

USIMINAS



CAMPOS FIALHO
CANABRAVA
BORJA ANDRADE
SALLES
ADVOGADOS

Usinas Siderúrgicas de Minas Gerais
Usiminas

LAMINADOR DE TIRAS A QUENTE

LTQ#2

CUBATÃO/SP



"do Laboratório de Pesquisa ao Canteiro de Obras"

Eng^a. Mariana Carvalho
PhD Engenharia

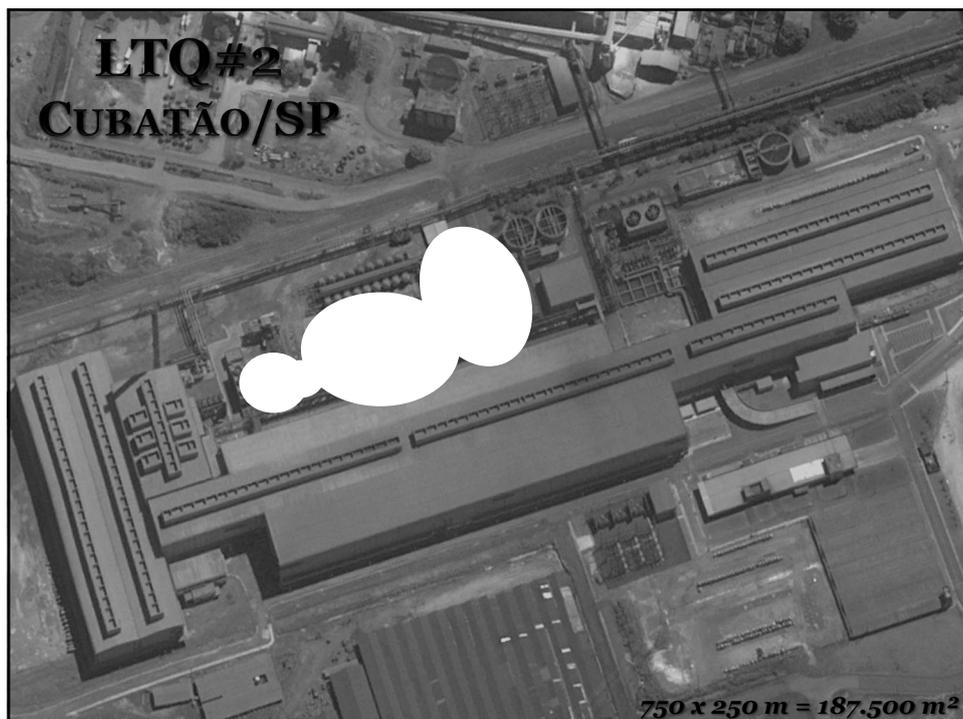
Prof. Paulo Helene
Diretor PhD Engenharia
Diretor e Conselheiro Permanente IBRACON
Presidente de Honra ALCONPAT Internacional
Prof. Titular Universidade de São Paulo
Member fib(CEB-FIP) Service Life of Concrete Structures

Hotel Tryp Iguatemi

07/03/2015

São Paulo / SP

1



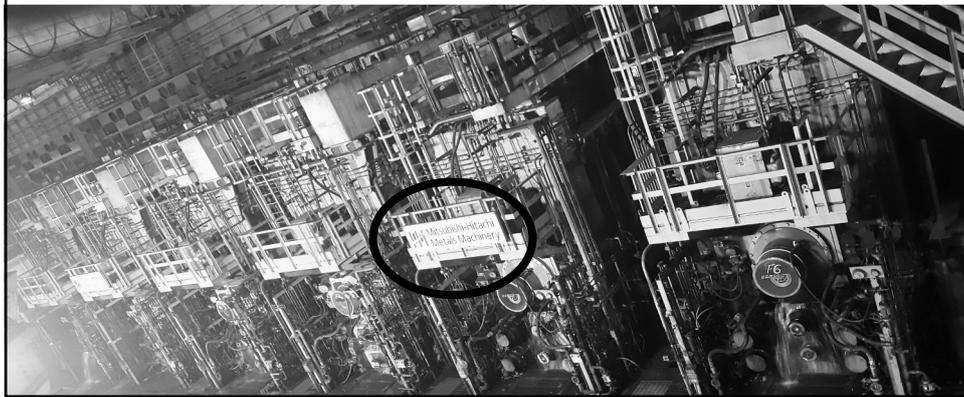
2

1

LTQ#2

Laminador de tiras a quente

Transforma placas de aço em chapas e bobinas a quente, por meio da deformação a quente do aço através de sua passagem entre cilindros, até que se atinja a dimensão final desejada do produto.



3



4

LTQ#2

Sistema		Descrição	Planos
Water Treatment Plant WTP Tratamento da água utilizada no processo de laminação	Sistema Direto	Canal de carepa	101 a 118 e 205
		Poço de carepa	805
		Poço de bombas	805
		Tanque de sedimentação	810
		Torre de resfriamento do sistema direto	811
	Sistema de Tratamento de Lama	Secador de lama	812
		Tanque de floculação e coagulação	815
		Espessadores	813
	Sistema Laminar	Poço do sistema laminar	806
		Torre de resfriamento do sistema laminar	817
	Sistema de Reposição de Água (Make Up)	Tanque de água	820
		Filtro de gravidade	821
		Clarificador	822
	Sistema Indireto	Torre de resfriamento do sistema indireto	807
	Demais Planos	Bobinadeira e pátio de bobinas	601 a 605
Laminador		101 a 130	
Sala de motores		202 a 220	
Oficina de Cilindros		306 a 324	
Forno		501 a 505	
Pátio de placas		501 a 505	
Transformadores		205 a 218	

5

LTQ#2 – Problemas de execução

Sistema		Descrição	Planos
Water Treatment Plant WTP Tratamento da água utilizada no processo de laminação	Sistema Direto	Canal de carepa	101 a 118 e 205
		Poço de carepa	805
		Poço de bombas	805
		Tanque de sedimentação	810
		Torre de resfriamento do sistema direto	811
	Sistema de Tratamento de Lama	Secador de lama	812
		Tanque de floculação e coagulação	815
		Espessadores	813
	Sistema Laminar	Poço do sistema laminar	806
		Torre de resfriamento do sistema laminar	817
	Sistema de Reposição de Água (Make Up)	Tanque de água	820
		Filtro de gravidade	821
		Clarificador	822
	Sistema Indireto	Torre de resfriamento do sistema indireto	807
	Demais Planos	Bobinadeira e pátio de bobinas	601 a 605
Laminador		101 a 130	
Sala de motores		202 a 220	
Oficina de Cilindros		306 a 324	
Forno		501 a 505	
Pátio de placas		501 a 505	
Transformadores		205 a 218	

6

WTP – Water Treatment Plant

É o **sistema de tratamento de água** do LTQ#2. O WTP é o responsável:

1. Pelo fornecimento da água em **padrões compatíveis com o processo** de produção;
2. Pela **economia** do consumo de água – visando trabalhar com perdas < 2%;
3. Por evitar o lançamento de **despejos contaminados** no estuário.



7

Estanqueidade

Especialmente para o WTP, a **estanqueidade** de poços, túneis e tanques é uma necessidade e uma premissa de partida do projeto.

Uma vez que a função da estrutura é a de tratar e conter líquidos, evitar a percolação e contaminação desses líquidos é um objetivo **primordial**.

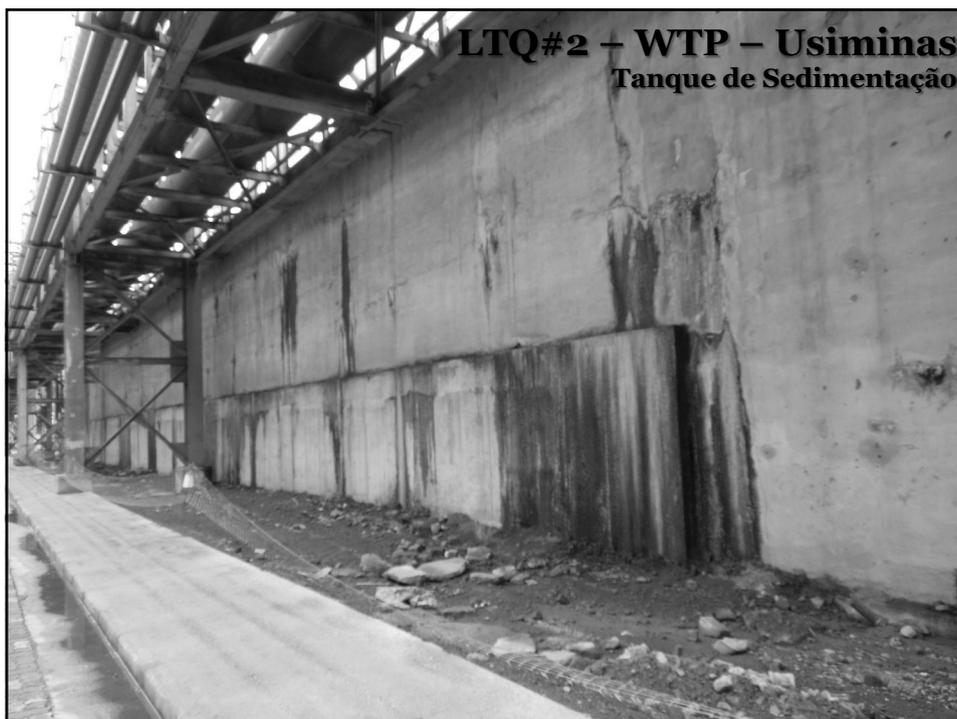
8

Exemplo: estrutura de concreto estanque



<http://www.educacao.ce/ambiental/processos-de-tratamento-da-agua-e-esgoto/>

9



10

Estanqueidade de uma estrutura de concreto

Envolve principalmente aspectos relacionados com a normalização e com as **técnicas de bem construir**, requerendo **cuidados especiais** durante a execução, de modo a evitar falhas que possam ocasionar, eventualmente, percolação ou infiltração de água:

- Ninhos de concretagem;
- Adensamento inadequado;
- Fissurações não previstas;
- Juntas de concretagem não estanques;
- ...

11

ACI 350-06

Code Requirements for Environmental Engineering
Concrete Structures and Commentary

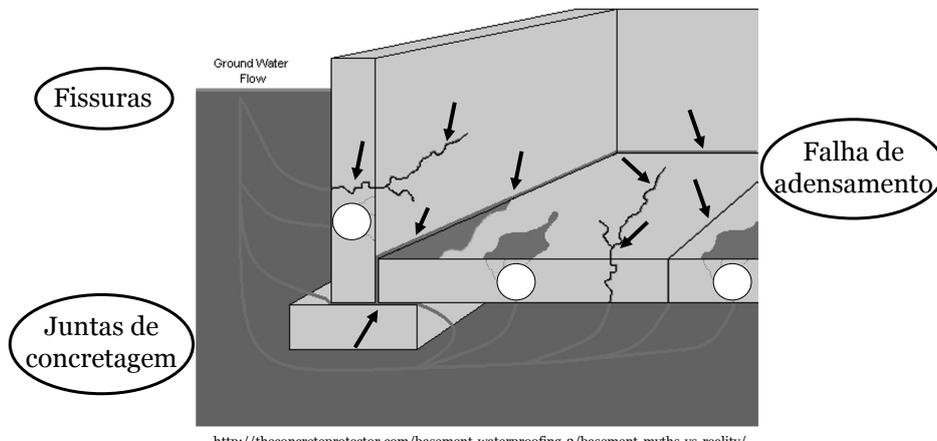
General Commentary

*Environmental engineering concrete structures for the **containment, treatment, or transmission of liquid** such as water and wastewater as well as solid waste disposal facilities, **should be designed and constructed to be essentially liquid-tight [...]***

12

Ausência de estanqueidade

Por onde penetra a água? Por onde “vaza” a água?



