



Estudo de caso envolvendo concretagens de elementos de fundação de grande porte. Caso Parque da Cidade-SP.

Case study involving concreting of large foundation elements. Case Parque da Cidade-SP.

BONI, Ricardo⁽¹⁾; VASCONCELLOS, Alex⁽¹⁾; BRITEZ, Carlos⁽¹⁾; ROCHA, Reginaldo⁽¹⁾; HELENE, Paulo⁽²⁾

(1) PhD Engenharia;

(2) Professor Titular da EPUSP. PhD Engenharia.

Rua Visconde de Ouro Preto, 201. Consolação. São Paulo/SP. CEP 01303-060

Resumo

Recentemente, tem sido comum observar projetos arquitetônicos envolvendo edifícios cada vez mais altos que, por sua vez, empregam na solução de fundação elementos estruturais de grandes proporções. Estes elementos, sejam eles sapatas ou blocos de fundação, possuem complexidades inerentes ao processo de execução, em função dos grandes volumes de concreto requeridos. Este artigo apresenta um estudo de caso sobre os desafios, engenhosidades e as boas práticas envolvidas na concretagem de uma sapata com altura de 4,0m e volume da ordem de 450m³, pertencente a um dos edifícios do empreendimento Parque da Cidade (Gleba C), localizado na região do Morumbi em São Paulo, SP. Como resultado observou-se que o conjunto formado pelo: desenvolvimento apropriado de um estudo de dosagem do concreto; da elaboração de uma simulação térmica prévia; da proposição de procedimentos executivos adequados, bem como do acompanhamento e controle sistemáticos dos eventos de concretagem, foi determinante para promover um elemento estrutural íntegro e em conformidade com as especificações de projeto, revelando-se como uma boa alternativa para o uso em projetos de grande porte.

Palavra-Chave: fundações, concreto massa, concreto com gelo, concreto auto-adensável.

Abstract

Recently, it has been common to observe architectural designs involving tall buildings, which demands foundations with structural elements of large proportions. These elements, whether they are footings or foundation blocks, have some implementation complexities, due to the large volume of concrete required. This article presents a case study on the challenges, solutions and best practices involving the execution of a concrete footing with 4 meters high and 450 cubic meters of concrete volume, in one of the buildings of Parque da Cidade project (Site C), located in Morumbi, São Paulo, SP. As a result, it was observed that the combination of properly developed concrete mix design, prior thermal simulation, adequate execution recommendations, as well as the systematic monitoring and controlling of concreting events, were essential for promoting structural elements complying with the design specifications, being a good alternative for large scale projects.

Keywords: foundations, mass concrete, concrete with ice, self compacting concrete.

1 Introdução

Inspirado no conceito de cidades compactas, sustentabilidade urbana, valorização do meio ambiente e integração entre os espaços externos privados e públicos, o renomado Escritório de Arquitetura Aflalo & Gasperini desenvolveu, no ano de 2010, o projeto do empreendimento Parque da Cidade. Essas soluções tornaram o empreendimento candidato à certificação *LEED-ND (Leadership in Energy and Environmental Design for Neighborhood Development)* do *USGBC (U.S. Green Building Council)* e um dos poucos projetos mundiais que objetiva integrar o programa *Climate Positive Development* do grupo *C40 Cities* e do programa *Clinton Climate Initiative Cities* da Fundação Clinton.

Localizado na Marginal Pinheiros, próximo à Ponte Estaiada (um dos cartões postais da cidade de São Paulo), em um terreno com área de aproximadamente 80mil m², o empreendimento será composto por dois edifícios residenciais, cinco torres corporativas, uma torre comercial, um hotel, um shopping center e restaurantes integrados por um parque linear de 62mil m² constituído por ciclovias, área de lazer, pistas de cooper e diversas praças (figura 1, perspectiva ilustrada). Esse complexo multiuso foi dividido em cinco etapas (*Glebas A, B, C, D e Holding*) e está sendo construído pela Odebrecht Realizações Imobiliárias (OR), responsável também pela sua incorporação.



