SOLUÇÕES SILMIX

Revista da Silmix, uma área da Camargo Corrêa Cimentos
nº 11 – Abril/Maio/Junho 2005

FOTOS: MICHELE MIFANO

Inovação para piso térreo

O alto desempenho da sílica ativa em permeabilidade

■ **Solução tecnológica para pilares esbeltos Página 3**

■ **Artigo técnico: Retração térmica em foco Página 6**

■ **Solução para concreto em fundações Página 8**

EDITORIAL

Novas frentes da tecnologia do concreto

As mais recentes tendências da arquitetura urbana e as fortes demandas por qualidade e redução de custo encontraram nas características da sílica ativa Silmix as respostas de que precisavam.

O concreto de alto desempenho (CAD) deixou de ser uma alternativa sofisticada e ganhou espaço em usos diversificados como pisos térreos, pilares e fundações. Sempre atenta às necessidades dos clientes, a Camargo Corrêa Cimentos participa ativamente do desenvolvimento de soluções tecnológicas, aperfeiçoando continuamente os produtos que levam a sua marca.

Nesta edição da *Soluções Silmix,* mostramos três histórias de sucesso com o Cauê Concreto enriquecido com sílica ativa Silmix usado por empresas parceiras: as construtoras Marques e Cyrela e a NTJ Engenharia Estrutural. Para completar, o artigo técnico preparado pelo consultor Shunji Takashima aborda as condições ideais que evitam a retração térmica do concreto, principalmente quando empregado em peças de grandes dimensões.

A sílica ativa Silmix deixou de ser, portanto, o componente de grandes obras de infra-estrutura para fazer parte da arquitetura urbana e garantir a qualidade do concreto utilizado em edificações residenciais e comerciais.

Soluções SILMIX – Publicação trimestral da área Silmix, da Camargo Corrêa Cimentos – **Diretor Superintendente**: Juliano de Oliveira. **Diretor de Novos Negócios**: Sérgio Bandeira. **Comitê Editorial**: Guilherme Delaroli e Simone Viterbo. **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**: WGS. **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 a autorização do editor.

0800-7039003

Para solicitação de visita técnica e de informações, utilize a Central de Atendimento

ASSISTÊNCIA TÉCNICA

O novo laboratório Cauê

As novas instalações do laboratório da Cauê no Jaguaré, em São Paulo (SP), seguem um projeto cuidadoso, preparado para fornecer todo o suporte tecnológico necessário para a empresa.

Sua estrutura foi montada para o desenvolvimento de ensaios e de controles tecnológicos. Conta com câmara úmida para cura de corpos de prova, área para dosagem de concreto, sala de ruptura e equipamentos diversos.

"Além de analisar os nossos produtos, desenvolvemos novos fornecedores de insumos e avaliamos técnicas e custo. A equipe está preparada também para desenvolver novos produtos e formulações especiais de concreto, bem como para fazer o controle tecnológico desses desenvolvimentos", explica Benedito Artelino, supervisor do laboratório.

FOTOS: DIVULGAÇÃO

Funcionários do laboratório são treinados para desenvolver ensaios e controles tecnológicos

Estrutura em CAD pigmentado

Pela posição que ocupa na avenida Paulista, em São Paulo, ponto mais elevado da cidade, e pelo número de andares, o Edifício Çiragan será o mais alto da América do Sul. Empreendimento da Construtora Cyrela, a obra é um conjunto que reúne apartamentos residenciais (36 andares e 252 unidades), escritórios (12 andares), laser e serviços.

FOTOS: DIVULGAÇÃO

Pigmento vermelho comprova controle tecnológico dos pilares especificados com 40 MPa

Batizado com o nome de um antigo castelo da Turquia, o projeto foi especificado em concreto de alto desempenho (CAD) com fck 40 MPa e sílica ativa Silmix, componente que garante a solidez dos pilares dos três subsolos de garagens, do piso térreo e do primeiro andar. A solução tecnológica foi desenvolvida para atender às linhas esbeltas desses pilares e às altas cargas da estrutura, principalmente nos cinco primeiros pavimentos.

