

SOLUÇÕES

Revista da Silmix, uma área da Camargo Corrêa Cimentos
nº 3 – Jan / Fev / Mar 2003

SILMIX

Obras urbanas

A tecnologia que
enfrenta o clima,
a poluição e a
ação do tempo



A recuperação da
estrutura do Elevado
das Bandeiras (Joá – RJ)

■ Artigo técnico:
Tecnologia de Concreto
Compactado com Rolo
Página 4

■ Hidrelétrica de Guaporé
utiliza agregado
da Região Centro-Oeste
Página 7

O sucesso dos nossos clientes

Qualidade, tecnologia e soluções inovadoras – esse é compromisso da Camargo Corrêa Cimentos. Preparada para atender às expectativas e demandas do mercado, a Cimentos está continuamente aprimorando seu portfólio de produtos e aperfeiçoando sua estrutura comercial e de serviços. A sílica ativa Silmix é parte integrante dessa estratégia e, por isso, está presente não apenas nas grandes obras – faz a diferença em soluções técnicas e econômicas, viabiliza o aproveitamento do agregado da Região Centro-Oeste para a construção de usinas hidrelétricas e simplifica intervenções urbanas emergenciais. É o que mostramos nesta edição da revista *Soluções Silmix*. Mais uma vez, compartilhamos conquistas e sucessos dos nossos clientes, informações valiosas para todos que trabalham pelo desenvolvimento do Brasil.

Larissa Marini Bravo
Coordenadora da Silmix



Soluções SILMIX - Publicação trimestral da área Silmix, da Camargo Corrêa Cimentos - **Diretor Superintendente:** Wilson Carnevalli Filho. **Diretor Comercial:** Sérgio Bandeira.

Comitê Editorial: Larissa Marini Bravo e Alcino Gomes Flores. **Coordenação:** Sunara Avamilano. **Produção Editorial:** Printec Comunicação. **Editora Executiva:** Vanessa Giacometti de Godoy. **Editora:** Dinaura Landini. **Projeto e Produção Gráfica:** Ricardo Branco. **Revisão:** Chris A. Binato. **Fotolito e Impressão:** Margraf. **Correspondência e Contatos:** Av. Gonçalo Madeira, 600 - Jaguaré - São Paulo/SP - CEP: 05348-000. Tel.: (11) 0800-7039003 - Fax: (11) 33718-4270. e-mail: silmix@ccisa.com.br

É permitida a reprodução de textos desta publicação, desde que indicada a procedência e com autorização do editor.



Recuperação rá

Submetidas ao trânsito constante, a cargas pesadas e à agressividade da poluição ambiental, as obras de arte urbanas não recebem a manutenção preventiva que seria necessária para evitar o desgaste natural do tempo, muito menos para minimizar os danos a que estão sujeitas. Prova disso são as situações emergenciais que não raro interrompem o trânsito e causam sérios transtornos à vida da população das grandes cidades.

Trincas, corrosões e concreto desagregado em pontes, viadutos e túneis podem – e devem – ser tratados adequadamente. O concreto resiste bem à compressão, mas as microfissuras podem favorecer a infiltração que, com o tempo, ataca e degrada os cabos protendidos, o ferro e o próprio concreto. A tecnologia do concreto projetado tem sido a solu-

ção mais utilizada nesse tipo de intervenção e, com a utilização da sílica ativa Silmix na formulação, ganha uma performance muito superior.

Essa é a conclusão da empresa Contesa Engenharia Ltda, que tem executado, desde 1991, diversos trabalhos na área de recuperação estrutural na cidade do Rio de Janeiro (RJ). O túnel Rebouças, o Elevado das Bandeiras (Joá), o Viaduto Paulo de Frontin e, mais recentemente, o Viaduto do Pepino, as passarelas do Aterro do Flamengo e a Ponte Nova da Barra estão entre eles. Com mais de três décadas de vida, boa parte dessas obras sofre não apenas o efeito do tempo, mas da localização próxima ao litoral – há o problema da maresia e, algumas vezes, os pilares ficam dentro da água.

