

ABRAS
PLAC

CICLO DE PALESTRAS SOBRE PLACAS CIMENTÍCIAS

CONTROLE TECNOLÓGICO (PROCEDIMENTOS E FALHAS)



LAJES SEM IMPERMEABILIZAÇÃO

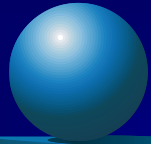
COMO A TECNOLOGIA PODE
RESGATAR VELHOS PRINCÍPIOS

E SER TRANSFORMADA
EM VALOR AGREGADO



Paulo Bina¹

1- Msc. Eng^o Civil - Tecnologia de Habitação IPT



monobeton

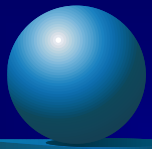
soluções tecnológicas



CONTROLE TECNOLÓGICO O QUE É ?

O Controle da Qualidade é fundamental para a segurança, a economia e a durabilidade dos empreendimentos, de seus sistemas ou sub sistemas.

O Controle Tecnológico age como consultoria técnica, estudos, ensaios, fiscalização e acompanhamento das diversas etapas voltados à tecnologia dos materiais aplicados.



monobeton

soluções tecnológicas



INTRODUÇÃO

CONCRETO COMO ELEMENTO ESTRUTURAL E DE ACABAMENTO:

- **Ações agressivas ambientais**
carbonatação, lixiviação, corrosão, sais (sulfatos, cloretos), gelo, ácidos, reação álcali - sílica, fogo, fungos e bactérias.
- **Ações protetoras possíveis ?**
tipo de cimento, relação A/C, agregados, fissuração controlada, revestimentos e pinturas (vernizes)



VISÃO DO PRESENTE

AVANÇOS TECNOLÓGICOS X PERMEABILIDADE DO CONCRETO

- Concretos com alta resistência (a/c baixo)
- Cura e controle eficazes
- Adições e aditivos
- Modelo dimensional computadorizado

$$d = \sqrt{2 k \cdot h \cdot t}$$

Lei de Darcy

d = penetração

k = coeficiente

h = coluna de água

EVOLUÇÃO TECNOLÓGICA DOS MATERIAIS E PROCESSOS

- Cimento e adições
- Aditivos (redutores de água, de retração, compensadores de retração, etc)
- Fibras
- Curva granulométrica contínua
- Dosadoras computadorizadas
- Tecnologia dos agregados