As dimensões impostas pela arquitetura eram, porém, incompatíveis com a taxa de armadura que se fazia necessária na região de transição entre os pilares, nos reforços laterais e na ligação com a viga. "No lugar do transpasse convencional, poderíamos usar luvas ou solda, o que seria de difícil execução e significaria um dia mais em cada ciclo de laje, mão-de-obra especializada e custo extra. A opção, desenvolvida com a assistência técnica da Cauê, foi a execução dos pilares em CAD com 40 MPa. Dessa forma, foi possível reduzir a taxa de armação e deixar o transpasse leve", explica o engenheiro Fernando Augusto Correa da Costa, responsável pela obra.

O Çiragan reúne unidades residenciais, comerciais e serviços, como mostra a maquete

No conjunto dos trabalhos, a empresa economizou 55 toneladas de aço nos cinco pavimentos e manteve o cronograma de concretagem. A economia é maior ainda se forem agregados os custos de beneficiamento, de carga, de descarga e espaço para armazenamento, bem como o tempo e o pessoal envolvido nessas operações. "Mesmo com o acréscimo do custo, o CAD, que é cerca de 9% mais caro do que o concreto convencional, acabou saindo mais barato para a obra. Evitamos um problema técnico e ganhamos no custo", acrescenta Costa.

O CAD aplicado no Çiragan traz outra novidade. Nas áreas onde pilares, vigas e lajes se encontram, o concreto recebe um pigmento vermelho que funciona como controle tecnológico adicional da presença do CAD. No traço desenvolvido para o projeto da Cyrela, a sílica ativa Silmix está na proporção de 5% sobre o peso do cimento. Só na primeira etapa da obra (parte residencial), as usinas do Jaguaré e de Santo Amaro entregarão cerca de 800 metros cúbicos de concreto de alto desempenho.

A Cyrela é uma empresa precursora na utilização de CAD e a solução tecnológica desenvolvida para o Çiragan já foi compartilhada pelos técnicos para outras obras. Projetos com estruturas esbeltas representam uma tendência de mercado que os arquitetos incentivam porque favorece a customização das áreas, além da beleza que proporcionam. "A empresa valoriza a parte técnica e controla o custo, eliminando desperdício e incentivando o desenvolvimento de soluções tecnológicas como essa", destaca o engenheiro Costa.

Tecnologia impermeabiliza

Um concreto especial, preparado com um bom estudo de fechamento de granulometria e sílica ativa Silmix na proporção de 5%, é a fórmula que a Marques Construtora empregou com sucesso na execução de laje de piso térreo em projeto de edifício residencial. A tecnologia foi desenvolvida pela Assistência Técnica da Cauê e aplicada em obra executada em São Paulo (SP). Mais quatro estão em andamento.

O projeto e a especificação do concreto do piso térreo dos edifícios são sempre um caso à parte. Exposto à ação do tempo e composto por jardins, gramados, pisos, pedras, instalações elétricas e hidráulicas, além de elementos decorativos, esse tipo de laje exige um investimento alto em impermeabilização. Com o tempo, porém, a impermeabilização convencional envelhece e a água pode encontrar caminhos para atravessá-la, como fissuras no revestimento e no próprio concreto da laje, o que provoca infiltração e vazamentos no teto dos subsolos.

A Marques optou por desenvolver uma solução no próprio concreto, tomando por base a relação custo-benefício do material. “Nós trabalhamos com lajes planas mais grossas do que o usual, de até 30 centímetros, e vigas nas bordas. A granulometria foi cuidadosamente estudada e observamos que, durante a execução da obra, o concreto não apresentava vazamento ou fissuras. Estudamos aditivos que poderiam aumentar a impermeabilidade do concreto e diminuir ainda mais o potencial de fissuração. O Silmix mostrou o melhor resultado. As lajes são executadas e ficam com aspecto de concreto aparente, com uma qualidade muito boa”, comenta Flávio Braga, diretor técnico da Marques.

