

Dois Casos Reais de Análise de Conformidade de Concreto

Eng. M.Sc. Thomas Carmona

“CONCRETO: O MELHOR MATERIAL DO UNIVERSO”

CONCRETO



IMPORTÂNCIA



PEDRA MOLDÁVEL



“Segundo material mais consumido pela humanidade”



SUSTENTABILIDADE

“CONCRETO: O MELHOR MATERIAL DO UNIVERSO”

RESISTÊNCIA



15 / 20 / 25 / 30 ... 50 ... 150 ...



TRABALHABILIDADE

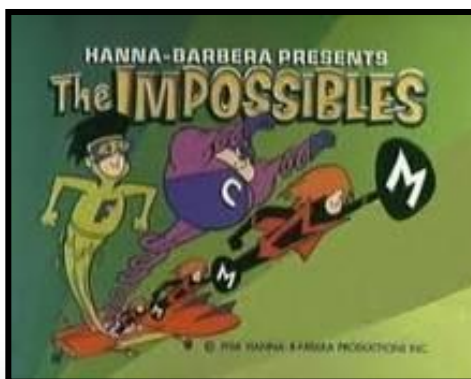
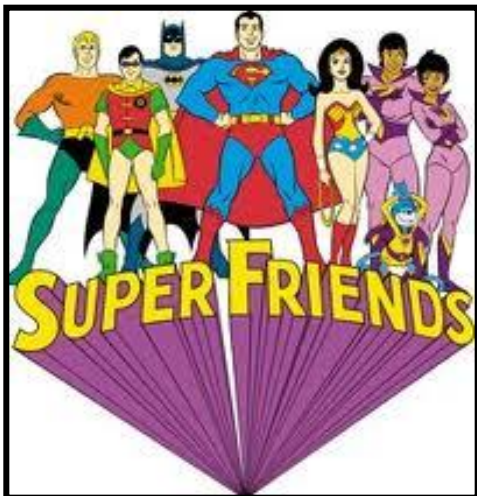


SECO / NORMAL / AUTO-ADENSÁVEL ...



DURABILIDADE

“CONCRETO: O MELHOR MATERIAL DO UNIVERSO”



“CONCRETO: O MELHOR MATERIAL DO UNIVERSO”

CUIDADOS PARA PODER APROVEITAR AO MÁXIMO SUAS CAPACIDADES



PROJETO

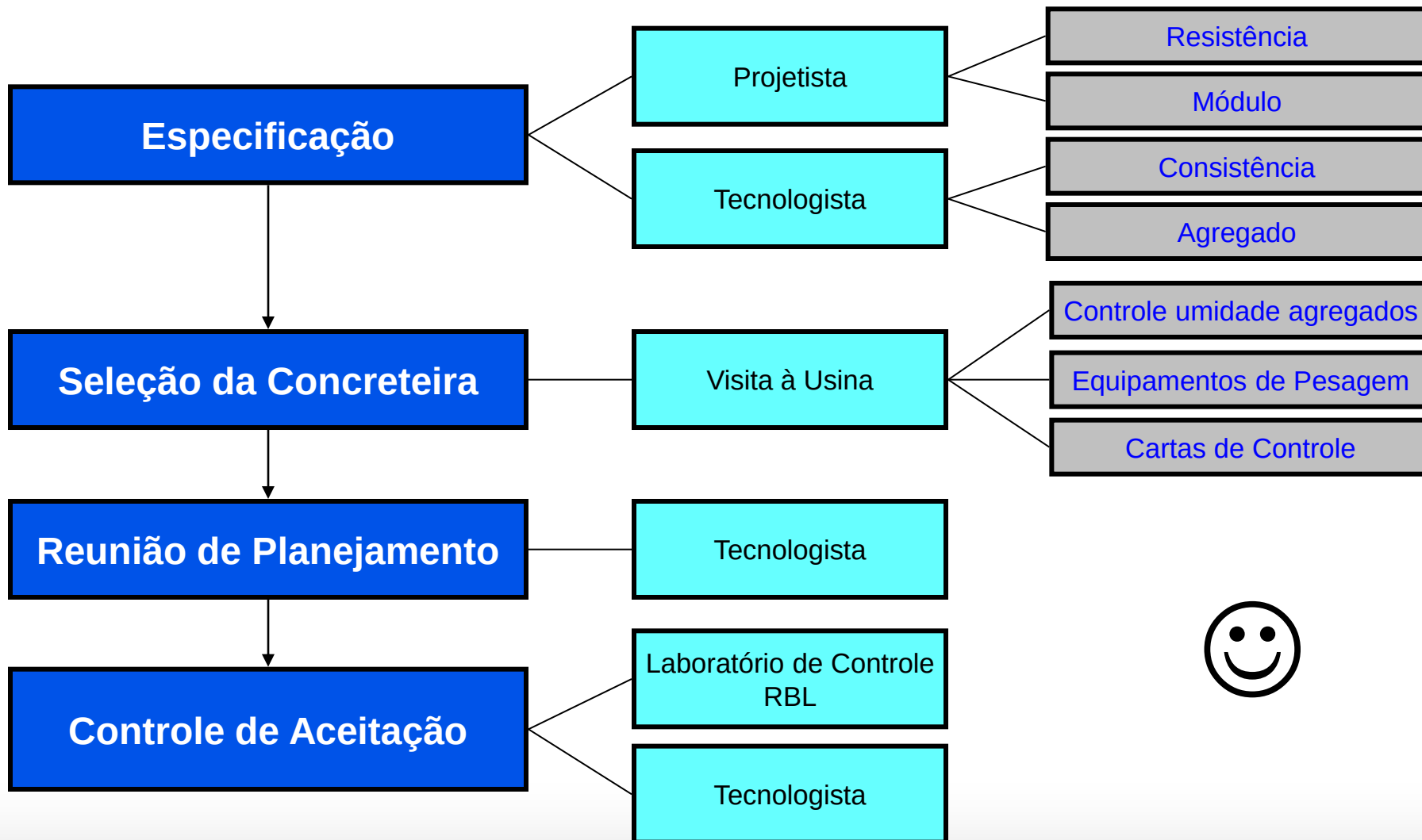


EXECUÇÃO



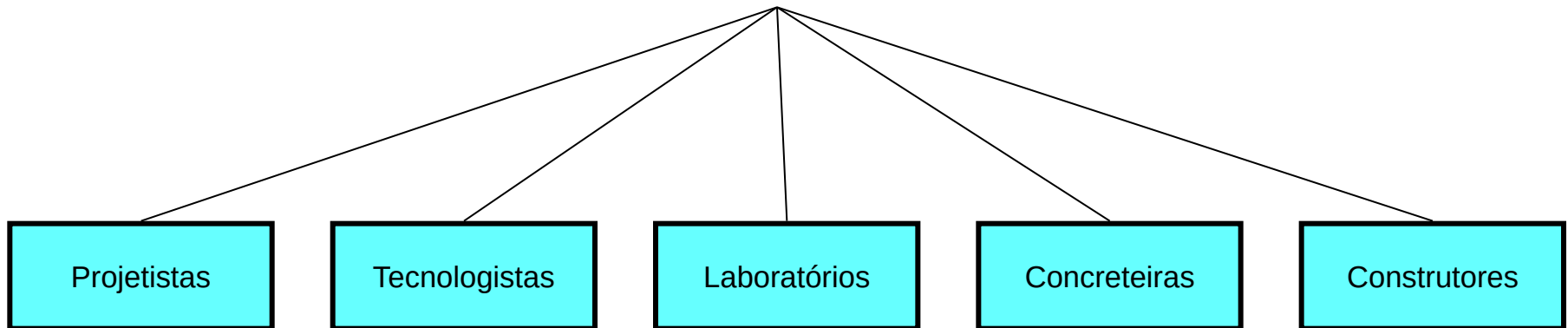
USO E MANUTENÇÃO

PARA MINIMIZAR NÃO CONFORMIDADES DE CONCRETO



CT - Conformidade do Concreto

Reuniões Abertas



www.abece.com.br



Publicações

- Associados Colaboradores
- Código de Conduta
- e-Artigos
- Execução de Estruturas de Aço – Práticas Recomendadas
- Fib-news
- Honorários de Referência Informativos
- Recomendação ABECE 001:2011 Análise de Casos de Não Conformidade de Concreto
- Recomendações para Projetos

Eventos

- Agenda
- Concrete Show

ABECE 001:2011
Análise de Casos de Não Conformidade de Concreto

Conheça a ABECE

A meta principal da ABECE é a valorização da profissão, fazendo com que a cadeia produtiva reconheça o projeto como um negócio, buscando o perfeito entendimento das necessidades dos contratantes ...

► **Assista ao vídeo da ABECE**

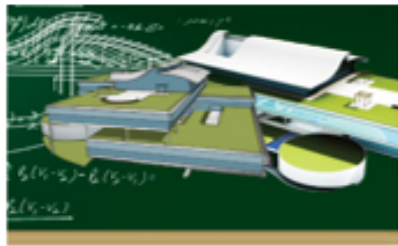
Seja um Associado

Conheça todos os benefícios para os associados da ABECE.

Seguro de Responsabilidade Civil Profissional da ABECE.

► **Mais Notícias**

Eventos



14º ENECE 2011
Encontro Nacional de Engenharia e Consultoria Estrutural

As Normas Valorizando a Engenharia Estrutural

Veja como foi



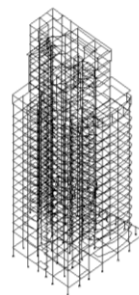
40.000m³ de Concreto Conforme
Edifício Eco Berrini
Construtora: HOCHTIEF do Brasil
Projeto Estrutural: JKMF

Mas será que sempre é possível aplicar?

