

Introdução ao Ciclo de Palestras Técnicas sobre Estruturas de Concreto



Paulo Helene
Diretor PhD
Prof. Titular USP

Sede da Rio Verde

11 de maio de 2012

Limeira SP

1

Estruturas de Concreto para Edificações

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*)

que têm força de lei por conta do CDC

2

A Lei 8.078, mais conhecida como Código de Defesa do Consumidor, diz em seu capítulo V, seção IV, artigo 39, inciso VIII:

“É vedado ao fornecedor de produtos ou serviços, dentre outras práticas abusivas, colocar no mercado de consumo, qualquer produto ou serviço em desacordo com as normas expedidas pelos órgãos oficiais competentes ou, se normas específicas não existirem, pela Associação Brasileira de Normas Técnicas ABNT ou outra entidade credenciada pelo Conselho Nacional de Metrologia, Normalização e Qualidade Industrial (Conmetro).”

PhD Engenharia

3

Quanto à questão da responsabilidade, o Código de Defesa do Consumidor CDC, estabelece no Capítulo IV, artigo 12:

“O fabricante, o produtor, o construtor, nacional ou estrangeiro, e o importador respondem, independentemente da existência de culpa, pela reparação dos danos causados aos consumidores por defeitos decorrentes de projeto, fabricação, construção, montagem, fórmulas, manipulação, apresentação ou acondicionamento de seus produtos, bem como por informações insuficientes ou inadequadas sobre sua utilização e riscos.”

no artigo 23:

“A ignorância do fornecedor sobre os vícios de qualidade por inadequação dos produtos e serviços não o exime de responsabilidade.”

PhD Engenharia

4

artigo 18:

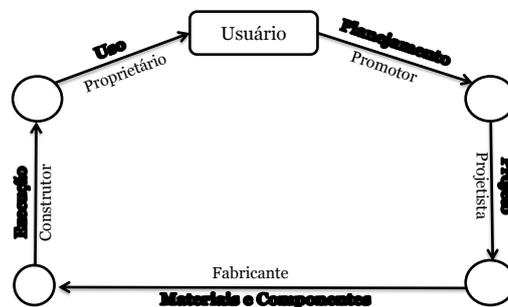
*“são impróprios ao uso e consumo os produtos deteriorados, alterados, adulterados, avariados, falsificados, corrompidos, fraudados, nocivos à vida ou à saúde, perigosos ou, ainda, aqueles em **desacordo com as normas** regulamentares de fabricação, distribuição ou apresentação...”*

- ◆ todos os intervenientes da cadeia construtiva são responsáveis pelos danos ou vícios que os serviços e obras possam apresentar.
- ◆ no entanto, segundo a Justiça, o diretamente responsabilizado por reparar as perdas do consumidor é o fornecedor final, ou seja, **o Construtor**.

PhD Engenharia

5

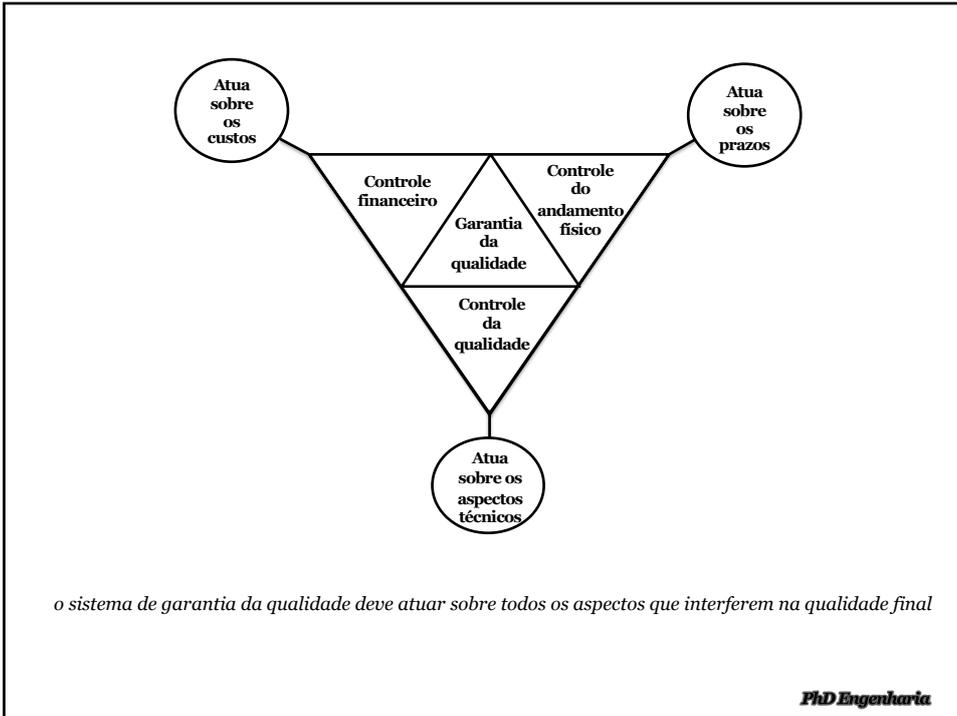
“pentágono do processo de produção e uso na construção civil