Recuperação

Além de permitir a recuperação da estrutura com muita rapidez, a tecnologia do concreto projetado pode ser executada em pontos localizados. Essa condição é básica para minimizar os transtornos em relação ao fluxo da via, ponte ou viaduto, ou mesmo da interrupção, quando necessário.

A primeira providência a ser tomada é o recorte das áreas onde o concreto se mostra desagregado. Muitas vezes, a ferragem já está exposta e revela o processo de corrosão instalado. Depois de limpar a área com jato de areia, é necessá-

FOTOS: ARQUIVO



Viga armada com reforço e submetida a limpeza com jato de água e areia



Aplicação do concreto projetado com sílica ativa Silmix

pidada e eficaz



As estruturas da Ponte Nova da Barra foram recuperadas sem interrupção do trânsito

rio adicionar novas armaduras. Com o concreto projetado, a estrutura é encamisada, praticamente refeita.

Aplicado com o poder do ar comprimido, o concreto precisa aderir à estru-

tura. "Adicionada na proporção de 10% em relação ao peso do cimento, a sílica ativa Silmix proporciona uma aderência muito maior. As perdas são reduzidas em 50%", comenta Edson Lamarca, diretor

da Contesa. A mesma formulação foi empregada pela empresa na manutenção das instalações industriais da Refinaria Duque de Caxias (Reduc), também no Rio de Janeiro, com bons resultados.



Transversinas concretadas e com acabamento superficial

VANTAGENS **SILMIX**

- Execução mais rápida e economia do concreto projetado pela alta aderência em concretos já endurecidos.
- Interferência mínima nas proximidades da região de reparo.
- Com a sílica ativa Silmix, a formulação ganha características que facilitam a interface com o concreto antigo, proporcionando maior qualidade e durabilidade à nova estrutura.

- Feicon
Feira Internacional da Indústria da Construção
De 8 a 12 de abril
São Paulo/SP

- CasaCor SP
De 27 de maio
a 19 de julho
São Paulo/SP



II Prêmio Cauê de Arquitetura



- II Prêmio Cauê de Arquitetura
Inscrições até 25 de maio
Entrega dos trabalhos
até 26 de junho



- Ibracon
45º Congresso Brasileiro do Concreto
De 16 a 21 de agosto
Vitória/ES

- Expoconstruir
De 2 a 6 de setembro
Salvador/BA

- Fehab 2003
Feira Internacional da Indústria da Construção
De 9 a 13 de setembro
São Paulo/SP



- Equipotel 2003
Feira Internacional de Equipamentos, Produtos e Serviços para Hotéis, Restaurantes e Similares
De 23 a 26 de setembro
São Paulo/SP

- Construir
De 4 a 8 de novembro
Rio de Janeiro/RJ

CENTRAL DE ATENDIMENTO

Para informações em geral e solicitação de visita técnica, utilize a central de atendimento
0800-7039003

A importância da sílica ativa Concreto Compactado com Rolo

Autores:

Helena Carasek - hcarasek@cultura.com.br

Oswaldo Cascudo - ocascudo@eec.ufg.br

Professores da Escola de Engenharia Civil
da Universidade Federal de Goiás (UFG)

Introdução

Diversos casos de deterioração de barragens de concreto pela ação de águas agressivas são relatados pela literatura internacional. Entre outros efeitos deletérios incidentes no concreto, verifica-se aumento da porosidade, redução da resistência, ocorrência de processos de expansão e fissuração.

Com o crescente emprego da tecnologia do Concreto Compactado com Rolo (CCR) na construção de barragens e sua importância cada vez maior nesse contexto, surge a necessidade de aprofundar o conhecimento sobre esse tipo de material e essa tecnologia ainda relativamente recentes, se comparados com os concretos tradicionais.