Caso 1

Edifício residencial
16 pavimentos
Controle por amostragem total
C30 ($f_{ck} = 30 \text{ MPa}$)
Cimento declarado CII E 40
Suspeita de baixa resistência no pilares
do 2o Pavimento

Projeto Estrutural:



Escritório Técnico Cid Guimarães

Projeto Estrutural | Concreto Armado | Concreto Protendido | Alvenaria Estrutural

Engenheiros Responsáveis:

Cid A. Q. Guimarães

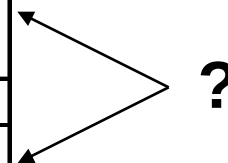
CREA: 0601478320

Fábio F. Albieri

CREA: 5060788659

Resultados de Controle (MPa)

	Idade (dias)			Tipo de Cimento "Identificado"
	7	28	63	
N.F. 1	22,1	26,2	29,1	CII E
Crescimento	0,84	1	1,11	
N.F. 2	13,2	19,6	22,7	CP III
Crescimento	0,67	1	1,16	



Caso 1

E agora como resolver? Existem mil maneiras...



Caso 1

Verificação com o resultados de controle:

Para cada N.F. o maior dos resultados entre 28 dias e de 63 dias corrigidos para 28 dias
Tabela 1 da recomendação da ABCECE

Tabela 1: Coeficiente C_3 para correção em função do crescimento da resistência considerado no coeficiente 0,85 empregado na NBR 6118:2003 e da idade de ensaio do testemunho.

Idade de Ensaio do Testemunho (dias)	Coeficiente C_3 de Correção em Função da Idade
28	1,00
29 a 35	0,98
36 a 42	0,96
43 a 49	0,95
50 a 63	0,94
64 a 70	0,93
71 a 84	0,92
85 a 105	0,91
106 a 140	0,90
141 a 182	0,89
183 a 252	0,88
253 a 365	0,87

Tabela 1

$$f_{ck,est}^{N.F.1} = 29,1 \times 0,94 = 27 \text{ MPa}$$

$$f_{ck,est}^{N.F.2} = 22,7 \times 0,94 = 21 \text{ MPa}$$

Observar que a correção para 28 dias não é feita com o tipo de cimento declarado ou “identificado” e sim com o coeficiente de crescimento “embutido” no 0,85 da NBR 6118.

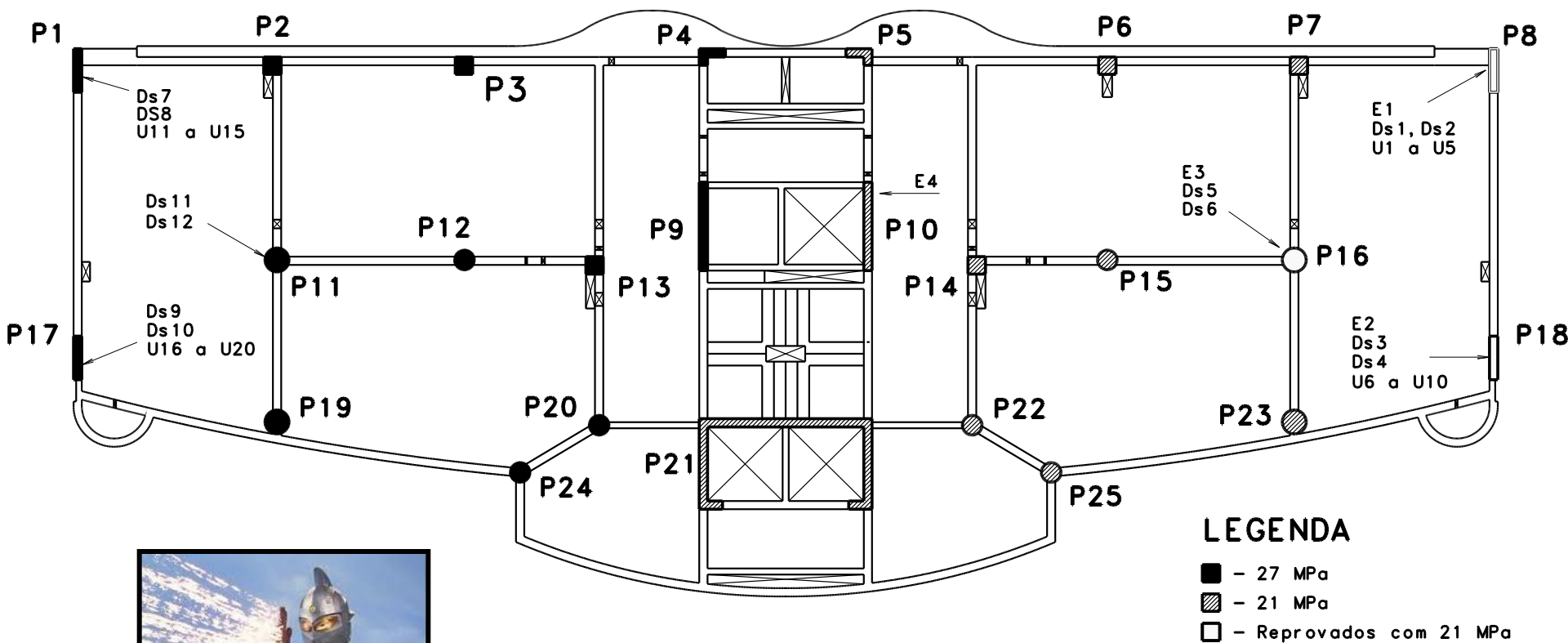
Caso 1

Cuidados Especiais para a Verificação

- Se possível considerar redução de sobrecargas.
- A verificação dos pilares deve ser feita em cada seção considerando o concreto efetivamente existente nessas regiões e seus esforços (ex: cabeça de pilares concreto da laje!).
- Verificar cuidadosamente a questão das ancoragens.
- Reavaliar cuidadosamente as combinações de ações e critérios de vento.
- Redução de outros coeficientes de segurança pode ser estudada.

Caso 1

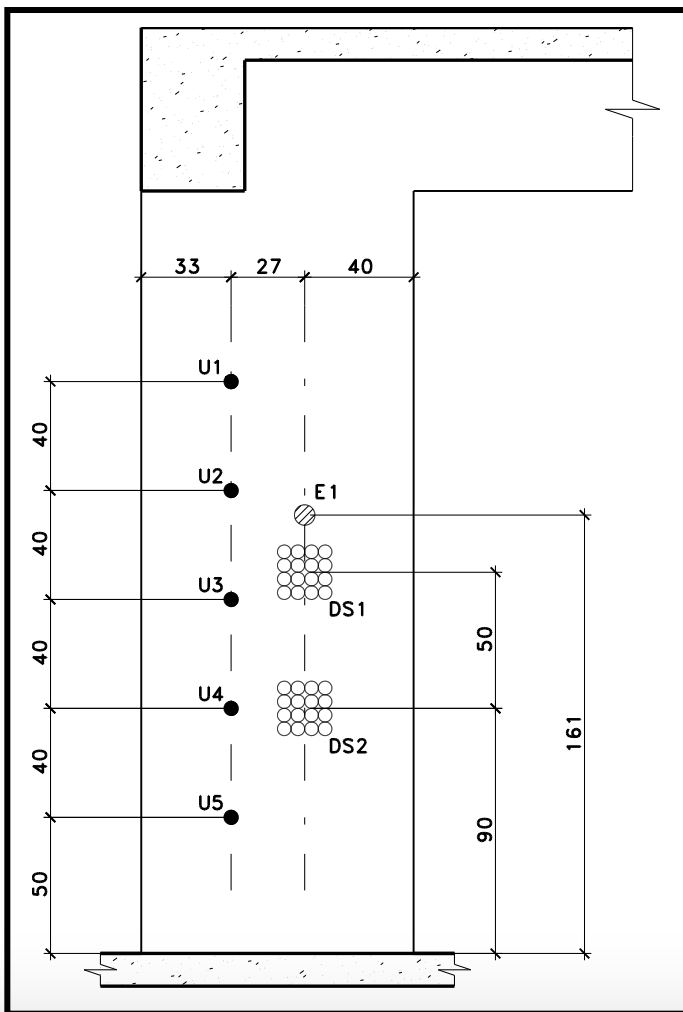
Resultados da Verificação e Locação de Ensaio Complementares



Yaaaaaaa!!!!!!

