

QUALIDADE E DURABILIDADE DAS ESTRUTURAS DE CONCRETO ARMADO: DEZ PILARES FUNDAMENTAIS

Denilson Kroetz¹

Givanildo Martins de Quadros²

Resumo

O presente artigo busca apresentar os principais fatores que determinam a qualidade e durabilidade das estruturas de concreto armado. Atualmente o concreto armado é amplamente utilizado em diversos tipos de obras, principalmente em edificações, devido sua resistência e durabilidade às mais diversas solicitações. A qualidade e a durabilidade de uma estrutura de concreto armado está diretamente atrelada à fatores como projeto estrutural adequado e bem concebido, utilização de materiais de qualidade, mão de obra qualificada, sistema de fôrmas e cimbramento sólido, qualidade das armaduras e do concreto utilizado, lançamento e adensamento correto do concreto, cura adequada do concreto e desforma dos elementos estruturais e a correta manutenção da estrutura durante a vida útil da edificação. Portanto esta pesquisa irá apresentar algumas metodologias e procedimentos de concepção e execução de estruturas de concreto armado propostos por normas técnicas e bibliografias, de modo a melhorar a qualidade das estruturas, tendo em vista sua importância para a sociedade.

Palavras-chave: Durabilidade; Estruturas de concreto armado; Qualidade.

Abstract

The present article aims to present the main factors that determine the quality and durability of reinforced concrete structures. Currently, reinforced concrete is widely used in various types of works, mainly in buildings, due to its strength and durability to the most diverse requests. The quality and durability of a reinforced concrete structure is directly tied to factors such as adequate and well-designed structural design, use of quality materials, skilled workmanship, system of formwork and solid construction, quality of the reinforcement and concrete used, Proper batching of the concrete, proper curing of the concrete and deforming of the structural elements and the correct maintenance of the structure during the life of the building. Therefore, this research will present some methodologies and procedures for the design and execution of structures in reinforced concrete proposed by technical norms and bibliographies, in order to improve the quality of the structures, considering their importance for society.

Keywords: Durability; Reinforced concrete structures; Quality.

¹ Acadêmico de Engenharia Civil da Faculdade de Itapiranga - FAI. E-mail: denilsonkroetz@gmail.com

² Docente do curso de Engenharia Civil da Faculdade de Itapiranga - FAI. E-mail: detonima@gmail.com

Introdução

O concreto armado atualmente é o principal material utilizado na construção civil superando o aço, o bloco cerâmico e a madeira. Um dos fatores que fazem dele uma preferência quase unânime, se dá pelo fato da durabilidade de suas estruturas, da sua resistência e pela facilidade de execução (RIBEIRO, 2014).

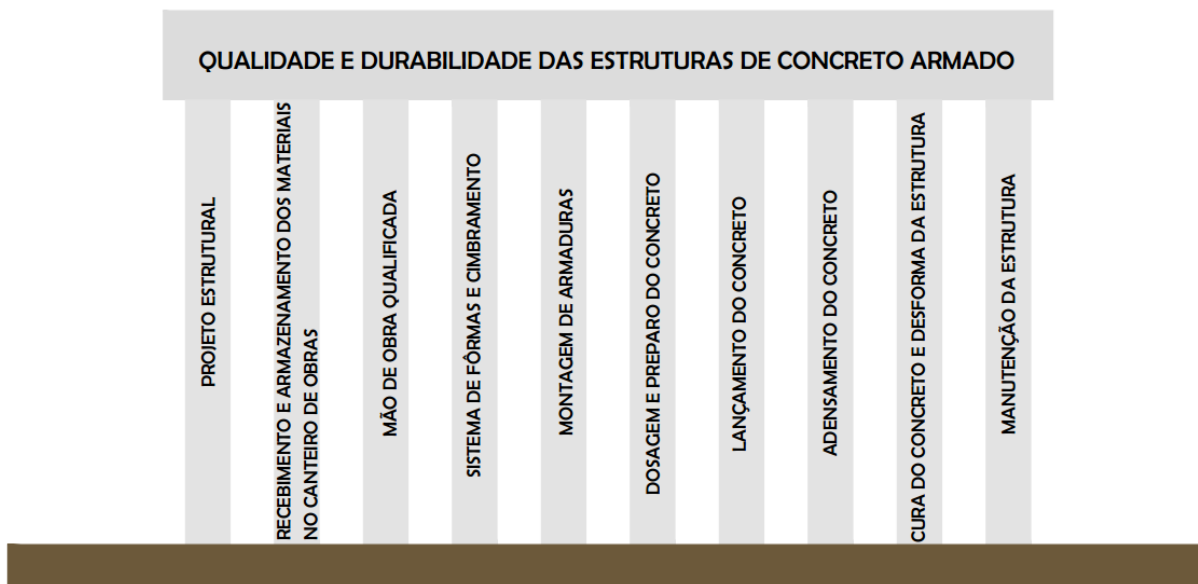
O concreto armado pode ser definido como o material composto que é obtido através da associação do concreto com barras de aço que são colocadas de forma conveniente em seu interior. (ARAÚJO, 2014).

É um material amplamente utilizado na construção de pontes, pavimentação de rodovias, obras de saneamento, usinas hidrelétricas e termelétricas e na construção civil. De acordo com Carvalho e Filho (2007) o sucesso do concreto armado no setor da construção civil dá-se pelo fato de apresentar diversas vantagens das quais se destacam boa resistência, possibilidade de adaptação e utilização nas mais diferentes formas (estruturas curvas, retilíneas e projetos, obtenção de estruturas monolíticas gerando solidez estrutural, além disso, é um material durável quando bem executado, apresentando alta resistência ao fogo, efeitos térmicos, atmosféricos, choques e vibrações.

A qualidade final de uma estrutura de concreto armado depende da correta concepção estrutural e da qualidade do projeto estrutural, aliados à correta execução da obra, da qualidade dos materiais e qualificação da mão de obra. Apesar de muitos problemas estruturais serem causados por erros no projeto estrutural, é no canteiro de obras que existe a maior possibilidade de ocorrerem problemas, por não haver na maioria dos casos um controle rigoroso dos processos ou dos materiais, sendo assim este trabalho objetiva apresentar alguns passos e requisitos a serem seguidos para obtenção da qualidade e durabilidade das estruturas de concreto armado.

Pode-se considerar a qualidade e durabilidade da estrutura como um elemento sustentado por 10 requisitos fundamentais, os chamados pilares (Figura 01), sendo que qualquer falha em um deles pode resultar numa fragilização da estrutura global.

