

# AVALIAÇÃO DO DESEMPENHO DE PAREDES DE CONCRETO CELULAR. *SEGURANÇA, CONFORTO E DURABILIDADE*

WORKSHOP 2010

Edificações com Paredes de  
**Concreto Celular**  
Moldadas *in loco*



## Paulo Helene

*Diretor da PhD Engenharia*

*Prof. Titular da Universidade de São Paulo USP*

*Conselheiro do Instituto Brasileiro do Concreto IBRACON*

*Member of fib (CEB-FIP) Model Code for Service Life Design*

*Presidente de la Asociación Latinoamericana de Control de*

*Calidad, Patología y Recuperación de la Construcción ALCONPAT*

*Início da  
Década de 80*

*Rio Grande do Sul*

*Consultoria IPT*

*Paulo Helene*

# Conjunto Habitacional em Pelotas / RS

916 casas térreas

11 casas por dia

fôrmas de alumínio “Precise”

Concreto Auto-Adensável

cimento + fly-ash + areia fina + areia

média grossa + aditivos + brita zero

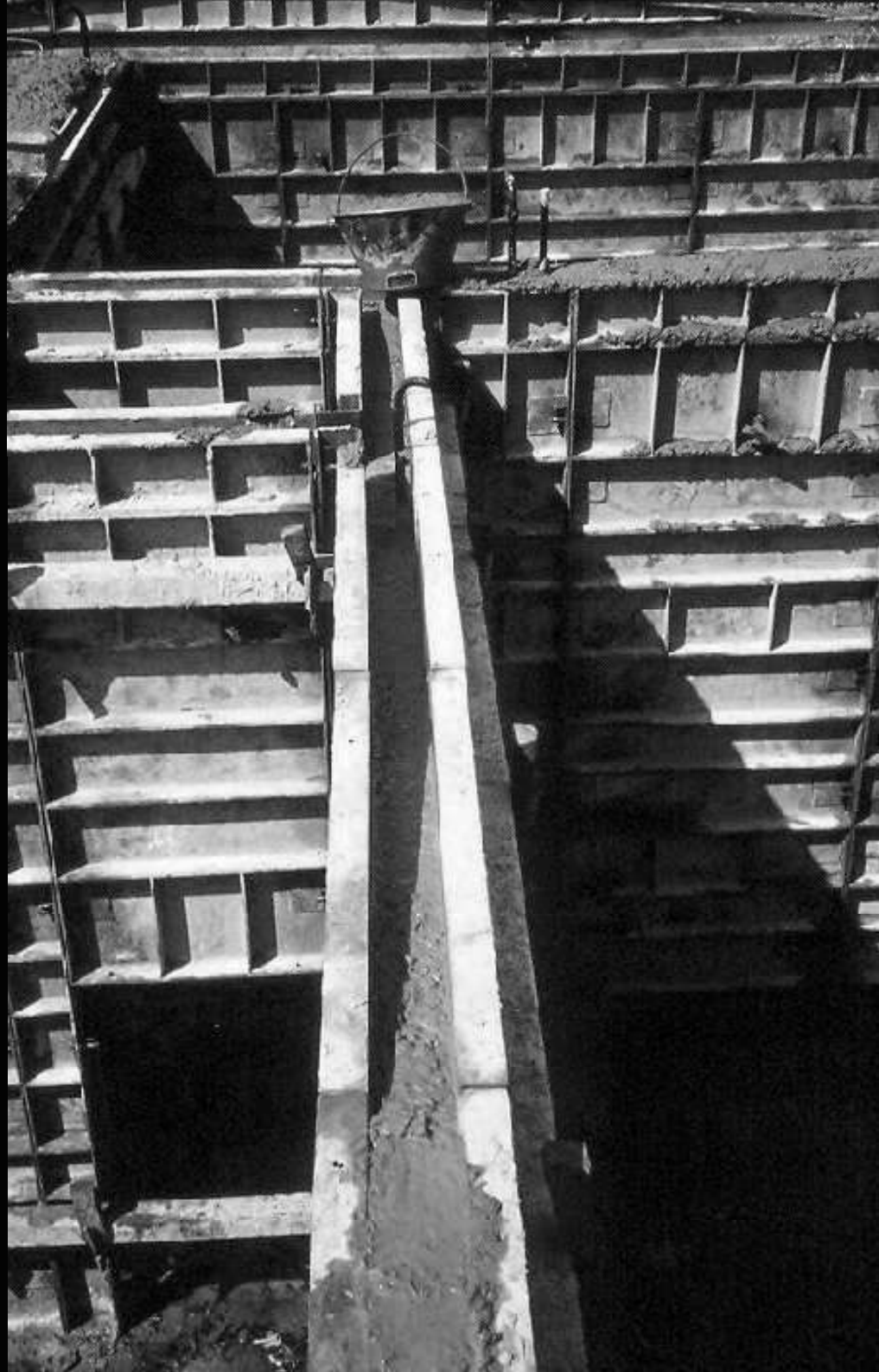
C de 170kg/m<sup>3</sup> a 200kg/m<sup>3</sup>

a/c de 1,1 a 1,3

$f_{ck} = 2,5\text{MPa}$  a 28dias (5 a 6)

































# Dosagem Experimental IPT nº 19.912 (27/12/1978). Tab. 3

## Características dos concretos mais promissores

Nº de Ordem	Característica avaliada		Composição		
			Nº 1 "areia"	Nº 2 "pozolana"	Nº 3 "incorporador"
1	Traço em massa seca	$\frac{\text{cimento}}{\text{agregados}}$	1:9,5	1:10,0	1:10,0
2	Traço em massa seca, discriminado	cimento: areia: p/britada	1:5,09:4,41	1:5,00:4,82	1:5,16:4,84
3	Teor de pozolana	$\frac{\text{pozolana}}{\text{cimento}}$	-	18%	-
4	Teor em massa de aditivo incorporador de ar	aditivo/cimento	-	-	0,06%
5	Relação água/cimento em massa	kg/kg	1,39	1,31	1,28
6	Teor de argamassa seca, em massa	$\frac{\text{cimento} + \text{areia}}{\text{cim.} + \text{ar.} + \text{p.brit.}}$	0,58	0,55	0,56
7	Consistência do concreto fresco	NBR-7223	(210 ± 20)mm	(210 ± 20)mm	(210 ± 20)mm
8	Consumo de cimento por m <sup>3</sup> de concreto	kg/m <sup>3</sup>	182	179	167
9	Massa específica do concreto fresco e adensado	kg/m <sup>3</sup>	2171	2209	2046
10	Teor de ar no concreto em volume	ASTM C-231	1,6%	1,8%	4,4%

