



UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
“JÚLIO DE MESQUITA FILHO”
CAMPUS DE GUARATINGUETÁ

HELBER TAKAO MIYATA

CONTROLE DE QUALIDADE EM ESTRUTURAS NA
CONSTRUÇÃO CIVIL

Guaratinguetá – SP
2011

HELBER TAKAO MIYATA

CONTROLE DE QUALIDADE EM ESTRUTURAS NA
CONSTRUÇÃO CIVIL

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Conselho de Curso de Graduação em Engenharia Civil da Faculdade de Engenharia do Campus de Guaratinguetá, Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” como requisito parcial para obtenção do diploma de Graduação em Engenharia Civil.

Orientador: Prof. Dr. Yzumi Taguti

Guaratinguetá – SP
Dezembro de 2011

M679c	Miyata, Helber Takao Controle de qualidade em estruturas na construção civil / Helber Takao Miyata. – Guaratinguetá : [s.n.], 2011 49 f.: il. Bibliografia: f. 48-49 Trabalho de Graduação em Engenharia Civil – Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Engenharia de Guaratinguetá, 2011 Orientador: Prof. Dr. Yzumi Taguti 1. Construção civil 2. Estruturas 3. Controle de qualidade I. Título CDU 69
-------	---



UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
"JÚLIO DE MESQUITA FILHO"
CAMPUS DE GUARATINGUETÁ

CONTROLE DE QUALIDADE EM ESTRUTURAS NA
CONSTRUÇÃO CIVIL

HELBER TAKAO MIYATA

ESTE TRABALHO DE GRADUAÇÃO FOI JULGADO ADEQUADO COMO
PARTE DO REQUISITO PARA A OBTENÇÃO DO DIPLOMA DE
"GRADUADO EM ENGENHARIA CIVIL"

APROVADO EM SUA FORMA FINAL PELO CONSELHO DE CURSO
DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA CIVIL

Prof. Dr. SILVIO JORGE COELHO SIMÕES
Coordenador

BANCA EXAMINADORA:

Prof. Dr. YZUMI TAGUTI
Orientador/UNESP-FEG

Prof. Dr. ENOS ARNEIRO NOGUEIRA DA SILVA
UNESP-FEG

Prof. Dr. WELLINGTON CYRO DE A. LEITE
UNESP-FEG

Dezembro de 2011

DADOS CURRICULARES

HELBER TAKAO MIYATA

NASCIMENTO	16.07.1983 – JACAREÍ / SP
FILIAÇÃO	Uriel Mitsuo Miyata Kazuko Miyata
2004/2011	Curso de Graduação Engenharia Civil – Universidade Estadual Paulista

Aos meus pais que sempre acreditaram em mim, até nos momentos mais difíceis, me dando calma para que eu respirasse fundo e olhasse para frente em busca do meu objetivo e, ao meu orientador e amigo Yzumi Taguti que teve muita paciência para que eu pudesse realizar este trabalho.

“Se você conhece o inimigo e a si mesmo, não precisa temer o resultado de cem batalhas. Se você se conhece, mas não o inimigo, para cada vitória sofrerá uma derrota. Se você não conhece o inimigo nem a você mesmo, perderá todas as batalhas.”

Sun Tzu

MIYATA, H. T. **Controle de Qualidade em Estruturas na Construção Civil**. 2011. 49 f. Trabalho de Graduação (Graduação em Engenharia Civil) – Faculdade de Engenharia Civil de Guaratinguetá, Universidade Estadual Paulista, Guaratinguetá, 2011.

RESUMO

Este trabalho consiste em controlar a qualidade das estruturas, abordando os procedimentos para a montagem das fôrmas, da armação e cimbramento de pilares, vigas e lajes. Teve-se também como objetivo mostrar que o lançamento e a vibração do concreto também são itens importantes, caso sejam mal executadas podem comprometer a estrutura. Este trabalho mostra ainda que o mapeamento torna-se fundamental, caso haja algum problema na concretagem, o local onde o concreto foi lançado, poderá ser identificado. E, finalmente a verificação do produto, onde a estrutura será avaliada para quanta a sua qualidade.

PALAVRAS-CHAVE: Controle de qualidade. Estruturas. Construção civil.

MIYATA, H. T. **Quality Control in Structures in Constrution**. 2011. 49 f. Graduate Work (Graduate in Civil Engineering) – Faculdade de Engenharia Civil do Campus de Guaratinguetá, Universidade Estadual Paulista, Guaratinguetá, 2011.

ABSTRACT

This work is to control the quality of the structures, procedures for addressing the assembly of the formwork, scaffolding and the frame of pillars, beams and slabs. He had also intended to show that the vibration of launch and concrete items are also important, if poorly implemented can undermine the structure. This work also shows that the mapping becomes essential if there is some problem in the concrete, where concrete was launched, could be identified. And finally check the product where the structure will be evaluated for how much their quality.

KEYWORDS: Quality control. Structures. Constrution.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Pirâmides de Guizé	16
Figura 2 – Blocos concreto, Família 39	17
Figura 3 – Blocos concreto, Família 29	17
Figura 4 – Barra ancoragem, porca borboleta e sanduíche metálico	22
Figura 5 – Barras de ancoragem	22
Figura 6 – Gastalho de pilar	23
Figura 7 – Vedação do gastalho.....	23
Figura 8 – Aprumador metálico com regulação milimétrica	24
Figura 9 – Régua técnica para verificação do prumo do pilar.....	24
Figura 10 – Detalhe da régua técnica.....	25
Figura 11 – Torres metálicas para o cimbramento das vigas	25
Figura 12 – Garfos de madeira para o cimbramento de vigas.....	26
Figura 13 – Escora com cruzeta para apoio da viga	26
Figura 14 – Escora metálica com tripé.....	27
Figura 15 – Forcado ajustável	27
Figura 16 – Viga de madeira sintética	28
Figura 17 – Cimbramento da laje	28
Figura 18 – Escoras remanescentes	29
Figura 19 – Escoras sob pranchões de madeira.....	30
Figura 20 – Tubulação sobre cavalete.....	36
Figura 21 – Girica	38
Figura 22 – Junta entre pilar e viga.....	38
Figura 23 – Vibrador de imersão	39
Figura 24 – Mangote.....	39
Figura 25 – “Bicheira” em pilar.....	40
Figura 26 – Corpos de prova	41

Figura 27 – Exemplo de rastreamento de concretagem	42
Figura 28 – Exemplo de mapeamento de concretagem	42
Figura 29 – Retirada de escoras remanescentes, dois apoios	43
Figura 30 – Retirada de escoras remanescentes, em balanço.....	44
Figura 31 –“Bicheiras”.....	45
Figura 32 – Segregação do concreto	46
Figura 33 – Deformação geométrica.....	47
Figura 34 – Armadura exposta	47

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Classes de resistência do grupo I.....	18
Tabela 2 – Classes de resistência do grupo II.....	18
Tabela 3 – Nomenclatura dos Cimentos Portland	19
Tabela 4 – Propriedades mecânicas de barras e fios de aço.....	21
Tabela 5 – Tipos de espaçadores para pilares	31
Tabela 6 – Tipos de espaçadores para fundo de vigas	31
Tabela 7 – Tipos de espaçadores para lateral de viga ou viga parede	32
Tabela 8 – Tipos de espaçadores para lajes.....	33
Tabela 9 – Espaçador circular para pilar	34
Tabela 10 – Espaçador circular para lateral de viga	34
Tabela 11 – Cobrimento das armaduras.....	35
Tabela 12 – Relação entre a altura que o concreto vai ser lançado, abatimento do tronco de cone e o diâmetro do agregado graúdo	37
Tabela 13 – Tipo de peça ser concretada e abatimento do tronco de cone	37
Tabela 14 – Verificação da estrutura	44

