximadamente 2 a 4 vezes a resistência da armadura comum (passiva ou frouxa). Isso por causa das perdas de protensão, principalmente daquelas que ocorrem ao longo do tempo por fluência e retração do concreto e por fluência do aço de protensão”(BUCHAIM,2007).

Devido à protensão, o elemento estrutural adquire vantagens, tais como maiores vãos com a mesma altura da seção, limitação de fissuras e peças mais leves.

A seguir, são mostrados os tipos mais comuns de protensão.

- Protensão com aderência inicial (pré-tração).

Geralmente usado na produção de pré-moldados.

- Protensão com aderência posterior (pós-tração).

Após o endurecimento do concreto, executa-se a protensão. As cordoalhas estão no interior de bainhas, onde há a injeção de nata de cimento para garantir a aderência.

- Protensão sem aderência .

É um caso de pós-tensão. Mesmo procedimento da protensão com aderência posterior, mas sem haver a injeção da nata de cimento, pois as cordoalhas escorregam dentro de bainhas plásticas engraxadas. Esse sistema de protensão não aderente apresenta-se como uma ótima alternativa para aplicações em lajes e vigas de edifícios, que requerem uma protensão “leve”.

Definições

Segundo engenheiro Eugenio Luis Cauduro, temos:

- Equipamento de Tensionamento

Consiste normalmente de macaco, bomba hidráulica de alta pressão, mangueiras e manômetro de pressão.

- Macaco

Dispositivo mecânico (normalmente hidráulico) usado para aplicar força no cabo de protensão.



Macaco Hidráulico

- Bainha Plástica

Material de cobertura formando um revestimento no qual o aço de protensão (cordoalha) fica contido para evitar a aderência durante a colocação do concreto, para promover proteção contra a corrosão e conter o envolvimento de graxa inibidora de corrosão. É feita de polietileno de alta densidade, que é extrudado diretamente sobre a cordoalha envolvida em graxa.

- Cadeira

Dispositivo metálico ou plástico usado para apoiar e segurar os cabos de pós-tração em sua respectiva posição de projeto, prevenindo deslocamentos antes e durante a colocação do concreto.

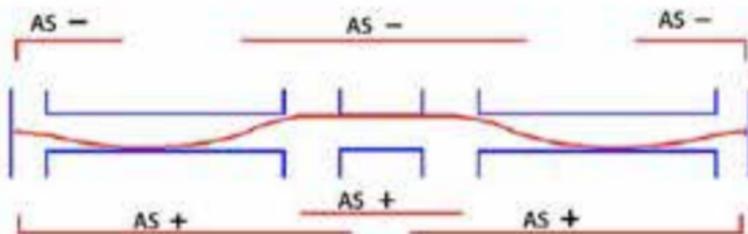
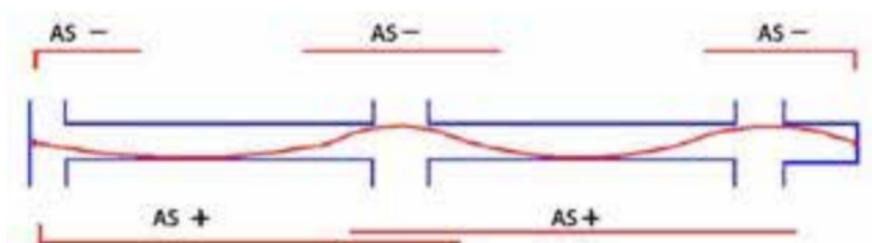


Tipos de Cadeiras

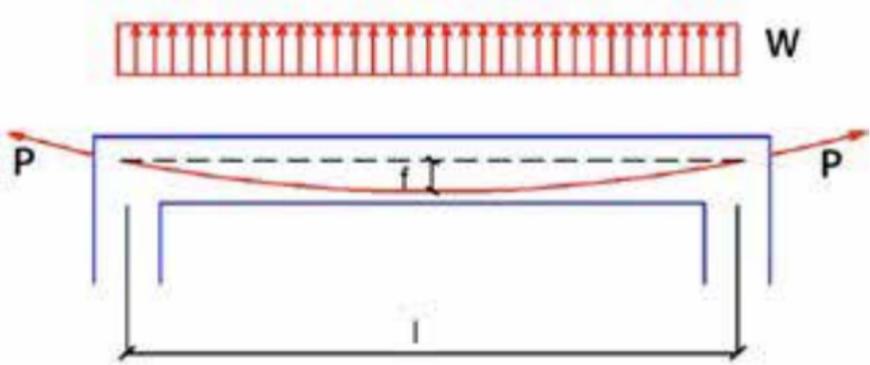
Documentos de controle para uma obra de protensão