# Dosagem Experimental IPT nº 19.912 (27/12/1978)

Nº de ordem	Propriedade	Idade dos corpos de prova	Composição do Concreto					
			Nº 1 "areia"		Nº 2 "pozolana"		Nº 3 "incorporador"	
1	Resistência à compressão axial em MPa (NBR-5739)	17h	0,4 <sup>1</sup>	1,9 <sup>2</sup>	0,6 <sup>1</sup>	1,5 <sup>2</sup>	0,3 <sup>1</sup>	1,1 <sup>2</sup>
2		3d	2,8 <sup>1</sup>	2,7 <sup>2</sup>	3,3 <sup>1</sup>	3,6 <sup>2</sup>	2,2 <sup>1</sup>	2,0 <sup>2</sup>
3		14d	4,1 <sup>1</sup>	3,8 <sup>2</sup>	5,5 <sup>1</sup>	5,0 <sup>2</sup>	3,2 <sup>1</sup>	3,2 <sup>2</sup>
4		28d	5,4 <sup>1</sup>	5,0 <sup>2</sup>	5,8 <sup>1</sup>	5,4 <sup>2</sup>	4,1 <sup>1</sup>	3,8 <sup>2</sup>
5	Módulo de deformação longitudinal, em MPa (CE 18:04.02)	28d	10600 <sup>1</sup>	9700 <sup>2</sup>	14700 <sup>1</sup>	12700 <sup>2</sup>	9800 <sup>1</sup>	8600 <sup>2</sup>
6	Profundidade carbonatada, avaliada através de indicador químico à base de fenolftaleína (mm)	14d	5 <sup>3</sup>	2 <sup>4</sup>	3 <sup>3</sup>	2 <sup>4</sup>	4 <sup>3</sup>	8 <sup>4</sup>
		28d	8 <sup>3</sup>	11 <sup>4</sup>	5 <sup>3</sup>	8 <sup>4</sup>	7 <sup>3</sup>	12 <sup>4</sup>
7	Retração por secagem, em % (ASTM C 157)	3d	Dimensão inicial do corpo de prova adotada como referência					
8		6d	nihil <sup>4</sup>	nihil <sup>5</sup>	nihil <sup>4</sup>	nihil <sup>5</sup>	-0,005 <sup>4</sup>	-0,008 <sup>5</sup>
9		7d	-0,006 <sup>4</sup>	-0,008 <sup>5</sup>	-0,016 <sup>4</sup>	-0,017 <sup>5</sup>	-0,014 <sup>4</sup>	-0,019 <sup>5</sup>
10		14d	-0,020 <sup>4</sup>	-0,027 <sup>5</sup>	-0,026 <sup>4</sup>	-0,031 <sup>5</sup>	-0,016 <sup>4</sup>	-0,022 <sup>5</sup>
11		21d	-0,023 <sup>4</sup>	-0,030 <sup>5</sup>	-0,032 <sup>4</sup>	-0,035 <sup>5</sup>	-0,019 <sup>4</sup>	-0,026 <sup>5</sup>
12		28d	-0,025 <sup>4</sup>	-0,033 <sup>5</sup>	-0,023 <sup>4</sup>	-0,029 <sup>5</sup>	-0,010 <sup>4</sup>	-0,019 <sup>5</sup>
13	Perda de massa dos corpos de prova (água evaporada) por secagem, em %	3d	Massa inicial do corpo de prova adotada como referência					
14		6d	-5,5 <sup>4</sup>	-5,5 <sup>5</sup>	nihil <sup>4</sup>	nihil <sup>5</sup>	-6,0 <sup>4</sup>	-5,2 <sup>5</sup>
15		7d	-5,8 <sup>4</sup>	-5,9 <sup>5</sup>	-6,8 <sup>4</sup>	-7,2 <sup>5</sup>	-6,4 <sup>4</sup>	-5,5 <sup>5</sup>
16		14d	-6,6 <sup>4</sup>	-6,7 <sup>5</sup>	-7,7 <sup>4</sup>	-8,2 <sup>5</sup>	-7,1 <sup>4</sup>	-6,1 <sup>5</sup>
17		21d	-6,8 <sup>4</sup>	-6,8 <sup>5</sup>	-7,8 <sup>4</sup>	-8,2 <sup>5</sup>	-7,1 <sup>4</sup>	-6,2 <sup>5</sup>
18		28d	-6,8 <sup>4</sup>	-6,9 <sup>5</sup>	-7,7 <sup>4</sup>	-8,2 <sup>5</sup>	-7,1 <sup>4</sup>	-6,2 <sup>5</sup>

1. 23°C(CH); 2. 40° C até 17h; 3. CH3dias Lab.; 4. CH 3dias CS; 5. 40° C 17h CS

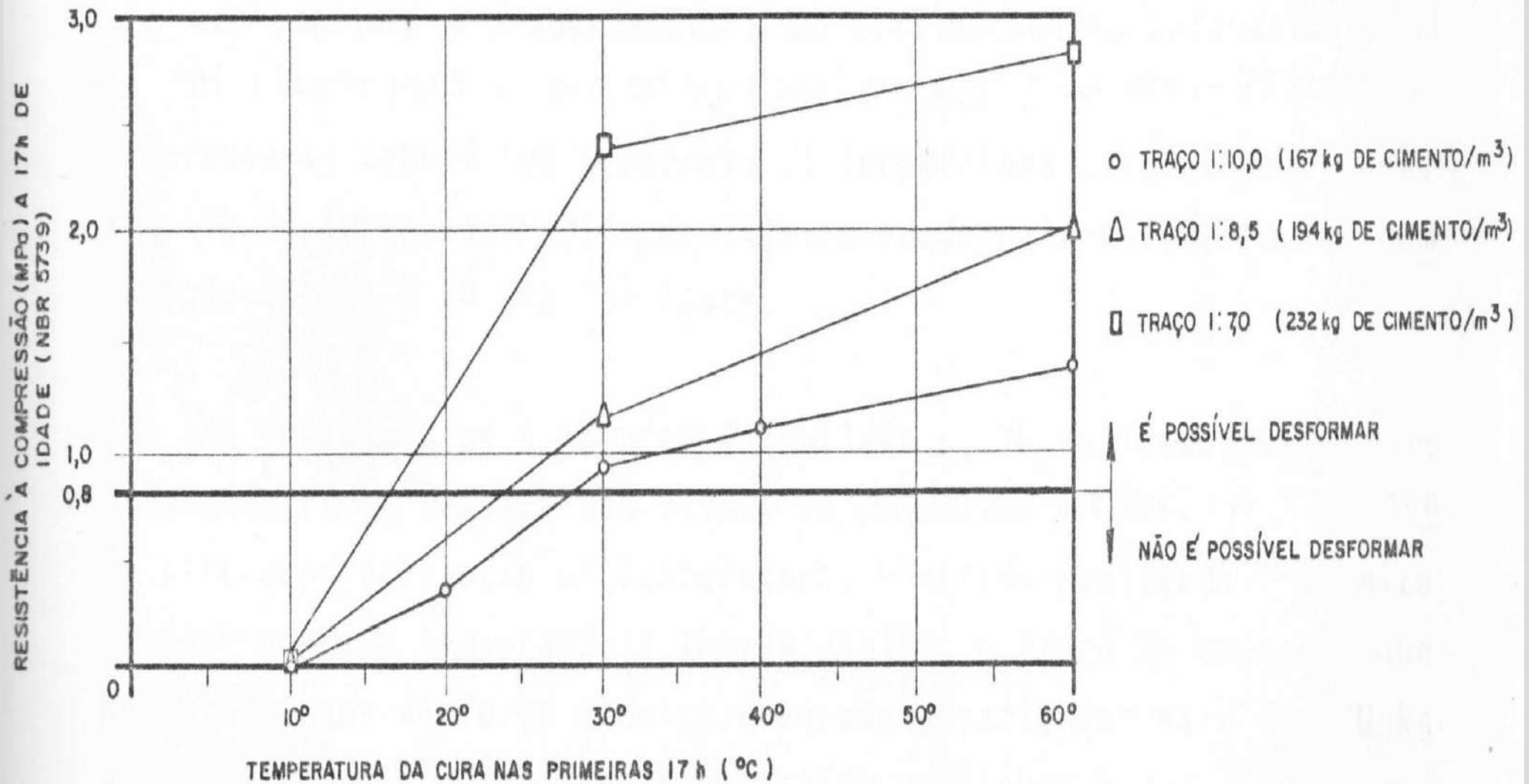


FIGURA 4 - Evolução da resistência à compressão segundo o traço e a temperatura inicial de cura, a 17 h de idade.