13

Especificação contratual

Usiminas vs. Consórcio

2.2 – Frentes de serviço e seqüências executivas (p. 9)

3. Obras da estação de tratamento de água;

Para este lote de obras as estruturas se apresentam com geometria variada, porém, com uma condição típica por serem esbeltas e elevadas, ou então enterradas a grandes profundidades como é o caso do poço de carepa que atingirá mais de 20 metros abaixo do nível 0,00, em solo argiloso e sob lençol freático elevado, exigindo metodologia executiva não convencional e que será abordada mais adiante.

Em contrapartida, temos as estruturas das torres de resfriamento que são elevadas e constituídas por peças delgadas e com alguma complexidade quanto às formas, exigindo metodologias adequadas e equipamentos de transporte vertical.

Também temos neste lote os tanques de sedimentação, espessadores, clarificador, bases de bombas, filtros, etc. que são estruturas de média complexidade onde predominam as obras de chão e paredes.

De modo geral estas obras demandam cuidados específicos pois se não temos grandes maciços de concreto, por outro lado as estruturas deverão ter características de estanqueidade exigindo plano de concretagens onde fiquem estabelecidas as juntas e respectivos tratamentos, além da avaliação das características do concreto.

14

Problemas construtivos graves

LTQ#2 – Usiminas

- 1) Ausência de estanqueidade**
- 2) Deficiências de adensamento**
- 3) Deficiências de juntas de concretagem**
- 4) Deficiências nos tensores de fôrmas**
- 5) Deficiências de execução: fissuras**
- 6) Desalinhamento e desaprumo de fôrmas**
- 7) Deficiências de cobrimento: armaduras expostas**

15

Ausência de estanqueidade

LTQ#2

16



17



18



19



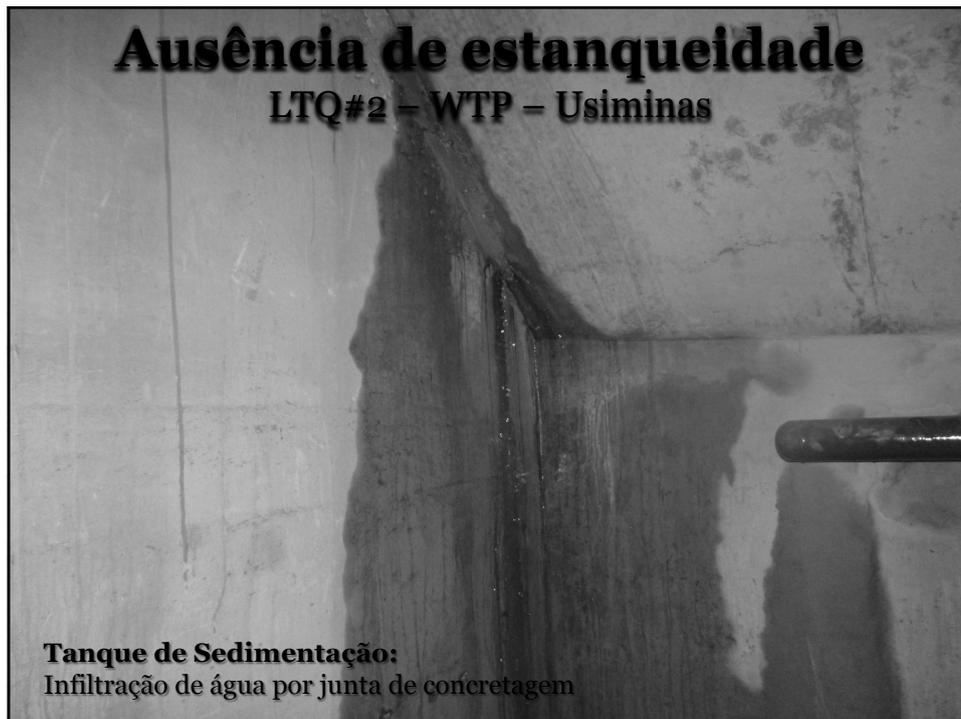
20



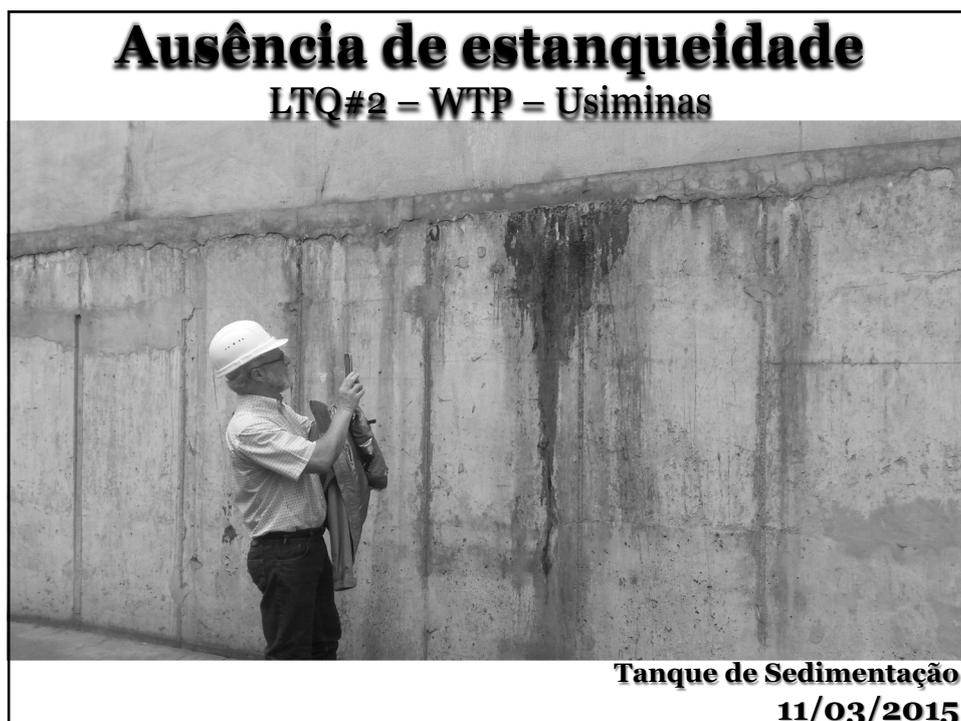
21



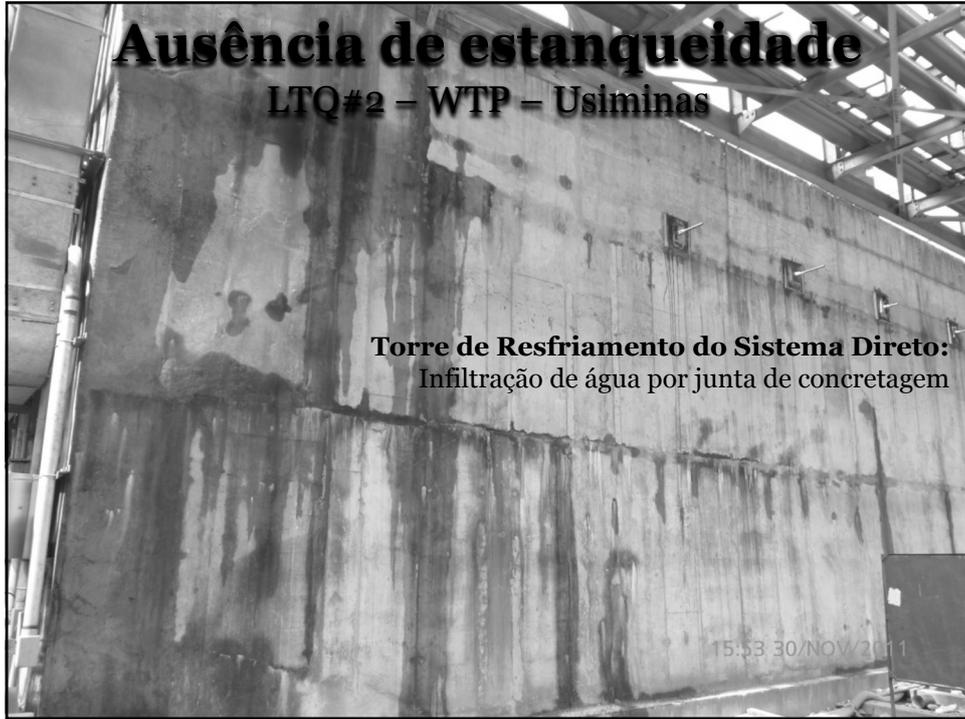
22



23



24



25



26

Ausência de estanqueidade

LTQ#2 – WTP – Usiminas



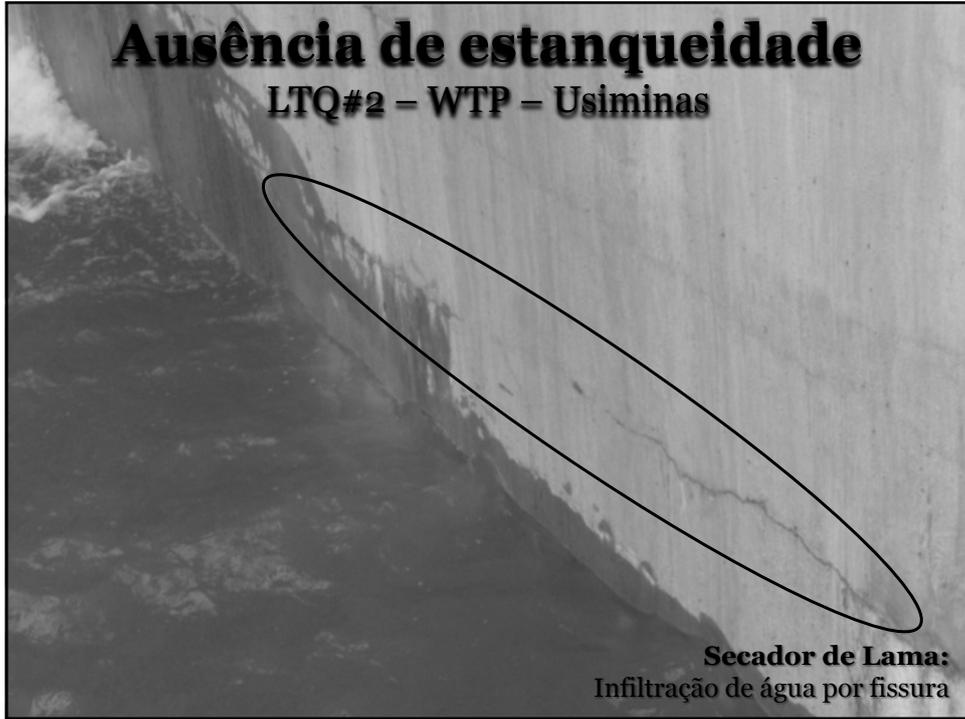
Vídeo - Torre de Resfriamento do Sistema Direto → 11/03/2015