Figura 01: Pilares fundamentais para a qualidade e durabilidade das estruturas de concreto armado



Fonte: Os autores, 2016

Projeto estrutural

Giongo (2007) define que em edifícios usuais de concreto armado a estrutura global de concreto armado é constituída de elementos estruturais classificados como lajes, vigas e pilares. O arranjo adequado destes elementos é primordial para a segurança e durabilidade da estrutura devendo ser compatibilizados de modo a atender os requisitos do projeto arquitetônico. A partir do momento que se inicia o arranjo desta estrutura em busca da melhor solução que atenda os requisitos necessários, entramos no conceito do projeto estrutural.

O projeto estrutural é definido segundo a NBR 6118 (2014) como a solução ou conjunto de soluções adotadas pelo projetista e que visam atender aos requisitos exigidos em seu escopo, das quais se destaca a durabilidade da estrutura, desempenho em serviço e capacidade resistente à ruptura. Além destes requisitos, é necessário observar a integração com o projeto arquitetônico e a compatibilização com os demais projetos (elétrico, hidrossanitário e outros). O projeto estrutural quando pronto é composto de desenhos, memoriais, especificações e critérios técnicos empregados para a concepção do mesmo. O projeto deve conter as informações necessárias para a correta execução da estrutura como, por exemplo, dimensões dos elementos, tipo de concreto a ser utilizado, diâmetro das barras e outras peculiaridades das armaduras ou fôrmas.

No passado, Kimura (2007) destaca que os calculistas utilizavam as réguas de cálculo para fazer as verificações, análises e cálculos necessários para definição da estrutura mais adequada para cada situação, bem como suas dimensões e peculiaridades. Porém com o avanço da tecnologia, principalmente da informática e com a consequente aplicação e desenvolvimento de softwares voltados ao setor da engenharia civil, atualmente é quase impossível realizar cálculos estruturais 100% manuais, pois os níveis de produtividade e precisão exigidos pelo mercado são altíssimos. As ferramentas computacionais além de automatizar diversas etapas do projeto, garantem uma análise mais precisa da estrutura e permitem ao projetista simular diversas vezes a mesma estrutura adotando diversos critérios a fim de encontrar a solução mais eficiente para cada caso. Cabe ressaltar que apesar de toda essa melhoria e otimização no processo, o engenheiro civil deve ter conhecimento na área para fornecer as informações corretas ao software e saber interpretar os resultados fornecidos pela ferramenta. “O software não substitui e jamais substituirá o papel do engenheiro. O software não consegue distinguir a estrutura boa da ruim – serve apenas para automatizar os cálculos e refinar as análises” (KIMURA, 2007, p.44).

Recebimento e armazenamento dos materiais no canteiro de obras

A qualidade da estrutura e também da obra como um todo está diretamente ligado à disponibilidade no canteiro de obras dos materiais adequados, nas quantidades necessárias e que atendam aos padrões de qualidade exigidos para execução de determinado serviço. Os materiais quando chegam ao local da obra devem passar por verificações antes de serem encaminhados para a estocagem ou para a produção. Cada empresa deverá definir quais métodos de controle da qualidade dos materiais serão aplicados no canteiro de obras. Eventualmente podem ser utilizados ensaios em laboratório quando se tratar de produtos de grande importância para a edificação como: aço, bloco estrutural, argamassa colante, entre outros (SOUZA E TAMAKI, 2005).

A partir do momento que o material passou pelas verificações necessárias que atestem sua qualidade, faz-se necessário providenciar o correto armazenamento do mesmo com intuito de preservar sua qualidade, levando em consideração suas características e peculiaridades. Azeredo (1997) classifica os materiais de construção

em perecíveis (cimento e cal) e não perecíveis (areia, pedras britadas, tijolos, madeiras e ferros). O aço é classificado pelo autor desta forma, pois ele parte do princípio que sua aplicação deva ocorrer de maneira rápida, não ficando desta forma armazenado por longos períodos ao relento no canteiro de obras. O primeiro grupo, dos materiais perecíveis, por apresentar formulações químicas passíveis de deterioração e perda de características, deve ser abrigado das intempéries, providenciando a construção de armazém coberto. Já os materiais não perecíveis podem ser armazenados na obra sem a necessidade de instalação de barracão.

Alguns pontos importantes que devem ser verificados ao receber o aço no canteiro de obras se referem à presença de oxidação em excesso na superfície da barra ou fio, homogeneidade na cor e a presença de etiqueta nos rolos ou feixes com identificação do fabricante e das características do material. Caso não atendam a estes requisitos recomenda-se a devolução ao fornecedor dos feixes e rolos que estejam em desacordo. O material entregue deve ter o selo do INMETRO e quando requisitado o fabricante deverá disponibilizar ao cliente os laudos de ensaios do lote entregue.

De acordo com Souza e Tamaki (2005) no manuseio do aço deve se evitar o contato com o solo, a fim de evitar impregnação de sujeira nas barras. O correto armazenamento é feito estocando as barras e fios sobre pontaletes de madeira, para evitar o contato direto do solo. Outro cuidado é separar as barras de acordo com a bitola e tipo (CA 50, CA 60). O aço pode ser estocado ao relento, desde que seja por um curto período, porém em locais com altos índices de umidade e precipitação é recomendado o armazenamento das barras em local coberto, caso não seja possível é recomendado cobrir as pilhas com lona plástica.

Milito (2009) avalia que a corrosão causada no aço devido às condições de armazenamento no canteiro de obras pode causar diminuição da aderência entre as barras e o concreto e também pode causar uma redução da seção das barras. Em meios fortemente agressivos como, por exemplo, regiões com muita poluição ou regiões marítimas sugere armazenar o aço por pouco tempo na obra, prover a instalação de abrigo coberto para o armazenamento, cobrindo as armaduras com lona plástica e se possível receber na obra as armaduras já montadas, possibilitando a sua utilização imediata. Em locais mediantemente agressivos, as armaduras devem ser estocadas sobre

travessas de madeira com espessura de 30 cm, apoiadas em solo limpo de vegetação e coberto com uma camada de brita. Também deve ser providenciada a cobertura das pilhas com lona plástica. Já em meios pouco agressivos, o aço pode ser estocado sem cobertura em travessas de madeira com espessura de 20 cm, também apoiadas em solo desnudo e coberto com pedras britadas. Nas barras que apresentarem corrosão, deve ser providenciada a limpeza com escova de aço, saco de estopa úmido ou jateamento com areia, a fim de permitir a perfeita aderência com o concreto.

Os mesmos requisitos de recebimento e armazenamento de barras e fios de aço podem ser empregados para recebimento de telas pré-fabricadas de aço. (Souza e Tamaki, 2005).

Para recebimento do cimento, Souza e Tamaki (2005) recomendam verificar a presença de sacos rasgados, furados, molhados ou empedrados. Os que tiverem essas características não devem ser aceitos, pois as características deste cimento já podem estar comprometidas, sendo que o fornecedor deverá prover a troca do produto com problema. Atentar também a validade do produto que geralmente é de 90 dias e da presença do selo de qualidade da ABCP (Associação Brasileira de Cimento Portland) ou selo do INMETRO impresso na embalagem do produto ou na nota.

