



Anais do 55º Congresso Brasileiro do Concreto
CBC2013
Outubro / 2013



IBRACON

© 2013 - IBRACON - ISSN 2175-8182

Consequências desastrosas de um projeto estrutural inadequado



"do Laboratório de Pesquisa aos Cantos de Obras"



MINISTÉRIO PÚBLICO
ESTADO DO PARANÁ
Procuradoria Geral de Justiça

*Tereza Rachel C. Morais
Douglas Couto
Ricardo Nigre da Silva
Deivid W. Menezes
Gilberto D. Mouchrek
Paulo Helene*

55º CBC

30 de outubro de 2013

Gramado RS

1

Conhecimento do Problema

Inspeção visual:



Fachada Principal



Estrutura Interna

PhD Engenharia

2

Conhecimento do Problema



Região do Atrium escorada e com grandes deformações



Cobertura com água acumulada sem ralos

PhD Engenharia

3

Conhecimento do Problema



Inspeção das armaduras da viga V38 do Forro



Armadura longitudinal e transversal cortadas

PhD Engenharia

4

Conhecimento do Problema



armadura exposta dos pilares

PhD Engenharia

5

Conhecimento do Problema



Caracterização das lajes → tipo vigota com armadura treliçada com enchimento cerâmico.

PhD Engenharia

6

Conhecimento do Problema



**Viga com seção insuficiente e
vão preenchido com alvenaria**

PhD Engenharia

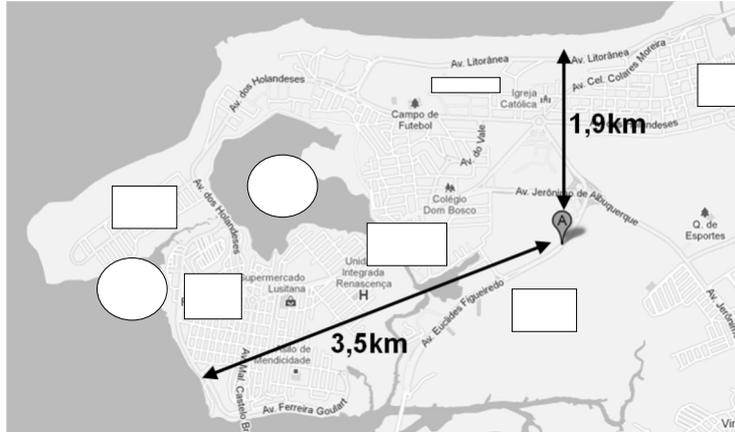
7

Inspeções

PhD Engenharia

8

Inspeções



Ambiente Marinho

PhD Engenharia

9

Inspeções



**Pacometria de pilares para
locação de armaduras**



**Medição da dureza superficial
através de Esclerometria**

PhD Engenharia

10

Inspeções



Medida da profundidade de carbonatação e Penetração de cloretos



Medida de propagação de ondas ultrassônicas e do potencial de corrosão

PhD Engenharia

11

Inspeções



Escavação de fundação - Vistoria da Sapata e verificação de cota de apoio

PhD Engenharia

12

Inspeções

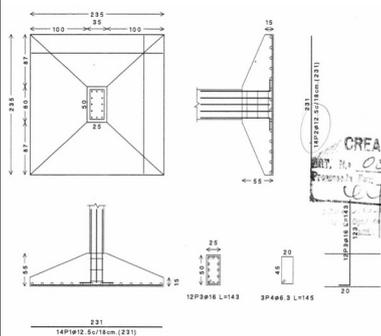


Extração de testemunhos

PhD Engenharia

13

Inspeções



Ancoragem menor que a mínima de norma
Sapata projetada com 235 X 235cm - 5,52m²
Executada com 225 X 225cm - 5,06m²
Área 8% menor

PhD Engenharia

14

Inspeções



Medição de flechas em vigas

PhD Engenharia

15

Diagnóstico

PhD Engenharia

16

Principais Problemas Estruturais

1 – Vigas com pouca inércia e grandes flechas: Especificamente para este vão, necessitaria de uma viga alta para obter maior rigidez, no entanto, constatou-se a existência de vigas pequenas com enchimento cerâmico, dando impressão de dimensão correta.