FIBRAS

Foto Ampliada de Concreto com
Fibras Sintéticas

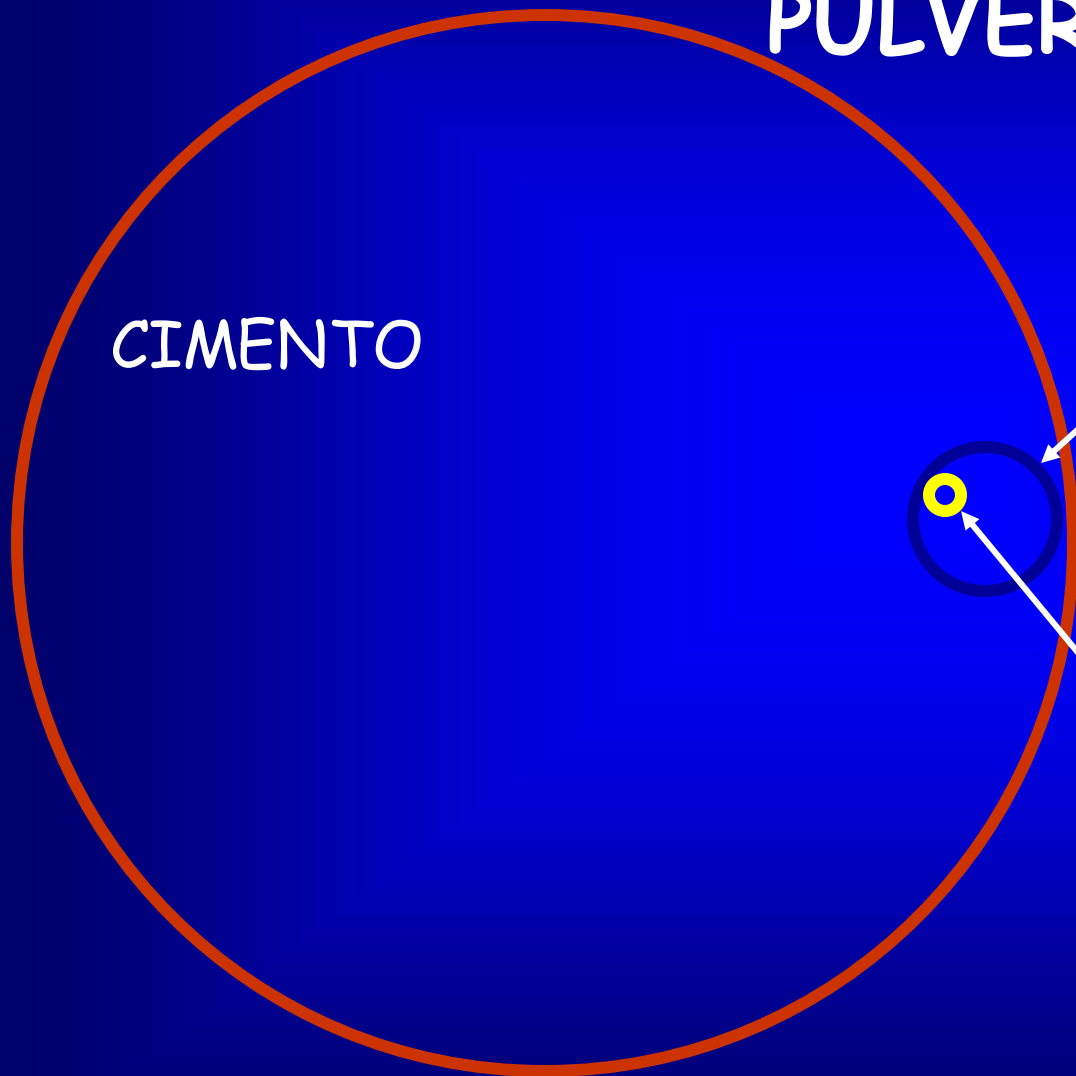


METAKAOLIN - SÍLICAS PULVERIZADAS

METACAULIM

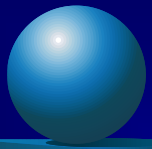
CIMENTO

SÍLICA ATIVA
(MICROSSÍLICA)



REDUÇÃO DA PERMEABILIDADE DE PASTA DE CIMENTO (RELAÇÃO A/C=0,7) COM A EVOLUÇÃO DA HIDRATAÇÃO

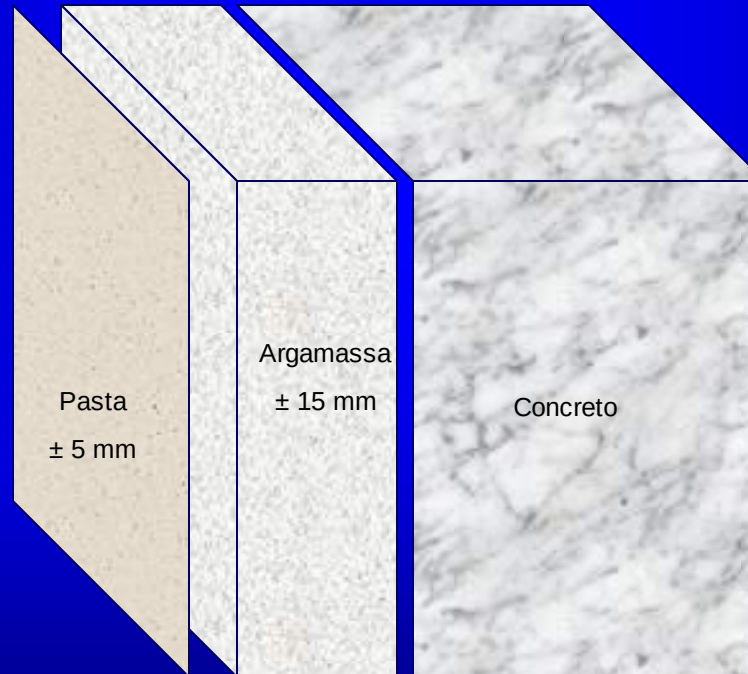
Idade - dias	Coeficiente m / s
pasta fresca	2×10^{-6}
5	4×10^{-10}
6	10×10^{-10}
8	4×10^{-11}
13	5×10^{-12}
24	10×10^{-12}
final	6×10^{-13} calculado