Caso 1

Resultados da Verificação e Locação de Ensaios Complementares



LEGENDA

- E - EXTRAÇÃO
- U - ULTRA-SOM
- DS - DUREZA SUPERFICIAL

Caso 1

Ensaio Complementares



Caso 1

Ensaio Complementares



Caso 1

Resumo dos Resultados

	Elemento	Testemunho	fc test. (MPa)	D.M.R.	V test. (m/s)	V pilar (m/s)	Ds
N.F. 1	P1	-	-	-	-	3.936	41
	P17	-	-	-	-	4.374	43
	P11	-	-	-	-	-	40
Média			-	-	-	3.936	42
Desvio Padrão			-	-	-	310	1
CV (%)			-	-	-	8%	3%
N.F. 2	P8	E1	24,5	9%	4.160	3.678	30
	P18	E2	25,1	6%	4.220	3.798	31
	P16	E3	21,3	21%	4.160	-	32
	P10	E4	36,3	35%	4.350	-	-
Média			27	-	4.223	3.738	31
Desvio Padrão			6,5	-	90	85	1
CV (%)			24%	-	2%	2%	3%

Caso 1

Análise dos Resultados

$$f_{cm,ext} = \frac{24,5 + 25,1 + 24,5}{3} = 24,7$$

C1 = 1 (variabilidade no caminhão)

C2 = 1,06 (efeito deletério extração)

C3 = 0,91 (de 100 para 28 dias)

$$f_{ck,est}^* = 1 \times 1,06 \times 0,91 \times 24,7 = 24$$

Por se tratar de testemunho pode-se

adotar $\frac{\gamma_c}{1,1(\gamma_{c1})}$ o que equivale a :



Item 12.4.1 da NBR 6118

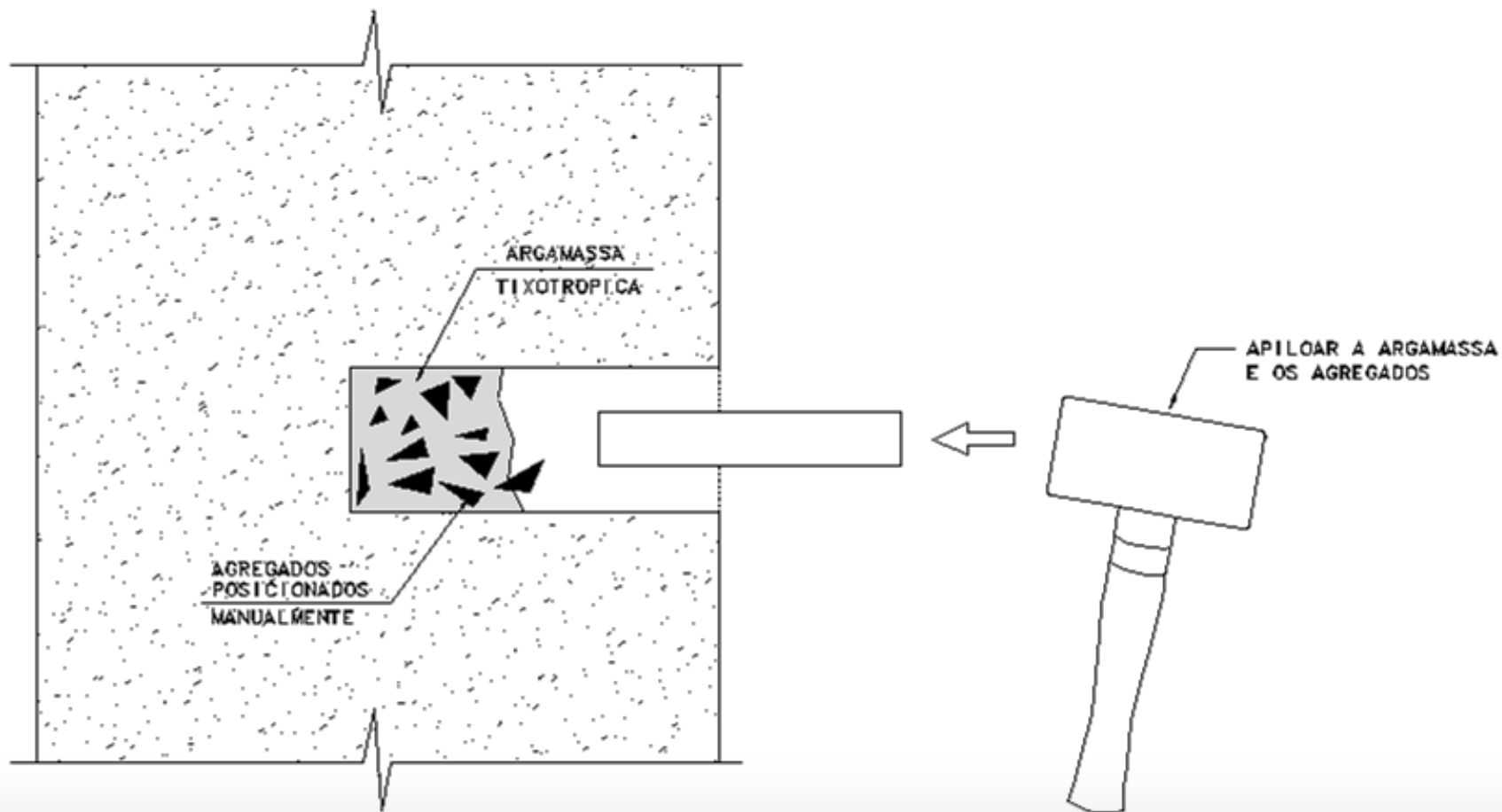
$$1,1 \times f_{ck,est}^* = 1,1 \times 24 = 26 \text{ MPa}$$

Pilares verificados com 26 MPa
foram aceitos!!!



Caso 1

DETALHE PARA REPARO DOS LOCAIS DE EXTRAÇÕES
SISTEMA "DRY-PACK"

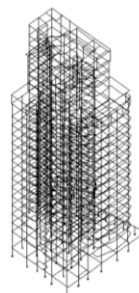


Caso 2

Conjunto de 2 edifícios residenciais
Torre 1 - 15 pavimentos
Torre 2 - 16 pavimentos
Controle por amostragem total
C30 ($f_{ck} = 30 \text{ MPa}$)
Cimento declarado CII E 40

Os resultados de controle não foram analisados - estrutura no 15º Pav.

Projeto Estrutural:



Escritório Técnico Cid Guimarães

Projeto Estrutural | Concreto Armado | Concreto Protendido | Alvenaria Estrutural

Engenheiros Responsáveis:

Cid A. Q. Guimarães

Fábio F. Albieri

CREA: 0601478320

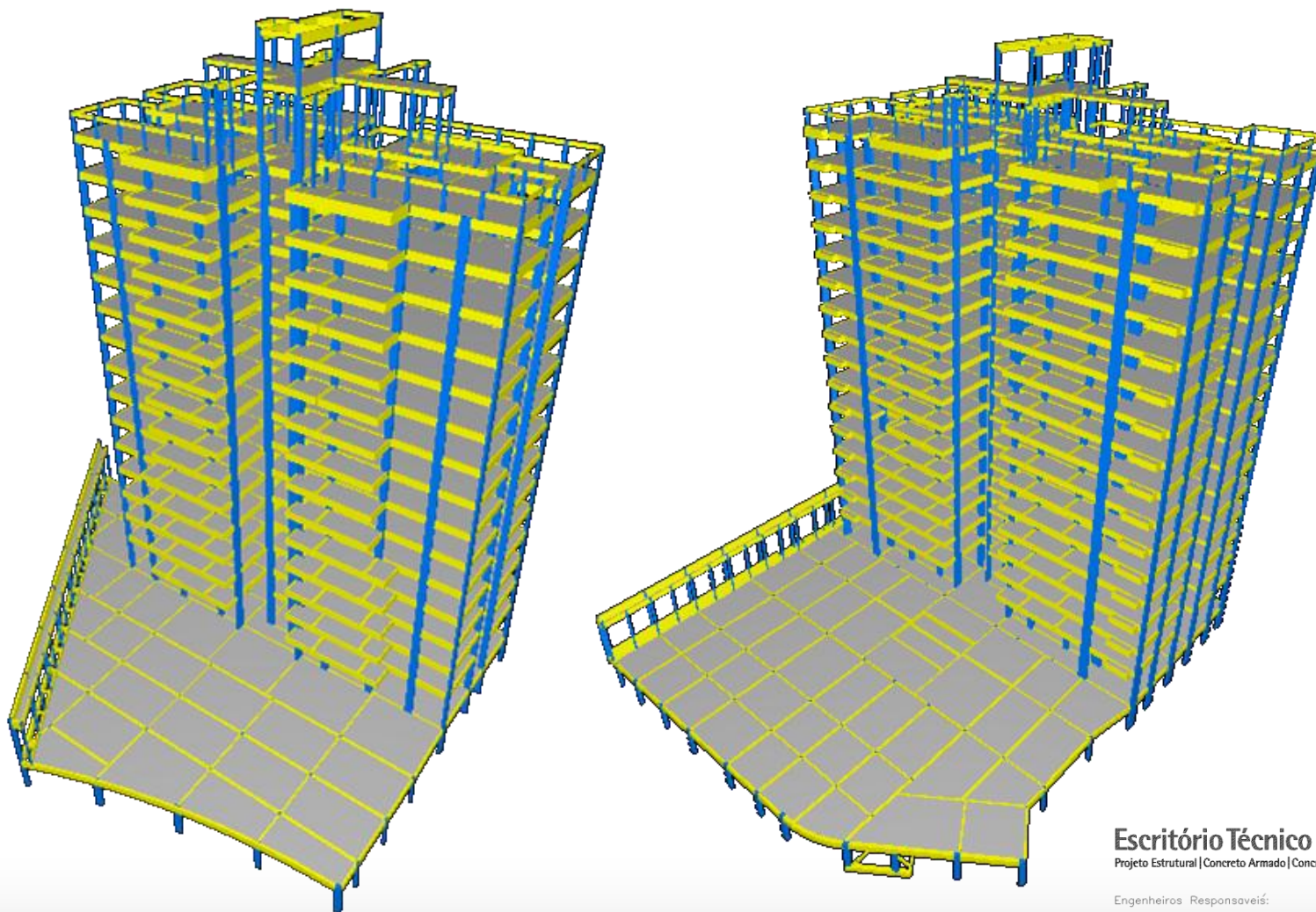
CREA: 5060788659



“Descontrole” por amostragem total!

ISSO NÃO PODE ACONTECER!