PhD Engenharia

17

Principais Problemas Estruturais

Tipo de efeito	Razão da limitação	Exemplo	Deslocamento a considerar	Deslocamento limite
Aceitabilidade sensorial	Visual	Deslocamentos visíveis em elementos estruturais	Total	$l/250$
	Outro	Vibrações sentidas no piso	Devido a cargas acidentais	$l/350$
Efeitos estruturais em serviço	Superfícies que devem drenar água	Coberturas e varandas	Total	$l/250^{(1)}$
	Pavimentos que devem permanecer planos	Ginásios e pistas de boliche	Total Ocorrido após a construção do piso	$l/350+$ contraflecha ⁽²⁾ $l/600$
	Elementos que suportam equipamentos sensíveis	Laboratórios	Ocorrido após nivelamento do equipamento	De acordo com recomendação do fabricante do equipamento
Efeitos em elementos não	 Paredes	Alvenaria, caixilhos e revestimentos	Após a construção da parede	$l/500^{(3)}$ ou 10 mm ou $\theta = 0,0017 \text{ rad}^{(4)}$
		Divisórias leves e caixilhos telescópicos	Ocorrido após a instalação da divisória	$l/250^{(5)}$ ou 25 mm
		Movimento lateral de edifícios	Provocado pela ação do vento para combinação freqüente ($\psi_1=0,30$)	$H/1700$ ou $H/850^{(5)}$ entre pavimentos ⁽⁶⁾
		Movimentos térmicos verticais	Provocado por diferença de temperatura	$l/400^{(7)}$ ou 15 mm

Tabela 13.2 da ABNT NBR 6118:2007 com os limites de deslocamento aceitáveis para estruturas de concreto.

PhD Engenharia

18

Principais Problemas Estruturais

$$I_{eq} = \left\{ I_c \cdot \left(\frac{M_r}{M} \right)^4 + I_{II} \left[1 - \left(\frac{M_r}{M} \right)^4 \right] \right\}$$

PISO	VIGA	TRAMO	VÃO (cm)	FLECHA LIMITE - l/500 (cm)	FLECHA MEDIDA (cm)	Fm/FI	FLECHA CALCULADA (cm)
2°	V41	A	430	0,86	8,0	9,3	11,27
2°	V40	C	416	0,83	7,0	8,4	10,98
2°	V61	A	370	0,74	6,0	8,1	7,66
2°	V56	C	410	0,82	4,8	5,6	5,33
FORRO	V44	A	406	0,81	10,5	12,9	9,84
FORRO	V43	B	394	0,79	11,0	13,9	11,17
FORRO	V58	C	413	0,83	6,0	7,2	7,89
1°	V37	A	1050	2,10	2,5	1,2	8,50

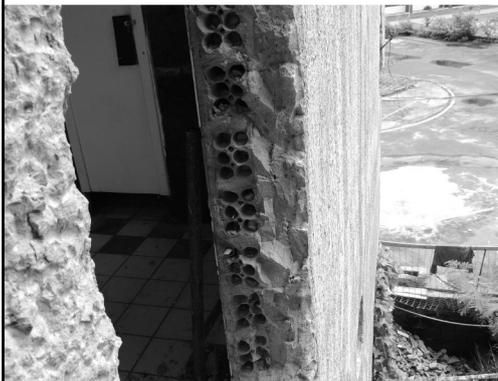
Comparação entre as flechas limite, medidas e calculadas

PhD Engenharia

19

Principais Problemas Estruturais

2 – Revestimento excessivo (maior carregamento)