Figura 1 – Perspectiva ilustrada do empreendimento Parque da Cidade elaborada pelo escritório de arquitetura Aflalo & Gasperini, gentilmente cedida pela Odebrecht Realizações Imobiliárias.

O projeto estrutural da *Gleba C*, elaborado pelo Escritório Técnico França & Associados S/C Ltda., contempla como solução para a fundação da *Torre C2* (torre comercial composta por 36 pavimentos tipo e 5 subsolos), elementos de fundação superficial (sapatas de concreto armado) de grandes proporções. Este artigo apresenta os estudos, os ensaios, as boas práticas de engenharia e os procedimentos empregados na execução de um dos elementos dessa fundação, especificamente a *Sapata S3B*, com volume da ordem de 450m³.



2 Conceituação sobre concreto massa

Em geral, o concreto massa pode ser definido como qualquer volume de concreto com dimensões suficientes para requerer que sejam tomadas medidas para controlar a geração de calor e a variação de volume decorrente, a fim de minimizar a sua fissuração (ACI 207-1R, 2005; METHA e MONTEIRO, 2008; ISAIA, G. C., 2011).

Comparado ao concreto conhecido como “normal” ou “convencional”, o concreto massa possui uma peculiaridade em destaque que é a dificuldade de liberar o calor gerado pelas reações químicas exotérmicas de hidratação do cimento. A liberação do calor no interior da massa de concreto é influenciada pelas propriedades térmicas dos materiais empregados, pelas condições ambientais e pelas dimensões/geometria do elemento estrutural de concreto.

O concreto, através de seu coeficiente de dilatação térmica, também sofre variações dimensionais expansivas quando exposto a ação da temperatura decorrente desta reação química. Como ainda não está totalmente solidificado, expande quase livre e rapidamente, pois as reações exotérmicas principais, na maioria das vezes, ocorrem nas primeiras idades (até 72h após a concretagem).

Ao resfriar-se à temperatura ambiente, o que pode ocorrer durante semanas ou meses, fica sujeito a uma retração ou contração térmica. Esta retração, por conta das restrições naturais de atrito e engastamentos (por exemplo, em blocos estaqueados), induz o surgimento de tensões que podem superar as tensões resistentes de tração do concreto, provocando a indesejada fissuração de origem térmica da estrutura (FURNAS, 1997).

Nesse aspecto, entende-se que para a concepção de elementos estruturais envolvendo concreto massa, como a sapata enfoque deste artigo, são necessários cuidados especiais, no que tange o **estudo de dosagem** racionalizado do concreto (por exemplo, com o menor consumo de cimento possível, informando a necessidade ou não do uso de gelo), a **simulação térmica** eficiente (capaz de informar a necessidade ou não de concretagens em mais de uma camada, bem como fornecer subsídios para elaboração de um plano detalhado de concretagem), o **procedimento executivo** apropriado (capaz de fornecer diretrizes para controle da temperatura máxima de lançamento do concreto e outras particularidades) e ainda o **acompanhamento técnico** especializado dos eventos de concretagem, a fim de minimizar potenciais manifestações patológicas futuras (por exemplo, fissurações de origem térmica).

3 Dados básicos do projeto de fundações, estudos e simulações

Conforme projeto elaborado pelo Escritório Técnico França & Associados S/C Ltda., a *Sapata S3B* se trata de um elemento estrutural de fundação maciço em concreto armado de seção transversal escalonada, com comprimento de 28m, larguras de 5,5m (na base) e 2,5m (no topo), altura total de 4m e volume de 448m³. A referida sapata possui ainda uma aresta chanfrada (provavelmente devida à proximidade com outro elemento estrutural) e duas saliências localizadas em uma de suas faces laterais (figura 2).