27



Torre de Resfriamento do Sistema Direto (LTQ#2 – WTP)
Queda de aletas e diversas infiltrações
11/03/2015

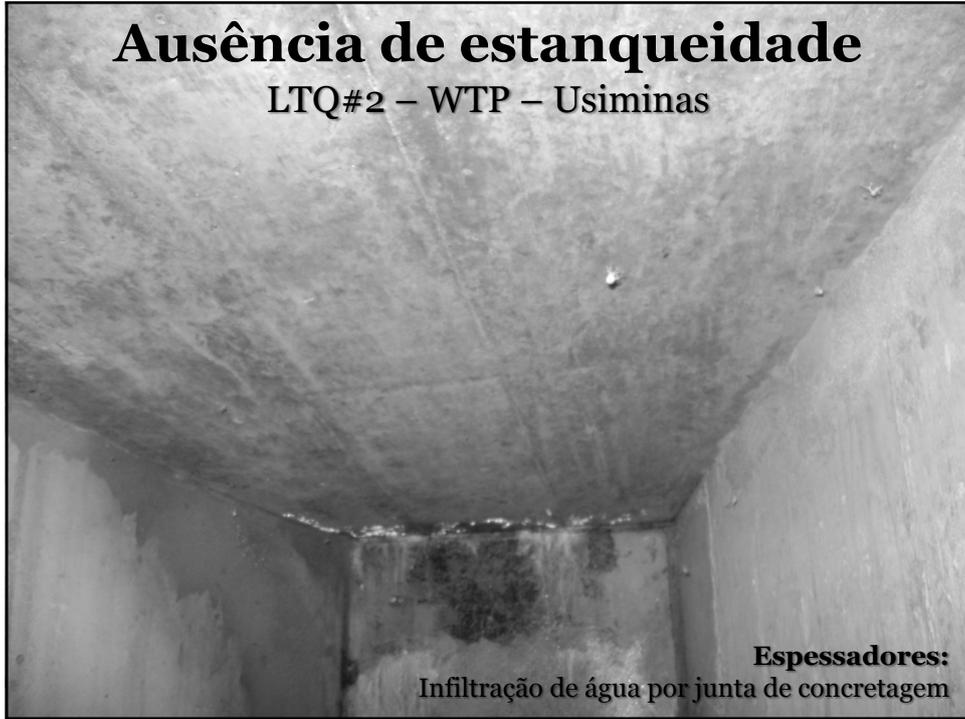
28



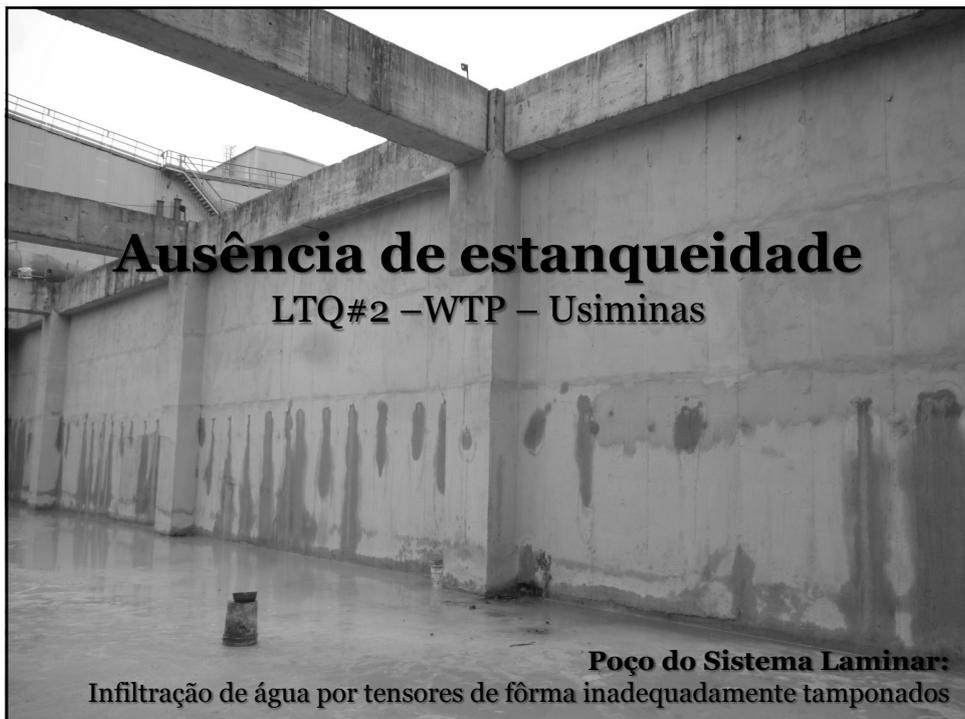
29



30



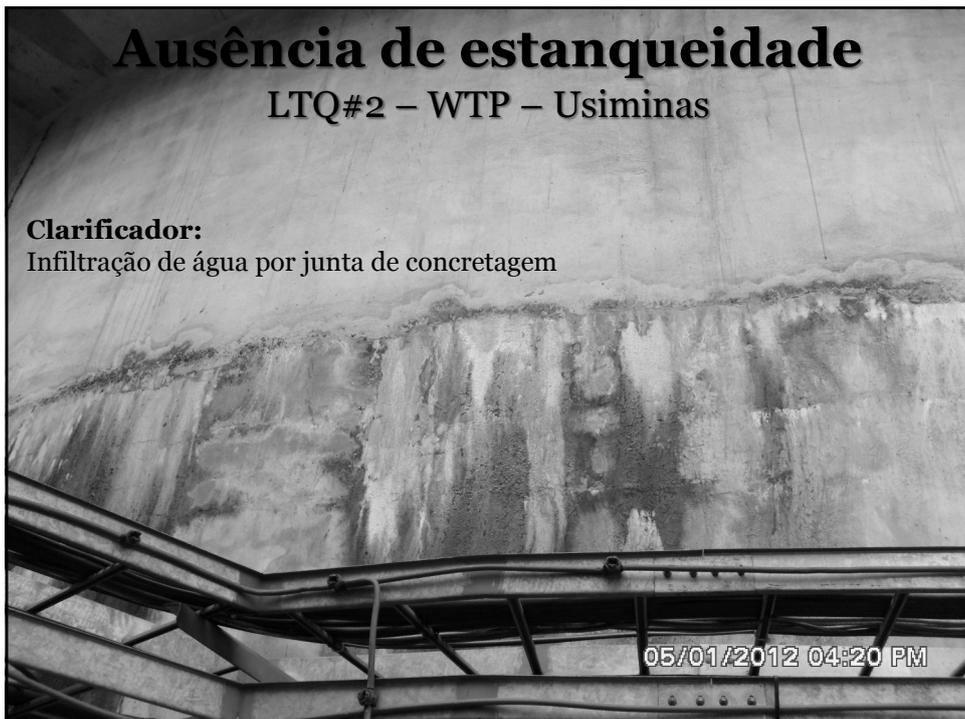
31



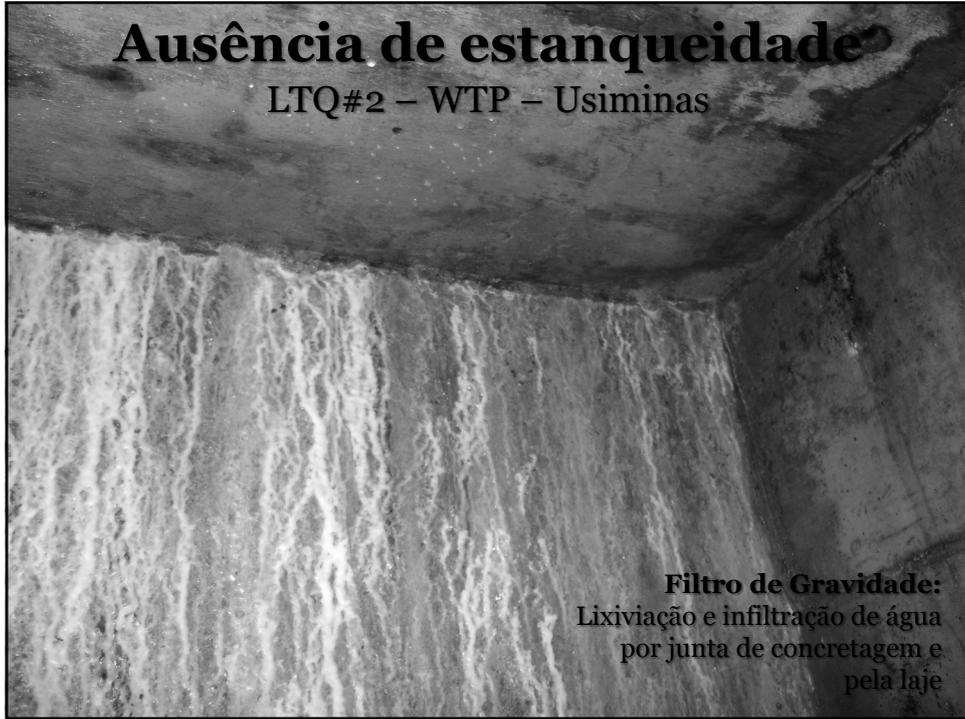
32



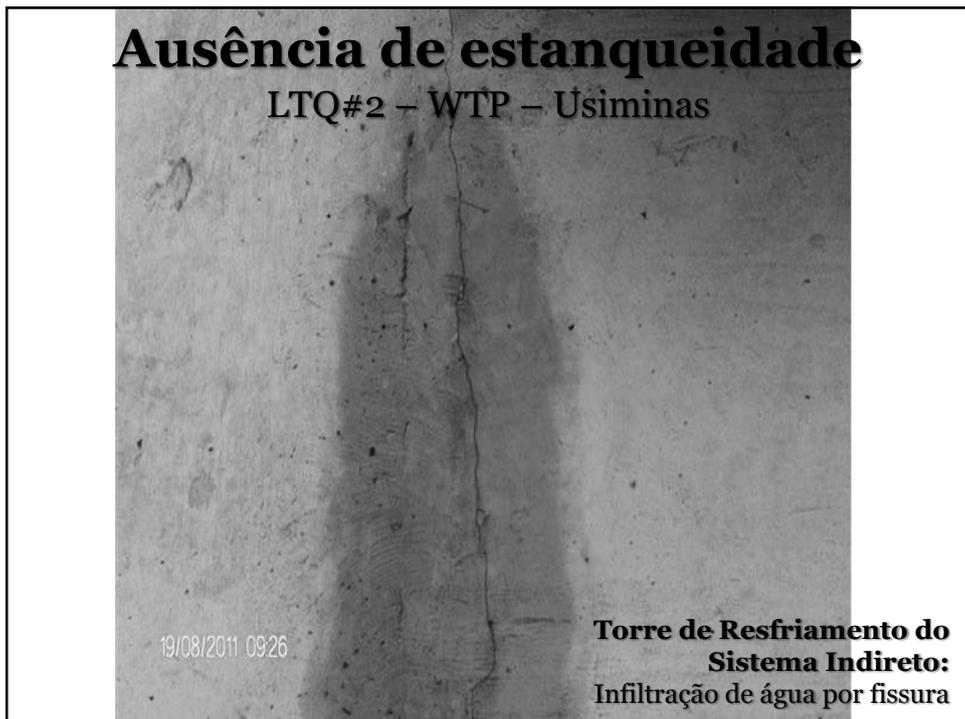
33



34



35



36

Ausência de estanqueidade

LTQ#2 – WTP – Usiminas



Torre de Resfriamento do Sistema Indireto

11/03/2015

37

Ausência de estanqueidade

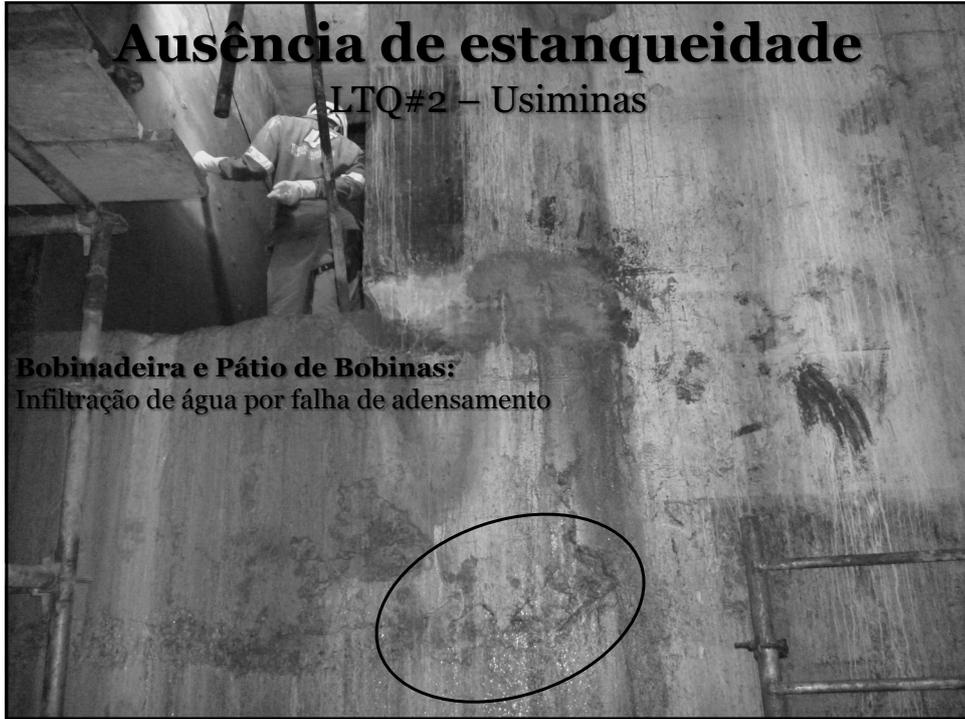
LTQ#2 – WTP – Usiminas



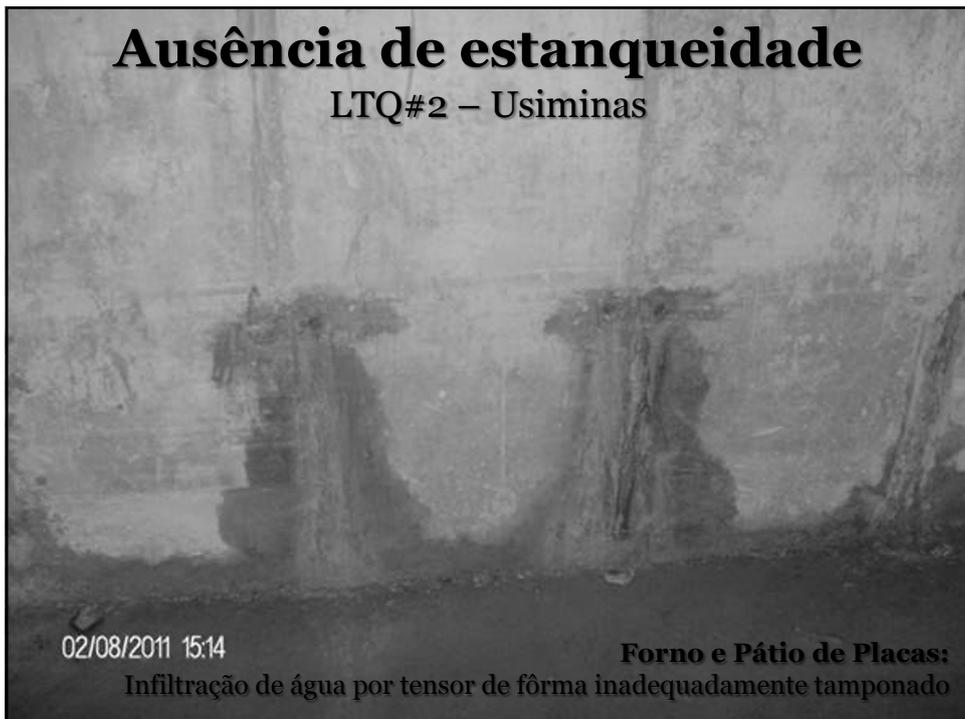
Torre de Resfriamento do Sistema Indireto

11/03/2015

38



39



40

Adensamento

Compactação do concreto
Eliminação dos vazios internos
Preenchimento de todos os recantos das fôrmas
Envolvimento correto das armaduras

**Má execução do
adensamento**