Caso 2



Escritório Técnico Cid Guimarães
Projeto Estrutural | Concreto Armado | Concreto Protendido | Alvenaria Estrutural

Engenheiros Responsáveis:

Cid A. Q. Guimarães

Fábio F. Albieri

CREA: 0601478320

CREA: 5060788659

Caso 2

Visão Geral das Resistências – 28 dias

TORRE 1			
Pilares	fck,est (MPa)	Vigas e Lajes	fck,est (MPa)
2º pavimento	22	2º pavimento	22
5º pavimento	25	5º pavimento	25
8º pavimento	21	8º pavimento	21
10º pavimento	23	10º pavimento	23
12º pavimento	23	14º pavimento	26
14º pavimento	24	Barrilete	24
Cx. d'água	23	Cx. d'água	23

TORRE 2			
Pilares	fck,est (MPa)	Vigas e Lajes	fck,est (MPa)
1º pavimento	18	4º pavimento	24
4º pavimento	24	15º pavimento	24
6º pavimento	23	Ático	18
8º pavimento	25	Cx. d'água	24
10º pavimento	26		
15º pavimento	24		
Ático	20		
Cx. d'água	24		

Caso 2

Conselho da Manuela – 180 dias (fora da câmara úmida)

¿¿Nossa, mas de 30 para 18 MPa??

¿¿Justo no térreo com pé-direito duplo??

¿¿E agora Batman, como é que eu faço??



Tio, chama o vovô
Carmona que
essa é pra gente
grande!

Caso 2

Critérios para Verificação

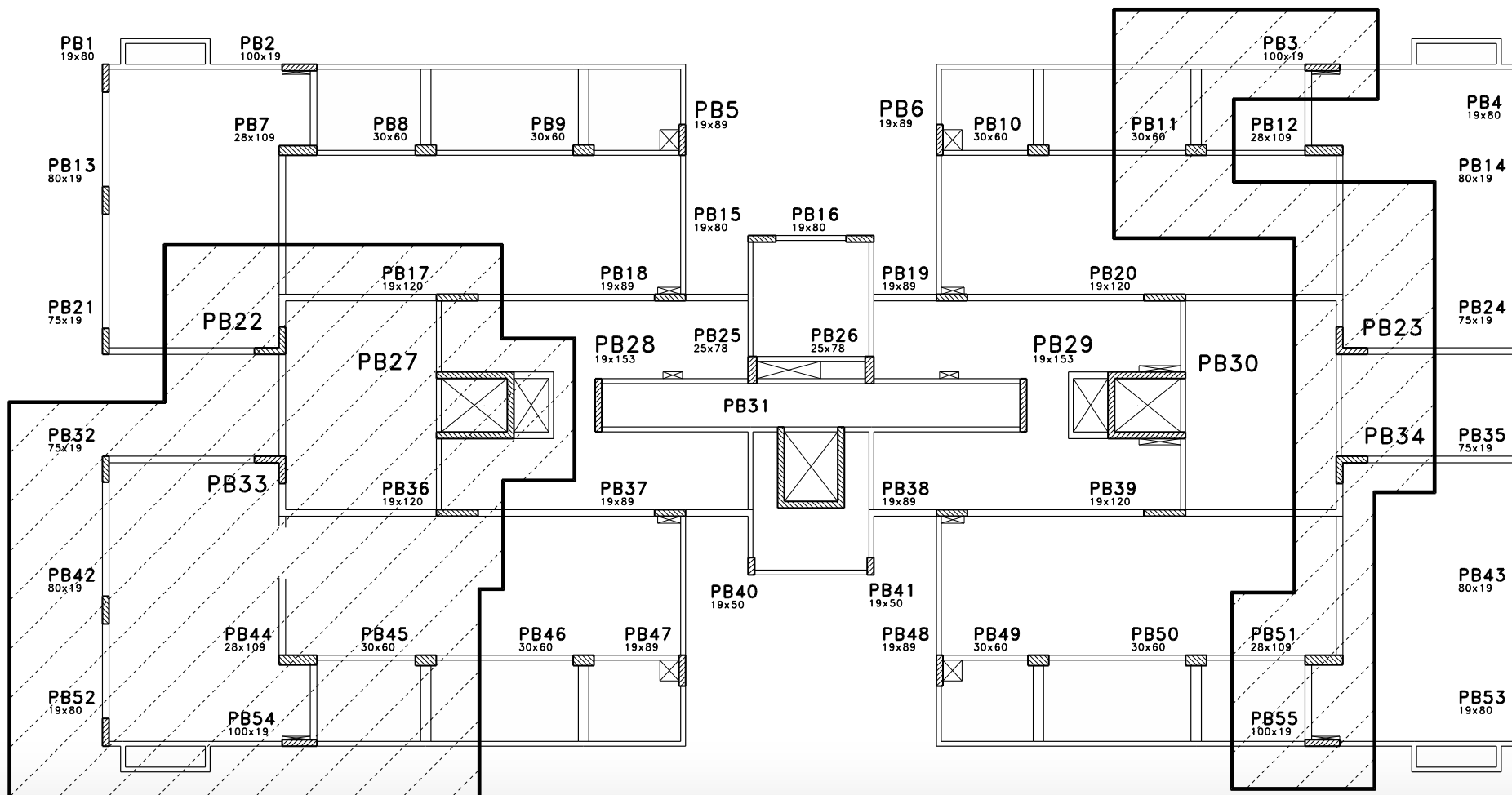
Descrição	Sigla	Valor
Coeficiente de majoração do peso próprio	γ_{g0}	1,2
Coeficiente de majoração de alvenarias e revestimentos	$\gamma_{alv,rev}$	1,4
Coeficiente de majoração da sobrecarga de uso	γ_q	1,4
Coeficiente de majoração da carga de vento	γ_v	1,4
Coeficiente de simultaneidade para sobrecarga de uso	ψ_q	0,8
Coeficiente de simultaneidade para vento	ψ_v	0,6
Coeficiente de minoração da resistência do concreto (lotes com resistência a partir de testemunhos)	γ_c	1,27
Coeficiente de minoração da resistência do concreto (lotes com resistência apenas de CPs)	γ_c	1,4
Coeficiente de minoração da resistência do aço	γ_s	1,15

As sobrecargas de uso foram reduzidas nos andares tipo de acordo com a NBR 6120:1980.

