

Ministério da Educação Universidade Federal do Paraná Setor de Tecnologia Departamento de Construção Civil

Materiais de Construção (TC-031)

TECNOLOGIAS EM CONCRETO - B

Professores

José de Almendra Freitas Jr. - <u>freitasjose@terra.com.br</u>

Marienne do Rocio de Melo Maron da Costa - <u>mariennemaron@gmail.com</u>

Laila Valduga Artigas - <u>artigas@ufpr.br</u>



CONCRETO COMPACTADO COM ROLO - CCR

Aplicações em Barragens e Pavimentação.

Idéia da tecnologia- Usa equipamentos rodoviário, para: Transporte, Espalhamento e Compactação



1. Descarga ou lançamento do CCR



CONCRETO COMPACTADO COM ROLO – CCR Aplicações em Barragens e Pavimentação.

Idéia da tecnologia- Usa equipamentos rodoviário, para: Transporte, Espalhamento e Compactação



2. Espalhamento





CONCRETO COMPACTADO COM ROLO - CCR

Usa-se um concreto seco, trabalhando em camadas com uma espessura que permita sua compactação.



3.Compactação com rolo vibratório





CONCRETO COMPACTADO COM ROLO - CCR

A compactação é feita com rolos vibratórios e com compactadores manuais onde os primeiros não tem acesso.



Compactação com rolo

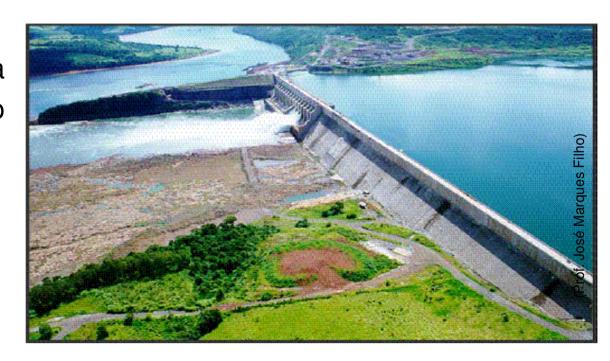


Compactação com "sapo" nos locais inacessíveis com o rolo



- •Técnica rápida e econômica, (evolução do concreto massa).
- •Uso intensivo equipamentos usuais em obras de terra.
- •Baixa incidência de mão obra por unidade de volume.
- Processo industrial e eficiente.
- •Velocidade de construção muda a conceituação e os cuidados do projeto.

Salto Caxias COPEL





- •CCR material seco características dependem do adensamento correto e da ligação entre camadas.
- Parâmetros de resistência e permeabilidade do material variam com o grau de compactação.
 - Trabalhabilidade muito baixa ensaio VEBE.
 - •Transporte p/ caminhões basculantes, sem segregação.
 - Consistência seca dificuldades de adensamento.
 - •Baixo consumo de material cimentício faz com que o CCR seja concreto muito sensível à problemas de traço.

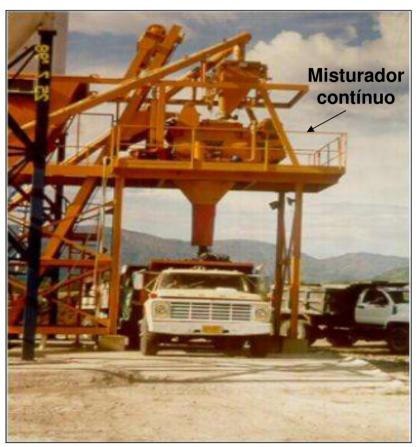


Especificações básicas:

- Agregados graúdos com tamanho máximo de 2";
 - Teor de finos de 4 a 10% da massa;
- •Uso de baixas quantidades de cimento (60 a 150kg/m³);
- •Água dosada sem levar em conta a Lei de Abrams (em alguns casos);
 - •Porcentagem de adições superiores a 45% do material cimentante;



Produção de CCR



Transporte



(Eng. Bernardo Martinez – Cemex – 52 IBRACON)



Correias e "chutes"
transportando o CCR, tratores
de lâmina espalhando e rolos
vibratórios compactando.
O equipamento é nivelado a
laser para obter uma superfície
perfeitamente horizontal.
(Hickory Log Creek Dam, EUA)

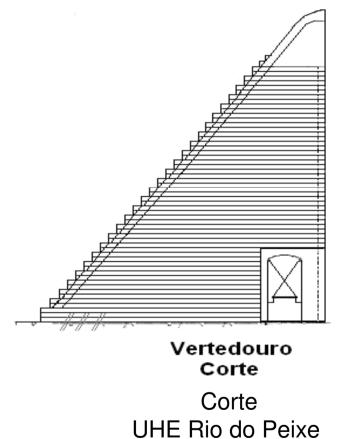


www.hydroworld.com



UHE Dona Francisca

Sub-camadas com 30 a 35 cm de espessura



(Golik M. A., Stock R. Filho, Gontijo M. C., Onuma N., 1996)



Jordão - COPEL - Rio Jordão - Geração de energia **Dimensões:** 95 x 550 m

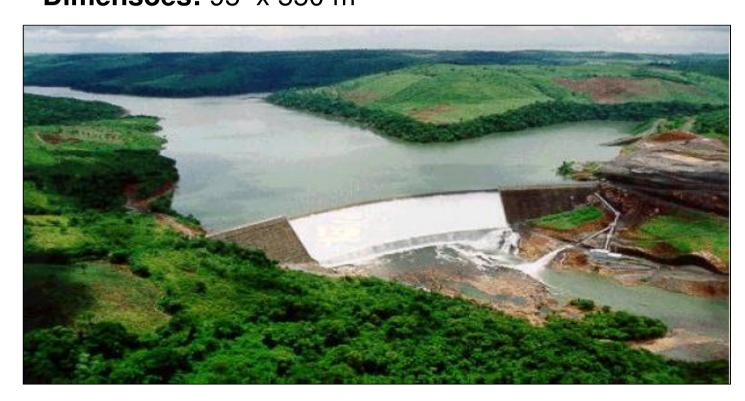
Volume do Concreto:

- CCR 570.000 m³
- Total 647.000 m³

Consumo de Aglomerantes:

- Cimento: 68 kg/m³
- Pozolana 17 kg/m³

Camadas de 40 cm



www.abcp.org.br/hot_site_barragens



Caxias - COPEL - Rio Iguaçu - Geração de energia

Dimensões: 67 x 1.083 m

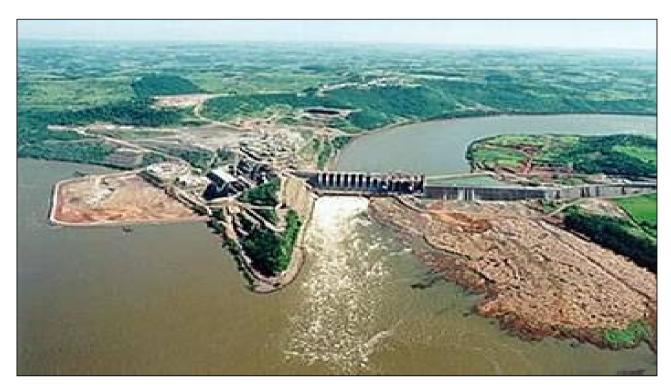
Volume do Concreto:

- CCR 912.000 m³
- Total 1.048.000 m³

Consumo de Aglomerante:

- Cimento: 80 kg/m³
- Pozolana 20 kg/m³

Camadas de 30 cm



www.abcp.org.br/hot_site_barragens





Aplicação de CCR

(Prof. José Marques Filho)





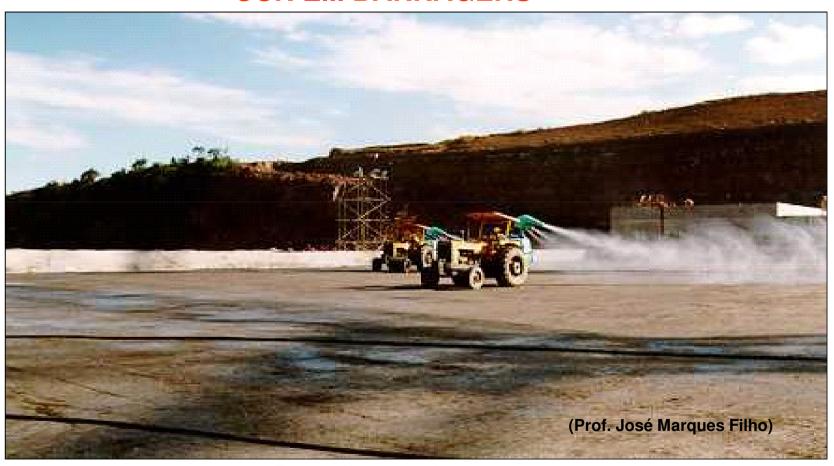
Junta feita em CCR





Corte de junta

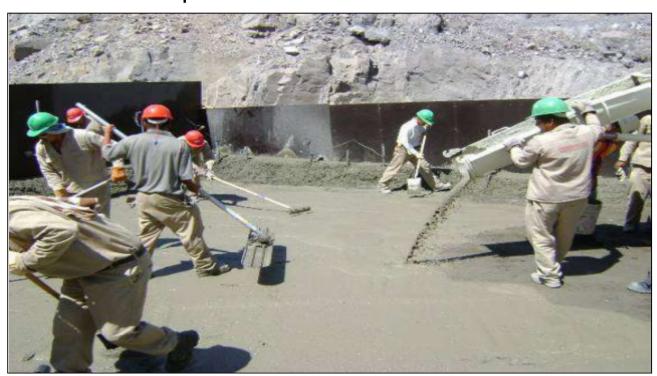




Procedimento de cura.



As juntas horizontais são o ponto mais vulnerável, tanto estruturalmente como da permeabilidade da obra.



(Eng. Bernardo Martinez – Cemex – 52 IBRACON)

Espalhamento de argamassa de ligação para melhorar a aderência e diminuir a permeabilidade entre as camadas de CCR.



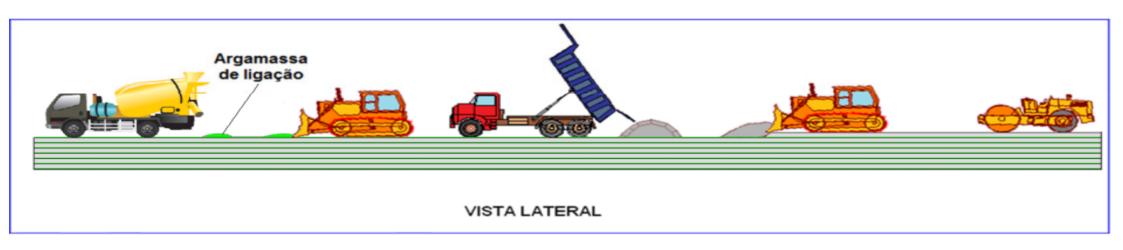
Paramentos de montante em concreto convencional vibrado, já com as ancoragens para fixação no CCR.

(Hickory Log Creek Dam, EUA)



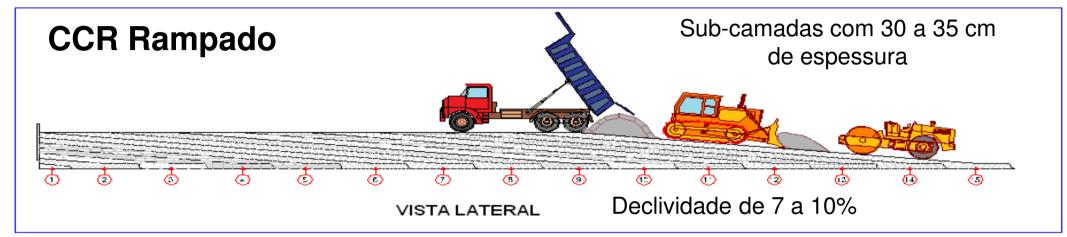


CCR convencional em camadas horizontais



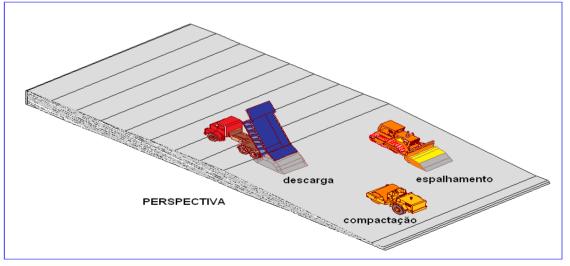
Sub-camadas com 30 a 35 cm de espessura aplicadas sobre uma camada de argamassa de ligação rica em cimento





Aplicação do CCR rampado

(adaptação de. Marques Filho,2005)

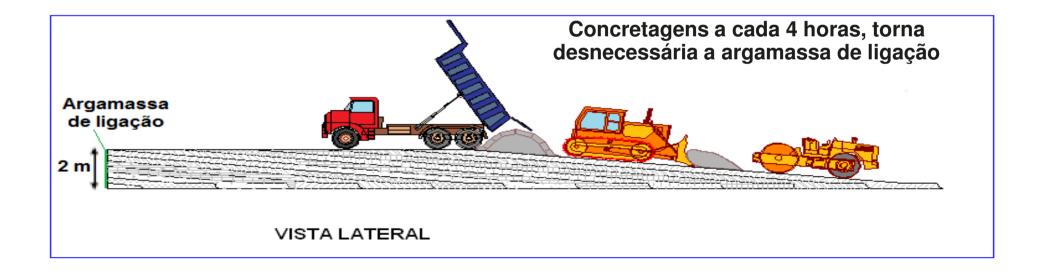


BATISTA et al., 2002

CONCRETO COMPACTADO COM ROLO CCR EM BARRAGENS

CCR Rampado

Sub-camadas executadas em rampa resultam em uma superfície de exposição reduzida, possibilitando a cobertura da frente de concretagem em no máximo 4 horas, tornando desnecessária a aplicação da argamassa de ligação entre sub-camadas. Usa-se a argamassa de ligação somente no trecho inicial das camadas rampadas.