O acabamento do piso térreo é feito com placas de pedra ou de concreto assentadas sobre apoios telescópios de

FOTOS: MICHELE MIFANO

DIVULGAÇÃO

Solução tecnológica foi desenvolvida com o apoio da Cauê. Luis Laguna, engenheiro da empresa (à esq.) e Flávio Braga, diretor técnico da Marques, observam a qualidade do concreto

Placas de concreto são posicionadas sobre apoios (*foto menor*) e facilitam reparos e manutenção

MICHELE MIFANO

Concreto menos permeável garante qualidade do processo

polipropileno. A altura do piso pode ser regulada e, se houver necessidade de manutenção, é só remover as placas necessárias. Nas áreas de jardim e gramado, é aplicada uma manta de geotextil sobre as placas para reter as partículas mais finas da terra e conservá-la em boas condições.

Custo e tempo

No sistema convencional, a laje recebe primeiro uma argamassa para regularização que define os caimentos da água para os ralos. Na seqüência, é aplicada uma manta de asfalto e o revestimento final de pedra assentada com argamassa de cimento e areia. A vida útil desse sistema é de cerca de dez anos e, quando ocorrem os problemas de infiltração, é preciso, na maioria das vezes, remover todo o material de revestimento, o que torna o reparo muito dispendioso.

O custo do sistema convencional é de cerca de R$ 150,00 o metro quadrado e, para os técnicos da Marques, existem ainda outros inconvenientes:

- a interferência da execução das instalações elétricas e hidráulicas;
- a manta de asfalto aplicada no final precisa ser testada com água e essa etapa pode atrasar a entrega da obra
- a drenagem da água nas áreas de jardim é deficiente e a terra pode até apodrecer.

Para o engenheiro Flávio Braga, responsável pelo desenvolvimento do sistema, as condições de estanqueidade, isto é, de ausência de vazamento das lajes externas são muito boas. O sistema pode ser considerado definitivo, mas precisa estar presente já na concepção do projeto. Com o sistema de pedra convencional, o custo sai em média R$ 75,00 o metro quadrado. Entre as vantagens, podem ser destacados os seguintes aspectos:

- sem a impermeabilização convencional, a obra fica com menos uma etapa, o que conseqüentemente diminui o prazo total;
- a execução do piso em placas no final da obra (em duas semanas aproximadamente), na etapa de acabamento do piso térreo, representa um ganho significativo de produtividade;
- as várias interfaces com outros serviços são eliminadas;
- a formação das poças d'água não ocorre e as mudanças de layout, assim como as reformas de elétrica e hidráulica, são facilitadas;
- o sistema de drenagem mais funcional melhora a qualidade da vegetação do jardim.

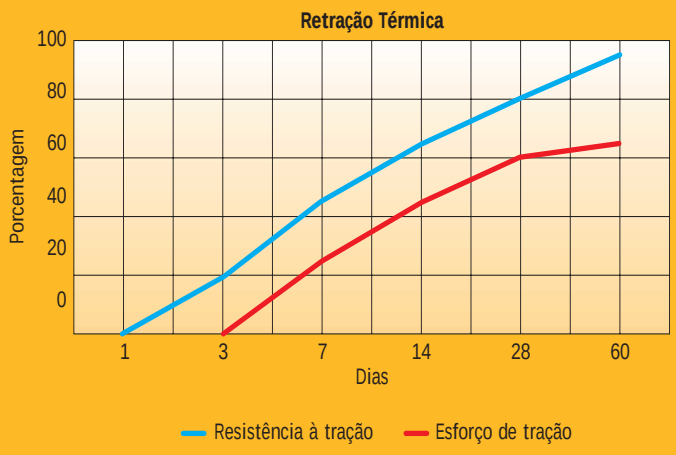
Procedimentos para evitar retração térmica