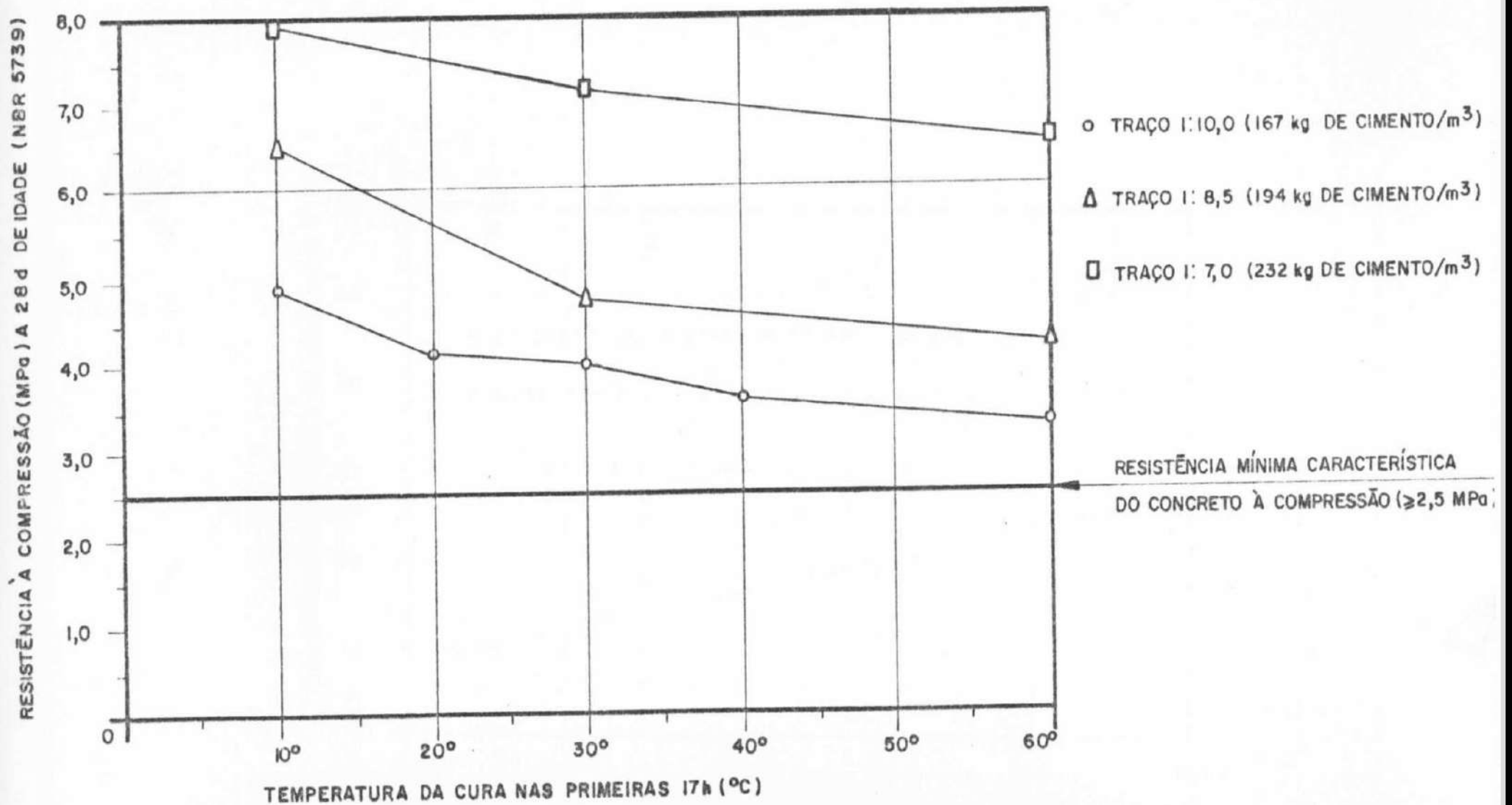
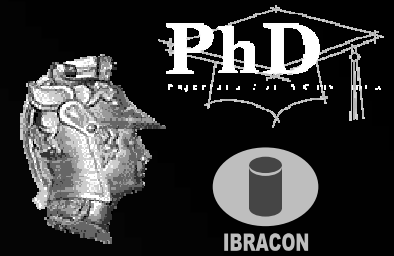


FIGURA 5 - Evolução da resistência à compressão segundo o traço e a temperatura inicial de cura (até 17h), a 28 dias de idade.



# Documentos Normativos



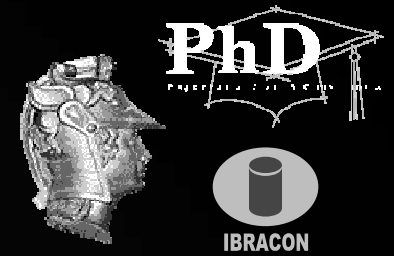
***NBR 12644:1992. Concreto Celular Espumoso. Determinação da Densidade de Massa Aparente no Estado Fresco. Método de Ensaio. ABNT***

***NBR 12645:1992. Execução de Paredes em Concreto Celular Espumoso Moldadas no Local. ABNT (preparação, controle e aplicação do CCE)***

***NBR 12646:1992. Paredes de Concreto Celular Espumoso Moldadas no Local. Especificação. ABNT (execução, controle de qualidade e recebimento de PCCE)***

***NBR 15575:2008 → 2010. Edifícios Habitacionais de até 5 Pavimentos. Desempenho. Parte 1: Requisitos Gerais. Parte 2: Sistemas Estruturais. Parte 3: Sistemas de Pisos Internos. Parte 4: Sistemas de Vedações Verticais Internas e Externas. Parte 5: Sistemas de Cobertura. Parte 6: Sistemas Hidrossanitários. ABNT***

# Documentos



*Ferreira, O.A.R. Concretos Leves: O Concreto Celular Espumoso. São Paulo, Escola Politécnica da USP, 1986 (dissertação de Mestrado)*

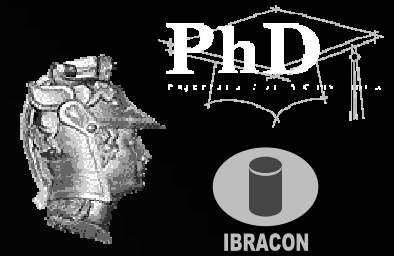
*Teixeira Filho, F.J. Considerações sobre Algumas Propriedades dos Concretos Celulares. São Paulo, Escola Politécnica da USP, 1992 (Dissertação de Mestrado)*

*Lawrence, K; Lorslee, A.C.J. & Barros, M.M.B. A Influência do Teor de Fibras e de Cimento nas Características do Concreto Celular Espumoso para Emprego em Vedações Verticais de Edifícios. São Paulo, Escola Politécnica da USP, Anais do Congresso Latino-Americano de Tecnologia e Gestão de Edifícios. Soluções para o Terceiro Milênio. Novembro de 1998*

*Caixa Econômica Federal. Manual do Proponente da CEF. Processo de Aceitação Técnica de Inovações Tecnológicas. Programa de Apoio à Utilização de Material e/ou Sistema de Construção Alternativa. ITQC.CEF, Brasília. Janeiro 1999*



# Documentos



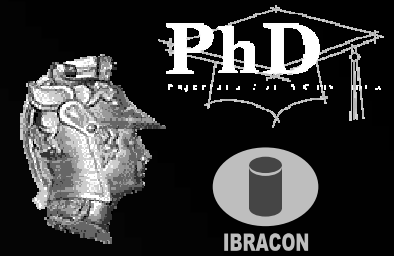
***Relatório NUTAU.USP. Avaliação do Sistema Construtivo Empregado na Construção de Habitações no Conjunto Nova Cidade em Manaus, Amazonas. Sistema em Concreto Celular Espumoso. Janeiro 2000***

***Parecer Técnico PCC.EP.USP. Durabilidade das paredes de concreto celular espumoso armado destinadas à construção de casas térreas no Conjunto Habitacional Condomínio Villa D'Itália em Ribeirão Preto, São Paulo. Março 2001***

***Relatório Técnico PCC.EP.USP. Avaliação da durabilidade de paredes de concreto celular espumoso armado destinadas à construção de casas térreas. Janeiro 2002***

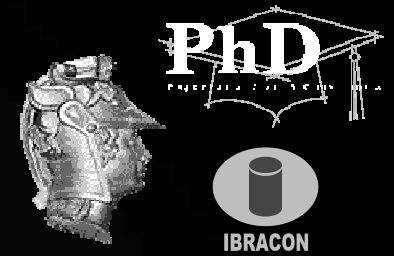
***Relatório DCT.T.15.005.2003-RI. Furnas. CEF Avaliação de Sistemas Construtivos e Estabelecimento de Requisitos para Edificações Térreas com Paredes de Concreto Celular Espumoso. Dezembro 2003***

# Documentos



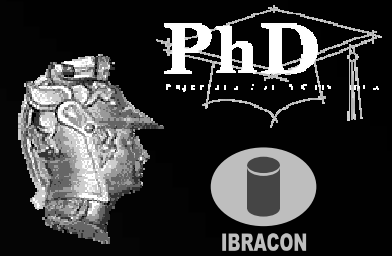
- *Relatório IPT 42.169. Ensaio de flexo-compressão em paredes construídas em concreto celular, com armadura interna. Novembro 1999*
- *Relatório de Ensaio IPT 869.356, IPT. Medição da isolamento sonora de parede. Janeiro 2000*
- *Relatório de Ensaio IPT 869.628. Ensaio de resistência ao fogo em parede com função estrutural. Janeiro 2000*
- *Relatório Técnico IPT 43.427. Avaliação acústica de parede. Janeiro 2000*
- *Relatório de Ensaio IPT 870.123. Verificação do comportamento sob ação de cargas provenientes de peças suspensas. Fevereiro 2000*
- *Relatório de Ensaio IPT 870.124. Verificação do comportamento sob efeito de solicitações transmitidas por porta. Fevereiro 2000*
- *Relatório de Ensaio IPT 870.125. Verificação da resistência a impactos de corpo mole. Fevereiro 2000*
- *Relatório Técnico IPT 44.004. Avaliação de desempenho quanto à segurança ao fogo de sistema construtivo em paredes estruturais de concreto leve polimerizado, moldadas no local para casas térreas. Fevereiro 2000*
- *Relatório Técnico IPT 43.396. Avaliação do desempenho térmico de sistema construtivo com paredes estruturais em concreto celular moldadas no local, para casas térreas. Fevereiro 2000*