- CCR necessita alto teor de finos, no Brasil não há cinzas volantes em abundância, utiliza-se de agregado pulverizado 120 a 160kg/m³ para alcançar granulometria adequada.
 - Os consumos de material cimentício entre 60 e 120kg/m³.
- Aditivos plastificantes para corrigir dificuldades como sol e vento que evaporam parte da água de amassamento.
 - Calor de hidratação muito menor que nos concretos comuns, não necessita técnicas de pré ou pós resfriamento.
 - Resistência CCR não é função única da a/c, varia com a eficiência da compactação e o fechamento granulométrico.



CONCRETO COMPACTADO COM ROLO – CCR



BARRAGENS ENSAIOS

Densímetro nuclear.

(José Marques Filho)



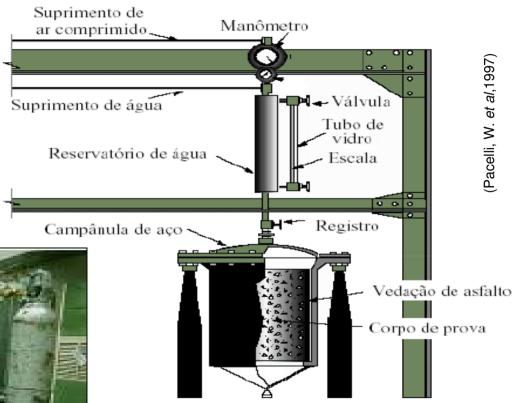
CONCRETO COMPACTADO COM ROLO CCR

BARRAGENS

Ensaio de permeabilidade.

(José Marques Filho)





Ar sob pressão mantém a água permeando através da seção do corpo-de-prova.

Tecnologias

CONCRETO COMPACTADO COM ROLO - CCR

BARRAGENS

Corpo-de-provas

CCR – difícil de se moldar CPs realistas



Corpo-de-provas



Extração de testemunhos do CP

(José Marques Filho)

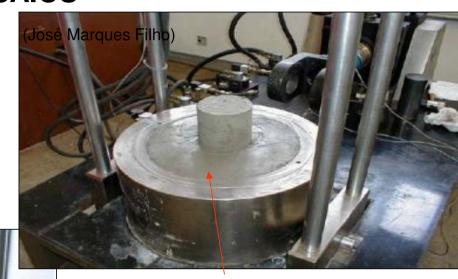


CONCRETO COMPACTADO COM ROLO – CCR BARRAGENS - ENSAIOS

(José Marques Filho)



Vebe Cannon Time



Cisalhamento

Tração direta



CCR em barragens - COPEL



Arquivo: Filmes concreto / CCR / CCR Copel



CONCRETO COMPACTADO COM ROLO – CCR PAVIMENTAÇÃO (base ou pavimento)

Vantagens comparando com CC:

- custo CCR menor em 50 a 70%;
- Menos mão de obra;
- Menos custo de material.

CCR em pavimentos:

- Caminhões betoneira comuns.
- Espalhamento com acabadoras de asfalto;
 - ou com trator de lâmina ou espalhamento manual.
- Compactação através de rolos vibratórios.
- Consumo de cimento para pavimentos +-150kg/m³
- Usa-se aditivos plastificantes e retardadores.
- Delimitação de pistas com cantoneiras de aço.



CONCRETO COMPACTADO COM ROLO – CCR PAVIMENTAÇÃO (base ou pavimento)





CONCRETO COMPACTADO COM ROLO – CCR PAVIMENTAÇÃO (base ou pavimento)

Compactação do CCR com rolo vibratório.



(CEMEX)



CONCRETO COMPACTADO COM ROLO – CCR PAVIMENTAÇÃO (pavimento em CCR)



Pavimento em CCR da Av. Prefeito Lima Castro em Recife-PE, com cinco anos de uso



Pátio de aeroporto em CCR sob cura.



CONCRETO COMPACTADO COM ROLO – CCR PAVIMENTAÇÃO (pavimento em CCR)

Sobre a base - emulsão asfálticas para cura e funcionar como junta de movimentação entre a base e o concreto do pavimento.



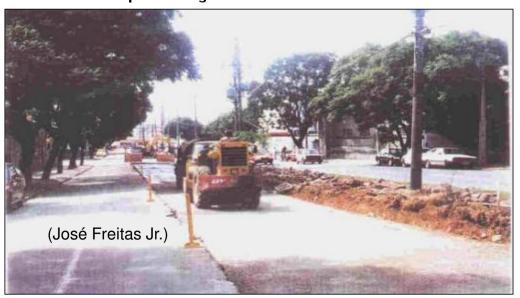
Pavimentação em CCR da BR 232 -PE, trecho de 118,4 km



CONCRETO COMPACTADO COM ROLO – CCR PAVIMENTAÇÃO (base em CCR) - Av. Iguaçu - Curitiba

CCR como base de pavimento de concreto

Compactação do CCR

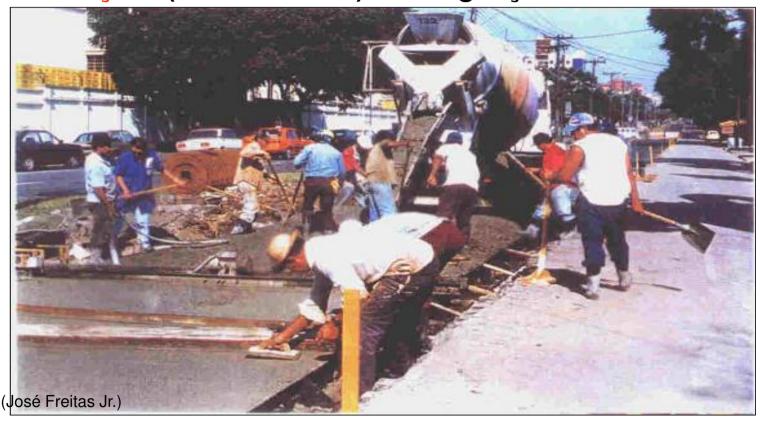




Espalhamento manual do CCR



CONCRETO COMPACTADO A ROLO – CCR PAVIMENTAÇÃO (base em CCR) - Av. Iguaçu - Curitiba



Colocação e acabamento do pavimento em concreto comum



CONCRETO COMPACTADO COM ROLO – CCR PAVIMENTAÇÃO (base em CCR) - Av. Iguaçu - Curitiba



Cura do pavimento da base em CCR com emulsão asfáltica.

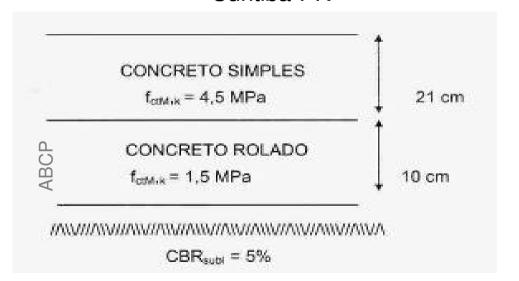


CONCRETO COMPACTADO COM ROLO – CCR PAVIMENTAÇÃO

Rua Presidente Farias (Curitiba), sub-base em CCR, espessura 10cm, tração na flexão fctM (28 dias) de 1,5MPa e compressão simples fck (7 dias) de 5MPa.

Agregados com DMC 32 mm.

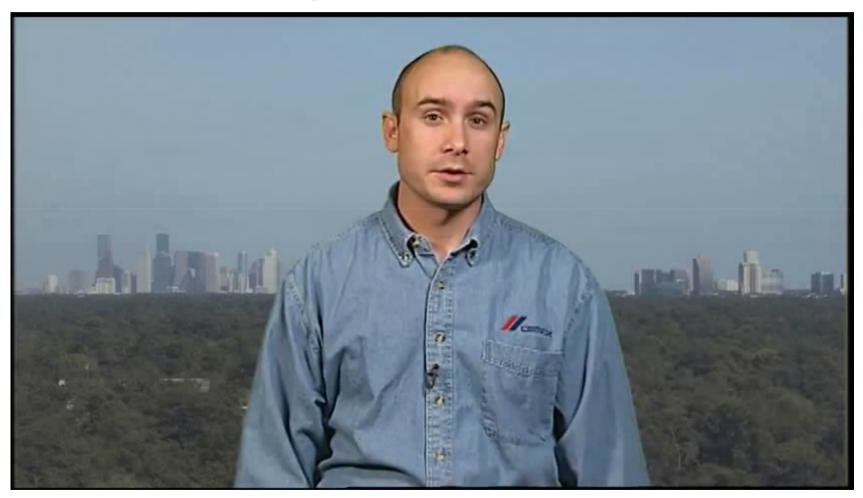
CCR – DOSAGEM - Rua Presidente Farias - Curitiba-PR



Material	Consumos por m ³	
Cimento	110	kg
Areia fina	252	kg
Areia grossa	594	kg
Brita nº 1	858	kg
Brita nº 2	424	kg
Água	134	litros
Aditivo SP	0,33	litros



Pavimentação em CCR



Arquivo: Filmes concreto / CCR / Road RCC

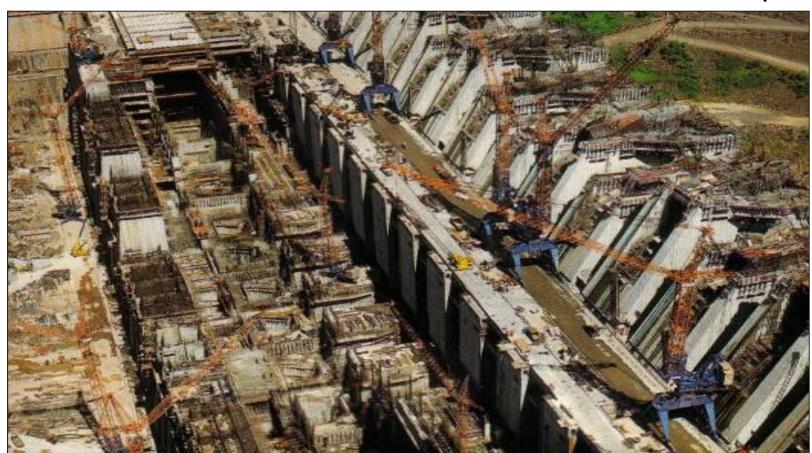


Peças muito volumosas:

- Agregados com DMC de 75 a 150mm;
- Consumo de cimento baixo 120 a 200kg/m³;
- Cimentos com adição de pozolanas;
 - Calor de hidratação menor;
 - Concretos menos permeáveis;
 - Menos reações álcali-sílica.
- Aditivos plastificantes e/ou incorporadores de ar;
- Abatimento relativamente baixo: 20 a 40mm.



Itaipu



Camadas limitadas por formas

Barragem principal concebida em blocos de gravidade aliviada.

Tucuruí



Camada de concreto de 2,5m de altura subdividida em subcamadas de 50cm.