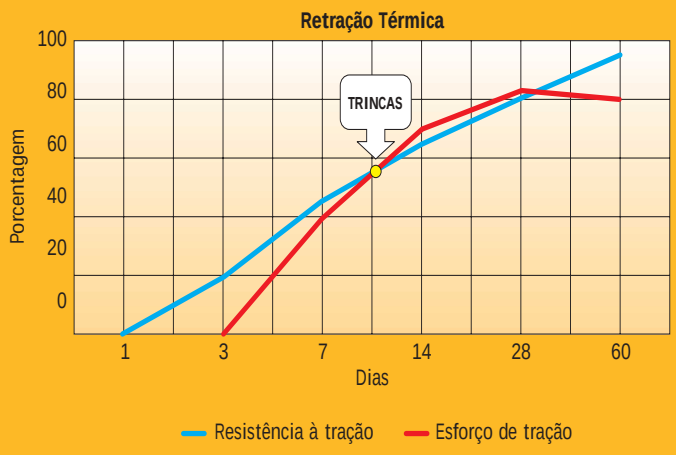
Eng.º Shunji Takashima
Shunji Takashima Consultoria e Assessoria
shunjitakashima@uol.com.br

I. Apresentação

Nos concretos tipo massa (barragens) ou utilizados em blocos de fundação, o controle de variação das temperaturas – temperatura máxima de aquecimento e temperatura final estabilizada (na temperatura ambiente) – é fundamental. É preciso tomar providências para evitar o aparecimento de trincas que prejudiquem a durabilidade e a homogeneidade da estrutura.

Atualmente, com o desenvolvimento de equipamentos para bombeamento do concreto, a concretagem é executada rapidamente. Dessa forma, o aquecimento pelo calor de hidratação pode ser muito alto e a queda da temperatura também pode ser muito rápida. O aparecimento de trincas é um jogo, uma corrida entre o esforço de tração que nasce por causa da queda da temperatura depois de atingir o nível máximo até a estabilização e o desenvolvimento da resistência à tração do concreto. Quando a resistência à tração do concreto não vence o esforço criado pela ação térmica, surgem os problemas de trinca.





II. Principais influências da temperatura de aquecimento máximo (diferença de temperatura máxima e estabilizada)

- condição de clima
- consumo de cimento e aquecimento por cimento
- temperatura do concreto recém-lançado
- volume do concreto
- velocidade da concretagem
- características térmicas do concreto

É possível controlar e otimizar essas variações para obter êxito. Dependendo de cada caso, a temperatura pode chegar a 40 graus.

III. Procedimentos que minimizam a temperatura de aquecimento

- utilização de cimento de baixa caloria
- redução máxima do consumo de cimento
- adição de pozolana ou sílica ativa
- diminuição da temperatura do concreto lançado
- manutenção de baixa temperatura ambiente no lançamento
- manutenção de velocidade de concretagem no ritmo mais lento possível
- utilização de fôrma metálica e desfôrma rápida
- utilização de tubulação de refrigeração

IV. Concretagem de blocos de fundação em obras urbanas

As causas de formação de trincas nem sempre são compatíveis com as necessidades das concretagens realizadas na região da cidade de São Paulo, em condições nem sempre favoráveis. Alguns cuidados devem ser observados para realizar a concretagem ideal.

A. Estudar o aglomerante que deverá ser adicionado à formulação do concreto para reduzir a temperatura do cimento. A temperatura de aquecimento é calor de hidratação do cimento multiplicado por consumo de cimento, dividido pelo somatório do calor específico do traço de concreto. Antes de definir o tipo e a marca do cimento, a pozolana ou a sílica ativa, é preciso analisar a temperatura de aquecimento do concreto e a resistência mecânica do concreto.

B. Se tivermos dois tipos diferentes de cimento, um com médio calor de hidratação e outro com alto calor de hidratação, é preciso verificar se o segundo produz resistência alta. Dessa forma, é possível reduzir o consumo de cimento para níveis bem baixos porque a temperatura do aquecimento também será baixa.