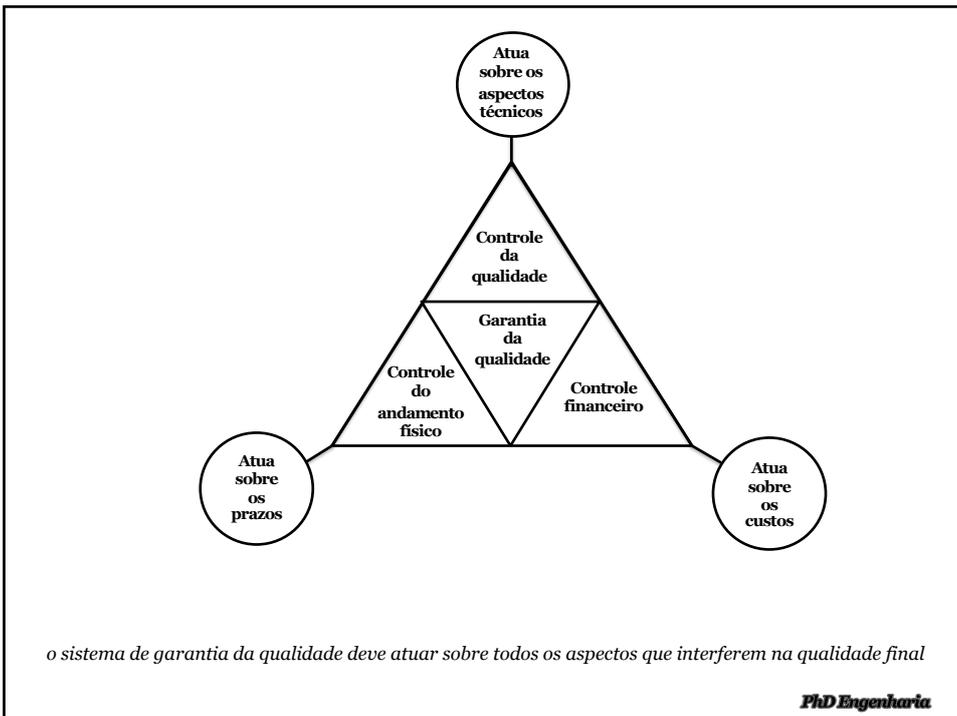
como implantar ou caminhar em direção à
Garantia da Qualidade *técnica*?

PhD Engenharia

6



7



8

Garantia da Qualidade

- a) Definição da qualidade** → a qualidade deve ser claramente definida através de parâmetros técnicos mensuráveis. A qualidade, em engenharia, deve ser objetiva e não subjetiva.
- b) Treinamento e motivação das equipes** → na construção civil essa é uma atividade permanente. Exige a motivação contínua através da divulgação de resultados positivos e/ou negativos e o treinamento das equipes operacionais. Há necessidade da criação de cargos e qualificação da mão-de-obra.
- c) Gestão do sistema** → há necessidade de domínio das técnicas gerenciais adequadas à administração de um elevado conjunto de atividades.

PhD Engenharia

9

Garantia da Qualidade

- a) Definição da qualidade** → a qualidade deve ser claramente definida através de parâmetros técnicos mensuráveis. A qualidade, em engenharia, deve ser objetiva e não subjetiva.
- b) Treinamento e motivação das equipes** → na construção civil essa é uma atividade permanente. Exige a motivação contínua através da divulgação de resultados positivos e/ou negativos e o treinamento das equipes operacionais. Há necessidade da criação de cargos e qualificação da mão-de-obra.
- c) Gestão do sistema** → há necessidade de domínio das técnicas gerenciais adequadas à administração de um elevado conjunto de atividades.