Tucuruí



(Scandiuzzi, L.; ABCP, 2004)

Camadas estendidas de 50 cm de altura, juntas posteriormente cortadas



Itaipú - Brasil/Paraguai - Rio Paraná

Capacidade 14.000MW - 20 unidades 700MW

Dimensões: 196 x 7.700m (concreto, enrocamento e terra)

Volume do Concreto:

- •Total 12.570.000m³
- 30 000 trabalhadores;
- Produção mensal de concreto alcançou 338 000m³.





Tucuruí – PA - Brasil - Rio Tocantins

Capacidade 8,125MW – 12 unidades 330KW

Dimensões: 77 x 1.321m (parte de concreto)

Volume de Concreto:

•Total 8.800.000m³







Arquivo: Filmes concreto / Concreto massa / Mass Concrete



Calor de hidratação

ACI - Concreto em grande volume requer meios especiais para combater a geração de calor e posterior mudança de volume.

Queda gradual da temperatura do concreto leva a tenções de tração que poderão causar fissuras, caso ultrapassem a tensão admissível do concreto.

Controle do calor de hidratação:

Pré-resfriamento: Refrigeração dos materiais, ou do próprio concreto antes da aplicação;

Pós-resfriamento: Refrigeração do concreto já nas formas, através da circulação de água fria por "serpentinas" dentro da massa de concreto.



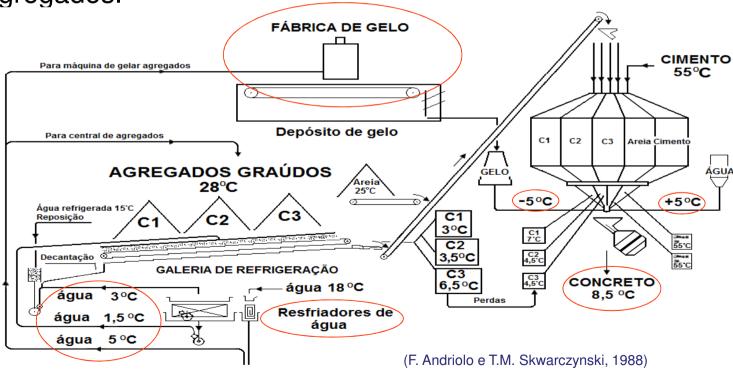
Calor de hidratação

Pré-resfriamento:

- Parte da água de amassamento na forma de gelo;
- Refrigeração da parte líquida da água;

Refrigeração dos agregados.

Esquema da central de produção de concreto de Itaipú





Tucuruí:

Central de produção de concreto e refrigeração para Pré e Pós-resfriamento



(C. Herweg, F. E. Fernandes, H. R. Gama, O. M. Bandeira e S. L. Lacerda)



Esquema de Central de Pré-resfriamento



www.kti-plersch.com



Ciclo do concreto em Itaipú



Arquivo: Filmes concreto / Concreto massa / Itaipu[1]



Pré-resfriamento:

Refrigeração do concreto dentro do caminhão betoneira com nitrogênio líquido.







Pré-resfriamento com nitrogênio líquido



Arquivo: Filmes concreto / Concretagem / Resfriamento com nitrogenio



CONCRETO PRÉ-RESFRIADO

Pré-resfriamento

Ed. Villa Serena Residence – Camboriú- SC - 2007

Bloco de fundações: 550m³ - 16,5 x 16,5 x 2,2m

fck 32 a 25MPa - A/C 0,55 - CPII Z 32 - SP Daracem 19

55 T de gelo ou 100Kg/m³

Cálculo calorimétrico com gelo 18 a 22°C

Temperatura ambiente entre 30 e 35°C.

Controle de temperatura "termopares" em 6 pontos nos primeiros 7 dias.

Lâmina de água de 4cm sobre o bloco, para cura e minimizar a elevação da temperatura nos 1os dias.

Termopares inseridos no concreto e aparelho de medição









CONCRETO PRÉ-RESFRIADO





Pré-resfriamento

Ed. Villa Serena Residence Camboriú- SC - 2007

Bloco de fundações: 550m³

55t de gelo ou 100Kg/m³

Evolução da Temperatura - Bloco - fck 40,0 MPa

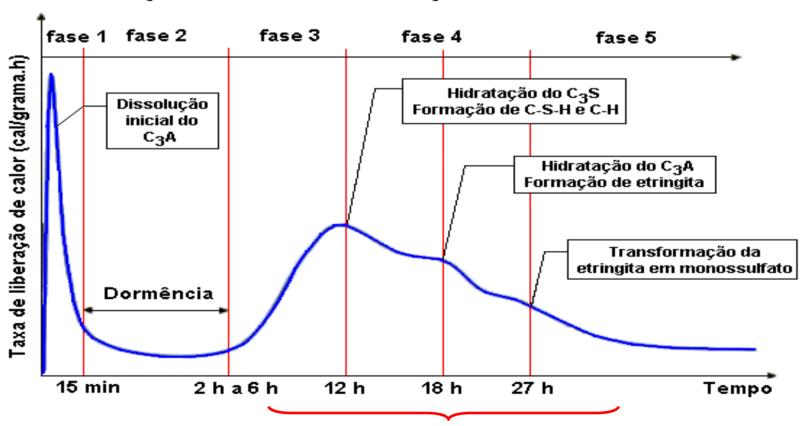




CONCRETO PRÉ-RESFRIADO

Pós-resfriamento

Liberação do calor de hidratação do cimento Portland



Período de bombeamento de água resfriada

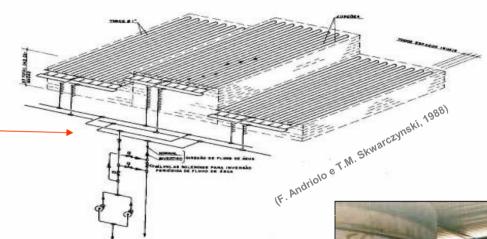


Esquema de tubulações para circulação de água

José Marques Filho)

(F. Andriolo e T.M. Skwarczynski, 1988)

Pós-resfriamento



Tubulação para circulação de água gelada



Instalações para resfriamento e bombeamento da água





CONCRETO

Pós-resfriamento

San Francisco-Oakland Bay Bridge

Vigas (peças) de grandes dimensões tem necessidade do controle de temperatura nos primeiros dias. Neste período as temperaturas do concreto foram mantidas abaixo dos 65°C através do bombeamento de água gelada.



Vida de serviço prevista de 150 anos



Distribuição de água gelada, azul saída, vermelho retorno.

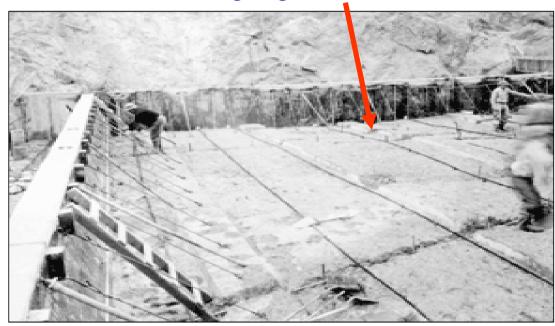
Tecnologias

CONCRETO MASSA

Pós-resfriamento

Represa Hoover, 1933

Tubulação de aço para circulação de água gelada



www.usbr.gov/lc/hooverdam/faqs/damfaqs.html







Usado como blindagem de radiação em:

Instalações nucleares,

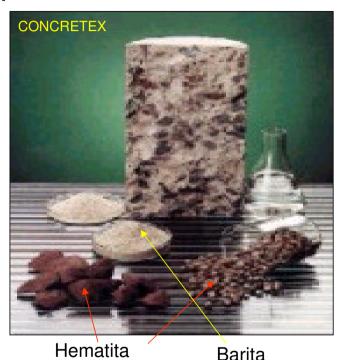
Unidades de pesquisa atômica

Unidades médicas,

Opções (como chapas de chumbo), são menos econômicas.

Agregados pesados - britas de minérios de metais Granalha de aço

M.E. do concreto - 2.800 a 4.400kg/m³.



Cuidados com segregação, traço com muita areia fina e consumo elevado de cimento (+ de 360kg/m³ de concreto).

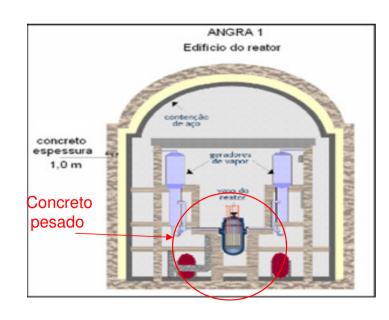


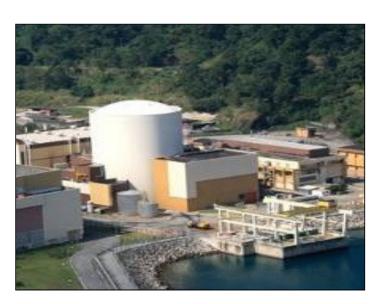
Trabalhabilidade pode ser problema, só pode ser bombeado ou transportado por calhas a pequena distância devido a problemas de segregação e aumento da argamassa reduz a densidade.

Alguns minerais pesados contendo bório provocam retardo na pega e endurecimento.

Concreto pesado Angra I ME 3.540kg/m³ f_{ck} 28MPa

Agregado de hematita: DMC 25 mm ME mínima 4.500kg/m³







Agregado	Composição	M.E. ou γ do agregado (kg/m³)	M.E. ou δ do concreto (kg/m ³⁾
Waterita	BaCO ₃	4290	2320
Barita	BaSO ₄	4500	2560
Magnetita	Fe ₃ O ₄	5170	2720
Hematita	Fe ₂ O ₃	4900 - 5300	3040
Lepidocrocita / Geotita / Limonita	Óxidos de Fe com 8-12% de água	3400 – 4000	2240
Ilmenita	FeTiO ₃	4720	2560
Fosfetos de ferro	Fe ₃ P, Fe ₂ P, FeP	5700 - 6500	3680
Agregados de aço	Fe/Fe ₃ C	7800	4480



Blocos de concreto pesado (ME 4,8 kg/l) p/ barreira radiológica em instalações médicas, utilizando agregados de hematita (Fe₂O₃), limenita (Fe.TiO₃), magnetita (Fe₃O₄) e granalha de aço.











Casa de Saúde Santa Marcelina -SP

Setor de Radioterapia - Concreto pesado

280m³ ME 4000 kg/m³ e 30m³ ME 4200 kg/m³

Agregados: Miúdos - Pó de hematita e granalha de aço fina

Graúdos – hematita e granalha de aço grossa

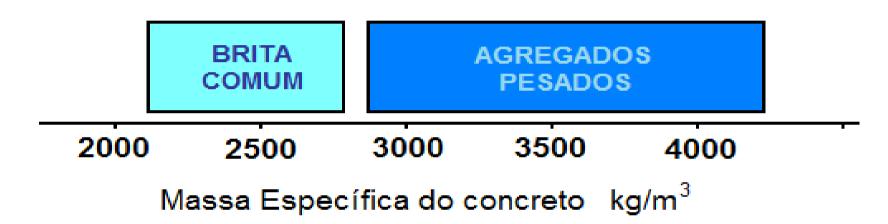
Cimento de baixo calor de hidratação $f_{ck} = 24 \text{ MPa}$ e 28 MPa

Paredes espessura de 1,30m concretagens de 1,50m/dia em sub-camadas de 50cm
Laje espessura de 0,80 a 1,20m concretagens de 0,40m/dia



(Curso Superior de Tecnologia do Concreto – UTFPR)





Restrições:

Cuidados adicionais com falhas de concretagem para não diminuir a barreira contra radiações.

Quanto maior a massa específica, menor a quantidade que um caminhão betoneira pode transportar.



ARGAMASSA BARITADA

Produzida com agregado pesado de barita, atenua a radiação ionizante. Composta de carbonato de bário extrafino (BaSO₄), areia fina e cimento Portland. É de fácil aplicação, substitui o laminado de chumbo, (10mm =1,7mm de chumbo). Utilização nas áreas médica, odontológica e industrial (raios X, tomografia, medicina nuclear, etc.).







OSMED



Concreto pesado



Arquivo: Filmes concreto / Concretex / Concreto pesado



CONCRETOS LEVES

Concreto Leve Estrutural (CLE)

Redução de peso da estrutura mantendo a resistência à compressão.

Concreto com agregado leve: mais indicados=> Argila expandida e Folhelho.

Massa específica reduzida (inferior a 2,0 tf/m³), dependendo da resistência requerida e do tipo de agregado.

Concreto Leve Não Estrutural:

Leveza e elevada capacidade de isolamento térmico e acústico.

Concreto Celular, Concreto com: Isopor, Vermiculita, Argila expandida.