O armazenamento do cimento ensacado segundo Souza e Tamaki (2005) deve ser feito em local fechado, sobre assoalho de madeira e protegido da umidade. O tamanho máximo das pilhas é de 10 sacos. Em casos que o estoque não exceder 15 dias a pilha pode ser de 15 sacos. Outro cuidado no armazenamento é separar as pilhas de acordo com o tipo de cimento. Durante o manuseio deve se atentar para que os sacos não sejam molhados, rasgados ou que entrem em contato com a umidade.

Milito (2009) também recomenda que as pilhas devam ser feitas sobre estrado de madeira distantes 30 cm do piso e da parede e 50 cm do teto. Também deve se organizar as pilhas de forma que o cimento mais antigo não seja misturado com lotes mais novos, atentando para um tempo de estocagem de no máximo 30 dias.

Para o recebimento de agregados (areia ou brita), Souza e Tamaki (2005) recomendam conferir ainda na caçamba do caminhão a coloração e granulometria da areia. Em muitos casos areias de cor escura significam excesso de matéria orgânica. A presença de pedaços de madeira, vegetação e torrões de argila também deve ser

verificada. Atentar também para as especificações do produto na nota como: classificação granulométrica, origem do material e volume ou massa entregue. Existe um ensaio bastante simples para determinar a quantidade de impurezas e sujeiras, que consiste em preencher um frasco de vidro pela metade com areia recebida em entregas anteriores e outro frasco também até a metade com a areia recém-entregue. Após este procedimento completa-se os frascos com água e os agita vigorosamente. Então se compara a coloração das misturas, sendo que nos casos em que a mistura com areia recém-entregue apresentar coloração mais escura e mais turva que a mistura com areia da entrega anterior, deve-se entrar em contato com o fornecedor para providências.

A brita deve apresentar forma cúbica ou esférica, com arestas vivas também deve estar isenta de impurezas e nos casos em que houver a presença de mais de 3% de pó de pedra, o agregado deverá ser lavado (AZEREDO, 1997).

Os agregados devem ser armazenados de acordo com Milito (2009) em baias com tapumes laterais, separados de acordo com sua granulometria, de preferência sem contato com o solo. Nos casos em que houver contato com o solo não é recomendado utilizar o material da base, pois pode apresentar contaminação e prejudicar a qualidade do concreto. Em regiões com alta intensidade de chuvas é indicada a cobertura das baias com lona plástica, a fim de evitar a saturação ou carreamento dos materiais.

Outro componente primordial para confecção de estruturas de concreto armado e que geralmente não costuma ser recebido e armazenado na obra, mas sim fornecido através da rede pública de distribuição é a água, que apesar de ser muito importante para a qualidade da estrutura, nem sempre recebe a devida atenção. De acordo com Neville e Brooks (2013), a qualidade da água é muito importante, pois impurezas presentes nela podem representar perda de resistência da estrutura, manchamento da superfície do concreto, podendo levar até a corrosão da armadura. Em geral a água indicada para o concreto é a água potável, onde os efeitos dos sólidos presentes na mesma dificilmente podem causar problemas nas estruturas; este conceito, porém não é absoluto, pois existem águas potáveis com altos índices de sódio e potássio, dois elementos que podem causar problemas no concreto e nas armaduras. A água utilizada para lavagem dos caminhões betoneira também não apresenta problemas quanto a sua utilização no concreto, por conter substâncias constituintes do próprio concreto. Existem casos em

que são utilizadas águas do mar, porém esta água aumenta o risco de corrosão das armaduras, devendo ser empregada em casos isolados, onde não houverem outras alternativas.

Mão de obra qualificada

O que seria falar de qualidade das estruturas de concreto armado se não abordasse a importância da qualificação da mão de obra na construção civil, pois, grande parte dos serviços de execução necessitam ser executados por pessoas. Seja no recebimento dos materiais, no lançamento do concreto ou na desforma da estrutura, sempre haverá pessoas envolvidas nos processos.

A mão de obra pode ser definida como o trabalho manual geralmente empregado nas indústrias, mas pode ser utilizado para definir o trabalhador de qualquer empresa ou setor. O setor da construção do civil emprega um número grande de trabalhadores, tanto nas fases de projeto, execução e manutenção das obras, sendo que grande percentual dos trabalhadores empregados nos canteiros de obra, responsáveis pelos serviços de execução são do sexo masculino e apresentam baixo grau de escolaridade. A grande parte dos funcionários adquire os conhecimentos necessários no próprio local de trabalho, ou seja, o funcionário inicia como servente ou ajudante e na medida em que vai aprendendo ou demonstrar destaque nas atividades desenvolvidas vai subindo na hierarquia (FORTES, 2014).

Por esses e outros motivos Souza (2006) descreve que o setor da construção civil há muito tempo é considerado como uma indústria que se caracteriza pela baixa produtividade da mão-de-obra, sem contar os elevados desperdícios com materiais.

Porém com o aumento das exigências de qualidade exigidas pelo mercado, a capacitação e qualificação da mão de obra da construção civil tem se tornado um fator muito importante e indispensável. A qualificação pode ser feita tanto no próprio canteiro de obras através de treinamentos, como também em escolas técnicas. O tipo de qualificação deve ser analisado levando em consideração as necessidades e o ramo de atuação da empresa, visando o aumento dos rendimentos, diminuição das perdas no decorrer dos processos e melhoria da qualidade do produto final (SANTOS, 2010).

Segundo Gasparetto (2010) apud Julio (2010) os processos construtivos terão qualidade na medida em que forem utilizados projetos bem elaborados, materiais de qualidade e com certificação, além mão de obra qualificada. Esse conjunto de fatores é importante para o sucesso da obra.

Sistema de fôrmas e cimbramento

Para a execução de estruturas de concreto armado faz se necessário a montagem de fôrmas que servem como molde para a estrutura. As fôrmas podem ser de madeira, metálicas, plásticas, entre outros. Segundo Milito (2009) o custo das fôrmas pode chegar a 40% do custo total da estrutura de concreto armado. Considerando que a estrutura corresponde a 20% do custo total da obra, nota-se que o gasto com formas representa 8% do custo total da obra. Geralmente são montadas de forma empírica por mestres de obra e carpinteiros, e supervisionadas de forma superficial pelos responsáveis técnicos.

Thomaz (2001) afirma que a qualidade da estrutura de concreto armado essencialmente depende da qualidade das fôrmas e cimbramentos utilizados. Para ele a exatidão geométrica, superfície dos moldes, rigidez e resistência dos cimbramentos e das fôrmas influencia também diretamente na qualidade de outros serviços como alvenarias, revestimentos e pisos.