Caso 2

Mapeamento Pilares – Torre 2 – Térreo ao 1º

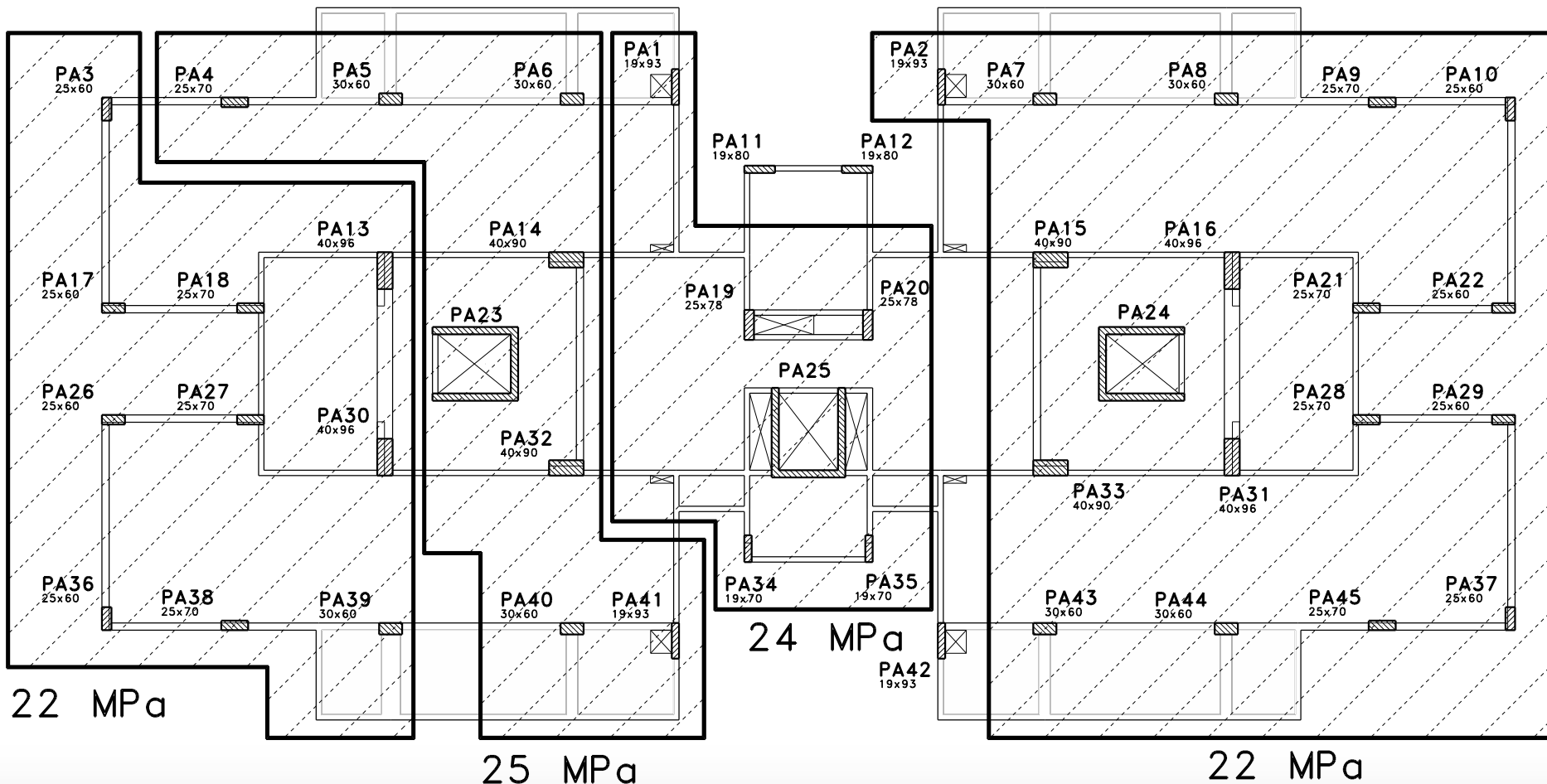
27 MPa



18 MPa

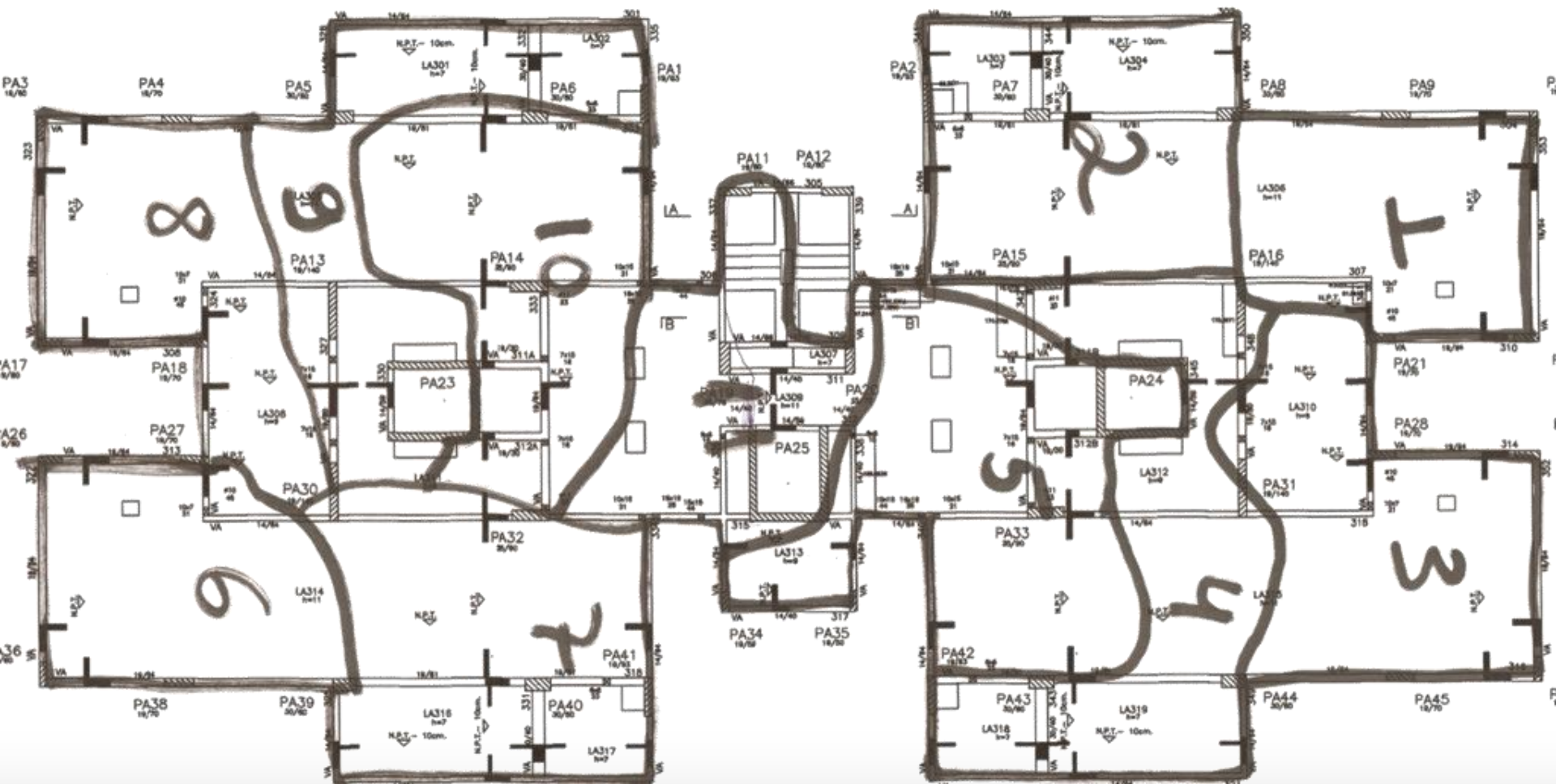
Caso 2

Mapeamento Pilares – Torre 1 – 1° ao 2° Pav.



Caso 2

Mapeamento Lajes – Torre 1 – 8º Pav.



Caso 2

Torre 1 – Tudo Ok! (Vigas, pilares e lajes: flexão, cortante, ancoragens, emendas)
Alguns resultados a 63 dias ajudaram.

Torre 2 – Foi inevitável o reforço de 10 pilares (já existiam extrações):

PB17, PB22, PB32, PB33, PB36, PB42, PB44, PB45, PB52 e PB54

Parte das cargas já atua sobre o pilar existente - restante absorvido pelo conjunto reforço/pilar original.

Torre 2

Estrutura 98%

Alvenaria elevação = 3/15 pavimentos

Contrapiso = 10/15 pavimentos

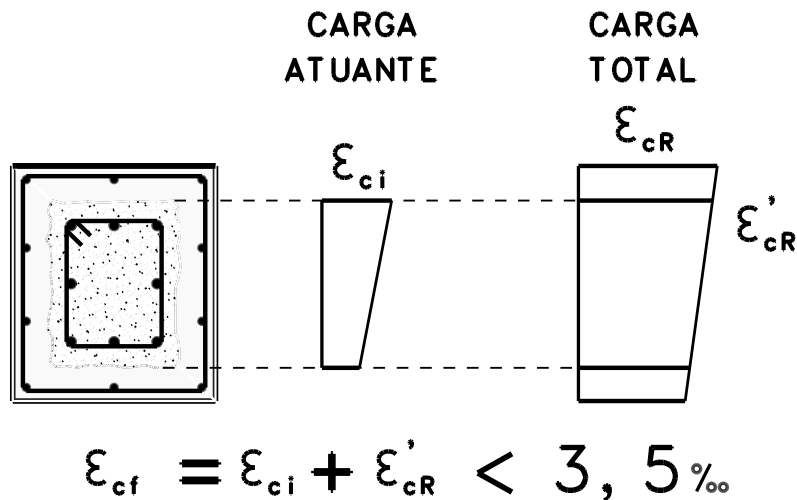
Para essa análise na situação atual não foram consideradas as ações variáveis (sobrecarga de uso e vento).

Caso 2

Projeto de Reforço – Torre 2 – Térreo ao 1º Pav.

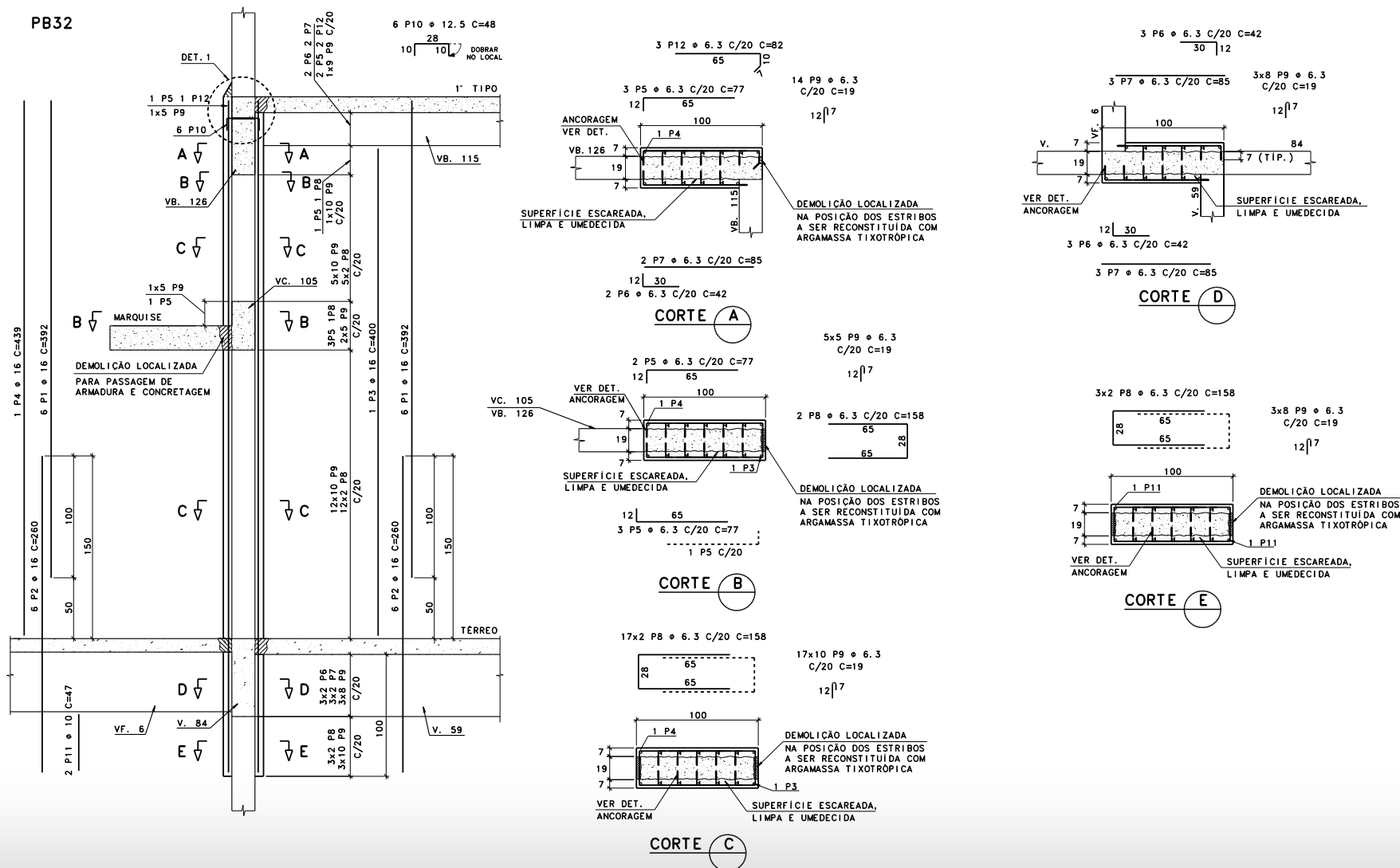
Necessário verificar a capacidade residual de deformação do pilar original para transferência das novas cargas ao reforço.