“Certos documentos têm um papel importante no sucesso da construção de qualquer projeto. A disponibilidade, preservação e controle desses documentos irá ajudar a prover uma montagem e protensão sem defeitos. Os documentos pertinentes são: desenhos da cablagem, romaneios, certificados de qualidade dos materiais, calibração dos macacos e os registros da protensão. Este material deve ser mantido com a construtora ou seu designado.”(Cauduro)

1- Cabos de protensão = armaduras:



2- Forças de “Retificação”:



$$W = \frac{8Pf}{l^2}$$

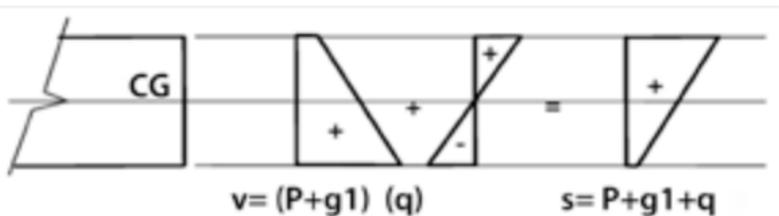
Atenção! O efeito da protensão é diretamente proporcional a “ f ”, logo o traçado do cabo deverá ser obedecido de forma rigorosa.

3- As Forças de Retificação no Controle das Deformações:

- No concreto armado o controle das deformações se dará pela diminuição do vão ou pelo acréscimo da inércia, através do aumento da altura da viga.
- Na protensão, além dos recursos acima, também reduziremos a carga “ q ”, visto que teremos o carregamento “ W ” em sentido contrário ao de “ q ”.

4- A Protensão no Controle da Fissuração:

O cabo de protensão é tracionado dentro do seu regime elástico, ou seja, ao ser “solto” retornará ao seu comprimento original. Isto não ocorrerá pois o retorno será impedido pelas ancoragens. Desta forma, o cabo ao ser solto comprimirá a seção de concreto.



Tensões na seção devido protensão P, peso próprio g e carregamento q.
 Fonte: Adaptado de HANAI, J. B.

O alongamento (ΔL) do aço no regime elástico é dado pela expressão:

$$\Delta L = \frac{F}{A \cdot E} \times L_0$$

F: Força

A: Área do cabo

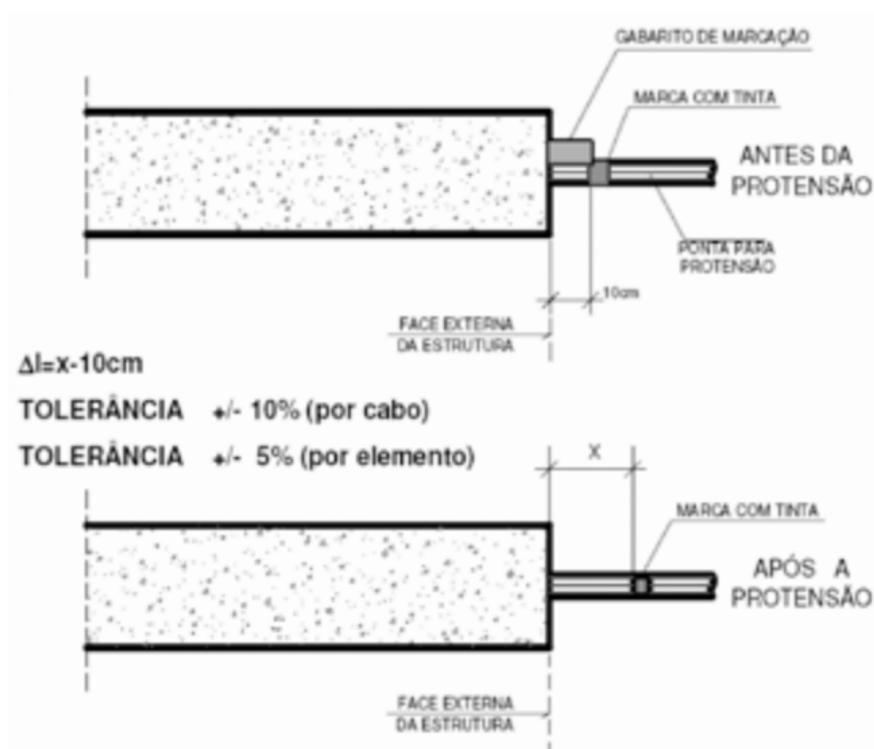
E: Módulo de elasticidade do aço de protensão.