CONCRETO LEVE ESTRUTURAL – CLE

Concreto comum:

Massa Específica muito alta (≈ 2,40 tf/m³).

Com o uso de agregados leves, (argila expandida, pedra pome, folhelhos expandidos, vermiculita, pérolas de isopor), é possível obter concretos estruturais com massa específica mais baixa.

Avanço ainda maior:

Aditivos SP + Sílica Ativa + Agregados Leves = CLAD Concretos Leves de Alto Desempenho fck ≈ 70 MPa.



CONCRETO LEVE ESTRUTURAL – CLE e CLAD



Pérolas de isopor



Vermiculita

Argila expandida



Classificações de concretos leves quanto à densidade		
Referência	Massa Específica (kg/m³)	
RILEM (1975)	ME < 2.000	
CEB-FIP (1977)	ME < 2.000	
NS 3473 E (1992)	1200 < ME < 2.000	
ACI 213 r-87 (1997)	1400 < ME < 1.850	
CEN prEN 206-25 (1999)	800 ≤ ME ≤ 2.000	



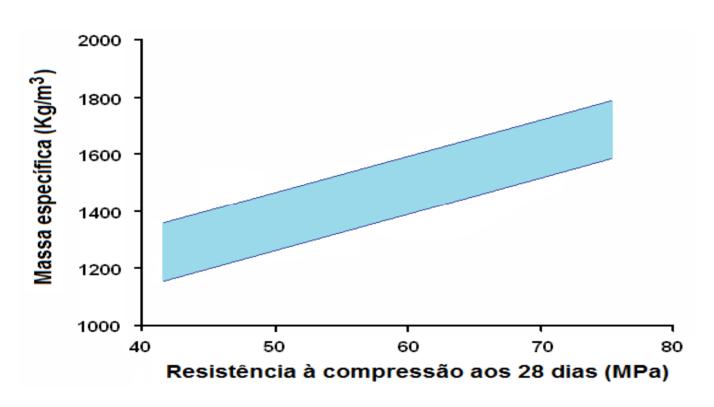
CONCRETO LEVE ESTRUTURAL – CLE e CLAD

Características específicas quanto aos agregados leves:

- São muito porosos, exigem cuidados: saturar parcialmente e previamente os grãos, para que não absorvam água de amassamento.
- Saturados aumentam a massa específica do concreto.
- Tendem a segregar para cima, "flutuar".
- CLE/CLED tem baixa resistência à abrasão e sofrem significativa deformação lenta.
- Módulo de elasticidade é dependente do módulo dos agregados.
- Massa Específica do agregado pode variar amplamente com a granulometria.
- Pode haver combinação de Agregados leves e normais.



CONCRETO LEVE ESTRUTURAL – CLE e CLED



Correlação f_c x M.E.

(Gomes Neto, 1998.)



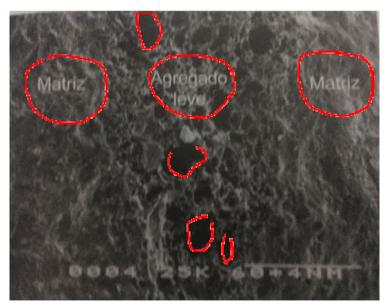
Aspecto de concreto com argila expandida



CONCRETO LEVE ESTRUTURAL – CLE

Particularidades:

 Resistência de aderência agregado/pasta de cimento é geralmente maior do que a resistência das partículas de agregado (reação pozolânica).



(Mehta e Monteiro, 2008)



CONCRETO LEVE ESTRUTURAL – CLE

Particularidades:

- Custo maior do agregado, porém a estrutura pode custar menos devido à redução do peso próprio (redução de custos com a fundação).
- Relação resistência x água/cimento : não pode ser efetivamente aplicada devido à absorção de água pelo agregado.
- A resistência é relacionada ao consumo de cimento para um dado abatimento.



CONCRETO LEVE ESTRUTURAL – CLE

Aplicações:

- Produção de elementos de concreto pré-moldado e painéis préfabricados.
- Devido ao custo mais baixo de manuseio, transporte e construção.
- Agregados com custo alto ainda (argila expandida e agregados de folhelho: os mais indicados) limitam sua aplicação em edifícios.
- Muito utilizado também em regiões de terremotos; plataformas marítimas, tabuleiros de pontes; lajes.



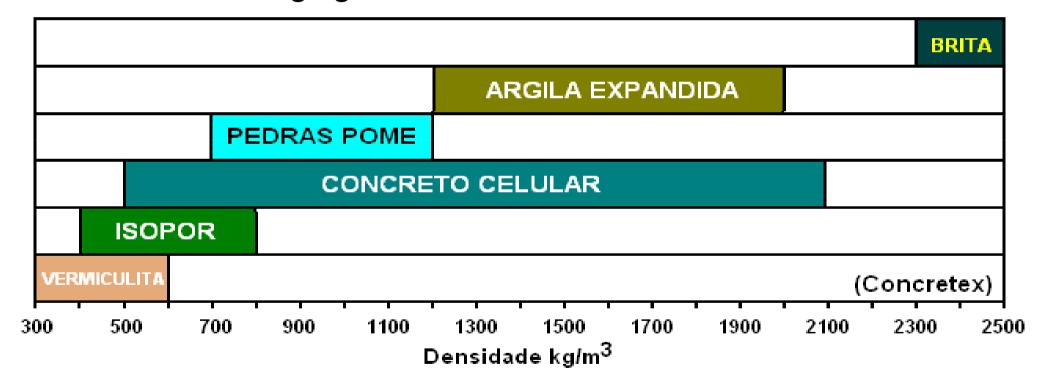
CONCRETO LEVE ESTRUTURAL – CLE

Algumas aplicações no mundo:

- Tabuleiros de pontes. Ex: Nova ponte da Baía de São Francisco-Oakland (Benicia-Martinez,) construída em 2007.
- Redução de peso próprio do concreto em pisos de edifícios altos.
 Ex: Lake Point Tower em Chicago (Illinois), construída em 1968.



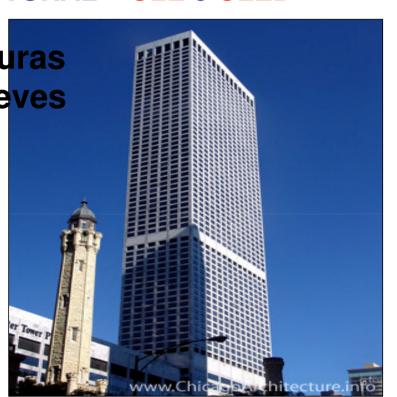
Agregados x Densidade do concreto







Lake Point Tower, Chicago 65 pavimentos



Water Tower Place, Chicago, 287 m de altura.



Library Tower, Los Angeles, 310 m de altura.



Peças em concreto leve. Facilita transporte; Maximiza capacidade das gruas.



(L.S.Franco)











Ponte flutuante em concreto leve, Noruega, Nordhordland.





Estrutura flutuante



Nova ponte Benicia-Martinez, São Francisco – Califórnia - EUA



3.300m em 20 vãos de 160 a 201m, o uso de agregados graúdos leves, possibilitou produzir concretos de ME 2.000kg/m³.

O uso de concreto leve minimiza o esforço gerado por ações sísmicas e permite vãos maiores para facilitar a navegação.



Tecnologias

| TC 034 Materiais de Construção II

CONCRETO LEVE ESTRUTURAL CLE e CLED

Nova ponte Benicia-Martinez San Francisco – California - USA

Fck de projeto – 45 MPa, fc obtidos entre 69 e 76 MPa





Concretos - Materiais kg/m³ Cimento, Tipo II-V (ACI) 494 Cinza volante, Classe F 29 Metacaolim 58 Areia natural 509 Agregado graúdo leve 731 Água 180 Relação a/c 0,31



Concreto (não autoclavado), produzido em ampla faixa de densidades, diversos tipos de agregados, traços e dosagens.

Utilizado em:

- Painéis monolíticos leves empregados em técnicas "tilt-up".
 - Estruturas tipo caixão.
 - Enchimento leve isolante térmico para pisos.
- Produzido através da inclusão de enorme quantidade de micro bolhas de ar em uma mistura baseada em cimento Portland.
- Esta mistura é conseguida através do uso de aditivos que geram espuma pela adição de água e ar comprimido.
- Gerador de espuma é usado para injetar espuma dentro do misturador, onde é completada com areia, cimento e água.



Propriedades variam conforme a densidade:

- Bom isolamento térmico.
- Peso de 10 a 87% menor, comparado aos concretos comuns.
- Redução do peso pré-fabricados, facilita montagens e transporte.
- Possível utilizar concreto celular com fibras orgânica ou de aço.
- Relação água/cimento varia de 0,4 a 0,6.

Faixas de densidades e aplicações de concreto celular:

- 300 a 600 kg/m³ Só cimento e espuma. Isolamento e enchimento de baixa densidade.
- 600 a 900 kg/m³ Areia, cimento e espuma.

Blocos pré-fabricados, estruturas caixão e isolamento térmico.

- 900 a 1200 kg/m³ Areia, cimento e espuma. Blocos e peças pré-fabricadas.
- •1200 a 1600 kg/m³ areia, cimento e espuma. Uso estrutural e painéis pré-fabricados.



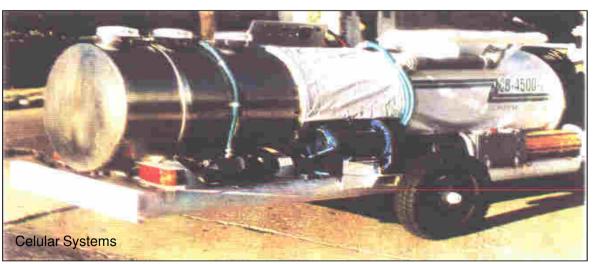


Aspecto de concreto celular





Colocação de espuma direto dentro da betoneira



Misturadora com bomba para uso com concreto celular





Blocos e painéis pré-fabricados



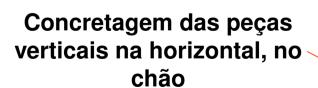
Concreto celular



Arquivo: Filmes concreto / Concreto leve espumoso / Foam concrete



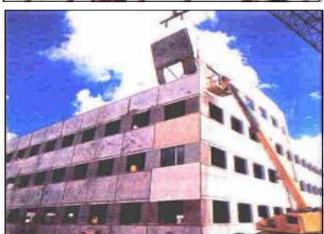
Sistema
"TILT-UP",
concreto celular em
peças leves e fáceis de
erguer e montar











(Florida News)



Sistema "TILT-UP"



Arquivo: Filmes concreto / Concreto leve espumoso / TILT UP



Sistema em concreto aerado, com 16 cm de espessura, (90 x 70 m), (Engineered Materials Arresting System -*EMAS*), aplicado no aeroporto JFK – NY, para desaceleração de aeronaves instalados no final da pista para desaceleração de emergência.





Sistemas de segurança de pistas de aeroporto



Arguivo: Filmes concreto / Concreto leve espumoso/ segurança pistas



CONCRETO CELULAR ESPUMOSO

Materials Utilizados (em estado seco, sem unidade)	Tipo de Uso							Convenciona
	Não Estrutural				Estrutural			Convenciona
Densidade Seca - kg/m ³	400	600	800	1000	1200	1400	100	2350
Areia (kg) -	-	210	400	560	750	950	1100	1950
Cimento (kg) +/-	300	310	320	350	360	380	400	320
Água na Massa (L) =/-	110	110	120	120	140	150	160	180
Espuma (L) +/-	800	715	630	560	460	370	290	
Água na Espuma (L) +/-	58	52	46	41	33	27	21	-
Densidade Úmida (kg/m³)	474	687	890	1075	1287	1510	1683	2400
Resistência (N/mm2)	~ 1	~2	~ 3	~ 4	6-8	10-12/	1010	> 25

Fonte: Ecopore



CCA tem 60 % a 85 % de seu volume total em ar.

A fração sólida - estruturas C-S-H + grãos de quartzo.

Matérias Primas comuns: areia fina, cal, pó de alumínio e água.

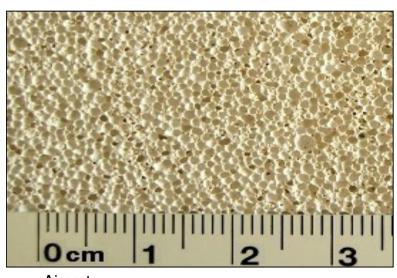
Algumas vezes: Cimento Portland + gesso e cinzas volantes.