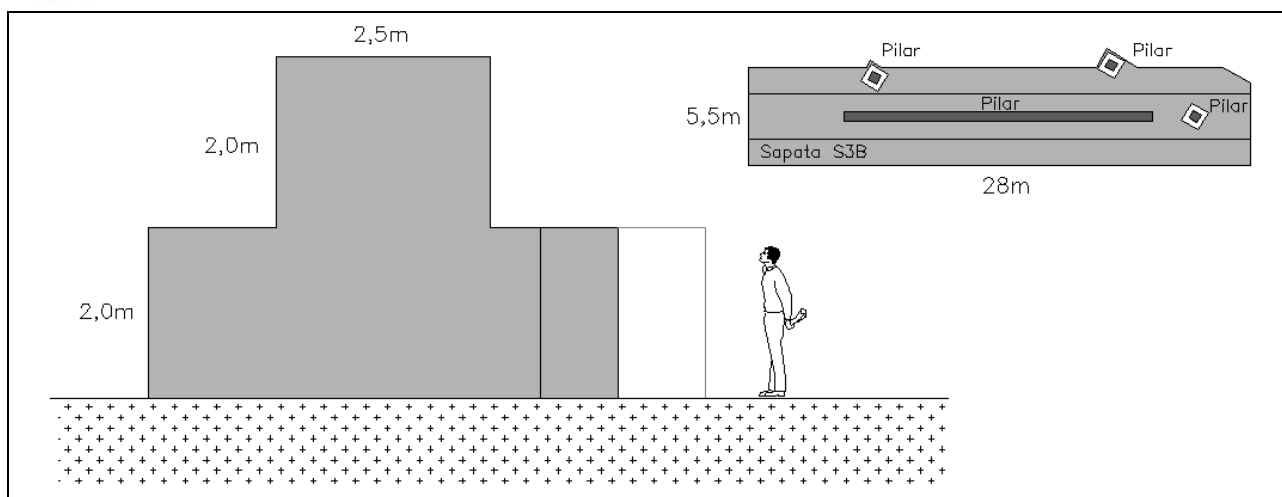


Figura 2 – Croqui da Sapata S3B: em corte transversal (à esquerda) e em planta (à direita).

A resistência característica à compressão aos 28 dias do concreto especificada em projeto foi de $f_{ck} \geq 40\text{MPa}$ e o módulo de elasticidade de $E_c \geq 30\text{GPa}$ (correspondente a uma tensão de 12MPa). Além disso, o projeto também prescrevia uma classe de agressividade ambiental moderada (Classe II) e uma relação água/cimento máxima de 0,45.

A taxa de aço global do elemento era da ordem de 90kg/m^3 . Entretanto, em função do plano de concretagem ser definido em duas etapas distintas (conforme será explanado adiante neste artigo), foi incorporada uma armadura horizontal complementar em forma de malha dupla bidirecional com $\varnothing 16\text{mm}$ a cada 15cm e, em virtude dos resultados obtidos na simulação térmica, as barras horizontais corridas, localizadas nas faces laterais da sapata (especificadas em projeto com bitola de $\varnothing 10\text{mm}$), foram substituídas por barras de bitola $\varnothing 16\text{mm}$ (figura 3, destacado em vermelho). Estas modificações elevaram a taxa de aço global para aproximadamente 110kg/m^3 .