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.....	15
2. OBJETIVO.....	15
3. METODOLOGIA.....	15
4. ALGUMAS ESTRUTURAS DE CONCRETO.....	16
4.1. Alvenaria Estrutural	16
4.1.1. Blocos.....	17
4.1.2. Graute.....	17
4.1.3. Aço	17
4.2. Estrutura de Concreto Armado.....	18
4.2.1. Cimento	19
4.2.2. Agregados.....	20
4.2.3. Água	20
4.2.4. Aço	20
5. CIMBRAMENTO	21
5.1. Pilares	22
5.2. Vigas.....	25
5.3. Lajes	26
Figura 17 – Cimbramento da laje	28
6. ARMADURAS.....	30
6.1. Montagem das Armaduras.....	30
6.2. Espaçadores de Armaduras.....	30
6.3. Cobrimento das Armaduras	35
7. CUIDADOS COM A CONCRETAGEM.....	35
7.1. Recebimento do Concreto	36
7.2. Lançamento do Concreto.....	36
7.2.1. Concretagem do pilar	38

7.3.	Adensamento do Concreto.....	39
7.4.	Controle Tecnológico do Concreto	40
7.5.	Mapeamento e Rastreamento de Concretagem.....	41
7.6.	Cura	43
8.	DESFORMA E RETIRADA DE ESCORAS REMANESCENTES	43
9.	VERIFICAÇÃO DO PRODUTO	44
11.	CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	48
12.	REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA	49

1. INTRODUÇÃO

Na construção civil é comum o uso de três tipos de estruturas: reticuladas, elementos planos e tridimensionais. As estruturas reticuladas são aquelas nas quais os esforços são transmitidos por elementos lineares, ou seja, das três dimensões, uma das dimensões é bem maior do que as outras duas, tais como, vigas e pilares. Já as estruturas de elementos planos, onde uma das dimensões é bem menor do que as outras duas, os esforços são transmitidos por planos de carregamentos, o que ocorre no caso da alvenaria estrutural e de lajes. As estruturas tridimensionais apresentam as três dimensões com a mesma ordem de grandeza, como no caso de bloco de fundação.

Neste trabalho, consideram-se somente estruturas em concreto armado, abordando os procedimentos para a montagem das fôrmas, da armação e cimbramento de pilares, vigas e lajes. O lançamento e adensamento do concreto também são itens importantes, caso sejam mal executadas podem comprometer a estrutura. O mapeamento e rastreamento de concretagem tornam-se fundamentais, caso haja alguma irregularidade, o local onde o concreto foi lançado, poderá ser identificado.

2. OBJETIVO

O presente trabalho tem a finalidade de verificar a qualidade das estruturas quanto aos materiais e equipamentos utilizados na execução, para melhorar a segurança. Tratando-se de estruturas, é de extrema importância sua integridade e execução, caso contrário, podem surgir patologias.

3. METODOLOGIA

Este trabalho foi realizado com base nas Especificações Técnicas da Gafisa e experiência em obras.

Foram utilizados artigos científicos retirados da *internet*, indicados na referência bibliográfica e, para auxílio, foram utilizados livros, também indicados na referência bibliográfica.

Nos itens a seguir são descritos os tipos de estruturas mais comumente utilizados nas obras e, os materiais que são utilizados. Os materiais são praticamente os mesmos, mudando somente o modo de aplicação.

Nos outros capítulos, são a respeito dos procedimentos pelo qual devem ser realizados para se obter uma estrutura com qualidade.

4. ALGUMAS ESTRUTURAS DE CONCRETO

4.1. Alvenaria Estrutural

A alvenaria estrutural é o método construtivo mais antigo, e ainda hoje é muito utilizado. Os egípcios utilizaram esta técnica na construção das pirâmides de Gizé, ilustrado na figura 1, (três grandes pirâmides, Quéfren, Queóps e Miquerinos) em 2600 A.C., era praticamente o empilhamento de um bloco de pedra sobre o outro.



Figura 1 – Pirâmides de Guizé (Fonte: Illuminati – Tiles Experts. Disponível em: <http://tilesexperts.com/wordpress/os-misterios-das-piramides-de-gize/>)

Somente no século XX que a alvenaria estrutural começou a ser desenvolvida, através de teorias para dimensionamento das peças que compõem a alvenaria. Na alvenaria estrutural são as paredes que tem a função de suportar as cargas, podem ser de blocos de concreto, cerâmicos ou sílico calcários. No Brasil, os blocos de concreto são os mais utilizados.

4.1.1. Blocos

Os blocos estruturais, figuras 2 e 3, assemelham-se muito com os blocos de vedação. Sua diferença é quanto à espessura das paredes dos blocos, os blocos estruturais apresentam paredes mais espessas para poderem suportar uma maior força de compressão.



Figura 2 – Blocos concreto, Família 39 (Fonte: Especificações Técnicas Gafisa – Alvenaria Estrutural, pág. 19)



Figura 3 – Blocos concreto, Família 29 (Fonte: Especificações Técnicas Gafisa – Alvenaria Estrutural, pág. 19)

4.1.2. Graute

O graute é um tipo de concreto com agregados miúdos de grande resistência a compressão. Apresenta uma maior fluidez para poder passar nos vãos dos blocos. Sua função básica é de aumentar a resistência das paredes, pois aumenta a área resistente além de solidarizar a armadura com os blocos a fim de aumentar a resistência à tração.

4.1.3. Aço

A alvenaria estrutural pode ser armada, parcialmente armada ou não armada, dependendo da solicitação da estrutura. As armaduras são colocadas nos vãos dos blocos e envolvidas por graute, para que a estrutura possa suportar as forças de tração.

4.2. Estrutura de Concreto Armado

O principal material é o concreto, que pode ser dosado no canteiro de obras ou dosado em central. O concreto é uma mistura do cimento (aglomerante), areia (agregado miúdo), brita (agregado graúdo) e água, em proporções definidas. Os concretos normais, segundo a NBR 8953 – 2002 são classificados em dois grupos de resistência, de acordo com as tabela 1 e 2:

Tabela 1 – Classes de resistência do grupo I (Fonte: NBR 8953/1992, pág. 2)

Grupo I de resistência	Resistência característica à compressão (MPa)
C10	10
C15	15
C20	20
C25	25
C30	30
C35	35
C40	40
C45	45
C50	50

Tabela 2 – Classes de resistência do grupo II (Fonte: NBR 8953/1992, pág. 2)

Grupo II de resistência	Resistência característica à compressão (MPa)
C55	55
C60	60
C70	70
C80	80

A letra “C”, refere-se ao concreto normal com massa específica seca compreendida entre 2000 kg/m³ e 2800 kg/m³, os números após a letra, indicam a resistência característica à compressão (f_{ck}) para uma idade de 28 dias, em MPa.

4.2.1. Cimento

O cimento é o principal constituinte do concreto, apresenta-se como um pó fino e reage na presença de água. Existem vários tipos de cimento, vide tabela 3:

Tabela 3 – Nomenclatura dos Cimentos Portland

Nome Técnico		Sigla	Classe	Identificação do Tipo e Classe
Cimento Portland Comum (NBR 5732)	Cimento Portland Comum	CP I	25	CP I-25
			32	CP I-32
			40	CP I-40
	Cimento Portland Comum com adição	CP I-S	25	CP I-S-25
			32	CP I-S-32
			40	CP I-S-40
Cimento Portland Composto (NBR 11578)	Cimento Portland Composto com Escória	CP II-E	25	CP II-E-25
			32	CP II-E-32
			40	CP II-E-40
	Cimento Portland Composto com Pozolana	CP II-Z	25	CP II-Z-25
			32	CP II-Z-32
			40	CP II-Z-40
	Cimento Portland Composto com Filer	CP II-F	25	CP II-F-25
			32	CP II-F-32
			40	CP II-F-40
Cimento Portland de Alto Forno (NBR 5735)		CP III	25	CP III-25
32	CP III-32			
40	CP III-40			
Cimento Portland Pozolânico (NBR 5736)		CP IV	25	CP IV-25
32	CP IV-32			
40	CP IV-40			
Cimento Portland de Alta Resistência (NBR 5733)		CP V-ARI	-	CP V-ARI
Cimento Portland Resistente aos Sulfatos (NBR 5737)		-	25 32 40	Sigla e classe dos originais acrescidos do RS
Cimento Portland de Baixo Calor de Hidratação (NBR 13116)		-	25 32 40	Sigla e classe dos originais acrescidos do BC
Cimento Portland Branco (NBR 12989)	Cimento Portland Branco Estrutural	CPB	25	CPB-25
			32	CPB-32
			40	CPB-40
	Cimento Portland Branco Não Estrutural	CPB	-	CPB
Cimento para Poços Petrolíferos (NBR 9831)		CPP	G	CPP – classe G

4.2.2. Agregados

Os agregados são materiais que não reagem com o cimento (inertes), tem a função de aumentar a resistência e, dar mais volume ao concreto, melhorando assim a relação custo benefício.