PhD Engenharia

20

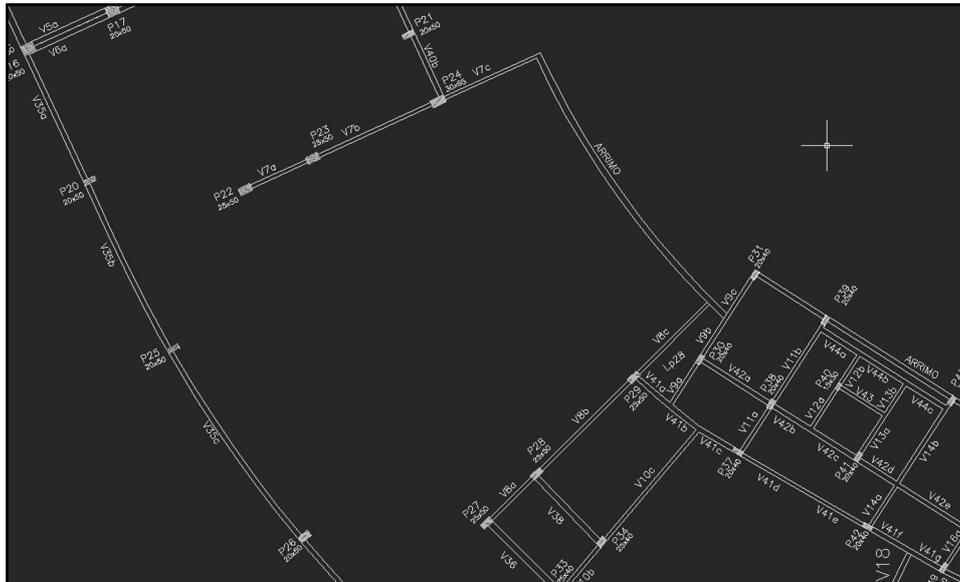
Principais Problemas Estruturais

3 – Regiões com pouca estabilidade, com ausência de pilares.