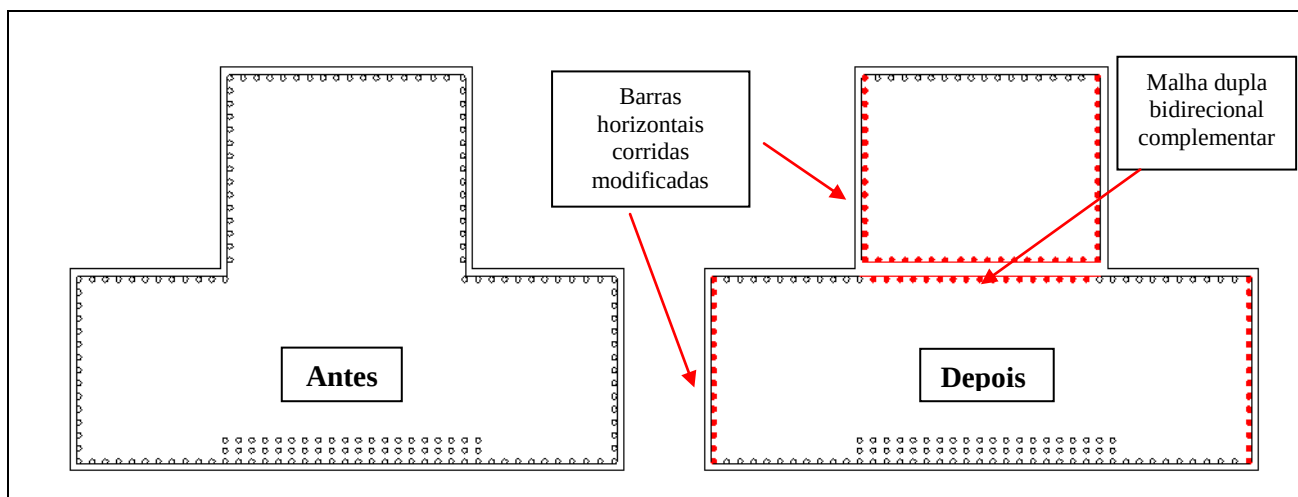


Figura 3 – Modificações realizadas em função do plano de concretagem e dos resultados obtidos na simulação térmica (situação antes e depois).

O concreto utilizado na *Sapata S3B* foi desenvolvido pela PhD Engenharia (Consultora de Tecnologia do Concreto da Construtora Odebrecht) em conjunto com a empresa Polimix (fornecedora do concreto) mediante extenso estudo de dosagem realizado no laboratório desta última, localizado na cidade de Santana de Parnaíba, SP.

Baseando-se em adaptações das diretrizes do método de dosagem IPT/EPUSP (HELENE,1992) o traço da tabela 1 foi desenvolvido em função dos insumos disponíveis, das particularidades do canteiro (importante ressaltar que a central dosadora de concreto estava localizada em obra) e em conformidade com as prescrições das normas ABNT NBR 12655:2006 “*Concreto de cimento Portland – Preparo, controle e recebimento – Procedimento*” e ABNT NBR 15823:2010 “*Concreto auto-adensável*”, bem como as especificações do projeto estrutural.

Tabela 1 – Traço do concreto, em materiais secos, com f_{ck} previsto para 40MPa aos 28dias de idade para 1m³ de concreto, aplicado na *Sapata S3B*.

Traço do concreto	Concebido para f_{ck} 40 MPa
consumo de cimento por m ³ (CP III-40-RS - Votorantim)	380kg
adição de sílica ativa (Tecnosil)	20kg
relação água/(cimento+adição)	0,45
água (da umidade das areias, média ponderada fixada em 4,2%) + gelo total	180kg
areia fina natural (Extrabase)	364kg
areia artificial, areia de brita (Pedreira Constran)	546kg
brita 0 (Pedreira Constran)	279kg
brita 1 (Pedreira Constran)	651kg
aditivo polifuncional (Maximent PX50, MAXCHEM)	2,3kg
aditivo superplastificante (Glenium SCC 160, BASF), 1,2% SPC	4,6kg
100% de gelo em substituição à água livre de amassamento (materiais úmidos, umidade da areia natural de 6% e 3% para artificial)	140kg

Precedentemente à concretagem da *Sapata S3B*, foi realizado um evento protótipo (simulação em caminhão betoneira) para avaliar o comportamento do concreto estudado em laboratório nas condições de obra. Na oportunidade, observou-se que, em alguns casos, a quantidade de aditivo superplastificante (*Glenium SCC 160* da *BASF*) poderia ser reduzida, em virtude da energia de mistura do caminhão betoneira e também das condições climáticas.