C. Nesse caso, os cimentos CPII ou III são os mais recomendáveis. É difícil encontrar um cimento com baixo calor de hidratação e alta resistência mecânica. A utilização de pozolana de boa qualidade (alta atividade pozolânica) ou de sílica ativa pode contornar o problema. Esses aditivos

não entram no cálculo do consumo de cimento.

D. Para baixar a temperatura do concreto no lançamento em dias quentes, é preciso molhar os agregados. Molhar as pedras quentes pode não ser suficiente para superar a temperatura ambiente, devido à evaporação da água. A utilização de gelo é mais interessante e a quantidade recomendável é 100 kg/m³, por causa do manuseio do gelo, da umidade da areia e do controle do abatimento. O tempo necessário para derreter essa quantidade de gelo é, em média, de 30 minutos. Esse tempo pode ser utilizado para a preparação do concreto para o lançamento, feita durante o transporte até a obra.

E. Efetuar a concretagem preferencialmente no final da tarde quando a temperatura é mais amena.

F. Enquanto o concreto está aquecendo e dilatando, no período que vai de 48 a 72 horas após o lançamento, não ocorrem problemas de trincas. Contudo, é preciso manter a temperatura em baixa elevação e evitar tanto os picos de elevação como o resfriamento rápido. Esse procedimento protege o concreto quando o esforço de tração começar a se acumular dentro da peça concretada.

V. Conclusão

Com base em estudos sobre a redução do consumo de cimentos com baixo calor de hidratação, é possível produzir um concreto com menor temperatura de aquecimento. O controle deve ser feito sobre os dois períodos: o de aquecimento e o de esfriamento da temperatura. Controlar para que não ocorra pico de aquecimento e para que não ocorra o esfriamento brusco. As duas curvas devem ser suaves.

Comparativo de três traços de concreto

1. Cimento CPII- 32 sem pozolana

Calor de hidratação do cimento 70 (cal/g) 7 dias

Massa (kg/m³)	Cimento 420	Sílica Ativa 0	Areia 750	Brita 1.050	Água 170	Scal. de hidratação de concreto (kcal/°C)	**29.400**
Calor Específico (g/°C)	0,2	0,2	0,2	0,2	1,0	Temperatura de aquecimento (°C)	**Tr**
Caloria (kcal/°C)	84	0	150	210	170	**614**	**47,9**

Temperatura dosada do concreto: 13°C

Quantidade de gelo = 159 kg/m³

2. Cimento CPII- 32 com 8% de Sílica Ativa

Calor de hidratação do cimento 70 (cal/g) 7 dias

Massa (kg/m³)	Cimento 350	Sílica Ativa 28	Areia 778	Brita 1.050	Água 170	Scal. de hidratação de concreto (kcal/°C)	**24.500**
Calor Específico (g/°C)	0,2	0,2	0,2	0,2	1,0	Temperatura de aquecimento (°C)	**Tr**
Caloria (kcal/°C)	70	5,6	155,6	210	170	**611,2**	**40,1**

Temperatura dosada do concreto: 20,7°C

Quantidade de gelo = 96 kg/m³

3. Cimento CPV- ARIRS com 8% de Sílica Ativa

Calor de hidratação do cimento 80 (cal/g) 7 dias

Massa (kg/m³)	Cimento 320	Sílica Ativa 26	Areia 807	Brita 1.050	Água 170	Scal. de hidratação de concreto (kcal/°C)	**25.600**
Calor Específico (g/°C)	0,2	0,2	0,2	0,2	1,0	Temperatura de aquecimento (°C)	**Tr**
Caloria (kcal/°C)	64	5,2	161,4	210	170	**610,6**	**41,9**

Temperatura dosada do concreto: 18,9°C

Quantidade de gelo = 109 kg/m³

Observações:

Característica do concreto
fck = 35 MPa, fc28 = 40 MPa, concreto bombeável e abatimento = 90 ± 10mm
Temperatura final estabilizada – 27,5°C