Alta porosidade
Alta permeabilidade
Preenchimento inconveniente das fôrmas
Aderência ineficiente à armadura
Comprometimento da estética

41

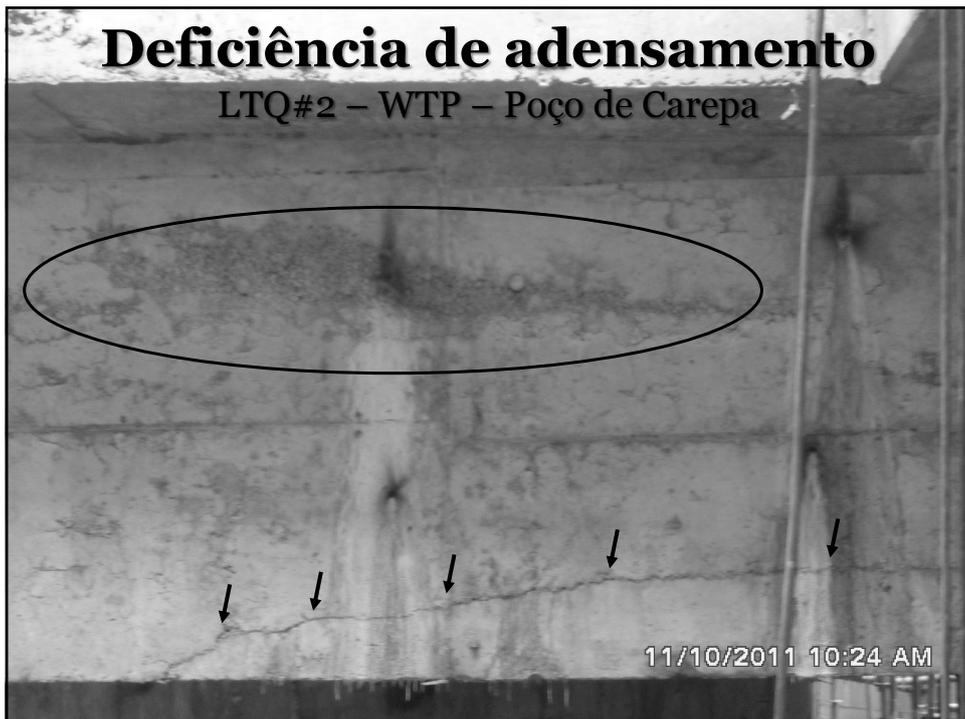
Deficiências de adensamento

LTQ#2

42



43



44



45



46



47



48



49



50



51

Juntas de Concretagem

Pontos mais delicados das obras hidráulicas, que requerem a maior atenção

ABNT NBR 14931:2004

9.7 – Juntas de concretagem

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

52

Deficiências de juntas de concretagem

LTQ#2

53



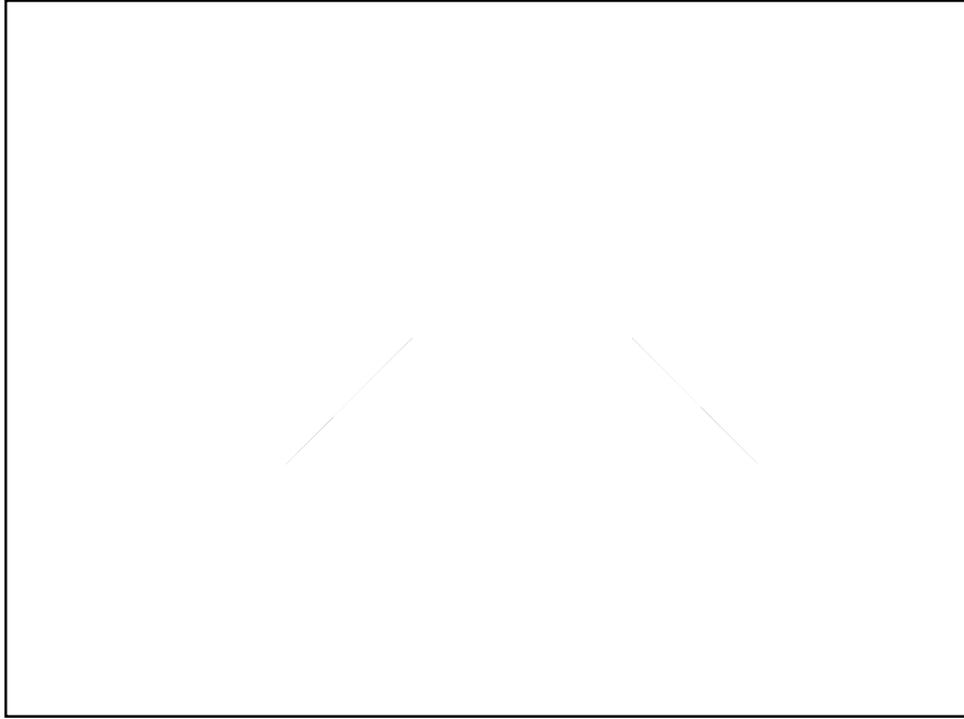
54



55



56



57



58

Fita hidroexpansiva



<http://www.educacao.cc/ambiental/processos-de-tratamento-da-agua-e-esgoto/>

59



<http://www.archiproducts.com/pt/produutos/77927/system-water-protex-waterstop-hidro-expansivo-e-resina-sinejoint-r-25-20-fima-system.html>