Azeredo (1997) também defende que a qualidade da estrutura de concreto armado está diretamente ligada a alguns requisitos importantes a serem seguidos na montagem das fôrmas, das quais se destacam resistência adequada para suportar o peso do concreto, evitando que abram ou deformem no lançamento e adensamento do concreto. Segundo o autor as fôrmas devem ter dimensões iguais ao que consta no projeto estrutural, estanqueidade e menor número possível de reaproveitamentos, no caso de materiais de baixa qualidade. Antes da concretagem deve ser efetuada sua limpeza interna e no caso de fôrmas de madeira deve haver a saturação com água para evitar que absorvam a água necessária para a pega do cimento.

A escolha pelo tipo de fôrma e cimbramento adequado para cada situação deve levar em consideração diversos fatores como as características da obra, dos elementos, se o concreto será aparente ou não, estanqueidade, sistema de fechamento, deformação,

peso próprio dos componentes, rigidez, durabilidade, preço, facilidade de montagem/desmontagem e índices de reaproveitamento (THOMAZ, 2001).

Para a montagem de fôrmas empregam-se diversos tipos de materiais, como por exemplo, a madeira serrada, chapas de madeira revestidas, aço, alumínio e plástico. A madeira serrada é muito utilizada porque seu custo é baixo em relação aos outros sistemas, existe disponibilidade do material no mercado, apresenta facilidade de montagem e manuseio, sendo por isso empregada na grande parte das obras da construção civil. A principal desvantagem desse material está no baixíssimo índice de reaproveitamento. Para suprir essa deficiência na resistência surgiram as chapas de madeira revestidas, que são feitas de madeira e revestidas por plástico ou pintura resinada. Suas vantagens são a durabilidade, facilidade de manuseio e montagem (por ser de madeira), podendo ser reaproveitadas diversas vezes e conferem ao concreto um bom acabamento superficial. Além do citado, permitem a moldagem de elementos curvos, gerando assim a possibilidade de projetos arquitetônicos ousados. Já as fôrmas de aço, ainda são mais utilizadas em fábricas de estruturas pré-fabricadas de concreto onde existe uma padronização dos elementos e a necessidade de várias reutilizações das fôrmas. Na construção civil é pouco utilizada ainda devido ao seu alto custo, porém existem no mercado empresas especializadas na locação de fôrmas de aço. Suas vantagens são a qualidade do acabamento superficial das peças, alto índice de reaproveitamento e sua elevada resistência. Além do alto custo outra desvantagem identificada é seu peso elevado e a dificuldade de adequação a alguns projetos. O alumínio apresenta características idênticas às fôrmas de aço, porém seu peso é menor. As fôrmas plásticas amplamente utilizadas em lajes (por exemplo, lajes nervuradas) são elementos leves, resistentes e podem ser reciclados. Quando bem manejados permitem muitos reaproveitamentos (COMUNIDADE DA CONSTRUÇÃO, 2015).

O sistema de cimbramento ou também chamado de escoramento é uma estrutura provisória que tem como função sustentar as fôrmas, permitindo assim a concretagem dos elementos. Um dos principais requisitos do escoramento é a resistência aos esforços ao qual é solicitado. Ele deve resistir às cargas sobre ele apoiadas sem apresentar grandes deformações, pois qualquer deformação nas fôrmas pode se tornar um problema no elemento de concreto armado. Apesar de ser um fator que influencia muito na

qualidade e durabilidade da estrutura, o que se vê na prática de obras de pequeno e médio porte é a ausência de projetos e sistemas adequados de escoramento, o que em diversos casos resulta em falhas e acidentes (UFPR, 2015).

Dentre os materiais disponíveis no mercado pode se citar como os mais utilizados os escoramentos de madeira e os escoramentos metálicos. No sistema de cimbramento com madeira, utilizam-se principalmente pontaletes de dimensões 7,5 x 7,5 cm e escoras roliças de eucalipto de diâmetro de aproximadamente 10 cm. Apesar do custo baixo em relação aos outros sistemas, apresentam como principais desvantagens a baixa capacidade de carga (se comparado às escoras metálicas) que pode causar deformação nas escoras e consequentemente na estrutura, baixo índice de reaproveitamento e difícil ajuste. Sua utilização não é indicada para obras de grande porte ou onde há necessidade de atender requisitos de qualidade muito rígidos (COMUNIDADE DA CONSTRUÇÃO, 2015).

As escoras metálicas convencionais vêm ganhando espaço no mercado nos últimos anos e estão cada vez mais presentes nas obras da construção civil tanto de grande porte como também médio e pequeno porte. São estruturas que apresentam características melhores do que as escoras de madeiras, como por exemplo, capacidade de carga elevada, precisão de nivelamento, adequação a diversas alturas, possibilidade de diversos reaproveitamentos. Tais características tornam as escoras metálicas elementos excepcionais para serem empregados em estruturas que necessitam alto grau de qualidade e onde não se aceitam deformações (COMUNIDADE DA CONSTRUÇÃO, 2015).

Montagem das armaduras

Segundo Figuerola (2005) as armaduras para elementos de concreto armado devem ser bem executadas, pois sua qualidade garante a segurança do edifício e evita problemas como fissuras, deformações e corrosão da estrutura de concreto. A estrutura básica de uma armadura para pilar ou viga é formada por estribos amarrados com arame recozido em vergalhões. A montagem deve seguir sempre o que está especificado no projeto estrutural da estrutura, atendendo os diâmetros indicados, espaçamentos, tipo de aço e posicionamento das barras. As principais ferramentas e materiais necessários para

execução de armaduras são tesoura ou guilhotina para cortar aço, chave para dobrar aço, cavaletes (para montar a armadura), bancada, arame recozido, torquês, chave para desentortar aço, giz ou lápis, esquadro, trena, barras e fios de aço. Importante destacar que o aço deve ser cortado a frio, ou seja, utilizando tesoura (diâmetros até 12.5 mm) e guilhotina (diâmetros até 25 mm). O dobramento tanto de fios como de barras sempre deverá ser feito a frio, pois aquecê-los poderia fazer com que perdessem suas características e também sua resistência.

Na montagem das armaduras, Fusco (2013) destaca que a utilização de dois tipos de aço só é permitida quando se emprega um tipo de aço na armadura longitudinal e outro na armadura transversal. Esta prática é bastante comum em vigas e pilares, pois grande parte das obras utiliza o aço CA-50 para armadura longitudinal e para a armadura transversal usa-se o aço CA-60. Alguns fatores importantes na montagem das armaduras interferem diretamente na qualidade final dos elementos estruturais. Dentre eles pode citar-se o espaçamento entre barras, que tanto na vertical quanto na horizontal não deve ser menor do que 2 cm. Porém em locais onde há cruzamento de vigas, apoio nos pilares, ou onde possa haver congestionamento de armaduras o autor considera tolerável a diminuição deste espaçamento. Existem casos em que o diâmetro das barras utilizados excede o valor de 2 cm, neste caso deve ser adotado para espaçamento o valor do diâmetro da barra (Ex: Barra de 25 mm, espaçamento de 25 mm).