Todos são responsáveis pela Qualidade

PhD Engenharia

10

Estruturas de Concreto para Edificações

Atividade profissional regida por normas técnicas:

- de PROJETO
- de MATERIAIS
- de EXECUÇÃO
- de CONTROLE
- de OPERAÇÃO & MANUTENÇÃO

PhD Engenharia

11

Estruturas de Concreto para Edificações

Normas Técnicas de **PROJETO**:

- ✓ *NBR 6118:2007 Projeto de Estruturas de Concreto*
- ✓ *NBR 6120:2000 Cargas para o Cálculo de Estruturas de Edificações*
- ✓ *NBR 6122:2010 Projeto e Execução de Fundações*
- ✓ *NBR 6123:1990 Forças devidas ao Vento em Edificações*
- ✓ *NBR 8953:2011 Concreto para Fins estruturais. Classificação*
- ✓ *NBR 15200:2012 Projeto de Estruturas de Concreto em Situação de Incêndio*
- ✓ *NBR 15421:2006 Projeto de Estruturas Resistentes a Sismos*
- ✓ *NBR 15696:2009 Fôrmas e escoramentos para estruturas de concreto. Projeto, dimensionamento e procedimentos executivos*

PhD Engenharia

12

Estruturas de Concreto para Edificações

Normas Técnicas de **PROJETO**:

- ✓ *NBR 6118:2007 Projeto de Estruturas de Concreto*
- ✓ *ACI 315:1999 Details and Detailing of Concrete Reinforcement*
- ✓ *NBR 7191:1982 Execução de desenhos para obras de concreto simples ou armado*
- ✓ *NBR 15575:2008 Desempenho de Edifícios Habitacionais*
- ✓ *NBR ISO 14044:2009 Avaliação do Ciclo de Vida*
- ✓ *NBR ISO 9000:2000 Sistemas de Gestão da Qualidade*
- ✓ *NBR ISO 14040:2009 Gestão Ambiental*
- ✓ *NBR ISO 26000:2010 Diretrizes sobre Responsabilidade Social*

PhD Engenharia

13

Documentos Importantes

ECA 1. Recomendações para o Projeto

Devem ser utilizadas antes da concepção estrutural, incorporando esses documentos às exigências de contrato, permitindo que o projetista tenha conhecimento do que deve constar em seu projeto executivo.

Deve ser utilizado no Controle de Recebimento de projeto

- O que considerar: cargas, incêndio, vento, sismo, ...
- Combinar com pré-moldado, ...
- Escalas, detalhes, ...
- Plano de escoramento e retirada do escoramento, ...
- Sustentabilidade, partido estrutural, ...

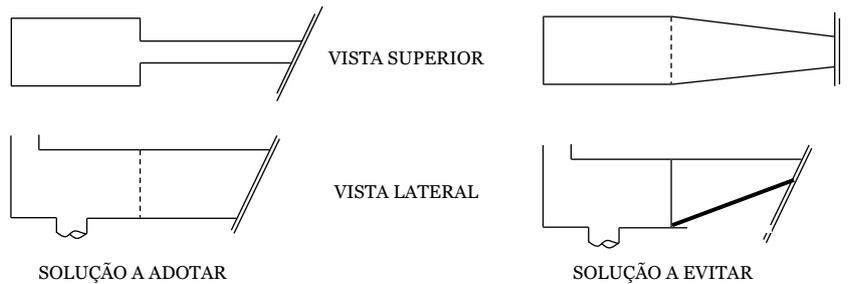
PhD Engenharia

14

ECA 1. Recomendações para o Projeto

- > O que considerar: cargas, incêndio, vento, sismo, ...
- > Combinar com pré-moldado, ...
- > Escalas, detalhes, ...
- > Plano de escoramento e retirada do escoramento, ...
- > Sustentabilidade, partido estrutural, ...
- > Vida Útil de Projeto, ... NBR 15575
- > Espessura mínima de lajes
- > Vigas de fachada devem ser vergas também