Para gerar vazios - pequena quantidade de alumínio em pó que atua como produtor de gás (bolhas de 1mm) inicialmente preenchidas por hidrogênio que rapidamente se dissipa no ar.

Desenvolvido na Suécia em 1924

A busca por produto semelhante à madeira, sem a desvantagem de combustibilidade e apodrecimento.

Geração de bolhas de ar microscópicas (~1mm) – aumento de volume de 2 a 3 vezes



Aircrete



Material com baixa massa específica e bom isolamento térmico e acústico.

- Isolamento superior a cerca de 10 vezes à do concreto convencional.
- Resistência ao fogo até 2 vezes superior à outros materiais : indicado nas áreas de escadas de edifícios (vedação).

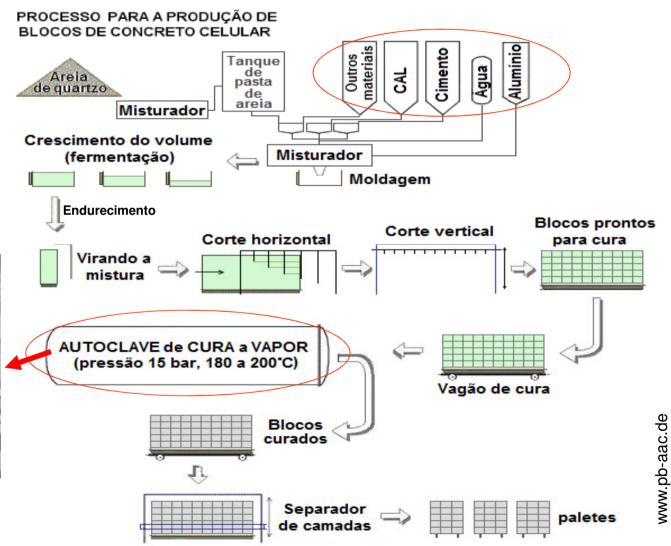
Tecnologias

CONCRETO CELULAR AUTOCLAVADO - CCA

Esquema de produção de CCA



Autoclave - vapor de alta-pressão (15 atm) à 180 ℃ p/ acelerar hidratação. 8 a 14 horas equivalem a 28 dias a 21 ℃ a 1 atm.

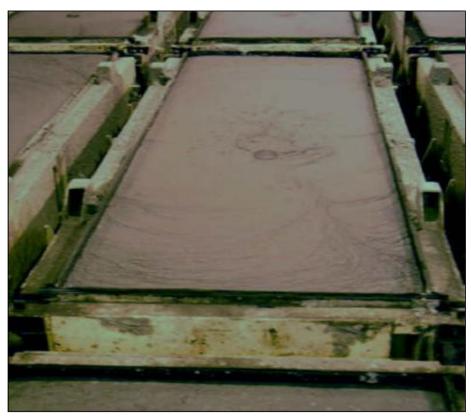




Produção de CCA

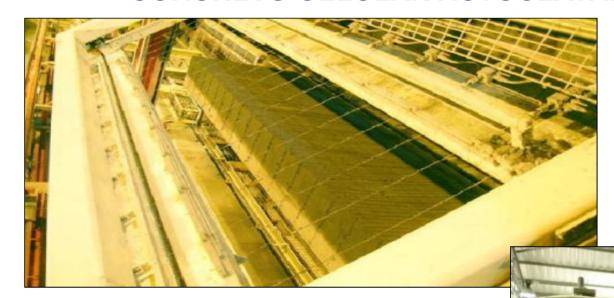


CCA lançado nos moldes



Molde com CCA "verde"





Produção de CCA

Molde de CCA cortado por arames

Peças cortadas entrando na autoclave



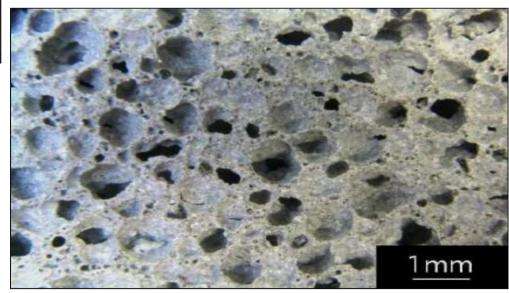




Peça de CAA

Produção de CCA

Detalhe do CAA







BCCA – Blocos de concreto celular autoclavado

Dimensões comuns de blocos : 60x30cm , 30x30cm , 30x25cm



Material com baixa massa específica e bom isolamento térmico.

Dois tipos de produtos:

- •Blocos diferentes tamanhos, para alvenarias ou lajes.
- •Peças pré-fabricadas tamanho de até alguns metros.







Blocos de CCA dimensões muito precisas e necessitam de camadas muito finas de argamassa para assentamento e em especial para revestimento.

Propriedades do CCA variam com a densidade:

Densidade	Resistência média compressão	à Condutividade térmica λR						
Kg /m ³	MPa	W / (m k)						
350	5,5	0,09 a 0,10						
400	2,5	0,10 a 0,11						
500	2,5	0,13 a 0,14						
500	5,0	0,12 a 0,14						
550	5,0	0,14						
600	5,0	0,14 a 0,16						
650	7,5	0,16						
700	7,5	0,18 a 0,21						

Peças pré-fabricadas podem ser reforçadas com aço como no concreto armado.



CONTEC







Blocos e peças pré-fabricadas.



CONCRETO PROJETADO

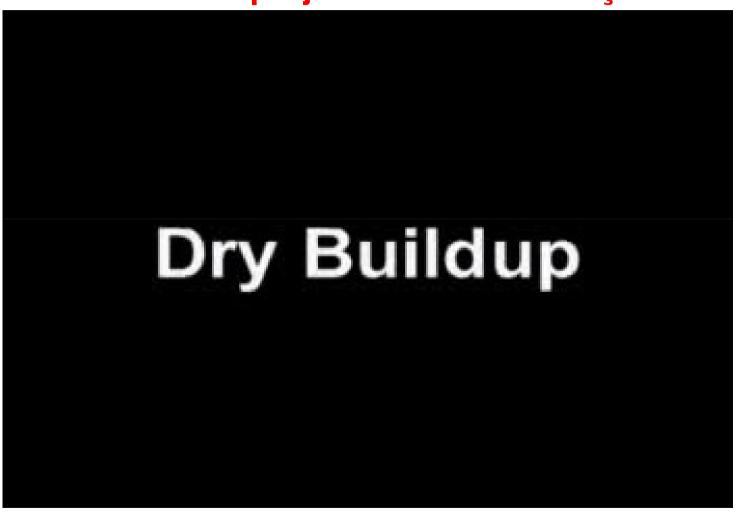
Processo de aplicação de concreto sem a necessidade de formas, bastando apenas uma superfície para o seu lançamento. Sistema utilizado em:

- Túneis;
- Paredes de contenção;
- Recuperação e reforço estrutural;

Projeção sob pressão, por meio de mangote e bico projetor, lança o material com grande velocidade. O impacto promove a compactação, sem a necessidade de vibradores, resultando em um concreto de alta compacidade e resistência.



Concreto projetado - Demonstração



Arquivo: Filmes concreto / Concreto projetado / Teste projeção



Concreto projetado



Arquivo: Filmes concreto / Concreto projetado / Shotcrete



Concreto projetado



Arquivo: Filmes concreto / Concreto projetado / projeção em túnel



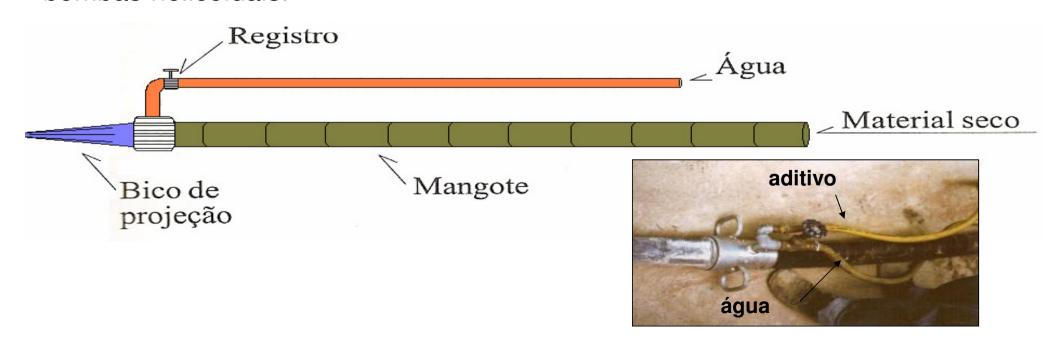
CONCRETO PROJETADO

Tecnologias de projeção:

Via seca:

Mistura feita a seco, cimento e agregados.

O transporte da mistura é efetuado através de fluxo aerado (ar comprimido), com a utilização de bombas a rotor ou bombas de câmara de compressão ou bombas helicoidais.





CONCRETO PROJETADO

Tecnologias de projeção:





Tecnologias de projeção:

Via seca:

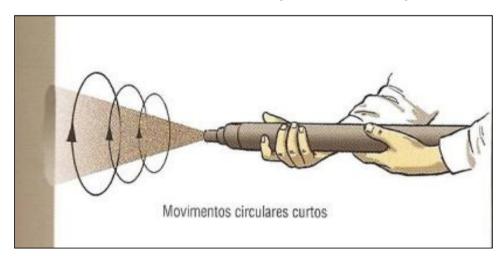
No bico projetor existe entrada de água e aditivos, controlada pelo operador, pela qual este controla a consistência da mistura, durante a aplicação.

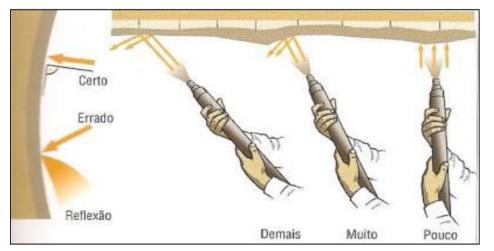
A velocidade de projeção entre 15 m/s e 35 m/s.

O teor de umidade do concreto na saída de 3% a 6,5%.

Abaixo de 3% - gera muita poeira;

Acima de 6,5% - pode entupir o magote de projeção .





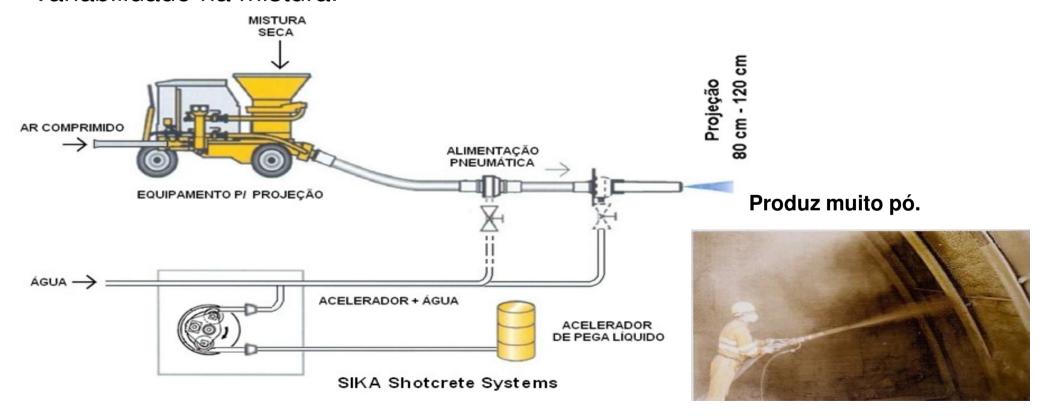
Aplicação



Tecnologias de projeção:

Via seca:

O controle da água feito pelo mangoteiro pode provocar uma grande variabilidade na mistura.





Tecnologias de projeção:



The Sustainable Concrete Guide U.S.GREEN CONCRETE COUNCIL



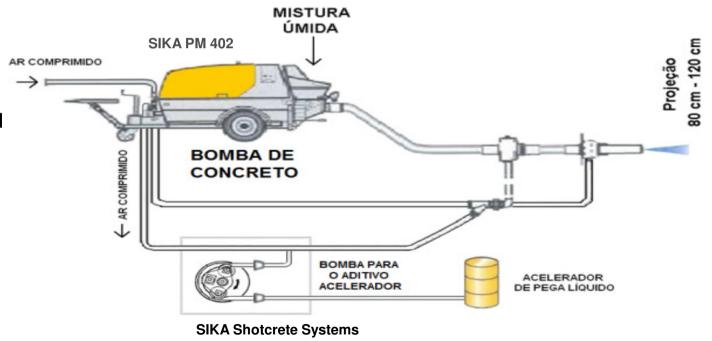
Tecnologias de projeção:

Via úmida:

Efetua-se uma mistura plástica de cimento, areia, pedriscos, água, aditivos plastificantes e superplastificantes.