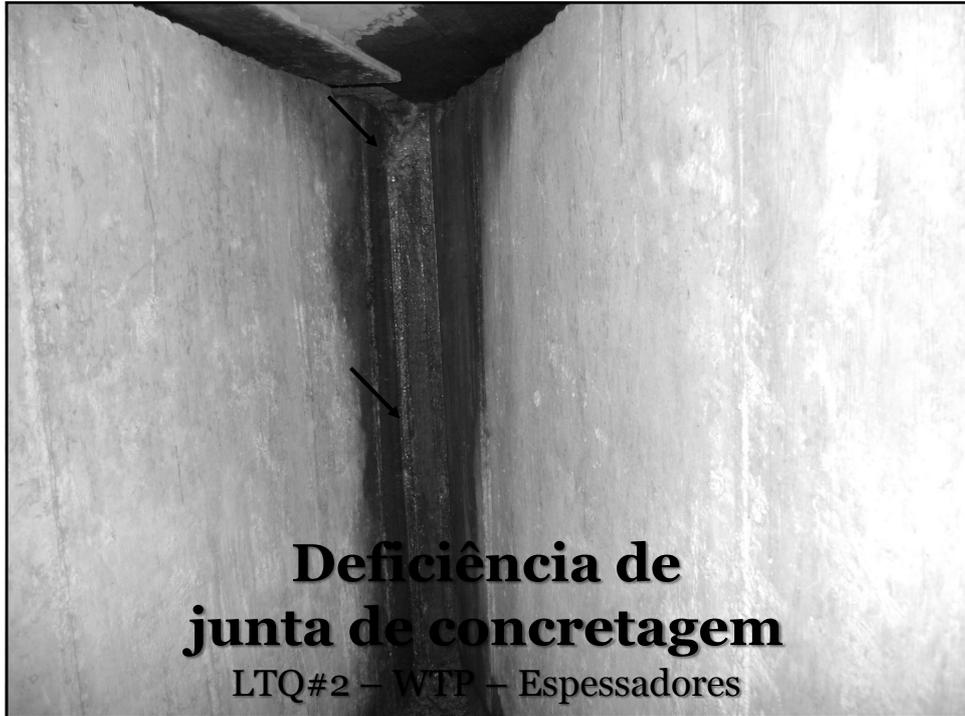
60



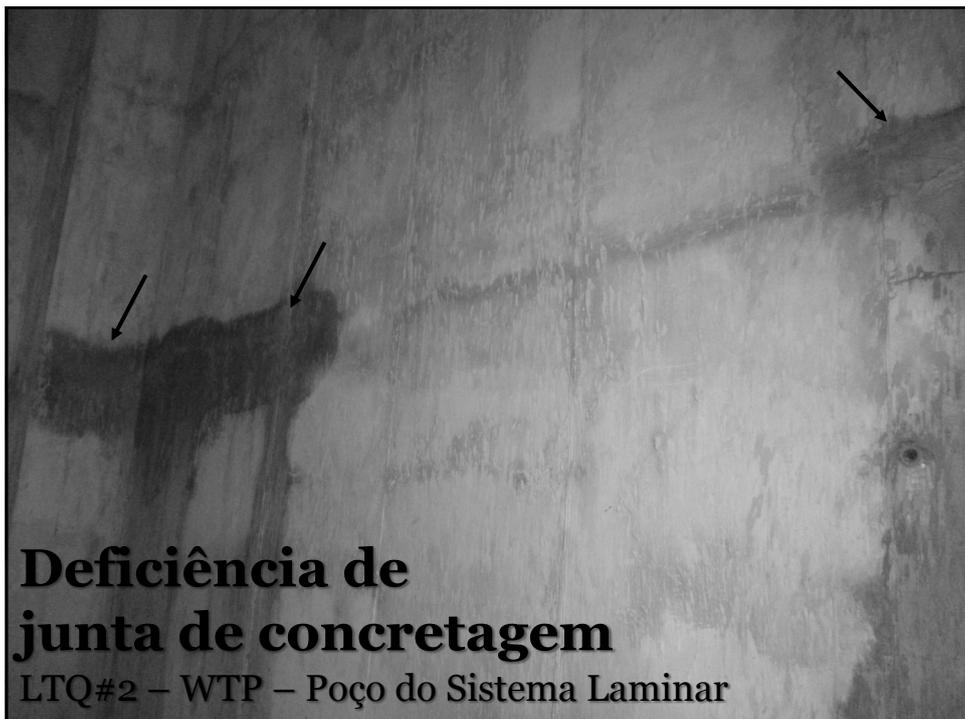
61



62



63



64



65



66



67



68



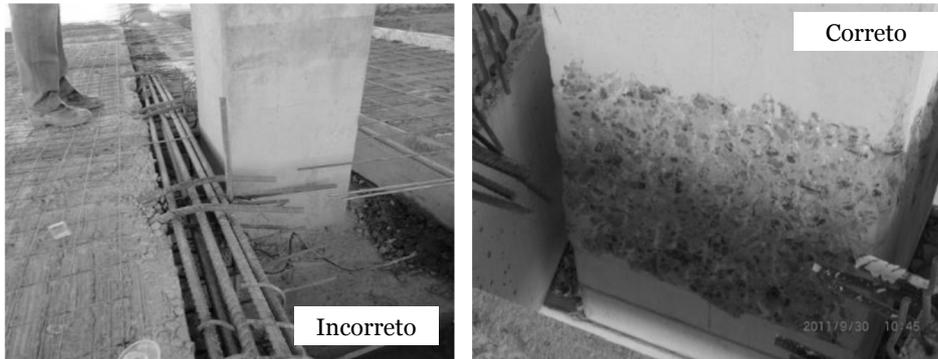
69



70

Juntas de Concretagem

Elementos pré-moldados / pré-fabricados



Apicoamento seguido de saturação prévia ao preenchimento da junta contribui sobremaneira para a melhor aderência do concreto nestas regiões e minimiza potencialmente o risco de fissuração e conseqüentes manifestações patológicas (como, por exemplo, **infiltrações**).

71

Tensores de fôrmas

Tensores de fôrmas são barras de aço utilizadas para atirantar fôrmas opostas de elementos estruturais, ajudando a fôrma a suportar a pressão do concreto fresco, sem necessidade de escoramento. Após o endurecimento do concreto, são retirados, formando uma abertura

ABNT NBR 14931:2004

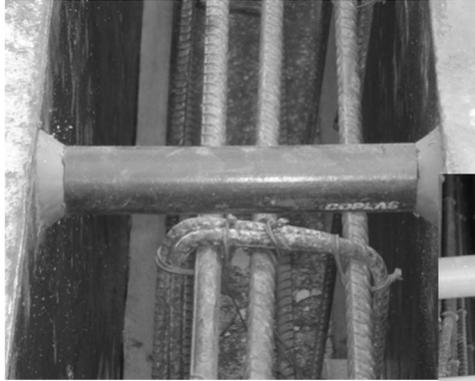
7.2.5 – Aberturas temporárias em fôrmas

Aberturas e orifícios usados para trabalhos temporários devem ser preenchidos e acabados com um material de qualidade similar à do concreto da estrutura.

72

Tensores de fôrmas

Protegido por tubo plástico

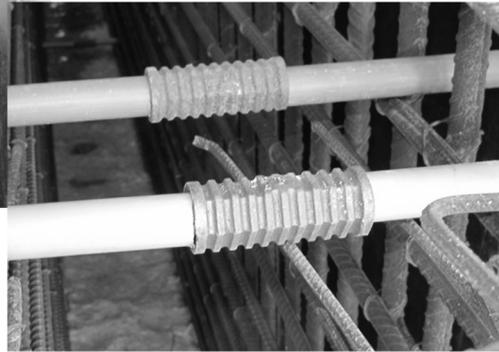


http://www.aecweb.com.br/prod/e/nucleo-perdido_1162_15868

Estruturas hidráulicas

Núcleo perdido

http://www.aecweb.com.br/prod/e/nucleo-perdido_1162_15868



73

Deficiências nos tensores de fôrmas LTQ#2

74



75

Deficiências nos tensores de fôrmas

LTQ#2 – WTP – Poço de Carepa

Parecer Técnico do consultor Ricardo Vinagre (Via Técnica)
Anexo A.20-C – Alegações Iniciais da Usiminas

Chama a atenção inicialmente, a quantidade de água que penetra no interior da obra.

Apesar do elevado nível do lençol freático, a dimensão da paredes externas (1,20m), teoricamente deveria produzir a estanqueidade adequada.

Não é o que acontece.

A penetração predominante de água e outros materiais carreados em vários pontos tem diversas causas e sua quantidade acompanha a proporção do tamanho da obra.

Dentre estas causas observadas temos, fissuras, juntas de concretagem deficientes, deficiência de adensamento e até aberturas para tensores de formas, não tamponados.

76

Deficiências nos tensores de fôrmas

LTQ#2 – WTP – Poço de Carepa → 11/03/2015



77

Deficiências nos tensores de fôrmas

LTQ#2 – WTP – Tanque de Sedimentação



78



79



80

Fissuras

É preciso compatibilizar o grau de fissuração dos concretos com aspectos de **funcionalidade da estrutura, durabilidade, deformabilidade, estanqueidade e estética** adequados às condições de utilização previstos originalmente para a estrutura.

ABNT NBR 6118:2007

13.4.3 – Controle da fissuração quanto à aceitabilidade sensorial e à utilização

“No caso das fissuras afetarem a funcionalidade da estrutura, como, por exemplo, no caso da **estanqueidade** de reservatórios, devem ser adotados **limites menores** para as aberturas das fissuras”.