Podem ser divididos em graúdos e miúdos. Os agregados graúdos são aqueles que ficam retidos na peneira de número quatro, ou, com diâmetro de 4,8 mm, o material que passa pela peneira é o agregado miúdo.

No caso da areia é importante considerar a sua umidade, uma vez que pode causar o inchamento, uma umidade de 3 % pode causar um inchamento de até 30 % da areia.

Tamanha a importância dos agregados, eles passam por ensaios para se ter controle quanto a sua composição granulométrica, impurezas orgânicas, massa específica real e aparente, entre outros.

4.2.3. Água

A água é importante para a reação do concreto, ela deve estar isenta de impurezas para que não prejudique a reação. Em excesso, ela pode provocar diminuição na resistência da peça que foi concretada. A quantidade de água necessária para hidratar o cimento é bem menor do que a quantidade que normalmente é usada, porque o concreto precisa ter consistência e trabalhabilidade, caso haja pouca água na mistura, o concreto ficaria muito duro, dificultando assim a concretagem de peças como vigas e pilares.

4.2.4. Aço

Como o concreto apresenta uma baixa resistência à tração, é necessário adicionar o aço, daí o nome concreto armado. Só foi possível juntar esses dois materiais devido à compatibilidade de ambos.

A aderência faz com que o concreto e o aço trabalhem juntos, como uma peça única. Na região de tração onde o concreto possui pouca resistência, o concreto arrasta as barras de aço fazendo com que as barras absorvam as forças de tração. Na região de compressão, caso o concreto não suporte as forças de compressão, uma parcela desta força é absorvida pelas barras de aço.

Os coeficientes de dilatação térmica do concreto e do aço são aproximadamente iguais:

- Concreto: $1,0 \times 10^{-5}/^{\circ}\text{C}$;
- Aço: $1,2 \times 10^{-5}/^{\circ}\text{C}$.

O concreto tem a função também, de proteger as barras de aço contra a oxidação fazendo com que a estrutura tenha uma vida mais longa.

Na tabela 4 verificam-se algumas propriedades das barras e fios de aço usados nas armaduras de concreto armado.

Tabela 4 – Propriedades mecânicas de barras e fios de aço (Fonte: NBR 7480/1996, pág. 7)

Categoria	Ensaio de tração (valores mínimos)			Ensaio de dobramento a 180°		Aderência
	Resistência característica de escoamento f_y (MPa)	Limite de resistência f_{st} MPa	Alongamento em 10 ϕ (%)	Diâmetro de pino (mm)		Coeficiente de conformação superficial mínimo para $\phi \geq 10$ mm η
				$\phi < 20$	$\phi \geq 20$	
CA-25	250	1,20 f_y	18	2 ϕ	4 ϕ	1,0
CA-50	500	1,10 f_y	8	4 ϕ	6 ϕ	1,5
CA-60	600	1,05 f_y	5	5 ϕ	-	1,5

5. CIMBRAMENTO

Cimbramento é o conjunto de elementos provisórios utilizados para apoiar as fôrmas das vigas e lajes resistindo às cargas atuantes do peso próprio do concreto, do movimento operacional e o peso próprio das fôrmas.

As fôrmas têm a função de dar geometria às estruturas, com certas tolerâncias para que não comprometam a execução dos próximos serviços, como no caso da alvenaria. Se o pilar estiver fora de prumo, será necessário um enchimento de massa para que a alvenaria e a estrutura fiquem solidarizadas.

5.1. Pilares

Os principais elementos da fôrma do pilar são: gravatas, gastalhos e escoras para aprumar o pilar.

As gravatas são constituídas de barras de ancoragem, porcas borboletas e sanduíches metálicos. Como ilustrado na figura 4:



Figura 4 – Barra ancoragem, porca borboleta e sanduíche metálico (Fonte: Especificações Técnicas Gafisa – Cimbramento, pág. 3)

Para os pilares de periferia utilizam-se barras de ancoragem com duas porcas borboletas, figura 5, devido à segurança e a maior facilidade de montagem e desmontagem.



Figura 5 – Barras de ancoragem (Fonte: Especificações Técnicas Gafisa – Cimbramento, pág. 4)

- 1 – Barra de ancoragem com uma chapa metálica e uma porca borboleta;
- 2 – Barra de ancoragem com duas porcas borboletas.

O galhalho, figura 6, deve estar pintado com tinta acrílica vermelho para uma melhor visualização e o número de identificação pintado de amarelo. Através do galhalho que é levantado a fôrma para o pilar.



Figura 6 – Galhalho de pilar (Fonte: Treinamento de estrutura de concreto armado 2010.

Disponível em: <http://dc250.4shared.com/doc/MB2GySQa/preview.html>)

É importante uma boa vedação, figura 7, entre o galhalho e a laje para que não haja fuga de nata do concreto no pé do pilar. Pode ser utilizado massa podre (mistura de cimento e areia), ou polietileno. Devido à facilidade de produzir massa podre, este material é comumente mais utilizado.

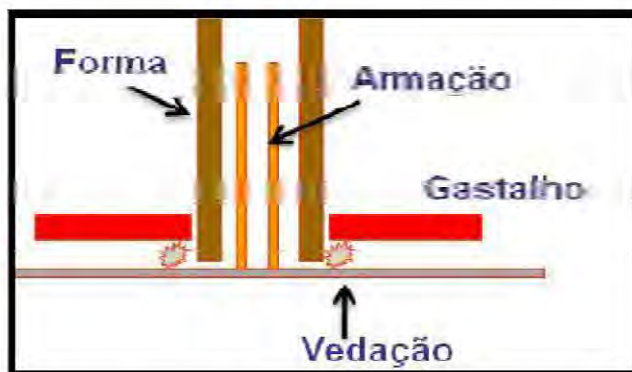


Figura 7 – Vedação do galhalho (Fonte: Especificações Técnicas Gafisa – Estrutura de concreto armado, pág. 55)

Depois de montado as fôrmas, verifica-se o prumo dos pilares. Caso o pilar não esteja no prumo é necessário ajustá-lo, por isso é interessante o uso de aprumadores com regulagem milimétrica, figura 8.



Figura 8 – Aprumador metálico com regulagem milimétrica (Fonte: Especificações Técnicas Gafisa – Cimbramento, pág. 3)

É utilizada a régua técnica para verificação do prumo. As figuras 9 e 10 ilustram o procedimento para a realização de tal tarefa.



Figura 9 – Régua técnica para verificação do prumo do pilar (Fonte: Especificações Técnicas Gafisa – Estrutura concreto armado, pág. 53)



Figura 10 – Detalhe da régua técnica (Fonte: Especificações Técnicas Gafisa – Estrutura concreto armado, pág. 53)

5.2. Vigas

Para o cimbramento das vigas podem ser utilizados escoras de madeira, ilustrado na figura 12, torres metálicas de acordo com a figura 11 ou escoras com cruzeta, figura 13, ficando a critério da obra a escolha.