- > Vigas evitar variação de inércia

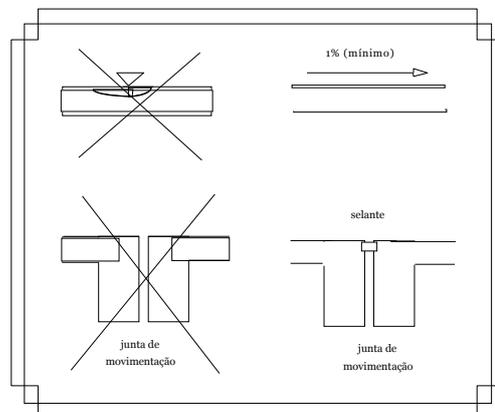


PhD Engenharia

15

ECA 1. Recomendações para o Projeto

- > Caimentos e pingadeiras e chapins



16

ECA 1. Recomendações para o Projeto

Uma diretriz geral, encontrada na literatura técnica, ressalta que a durabilidade da estrutura de concreto é determinada por quatro fatores identificados como regra dos 4C:

Composição ou traço do concreto;
Compactação ou adensamento efetivo do concreto na estrutura;
Cura efetiva do concreto na estrutura;
Cobrimento das armaduras.

PhD Engenharia

17

ECA 1. Recomendações para o Projeto

- > O que considerar: cargas, incêndio, vento, sismo, ...
- > Combinar com pré-moldado, ...
- > Escalas, detalhes, ...
- > Plano de escoramento e retirada do escoramento, ...
- > Sustentabilidade, partido estrutural, ...
- > Vida Útil de Projeto, ... NBR 15575
- > Espessura mínima de lajes
- > Vigas de fachada devem ser vergas também
- > Vigas evitar variação de inércia

➤ Garagens, CAp, Térreo, Cobertura

$f_{ck} \geq 35\text{MPa}$ e $c_{nom} \geq 40\text{mm}$ pilar/viga e 35mm laje

➤ Reservatório de água:

paredes e laje de fundo $\geq 12\text{cm}$ e $c_{nom} \geq 30\text{mm}$

laje de cobertura $\geq 10\text{cm}$ e $c_{nom} \geq 35\text{mm}$

$w_k \leq 0,1\text{mm}$

$f_{ck} \geq 35\text{MPa}$

cura com imersão, desforma ≥ 10 dias

cantos arredondados ou chanfrados

juntas de concretagem

PhD Engenharia

18

ECA 1. Recomendações para o Projeto

- > O que considerar: cargas, incêndio, vento, sismo, ...
- > Combinar com pré-moldado, ...
- > Escalas, detalhes, ...
- > Plano de escoramento e retirada do escoramento, ...
- > Sustentabilidade, partido estrutural, ...
- > Vida Útil de Projeto, ... NBR 15575
- > Espessura mínima de lajes
- > Vigas de fachada devem ser vergas também
- > Vigas evitar variação de inércia
- > Garagens, CAP, Térreo, Cobertura
- > Reservatório de água:
- > Durabilidade classe, cobrimento, ... NBR 6118; NBR 12655
 - Ambientes internos secos e revestidos:
 - classe I $c_{nom} \geq 25\text{mm}/20\text{mm}$ $f_{ck} \geq 25\text{MPa}$
 - Ambientes internos úmidos:
 - classe II $c_{nom} \geq 30\text{mm}/25\text{mm}$ $f_{ck} \geq 30\text{MPa}$
 - Até 1km da praia:
 - classe III $c_{nom} \geq 40\text{mm}/35\text{mm}$ $f_{ck} \geq 35\text{MPa}$
 - São Paulo, Cubatão, Santos, "industrial":
 - classe III $c_{nom} \geq 40\text{mm}/35\text{mm}$ $f_{ck} \geq 35\text{MPa}$
 - Em geral:
 - classe II $c_{nom} \geq 30\text{mm}/25\text{mm}$ $f_{ck} \geq 30\text{MPa}$