81

Deficiências de execução: fissuras LTQ#2

82



83

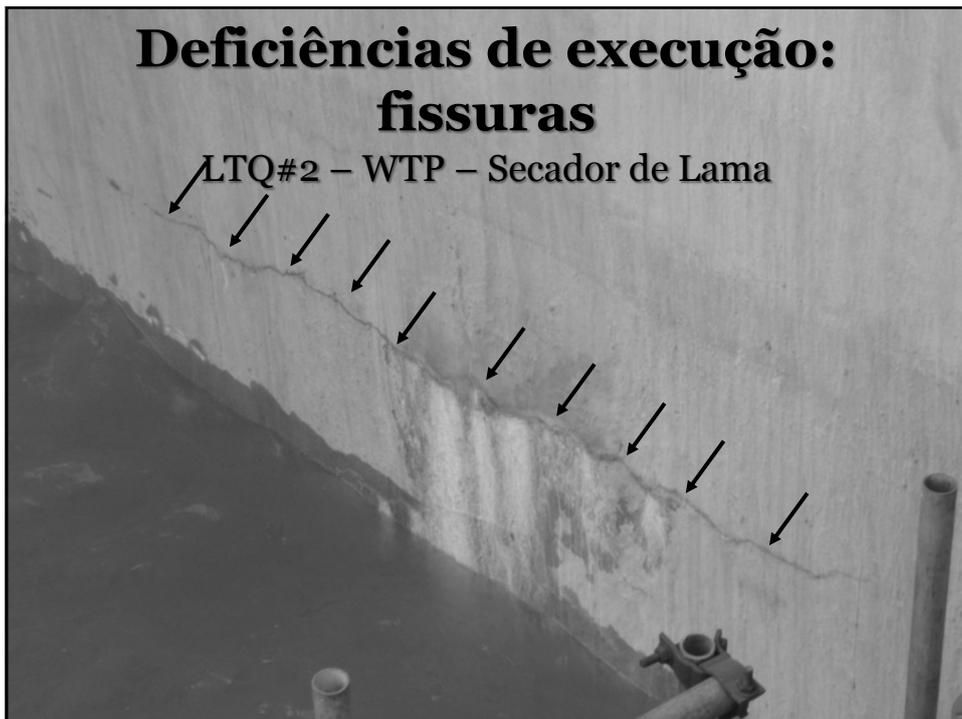


84

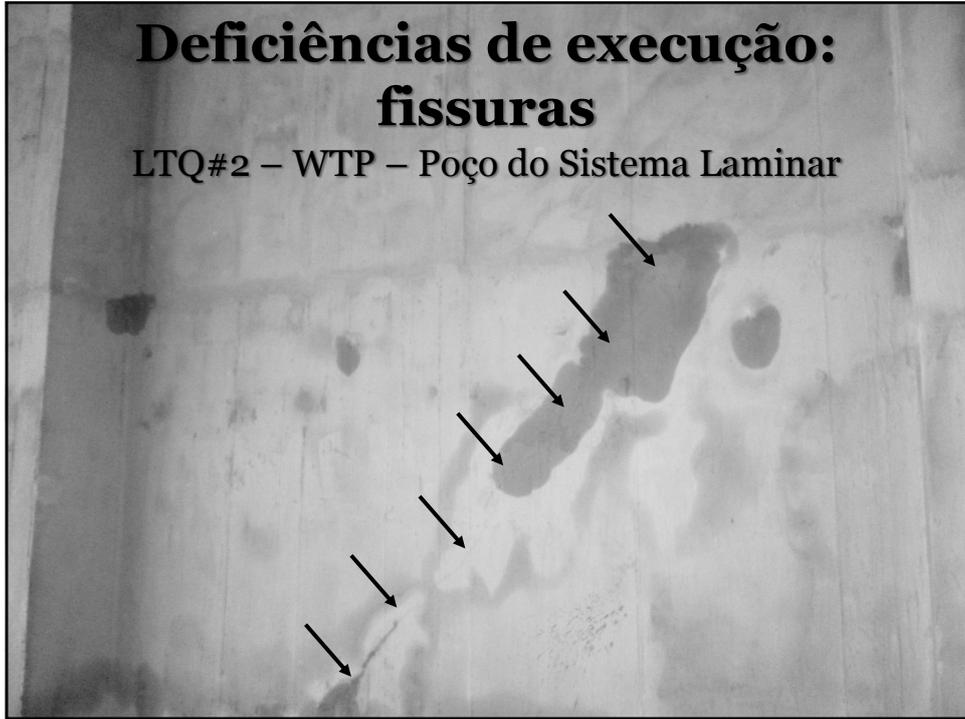


Deficiências de execução: fissuras
LTQ#2 – WTP Torre de Resfriamento do Sistema Direto
11/03/2015

85



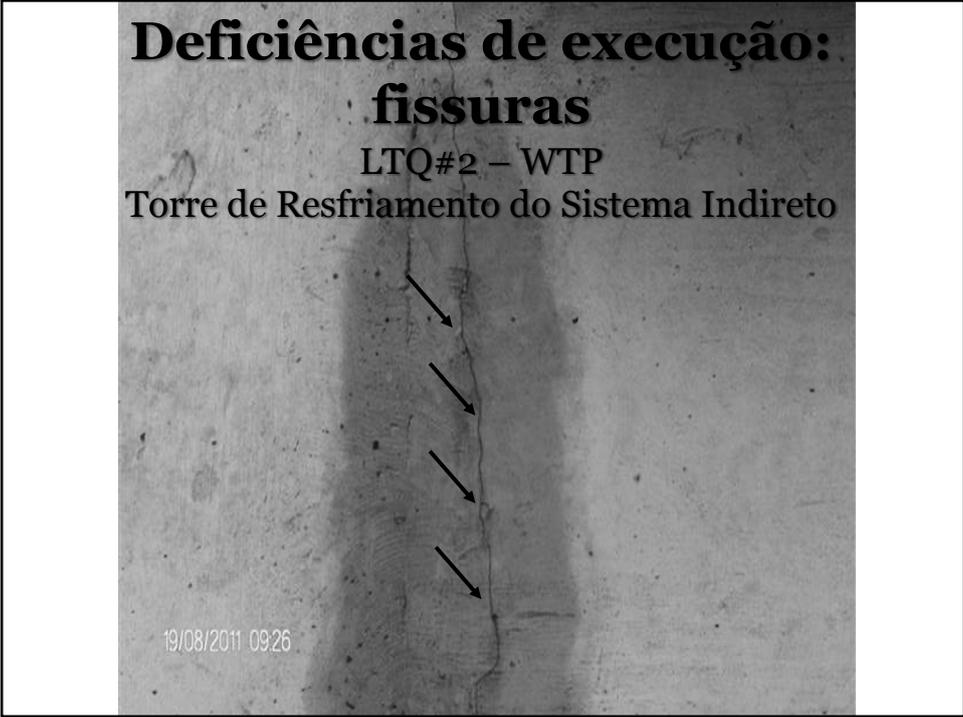
86



87



88



89

Interação entre os intervenientes
equilíbrio de poder

projetista estrutural serviços de concretagem consórcio (execução) tecnologista (consultor) laboratório (controle)

atribuição de responsabilidades
ABNT NBR 12655:2006
respondem ao PROPRIETÁRIO

The complex block contains a title, five icons with labels, and a text box. The icons are: a person at a computer (projetista estrutural), a concrete mixer truck (serviços de concretagem), two people looking at a blueprint (consórcio (execução)), a person in a hard hat holding a clipboard (tecnologista (consultor)), and a person at a control panel (laboratório (controle)). The text box at the bottom states that responsibilities are assigned according to ABNT NBR 12655:2006 and that they respond to the owner.

90



91

Estruturas de Concreto

Atividade profissional regida por normas técnicas:

- de PROJETO
- de MATERIAIS
- de EXECUÇÃO
- de CONTROLE
- de OPERAÇÃO & MANUTENÇÃO
- e, Complementares (*NR4; NR 6; NR9; NR18 do MT, PMs*)

92

Desalinho e desaprumo de fôrmas

ABNT NBR 15696:2009

Tolerâncias dimensionais para as **seções transversais** de elementos estruturais lineares e para a espessura de elementos estruturais de superfície.

Dimensão (a) (cm)	Tolerância (t) (mm)
$a \leq 60$	5
$60 < a \leq 120$	7
$120 < a \leq 250$	10
$a > 250$	0,4% da dimensão

Tolerâncias dimensionais para o comprimento de elementos estruturais lineares.

Dimensão (l) (m)	Tolerância (t) (mm)
$l \leq 3$	5
$3 < l \leq 5$	10
$5 < l \leq 15$	15
$l > 15$	20

Nota: A tolerância dimensional de elementos lineares justapostos deve ser considerada sobre a dimensão total.

93

Desalinho e desaprumo de fôrmas LTQ#2

94



95



96



Desalinhamento e desaprumo de fôrmas

LTQ#2 – WTP – Poço de Carepa → 11/03/2015

97



Desalinhamento e desaprumo de fôrmas

LTQ#2 – WTP – Tanque de Sedimentação

98



99

Desalinho e desaprumo de fôrmas

O sistema de fôrmas empregado deve apresentar **segurança** durante todas as etapas construtivas, durabilidade e **acabamento adequado**, sendo permitidas certas tolerâncias.

ACI / ASCC

The Contractor's Guide to Quality Concrete Construction

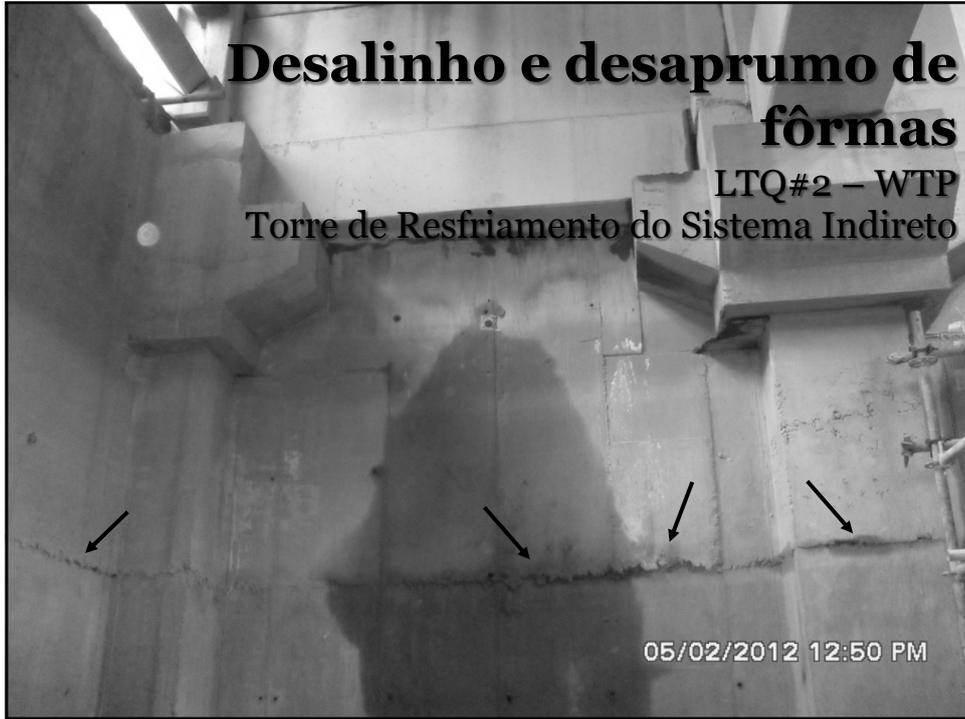
5. Formwork

Size, shape, and alignment of slabs, beams, columns, and other concrete structural elements depend on accurate construction of the formwork.

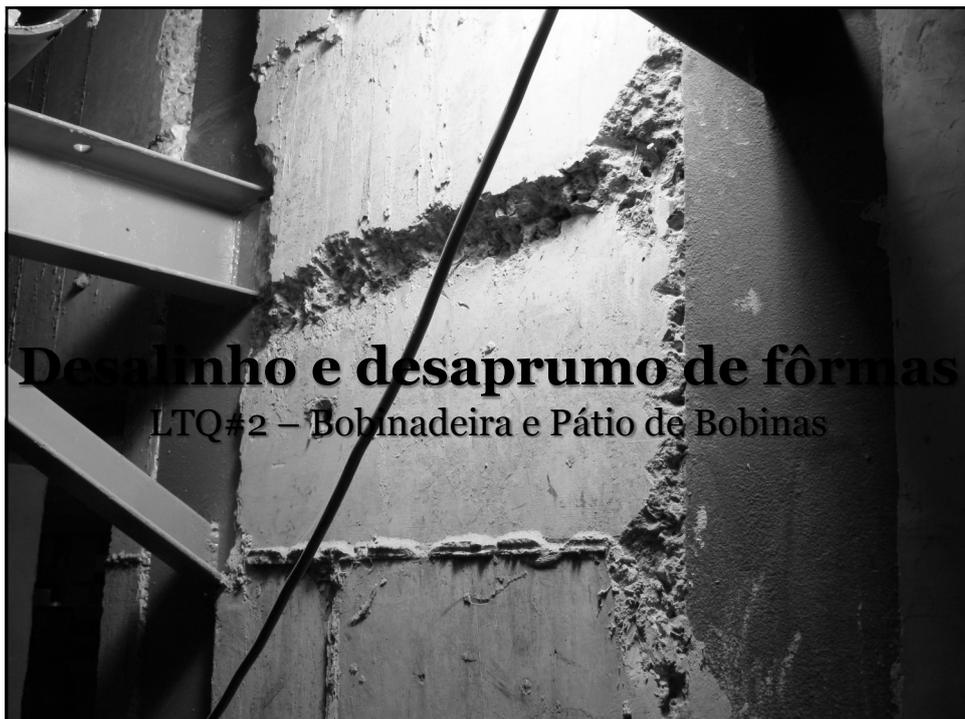
Forms must be built to **correct dimensions**. Formwork must be **rigid enough** under construction loads to **maintain the designed shape and alignment** of the concrete element. If the forms deflect

excessively, bulges in the concrete surface may require expensive chipping and grinding. If the forms move out of place, the misalignment can destroy the integrity of the structure or **affect installation of the structural frame, the building's facade, or building equipment**.