Geralmente são utilizadas torres metálicas devido a sua capacidade de carga, precisão no nivelamento e durabilidade.



Figura 11 – Torres metálicas para o cimbramento das vigas

No caso de utilização de escoras de madeira, eles devem ser pintados com tinta acrílica vermelha e é recomendado o uso destes, somente para vigas com até 74 cm de altura devido à madeira ter uma capacidade de carga menor do que o metal.



Figura 12 – Escoras de madeira para o cimbramento de vigas



Figura 13 – Escora com cruzeta para apoio da viga (Fonte: KJP Andaimos e Máquinas.

Disponível em: <http://www.kjpandaimos.com.br/escoras-metalicas.html>)

5.3. Lajes

A montagem do cimbramento das lajes é feita inicialmente montando as escoras com tripé na posição vertical de acordo com a figura 14, colocam-se os forçados, figura 15, nas extremidades das escoras ajustando a altura através do tubo telescópico.



Figura 14 – Escora metálica com tripé (Fonte: Via Trade Escoras Metálicas. Disponível em: <http://www.escorasmetalicas.com.br/acessorios.cfm>)



Figura 15 – Forcado ajustável (Fonte: Soldaserv. Disponível em: <http://www.soldaserv.com.br/comp.html>)

Nos forcados, apóiam-se as vigas principais de madeira até o limite onde será a laje, figura 16. As vigas secundárias, também de madeira sintética são apoiadas nas vigas principais na posição transversal. E, finalmente, o assoalho da laje é apoiado nas vigas transversais.

As vigas, figura 16, são de madeira sintética, apresentam chanfros em suas extremidades para evitar que a madeira lasque, e apresentam o perfil em “T”.



Figura 16 – Vigas de madeira sintética (Fonte: Rotaxo. Disponível em: <http://www.rotaxo.es/o-alquiler-rodamientos-retenes-vigas-H20-andamios-446599.html>)

A utilização das torres metálicas é uma boa opção devido à facilidade de montagem, tornando o procedimento mais rápido. A durabilidade do metal também é um atrativo, principalmente quando trata-se de um pavimento tipo em que os andares são repetidos várias vezes.

Após 48 horas da concretagem as fôrmas podem ser retiradas, restando apenas às escoras remanescentes, que ficam escoradas por um período especificado pelo projetista



Figura 17 – Cimbramento da laje

É necessário colocar chapas de compensados de madeira acima dos suportes para evitar marcas na laje, figura 18. Caso as escoras sejam retiradas antes do tempo necessário do concreto atingir a resistência, pode haver danos irreversíveis como deformações, prejudicando a rigidez e a resistência.



Figura 18 – Escoras remanescentes (Fonte: Revista Técnica. Disponível em: <http://dc343.4shared.com/doc/ybnjXE5L/preview.html>)

Quando as escoras forem apoiadas diretamente no solo o cimbramento que tiver terreno como apoio devem estar apoiadas sob pranchões de madeira, figura 19, para que a carga que a escora estiver recebendo, seja distribuída através dos pranchões, caso contrário a escora corre o risco de afundar no terreno.



Figura 19 – Escoras sob pranchões de madeira

6. ARMADURAS

6.1. Montagem das Armaduras

Para montagem das armaduras é recomendável a montagem de bancadas para o armador, uma bancada principal onde ficará a serra elétrica policorte para cortar as barras de aço, uma segunda bancada onde servirá para fazer as dobras e, próximo ao local onde será concretado é interessante ter-se uma bancada para facilitar a montagem das armaduras.

6.2. Espaçadores de Armaduras

São peças, tabelas 5, 6, 7 e 8, colocadas entre as armaduras e as fôrmas com o propósito de garantir o cobrimento total das armaduras evitando assim possíveis danos à estrutura, como por exemplo, a exposição das barras de aço. Estas peças devem ser resistentes, pois devem suportar o peso das armaduras, sem sofrer quebras e deformações.

Tabela 5 – Tipos de espaçadores para pilares (Fonte: Especificações Técnicas Gafisa – Estrutura Concreto Armado, pág. 64)

Peça estrutural	Material	Tipo do espaçador		Espaçamento	Consumo
		Nome	Foto		
Pilar	Plástico	Circular		Vide tabela 9	8 peças por metro linear
		Cone / Chupeta		2 peças a cada 60 cm ou conforme projeto de fôrmas	4 peças por metro linear
		Tubo PVC		1 peça a cada 60 cm ou conforme projeto de fôrmas	1,7 peça por metro linear
	Argamassa	Pastilha		1 metro entre linhas de espaçadores	6 peças por metro linear

Tabela 6 – Tipos de espaçadores para fundo de vigas (Fonte: Especificações Técnicas Gafisa – Estrutura Concreto Armado, pág. 64)

Peça estrutural	Material	Tipo do espaçador		Espaçamento	Consumo
		Nome	Foto		
Viga - Fundo	Plástico	Pino		50 cm	2 peças por metro linear
		Cavalete		50 cm	2 peças por metro linear
		Centopéia		1 peça por metro linear	1 peça por metro linear
	Argamassa	Pastilha		50 cm	2 peças por metro linear

Tabela 7 – Tipos de espaçadores para lateral de viga ou viga parede (Fonte: Especificações Técnicas

Gafisa – Estrutura Concreto Armado, pág. 64)

Peça estrutural	Material	Tipo do espaçador		Espaçamento	Consumo
		Nome	Foto		
Viga – lateral ou parede	Plástico	Circular		Vide tabela 10	6 peças por metro linear
		Cone / Chupeta		2 peças a cada 60 cm ou conforme projeto de fôrmas	4 peças por metro linear
		Tubo PVC		1 peça a cada 60 cm ou conforme projeto de fôrmas	1,7 peça por metro linear
	Argamassa	Pastilha		1 metro entre linhas de espaçadores	6 peças por metro linear

Tabela 8 – Tipos de espaçadores para lajes (Fonte: Especificações Técnicas Gafisa – Estrutura Concreto Armado, pág. 65)

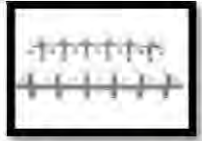
Peça estrutural	Material	Tipo do espaçador		Espaçamento	Consumo
		Nome	Foto		
Lajes	Plástico	Pino		50 cm	4 peças por m ² de laje
		Cavalete		50 cm	4 peças por m ² de laje
		Centopéia		50 cm	3 a 4 peças por m ² de laje
	Argamassa	Pastilha		50 cm	4 peças por m ² de laje
		Triângulo (armação negativa)		80 cm	1,2 peça por m ² de laje
	Aço	Treliça (armação negativa)		Treliça corrida espaçada a cada 60 cm	1,25 metro lineares por m ²
		Soldado (armação negativa)		Treliça corrida espaçada a cada 80 cm	1,4 metro lineares por m ²

Tabela 9 – Espaçador circular para pilar (Fonte: Especificações Técnicas Gafisa – Estrutura Concreto Armado, pág. 66)