PhD Engenharia

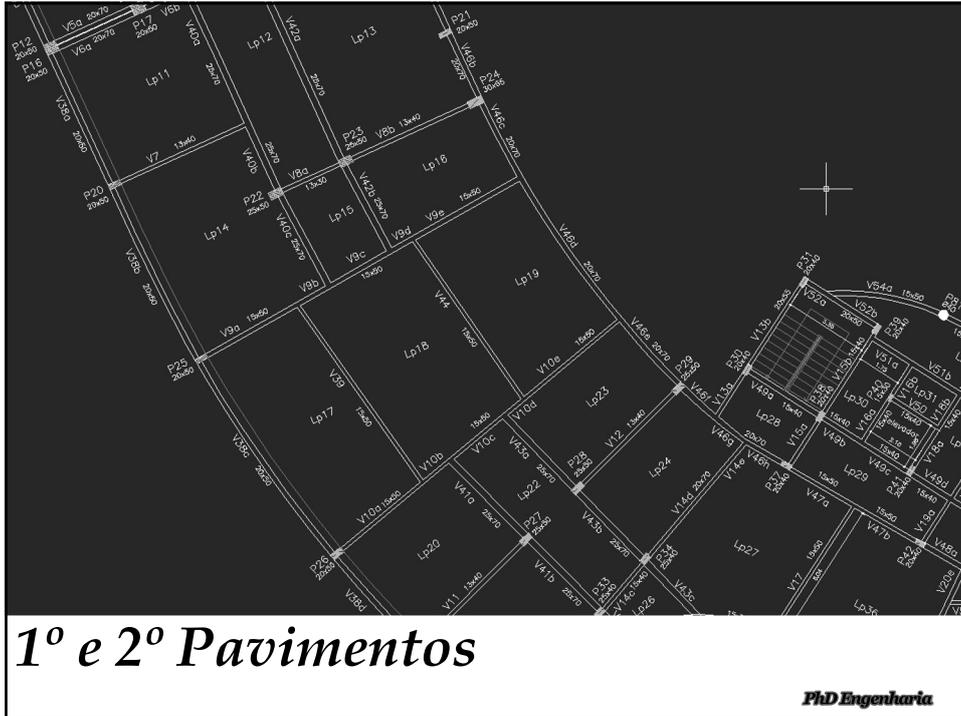
21



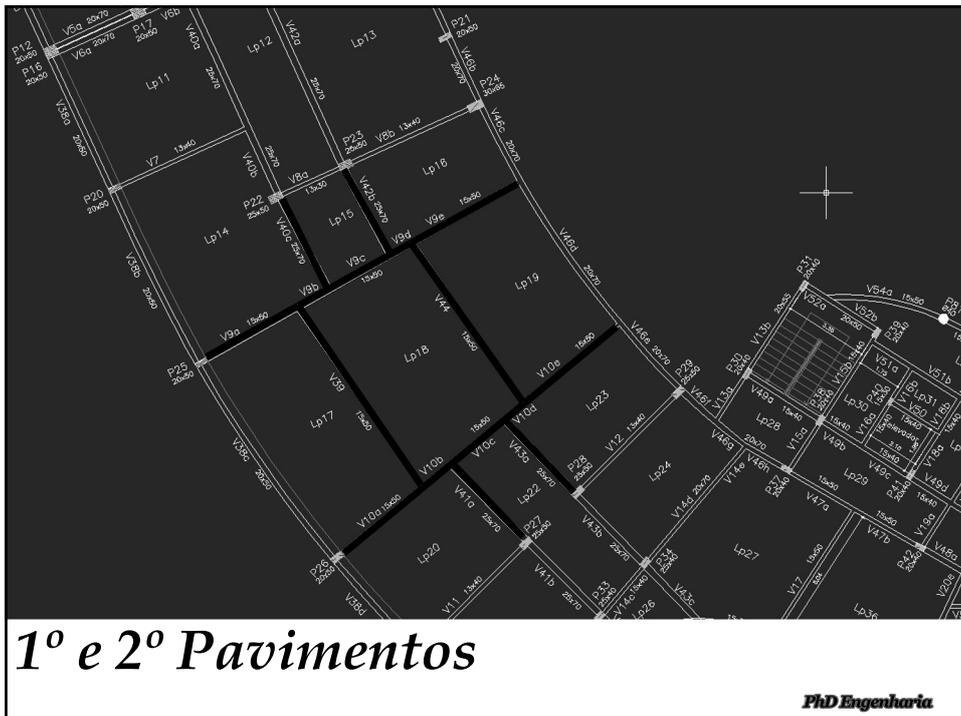
Térreo

PhD Engenharia

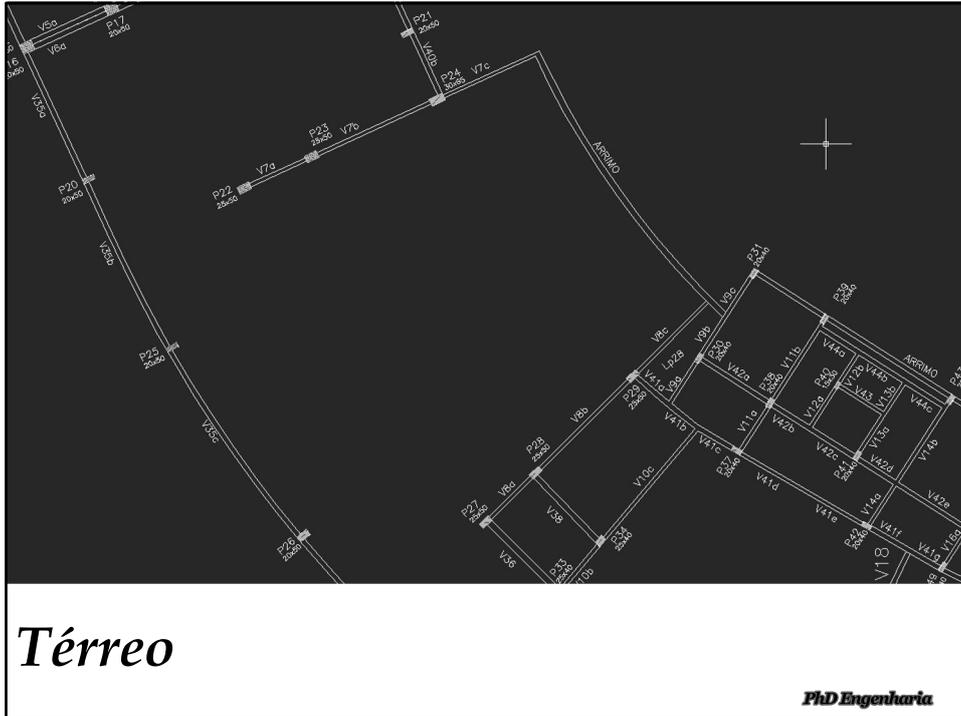
22



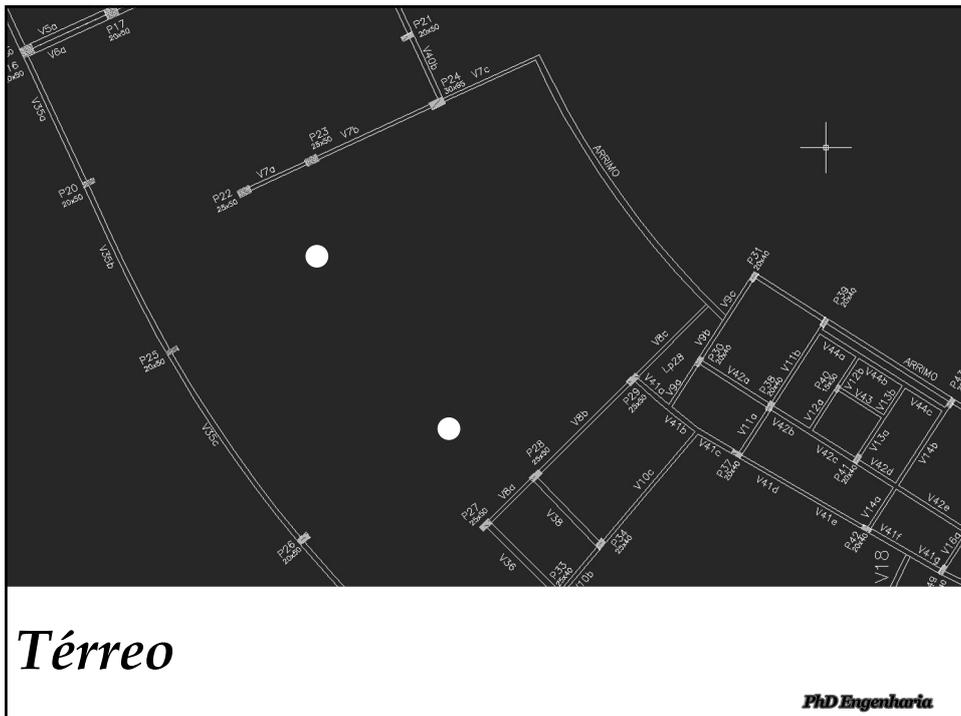