100



101



102

Armaduras expostas

Numa estrutura de concreto armado, o aço suporta os esforços de tração de maior magnitude. Por esta razão, o concreto deve protegê-lo do contato com o ambiente externo, e o aço deve sempre estar imerso na massa de concreto, **respeitando os cobrimentos mínimos** especificados na ABNT NBR 6118:2007 e na ABNT NBR 12655:2006.

103

Armaduras expostas

ABNT NBR 6118:2007

Tabela 6.1 - Classes de agressividade ambiental

Classe de agressividade ambiental	Agressividade	Classificação geral do tipo de ambiente para efeito de projeto	Risco de deterioração da estrutura
I	Fraca	Rural	Insignificante
		Submersa	
II	Moderada	Urbana ^{1), 2)}	Pequeno
III	Forte	Marinha ¹⁾	Grande
		Industrial ^{1), 2)}	
IV	Muito forte	Industrial ^{1), 3)}	Elevado
		Respingos de maré	

¹⁾ Pode-se admitir um microclima com uma classe de agressividade mais branda (um nível acima) para ambientes internos secos (salas, dormitórios, banheiros, cozinhas e áreas de serviço de apartamentos residenciais e conjuntos comerciais ou ambientes com concreto revestido com argamassa e pintura).

²⁾ Pode-se admitir uma classe de agressividade mais branda (um nível acima) em: obras em regiões de clima seco, com umidade relativa do ar menor ou igual a 65%, partes da estrutura protegidas de chuva em ambientes predominantemente secos, ou regiões onde chove raramente.

³⁾ Ambientes quimicamente agressivos, tanques industriais, galvanoplastia, branqueamento em indústrias de celulose e papel, armazéns de fertilizantes, indústrias químicas.

104

Armaduras expostas

ABNT NBR 6118:2007

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

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

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

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

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

105

Armaduras expostas

ABNT NBR 14931:2004

Tolerâncias dimensionais para o cobrimento de elementos estruturais lineares.

Dimensão (s) (cm)		Tolerância ^{1),3)} (t) (mm)
Tipo de elemento estrutural	Posição da verificação	
Elementos de superfície	Horizontal	5
	Vertical	20 ²⁾
Elementos lineares	Horizontal	10
	Vertical	10

¹⁾ Em regiões especiais (tais como: apoios, ligações, intersecções de elementos estruturais, traspasse de armadura de pilares e outras) essas tolerâncias não se aplicam, devendo ser objeto de entendimento entre o responsável pela execução da obra e o projetista estrutural.

²⁾ Tolerância relativa ao alinhamento da armadura.

³⁾ O cobrimento das barras e a distância mínima entre elas não podem ser inferiores aos estabelecidos na ABNT NBR 6118.

106

Deficiências de cobrimento: armaduras expostas

LTQ#2

107



108



109



110



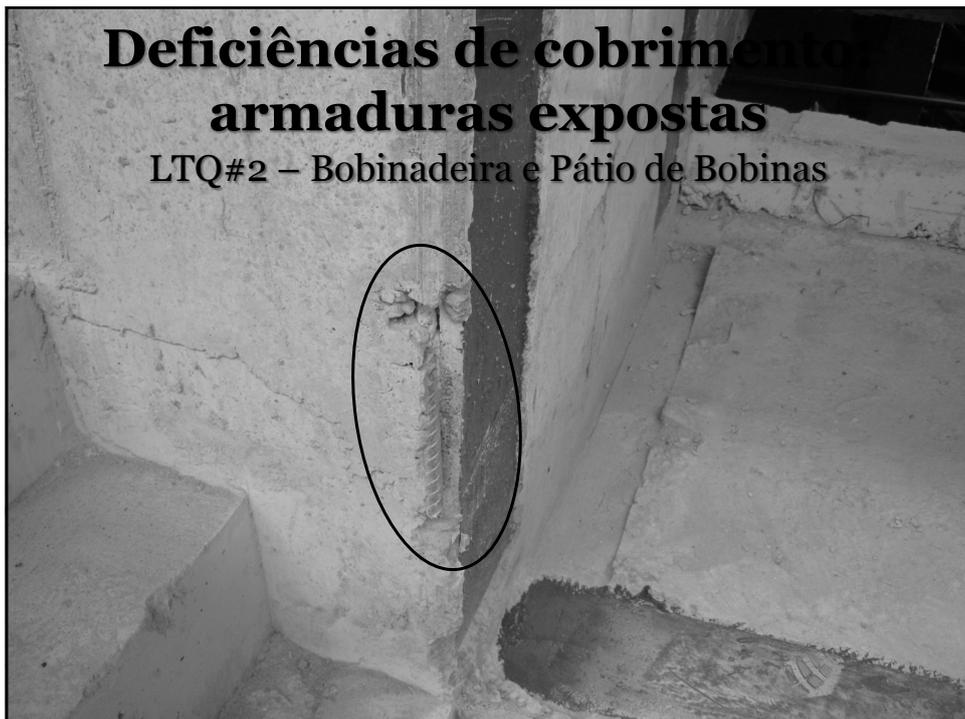
111



112



113



114



115



116

Cúpula do Panteão → Século II dC



Diâmetro de **44m**

Feita de pedra pome

com bronze (cubetas)

Arquitetura primitiva

Com pozolana + sangue

Arquiteto: *q. Bernini* → *baldaquino papal*

Localização: *a (Catedral) de São Pedro*

É a *primeira cúpula mais antiga*

117

Cúpula do Panteão de Roma Século II dC → Diâmetro de 44m



118

Esclarecimentos adicionais

Poço de Carepa

119

1. USIMINAS questiona qualidade de execução

§ 77 – Resposta dos Requeridos (CONSÓRCIO)

É importantíssimo também dizer que a empresa LPC - Latina acompanhou por um ano a execução do Poço de Carepa e emitiu um **Relatório de Instrumentação** (doc.R.126), o qual foi devidamente conferido pela Infraestrutura Engenharia Ltda. (doc.R.163) que nada constatou sobre essas falhas de execução agora apontados pela Usiminas [...]

120

1. USIMINAS questiona qualidade de execução

Anexo doc. R.126 – Relatório de Instrumentação LPC-Latina

1.) OBJETIVO

O objetivo deste relatório é apresentar, as leituras realizadas no mês de julho de 2010 no poço de carepas

2.) LEITURAS

As leituras obtidas dos instrumentos instalados indicam um panorama de deslocamento com pequena velocidade,

Conclusão: a LPC foi contratada para medir deformações da estrutura e não qualidade da execução.

121

1. USIMINAS questiona qualidade de execução

LTQ#2 – WTP – Poço de Carepa

Parecer Técnico do consultor Ricardo Vinagre (Via Técnica)

Anexo A.20-C – Alegações Iniciais da Usiminas

A penetração predominante de água e outros materiais carreados em vários pontos tem diversas causas e sua quantidade acompanha a proporção do tamanho da obra.

Dentre estas causas observadas temos, fissuras, juntas de concretagem deficientes, deficiência de adensamento e até aberturas para tensores de formas, não tamponados.

Outro aspecto observado foi o desalinho e desaprumo de formas em diversos pontos causando inflexões tanto na parede externa quanto no cone central e na estrutura de vigamento e passarela internas.

Ainda nesta estrutura, há diversos pontos com ferragem exposta e até mesmo com perda de seção já por corrosão, falta de recobrimento da ferragem e concreto segregado.

122

1. USIMINAS questiona qualidade de execução

LTQ#2 – WTP – Poço de Carepa

Parecer Técnico do consultor Ricardo Vinagre (Via Técnica)
Anexo A.20-C – Alegações Iniciais da Usiminas

Considerando as informações obtidas, recomendamos providencias imediatas ante a eminente necessidade de entrada em operação informada do sistema de laminação da qual a estrutura inspecionada faz parte.

O atual estado da estrutura compromete severamente a durabilidade da estrutura.

A obra esta em ambiente agressivo e deve estar preparada para operar com água em temperatura elevada, contendo ainda elementos químicos e sólidos agressivos, oriundos do processo industrial.

A vulnerabilidade a ataque externo atual da estrutura é muito elevada.

Os reparos em pontos localizados em andamento são inócuos frente à magnitude dos problemas existentes.

Conclusão: má qualidade na execução do Poço de Carepa

123

2. USIMINAS questiona (não) conformidade do concreto

Parecer Técnico do Prof. Urbano Alonso
Anexo A.20-B – Alegações Iniciais da Usiminas

Conforme reunião de 28/11/2011 os ensaios feitos em corpos de prova retirados do concreto das paredes do poço mostraram que o mesmo não atendia às especificações de projeto principalmente módulo de elasticidade e % de cloreto. Também a resistência à compressão simples se mostrou deficitária em vários corpos de prova, mesmo já tendo decorrido 400 dias após seu lançamento.

Módulo de elasticidade → problema de deformabilidade excessiva

resistência à compressão → problema de estabilidade e segurança

Porcentagem de cloreto → problema de durabilidade

124

2. USIMINAS questiona (não) conformidade do concreto

- As conclusões do Prof. Urbano Alonso foram fundamentadas em **testemunhos extraídos** da estrutura já executada;
- A extração de testemunhos é o **método de maior confiabilidade** para avaliar a resistência do concreto;
- As extrações ocorreram em idades de 400 dias, pressupondo o crescimento natural da resistência do concreto, conclui-se que **aos 28 dias as resistências eram ainda menores.**

125

2. USIMINAS questiona (não) conformidade do concreto

§ 82 – Resposta dos Requeridos (CONSÓRCIO)

No que tange à qualidade do concreto e a durabilidade da estrutura, também arguidos pela Usiminas (§§72 e 79), por meio dos pareceres da CEC Cia Engenharia (doc.R.164 e doc.R.165) esclarece-se que –*Em reuniões com a Usiminas/Mitsubishi, Construcap e CEC Cia de Engenharia Civil, em função da* **deficiência da especificação do projeto do concreto no que toca ao fator água/cimento que desatendia a NBR 6118, as partes em conjunto resolveram alterar a especificação do concreto de $f_{ck}=30$ MPa fator $A/C \leq 0,6$ para fator $f_{ck}=40$ MPa $A/C \leq 0,45$ o que daria mais durabilidade à estrutura e minimizaria sua fissuração.** Assim, sem qualquer fundamento a arguição da Usiminas sobre a qualidade e durabilidade do concreto, vez que foram elas melhoradas pelas partes para execução das estruturas.