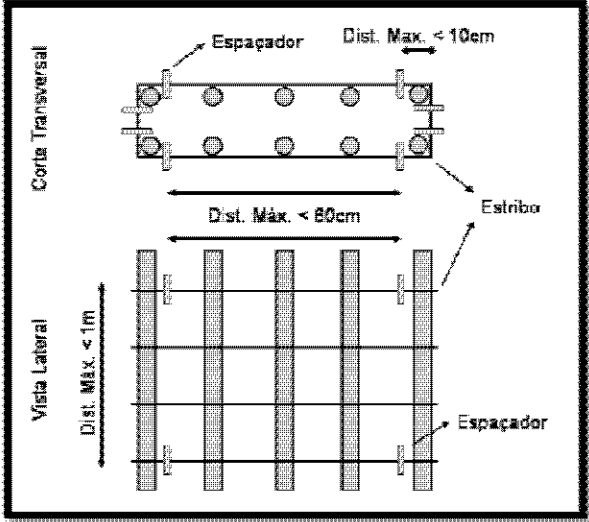
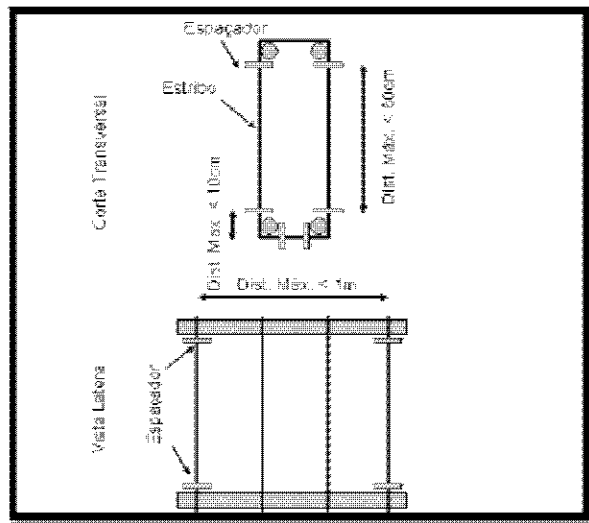
Espaçador Circular para Pilar: • Verticalmente cada linha de espaçadores deve estar distantes no máximo um metro. • Horizontalmente deve haver no mínimo dois espaçadores por face de pilar, sendo que a distância do 1º até a face < 10 cm e a distância máxima entre dois espaçadores < 60 cm, resultando em no mínimo oito espaçadores por linha;	 Diagrama de um pilar de concreto armado mostrando a disposição dos espaçadores circulares. A seção transversal (Corta Transversal) mostra uma grade de espaçadores com uma distância máxima de 10 cm entre eles e uma distância máxima de 60 cm entre as faces. A vista lateral (Vista Lateral) mostra a disposição dos espaçadores ao longo do comprimento do pilar, com uma distância máxima de 1 m entre eles. Os espaçadores são representados por círculos e os estribos por retângulos.
---	---

Tabela 10 – Espaçador circular para lateral de viga (Fonte: Especificações Técnicas Gafisa – Estrutura Concreto Armado, pág. 67)

Espaçador Circular para Lateral de Viga: • Horizontalmente cada linha de espaçadores deve estar distantes no máximo um metro. • Verticalmente deve haver no mínimo dois espaçadores por face de viga, sendo que a distância do 1º até a face < 10cm e a distância máxima entre dois espaçadores < 60cm, resultando em no mínimo seis espaçadores por linha.	 Diagrama de uma viga de concreto armado mostrando a disposição dos espaçadores circulares. A seção transversal (Corta Transversal) mostra uma grade de espaçadores com uma distância máxima de 10 cm entre eles e uma distância máxima de 60 cm entre as faces. A vista lateral (Vista Lateral) mostra a disposição dos espaçadores ao longo do comprimento da viga, com uma distância máxima de 1 m entre eles. Os espaçadores são representados por círculos e os estribos por retângulos.
--	--

6.3. Cobrimento das Armaduras

De acordo com a NBR 6118/2003, dependendo da classe de agressividade do ambiental teremos variações nas espessuras do cobrimento da armadura, tabela 11.

Tabela 11 – Cobrimento das armaduras (Fonte: NBR 6118/2003, pág. 23)

Tipo de estrutura	Componente ou elemento	Classe de agressividade ambiental			
		I	II	III	IV
		Cobrimento nominal Mm			
Concreto armado	Laje	20	25	35	45
	Viga / Pilar	25	30	40	50

7. CUIDADOS COMA CONCRETAGEM

Antes do início da concretagem é preciso verificar se há condições para iniciar o trabalho.

- Na concretagem da laje do pavimento seguinte, a do anterior deve ter sido concretados à pelo menos quatro dias antes (critério da empresa), pois, caso contrário irá comprometer a estrutura, por não suportar o peso da nova laje;
- Os escoramentos remanescentes das lajes inferiores devem estar posicionados;
- As fôrmas devem estar limpas e com desmoldantes aplicados;
- As armaduras devem estar verificadas, já com seus respectivos espaçadores;
- As proteções de periferia devem estar instaladas;
- Programar o controle tecnológico do concreto, com um moldador no local;
- Os gabaritos para rebaixo das lajes devem estar posicionados;
- Os gabaritos para os furos da passagem de instalações elétricas devem estar posicionadas;
- Os gabaritos para a passagem hidráulica devem estar posicionados;
- Os eletrodutos devem estar conferidos e estar amarrados às armaduras positivas para que não haja movimentação.

7.1. Recebimento do Concreto

Verificar na nota fiscal se as características do concreto estão de acordo com o que foi solicitado, f_{ck} , diâmetro do agregado, *shump test* e o volume.

Conferir o horário em que o caminhão betoneira foi carregado, após duas horas e 30 minutos é o tempo que o concreto começa a iniciar a pega, após este tempo, o concreto não pode ser utilizado em peças estruturais.

Após a descarga de cerca de $0,5 \text{ m}^3$ de concreto, coleta-se um pouco do material para a realização do *shump test*. Se o abatimento do tronco de cone estiver acima do limite máximo o concreto deve ser rejeitado, caso esteja abaixo do limite mínimo, pode-se adicionar água desde que o abatimento não esteja numa diferença maior que 25 mm. Ao adicionar água realiza-se novamente o *shump test*, se o abatimento do tronco de cone não alcançou o limite mínimo, o concreto deve ser rejeitado. Na nota fiscal deve constar a quantidade máxima de água que pode ser adicionada.

7.2. Lançamento do Concreto

O concreto pode ser lançado por meio de bombas, guias ou por giricas.

Para o lançamento de concreto com o uso de bombas, utiliza-se desmoldante nas tubulações para evitar resíduos de concreto. É necessário colocar cavaletes nas tubulações e nos mangotes evitando assim que a armadura seja danificada (figura 20).



Figura 20 – Tubulação sobre cavalete (Fonte: Especificações Técnicas Gafisa – Estrutura concreto armado, pág. 37)

A Tabela 12 mostra, para concreto bombeado, a relação entre a altura que o concreto vai ser lançado, abatimento do tronco de cone e o diâmetro do agregado graúdo:

Tabela 12 – Relação entre a altura que o concreto vai ser lançado, abatimento do tronco de cone e o diâmetro do agregado graúdo (Fonte: Especificações Técnicas Gafisa – Estrutura Concreto Armado, pág. 36)

Altura de bombeamento (m)	Abatimento mínimo (mm)	Agregado graúdo
40 (14 pavimentos)	90 ± 10	1 e 2
50 (18 pavimentos)	100 ± 10	1
60 (21 pavimentos)	120 ± 20	1
80 (28 pavimentos)	140 ± 20	1
100 (35 pavimentos)	160 ± 30	0 e 1

Para alturas muito elevadas, o abatimento do tronco de cone tem que ser alto, pois o concreto perde fluidez durante a passagem na tubulação e, um concreto muito fluido com f_{ck} elevado tem um custo alto, sendo mais viável financeiramente a utilização da grua para alturas muito elevadas.

Para concreto lançado por meio de guias, são utilizadas caçambas de 500 ou 1000 L. É recomendado a utilização de duas caçambas, enquanto uma caçamba é carregada de concreto a outra é descarregada.

A Tabela 13 mostra a relação entre o tipo de peça a ser concretada e o abatimento do tronco de cone.

Tabela 13 – Tipo de peça ser concretada e abatimento do tronco de cone (Fonte: Especificações Técnicas Gafisa – Estrutura Concreto Armado, pág. 36)

Tipos de peças estruturais	Abatimento (mm)
Sapatas	70
Blocos e paredes armadas	80
Pilares, vigas e lajes	70

Para concretagem com giricas, figura 21, deve-se molhá-la antes de colocar o concreto, evitando assim o acúmulo. Quanto ao abatimento do tronco de cone não há nenhuma restrição.