A mistura é levada pelo mangote até o bico projetor.

A mistura é transportada por bombeamento, com a bombas duplas (pistões) ou bombas a rotor ou bombas helicoidais.

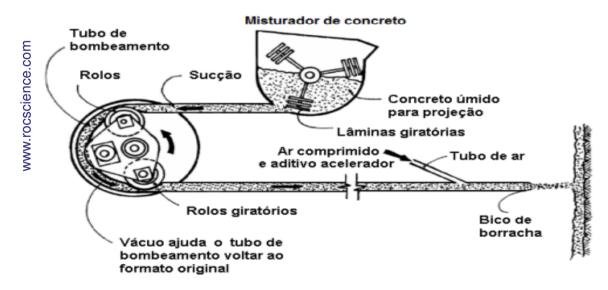




Tecnologias de projeção:

Via úmida:

- Menor reflexão que o via seca (menor que 15%);
- Menor produção de poeira;
- •Requer menor volume de ar que o via seca;
- A/C constante (qualidade uniforme do concreto);
- •Grande produção (até 20 m³/h).





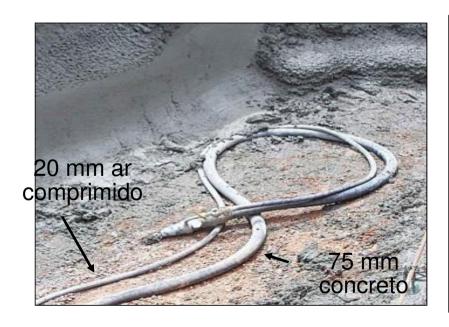
Equipamento típico de projeção por via úmida.



Tecnologias de projeção:

Via úmida:

- •Alto custo do equipamento (3 x mais que o via seca);
- •Interrupções podem causar grandes perdas de concreto;
- •Relação a/c maior que no via seca;
- •Resistências iniciais e finais são menores.







Tecnologias de projeção:



Máquina para concreto projetado por via seca.

PROHCLB



www.turbosol.it

Máquina para concreto projetado por via úmida.



Materiais:

Cimento: 300 e 375kg/m³, casos de até 500kg/m³.

Agregados: tamanho superior a 10 mm para possibilitar a redução de cimento e diminuição da retração.

Relação água/cimento: 0,35 e 0,50 para garantir aderência e resistência do material.

<u>Aditivos:</u> para diminuir a reflexão, aumentar a resistência (plastificantes), aceleradores de pega e impermeabilizantes.

Fibras: minimizam reflexão;



Características:

Espessura das camadas não deve ultrapassar 150mm.

Antes da aplicação a superfície deve estar limpa e úmida.

Aspecto inconveniente - reflexão do material.

A quantidade de reflexão depende de:

Hidratação da mistura, Relação a/c, Granulometria dos agregados, Velocidade de saída, Vazão do material, Ângulo da superfície de base, Espessura aplicada e Destreza do mangoteiro.

A reflexão varia entre 10 e 30% em superfícies verticais e 20 a 50% em tetos.



APLICAÇÕES

Concreto projetado por via seca em cortinas armadas, nos intervalos das estacas escavadas. Wal-Mart, Cabral - Curitiba





Via seca – mangote e mangueira de água

Misturador

Betoneira colocando material seco



Tecnologias





CONCRETO PROJETADO

APLICAÇÕES



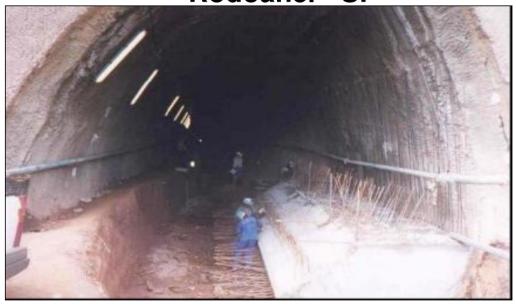






APLICAÇÕES

Revestimento de túneis Rodoanel - SP



Concretagem sem formas



CONCRETOS CONTENDO POLÍMEROS

Polímeros são macromoléculas formadas pela combinação de monômeros, constituindo uma cadeia.

A polimerização é a reação de síntese que converte um monômero em polímero.

Concretos contendo polímeros podem ser classificados nas seguintes categorias:

- Concreto polímero (ou concreto de resina)
- Concreto polímero de cimento dividido em:
 - > Concreto polímero de cimento Portland
 - Concreto impregnado com polímero



Polímero + agregados

Monômeros que polimerizam (formando a resina) após a moldagem e adensamento misturados com agregado.

São utilizadas resinas termoestáveis de condensação.

O polímero é o único aglomerante.

Alto custo - uso limitado

Características interessantes:

- Alta resistência mecânica, até 80MPa em horas;
- Alta aderência a outros materiais, como concretos antigos, aço ou fibras de carbono;
- Alta resistência química;
- Baixíssima permeabilidade.



Polímero (resina) + agregados

Inconvenientes das resinas:

- Módulo de Deformação (E) bastante baixo;
- Decompõe-se ou entram em fusão a menos de 100°C;
- Sofrem muita relaxação ou deformação lenta.

Minimiza-se a quantidade de polímero aglomerante obtendo-se a máxima massa compactada seca possível do agregado, misturando-se diversas frações granulométricas.



Principais polímeros:

(Bi-componente = polímero ou agente ativo + catalisador)

Epóxi: Bi-componente, 50MPa em 48h, polimeriza em baixo da água.

Enxofre: Termoplástico, 50MPa em minutos com o resfriamento.

Poliéster: Bi-componente, endurece em minutos, mais de 100MPa em sete dias, pode ser usado sob a água.

Aplicações:

- Reparos estruturais de pequeno volume;
- Colagens de peças estruturais;
- Onde necessite de alta aderência e alta resistência em horas;
- Colagem de reforços estruturais de aço ou fibra de carbono;
- Execução de revestimentos impermeáveis, até subaquáticos.





Aduelas pré-moldadas da ponte Rio-Niteroi coladas com argamassa de resina epóxi.

Resina de poliéster utilizada para ancorar os parafusos de fixação







Assentamento de estrutura metálica com graute a base epóxi.



Resina epóxi injetada para reintegralização de viga fissurada. Fórum de Curitiba.



CONCRETO POLÍMERO DE CIMENTO

Polímeros minimizam a permeabilidade do concreto de cimento Portland. Interessante quando se procura maior durabilidade.

Polímeros minimizam:

- Entrada de ar no concreto endurecido, reduzindo a carbonatação;
 - Penetração de cloretos;
 - Ataque por ácidos e sulfatos;
 - A probabilidade de corrosão das armaduras.

Formas da introdução dos polímeros no concreto:

- Mistura do monômero na betoneira;
- Impregnação em concreto comum já endurecido.



CONCRETO POLÍMERO DE CIMENTO PORTLAND

Concretos de cimento Portland "aditivados" com polímeros.

Adiciona-se o monômero (ou polímero) na betoneira durante a produção do concreto (na betoneira).

Polimerização ocorre durante o endurecimento do concreto.

Propriedades:

Melhor aderência - material ideal para reparos;

Melhor resistência química;

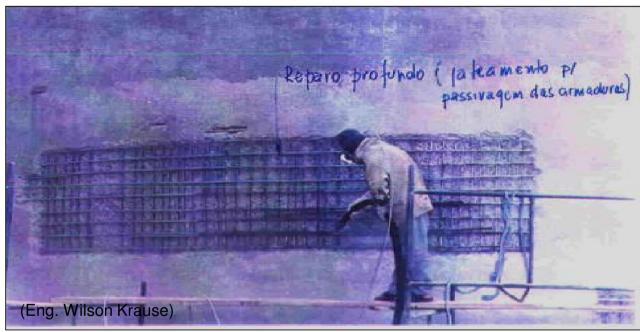
Menor porosidade e a permeabilidade.

Polímeros usados em 10 a 25% do peso de cimento, cujo consumo gira em torno dos 400kg/m³ de concreto.



CONCRETO POLÍMERO DE CIMENTO PORTLAND





Estádio do Morumbi-SP, argamassa não retrátil, base de CP e polímeros para reparos estruturais superficiais.

Argamassa polimérica projetada para reparos em silo da Cimento Rio Branco – Votorantim.



CONCRETO IMPREGNADO COM POLÍMERO

Monômeros de baixa viscosidade impregnados em pequenas peças de concreto pré-moldadas por imersão.

Posteriormente polimeriza por ação de calor ou raios gama. Espessura de alguns milímetros.

A seqüência de operações é:

- Moldagem da peça de concreto;
- Endurecimento e cura por 7 a 28 dias;
- Secagem da peça a 110 ℃ por 3 a 7 dias para saída e evaporação da água;
- •Imersão da peça no monômero;
- Polimerização por calor ou aplicação de raios gama.



CONCRETOS COM RETRAÇÃO REDUZIDA - CRR e CONCRETOS COM RETRAÇÃO COMPENSADA - CRC

Fissuração devido retração prejudica as estruturas de concreto.

Afeta pisos, pavimentos, reservatórios, estruturas marinhas

Formas da retração:

- Plástica decorre da evaporação da água do concreto fresco;
- Autógena resultado da hidratação do cimento;
- Por secagem saída da água dos poros do concreto endurecido.

Formas mais usuais para minimizar à retração:

- Aplicação de procedimentos de cura;
- Redução dos consumos de cimento e água nos concretos;
- Utilização de fibras misturadas ao concreto fresco;
- Uso de CRR ou CRC.



CONCRETOS COM RETRAÇÃO REDUZIDA - CRR

Obtidos através do uso de aditivos redutores de retração (ARR).

Aditivos redutores de retração reduzem a tensão superficial da água no interior dos vazios capilares, fenômeno que resulta na minimização das tensões decorrentes da saída da água.

As principais aplicações:

- Peças protendidas para diminuir a fluência,
- Pisos e pavimentos para minimizar a necessidade de juntas.



CONCRETOS COM RETRAÇÃO COMPENSADA - CRC

Usa cimentos com adições de compostos expansivos que neutralizam a retração – (cimentos - Tipo K - ACI)

Adequadamente dosados, devem ter expansão igual ou ligeiramente maior que a retração por secagem prevista.

Ideal é que exista uma tensão residual de compressão para eliminar o risco de fissuração.

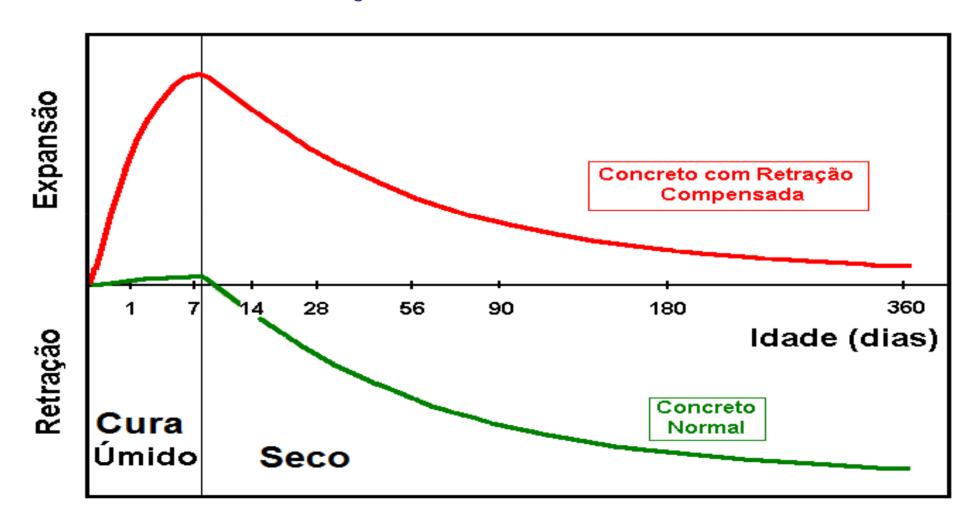
Cimento Tipo K (ACI) ao hidratar, forma grande quantidade de etringita. Simultaneamente que o concreto desenvolve resistência ele aderirá as armaduras e estará expandindo.

Principais aplicações:

- Peças protendidas, para diminuir a fluência,
- Pisos e pavimentos, para minimizar a necessidade da confecção de juntas.