L_0 : Comprimento original

O controle dos alongamentos é uma maneira indireta de aferirmos a aplicação de “F”.

Controle na obra

“Nas lajes lisas, há casos em que, nos alinhamentos dos pilares, uma determinada faixa é considerada como viga, sendo projetada como tal. São as denominadas vigas-faixa” (Libânio, 2004). As vigas-faixa, em geral são protendidas para evitar deformações.



5- Protensão não aderente com cordoalhas engraxadas e plastificadas:

- O termo não aderente é aplicado visto que a cordoalha pp dita não entra em contato com o concreto, ou seja, não há aderência entre os dois materiais.

- Assim sendo, se um cabo é cortado acidentalmente, ele perde sua função estrutural ao longo de todo o seu comprimento(cuidado com as furações!)

- Toda a responsabilidade do sistema repousa nas ancoragens. Desta forma precisamos cuidar destes pontos.
- Vibrar convenientemente o concreto na região das placas para evitar nichos de concretagem.
- Pré-blocagem das ancoragens passivas. Cobrimento das ancoragens passivas.
- Cortar as pontas de protensão o mais breve possível.
- Grautear os nichos de protensão.
- Adotar ancoragens ativas protegidas.

6 - Ato da Protensão

• Ao tracionarmos os cabos de protensão, os esforços de re-tificação e de compressão são aplicados à estrutura. Assim sendo, o concreto precisa ter módulo de elasticidade e resistência adequados.

- Valores usuais:

72 h após a concretagem

$f_{ck} \geq 21 \text{ MPa}$

- É fundamental observarmos as fases e sequências de protensão indicadas no projeto.
- O cabo só se transforma em armadura após o ato da protensão. Cuidado com as operações de desforma!

Concreto

Conceitos básicos

- Concreto

É um material composto que consiste essencialmente de um meio contínuo aglomerante dentro do qual estão mergulhadas partículas de agregados.

(ACI 116, Terminologia sobre Cimento e Concreto)

- Constituintes:

- Cimento

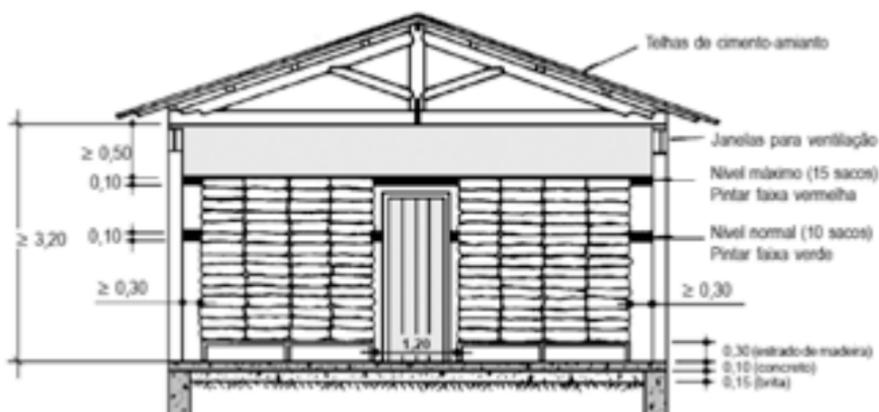
- Água

- Areia

- Brita

- Cimento Portland

Aglomerante hidráulico constituído de óxidos (cálcio, ferro e alumínio) que em contato com a água tem a capacidade de endurecer.