126

2. USIMINAS questiona (não) conformidade do concreto

- A **qualidade e a durabilidade** da estrutura não foram melhoradas pelas partes para execução das estruturas, mas sim as **especificações do concreto**.
- Entretanto, como afirma o Prof. Urbano Alonso, as **resistências não foram atingidas**;

127

2. USIMINAS questiona (não) conformidade do concreto

§ 82 – Resposta dos Requeridos (CONSÓRCIO)

Sobre o assunto, veja, ainda no doc.R.140: a nova especificação determinada pela Usiminas/Mitsubishi em projeto e atendida pelo Consórcio; **exemplo de uma das muitas notas fiscais de compra de concreto demonstrando que o concreto utilizado estava em conformidade** com o novo projeto melhorado;

128

2. USIMINAS questiona (não) conformidade do concreto

- **Nota fiscal** de compra do concreto **não demonstra qualidade e resistência do concreto (produto), ou seja, não é suficiente** para demonstrar que o mesmo atingiu aos parâmetros de projeto.
- Para esse fim, seriam necessários os **relatórios de ensaios** (resistência à compressão, módulo de elasticidade, etc.) emitidos por **laboratórios acreditados** e aprovados pelo INMETRO, não disponíveis na documentação;

129

2. USIMINAS questiona (não) conformidade do concreto

§ 82 – Resposta dos Requeridos (CONSÓRCIO)

o RNC de n. 519, de 11/07/2011 em que a Usiminas anota como não conformidade o **não recebimento dos relatórios do corpo de prova referente às áreas concretadas**. No mesmo RNC, vê-se que em 08/08/2011, a USIMINAS deu baixa definitiva no assunto do concreto, após a análise e aceitação dos referidos relatórios (o que demonstra que o concreto utilizado estava de acordo com o projeto).

130

2. USIMINAS questiona (não) conformidade do concreto

- O RNC 519, de 11/07/2011, é um documento muito vago que não esclarece quais são as áreas concretadas, ou se as mesmas fazem parte do Poço de Carepa.

USIMINAS RELATÓRIO DE NÃO CONFORMIDADE

CONTRATO:	4600080663	Nº Sequencial	0519
Empresa: (contratada)	CONSÓRCIO CONSTRUCAP / PLANAR		
Obra:	LTQ II		
ÁREA / EQUIPAMENTO:	Relatórios de corpo de prova		
Data da ocorrência:	11-jul-11	Depto:	OBRAS CUBATÃO
		Emitido por:	Caio

Descrição da Não Conformidade

A Usiminas informa que não recebeu os relatórios de corpo de prova referente as áreas concretadas.

131

Conformidade do concreto é definida pela ABNT NBR 12655:2015

ABNT NBR 12655:2006 (vigente na época)

4.3 Profissional responsável pela execução da obra

Ao profissional responsável pela execução da obra de concreto, cabem as seguintes responsabilidades:

- a) Escolha da modalidade de preparo do concreto (ver 4.1);
- b) Escolha do tipo de concreto a ser empregado e sua consistência, dimensão máxima do agregado e demais propriedades, de acordo com o projeto e com as condições de aplicação;
- c) Atendimento a todos os requisitos de projeto, inclusive quanto à escolha dos materiais a serem empregados;**
- d) Aceitação do concreto, definida em 3.2.1, 3.2.2 e 3.2.3
- e) **Cuidados requeridos pelo processo construtivo** e pela retirada do escoramento, levando em consideração as peculiaridades dos materiais (em particular do cimento) e as condições de temperatura ambiente;
- f) Verificação do atendimento a todos os requisitos desta Norma.**

132

Conformidade do concreto é definida pela ABNT NBR 12655:2015

ABNT NBR 12655:2006 (vigente na época)

5. Requisitos para o concreto e métodos de verificação

5.1.2.1 Generalidades

A composição do concreto e a escolha dos materiais componentes devem satisfazer as exigências estabelecidas nesta Norma, para concreto fresco e endurecido, observando: **consistência, massa específica, resistência, durabilidade, proteção das barras de aço quanto à corrosão e o sistema construtivo escolhido para a obra.**

133

3. USIMINAS questiona inadequação do Pó 2 para tratamento de infiltrações

§ 83 – Resposta dos Requeridos (CONSÓRCIO)

Da mesma forma, sobre a utilização do Pó 2 pelo Consórcio, é ele sim próprio para impermeabilização, desde que conjugado com um segundo produto. Seria ele apenas um “serviço preliminar” se não tivesse o Consórcio aplicado um segundo produto sobre ele, a saber: Denvertec 100 (cf. Especificação do Produto - doc.R.128), o que foi aprovado pela Usiminas, conforme se vê do documento (doc.R.128).

134

3. USIMINAS questiona inadequação do Pó 2 para tratamento de infiltrações

Ficha Técnica – Pó 2 Viapol

Pó 2

1. Descrição



Cimento de pega ultra-rápida para tamponamento de jorros d' água, servindo como serviço preliminar para posterior aplicação das argamassas poliméricas **Viaplus 1000 / Top**, ou como componente do sistema **Tratamento Especial Hey'di** (ver catálogo próprio do **Tratamento Especial Hey'di**).

Recomendações:

- O **Tratamento Especial Hey'di** deve ser indicado em áreas de pressão negativa permanente e aplicado necessariamente com atuação de água exercendo nestas áreas constantemente;
- Para se obter o tamponamento adequado a estrutura deverá ser calculada considerando pressão empuxo, etc;

135

3. USIMINAS questiona inadequação do Pó 2 para tratamento de infiltrações

Ficha Técnica – Tratamento Especial Hey'di

Pó-1 + Pó-2 + Líquido Selador (T.E.H - Tratamento Especial Hey'di)

1. Descrição



Sistema impermeabilizante composto por 3 produtos:

Pó-1- Material de base cimentícia, minerais e aditivos, com pega rápida.

Pó-2- Cristalizante ultrarrápido, com início de pega em 7 segundos e endurecimento em até 90 segundos, isento de cloretos.

Líquido Selador - Selador mineral, à base de silicatos.

Caso a estrutura fosse bem executada, seria estanque e automaticamente não haveria necessidade de reparos e intervenções para corrigir as infiltrações e vazamentos excessivos de água.

136

4. CONSÓRCIO acusa USIMINAS que furos de sondagem foram os causadores dos problemas de estanqueidade

§§ 68 a 71 – Resposta dos Requeridos (CONSÓRCIO)

68. Também o vídeo apresentado no §62 não se presta à finalidade pretendida pela Usiminas: provar que as chapas de aço, localizadas no fundo do Poço de Carepa, romperam-se devido à pressão exercida em função do empuxo sobre a área. Curiosamente, o vídeo juntado pela Usiminas (doc.A.11-B) mostra claramente que não houve qualquer rompimento das chapas de aço, que, provavelmente, foram retiradas pela própria Usiminas para realizar o furo para a sondagem do jet grouting. [...]

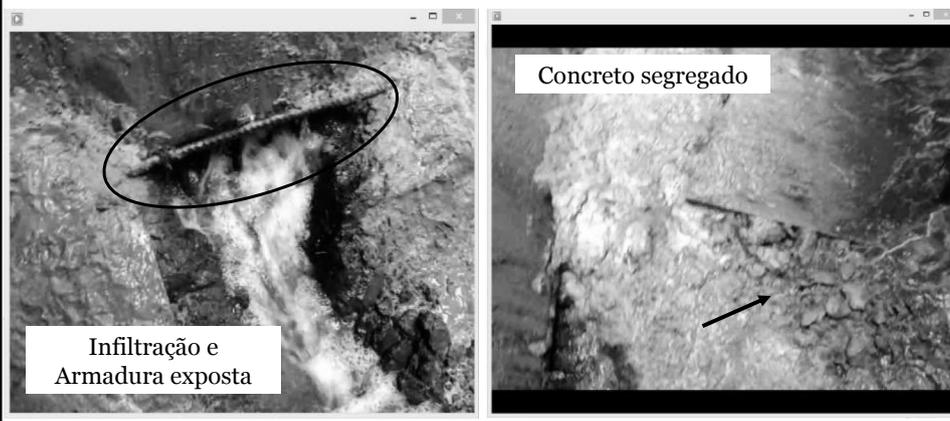
70. Tendo a Usiminas retirado as chapas e considerando que o Poço de Carepa é uma estrutura enterrada a 20 metros abaixo do nível do lençol freático, outro não poderia ter sido o resultado: a água começou a penetrar no interior do prédio com a velocidade e a vazão apontadas pela Usiminas. [...]

71. Com efeito, os 3 furos para sondagem serviram para fazer com que o lençol freático e o Poço funcionassem como dois vasos comunicantes [...].

137

4. CONSÓRCIO acusa USIMINAS que furos de sondagem foram os causadores dos problemas de estanqueidade

O Consórcio argumenta que a Usiminas retirou as chapas de sacrifício do fundo do Poço de Carepa, em seguida executou furos de sondagem e isso fez com que muita água penetrasse pelo Poço. Veja-se, entretanto, **de onde procedia a água que infiltrava sob as chapas.**



138

4. CONSÓRCIO acusa USIMINAS que furos de sondagem foram os causadores dos problemas de estanqueidade Poço de Carepa - Vídeo (Setembro/2011)



139

4. CONSÓRCIO acusa USIMINAS que furos de sondagem foram os causadores dos problemas de estanqueidade

O Prof. Urbano Alonso, em seu Parecer, bem explica **a ordem dos fatos**, que não foi levada em conta pelo Consórcio.

Parecer Técnico do Prof. Urbano Alonso
Anexo A.20-B – Alegações Iniciais da Usiminas

A obra estava em andamento (agora à cargo de nova empresa) e verificou-se fluxo de água para dentro do poço de carepa obrigando a esgotar a água através de um dreno fixado à chapa de recobrimento do concreto que foi "furada" nesse local, conforme se mostra na Foto 2.

O volume de água que estava sendo esgotado de dentro do poço era da ordem de 14 m³/h. Quando se tentou "tampar" esse dreno houve levantamento das chapas de revestimento devido à pressão da água que percolava pelo concreto e pressionava o revestimento de chapa.

Evento inicial: fluxo de água para dentro do Poço de Carepa.

Necessidade de esgotar a água → prova de que o JG não funcionou

140

4. CONSÓRCIO acusa USIMINAS que furos de sondagem foram os causadores dos problemas de estanqueidade

LTQ#2 – WTP – Poço de Carepa
Parecer Técnico do Prof. Urbano Alonso
Anexo A.20-B – Alegações Iniciais da Usiminas
Ruptura da placa metálica de blindagem



141

Conclusões

As evidências de ***utilização de concreto não conforme*** com o projeto e especificação, assim como as evidências amplamente registradas e ilustradas referentes às ***falhas nos procedimentos de execução***, demonstram cabalmente a ***não conformidade da estrutura*** de concreto entregue à Usiminas pelo Consórcio.

142

Conclusões

As estruturas de concreto destinadas a conter líquidos e equipamentos do LTQ#2, assim como a grande maioria das estruturas de concreto em geral, deveriam ser **resistentes, estáveis, duráveis e, principalmente, estanques à água**, impedindo vazamentos e penetração de água do terreno para dentro dessas estruturas, pois isso pode alterar, contaminar e inviabilizar o correto funcionamento do processo industrial.

143

Conclusões

Essa estanqueidade deveria ser proporcionada naturalmente por uma estrutura corretamente construída, e não com uma impermeabilização posterior e superficial, que não foi prevista nos projetos originais e é incompatível com uma estrutura desse porte, destinada a um importante processo industrial.

144

Conclusões

- ❖ Construção/execução em não conformidade com as normas
- ❖ Execução desleixada que não obedece regras de bem construir
- ❖ Tentativa de corrigir o erro com mais erros

145

Conclusões

Observe-se que o custo para a reparação de uma estrutura defeituosa é muito superior ao custo de intervenções e correções realizadas durante o projeto e construção (lei de Sitter*).



*SITTER, W. R. Costs for service life optimization. The "Law of fives". Durability of concrete structures, **Proceedings...** Copenhagem: CEB-RILEM, 1984. p. 18-20.

146

Obrigado pela atenção!



"do Laboratório de Pesquisa ao Canteiro de Obras"

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

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