# Concreto Celular



- $f_{ck,est} \geq 2,5$  MPa, aos 28 dias de idade; média  $> 5$ MPa  
*(depende da exigência de projeto)*
- $E_c = 5$  a 6 GPa, aos 28 dias de idade;
- densidade de massa aparente:  $1.300 \text{ kg/m}^3$  a  $1.900 \text{ kg/m}^3$ ;
- absorção de água: 20% a 28% (em massa);
- volume de vazios: 25% a 45% ;
- consumo cimento = 280 a  $320 \text{ kg/m}^3$ ; *(depende de cada caso)*

# Concreto Celular



- agregado graúdo com  $D_{max} = 9 \text{ mm}$ ;
- consumo de água de amassamento: 160 a 180 litros/m<sup>3</sup>;
- aditivo espumígeno: 0,6 litros/m<sup>3</sup>; (*depende de cada caso*)
- *aditivo fluidificante: (0,6%) 2,0 kg/m<sup>3</sup>; (depende de cada caso)*
- fibras de polipropileno 25 a 30mm: 0,2 a 1,0 kg/m<sup>3</sup>  
(*depende de cada caso*)

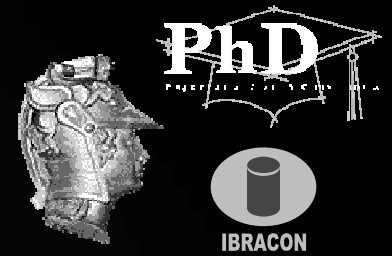
# Concreto Celular



- traço típico: *(depende da obra e local)*
  - cimento = 300 kg/m<sup>3</sup>;
  - areia seca = 700 kg/m<sup>3</sup>;
  - pedrisco = 480 kg/m<sup>3</sup>;
  - água = 160 kg/m<sup>3</sup>;
  - espuma = 300 litros/m<sup>3</sup>;
- O concreto celular é obtido pela mistura dos componentes acima, sendo utilizados máquinas geradoras de espuma e caminhões betoneira;
- Deve existir rigoroso controle da dosagem de concreto, através de um laboratório instalado no canteiro;
- Nas paredes usar tela eletrosoldada Q61 GERDAU / BELGO diâmetro 3,4 mm, malha 15 cm x 15 cm, aço CA 60

# NBR 15575-2:2008 Requisitos Gerais

## item 7. Desempenho Estrutural



*Requisito: deve atender à norma de projeto estrutural. NBR 8681; NBR 6118; NBR 5674; NBR 14037. Qual?*

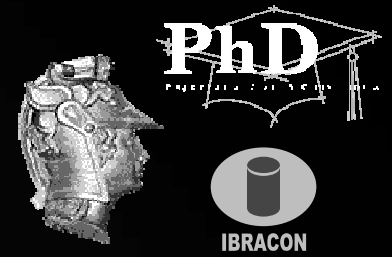
*Considerando casa térrea, paredes de 8cm a 14cm, telhado de telha de barro, laje de forro (8cm), pé-direito de 2,50m, resulta taxa de compressão na base da parede  $< 0,6\text{MPa}$ .*

*O radier de concreto armado  $f_{ck}=20\text{MPa}$ , deve suportar de 450kg/m a 800kg/m sob as paredes e deve ser armado com tela/malha de largura 1m sob as paredes. (Projetista / Calculista)*

- ✓ Impacto de corpo mole (ensaio PUC.PR e IPT.SP)*
- ✓ Impacto de corpo duro (ensaio PUC.PR e IPT.SP)*
- ✓ Carga Suspensa (ensaio PUC.PR e IPT.SP)*
- ✓ Impacto de fechamento de portas (contra marco de CA)*
- ✓ Janelas e vãos (verga e contra-verga)*

# NBR 15575-1:2008 Requisitos Gerais

## *item 8. Segurança contra incêndio*

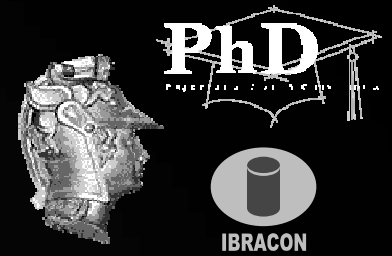


*Ensaio de canto: carga de incêndio de madeira em tabique, com duração de 2h, segundo ASTM E 603 (rel. NUTAU.SP) (NBR 14432)*

- 1. Probabilidade baixa de início. Sistema incombustível;*
- 2. Baixa propagação de fumaça (pisos, laje forro, paredes → concreto)*
- 3. Tempo e facilidades para evacuação (casa térrea)*
- 4. Compartimentação → integridade do sistema estrutural (observado uma trinca vertical e lascamento da superfície do piso)*
- 5. Propagação improvável a outra unidade habitacional, a exceção de ser usado madeira no telhado*

# NBR 15575-1:2008 Requisitos Gerais

## *item 8. Segurança contra incêndio*



*NBR 14432:2001. Exigências de resistência ao fogo de elementos construtivos de edificações. Procedimento. ABNT*

*TRRF tempo requerido de resistência ao fogo. Período de tempo de resistência ao fogo de um elemento construtivo quando sujeito ao incêndio-padrão.*

*TRRF → 30 minutos; 60 minutos; 90 minutos e 120 minutos (> 30m);*

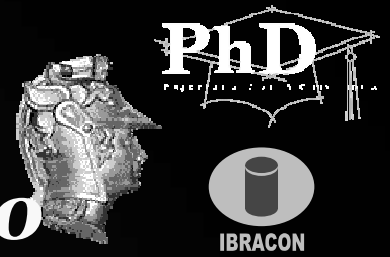
### ***Isentas:***

- ✓ ***qualquer edificação com área < 750m<sup>2</sup>;***
- ✓ ***qualquer edificação térrea;***
- ✓ ***qualquer sobrado com área < 1.500m<sup>2</sup> e carga de incêndio específica < 1.000MJ/m<sup>2</sup>***



# NBR 15575-1:2008 Requisitos Gerais

## *item 9. Segurança no uso e na operação*

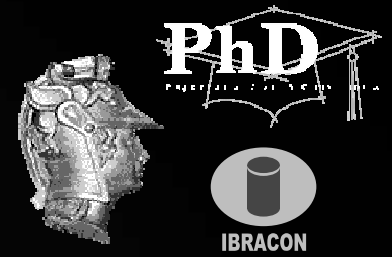


O sistema de paredes em concreto celular não apresenta:

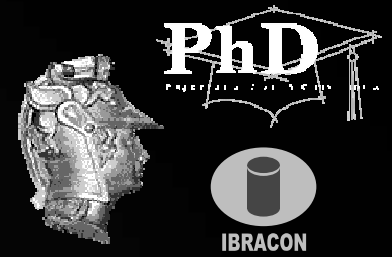
1. risco de rupturas, instabilizações, tombamentos ou quedas, que possam colocar em risco a integridade física dos usuários ou de transeuntes nas imediações do imóvel;
2. risco de partes expostas cortantes ou perfurantes;
1. risco de deformações e defeitos acima dos limites especificados na NBR 15575

# NBR 15575-1:2008 Requisitos Gerais

## *item 10. Estanqueidade*

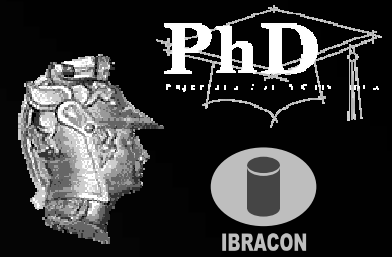


1. Umidade ascensional do solo → radier de CA (*qq sistema*)
2. Umidade ascensional pelas paredes (*qq sistema*)
  - proteção com material base betume/alcatrão ou manta plástica
  - calçada externa > 50cm com rebaixo > 3cm
  - respingos de chuva → barramento impermeável 60cm parede externa
3. Telhado com beiral (60cm e / ou platibanda e rufo)
4. Áreas molháveis → barra impermeável, azulejo, etc.  $\geq 1,5m$



O desempenho térmico depende:

1. Janelas e portas;
2. Zona Bioclimática (8 no Brasil);
3. Acabamento, espessura e cor de paredes e pisos;
4. Do tipo de cobertura (telhado+forro+cor telhado);
5. Do pé-direito;
6. Da orientação do imóvel e ventos;
7. Do período de ocupação;
8. Do número de usuários;
9. Das fontes internas de calor