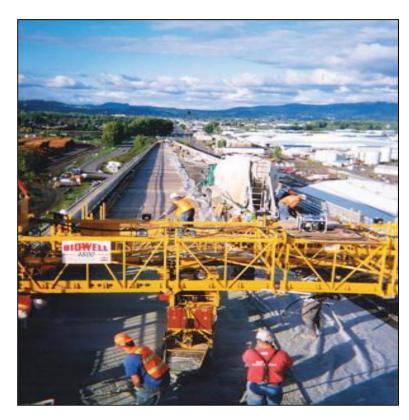


CONCRETOS COM RETRAÇÃO COMPENSADA - CRC





CONCRETOS COM RETRAÇÃO COMPENSADA - CRC





Cimentos Tipo K são utilizados em reparos de lajes de pontes, "overlay", para permitir uma rápida liberação para o tráfego.

Cimentos com retração compensada (ASTM C 845 – Tipo K) possibilitam um rápido endurecimento do concreto minimizando os efeitos da retração.



High Volume Fly Ash Concrete - HVFA

Resíduos de usinas termoelétricas que queimam carvão, as cinzas volantes são um problema ambiental.

PRODUÇÃO E UTILIZAÇÃO DE CINZAS VOLANTES - 1998

PAÍS	Produção em milhões de toneladas	Utilização em milhões de toneladas
China	> 100	14
Alemanha	28	12
Índia	> 80	2
Japão	5	3
Rússia	62	5
E.U.A.	60	8

US Army Corps of Engineers

HVFA foi desenvolvido no CANMET em 1985.

HVFA tem todos os atributos de concretos de alto desempenho (CAD): excelentes propriedades mecânicas e durabilidade superior.

Tecnologias

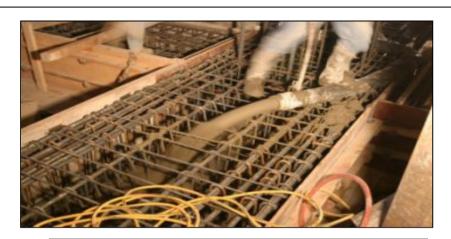
CONCRETO COM ALTO TEOR DE CINZAS VOLANTES

DEFINIÇÃO

- Altos volumes de cinzas volantes
- Baixo consumo de água
- Baixo consumo de cimento Portland
- Para baixas relações A/A
- Grandes abatimentos, aditivos SP

Vantagens potenciais:

- Redução na demanda de energia;
- Economia de custos;
- Concreto melhor e mais durável;
- Conservação de recursos naturais;
- Redução em emissões de CO_{2:}
- Utilização de um resíduo (CV).



HVFA Típico:

Água: 120 kg/m3

Cimento: 155 kg/m³

Cinzas volantes: 215 kg/m³

Relação A/(CP+CV) = 0,32

Superplastificante: 4,5 litros/m³

Ar incorporado

(V.M.Malhotra, 2004)



Estudos mostraram que excelentes resistências podem ser alcançadas com a substituição de 60% (ou mais) do cimento Portland por cinzas volantes com o uso de superplastificantes.

COMPARAÇÃO DAS DOSAGENS PARA CONCRETOS DE 25 MPa

Materiais	Concreto Convencional		Concreto HVFA	
	por massa	por volume	por massa	por volume
	(kg/m ³⁾	(m ^{3/} m ³⁾	(kg/m ³⁾	(m ³ /m ³⁾
Cimento	307	0,098	154	0,048
Cinza Volante	-	-	154	0,064
Água	178	0,178	120	0,120
Ar incorporado (2%)	-	0,020	-	0,020
Agregado Graúdo	1040	0,385	1210	0,450
Agregado Miúdo	825	0,319	775	0,298
Total	2350	1,000	2413	1,000
a/c	0,58	-	0,38	-
Volume da Pasta	-	0,296	-	0,252
Porcentagem		29,6%		25,2%

(V.M.Malhotra, 2004)

JFPR C

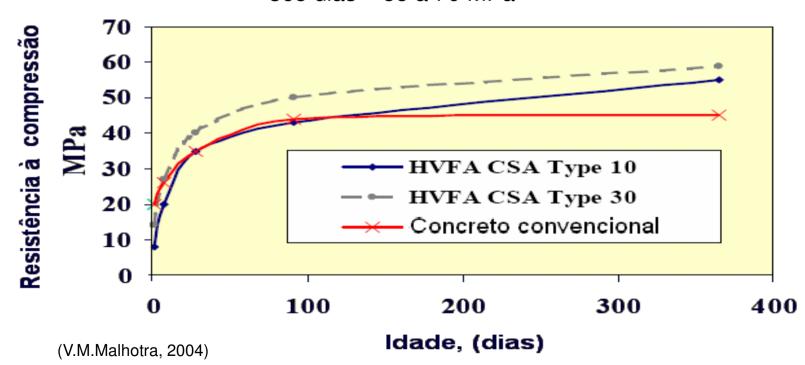
CONCRETO COM ALTO TEOR DE CINZAS VOLANTES

Concreto HVFA comparado a um concreto comum de cimento Portland			
Plasticidade e facilidade de bombeamento	Mais fácil		
Facilidade de adensamento	Mais fácil		
Exsudação	Nenhuma		
Acabamento	Mais rápido e fácil		
Prazo de aplicação	Maior, acima de 2 horas		
Resistências nos 1os dias	Baixa, mas pode ser aumentada		
Resistência final (acima de 90 dias +)	Mais alta		
Resistência à fissuração	Maior		
Retração plástica	Maior se não protegido		
Retração térmica	Mais baixa		
Retração por secagem	Mais baixa		
Resistência à penetração de íons de cloro	Muito maior após 3 meses		
Resistividade elétrica	Muito maior após 3 meses		
Durabilidade: Ataque por sulfatos Reações álcali-sílica Resistência à corrosão do aço	Muito alta Muito alta Alta		
Custos: Materiais Mão de obra Ciclo de vida Benefícios ao meio ambiente (redução de emissões de CO ₂)	Mais baixo Similar Muito maior Muito grandes		



RESISTÊNCIA À COMPRESSÃO DO HVFA

1 dia – 8 a 12 MPa 28 dias – 35 a 45 MPa 91 dias – 43 a 55 MPa 365 dias – 55 a 70 MPa





PROPRIEDADES

Módulo de elasticidade comparável aos dos concretos comuns, da ordem de 35MPa – 28 dias e 38MPa aos 91 dias

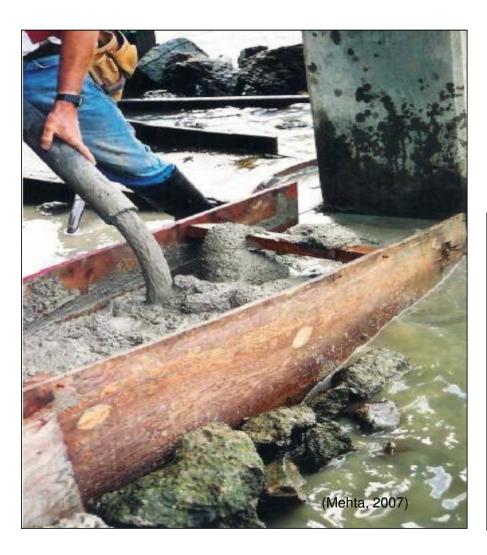
Alta resistência a penetração de água e a absorção de íons de cloro e excelente durabilidade

Resistência à flexão da ordem de 4,5MPa - 14 dias e 6,0MPa - 91 dias.

Resistência ao cisalhamento da ordem de 3,5MPa

Calor de hidratação menor que nos concretos convencionais.





PROPRIEDADES

Fácil bombeamento Não segrega Quase auto-adensável







BARKER HALL, *UCLA*, 2002 Fundações de concreto com 4,5 m de profundidade e 2 m de largura

C=160 kg/m³ CV=200 kg/m³ a/a=0,33 Resist. 25 MPa / 7 dias 50 MPa / 56 dias; 70 MPa / 3 anos

CITRIS Building – *UCLA* – Pilares

Cimento Tipo I = 200 kg/m³ CV Classe F = 200 kg/m³ Água = 140 l/m³ a/a = 0,35 a 0,37 *Slump* = 150 a 200 mm Resist.: 20 MPa/7 dias; 30 MPa/28 dias; 40 MPa/56 dias; 50 MPa 90 dias





Templo Hindu Iraivan - Ilha de Kawai, Hawaii - EUA

Fundação em concreto para durar mil anos...

Aplicação, adensamento e acabamento de HVFA em monolito de fundação, projetado para uma vida de 1.000 anos de serviço.

Sem juntas,

Sem Armaduras, 20/25 MPa aos 90 dias







Estrutura em granito esculpido



CONCRETO COM ALTO TEOR DE CINZAS VOLANTES

Templo Hindu Iraivan - Ilha de Kawai, Hawaii - EUA

Fundação em concreto para durar mil anos...

20/25 MPa aos 90 dias 1 ano 35/40 MPa

Materiais:

 $C = 106kg/m^3$

Cinza Volante = 144Kg/m³

Areia calcária = 945kg/m³

Brita basalto = 1120kg/m³

 $\acute{A}gua = 100 l/m^3$

Plastificante e

Incorporador de Ar

100 +- 25 mm abatimento





CONCRETO COM ALTO TEOR DE CINZAS VOLANTES

CCTV Tower, Beijing, China

Rem Koolhaas, Ole Scheeren/Office 2008



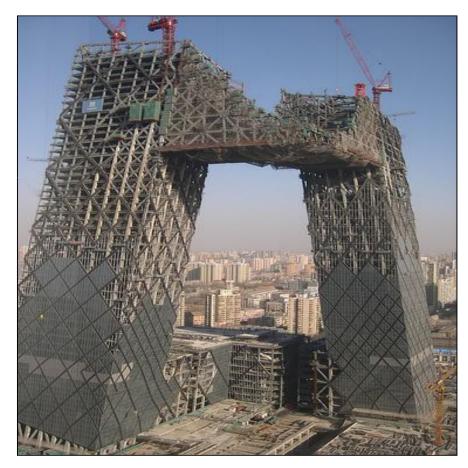
Cimento: 205 kg/m³

Cinzas volantes: 205 kg/m³

Água: 150 l/m³

Relação Água/Aglomerante: 0,36

Abatimento: 200 a 220 mm



Fonte: Mehta, P.K.; IBRACON 2009



Corrosão - principal causa da deterioração das estruturas de C.A.

Para ambientes muito agressivos – tecnologias especiais.

Técnicas caras comparadas ao custo de aumentar o cobrimento.

Proteção com técnicas eletroquímicas:

Proteção catódica espontânea por proteção galvânica.

Proteção catódica por corrente impressa.

Armaduras auto-protegidas:

Armaduras galvanizadas

Armaduras revestidas com epóxi

Armaduras revestidas com nylon

Armaduras resistentes à corrosão:

Armaduras plásticas reforçadas com fibras

Armaduras de aço inoxidável

Armaduras com revestimento em aços inoxidáveis



PROTEÇÃO DE ARMADURAS DE CONCRETO ARMADO

PROTEÇÃO COM TÉCNICAS ELETROQUÍMICAS:

Delimita-se a célula de corrosão, separando o ânodo e o cátodo.

Cátodo - armaduras de aço

Ânodo - sofrerá corrosão -elemento metálico de sacrifício.

Proteção catódica espontânea ou proteção galvânica:

Instalação de ânodos de sacrifício feitos com metais que tem mais facilidade de perder elétrons que o aço carbono, geralmente de zinco, (pastilhas, barras ou telas), ligados por fios elétricos às armaduras.

Ânodos são fixados na estrutura com argamassas de preenchimento.



PROTEÇÃO DE ARMADURAS DE CONCRETO ARMADO

Proteção catódica espontânea ou proteção galvânica:

Utiliza anodos galvânicos para fornecer proteção à corrosão do aço, distribuídos local ou globalmente nas armaduras;



Pastilha Z da Rogertec

Previne ou retarda início de novas atividades de corrosão em ambientes contaminados por cloretos. Pesquisas têm demonstrado que 0,25 a 2mA/m² é suficiente para prevenir o início da corrosão.

(David Whitmore, Vector Corrosion Technologies)

Retificador

de corrente



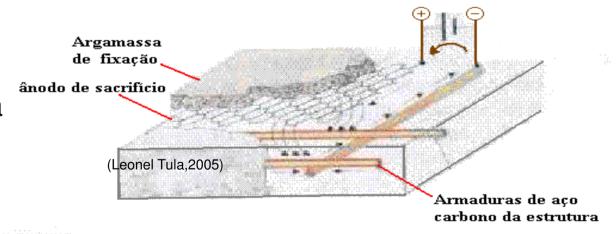
PROTEÇÃO DE ARMADURAS DE CONCRETO ARMADO

Proteção catódica por corrente impressa:

Utiliza uma fonte de alimentação externa; os anodos inertes são utilizados para distribuir a corrente;

A polarização ânodo/cátodo é forçada por uma fonte de corrente externa.