Durante a montagem é necessário deixar um espaço na parte superior da armadura para introdução da agulha do vibrador entre as barras para realizar o adensamento do concreto. No mercado existem agulhas de vibradores de diversos diâmetros que variam desde os 35 mm (mais utilizados) até 100 mm (utilizados em peças e obras de grandes dimensões). Para definir o tamanho dessa abertura é recomendado adotar o valor do diâmetro da agulha do vibrador que será utilizado acrescido de 1 cm (FUSCO, 1995).

Outro fator importante para a durabilidade da armadura e consequentemente para a durabilidade da estrutura como um todo depende da camada de cobrimento de concreto do elemento. A espessura de cobrimento deve ser contada a partir da armadura mais próxima da superfície, como mostra a Figura 21. Os valores de cobrimento podem ser encontrados de forma detalhada na NBR 6118 (2014) variam de acordo com o

elemento (viga, laje ou pilar) e conforme a agressividade do local em que a obra será edificada.

De acordo com Nakamura (2008), outro cuidado a ser tomado é o correto posicionamento da armadura dentro das fôrmas, de forma a garantir o cobrimento especificado no projeto. Para isso utilizam-se elementos denominados de espaçadores, que podem ser de plástico, concreto, argamassa e em alguns casos até de madeira. Os espaçadores circulares de plástico são fabricados por empresas especializadas e são fixados nos estribos (Figura 03), nos casos de vigas e pilares.

Para lajes utilizam-se os espaçadores de plástico do tipo “cadeirinha”. Os tamanhos comerciais destes espaçadores são variados, visando atender os diferentes cobrimentos especificados na NBR 6118. Os demais tipos de espaçadores são moldados na própria obra, a fim de diminuir gastos (NAKAMURA, 2008).

Segundo Nakamura (2008), as armaduras da laje devem ser montadas preferencialmente diretamente sobre as fôrmas da laje, pela questão da logística e da eliminação da necessidade de içamento da estrutura. Na montagem é preciso atentar para o espaçamento entre as barras, diâmetros, transpasses e ganchos. Nos cruzamentos entre armaduras é recomendada a amarração entre as barras com arame recozido.

As armaduras positivas e negativas da laje devem ser afastadas uma da outra com o emprego dos chamados “caranguejos” que são peças de aço dobradas conforme o espaçamento necessário a fim de garantir que a armadura negativa fique o mais próximo da superfície para absorver os esforços para qual foi projetada conforme mostra a Figura 24.

Também existem no mercado as telas de aço soldadas que são muito utilizadas na execução de lajes e pisos. De acordo a NBR 7481 (1990) as telas de aço soldadas são armaduras pré-fabricadas para utilização em estruturas de concreto armado. Segundo Fusco (1995), elas apresentam configuração retangular ou quadrada, formada por fios (embora sejam chamados de fios, podem ser formados por barras obtidas por processos de laminação a quente) sobrepostos na direção transversal e longitudinal soldados entre si por caldeamento. Para os casos em que são empregadas telas soldadas para montagem das lajes, devem ser seguidos os mesmo requisitos propostos para as armaduras

montadas no local, que são cobrimento das armaduras, espaçamento entre armaduras positivas e negativas, diâmetro conforme indicado em projeto.

Dosagem e preparo do concreto

A dosagem do concreto consiste no conjunto de procedimentos adotados para a determinação da quantidade de materiais que deverão ser empregados no mesmo para que se alcance certa resistência. É através da dosagem que se alcança o que chamamos de traço e pode ser expresso através de proporções da massa e volume dos materiais. Um dos objetivos da dosagem é encontrar a mistura mais econômica e que atenda aos requisitos necessários de resistência (MEDEIROS, 2015).

Azeredo (1997) ressalta que antes de determinar o traço que será utilizado na obra, precisam-se estudar quais os requisitos da obra, os materiais disponíveis e a finalidade da obra. Por exemplo, não se usará o mesmo concreto utilizado numa obra residencial para construções de grande porte como pontes, barragens e nem o contrário. Dentre as formas de dosagem o autor ressalta a dosagem empírica onde o traço é estabelecido sem fundamentação em critérios lógicos (um exemplo são os traços definidos pelos pedreiros, mestres de obra). Este tipo de dosagem só é permitido em obras de pequeno vulto, tendo como requisitos mínimos a utilização de pelo menos 300 kg de cimento por m³ de concreto, sendo importante ressaltar que não deve haver quantidade excessiva de água na mistura.

A NBR 12655 (2015) estabelece que a dosagem empírica do concreto só é aplicável para concretos da classe C10 e C15.

Outra forma de dosagem citada por Azeredo (1997) é a dosagem racional, que consiste na dosagem de materiais utilizando fórmulas e cálculos específicos para obtenção do traço adequado, tendo em vista alcançar as características de resistência e trabalhabilidade necessários, levando em consideração os materiais que serão empregados. Além dos cálculos, são realizados testes em laboratório para averiguar se o traço atende a todas as características necessárias. Entre os diversos métodos existentes para a dosagem racional, podemos citar o método da Associação Brasileira de Cimento Portland conhecido como método ABCP. A dosagem racional é aplicada principalmente

em concretos usinados, onde se tem laboratório específico que permite a análise dos agregados, cimento e também do concreto fresco e endurecido.

Além da dosagem correta, é de suma importância para a qualidade da estrutura o processo de preparação do concreto, ou seja, a mistura dos materiais. Conhecido também como amassamento, este processo deve gerar uma mistura homogênea entre os materiais componentes do concreto, podendo ser dividido em amassamento manual e mecânico (AZEREDO, 1997).

Para Azeredo (1997) o uso do amassamento manual só é justificado em obras menores e em quantidades pequenas de concreto, onde se justifica a não utilização de equipamentos mecânicos. De forma superficial o processo de mistura consiste na mistura da areia, do cimento e da brita a seco sobre um estrado de madeira. Em seguida quando a mistura apresenta coloração homogênea, abre-se um buraco no centro do monte misturado, onde é jogada a quantidade exata de água. Os materiais secos dispostos nas laterais são então puxados para dentro desse buraco, onde então devem ser misturados com cuidado para evitar que a água escoe e se perca. O amassamento é feito até que o concreto apresente uma mistura homogênea. Não se permite misturar um volume maior do que 350 litros por vez.