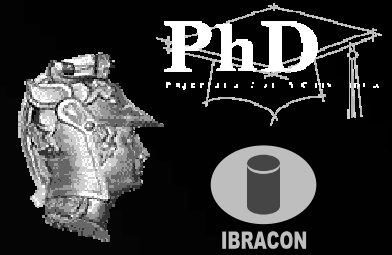


**O desempenho térmico no caso do  
Concreto Celular é superior quando  
comparado aos Sistemas tradicionais e ao  
de Concreto convencional com a mesma  
espessura de parede.**

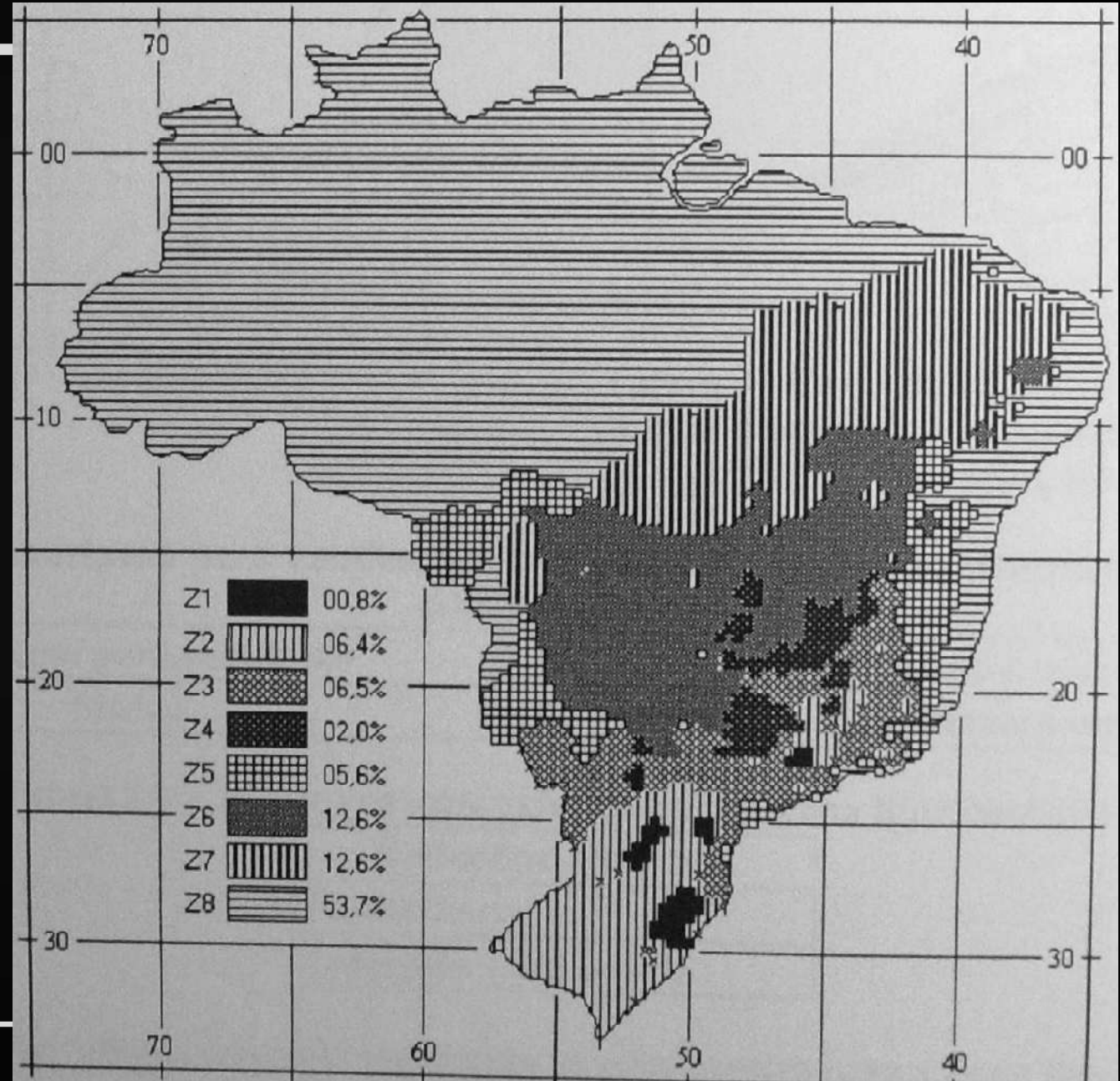
# NBR 15575-1:2008 Requisitos Gerais

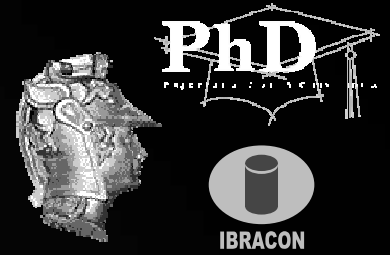
## item 11. Conforto Térmico

NBR 15220-1 a 5:2005 Desempenho Térmico de Edificações



Zoneamento  
Bioclimático  
Brasileiro.  
8 Zonas  
Z8 → Recife





O requisito de desempenho térmico para Zonas 6, 7 e 8 são:

*Condição de verão:*

Temperatura interna  $\leq$  temperatura máxima externa à sombra

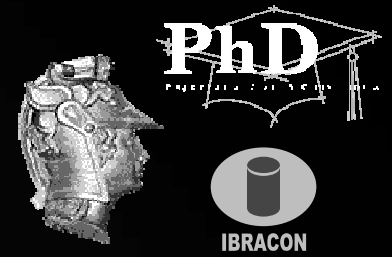
*Condição de inverno:*

Dispensa verificação

Com paredes brancas e espessura  $\geq$  10cm *atende (depende da arquitetura)*

# NBR 15575-1:2008 Requisitos Gerais

## *item 12. Conforto Acústico*



NBR 10151:2000. Acústica. Avaliação do ruído em áreas habitadas, visando o conforto da comunidade . Procedimento

NBR 10152:1987. Níveis de ruído para conforto acústico

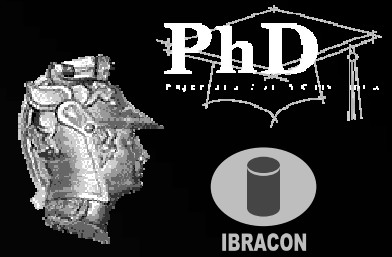
- ✓ Isolação/amortecimento acústico entre ambientes
- ✓ Isolação/amortecimento acústico de fontes externas

Depende:

1. Do local (ambiente externo)
2. Das aberturas janelas, portas, caixilhos
3. Da cobertura (telhado, estrutura, forro)

# **NBR 15575-1:2008 Requisitos Gerais**

## ***item 12. Conforto Acústico***



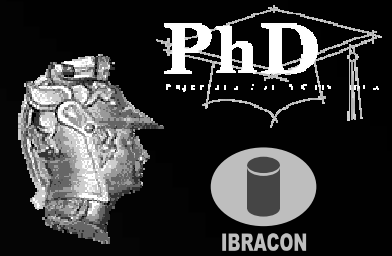
**Muitos projetos arquitetônicos especificam forro de PVC, o que atenderia mas pode haver outras alternativas. Tem de ser avaliado a partir do projeto de arquitetura.**

**O importante é ressaltar que conforto térmico e acústico depende mais do projeto arquitetônico do que do material das paredes, porém o concreto celular é uma opção que só ajuda a melhorar ainda mais.**



# NBR 15575-1:2008 Requisitos Gerais

## *item 13. Conforto Lumínico*



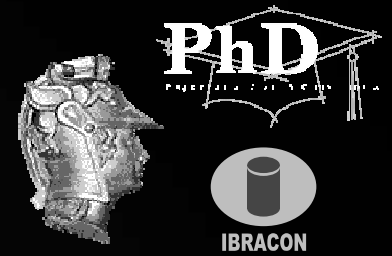
### 1. Iluminação natural, depende:

- a) disposição dos cômodos;
- b) orientação geográfica da edificação;
- c) dimensionamento e posição das aberturas;
- d) tipo de janela e de envidraçamento;
- e) rugosidade e cor de paredes, tetos e pisos;
- f) poços de ventilação e iluminação zenital;
- g) influência de interferências externas (vizinhança)