A qualidade, a durabilidade e o desempenho são os aspectos principais do CCR a serem investigados, de modo que se possa compreender melhor esse processo, científica e tecnologicamente, e garantir o comportamento satisfatório diante das ações agressivas do ambiente. Constitui-se, portanto, objetivo deste artigo verificar as alterações microestruturais e de resistência mecânica no CCR, com e sem sílica ativa, após processos induzidos de lixiviação do concreto por água pura e de ataque por sulfatos.

Programa Experimental

1 Variáveis

Composição do CCR

90 kg cimento/m³ de concreto – CCR 90;

90 kg aglomerante/m³ de concreto, contendo sílica ativa (10% em substituição parcial ao cimento, em volume) – CCR 90S.

Tipo de ataque

Água pura (poucos sais dissolvidos);

Água sulfatada (5% de sulfato de sódio).

* Este artigo é baseado nas dissertações de mestrado de JORGE (2001) e GOMIDES (2001), defendidas no Curso de Mestrado em Engenharia Civil da UFG e orientadas por estes autores, cujos trabalhos experimentais foram desenvolvidos nos Laboratórios de Furnas Centrais Elétricas S.A., ao qual expressamos aqui sinceros agradecimentos.

Impacto no desempenho do Rolamento (CCR) diante da ação de águas agressivas*

2 Materiais

Cimento Portland CP II F – 32; sílica ativa; areia artificial de basalto; brita 25 mm (basalto); brita 50 mm (basalto).

3 Condições fixas

Cura inicial dos corpos-de-prova (CPs) em câmara úmida

- Início do ataque: 63 a 70 dias após a moldagem;
- Tempo de ataque: 125 a 130 dias.

4 Métodos

4.1 Estudo 1 – Ataque por água pura (lixiviação)

- Indução de percolação de água deionizada, sob pressão, em CPs cilíndricos (15 cm de diâmetro e 30 cm de altura), de forma axial, utilizando o ensaio de permeabilidade à água sob pressão (ABNT NBR 10786), com pressão de 0,69 MPa (100 psi);
- Avaliação da resistência à compressão (ABNT NBR 5739), em CPs atacados e não-atacados;
- Análise das alterações da microestrutura dos concretos (observação no Microscópio Eletrônico de Varredura - MEV), em CPs atacados e não-atacados.

4.2 Estudo 2 – Ataque por sulfatos

- Ataque via imersão dos CPs em água sulfatada - 5% de sulfato de sódio (ASTM C 1012);
- Avaliação da resistência à compressão (ABNT NBR 5739), em CPs atacados e não-atacados;
- Análise das alterações da microestrutura dos concretos (observação no Microscópio Eletrônico de Varredura - MEV), em CPs atacados e não-atacados.

Resultados

Com relação ao volume de água pura percolada (Estudo 1), fica nítida a diferença de comportamento dos concretos sem e com sílica ativa. No primeiro caso (Figura 1), o volume de água sob pressão que atravessa os CPs é significativamente maior do que o que se observa no segundo caso (Figura 2), assim como o tempo efetivo de percolação também é maior no primeiro caso. É importante destacar que para o CCR 90 (sem sílica ativa) ocorreu efetivamente percolação de água nos CPs, com uma grande quantidade de água minando em suas bases. Já para o CCR 90S (com sílica ativa) houve uma vazão inicial, dada à pressão de água no topo, mas logo o processo parou, sendo constatado durante todo o período de ensaio apenas uma leve umidificação das bases desses CPs.

Quando são comparados os resultados de resistência à compressão dos CPs atacados por água pura e os de referência (sem ataque) – mantidos em câmara úmida pelo mesmo período – nota-se no CCR 90S uma diferença mínima de resistência, ao passo que no CCR 90 essa diferença foi de 18,5% (Figura 3 na página seguinte). Ora, como houve percolação efetiva no concreto sem sílica ativa, a pasta de cimento perdeu cálcio, o que foi comprovado por uma análise química realizada na água percolada: inicialmente, o hidróxido de cálcio (CH) e, posteriormente, outros compostos mais importantes, como o C-S-H. O resultado desse processo foi a queda da resistência mecânica.