A proteção catódica interrompe a atividade de corrosão em curso, 100mV de diferença de potencial, a corrente tipicamente aplicada de 5 a 15mA/m²



Proteção catódica por corrente impressa



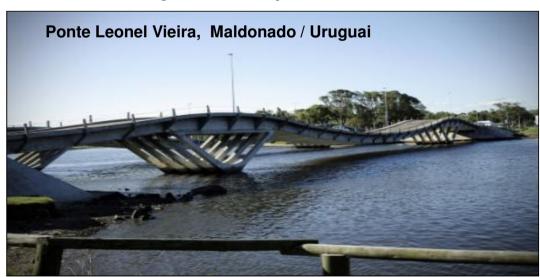
ARMADURAS AUTOPROTEGIDAS Armaduras galvanizadas:

Armaduras comuns galvanizadas a quente, (500 g/m² de zinco). Quando expostas ao ar tem resistência à corrosão muito grande. Aderência aço/concreto fica ligeiramente prejudicada.

Cordoalhas galvanizadas (40 anos) em "bicheira" em viga da ponte Leonel Vieira – "La Barra", Maldonado/Uruguai.

Os estribos em aço carbono estão em condições muito piores.







ARMADURAS AUTOPROTEGIDAS Armaduras galvanizadas:





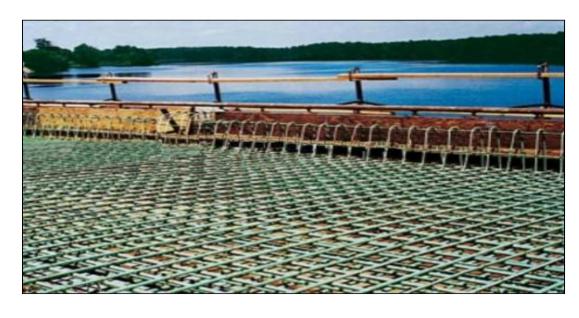
Devido a diferenças de potencial elétrico, o contato direto entre vergalhões galvanizados e não galvanizados promove a migração de íons de zinco para fora do concreto gerando manchas em sua superfície

Caso sejam colocados em contato, estes materiais devem ser isolados eletricamente.



ARMADURAS AUTOPROTEGIDAS - Revestidas com epóxi

- •Resina epóxi impermeabiliza e isola eletricamente o aço.
- Pintura a termo fusão vergalhões são limpos por jateamento, depois da aplicação do pó (tinta) são aquecidos.
 - •Pintura executada nas armaduras montadas, antes de colocar nas formas.







ARMADURAS AUTOPROTEGIDAS - Revestidas com epóxi

- •Película epóxi é sensível a esfoliações durante a montagem e corte das armaduras.
- •As barras de aço revestidas com epóxi podem sofrer corrosão quando há a penetração de cloro no concreto e existem falhas na pintura.







ARMADURAS AUTOPROTEGIDAS

Armaduras revestidas com nylon

Camada de nylon sobre as barras de aço protege contra a corrosão. Nylon tem melhor aderência que o epóxi ao concreto, embora seja de aplicação bem mais difícil. E.U.A e Alemanha.



(Ghaly, A. M.; Cahill, J. D. IV)



ARMADURAS RESISTENTES À CORROSÃO

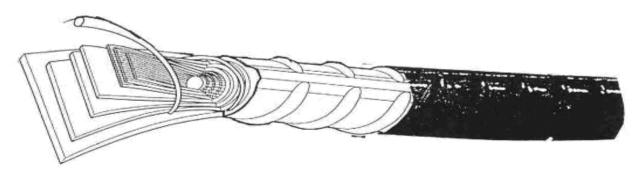
Armaduras plásticas reforçadas com fibras

Fibras de vidro (GFRP), carbono (CFRP) e aramida (AFRP), montadas com resinas de poliéster ou poliuretano formando vergalhões de compósitos.

Resistência à tração superior a dos aços carbono.

Módulos de elasticidade elevados mas inferiores ao do aço.

Baixa resistência ao calor.



Marshall - CBAR



ARMADURAS RESISTENTES À CORROSÃO

Armaduras plásticas reforçadas com fibras

Barras e mantas de polímeros reforçados com fibras de vidro e carbono substituem o aço em casos especiais, particularmente em estruturas de concreto armado expostas a agentes corrosivos.

Possuem menor módulo de elasticidade -> fissuras e flechas maiores.





V-ROD* composite rebar



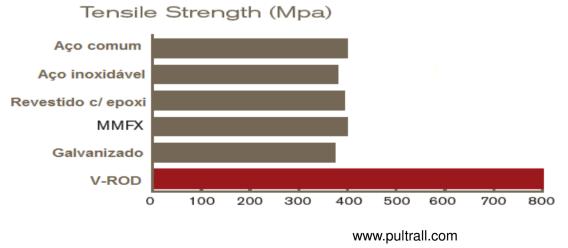
ARMADURAS RESISTENTES À CORROSÃO

Armaduras plásticas reforçadas com fibras

V-ROD* composite rebar (carbon/vinyl ester)

Otimizadas para estruturas de concreto sujeitas a:

- Sais degelantes;
- Necessidade de neutralidade elétrica ou magnética
- Água marinha





Merritt St. Bridge - Ontário, Canadá



ARMADURAS RESISTENTES À CORROSÃO

Armaduras de aço inoxidável

Aços de elevada resistência à corrosão devido ao conteúdo de cromo presente na liga. Na norma britânica (BS) define como inoxidáveis os aços que contém no mínimo 10,5% de cromo e, no máximo 1,2% de carbono.







ARMADURAS RESISTENTES À CORROSÃO

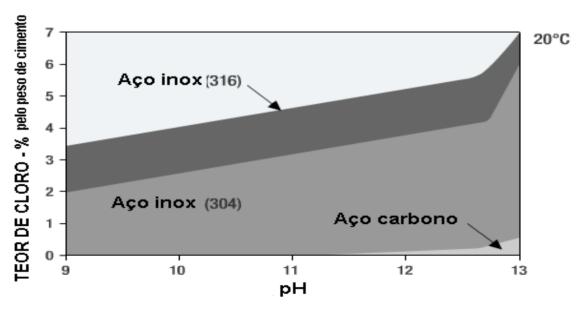
Armaduras de aço inoxidável

Estrutura expostas a alta concentração de cloretos e quando armaduras não magnéticas são desejáveis.

Desempenho do aço inoxidável e carbono em diferentes níveis de pH e cloro.



www.worldstainless.org





ARMADURAS RESISTENTES À CORROSÃO

Armaduras de aço inoxidável

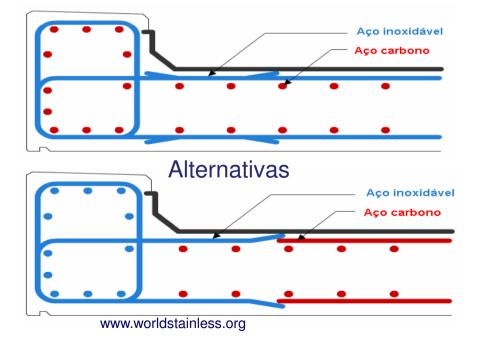
Utilização em conjunto com armaduras aço carbono convencionais.



P/ algumas ligas de aço inox, há a necessidade de isolamento das armaduras de aço carbono p/ não ocorrer corrosão galvânica.

Shenzhen Western Corridor Bridge, P.R., China

Armadura	Custo total da ponte
100% Armadura de aço carbono 10% Armadura de aço inox 25% Armadura de aço inox 50% Armadura de aço inox 100% Armadura de aço inox	100 % 103 % 107,5 % 115 % 130 %





ARMADURAS RESISTENTES À CORROSÃO

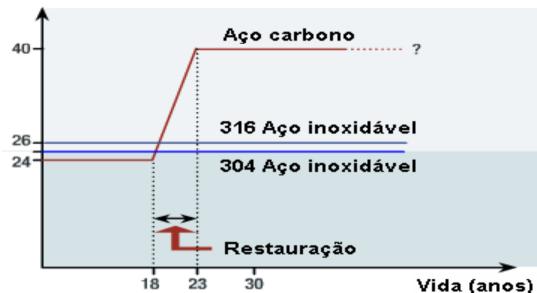
Armaduras de aço inoxidável

Economia utilizando armaduras de aço inoxidável

Custo Total (milhões de Libras)



Restauração de ponte - Reino Unido





Enquanto isso, na obra depois que o engenheiro saiu....



Arquivo: Filmes concreto / Filmes engraçados / betoneira

Tecnologias

| TC 034 Materiais de Construção II

NOVAS TECNOLOGIAS EM CONCRETO – Referências bibliográficas:

> CONCRETO: Estrutura, Propriedades e Materiais, P. Kumar Mehta e Paulo J. M. Monteiro, São Paulo: Pini, 1994.

Concreto de Alto Desempenho, Pierre-Claude Aïtcin – São Paulo – Pini, 2000.

>CD-ROM: CONCRETO DE ALTO DESEMPENHO, Versão 1.0. ABCP, Produzido por NUTAU/USP,1999

➤ CONCRETO COM FIBRAS DE AÇO – ANTÔNIO Domingues de Figueiredo, PCC-USP, São Paulo, 2000

➤ CONCRETO COM FIBRAS DE POLIPROPILENO – Techne, 66, setembro/2002.

➤BELGO – Fibras Dramix. – Boletim Técnico

>MACIÇOS EXPERIMENTAIS DE LABORATÓRIO DE CONCRETO COMPACTADO COM ROLO APLICADO ÀS BARRAGENS, José Marques Filho, 2005.

➤USO DE CONCRETO COMPACTADO A ROLO NA CONSTRUÇÃO DE BARRAGENS, Eng. Luércio Scandiuzzi, ABCP.

EMPREGO DO CCR NA AMPLIAÇÃO DA UHE RIO DO PEIXE, Golik M. A., Stock R. Filho, Gontijo M. C., Onuma N., Anais do II Seminário Nacional de Concreto Compactado a Rolo, 1996.

CD-ROM: O CIMENTO PORTLAND NA PAVIMENTAÇÃO URBANA, ABCP, 2000. CONCRETO PRÉ-RESFRIADO NO BRASIL: Uma Evolução com mais de 20 anos, Francisco R. Andriolo e Tadevs M. Skwarczynski, São Paulo, 1988.

CONCRETO LEVE DE ALTO DESEMPENHO MODIFICADO COM SB PARA PRÉ-FABRICADOS ESBELTOS – DOSAGEM, PRODUÇÃO, PROPRIEDADES E MICROESTRUTURA, João Adriano Rossingnolo, USP São Carlos, 2003.

>www.litebuild.com - Aerated, ligthweight, foamed concrete technology

>www.pb-aax.de-Porenbeton, Autoclaved Aerated Concrete.

Concreto. Ensino, Pesquisa e Realizações, Vol.2, Capítulo 45. Jane Proskek Gorninski e Claudio de Souza Kamierczack. IBRACON, São Paulo, 2005.

>Concreto polímero, Luciano Martin Teixeira, Congresso sobre concretos especiais, SOBRAL-CE, 2005.

>PONTE PRESIDENTE COSTA E SILVA - Métodos Construtivos, Walter Pfeil, Rio de Janeiro - LTC, 1975

>Tutikian, Bernardo Fonseca; Método para Dosagem de Concretos Auto-Adensáveis, Tese de Doutorado, PPEC-UFRGS.

> Repette, Wellington Longuini; Capítulo 49 - Concreto, Ensino, Pesquisa e Realizações, IBRACON, 2005.

>Alencar, Ricardo e Helene, Paulo; Concreto auto-adensável de elevada resistência – inovação tecnológica na indústria de pré-fabricados Revista Concreto & Construções no 43, 2006

Concreto, ensino, Pesquisa e Realizações, Capítulo 30, Leonel Tula, Editor Geraldo c. Isaia, São Paulo, IBRACON, 2005.

➤ Marshall Industries Composites Inc., C-BAR- Reinforcing Rods.

Fortius - Aslan - GFRP Bars - BK International.

➤ Bond strenght of nylon-coated reinforcing steel bars, Ghaly, A. M.; Cahill, J. D. IV; CBC 2004.