Este assunto é muito controverso e portanto é melhor ser conservador!



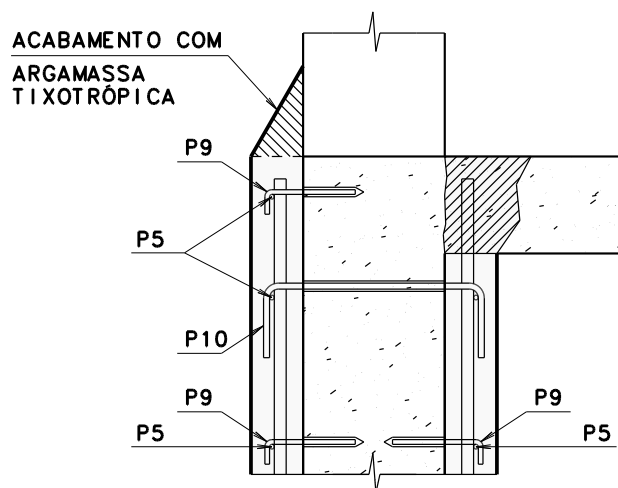
Caso 2

Projeto de Reforço – Torre 2 – Térreo ao 1º Pav.



Caso 2

Projeto de Reforço – Torre 2 – Térreo ao 1º Pav.



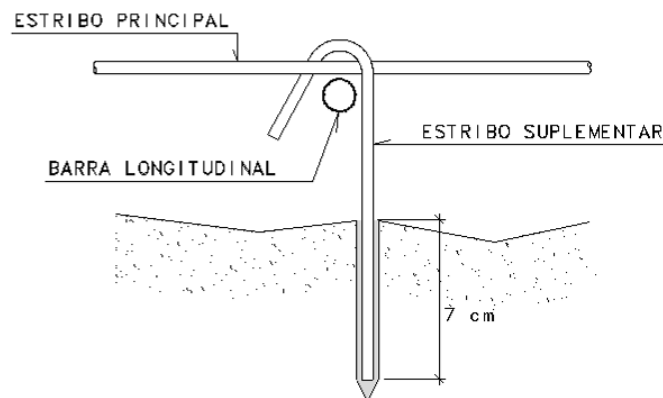
DET.

1

ESC. 1:10

DETALHE TÍPICO PARA MONTAGEM DE ESTRIBOS SUPLEMENTARES

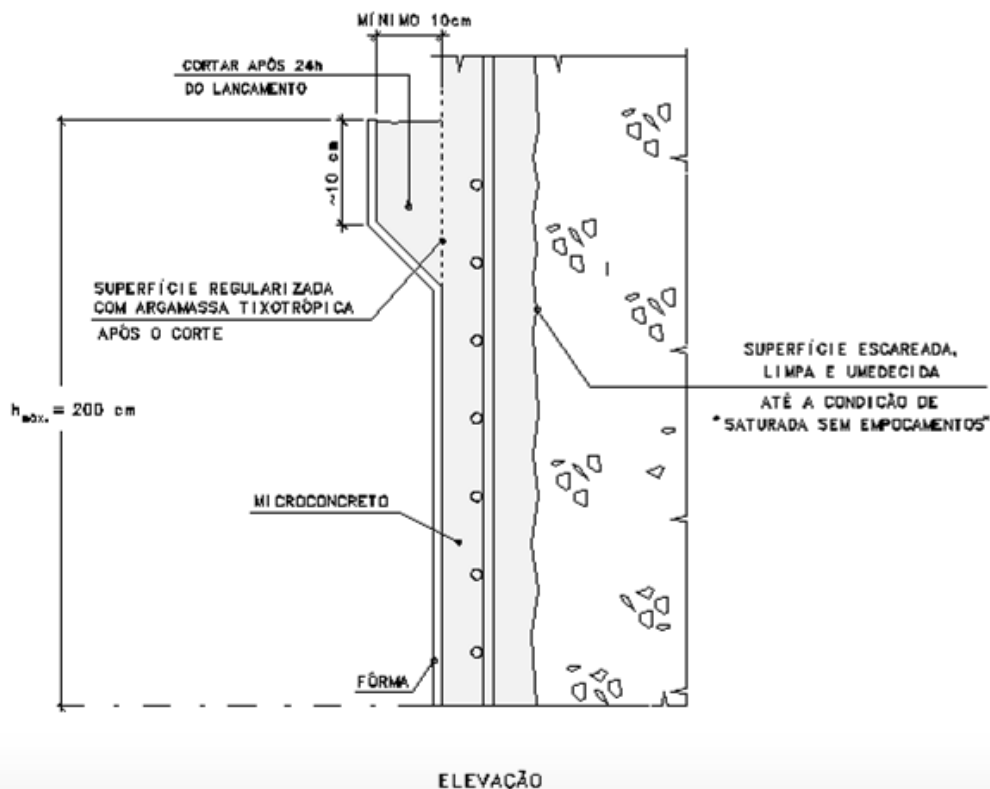
(IMPORTANTE: O ESTRIBO SUPLEMENTAR DEVE ENVOLVER O ESTRIBO PRINCIPAL)



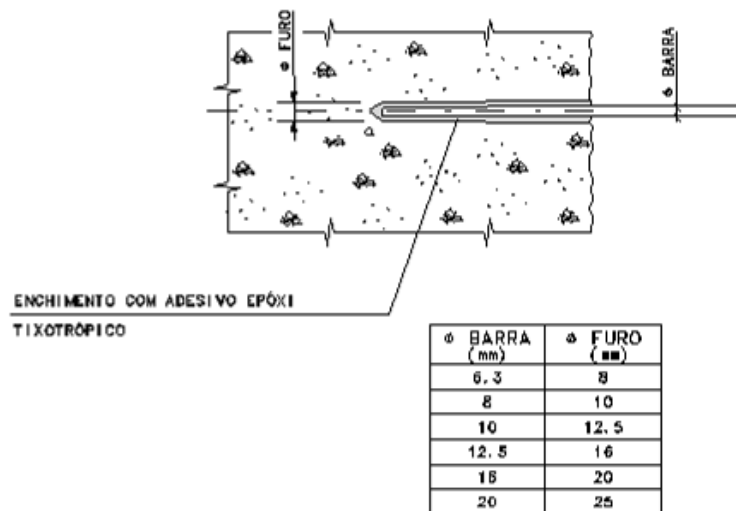
Caso 2

Projeto de Reforço – Torre 2 – Térreo ao 1º Pav.

DETALHE PARA EXECUÇÃO DE CACHIMBOS



DETALHE DE ANCORAGEM



ROTEIRO EXECUTIVO

- 1 - EXECUTAR O FURO.
- 2 - LIMPAR O FURO COM JATO DE AR FILTRADO.
- 3 - PREENCHER O FURO COM ADESIVO EPÓXI TIXOTRÓPICO.
- 4 - INTRODUIZIR O FERRO A SER ANCORADO.
- 5 - MANTER A BARRA IMÓVEL ATÉ O FIM DA PEGA (MÍNIMO 2 HORAS).

Caso 2

Projeto de Reforço – Torre 2 – Térreo ao 1º Pav.

ROTEIRO EXECUTIVO GERAL

- 1 - ESCAREAMENTO DO CONCRETO ATÉ OBTER SUBSTRATO FIRME E RUGOSO COM BOAS CONDIÇÕES DE ADERÊNCIA.
- 2 - EXECUÇÃO DE FUROS E ABERTURAS ONDE NECESSÁRIO E ANCORAGEM DE ARMADURAS DE ACORDO COM O DETALHE DE ANCORAGEM.
- 3 - MONTAGEM DE ARMADURAS RESPEITANDO COBRIMENTO NOMINAL DE 2,5 cm.
- 4 - LAVAGEM DA SUPERFÍCIE DO CONCRETO E BASE DOS ELEMENTOS.
- 5 - ONDE FOR O CASO PREENCHER AS RUPTURAS LOCALIZADAS PARA COLOCAÇÃO DE ESTRIBOS EMPREGANDO ARGAMASSA TIXOTRÓPICA.
- 6 - MONTAGEM DE FÓRMAS FIRME E ESTANQUES, ONDE NECESSÁRIO DOTAR AS FÓRMAS COM DISPOSITIVO DE ALIMENTAÇÃO TIPO CACHIMBO.
- 7 - SATURAÇÃO DO SUBSTRATO ATÉ A CONDIÇÃO DE "SATURADO SEM EMPOCAMENTOS", TOMANDO CUIDADO DE NÃO DEIXAR ÁGUA RETIDA NA BASE.
- 8 - PREENCHIMENTO COM MICROCONCRETO FLUÍDO EMPREGANDO MISTURA MECÂNICA COM MISTURADOR DE EIXO VERTICAL.
- 9 - DESFORMAR 24 HORAS APÓS O LANÇAMENTO DO MATERIAL E REMOVER O EXCESSO.
- 10 - NO TRECHO DE CORTE DO "CACHIMBO" REGULARIZAR A SUPERFÍCIE UTILIZANDO ARGAMASS TIXOTRÓPICA.
- 11 - CURA ÚMIDA COM ASPERSÃO DE ÁGUA LIMPA A CADA DUAS HORAS DURANTE NO MÍNIMO SETE DIAS.