O amassamento mecânico é feito através de máquinas específicas que são denominadas betoneiras. As betoneiras são constituídas por um tambor na qual são colocados os materiais, sendo que esse tambor gira em torno de um eixo central, efetuando dessa forma a mistura dos materiais. Em obras menores utilizam-se principalmente betoneiras fixas, movidas à energia elétrica e que tem capacidades pequenas, geralmente menores do que 1 m³. A principal vantagem do emprego de betoneiras é a economia de mão de obra e homogeneização adequada do concreto. Em geral não se pode precisar o tempo necessário para a mistura adequada dos componentes, pois isso depende de fatores que incluem o tipo de misturador, traço do concreto e dos materiais empregados (AZEREDO, 1997).

Milito (2009) recomenda a colocação dos materiais dentro da betoneira no menor intervalo de tempo possível, deixando a betoneira agitar os materiais por um tempo mínimo de 3 minutos.

Apesar das vantagens apresentadas pelo amassamento mecânico, o autor deste trabalho ainda vê o processo da mistura do concreto com betoneira no canteiro de obras como um processo que gera da mesma forma como o amassamento manual grande desperdício de materiais e que não garante totalmente a qualidade do concreto, pois podem ocorrer diferenças entre uma betonada e outra. Por isso quando a quantidade de concreto necessária é elevada, tem se utilizado os caminhões betoneiras, que são responsáveis pelo transporte e homogeneização dos materiais do concreto, com capacidades que variam de 5 a 10 m³. Os materiais são neste caso dosados e colocados nas betoneiras dos caminhões em centrais de concreto, que tem como principais vantagens a diminuição das perdas com materiais, garantia de qualidade do concreto devido aos rígidos padrões de qualidade seguidos, diminuição do número de funcionários no canteiro de obras, além de agilidade na execução das estruturas de concreto (PORTAL DO CONCRETO, 2015).

Lançamento do concreto

O lançamento do concreto consiste na aplicação do concreto nas fôrmas. A NBR 14931 (2004) estabelece cuidados a serem tomados no lançamento do concreto nas fôrmas das quais se destacam:

- O lançamento deve ser feito o mais próximo possível da sua posição definitiva;
- O lançamento deve ser feito de forma que se evite ou diminua-se a segregação dos materiais;
- Evitar lançar o concreto após o início de pega;
- As camadas de lançamento devem estar de acordo o tipo de adensamento previsto (no caso de adensamento mecânico, alturas menores que a agulha do vibrador);
- Utilizar concretos com consistência adequada para o tipo de lançamento adotado;
- No caso de lançamento de grandes alturas ou distâncias horizontais elevadas recomenda-se a utilização de dispositivos de condução do concreto como funis e calhas;

Em seus estudos sobre o lançamento do concreto Azeredo (1997) afirma que existe dificuldade em separar as definições de lançamento do concreto e transporte do concreto pelo fato de em muitos casos os meios transportadores de concreto serem

também os responsáveis pelo seu lançamento nas fôrmas, como é o caso de bombas, calhas e caçambas. Um dos fatores que o autor considera imprescindível para a qualidade do concreto é não ultrapassar o tempo de 30 minutos entre o amassamento e o lançamento nas fôrmas, não sendo também permitido utilizar concreto remisturado. Segundo o autor outro problema que pode ocorrer no lançamento do concreto é a segregação dos materiais, porque quando o concreto é jogado de grandes alturas, existe a possibilidade de ocorrer separação da argamassa do concreto e dos agregados graúdos. A altura máxima de lançamento do concreto é de 2 metros, sendo que quando for necessário o lançamento de altura maior a essa é recomendada a utilização de tremonha. O lançamento deve ser feita em camadas com altura de aproximadamente $\frac{3}{4}$ da altura da agulha do vibrador.

Outra recomendação da NBR 14931 (2004) é de que o lançamento seja um processo contínuo, de tal modo que uma vez iniciado não haja interrupção até que todo o volume de concreto planejado seja lançado, a fim de evitar a formação de juntas frias.

Para maximizar o processo e evitar falhas é necessário prover de meios adequados de lançamento de acordo com a situação. Para o lançamento do concreto normalmente são utilizados carrinhos de mão, jericas, baldes, mangotes para bombeamento de concreto, guias, caçambas e calhas, mostrando que a afirmativa de Azeredo (1997) de que geralmente o lançamento é feito pelos próprios meios de transporte é verdadeira.

Adensamento do concreto

Cintra et al (2013) define o adensamento do concreto como sendo o processo que objetiva aumentar a compacidade do concreto, através da eliminação do ar incorporado em seu interior. O adensamento também proporciona o preenchimento adequado das fôrmas, auxilia no envolvimento do concreto nas armaduras proporcionando a aderência necessária para resistir aos esforços e também a proteção das armaduras contra a corrosão. O método de adensamento deve ser escolhido levando em consideração a consistência do concreto, a densidade das armaduras, dimensão dos agregados graúdos e características das fôrmas.

Para Azeredo (1997) o adensamento além de retirar o ar aprisionado no concreto, aumenta e melhora características do concreto como: resistência à compressão, impermeabilidade, retração e durabilidade. Os processos de adensamento podem ser divididos em manuais e mecânicos.

O adensamento manual é o mais simples de todos os processos e seu uso deve se restringir a obras de pequeno porte, peças com pouca armadura e de dimensões reduzidas. Neste caso são usadas barras de aço que são introduzidas continuamente na camada de concreto recém-lançado ou soquetes com os quais apiloa-se o concreto com golpes repetidos. No adensamento manual é necessária uma consistência plástica do concreto, sendo que as camadas de concreto recém-lançado não devem exceder os 20 cm (AZEREDO, 1997).

Cintra et al (2013) cita que duas formas bastante conhecidas de adensamento mecânico são a vibração e a centrifugação, sendo esta segunda aplicada principalmente em elementos pré-fabricados, portanto não será aprofundada neste trabalho. O processo de adensamento por vibração é executado com aparelhos especiais para este fim, que podem ser divididos de acordo com sua finalidade em vibradores internos e externos. Nos vibradores internos, o adensamento ocorre com a inserção de um equipamento no concreto que promove a propagação das ondas vibratórias até a superfície, ou seja, o adensamento ocorre de dentro para fora; um exemplo de vibrador interno é o chamado vibrador de imersão (Figura 25).

Já no adensamento com vibradores externos ocorre o processo inverso, ou seja, a vibração é aplicada na superfície e se propaga para o interior da peça; exemplos de vibradores externos são as mesas vibratórias, régua vibratórias, rolo vibratório, etc. A escolha do vibrador adequado deve levar em conta o tamanho do elemento, o local de aplicação e as características do concreto que será utilizado na concretagem (CINTRA et al, 2013).

Para os vibradores externos a NBR 14931 (2004) não apresenta nenhuma recomendação ou requisito, porém na utilização de vibradores de imersão ela apresenta recomendações importantes para a qualidade de adensamento das quais se destacam a aplicação da agulha do vibrador na posição vertical, retirar o vibrador lentamente do concreto assim que a superfície apresentar aparência brilhante, não permitir o contato do

vibrador com a armadura e com a superfície das fôrmas e vibrar o maior número de pontos ao longo do elemento estrutural.