No concreto com sílica ativa, como a dissolução e lixiviação dos constituintes da pasta de cimento foram mínimas, já que não houve percolação efetiva, também não houve reflexo significativo desse fato na resistência do concreto, que se manteve praticamente igual para os corpos-de-prova atacados e para os de referência (sem ataque).

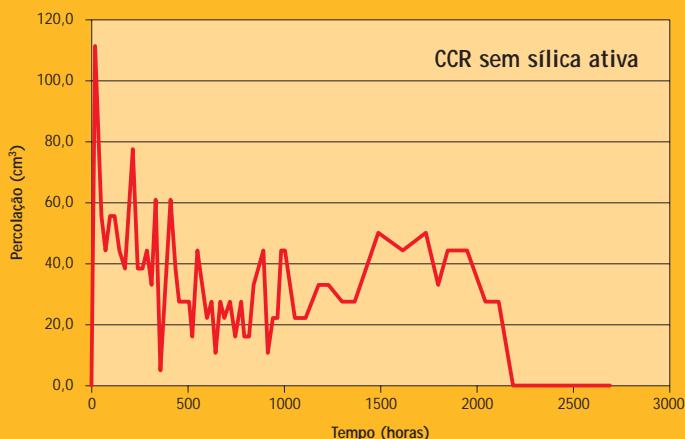


Figura 1 – Percolação média da água pura ao longo do tempo do concreto sem sílica ativa (CCR 90).

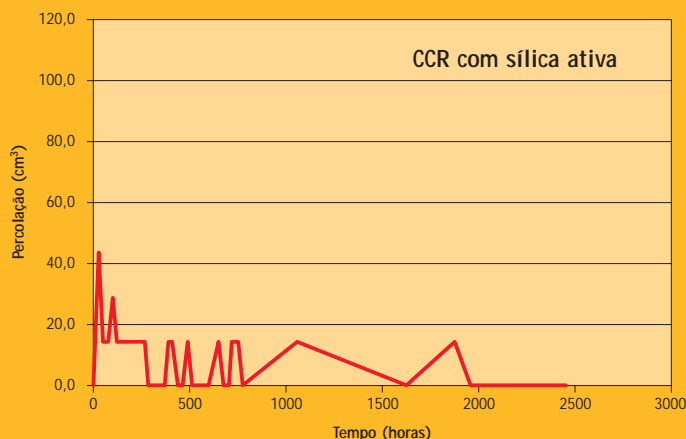


Figura 2 – Percolação média de água pura ao longo do tempo para o concreto com sílica ativa (CCR 90S).

Tabela 1 – Resultados do ensaio de resistência à compressão do CCR, situação de referência (mantido em câmara úmida) e CPs atacados por sulfatos.

		Resistência à compressão (MPa)		
Idade dos corpos-de-prova (dias)		91	154	200
Tempo de ataque (dias)		21	84	130
CCR 90	Referência	6,2	8,7	9,8
	Atacado	8,2	9,8	10,8
	Diferença relativa*	32%	13%	10%
CCR 90S	Referência	8,5	9,4	10,3
	Atacado	8,5	10,0	10,5
	Diferença relativa*	0%	6%	2%

Nota (*): Diferença relativa = resistência do corpo-de-prova atacado - resistência do corpo-de-prova de referência