PhD Engenharia

19

ECA 1. Recomendações para o Projeto

- > O que considerar: cargas, incêndio, vento, sismo, ...
- > Combinar com pré-moldado, ...
- > Escalas, detalhes, ...
- > Plano de escoramento e retirada do escoramento, ...
- > Sustentabilidade, partido estrutural, ...
- > Vida Útil de Projeto, ... NBR 15575
- > Espessura mínima de lajes
- > Vigas de fachada devem ser vergas também
- > Vigas evitar variação de inércia
- > Garagens, CAP, Térreo, Cobertura
- > Reservatório de água:
- > Durabilidade classe, cobrimento, ... NBR 6118; NBR 12655
- > Módulo de elasticidade ... NBR 6118
 - $E_{ci} = 5600 * \sqrt{f_{ck}}$ MPa
 - $E_{cs} = 0,85 * E_{ci} \rightarrow E_{ci} = E_{cs} / 0,85$ NBR 8522
 - agregado, %pasta \rightarrow pedir para usar E_{ci} de 0,9*norma
 - f_{ck} e módulo para desforma/retirada de escoramento

$$\frac{f_{c,j}}{f_{c,28}} = e^{0,16 * (1 - \sqrt{\frac{28}{j}})}$$

7 dias
 f_{ck}
 0,75 a 0,85
 E_c
 0,85

PhD Engenharia

20

ECA 1. Recomendações para o Projeto

- O que considerar: cargas, incêndio, vento, sismo, ...
- Combinar com pré-moldado, ...
- Escalas, detalhes, ...
- Plano de escoramento e retirada do escoramento, ...
- Sustentabilidade, partido estrutural, ...
- Vida Útil de Projeto, ... NBR 15575
- Espessura mínima de lajes
- Vigas de fachada devem ser vergas também
- Vigas evitar variação de inércia
- Garagens, CAP, Térreo, Cobertura
- Reservatório de água:
- Durabilidade classe, cobrimento, ... NBR 6118; NBR 12655
- Módulo de elasticidade ... NBR 6118
- Resistência à compressão, q_{ts}? onde?
 - uma, duas
 - pilares, lajes e vigas
 - um ou dois cobrimentos
- Critério de não conformidade ...
 - 5% para pilares
 - 10% vigas e lajes?
 - Outro laboratório
 - Não executar
 - Tecnologista+Calculista

PhD Engenharia

21

Estruturas de Concreto para Edificações

Normas Técnicas de **MATERIAIS**:

- ✓ *NBR 7212:1984 Execução de Concreto Dosado em Central*
- ✓ *NBR 9999:2000 Cimentos tipo I, II, III, IV e V*
- ✓ *NBR 7211:2009 Agregados para Concreto*
- ✓ *NBR 15577:2008 Agregados. Reatividade Álcali-Agregado*
- ✓ *NBR 15900:2009 Água para amassamento do concreto*
- ✓ *NBR 13956:1997 Sílica ativa para uso em cimento Portland, concreto, argamassa e pasta de cimento Portland*
- ✓ *NBR 15894:2010 Metacaulim para uso com cimento Portland em concreto, argamassa e pasta*

PhD Engenharia

22

Estruturas de Concreto para Edificações

Normas Técnicas de **MATERIAIS**:

- ✓ *NBR 11768:2011 Aditivos químicos para concreto de cimento Portland*
- ✓ *NBR 7480:2007 Aço destinado a armaduras para estruturas de concreto armado*
- ✓ *NBR 15823:2012 Concreto Auto-Adensável*
- ✓ *NBR ISO 9000:2000 Sistemas de Gestão da Qualidade*
- ✓ *NBR ISO 14040:2009 Gestão Ambiental*
- ✓ *NBR ISO 26000:2010 Diretrizes sobre Responsabilidade Social*

PhD Engenharia

23

Documentos Importantes

ECA 2. Recomendações para Concreto e Aço

- ✓ Bem qualificar o material (norma)
- ✓ Capacitar o comprador
- ✓ Exigir certificados de conformidade
- ✓ Como escolher o concreto
 - ✓ slump
 - ✓ cimento
 - ✓ adições
 - ✓ resistência
 - ✓ relação a/c
- ✓ Como encomendar o concreto
 - ✓ Slump
 - ✓ Bombeável até 25 andares
 - ✓ Classe de agressividade
 - ✓ Pedir carta de traço

PhD Engenharia

24

Documentos Importantes

ECA 2. Recomendações para Concreto e Aço

- ✓ Bem qualificar o material (norma)
- ✓ Capacitar o comprador
- ✓ Exigir certificados de conformidade
- ✓ Como escolher o concreto
- ✓ Como encomendar o concreto

Carta de traço submetida pela Concreteira à Construtora:

- ❖ o traço em massa seca de materiais por m^3 de concreto adensado;
- ❖ a massa específica do concreto em kg/m^3 ;
- ❖ o consumo de cimento por m^3 ;
- ❖ o teor de argamassa seca;
- ❖ o D_{max} do agregado graúdo;
- ❖ a consistência do concreto fresco (*slump*);
- ❖ a classe de concreto C20; C25; C30; C35; C40; C45 ou C50;
- ❖ o módulo de elasticidade secante do concreto em Gpa a $0,4 \cdot f_{ck}$;
- ❖ o consumo de água por m^3 ;
- ❖ a relação água/materiais cimentícios;
- ❖ a classe de agressividade à qual esse concreto atende

PhD Engenharia

25

Documentos Importantes

ECA 2. Recomendações para Concreto e Aço

- ✓ Bem qualificar o material (norma)
- ✓ Capacitar o comprador
- ✓ Exigir certificados de conformidade
- ✓ Como escolher o concreto
- ✓ Como encomendar o concreto

Carta de traço submetida pela Concreteira à Construtora:

- ✓ Critérios para recebimento em obra
 - Slump e Resistência
- ✓ Procedimentos de armazenamento
 - Evitar solo, cobrir e se estiver corroído?
- ✓ Onde e como descartar a “calda lubrificante”
- ✓ Critérios de medição
- ✓ Atrasos, horários, ...

PhD Engenharia

26

Estruturas de Concreto para Edificações

Normas Técnicas de **EXECUÇÃO**:

- ✓ *NBR 14931:2004 Execução de Estruturas de Concreto*
- ✓ *NBR 15696:2009 Fôrmas e escoramentos para estruturas de concreto - Projeto, dimensionamento e procedimentos executivos*
- ✓ *NBR ISO 9000:2000 Sistemas de Gestão da Qualidade*
- ✓ *NBR ISO 14040:2009 Gestão Ambiental*
- ✓ *NBR ISO 26000:2010 Diretrizes sobre Responsabilidade Social*

PhD Engenharia

27

Documentos Importantes

ECA 3. Recomendações para Execução

- Forma estanqueidade, empuxo
- Armadura estribos, encontros, ganchos
- Transporte
- Cura
- Retirada escoramento
- Definir responsabilidades
- Quem recebe?
- Quem comanda?
- Quem adensa?
- Quem cura?
- Plano de concretagem (juntas?)
- Plano de controle
- Como agir com não conformidades

PhD Engenharia

28

Estruturas de Concreto para Edificações

Normas Técnicas de **CONTROLE**:

- ✓ *NBR 12655 Concreto de Cimento Portland. Preparo, controle e recebimento*
- ✓ *NBR 15146:2011 Controle tecnológico de concreto. Qualificação de pessoal*
- ✓ *NBR 12654:2000 Controle Tecnológico de Materiais Componentes do Concreto*
- ✓ *NBR ISO 9000:2000 Sistemas de Gestão da Qualidade*
- ✓ *NBR ISO 14040:2009 Gestão Ambiental*
- ✓ *NBR ISO 26000:2010 Diretrizes sobre Responsabilidade Social*

PhD Engenharia

29

Número de corpos de prova
idades

PhD Engenharia

30

Estruturas de Concreto para Edificações

Normas Técnicas de **OPERAÇÃO (uso) e MANUTENÇÃO**:

- ✓ *NBR 14037:2011 Diretrizes para Elaboração de Manuais de Uso, Operação e Manutenção das Edificações*
- ✓ *NBR 5674:1999 Manutenção de Edificações*
- ✓ *NBR 13752:1996 Perícias de Engenharia na Construção Civil*
- ✓ *NBR 7680:2007 Concreto. Extração, preparo e ensaio de testemunhos de concreto*
- ✓ *NBR ISO 9000:2000 Sistemas de Gestão da Qualidade*
- ✓ *NBR ISO 14040:2009 Gestão Ambiental*
- ✓ *NBR ISO 26000:2010 Diretrizes sobre Responsabilidade Social*

PhD Engenharia

31

Documentos Importantes

ECA 4. Recomendações para Operação (uso) e Manutenção

- As built
- Impermeabilizações
- Revestimentos
- Reformas
- Inspeções
- Materiais, resistências ...
- Análise da Resistência....

PhD Engenharia

32

OBRIGADO!



"do Laboratório de Pesquisa ao Canteiro de Obras"

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

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

PhD Engenharia