Modo de armazenagem dos sacos de cimento

Fonte: ABCP – Folheto Técnico N°2

– Maior consumo de cimento acarreta:

- Maior plasticidade
- Maior coesão
- Menor segregação
- Menor exsudação
- Maior calor de hidratação
- Maior variação volumétrica
- Agregados

Material granular inerte (pedra, areia, etc), que participa da composição de concretos e argamassas e cujas partículas são ligadas entre se por um aglutinante (cimento).

– Classificação quanto à dimensão

- Fíler - $\emptyset < 0,075\text{mm}$
- Miúdo - $0,075\text{mm} < \emptyset < 4,75\text{mm}$
- Graúdo - $4,75\text{mm} < \emptyset < 75\text{mm}$

– Miúdo

- Inchamento
- Substâncias nocivas mais comuns:

– Torrões de argila e materiais friáveis: Quando não se desagregam durante a mistura são agregados frágeis. Quando se pulverizam, dificultam a aderência pasta/agregado.

- Materiais carbonosos: Afeta a durabilidade e causa manchas.
- Materiais pulverulentos ($\emptyset < 0,075\text{mm}$): Dificultam a aderência pasta/agregado e provocam queda da resistência.

- Impurezas orgânicas: Interferem na hidratação (podendo até inibir) do cimento. Mais comum em areias naturais.

- Aumento do teor de agregado miúdo acarreta:

- Aumento do consumo de água
- Aumento do consumo de cimento
- Maior plasticidade

- Agregado graúdo

- Granulometria – classificação comercial:

Brita 0:	4,75 a 9,5 mm
Brita 1:	9,5 a 19 mm
Brita 2:	19 a 25 mm
Brita 3:	25 a 37,5 mm
Brita 4:	37,5 a 75 mm
Brita 5:	> 75 mm

- Água

- Função da água de amassamento: Promover a reação de hidratação e posterior endurecimento do aglomerante, homogeneização da mistura e trabalhabilidade.

- NM 137/97- Água para amassamento e cura de argamassa e concreto de cimento Portland

- pH ————— 5,5 – 9,0

- Sólidos Totais ————— < 5000 ppm (mg/l)

- Sulfatos ————— < 2000 ppm

- Cloretos

- Concreto simples ——— < 2000 ppm

- Concreto armado ——— < 700 ppm

- Concreto protendido — < 500 ppm

- Matéria orgânica ——— < 300 ppm

“Se a água é boa para beber, também será boa para o preparo do concreto”

A presença de pequenas quantidades de açúcar e de citratos não tornam a água imprópria para beber, mas podem torná-la insatisfatória para concreto.

- Relação água/cimento

- Influência sobre propriedades do concreto

- Trabalhabilidade

- Porosidade

- Permeabilidade

- Resistência à compressão

- Durabilidade

- Deve ser especificada ao projeto de estruturas de acordo com a agressividade do meio ambiente.

A quantidade de água necessária à hidratação completa do cimento é de, aproximadamente, 40% do total de sua massa.

- Aditivos

Compostos adicionados em pequenas quantidades para melhorar uma ou mais propriedades no estado fresco ou endurecido.

– Tipos

- Plastificante (P)
- Retardador (R)
- Acelerador (A)
- Plastificante retardador (PR)
- Plastificante acelerador (PA)
- Incorporador de ar (IAR)
- Superplastificante (SP)
- Superplastificante retardador (SPR)
- Superplastificante acelerador (SPA)

– Tipos:

– Materiais não reativos - Fíller Calcário

– Materiais cimentícios - Escória de alto forno

Cinza volante

Metacaulim

Argila calcinada

Cinza de casca de arroz

Sílica ativa

Responsabilidades

- Profissional responsável pelo projeto estrutural
 - Registrar obrigatoriamente o fck em todos os desenhos e memórias que descrevem o projeto tecnicamente;
 - Especificação do fcj, assim como do módulo de elasticidade, para as etapas construtivas, como retirada de cimbramento, aplicação de protensão ou manuseio de pré-moldados;
 - Especificação da classe de agressividade adotada em projeto (tabelas de agressividade da NBR 6118 (2003));
- Profissional responsável pela execução da obra
 - Escolha da modalidade de preparo do concreto;
 - Concreto preparado pelo executante da obra
 - Concreto preparado por empresa de serviços de concretagem
 - Outras modalidades (mistura e transporte realizada por empresa de concretagem e o estudo da dosagem realizada por pessoa qualificada)
 - Escolha do tipo de concreto a ser empregado e sua consistência, dimensão máxima do agregado e demais propriedades, de acordo com o projeto e com as condições de aplicação;
 - Aceitação do concreto;
- O tecnologista
 - Definir, juntamente com o responsável pela execução da obra, o tamanho do lote e o tipo de amostragem do concreto a ser avaliado.

– Fornecer relatório indicando as resistências individuais de cada corpo de Prova (CP), o fck estimado para cada lote e a avaliação final do lote (aceitação ou rejeição).

– Produzir o mapa de aplicação de cada amassada de concreto (rastreadibilidade).

O Fck do concreto

A resistência dos corpos-de-prova a vinte e oito dias (f_{c28}) não é o fck!

- fck: Valor de resistência à compressão acima do qual se espera ter 95% de todos os resultados dos ensaios da amostragem feita.

- f_{cj} : Valor de resistência média à compressão do concreto a j dias de idade. Quando não for indicada a idade, $j=28$ dias.

$$f_{cj} = f_{ck} + 1,65 \times S_d$$

f_{cj} = resistência média do concreto à compressão.

f_{ck} = resistência característica do concreto à compressão.

S_d = Desvio Padrão.

Itens a serem verificados na nota fiscal:

- Hora de saída da central;
- Hora de chegada na obra;
- Hora de início e término de descarga;
- Volume, abatimento e fck do concreto;
- Reposição de água;

- Lacre.

NBR 7212 (1984) – Execução de concreto dosado em central

4.5.2 O tempo de transporte do concreto decorrido entre o início da mistura, a partir do momento da primeira adição da água até a entrega do concreto deve ser:

- Fixado de forma que o fim do adensamento não ocorra após o início de pega do concreto lançado e das camadas ou partes contíguas a essa remessa (evitando-se a formação de “junta-fria”);

- Inferior a 90 min e fixado de maneira que até o fim da descarga seja de no máximo 150 min, no caso do emprego de veículo dotado de equipamento de agitação, observado o disposto em 4.5.2.1;

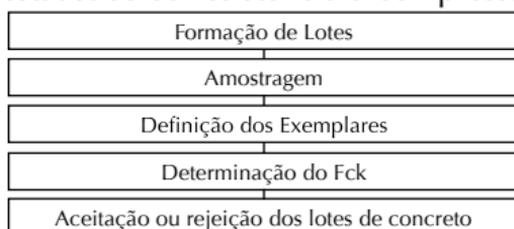
- Inferior a 40 min e fixado de maneira que até o fim da descarga seja de no máximo 60 min, no caso de veículo não dotado de equipamento de agitação, observado o disposto em 4.5.2.1.=

Ao término do descarregamento é prudente verificar se o concreto foi totalmente descarregado.

Controle Tecnológico

Além do controle feito pela concreteira, o responsável pela execução da estrutura tem que realizar o controle tecnológico em obra.

- Controle estatístico da resistência à compressão



– Formação dos lotes: A estrutura deve ser subdividida em lotes que atendam a todos os limites da Tabela 7 da NBR 12655:06 para a realização de ensaios de resistência à compressão.

O lote é formado por concreto de uma mesma família, mesma classe, mesmos procedimentos, mesmo equipamento.

– Amostragem

As amostras devem ser coletadas aleatoriamente durante a operação de concretagem, conforme NM 33:98.