OBSERVAÇÕES:

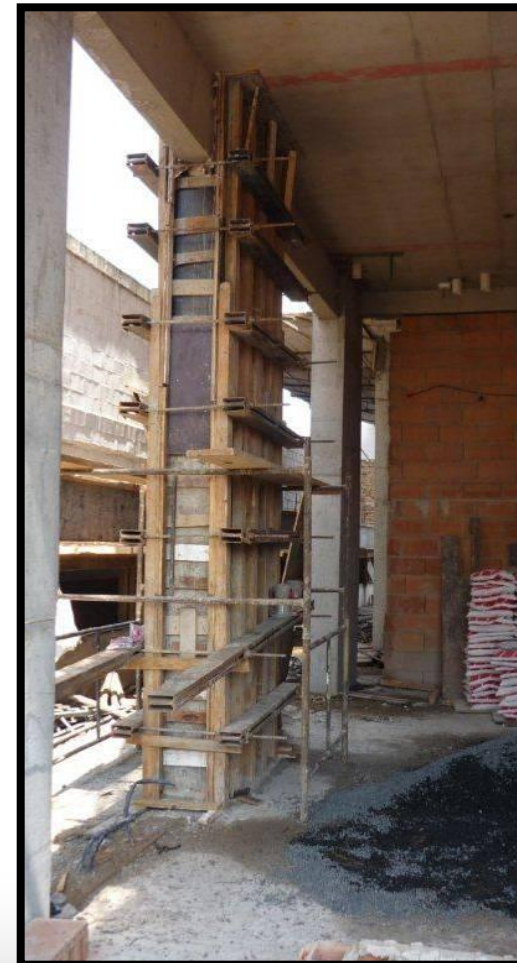
- 1 - NAS EMENDAS ENTRE FASES DE EXECUÇÃO O MATERIAL DA FASE ANTERIOR DEVERÁ SER ESCAREADO, LIMPO E UMEDECIDO DE MODO A OBTER ADEQUADA CONDIÇÃO DE ADERÊNCIA.
- 2 - A ALTURA MÁXIMA DE LANÇAMENTO DO MICROCONCRETO DEVERÁ SER DE 2 m.
- 3 - NÃO DEVERÁ SER FEITA VIBRAÇÃO DO MATERIAL.
- 4 - COBRIMENTO NOMINAL DE ARMADURAS = 2,5 cm.
- 5 - CLASSE DE AGRESSIVIDADE AMBIENTAL = CAA II.
- 6 - ESTE PROJETO DE REFORÇO FOI ELABORADO LEVANDO EM CONSIDERAÇÃO QUE O PROJETO ORIGINAL DA ESTRUTURA (ARMADURA E DIMENSÕES) FOI RIGOROSAMENTE ATENDIDO.
- 7 - DEVERÁ SER FEITO CONTROLE DE QUALIDADE DOS MATERIAIS E SERVIÇOS POR MEIO DOS SEGUINTE ENSAIOS:
 - RESISTÊNCIA A COMPRESSÃO AOS 28 DIAS DE CORPOS DE PROVA MOLDADOS EM LABORATÓRIO - 1 DE CADA LOTE DE MATERIAL RECEBIDO.
 - RESISTÊNCIA A COMPRESSÃO AOS 28 DIAS DE CORPOS DE PROVA MOLDADOS EM CAMPO - 2 DE CADA PILAR.
 - VELOCIDADE DE PROPAGAÇÃO DE ONDAS DE ULTRA-SOM - 3 EM CADA PILAR.
- 8 - CONFERIR MEDIDAS NO LOCAL.

ESPECIFICAÇÃO DE MATERIAIS		
MATERIAL	ESPECIFICAÇÃO	FABRICANTE
ADESIVO EPÓXI TIXOTRÓPICO PARA ANCORAGEM DE BARRAS		
ARGAMASSA TIXOTRÓPICA		
MICROCONCRETO FLUÍDO		
ACO PARA CONCRETO ARMADO	CA-50	-

Caso 2

Projeto de Reforço – Torre 2 – Térreo ao 1° Pav.

Inicia a Execução do reforço da Torre 2, enquanto continua a verificação do restante...



Caso 2

Projeto de Reforço – Torre 2 – Térreo ao 1º Pav.

Inicia a Execução do reforço da Torre 2, enquanto continua a verificação do restante...



Caso 2

Projeto de Reforço – Torre 2 – Térreo ao 1° Pav.

Controle do Material de Reforço

Elemento	RESISTENCIA (MPa)				
	Idade (dias)				
	7	11	13	20	28
PB17	37,3	-	-	-	55,6
	39,0	-	-	-	55,5
PB22	-	-	42,3	-	50,5
	-	-	42,9	-	51,2
PB32	45,4	-	-	-	66,4
	44,7	-	-	-	65,4
PB45	-	59,3	-	-	74,4
	-	58,7	-	-	73,6
PB52	-	-	-	45,3	48,6
	-	-	-	46,4	49,7
Média					59,1
Desvio Padrão					10,0
CV (%)					17%



— Resistência a 28 dias obtidas por meio de curvas de crescimento

Caso 2

“...de repente não mais que de repente...”

Uma descoberta estarrecedora!



Caso 2

Abre parêntesis: Para quem não acredita que os ganchos servem de algo:



Caso 2

Abre parêntesis: Pra quem não acredita que os ganchos servem de algo:



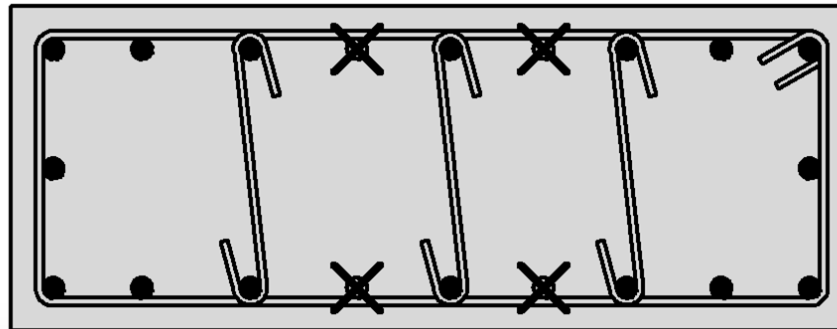
Caso 2

Após amostragem para verificação da colocação de ganchos em vários lances se constatou que realmente o erro foi generalizado!

“...do riso fez-se o pranto... silencioso e calmo como a bruma...”

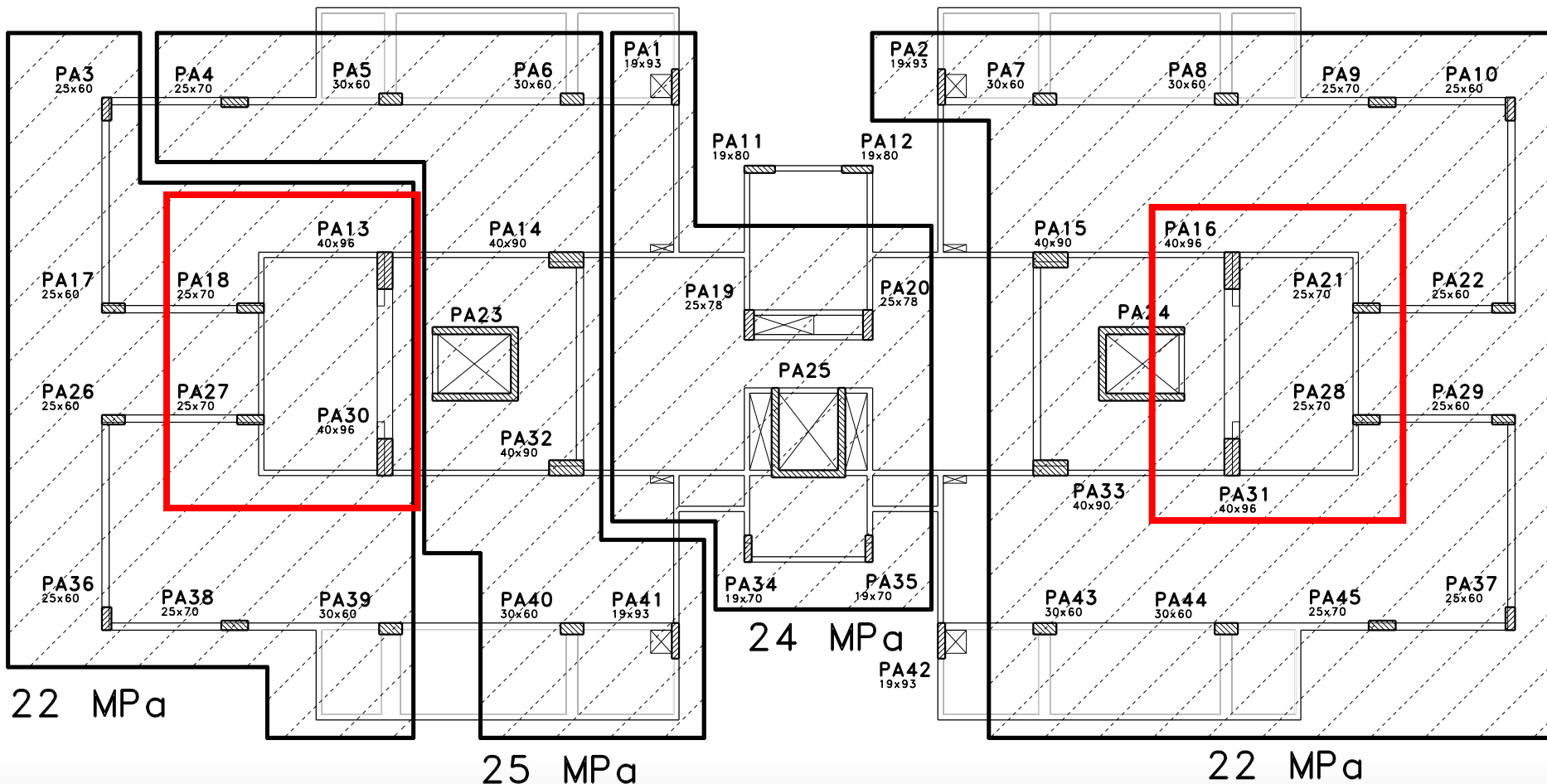
Conclusão: fomos obrigados a reaverificar todos os lances de pilares!