Cura do concreto e desforma da estrutura

Thomaz (2001) descreve que a qualidade final da estrutura depende do processo de cura utilizado. Segundo o autor o período de cura pode ser denominado como sendo o tempo entre o início da hidratação do concreto e o endurecimento do mesmo. Portanto assim que o concreto é lançado nas fôrmas deve-se garantir que a água necessária para a ocorrência das reações químicas não evapore do concreto. Os fatores que influenciam na cura do concreto são a relação água/cimento, a temperatura, vento, umidade relativa do ar, agressividade do ambiente e o volume da peça concretada. Uma das recomendações é o processo de cura úmida da peça, ou seja, através da molhagem frequente do concreto; este processo diminui a evaporação da água do interior da peça de concreto (que poderia gerar microfissuras, aumentando assim a porosidade e perda de resistência) e também diminui a retração da peça.

Para Azeredo (1997) durante um período de no mínimo 7 dias contados a partir do lançamento, deve ser providenciada a proteção do concreto, com intuito de conservá-lo umedecido, propiciando o processo de cura.

Da mesma forma como os dois autores citados, a NBR 14931 (2004) também faz recomendações referentes à cura do concreto. Recomenda-se que o concreto deve ser protegido dos meios prejudiciais até atingir uma resistência igual ou maior que 15 Mpa. Os meios denominados prejudiciais ao concreto no início da sua vida são mudanças bruscas de temperatura, secagem, congelamento, chuvas torrenciais, choques e vibrações. Quando da utilização de água para a chamada cura úmida do concreto, a mesma deverá ser potável.

Além da água podem ser utilizados outros processos de cura como, por exemplo, a cobertura da superfície do concreto com mantas plásticas ou películas selantes aplicadas manualmente ou por aspersão, que evitam a evaporação da água necessária para as reações de endurecimento do concreto, porém com este processo não haverá possibilidade de penetração de água para compensar a auto dessecação do concreto. (Neville e Brooks, 2013).

A remoção de fôrmas e escoramentos deve ser feita de forma que não prejudique a qualidade e segurança da estrutura, seguindo sempre o plano de retirada de fôrmas ou escoramentos, quando houver. A retirada dos escoramentos e das fôrmas só deve ser efetuada no momento em que o concreto tiver resistência suficiente para resistir aos esforços que a ele são impostos neste estágio, levando em consideração que este processo não deve provocar deformações na estrutura maiores que as previstas em projeto. O responsável pelo projeto da estrutura deve informar ao responsável pela execução os tempos mínimos para desforma e retirada dos escoramentos ou a resistência mínima do concreto para execução do serviço, como também elaborar um plano de retirada dos escoramentos e fôrmas de acordo com as características da estrutura. Um cuidado fundamental para execução deste serviço é fazê-lo evitando choques na estrutura, pois devido a pouca idade do concreto, estes podem causar fissuras e acabar fragilizando a estrutura (NBR 14931, 2004).

O tempo necessário para a desforma e retirada de escoramentos varia de acordo com as condições do ambiente, características da peça e do concreto utilizado. Azeredo (1997) no Quadro 01 apresenta uma estimativa de tempo necessário em dias para retirada das fôrmas de acordo com o elemento e o cimento utilizado.

Quadro 01: Prazo mínimo em dias para retirada das fôrmas

Fôrmas Aplicadas em	Prazo de retirada usando-se	
	Cimento Portland Comum	Cimento ARI*
Paredes, pilares e faces laterais de vigas	3 dias	2 dias
Lajes de até 10 cm de espessura	7 dias	3 dias
Lajes de mais de 10 cm de espessura e faces inferiores de vigas	21 dias	7 dias
Arco e faces inferiores de vigas de mais de 10 m de vão	28 dias	10 dias

* Alta Resistência Inicial

Fonte: Adaptado de Azeredo (1997, p. 84)

Manutenção da estrutura

As estruturas de concreto armado quando bem projetadas, executadas e utilizadas podem passar longos períodos sem a necessidade de manutenção. Porém para aumentar a vida útil de pilares, vigas e lajes, as boas práticas recomendam que as edificações passem por avaliações periódicas, para analisar a necessidade de efetuar ações corretivas nas patologias (Faria e Nakamura, 2013).

Thomaz (2013) apud Faria e Nakamura (2013) defende que o ideal seria que as estruturas passassem por verificações anuais realizadas visualmente por profissional habilitado, com o intuito de avaliar sinais de deformações excessivas, presença de fissuras, recalques e corrosão de armaduras. Além disso, destaca a importância de inspeções quinquenais, realizadas com aparelhos especiais para detectar a presença de carbonatação ou de corrosão eletroquímica.

De acordo com a NBR 15575 (2013), todos os elementos e componentes de uma edificação devem manter a capacidade funcional para o período de vida útil que foram projetadas. As recomendações são que as edificações passem por verificações periódicas, devendo passar por manutenções preventivas e se for preciso manutenções corretivas, a fim de evitar que pequenos problemas se tornem grandes patologias.

As manutenções devem ser realizadas obedecendo ao manual de uso, operação e manutenção que deve ser fornecido pela construtora/incorporadora ao entregar a obra pronta e deve estar em obediência a NBR 14037 (2011), que estabelece as recomendações para elaboração e apresentação dos conteúdos.

Considerações Finais

Conforme o estudo realizado, observa-se que a qualidade e durabilidade das estruturas de concreto armado está diretamente ligada aos diversos processos que nela estão envolvidos. As normas e bibliografias apresentam procedimentos para serem seguidos tanto em projeto, quanto na execução no canteiro, no entanto, devido à baixa qualificação da mão de obra e de alguns profissionais da engenharia, dos baixos investimentos em tecnologias de execução, falta de layout adequado de canteiro de obras e a falta de fiscalização por parte dos responsáveis técnicos, muitos destes

procedimentos deixam de ser seguidos, o que pode acabar causando problemas na estrutura finalizada.

Devido ao aumento das solicitações impostas às edificações, o crescimento vertical das mesmas e o aumento da poluição em grandes centros, que impacta diretamente na deterioração das armaduras, é imprescindível que seja dada devida atenção na concepção e execução das estruturas de concreto armado, tendo em vista o valor econômico envolvido numa edificação, mas principalmente o valor da vida das pessoas que dela fazem uso.

Referências Bibliográficas

ARAÚJO, José Milton de. **Curso de Concreto Armado**. 4. ed. Rio Grande: Dunas, 2014. 1 v.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DAS EMPRESAS DE SERVIÇOS DE CONCRETAGEM DO BRASIL. **Manual do concreto dosado em central**. São Paulo, 2007. Disponível em: <http://www.abesc.org.br/assets/files/manual-cdc.pdf>. Acesso em 05 nov.2015

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 6118: Projeto de estruturas de concreto- Procedimento**. 3. ed. Rio de Janeiro, 2014.