- O tempo de coleta das amostras não deverá ser superior a 15 min;
- O volume da amostra deverá ser de no mínimo 30 litros;
- A coleta de amostras deve ser realizada durante a operação de descarga, após a retirada dos primeiros 15% e antes de completar a descarga de 85% do volume total da betonada;

– Definição do número de exemplares

Cada exemplar deve ser constituído por 2 corpos-de-prova da mesma amassada, para cada idade de rompimento, moldados no mesmo ato.

A resistência do exemplar é o maior dos dois valores obtidos no ensaio do exemplar.

Para o cálculo do f_{ckest} dos lotes de concreto consideram-se 2 tipos de controle de resistência:

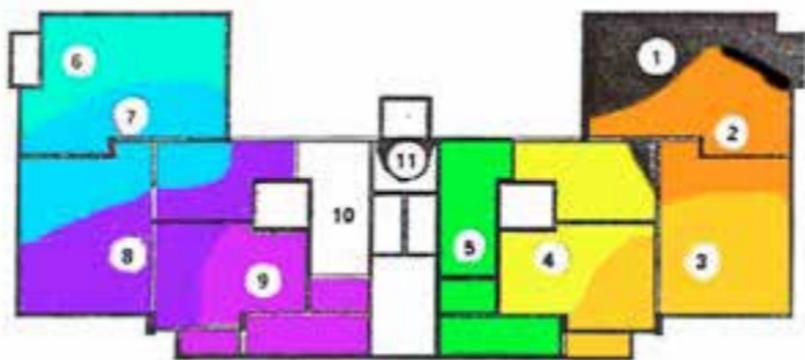
- Por amostragem parcial:
 - » Retiram-se exemplares de algumas betonadas de concreto.
 - » Número mínimo de exemplares: 6 para concretos do Grupo I (classes até C50, inclusive) e 12 para concretos do Grupo II (classes superiores a C50).
- Por amostragem total:
 - » Retiram-se exemplares de cada amassada de concreto.
 - » Não há limitações do número de exemplares.

– Aceitação ou rejeição dos lotes de concreto

- $f_{ckest} \geq f_{ck}$ - Aceita-se!
- $f_{ckest} < f_{ck}$ - Rejeita-se!

Rastreabilidade

Determinar a qualquer momento, com moderada precisão, os locais de aplicação de cada amassada de concreto, por meio de hachuras ou cores em plantas de forma, tal qual exemplo abaixo.



O que fazer quando o f_{ckest} estiver abaixo da especificação do projeto?

Quando os resultados forem abaixo dos critérios de aceitação, deve-se assegurar que a capacidade de carga da estrutura não seja prejudicada. Para isso, o tecnologista deve fornecer um relatório indicando qual a resistência do concreto o projetista da estrutura deve utilizar em sua verificação, assim como quais as peças da estrutura devem ser verificadas.

Em função dessa verificação, podem ser necessários procedimentos de reforço.

Salienta-se que quando houverem pilares no lote rejeitado, as providências devem ser acionadas o quanto antes.

Referências bibliográficas

ALBUQUERQUE, A. T. Análise de alternativas estruturais para edifícios em concreto armado. 1999. Dissertação (Mestrado em Engenharia) - Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo.

BUCHAIM, R. Concreto protendido: tração axial, simples e força cortante. 2007 – Londrina: EDUEL.

CAUDURO, E. L. Manual para boa execução de estruturas protendidas usando cordoalhas de aço engraxadas e plastificadas. 2a. ed. 2002

PINHEIRO, L. M. Fundamentos do concreto e projeto de edifícios. 2007 - Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo.

HANAI, J. B. Fundamentos do concreto protendido. 2005 - Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo.

ACEE/SINDUSCON - CE. Curso de Projeto Estrutural: Conceitos, leitura e execução. 2008 – Fortaleza

ABCP (2006). Folheto Técnico Nº2 – Armazenamento de Cimento Ensacado

LIMA, J.M; PACHA, J. Patologias das estruturas de concreto, 2008. Disponível em: < <http://patologiaestruturavilabol.uol.com.br/relatos.htm>>. Acesso em 28 jul. 2009.