Figura 21 – Girica (Fonte: Royal Máquinas e Ferramentas. Disponível em: <http://www.royalmaquinas.com.br/loja/website/168/972/construcao-civil/girica-com-pneu-e-camara-160L.html>)

7.2.1. Concretagem do pilar

Caso a altura de lançamento seja superior a três metros é necessário a abertura lateral na fôrma (janela) para acesso do vibrador. A concretagem deve terminar com 1,5 cm acima da cabeça do pilar, figura 22, para evitar o acúmulo de sujeiras e possíveis problemas nas juntas entre viga e pilar.



Figura 22 – Junta entre pilar e viga (Fonte: Especificações Técnicas Gafisa – Estrutura concreto armado, pág. 40)

7.3. Adensamento do Concreto

O adensamento é realizado através de vibradores de imersão, figura 23, os principais objetivos do adensamento são retirar as bolhas de ar, homogeneizar a mistura, diminuir a porosidade do concreto e preencher toda a fôrma melhorando a resistência do concreto.

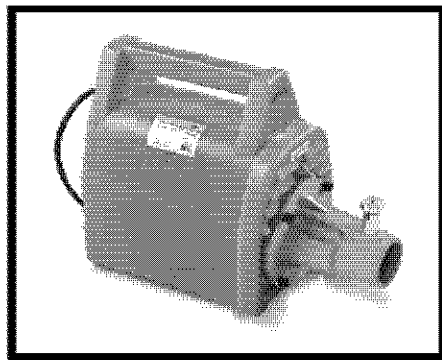


Figura 23 – Vibrador de imersão (Fonte: América Máquinas. Disponível em: http://www.americamaquinas.com.br/MotovibradoresMangotes-e-Motores-de-Acionamento/Motores-de-Acionamento/Protector/CSM/motor-acionamento-para-vibradores-imersao-protector-2cv-trifasico-base-fixa__93151-SIT.html)

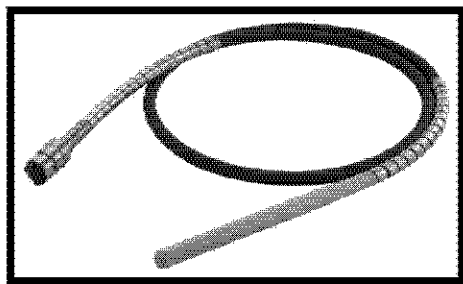


Figura 24 – Mangote (Fonte: América Máquinas. Disponível em: http://www.americamaquinas.com.br/MotovibradoresMangotes-e-Motores-de-Acionamento/Mangotes/Concreto/Branco/vibrador-concreto-branco-bv-32-mm-19812220__92059-SIT.html)

O excessivo uso do vibrador pode acarretar segregação do concreto, os agregados tendem a descer e a água a subir, comprometendo assim a peça concretada. Para evitar o excesso de vibração, a vibração deve ser paralísada quando cessar o surgimento de bolhas e aparecer uma película de água na superfície.

Um concreto bem vibrado elimina as “bicheiras” (figura 25) fazendo com que toda a fôrma seja preenchida.



Figura 25 – “Bicheira” em pilar (Fonte: Consultoria e Análise. Disponível em: <http://www.consultoriaeanalise.com/2009/06/falha-na-execucao-do-pilar.html>)

7.4. Controle Tecnológico do Concreto

No início da obra, para determinação da curva de evolução de resistência é retirado duas amostras de concreto para cada idade: 3, 7, 14, 28 e 63 dias, portanto, são moldados 10 corpos de prova (figura 26). Quando houver uma nova concretagem e o concreto for da mesma classe de uma concretagem anterior, não é necessário moldar 10 corpos de prova. Molda-se somente quatro corpos de prova para as seguintes idades: 7 e 28 dias.

Geralmente contrata-se uma empresa para a realização deste tipo de serviço. Esta empresa envia um relatório para a obra com a resistência do concreto aos 28 dias, caso o concreto não atinja a resistência prescrita no projeto, ela é responsável por retirar amostras da obra e realizar novos ensaios. Se estas amostras não atingirem a resistência prescrita, o projetista deve ser contatado para tomar as devidas providências.

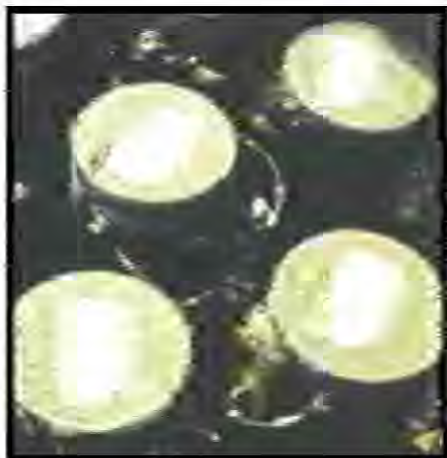


Figura 26 – Corpos de prova (Fonte: Especificações Técnicas Gafisa – Concreto usinado, pág. 17)

7.5. Mapeamento e Rastreamento de Concretagem

O rastreamento de concretagem torna-se importante quando o concreto não atinge a resistência necessária aos 28 dias. Caso o engenheiro calculista decida que tal área deve ser removida, o mapeamento torna-se útil, pois sabe-se o local exato.

Na planta, marca-se o número da ordem de lançamento das betoneiras, figura 27, o número um indica que a primeira betoneira foi descarregada no local onde a linha preta limita. No caso, foram concretados com a primeira betoneira, quatro pilares, uma viga e um trecho da outra viga e trechos das duas lajes. Conforme as betoneiras descarregam, marca-se na planta o local onde foi concretado e a respectiva betoneira até o fim da concretagem.

Para concretagem em uma etapa, onde concretam-se pilares, vigas e lajes no mesmo dia, deve-se marcar todas as peças. Para concretagem em duas etapas, concretam-se primeiro os pilares e no dia seguinte as vigas e lajes, deve-se marcar na mesma planta as duas etapas, dando continuidade na numeração.

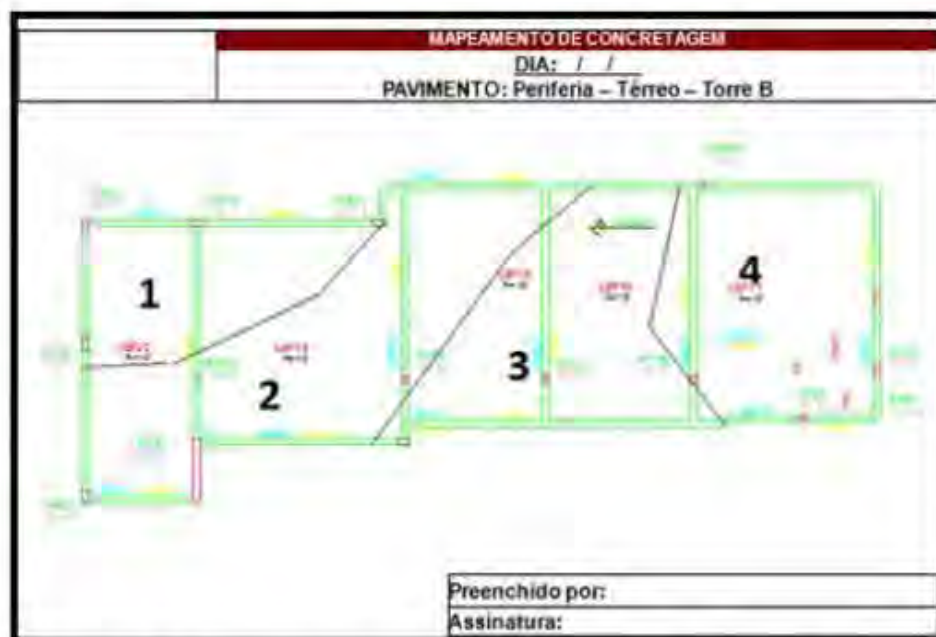


Figura 27 – Exemplo de rastreamento de concretagem (Fonte: Especificações Técnicas Gafisa – Mapeamento)

No mapeamento, figura 28, a primeira coluna indica a ordem em que as betoneiras foram descarregadas, a segunda coluna, o volume de cada betoneira e as seguintes colunas marcam os horários de carga da betoneira na usina, de chegada na obra, de início de descarga e de término de descarga, respectivamente. Os horários são importantes para o controle do tempo de concretagem para que não ultrapasse o tempo de duas horas e 30 minutos, pois este é o tempo para o concreto iniciar a “pega”.