### 2. Iluminação artificial

# NBR 15575-1:2008 Requisitos Gerais

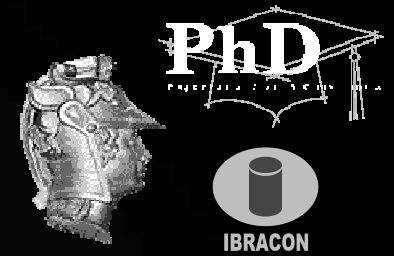
## *item 15. Saúde, Higiene e Qualidade do Ar*



1. Atender aos Regulamentos Técnicos da Agência Nacional de Vigilância Sanitária
2. Propiciar condições de salubridade no interior da edificação, de forma a evitar a proliferação de microorganismos (como fungos e bactérias), considerando as condições de umidade e temperatura no interior da unidade habitacional, aliadas ao tipo dos sistemas utilizados na construção. (materiais hidrófilos ou hidrófugos)

# NBR 15575-1:2008 Requisitos Gerais

## *item 16. Funcionalidade e Acessibilidade*

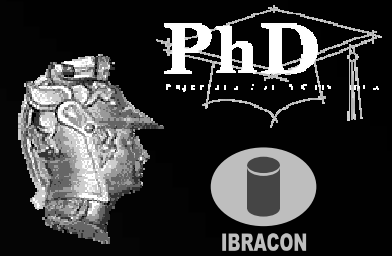


1. Atender dimensões e áreas mínimas
2. Ter programa de Gestão de Qualidade do Projeto, Execução e Uso
2. No projeto e na execução das edificações térreas e assobradadas de caráter evolutivo deve ser prevista – pelo incorporador ou construtor - a possibilidade de ampliação, especificando-se os detalhes construtivos necessários para ligação ou a continuidade de paredes, pisos, coberturas e instalações.

*“paredes de CCE → flexibilidade e permitem expansões”*

# NBR 15575-1:2008 Requisitos Gerais

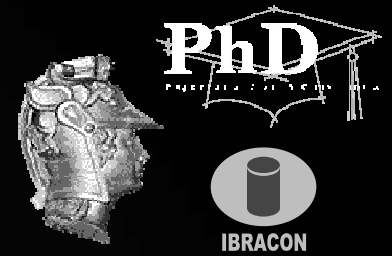
## *item 17. Conforto Tátil e Antropodinâmico*



1. Não prejudicar as atividades normais dos usuários, ao caminhar, apoiar, limpar, brincar, estudar, divertir-se, e semelhantes
1. Não apresentar rugosidades, ressaltos, pontas, fendas, quinas, contundências, depressões ou outras irregularidades nos elementos, componentes, equipamentos e quaisquer acessórios ou partes da edificação.

# NBR 15575-1:2008 Requisitos Gerais

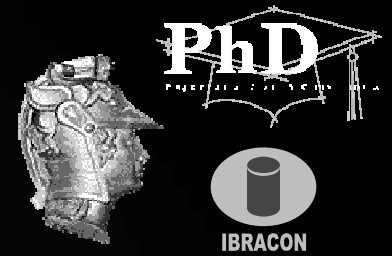
## *item 18. Adequação Ambiental*



- Interferir o mínimo possível no ambiente
- Evitar os riscos ambientais (encostas, enchentes)
- Reduzir consumo de água
- Usar materiais que causem menor impacto ambiental, desde as fases de exploração dos recursos naturais à sua utilização final.
- Implementar um sistema de gestão de resíduos no canteiro da obras, de forma a minimizar sua geração e possibilitar a separação de maneira adequada para facilitar o reuso, a reciclagem ou a disposição final em locais específicos.

# NBR 15575-1:2008 Requisitos Gerais

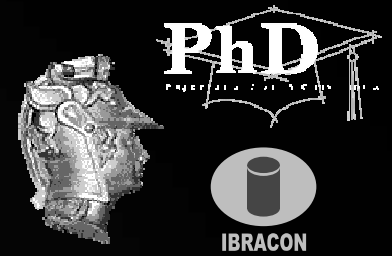
## *Anexos C & D. Vida Útil (VUP) & Garantia*



1. Fundações e estrutura  $\geq$  40anos / **5anos**
2. Paredes internas  $\geq$  20anos / **5anos**
3. Cobertura  $\geq$  20anos / **5anos**
4. Sistemas de impermeabilização  $\geq$  8anos / **5anos**
5. Revestimentos de paredes internas  $\geq$  13anos e externas  $\geq$  20anos / **fissuras 2anos, estanqueidade 3anos e aderência 5anos;**
6. Cimentados, piso acabado em concreto  $\geq$  13anos / **fissuras 2anos, estanqueidade 3anos;**
7. Pintura interna  $\geq$  3anos e externa  $\geq$  8anos / **2anos;**
8. Selantes, juntas e rejuntamentos  $\geq$  4anos / **1ano.**

# NBR 15575-1:2008 Requisitos Gerais

## *item 14. Durabilidade & Manutenibilidade*



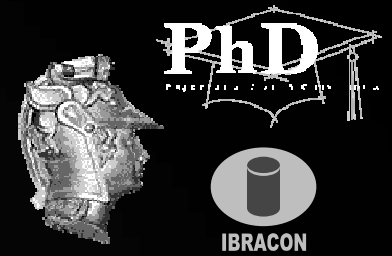
### Métodos de Avaliação da Vida Útil:

1. Comprovação de atendimento às normas específicas de projeto naquilo que tange à vida útil e durabilidade → **NBR 15575**
2. Comprovação de que os componentes e elementos atendem à especificação técnica correspondente → **NBR 15319 tubos**
3. Cumprir com normas estrangeiras → **ASTM, ISO**
4. Inspeção e diagnóstico de campo em obras já executadas e com idade > 2 anos;
5. Análise e extrapolação de resultados de estações de ensaio de campo ou acelerado.

“Manual de Uso, Operação e Manutenção Preventiva”

# NBR 15575-1:2008 Requisitos Gerais

## *item 14. Durabilidade & Manutenibilidade*



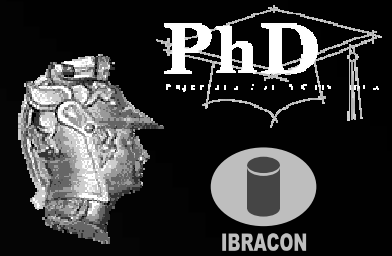
Foram inspecionadas as paredes das casas térreas dos seguintes conjuntos habitacionais, habitados:

- Casa térrea em uso comercial há 20 anos, no pátio da Associação Brasileira de Cimento Portland ABCP, em São Paulo - SP, em princípio localizada em atmosfera urbana e industrial;
- Conjunto Habitacional Parque Novo Mundo II, em Itu - SP, executado há cerca de 19 anos, em princípio localizado em atmosfera rural;
- Conjunto Habitacional Parque Vitória Régia, em Sorocaba - SP, executado há cerca de 16 anos, em princípio localizado em atmosfera urbana;
- Conjunto Habitacional Santarém, em Natal, Rio Grande do Norte, executado há cerca de 25 anos, em princípio localizado em atmosfera marítima.



# NBR 15575-1:2008 Requisitos Gerais

## *item 14. Durabilidade & Manutenibilidade*

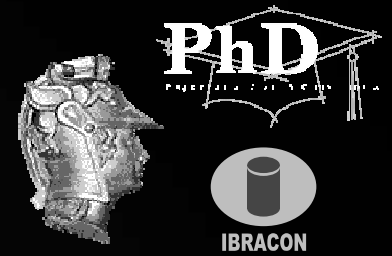


### **Metodologia de Inspeção:**

- Vistoria Geral visual das casas com foco nas paredes;
- *Potencialmente, a região mais sensível à deterioração precoce e significativa é a base aparente das paredes externas, o primeiro um metro de altura. Essa região é a única a receber uma incidência significativa de água de chuva e que, conseqüentemente, poderá desencadear um processo de corrosão da armadura;*
- Inspeção complementar detalhada apenas nas paredes externas.

# NBR 15575-1:2008 Requisitos Gerais

## *item 14. Durabilidade & Manutenibilidade*

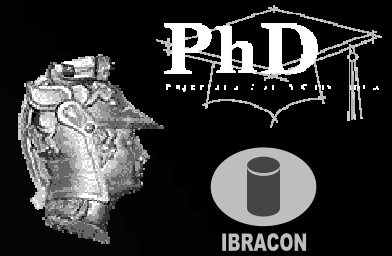


Ensaio nas paredes, “in loco”:

1. Posicionamento da armadura;
2. Profundidade de carbonatação do concreto;
3. Teor de cloretos, no caso de atmosfera marítima;
4. Potencial de corrosão da armadura;
5. Extração de testemunhos de concreto;
6. Extração de testemunhos de aço.