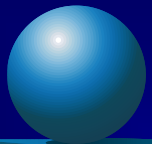


monobeton

soluções tecnológicas

Estrutura da superfície do concreto (efeito de confinamento da fôrma)



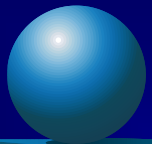


monobeton

soluções tecnológicas

Porosidade da Pasta da Argamassa Comparativamente à Porosidade do Concreto

				POROSIDADE (Vol. vazios/m3)%				
				GRAU DE HIDRATAÇÃO E IDADE APROXIMADA				
				$\alpha = 33\%$	$\alpha = 67\%$	$\alpha = 80\%$	$\alpha = 90\%$	$\alpha = 100\%$
MATERIAL	TRAÇO EM MASSA SECA	CONSUMO DE CIMENTO POR m3 (kg)	RELAÇÃO ÁGUA/CIMENTO, EM MASSA	3 dias	28 dias	1 ano	10 anos	50 anos
CONCRETO	1:2:3	350	0,5	19	11	8,7	6,9	5,4
ARGAMASSA	1:2	600	0,5	33	19	15	12	9,4
PASTA	1	1200	0,5	63	37	29	23	28



monobeton

soluções tecnológicas

Principais Mecanismos de Degradação

Carbonatação e redução da alcalinidade



Lixiviação

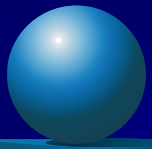
Ação de águas ácidas que dissolvem a pasta de cimento e resultam em desgaste por abrasão.

Retração

Por secagem (hidráulica), plástica, química (devida às reações de hidratação) e autógena.

Retenção de fuligem e fungos

São partículas de natureza ácida que se depositam na porosidade, retendo água e reduzindo a alcalinidade do concreto.



monobeton

soluções tecnológicas

Principais Mecanismos de Degradação

Expansão por sulfatos

Aluminato tricálcico + sulfatos = etringita (expansão)

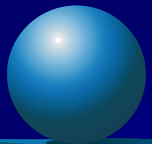
Concentração Salina

Névoa que contém sulfatos de cálcio e magnésio hidratados que causam expansão por formação de gesso e etringita, desagregando lentamente a superfície

Reação álcali-agregado

Materiais alcalinos do cimento (hidróxidos de sódio e potássio) reagem com a sílica amorfa dos agregados (opala, calcedônia, cristobalita, tridimita, etc.), resultando em compostos expansivos

Agressividade química



monobeton

soluções tecnológicas

Penetração da frente de carbonatação em concretos de cimento Portland

Cobrimento (mm) Relação a/c	TEMPO (em anos)					
	05	10	15	20	25	30
0,45	19	75	>100	>100	>100	>100
0,50	6	25	56	99	>100	>100
0,55	3	12	27	49	76	>100
0,60	1,8	7	16	29	45	65
0,65	1,5	6	13	23	36	52
0,70	1,2	5	11	19	30	43

VIABILIDADE

ALTO DESEMPENHO :

Atende e supera as expectativas de desempenho mínimo:

- Baixa Permeabilidade
- Resistência Mecânica à Compressão e Abrasão
- Resistência à Tração Simples ou Flexão
- Resistência Química aos Sulfatos, aos Ácidos
- Resistência Química aos Agregados Reativos (Álcali-Agregado)
- Resistência ao Gelo/Degelo
- Bactéria Thiobacillus Oxidans (Reação Desagregação / Laranja)
- Deformação controlada
- Elevada Aderência Concreto Novo/Concreto Existente

VIABILIDADE

ALTO DESEMPENHO :

- Alta Resistência Mecânica:

Edifício CENEC 1988 f_{ck} 80 MPa, com resultados de até 120 MPa - São Paulo

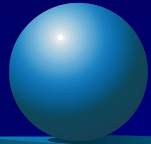
- Baixa Permeabilidade:

Adutora da Sabesp sobre Rio Pinheiros 1989 - São Paulo

Reservatório Crown Cork 1998 - Cabreúva

Reservatório GM 1999 - Sorocaba

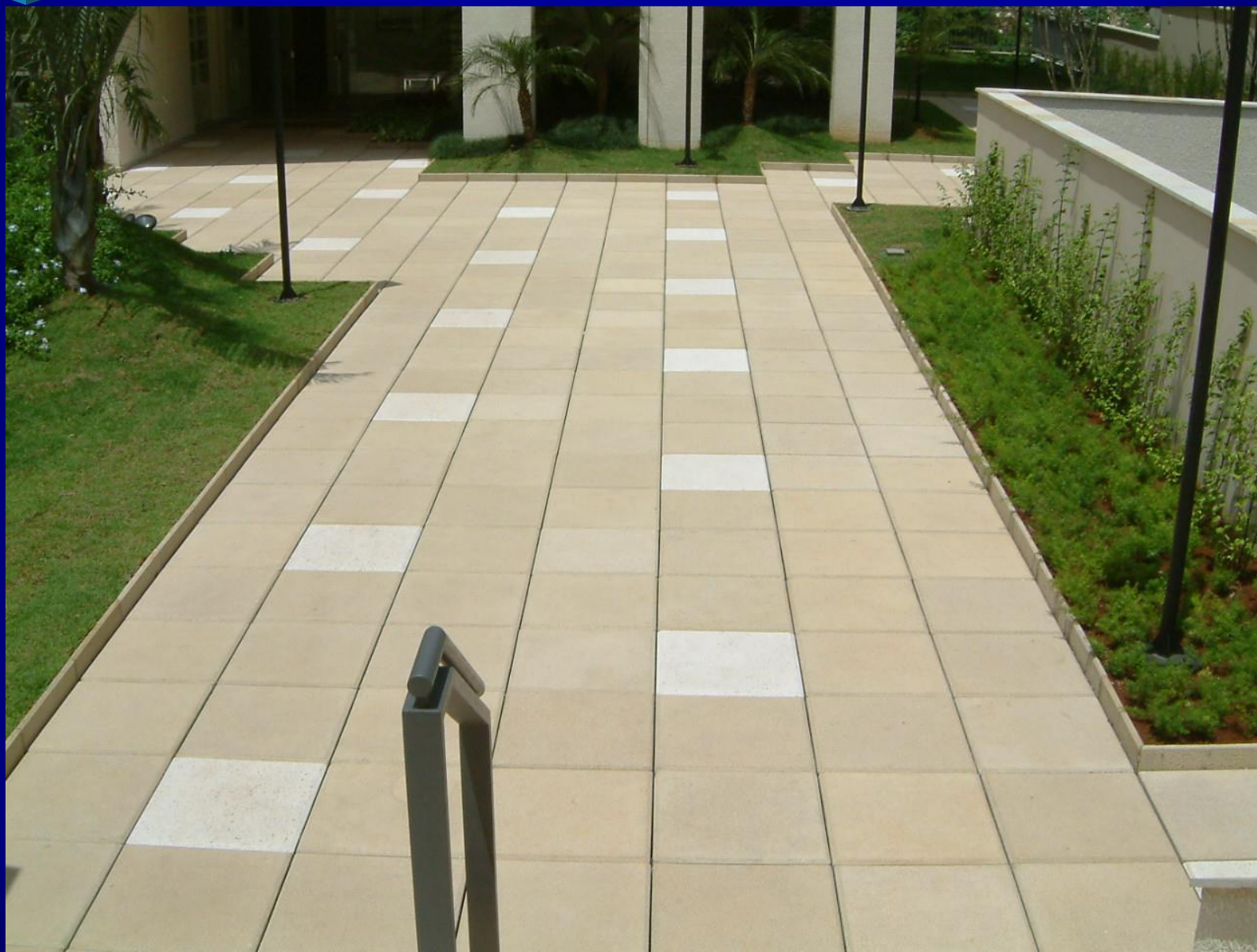
Lajes sem impermeabilização Vários 2001 em diante

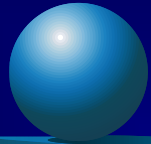


monobeton

soluções tecnológicas

ESTUDO DE CASO



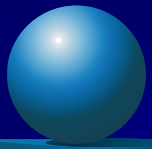


monobeton

soluções tecnológicas

ESTUDO DE CASO





Conclusões

1. Os procedimentos de controle devem atuar sobre cada um dos materiais componentes do sistema ou sub sistema que compõe o empreendimento;
2. Placas cimentícias podem ter pouca permeabilidade, muita permeabilidade, armaduras ou estruturadas com fibras;
3. Os custos para qualquer tipo de solução devem ser viabilizados, mas sempre prevalecendo a técnica;
4. O controle eficaz de todas as fases pode definir o sucesso e a durabilidade de uma edificação;
5. O estudo prévio é de fundamental importância para a garantia de desempenho garantido.