23



24



25



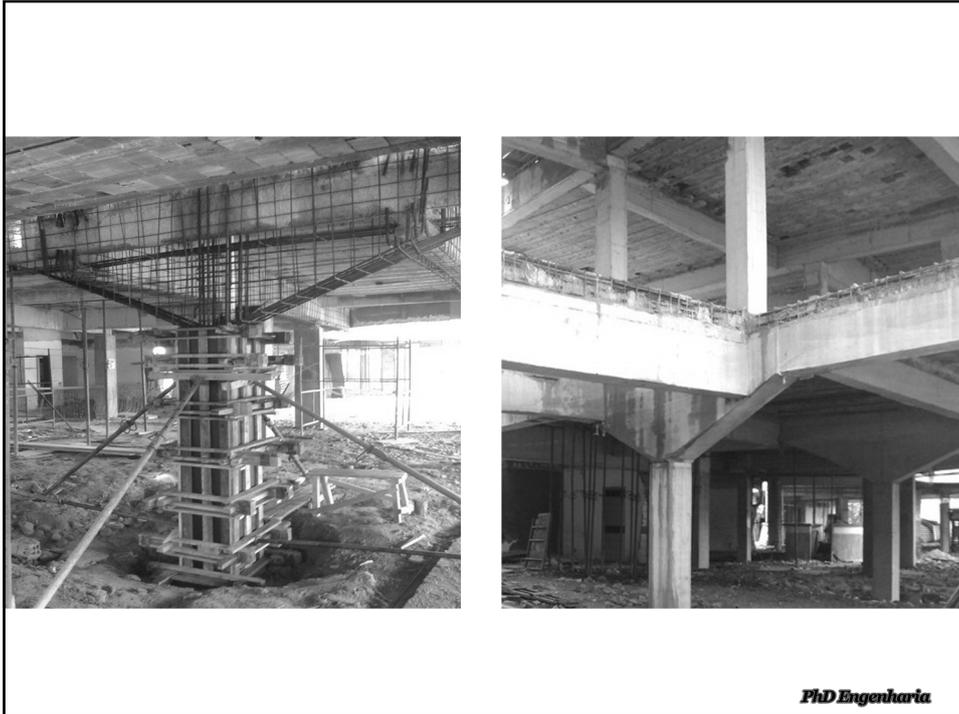
26



27



28



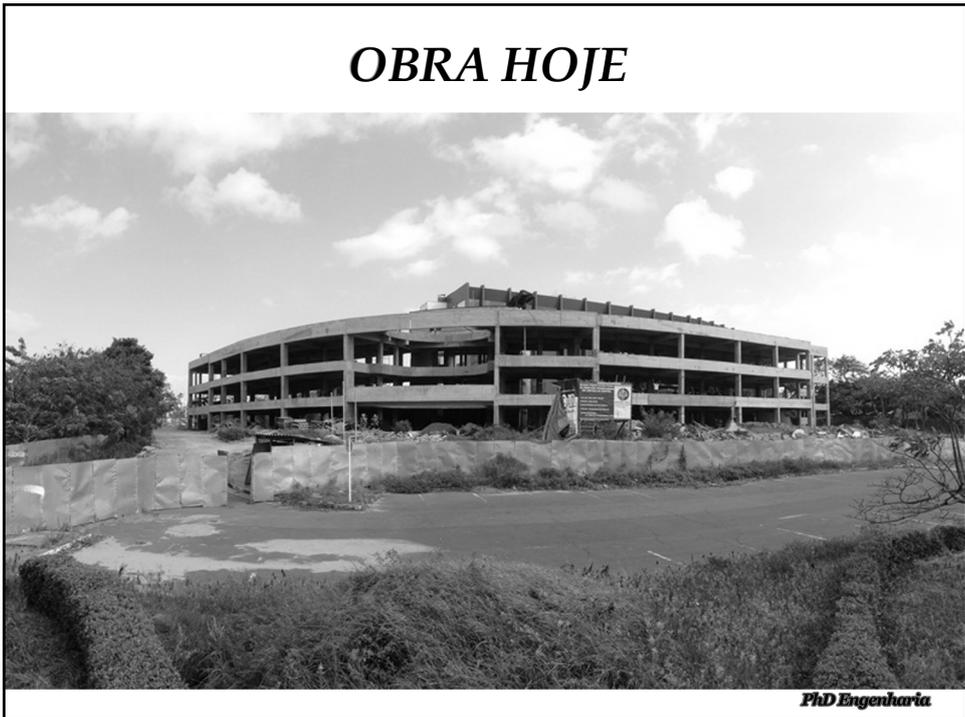
29



30



31



32

OBRIGADO!



"do Laboratório de Pesquisa aos Canteiros de Obras"

USP
UMC



MINISTÉRIO PÚBLICO
ESTADO DO MARANHÃO
Procuradoria Geral de Justiça

www.concretophd.com.br
www.phd.eng.br

11-2501-4822 / 23
11-7881-4014

PhD Engenharia