# NBR 15575-1:2008 Requisitos Gerais

## *item 14. Durabilidade & Manutenibilidade*



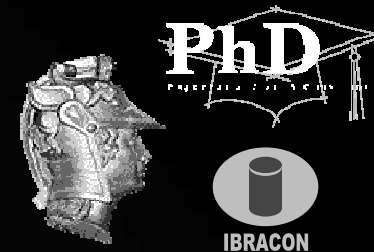
Cabe salientar que as paredes internas apenas têm risco de umidade e de corrosão, em situações de falhas do processo construtivo ou de manutenção, p. ex., associadas a:

- falhas ou ausência de acabamento impermeável nas áreas de box de banheiro, de pia de cozinha ou de tanque;
- umidade de infiltração ou acidental, que não sejam corrigidas a curto ou médio prazo;
- falhas ou ausência de impermeabilização da fundação (radier), em solos com pouca drenagem, e que poderão desencadear a médio ou longo prazo absorção capilar significativa nas paredes, através do concreto celular espumoso.

Assim, as paredes internas foram apenas submetidas à inspeção visual, sem investigação destrutiva, pelos ensaios anteriores mencionados

# NBR 15575-1:2008 Requisitos Gerais

## *item 14. Durabilidade & Manutenibilidade*



Casa  
na  
ABC  
P  
SP

20anos



# NBR 15575-1:2008 Requisitos Gerais

## *item 14. Durabilidade & Manutenibilidade*



**Conj.  
Hab  
Parque  
Novo  
Mundo  
Itú  
SP**

Casa 14, Quadra15, Lote13



Casa 25, Rua Júpter



Casa 80, Rua Urano

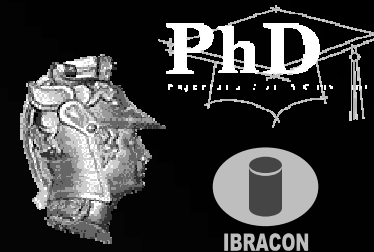


Casa 83, Rua Urano



# NBR 15575-1:2008 Requisitos Gerais

## *item 14. Durabilidade & Manutenibilidade*



**Conj.**  
**Hab**  
**Parque**  
**Vitória**  
**Régia**  
**Sorocaba**  
**SP**

16anos



# NBR 15575-1:2008 Requisitos Gerais

## *item 14. Durabilidade & Manutenibilidade*



**Conj.  
Hab  
Santarém  
Natal  
RN**

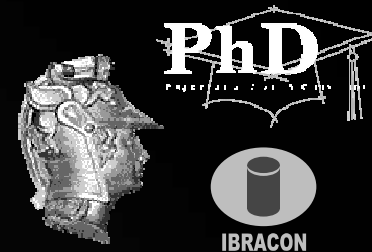
**25anos**

**Rua  
Balsa  
Nova**



# NBR 15575-1:2008 Requisitos Gerais

## *item 14. Durabilidade & Manutenibilidade*



**Conj.  
Hab  
Santarém  
Natal  
RN**

**25anos**

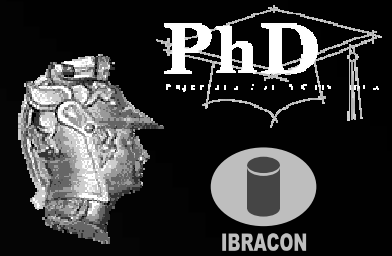
**Rua  
Taubaté**





# NBR 15575-1:2008 Requisitos Gerais

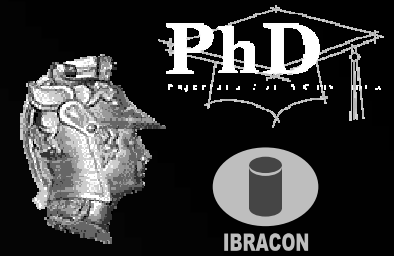
## *item 14. Durabilidade & Manutenibilidade*



Conjunto Habitacional Santarém, com 25 anos, em Natal - RN, em jan/2001.  
Corrosão da armadura em parede ao lado de tanque, de área de serviço, em casa na  
Rua Balsa Nova, 66.

# NBR 15575-1:2008 Requisitos Gerais

## *item 14. Durabilidade & Manutenibilidade*

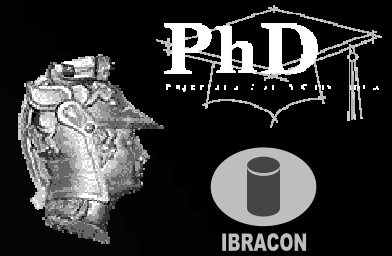


### Classes de Agressividade NBR 6118:2003

1 → fraca	→ insignificante	→ rural
2 → média	→ pequeno	→ urbana
3 → forte	→ grande	→ industrial ou marinha
4 → muito forte	→ elevado	→ industrial, marinha ou específica

# NBR 15575-1:2008 Requisitos Gerais

## *item 14. Durabilidade & Manutenibilidade*

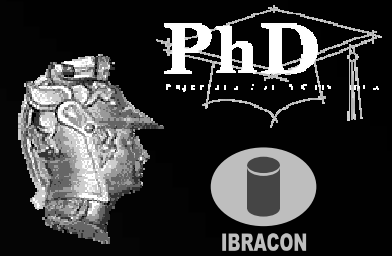


### **Casa térrea no pátio da ABCP, em São Paulo / SP**

- *Macro-clima*: A atmosfera (macro-clima) pode ser considerada urbana e industrial, grau 3, com risco grande de deterioração da estrutura de concreto.
- *Micro-clima*: Do ponto de vista de micro-clima, as regiões externas, das paredes externas, até um metro de altura e a interface radier parede externa são os pontos mais desfavoráveis. Considerando-se que a casa foi sempre mantida com a pintura bem conservada e que a calha da cobertura protege a base das paredes contra o respingo da água de chuva, pode-se admitir um micro-clima de classe de agressividade ambiental grau 3, com risco grande de corrosão.

# NBR 15575-1:2008 Requisitos Gerais

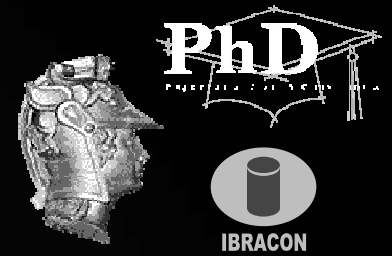
## *item 14. Durabilidade & Manutenibilidade*



- **Conjuntos Habitacionais em Itu e Sorocaba – SP**
- *Macro-clima:* As atmosferas (macro-clima) onde se localizam os Conjuntos Habitacionais Parque Vitória Régia e Parque Novo Mundo II podem ser consideradas entre rural a urbana, sem a presença de indústrias, grau 1 ou 2, ou seja, com risco insignificante ou pequeno de deterioração da estrutura de concreto.
- *Micro-clima:* Do ponto de vista de micro-clima as regiões externas das paredes externas, até um metro de altura e a interface radier parede externa são os pontos mais desfavoráveis podendo ser considerados de grau de agressividade 2, ou de risco pequeno de deterioração da estrutura.

# NBR 15575-1:2008 Requisitos Gerais

## *item 14. Durabilidade & Manutenibilidade*

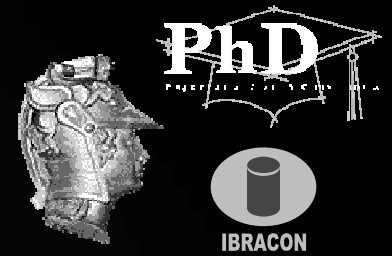


### Conjunto Habitacional em Natal – RN

- *Macro-clima*: A atmosfera (macro-clima) onde se localiza o Conjunto Habitacional Santarém pode ser considerada marinha.
- *Micro-clima*: Do ponto de vista de micro-clima, as regiões externas das paredes externas, até um metro de altura e a interface radier parede externa são os pontos mais desfavoráveis podendo ser considerados de grau de agressividade 3 a 4, com forte risco de deterioração da estrutura.