NBR 6118 (2003). Projeto de estruturas de concreto: Procedimento

NBR 14931 (2004). Execução de estruturas de concreto: Procedimento

NBR 7212 (1984). Execução de concreto dosado em central.

NBR 12655 (1996). Concreto - Preparo, controle e recebimento.

Autores



Antonio Eduardo Bezerra Cabral possui graduação em Engenharia Civil pela Universidade Federal do Ceará (1997), mestrado em Engenharia Civil (Construção Civil) pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul (2000) e doutorado em Ciências da Engenharia Ambiental pela Universidade de São Paulo (2007), com está-

gio no exterior (University of Technology, Sydney - Austrália). Atualmente é professor efetivo e pesquisador da Universidade Federal do Ceará (UFC) no Departamento de Engenharia Estrutural e Construção Civil (DEECC). Tem experiência na área de Engenharia Civil, com ênfase em Construção Civil, atuando principalmente nos seguintes temas: diagnóstico de patologias em estruturas de concreto armado, reparo e reforço do concreto armado, concreto com agregados reciclados e gestão de resíduos sólidos.



Marcelo Correia Alcântara Silveira é engenheiro civil formado pelo Centro de Tecnologia da Universidade Federal do Ceará, tendo concluído o curso em julho de 1980.

Foi Engenheiro do Departamento de Obras e Projetos da Universidade Federal do Ceará - UFC, de 1982 a 1991.

É professor de Concreto Protendido do curso de pós-graduação da Universidade de Fortaleza – UNIFOR e sócio do Escritório Técnico de projetos estruturais MD Engenheiros Associados S/S, tendo projetado mais duas mil obras em concreto armado e protendido, e prestado consultoria em diversas obras de importância, tais como o Canal da Integração do Açude Castanhão, METROFOR – Metrô de Fortaleza, reforma e ampliação Estádio Castelão – Fortaleza.

É membro do CB2 e do CB18 da Associação Brasileira de Normas Técnicas, Instituto Brasileiro do Concreto – Regional Ceará e da ACEE – Associação Cearense de Engenharia Estrutural (entidade vinculada a ABECE).



Francisco Hélder do Vale Martins formou-se em Engenharia Civil pela Universidade Federal do Ceará em 1986. Foi professor da escola Técnica Federal do Ceará de 1987 a 1996. Em 1989 fundou a empresa HM Engenharia Estrutural, e, a partir de 2002 foi transformada em HEPTA engenharia Estrutural. Neste período projetou inúmeras estruturas

em concreto armado e protendido em todo o país, e, alguns edifícios em Dubai. Foi ainda consultor da Impacto Protenção de 1997 a 2003.



Dácio Carvalho é formado em Engenharia Civil em 1976 pela UFC - Universidade Federal do Ceará. Já fez diversos cursos de extensão e especialização no Brasil e Estados Unidos e participou de dezenas

de seminários e congressos nacionais e internacionais de estruturas. Ex-professor da UFC e UNIFOR - Universidade de Fortaleza.

O engenheiro Dácio Carvalho é diretor técnico da empresa **DCSE** e consultor técnico de diversas empresas. Membro da **ACEE** - Associação Cearense de Engenharia Estrutural, **ABECE** - Associação Brasileira de Engenharia e Consultoria Estrutural, **IBRACON** - Instituto Brasileiro do Concreto e do **ACI** - American Concrete Institute.

Sindicato da Indústria da
Construção Civil do Ceará

Sinduscon-CE

www.sinduscon-ce.org.br

Presidente

Roberto Sérgio O. Ferreira

Coordenação Vice-presidência
Administrativa

Ricardo Teixeira

Concepção Visual

Gadioli Cipolla Comunicação

www.gadioli.com

Direção de arte

Cassiano Cipolla

Design de fechamento

Samuel Harami

Impressão

Expressão Gráfica



SINDICATO DA INDÚSTRIA DA CONSTRUÇÃO CIVIL DO CEARÁ

Rua Tomás Acioly | 840 | 8º andar | Aldeota

Fortaleza | Ceará | Brasil | CEP 60.135-180

Tel +55 85 3246-1477 | Fax +55 85 3245-7397

www.sinduscon-ce.org.br