- Desconsiderando armaduras desprotegidas contra flambagem.
- Concretos com diferentes resistências nos lances.
- Concretos com diferentes resistências no topo dos pilares.
- Diferentes coeficientes de segurança (testemunhos ou cps)



Caso 2

Ensaio Complementares – Torre 1 – 1° ao 2° Pav.



Caso 2

Ensaaios Complementares – Torre 1 – 1° ao 2° Pav.

	Testemunho	Elemento	fc 251 dias (MPa)	fc 28 dias (MPa)	D.M.R.	V (m/s)
Caminhão 1	9	PA21	31,8	27,8	7%	4.540
	10	PA21	29,8	26,1	0%	4.470
	11	PA16	28,2	24,7	5%	4.350
	12	PA16	28,8	25,2	3%	4.240
	13	PA31	31,0	27,1	4%	4.450
	14	PA31	28,0	24,5	6%	4.330
	15	PA28	31,8	27,8	7%	4.720
	16	PA28	28,6	25,0	4%	4.450
Caminhão 2	1	PA18	33,9	29,7	3%	4.480
	2	PA18	29,3	25,6	11%	4.360
	4	PA13	32,4	28,4	1%	4.470
	5	PA27	33,2	29,1	1%	4.410
	6	PA27	33,7	29,5	3%	4.530
	7	PA30	31,5	27,6	4%	4.430
	8	PA30	35,3	30,9	8%	4.430

Média geral	31	27	-	4.444
Desvio	2,30	2,01	-	146,18
CV	7%	7%	-	3%
fck*est (28 dias)	24			

Caso 2

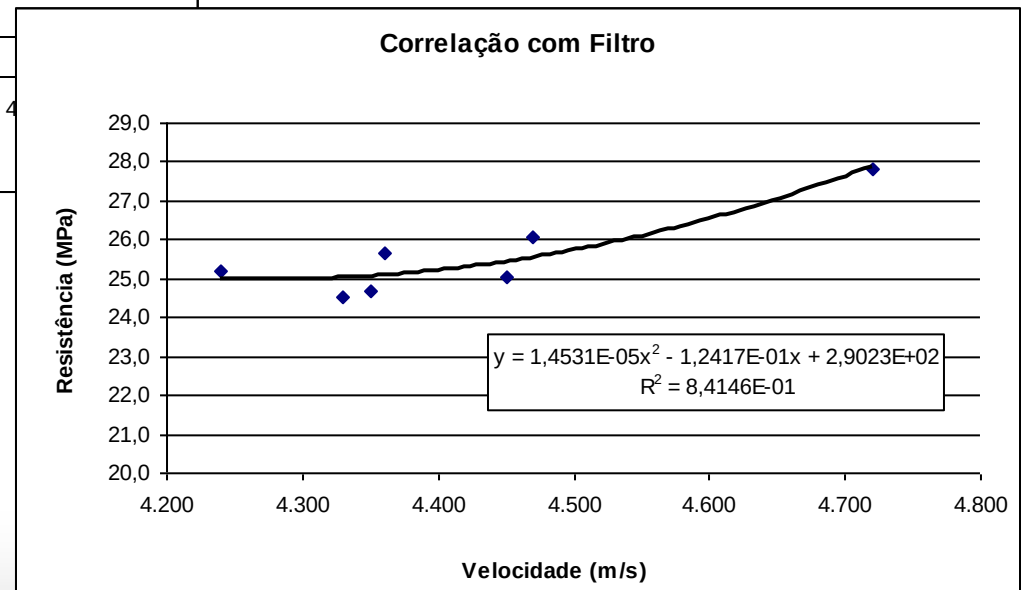
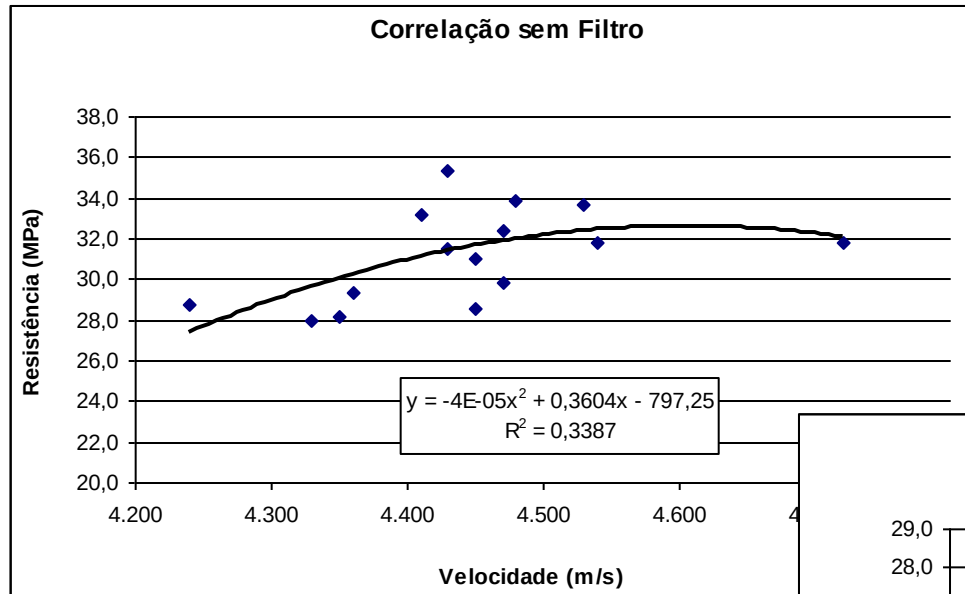
Ensaaios Complementares – Torre 1 – 1° ao 2° Pav.

Média caminhão 1	30	26	-	4.444
Desvio	1,59	1,39	-	146,18
CV	5%	5%	-	3%
fck*est (28 dias)	24			

Média caminhão 2	33	29	-	4.444
Desvio	1,94	1,70	-	54,73
CV	6%	6%	-	1%
fck*est (28 dias)	26			

Caso 2

Ensaaios Complementares – Torre 1 – 1° ao 2° Pav.



Caso 2

Ensaaios Complementares – Torre 1 – 1° ao 2° Pav.

	V (m/s)	Resistência por Correlação (MPa)
Caminhão 1	4.540	26,0
	4.470	25,5
	4.350	25,1
	4.240	25,0
	4.450	25,4
	4.330	25,0
	4.720	27,9
	4.450	25,4
Caminhão 2	4.480	25,6
	4.360	25,1
	4.470	25,5
	4.410	25,2
	4.530	25,9
	4.430	25,3
	4.430	25,3

Média caminhão 1	26
Desvio	0,96
CV	4%
f _{ck*est} (28 dias)	24

Média caminhão 2	25
Desvio	0,28
CV	1%
f _{ck*est} (28 dias)	25

Para o caminhão 1:

$$24 \times 1,06 \rightarrow f_{ck,est}^* = 25 \text{ MPa}$$

Caso 2

Ensaaios Complementares – Torre 1 – 1° ao 2° Pav.

	Recomendação ABECE*	Neston [®]	Estatística Pura
Caminhão 1	26	24	24
Caminhão 2	29	25	26

* Considerando C1 e C2 = 1

Caso 2

Resumo Final

Torre 1:

PA13, PA30 - Instalar ganchos nos pilares do 1º ao 2º pavimentos.

PA16, PA31 - Instalar ganchos nos pilares do 1º ao 2º pavimentos.

Geral – Sem necessidade de instalar ganchos do subsolo ao térreo.

Torre 2:

PB17, PB20 - Instalar ganchos nos pilares do 1º ao 2º pavimentos.

PB36, PB39 - Instalar ganchos nos pilares do 1º ao 2º pavimentos.

PB 23, PB34 - Instalar ganchos nos pilares do térreo ao 1º pavimento.

Reforço: PB17, PB22, PB32, PB33, PB36, PB42, PB44, PB45, PB52 e PB54
do térreo ao 1º pavimento

Observações Gerais

Recomendação ABECE aplicável a casos simples.

A complexidade das análises requer o envolvimento de profissionais com experiência nesse tipo de verificação (Tecnologista + Engenheiro de Estruturas)



Necessidade de avançar no sentido de, dentro do possível, padronizar os procedimentos e critérios → NBR 7680 (em revisão).

Muito Obrigado!!!

Site: www.exataweb.com.br

e-mail: thomas@exataweb.com.br

MSN: thomascoringa@hotmail.com

Tel: 11 3815-8800

Cel: 11 8585-5231