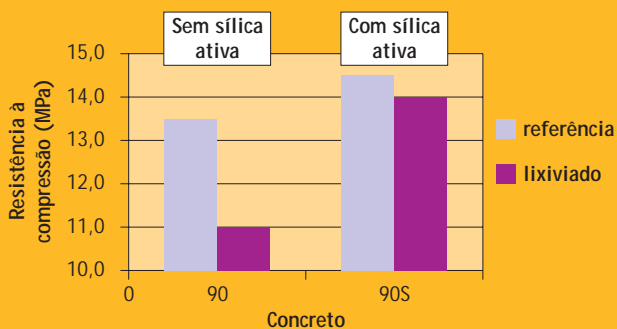
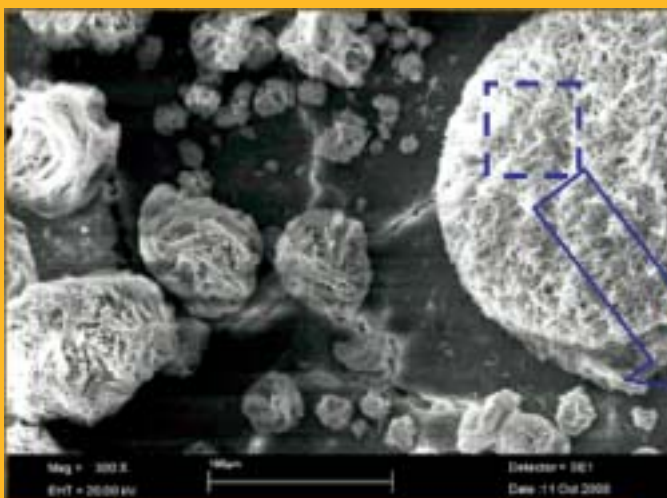


Figura 3 – Resistência à compressão dos CPs lixiviados e dos mantidos em câmara úmida, sem e com sílica ativa.

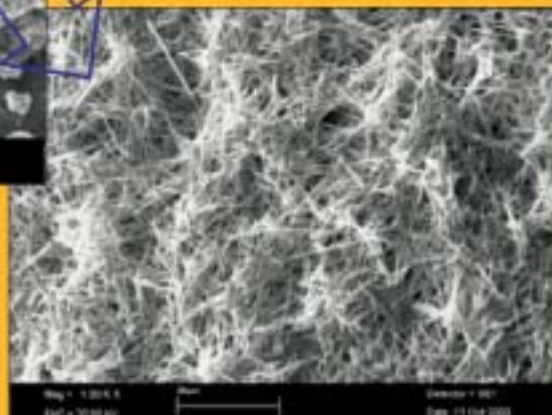


Em relação ao ataque por sulfatos, vê-se na Tabela 1 que para o CCR 90 as resistências nas várias idades, após o ataque, são superiores às resistências do concreto de referência (sem ataque), em percentuais que variam de 10% até 32%. No caso do concreto CCR 90S, as resistências dos CPs atacados e de referência são praticamente as mesmas. O fato de as resistências não terem variado no concreto com sílica ativa denota que, nesse caso, não houve ataque por sulfato dentro do período de ensaio. Já para o concreto sem sílica ativa, o acréscimo de resistência veio em decorrência do depósito, nos poros da pasta de cimento, dos produtos de reação (etringita e gipsita), como ilustra a Figura 4. Em um primeiro momento, esses produtos colmatam os poros do concreto e, por consequência, aumentam a sua resistência (o que ocorre no presente experimento para o tempo de ensaio considerado). Com a continuidade do ataque, não haverá mais espaço para a precipitação desses produtos, que passarão a produzir tensões internas, expansão e fissuração no concreto. Nesse estágio mais avançado, então, a resistência dos CPs atacados cairá bastante em relação àqueles não-atacados.

Considerações finais

Apesar de o CCR ser um concreto relativamente poroso em comparação aos concretos tradicionais, foi significativa a ação positiva da sílica ativa nesse tipo de estrutura interna. O efeito filler proporcionado pela sílica e sua ação pozolânica são as razões plausíveis para explicar a diferença de comportamento constatada em concretos iguais, diferenciando-se apenas pela presença dessa adição mineral.

Figura 4 – Imagem obtida no MEV de um CCR sem adição de sílica ativa atacado pelo sulfato. Os poros do concreto (CCR 90) estão preenchidos por produtos da reação deletéria.



Hidrelétrica Guaporé garante abastecimento

Em abril, a primeira das três unidades geradoras da Usina Hidrelétrica Guaporé entrou em operação. Essa obra vai garantir mais 527 MWh ao sistema elétrico brasileiro, energia que será distribuída pela Centrais Elétricas de Mato Grosso (Cemat), empresa do Grupo Rede, uma das maiores holdings nacionais de energia elétrica. Na formulação do concreto estrutural dessa construção, a sílica ativa Silmix teve um papel importante, permitindo a utilização do agregado da região, uma tecnologia que vem sendo consolidada nos centros de pesquisa.