# NBR 15575-1:2008 Requisitos Gerais

## *item 14. Durabilidade & Manutenibilidade*

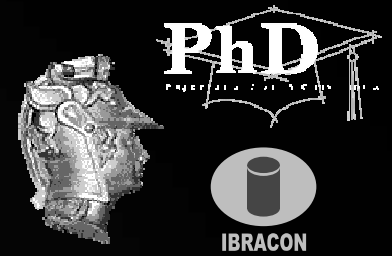


Portanto, do ponto de vista da durabilidade a longo prazo, os maiores problemas potenciais desse sistema, são:

- **retração por secagem e por movimentação termohigroscópica cíclica do concreto celular**, que possam induzir fissuras que permitam o ingresso de água de chuva e comprometam a salubridade do interior da edificação;
- **absorção capilar de água do concreto celular**, pela base da parede em contato com o radier, que venha a gerar umidade e bolor no pé das paredes externas;
- **corrosão das armaduras de reforço das paredes externas**, que venha a gerar fissuras e destacamentos do concreto de cobrimento e a penetração de água pelas paredes. *(cobrimento 4cm)*

# NBR 15575-1:2008 Requisitos Gerais

## *item 14. Durabilidade & Manutenibilidade*

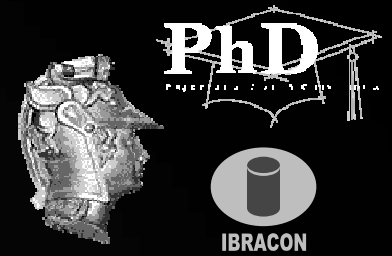


### **Retração por secagem e por movimentação termohigroscópica cíclica**

- A retração por secagem é inevitável nos materiais à base de cimento Portland. Deve ser combatida com telas/malhas e fibras de polipropileno.;
- Fissuras podem não ser problema. Não foi observada entrada de água por fissuras. Havendo beiral, não há penetração de água de chuva mesmo em fissuras de até 0,4mm de abertura;
- Cabe observar também que aberturas de fissura de até 0,4mm são aceitas universalmente . NBR 6118:2003:
- *“... As fissuras são sempre inevitáveis em estruturas de concreto onde existam tensões de tração, resultantes de carregamento direto ou por restrição a deformações impostas.*
- *Fissuras podem ainda ocorrer por outras causas, como retração plástica/térmica ou devido a reações químicas internas do concreto, nas primeiras idades ... (igual a qq outro)*

# NBR 15575-1:2008 Requisitos Gerais

## *item 14. Durabilidade & Manutenibilidade*



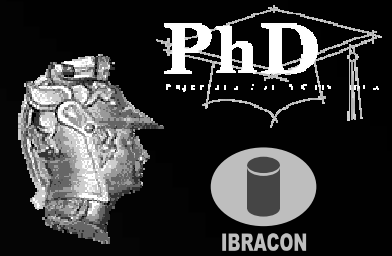
### *Limites de abertura das fissuras*

- *Na ausência de uma exigência específica, como por exemplo impermeabilidade, no caso de peças de edifícios usuais, pode ser adotado o valor de 0,3 mm como máxima abertura de fissura para as classes de agressividade II a IV.*
- *Para classe de **agressividade I**, esse valor pode ser relaxado, se não houver nenhum outro comprometimento, **admitindo-se 0,4 mm como limite.***
- Quanto à movimentação termohigroscópica cíclica das paredes esta decorre da sua exposição ao intemperismo ou nas áreas molháveis de tanque ou banheiro e consiste de um mecanismo de difícil previsão de conseqüências, por serem muito particulares em cada tipo de projeto, de acabamento e de eficácia da manutenção pelos usuários. *(qq outro sistema)*



# NBR 15575-1:2008 Requisitos Gerais

## *item 14. Durabilidade & Manutenibilidade*

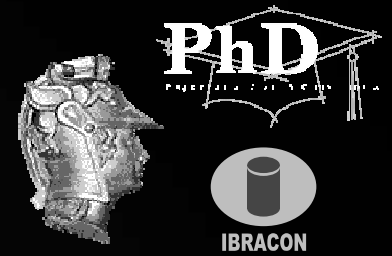


### **Absorção capilar pela base da parede em contato com o radier**

- O concreto celular é um material de natureza hidrófila.
- No caso particular do concreto celular espumoso, em ensaios de laboratório por 72h a ascensão capilar máxima chegou aos 3,5cm, com média de 2,1cm, ou seja, é um problema de reduzidas consequências pois caso venha a ocorrer ficaria restrito à altura de meio rodapé. No entanto poderá causar bolor e corrosão de armadura nessa região, razão pelas quais o fenômeno de absorção deverá ser evitado.
- Registre-se, no entanto, que esse problema é uma especulação técnica dentro do exercício de previsão de vida útil, pois não foi observado em obra em nenhuma casa dos Conjuntos Habitacionais visitados, conforme o capítulo 4, e também porque o sistema utilizado prevê uma camada impermeabilizante de material betuminoso, próprio para essa finalidade.

# NBR 15575-1:2008 Requisitos Gerais

## *item 14. Durabilidade & Manutenibilidade*



### Corrosão das Armaduras

- Carbonatação não é importante. Penetração de cloretos é relativo;
- Vai despassivar mais cedo (5 anos) ou mais tarde (20anos). Sempre;
- Sem água não há corrosão, portanto maioria não vai corroer-se;

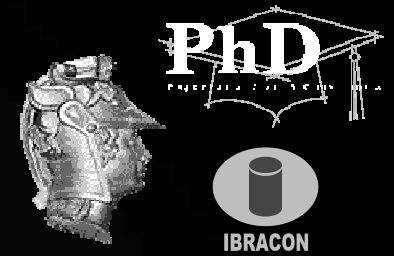
*Aprovado!*

- Se corroer, diâmetro  $< 4\text{mm}$ , produtos da corrosão ocupam vazios do próprio concreto  $\rightarrow$  não vai fissurar.

*Aprovado também!*

# NBR 15575-1:2008 Requisitos Gerais

## *item 14. Durabilidade & Manutenibilidade*

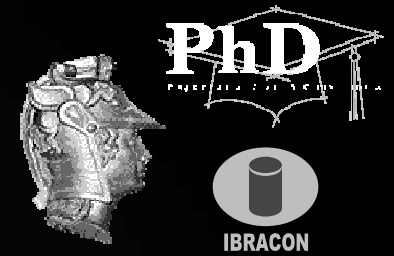


### **Sobre a durabilidade:**

- O posicionamento do Prof Helene, adotando para durabilidade o conceito de vida útil de serviço, ao invés de vida útil de projeto, pode, em princípio, induzir que há um conflito de idéias entre pesquisadores.
- Dada a indefinição de local dos empreendimentos e de arquitetura das casas, aliada à dificuldade de conhecimento da cinética do processo de corrosão, a postura adotada anteriormente por alguns pesquisadores era de resguardo, daí não se “arriscar” a opinar sobre durabilidade após a despassivação do aço. Quando a análise refere-se a um caso pontual, bem definido, e com conhecimento amplo do processo de corrosão das armaduras, pode-se vislumbrar a hipótese de adotar o conceito de vida útil de serviço.
- Portanto, acatamos o parecer do Prof Helene, no qual fica explicado que as casas tendem a uma durabilidade superior a 50 anos, na hipótese mais pessimista.
- 
- *CEF → São Paulo, 05 MAR 2001 10/11 → Coordenação de Engenharia*

# NBR 15575-1:2008 Requisitos Gerais

## *item 14. Durabilidade & Manutenibilidade*



### **Sobre o sistema, ainda há três aspectos a considerar:**

- Necessidade de acompanhamento técnico especializado;
- O segundo, é a importância da manutenção preventiva;
- E o terceiro, são as recomendações do Prof. Helene;
  - Manter a utilização de produto betuminoso na interface paredes/radier;
  - Otimizar o processo de cobrimento das armaduras de forma a mantê-lo precisamente em 20 mm;
  - Manter o estucamento de paredes, após a desforma, utilizando pasta de cimento, areia bem fina e aditivo de base acrílica;
  - Manter o revestimento externo atual, através da aplicação de hidrofugantes de base silicone tipo resina de silicone, silanos ou siloxanos oligoméricos, renovados a cada 4 anos. Alternativamente, revestir com pintura 100% acrílica para exteriores, com um mínimo de 3 demãos, até a altura de 1,50 m;
  - Providenciar pingadeiras e acabamentos para a base dos vãos de janela;
  - Manter a calçada externa em nível inferior ao da casa, em pelo menos 3 cm.

**“Finalizando, concluimos pela viabilidade de financiamento ao sistema construtivo “**

**“CEF → São Paulo, 05 MAR 2001 10/11 → Coordenação de Engenharia “**



**1901**

**primeiro edificio de concreto armado Paris, França → François Hennebique “nunca mais colapso por incêndio”**



Obrigado!