Resistência e baixo calor de hidratação

FOTOS: DIVULGAÇÃO

Gelo é adicionado ao concreto na usina para manter a temperatura baixa até a concretagem

Com 13 andares, três subsolos e 16 mil metros quadrados de área construída, a obra de ampliação do Hospital Especializado CEMA, no bairro da Mooca, em São Paulo (SP), tem a sílica ativa Silmix como componente de todo o concreto de alto desempenho (CAD) especificado, das fundações à estrutura da edificação. Quando a obra for concluída em outubro de 2006, o resultado final esperado é um concreto aparente mais claro e uniforme, protegido apenas com a aplicação de uma camada de silicone.

O cuidado dessa especificação tem um objetivo: garantir a qualidade e a durabilidade da estrutura e da fachada concebidas no projeto de engenharia. Para o engenheiro Nelson Tataranni Junior, diretor técnico do hospital e responsável pelo projeto e pela obra, as vantagens proporcionadas pelo CAD com Silmix representam também ganho de tempo e redução de custo para a obra.

"A boa relação do CAD com a protensão permite, por exemplo, que o tempo de escoramento seja reduzido. Com isso, mantemos o plano de concretagem com uma ação a cada duas semanas e otimizamos o custo do escoramento para as lajes superiores," comenta Tataranni.

Além da agilidade da obra, a resistência do CAD é outro fator muito importante para o projeto do CEMA. Com a adição de sílica ativa Silmix na proporção de 5%, a altura dos blocos das fundações pôde ser reduzida em 25%, o que representou economia significativa no aço, que é o componente mais caro da estrutura. "A sílica ativa é muito fina e preenche os vazios, dando coesão ao concreto, que adere com mais facilidade e firmeza ao aço das fôrmas", explica o engenheiro. A economia total obtida a partir da redução do aço será de cerca de12,5%.

Tecnologia

Os grandes blocos da fundação do hospital CEMA foram projetados com 40 MPa e exigiram a implementação de uma tecnologia especial. Para evitar o aquecimento do concreto, processo natural da pega principalmente no interior da peça, a formulação foi complementada, ainda na usina, com uma carga de gelo. A meta é que o concreto saia com a temperatura de 9° a 10° e chegue na obra com 15°, no máximo.

Dessa forma, no período normal de oito horas, o calor, que poderia atingir 40°, chega no máximo a 25° e, em 72 horas, a pouco mais de 30°. A manutenção do equilíbrio térmico evita a concentração de calor no interior do bloco e, por conseqüência, a retração, quando começa o processo de resfriamento. "É nessa hora que pode ocorrer o fissuramento do concreto, problema que provoca a perda de resistência. O gelo mantém a curva constante e o concreto enriquecido com Silmix se mantém coeso", explica Tataranni.

Para proporcionar o desempenho de resistência elevada – que era exigido pelo projeto – sem comprometer o calor de hidratação, a solução apresentada pela área técnica da Cauê – a utilização da sílica ativa Silmix – mostrou-se perfeitamente adequada. Além de desenvolver a formulação adequada, a empresa montou uma logística especial a fim de atender à obra do CEMA. Para cada etapa de concretagem dos blocos da fundação, são deslocados 14 caminhões betoneiras com oito metros cúbicos de CAD cada um. O percurso da unidade de Vila Prudente, na zona sul de São Paulo (SP), até o hospital deve ser vencido em 30 minutos e, se for necessário, é adicionado mais gelo na chegada.

No CAD da estrutura, que terá o fck 45 MPa, não será adicionado gelo, mas o plano de concretagem prevê o deslocamento de 30 caminhões por cada etapa. Cada andar terá mil metros quadrados de área.

"Na estrutura, o CAD poderia ser de 30 MPa, mas, ao optarmos pelo fck 45 MPa, garantimos ganhos expressivos na redução da taxa de armadura e no cobrimento do aço. Com a sílica protegemos a armadura da ação da intempérie e garantimos a durabilidade do concreto", acrescenta Tataranni.