Nesse empreendimento recém-concluído, história e modernidade se fundem. O Grupo Rede tem sua origem na Empresa Elétrica Bragantina, fundada em 1903. Hoje, sua atuação nas áreas de geração, distribuição e transmissão de energia elétrica cobre cerca de 30% do território nacional. A concessão do aproveitamento de Guaporé, por sua vez, ficou em poder da Mineração Santa Elina por muitos anos. A energia deveria ser usada no abastecimento de uma de suas minas, mas o plano não chegou a ser concretizado até a empresa encerrar suas atividades, em 1999.

O rio Guaporé nasce no pantanal mato-grossense e serve de divisa

entre o Brasil e a Bolívia, em toda sua extensão. Deságua no rio Madeira e contribui para a bacia do rio Madeira, um dos grandes blocos de energia identificados pelo setor elétrico nos anos de 1970. Até então, esse conjunto de rios estava ligado ao processo de ocupação do Estado de Rondônia: depois das jazidas de ouro perseguidas pelas bandeiras, vieram a extração da borracha e a exploração de cassiterita.

Retomado pelo Grupo rede, o empreendimento foi conduzido pela Tangará Energia S.A. Localizado a 80 quilômetros da nascente, nos municípios de Vale de São Domingos e de Pontes e Lacerda, a 483 quilômetros



A sílica ativa Silmix entrou na composição de 90% do concreto estrutural utilizado



Com três transformadores, a casa de força foi apoiada na rocha

VANTAGENS SILMIX

Na Região Centro-Oeste, o agregado disponível apresenta uma reatividade problemática (reação álcolis agregado) em relação ao cimento. A sílica ativa Silmix elimina esse problema, garantindo a performance do concreto, com uma relação custo-benefício bastante atraente.

de Cuiabá, o aproveitamento gerou cerca de 700 empregos diretos e mais de 2 mil indiretos.

As obras foram iniciadas em fevereiro de 2001 e ficaram a cargo do Consórcio Construtor Guaporé, composto pelas em-

presas Ivaí Engenharia de Obras S.A. e Toniolo Busnelo S.A. Para viabilizar a utilização do agregado da região e a implantação de uma central de britagem, o consórcio contou com o suporte tecnológico dos laboratórios de Furnas e

da Universidade Federal do Paraná (UFPR/Lactec).

No total, foram utilizados 58 mil metros cúbicos de concreto estrutural – mais de 90% desse total com adição de sílica ativa Silmix.

8

FOTOS: DIVULGAÇÃO



Com mais de 60 metros de comprimento, o vertedouro foi projetado com concreto de gravidade

Da barragem à linha de transmissão

- Barragem de terra, com 1 km de extensão e altura máxima de 23 metros
- Vertedouro: de concreto de gravidade, com crista livre e dissipação de energia por meio de degraus (possui 60 m de comprimento)
- Canal de adução a céu aberto, com 700 metros de comprimento, e seção trapezoidal revestida em concreto armado
- Tomada d'água, com comporta enscadeira e 2 painéis de grade
- Túnel subterrâneo escavado em rocha, com 2 km de extensão e 6 metros de diâmetro
- Chaminé de equilíbrio com 128 m, sendo 102 m de diâmetro de 6,0 m e escavado na rocha, e 26 m externos, com diâmetro de 16 m
- Casa de força semi-abrigada, com fundação apoiada na rocha
- Canal fuga
- Volume total de concreto utilizado na obra: cerca de 58 m³
- Potência instalada: 120 MW
- Número de unidades: 3 unidades de 40 MW cada
- Queda bruta: 180,0 metros
- Vazão nominal total: 81,0 m³/s
- Linha de transmissão
 - Extensão: 31 km
 - Tensão: 138 Kv
 - Circuito: duplo

Visite nosso site: www.cimentocaue.com.br