MAPEAMENTO DE CONCRETAGEM					
DIA: 28/04/2010					
PAVIMENTO: PAVIMENTO TORRE B					
Nº DT	1 - VOLUME RECEBIDO M³	2 - HORÁRIO DE CARGA NA USINA	3 - HORÁRIO DE CHEGADA NA OBRA	4 - HORÁRIO DE INÍCIO DA DESCARGA (obra)	5 - HORÁRIO DE TÉRMINO DA DESCARGA (obra)
1	8,0	7:06	7:33	8:04	8:27
2	8,0	7:23	7:46	8:37	9:02
3	8,0	8:28	8:53	9:34	9:48
4	8,0	9:40	10:10	10:15	10:35
5	8,0	10:17	10:52	10:57	11:26
6	8,0	10:57	11:41	11:57	12:32
7	8,0	12:42	14:20	14:27	14:53
8	8,0	13:44	14:21	15:10	15:35
Preenchido por:					
Assinatura:					

Figura 28 – Exemplo de mapeamento de concretagem (Fonte: Especificações Técnicas Gafisa – Mapeamento)

7.6. Cura

O principal objetivo da cura é evitar que a água de hidratação evapore, acelerando assim o ganho de resistência do concreto. Assim que a superfície concretada permita iniciar a cura (seca ao tato) cobre-se a laje com uma manta úmida por três dias consecutivos. Durante estes três dias, manter a manta úmida.

8. DESFORMA E RETIRADA DE ESCORAS REMANESCENTES

A retirada de qualquer fôrma deve ser cuidadosa para que o material possa ser reaproveitado, principalmente se for de um pavimento tipo. Ao retirar as fôrmas e o cimbramento, posicionar as escoras remanescentes.

Após 21 dias da concretagem retiram-se as escoras remanescentes, porém a retirada não pode ser realizada sem critérios.

Para estruturas com dois apoios iniciar a retirada das escoras do meio do vão para as laterais, para evitar esforços não considerados em projeto, figura 29 (a).

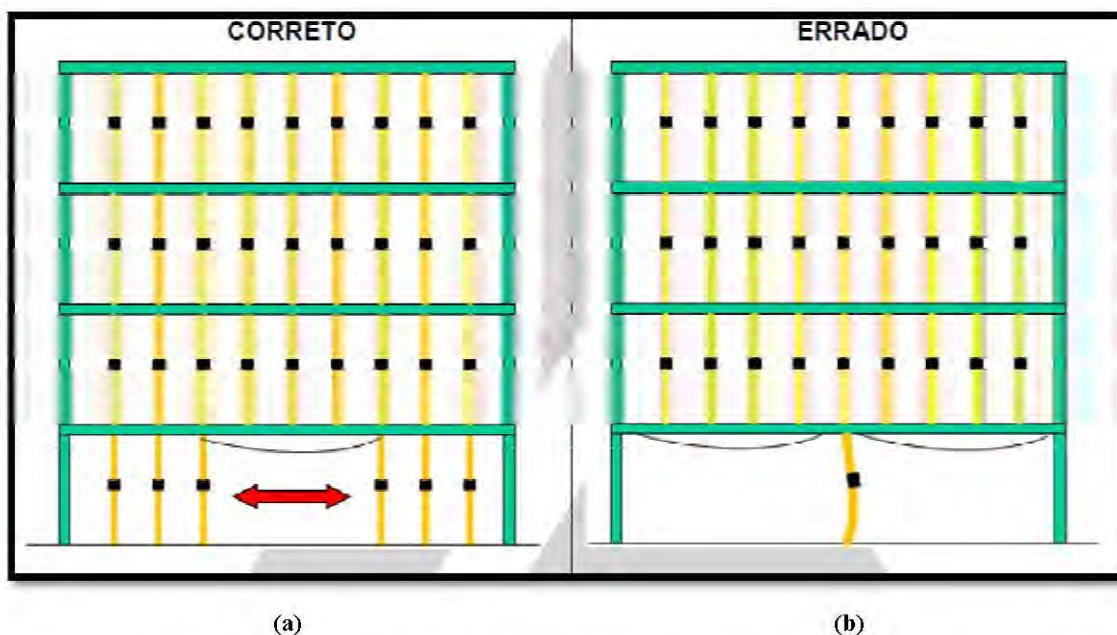


Figura 29 – Retirada de escoras remanescentes, dois apoios (Fonte: Especificações Técnicas Gafisa – Estrutura concreto armado, pág. 30)

Para estruturas em balanço as escoras devem ser retiradas da borda para o meio, figura 30 (a), este tipo de estrutura trabalha ao contrário de uma estrutura com dois apoios. Ela traciona em cima e comprime embaixo, portanto a armadura localiza-se na parte superior. Se retirarmos as escoras do meio para a borda, a estrutura irá trabalhar como se tivesse dois apoios, como não haverá armadura embaixo pode ser que a estrutura não suporte o esforço.

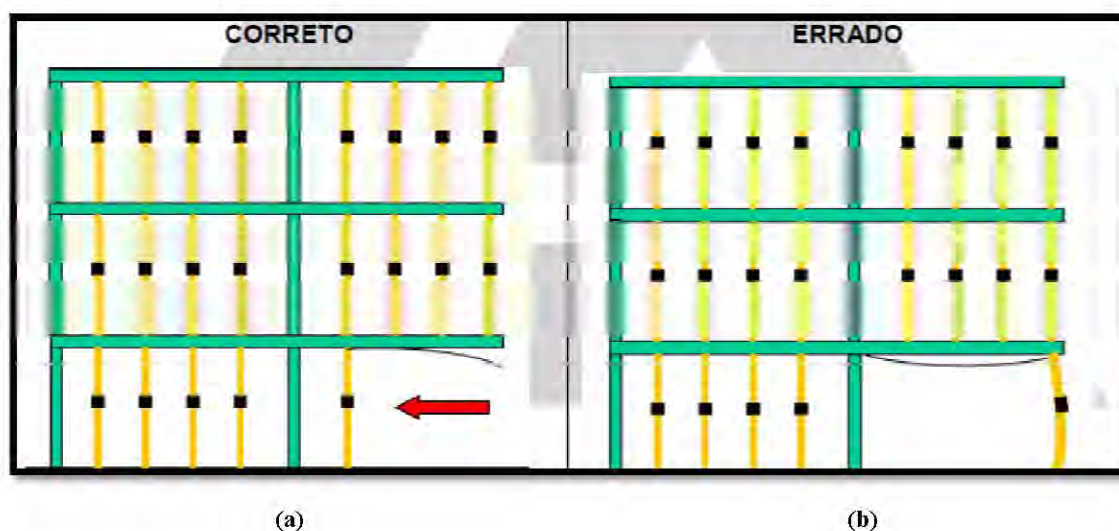


Figura 30 – Retirada de escoras remanescentes, em balanço (Fonte: Especificações Técnicas Gafisa – Estrutura concreto armado, pág. 30)

9. VERIFICAÇÃO DO PRODUTO

Tabela 14 – Verificação da estrutura (Fonte: Especificações Técnicas Gafisa – Estrutura concreto armado, pág. 76)

Itens de inspeção		Tolerância admissível	Equipamento utilizado	Execução da inspeção
Acabamento superficial	Ausência de trincas	-	Visual	Pilar, viga e lajes
	Isento de “bicheiras”	-	Visual	Pilar
			Visual	Viga
	Ausência de nata de concreto	-	Visual	Pilar
	Junta fria de concretagem solidarizado e isento de materiais estranhos	-	Visual	Encontro de pilar e viga
	Uniformidade da superfície (piso laje)	-	Visual	Sem pisada e saliências

A tabela 14 serve como parâmetro para qualificar a estrutura, caso não apresente trincas, não apresente “bicheiras”, ausência de nata nos pés dos pilares, as juntas entre pilares e vigas não apresentarem materiais estranhos e a superfície se apresentar uniforme, indica que a estrutura foi executada com qualidade.