. **NBR 14931: Execução de estruturas de concreto- Procedimento**. 2. ed. Rio de Janeiro, 2004.

. **NBR 12655: Concreto de cimento Portland- Preparo, controle, recebimento e aceitação- Procedimento**. 3. ed. Rio de Janeiro, 2015.

. **NBR 7480: Aço destinado a armaduras para concreto armado**. Rio de Janeiro, 2007.

. **NBR 7481: Telas soldadas de aço**. Rio de Janeiro, 1990.

. **NBR 15575: Edificações habitacionais: Desempenho**. Rio de Janeiro, 2013.

. **NBR 14037: Diretrizes para elaboração de manuais de uso, operação e manutenção das edificações — Requisitos para elaboração e apresentação dos conteúdos**. Rio de Janeiro, 2011.

AZEREDO, Hélio Alves de. **O edifício até sua cobertura**. 2. ed. São Paulo: Blucher, 1997.

CARVALHO, Roberto Chust; FILHO, Jasson Rodrigues de Figueiredo. **Cálculo e Detalhamento de Estruturas Usuais de Concreto Armado**. 3. ed. São Carlos: UFSCar, 2007.

CINTRA, Danielli Cristina Borelli et al. Estudo de procedimentos de adensamento do concreto por vibradores de imersão em obras na Grande Vitória – ES. In: Anais do CONGRESSO BRASILEIRO DO CONCRETO. 55. 2013. Gramado: Ibracon, 2013. p. 1-14.

COMUNIDADE DA CONSTRUÇÃO. **Cimbramento: sistemas**. S.L., 2015. Disponível em: <http://www.comunidadeconstrucao.com.br/sistemas-construtivos/3/cimbramento-sistemas/execucao/46/cimbramento-sistemas.html>. Acesso em: 05 nov. 2015.

COMUNIDADE DA CONSTRUÇÃO. **Fôrmas – materiais**. S.L., 2015. Disponível em: <http://www.comunidadeconstrucao.com.br/sistemas-construtivos/3/formas-materiais/execucao/48/formas-materiais.html>. Acesso em: 05 nov. 2015.

FARIA, Renato; NAKAMURA, Juliana. **Intervenções corretivas estendem a vida útil das estruturas de concreto armado**. S.L., 2013. Disponível em: <http://techne.pini.com.br/engenharia-civil/201/intervencoes-corretivas-reestabelecem-estendem-a-vida-util-das-estruturas-de-302536-1.aspx>. Acesso em: 06 nov. 2015.

FIGUEROLA, Valentina. **Armadura para pilar**. In: PINI. Construção passo a passo. São Paulo: Pini, 2009. p. 11-14.

FORTES, Magali Suelene Araújo. **Influência da Mão-de-obra na Qualidade da Construção Civil: Importância da Capacitação da Mão-de-obra na Construção Civil em Cabo Verde**. 2014. 111 f. Monografia (Graduação em Engenharia de Construção Civil) – Universidade Jean Piaget de Cabo Verde, Cabo Verde, 2014.

FUSCO, Péricles Brasiliense. **Técnica de Armar as Estruturas de Concreto**. São Paulo: Pini, 1995.

GIONGO, José Samuel. **Concreto armado: Projeto estrutural de edifícios**. São Carlos, 2007.

JULIO, Lilian. **Mão de obra especializada é fator decisivo para setor da construção civil**. Disponível em: <http://www.cimentoitambe.com.br/mao-de-obra-especializada-e-fator-decisivo-para-setor-da-construcao-civil/>. Acesso em: 31 out. 2015.

- KIMURA, Alio. **Informática aplicada em estruturas de concreto armado**: cálculos de edifícios com o uso de sistemas computacionais. São Paulo: Pini, 2007.
- MEDEIROS, Marcelo H. F. de. **Dosagem dos concretos de cimento Portland**. S.L., 2015. Disponível em: http://www.dcc.ufpr.br/mediawiki/images/2/2c/Dosagem_do_Concreto_-_Marcelo_Medeiros.pdf. Acesso em: 04 nov. 2015.
- MELO, Carlos André. **TAM: Tabela de armazenamento de materiais**. S.L., 2015. Disponível em: <http://www.ebah.com.br/content/ABAAAywwAAL/tam-tabela-armazenamento-materiais>. Acesso em: 22 nov. 2015.
- MILITO, José Antonio de. **Técnicas de construção civil e construção de edifícios**. São Carlos, 2009.
- NAKAMURA, Juliana. **Preparo de armaduras para concretagem**. In: PINI. **Construção passo a passo**. São Paulo: Pini, 2009. p. 243-246.
- NEVILLE, A.M.; BROOKS, J. J. **Tecnologia do concreto**. Tradução de: Ruy Alberto Cremonini. 2. ed. Porto Alegre: Bookman, 2013.
- PORTAL DO CONCRETO. **Aço para concreto armado**. S.L., 2015. Disponível em: <http://www.portaldoconcreto.com.br/cimento/concreto/aco.html>. Acesso em: 28 out. 2015.
- PORTAL DO CONCRETO. **Caminhões betoneira**. S.L., 2015. Disponível em: <http://www.portaldoconcreto.com.br/cimento/concreto/betoneiras.html>. Acesso em: 04 nov. 2015.
- PORTAL DO CONCRETO. **Concreto Armado**. S.L., 2015. Disponível em: <http://www.portaldoconcreto.com.br/cimento/concreto/armados.html>. Acesso em: 30 out. 2015.
- RIBEIRO, Daniel Vêras (coord). **Corrosão em Estruturas de Concreto Armado**: Teoria, controle e métodos de análise. Rio De Janeiro: Elsevier, 2014.
- SANTOS, Márcia Teresinha Pereira dos. **Qualificação profissional na construção civil**: Estudo de caso. 2010. 53 f. Monografia (Graduação em Engenharia Civil) - UNIJUÍ/DeTec, Ijuí, 2010.
- SOUZA, Ubiraci Espinelli Lemes de. **Como Aumentar a Eficiência da Mão-de-obra**: Manual da gestão da produtividade na construção civil. São Paulo: Pini, 2006.

SOUZA, Roberto de; TAMAKI, Marcos Roberto. **Gestão de materiais de construção**. São Paulo: O nome da Rosa, 2005.

THOMAZ, Ercio. **Tecnologia, gerenciamento e qualidade na construção**. São Paulo: Pini, 2001.

UFPR. **Formas e escoramentos de madeira para estruturas**. S.L., 2010. Disponível em: <http://www.cesec.ufpr.br/disciplinas/madeira/2012/cap10.pdf>. Acesso em: 30 out. 2015.