10. PATOLOGIAS

10.1. “Bicheiras”

As “bicheiras”, figura 31, podem ser causadas por:

- Falta de vibração do concreto;
- Dimensionamento errado do diâmetro dos agregados;
- Abertura das formas;
- Taxa excessiva de armadura.

A correção pode ser feita regularizando a peça com graute ou com argamassa.



Figura 31 – “Bicheiras” (Fonte: Especificações Técnicas Gafisa – Estrutura concreto armado, pág. 9)

10.2. Segregação do Concreto

A segregação de concreto, figura 32, pode ser causada por:

- Uso excessivo do vibrador;
- Lançamento errado do concreto;
- Abertura das formas;
- Para pilares, falta de vedação entre o gualtro e a laje.

Em casos extremos, retira-se a parte com problema substituindo com grout ou argamassa. Se for somente superficial, basta regularizar com massa.



Figura 32 – Segregação do concreto (Fonte: Especificações Técnicas Gafisa – Estrutura concreto armado, pág. 10)

10.3. Deformação Geométrica

A deformação geométrica, figura 33, é causada principalmente por falhas no cimbramento. Para correção, regulariza-se a estrutura com massa, caso esteja muito irregular é necessário escarear a peça.



Figura 33 – Deformação geométrica (Fonte: Especificações Técnicas Gafisa – Estrutura concreto armado, pág. 11)

10.4. Armadura Exposta

A exposição das armaduras, figura 34, pode ser causada por:

- Falhas na execução da concretagem, caso seja bombeado, a tubulação pode danificar a armadura;
- Falta de espaçadores;
- Não amarração da armadura.

Para correção, regulariza-se a superfície com massa. Se a armadura estiver para fora da estrutura, a solução é cortar a barra de aço.

É importante não deixar as barras de aço por muito tempo exposta, pois pode causar a oxidação das barras, comprometendo assim a estrutura.

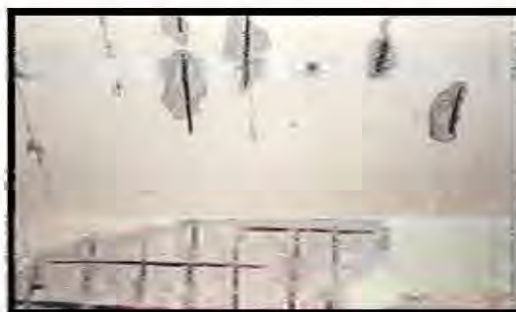


Figura 34 – Armadura exposta (Fonte: Especificações Técnicas Gafisa – Estrutura concreto armado, pág. 35)

11. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Atualmente, nas obras, não é dada tanta importância à qualidade da execução dos serviços. A maior preocupação dos construtores é cumprir prazos. Porém, se as estruturas, forem mal executadas podem apresentar defeitos e consequentemente retrabalhos atrasando em muito as obras. Lajes ou vigas “embarrigadas” que necessitam serem escareadas ou preenchidas e barras de aço que precisam ser cortadas devido à má execução na concretagem. Pilares fora de prumo ou fora de marcação. São várias as patologias, algumas podem até comprometer a estrutura.

Os materiais, equipamentos e a qualidade da mão de obra utilizados na execução das peças estruturais influenciam diretamente na qualidade interna e externa das mesmas:

- As chapas de compensado plastificado são adequadas para as fôrmas das lajes, por serem mais rígidas evitam deformações localizadas e facilitam a desforma;
- O uso de escoras e aprumadores com nivelamento e prumos milimétricos, escoras com cruzetas e forcados facilitam o posicionamento de projeto das peças estruturais, evitando que a integridade interna e externas das peças estruturais sejam afetadas.
- O uso de espaçadores nas armaduras, vibradores e cavaletes de apoio das tubulações para concretagem por bombas são necessários a fim de evitar desvios de posicionamento das armaduras.
- Os equipamentos utilizados na concretagem são de suma importância para não danificar as formas e o posicionamento das armaduras.

Finalmente, para a prevenção de possíveis patologias que podem surgir em obras, é de extrema importância o acompanhamento cuidadoso da execução dos serviços. Algumas vezes podem ocorrer erros ou inadequação do projeto com a execução, cabendo ao engenheiro de obras entrar em contato com o projetista.

12. REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA

Comparativo de grautes em alvenaria estrutural. Disponível em:

<http://portal2.unisul.br/content/navitacontent_/userFiles/File/pagina_dos_cursos/Engenharia_Civil_Tubarao/TCC_2008-A/TCC_MERSON_FRASSON.pdf>. Acessado em: 18/11/2011.

Implementação computacional para projeto e cálculo de alvenaria estrutural. Disponível em:

<http://www.webposgrad.propp.ufu.br/ppg/producao_anexos/009_Alexander%20Souza%20Grama.pdf>. Acessado em: 18/11/2011.

Resistência e deformabilidade de blocos vazados de concreto e suas correlações com as propriedades mecânicas do material constituinte. Disponível em:

<http://www.set.eesc.usp.br/pdf/download/2004ME_ClaudiusSousaBarbosa.pdf>. Acessado em: 19/11/2011.

Tabela com nomenclatura dos cimentos portland. Disponível em:

<<http://www.ime.eb.br/~webde2/prof/ethomaz/cimentos.pdf>>. Acessado em: 21/11/2011.

Associação Brasileira Cimento Portland. Disponível em:

<<http://www.abcp.org.br/conteudo/basico-sobre-cimento/basico/basico-sobre-cimento>>.

Acessado em: 21/11/2011.

JÚNIOR, Tarley Ferreira de Souza. Estruturas de Concreto Armado. Disponível em:

<http://www.tooluizrego.seed.pr.gov.br/redeescola/escolas/27/2790/30/arquivos/File/Disciplinas%20Conteudos/Quimica%20Subsequente/Quimica%20Inorganica/Carlos_3Sem_Concreto.pdf>. Acessado em: 21/11/2011.

Especificações Técnicas Gafisa – Cimbramento – Estrutura de Concreto Armado. São Paulo, 2011.

Especificações Técnicas Gafisa – Estrutura de Concreto Armado. São Paulo, 2011.

Especificações Técnicas Gafisa – Concreto Usinado. São Paulo, 2011.

Especificações Técnicas Gafisa – Fôrma Pronta. São Paulo, 2011.

BARROS, Mercia Maria S. Bottura de; MELHADO, Silvio Burrattino. **Recomendações para a Produção de Estruturas de Concreto Armado em Edifícios.** São Paulo, 1998.

MEKBEKIAN, Roberto de Souza Geraldo. **Qualidade na Aquisição de Materiais e Execução de Obras.** São Paulo: PINI, 1996.

NAZAR, Nilton. **Fôrmas e Escoramentos para Edifícios.** São Paulo: PINI, 2007.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 6118: Projeto de estruturas de concreto – Procedimento.** Rio de Janeiro 2003.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15696: Fôrmas e escoramentos para estrutura de concreto – Projeto, dimensionamento e procedimentos executivos.** Rio de Janeiro 2009.