Baseado nos resultados satisfatórios obtidos no estudo de dosagem realizado e no evento protótipo mencionado, iniciaram-se os estudos teóricos de simulação térmica, objetivando a definição de um plano de concretagem coerente com as peculiaridades do elemento estrutural, do projeto e da obra.

Este estudo foi realizado por meio da utilização do programa *b4cast 3.27*, que emprega o Método da Maturidade (calculada pela equação de *Arrhenius*), segundo a *ASTM C 1074-11 “Standart practice for estimating concrete strength by the maturity method”*. O programa se baseia no método de elementos finitos, sendo capaz de simular o histórico

de evolução das temperaturas e das tensões oriundas das diferenças de temperatura no interior do elemento.

A simulação térmica preliminar indicou que a concretagem da *Sapata S3B* deveria ser realizada em quatro etapas (ou seja, quatro eventos de concretagem em camadas de 1m de espessura cada) com intervalos de 7dias e temperatura máxima de lançamento do concreto de 18°C. Entretanto, por questões relacionadas com o cronograma da obra, estudou-se a possibilidade da concretagem do elemento estrutural somente em duas camadas com 2m de espessura e intervalo de concretagem de 7dias com uma temperatura de lançamento de 13°C (condição possível, pois, conforme já mencionado, a usina fornecedora de concreto se localizava dentro do canteiro de obras).

De acordo com as premissas adotadas e consideradas no programa (no que tange as temperaturas) para o novo estudo envolvendo somente duas camadas, o primeiro pico ocorreu 70horas após o início da concretagem (na primeira camada) e equivaleu a 57,6°C. O segundo pico ocorreu 238horas após o início da concretagem da primeira camada e equivaleu a 59,0°C (gráfico de temperaturas, figura 4).

A simulação térmica ainda indicou três picos de tensões de tração na primeira camada ocorrendo a 90horas, 168horas e 237horas, equivalentes a 4,4MPa, 4,9MPa e 4,1MPa, respectivamente. Em relação à segunda camada, a simulação indicou um pico de tensão de tração máxima ocorrendo após 237horas (do início da concretagem da primeira camada) com valor igual a 6,5MPa (gráfico de tensões de tração, figura 4).

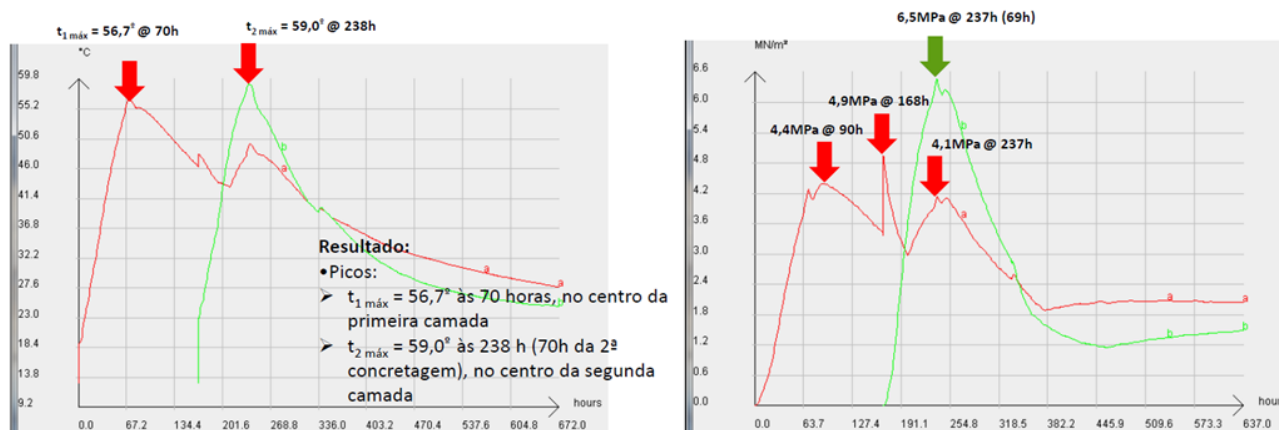


Figura 4 – Gráficos de temperaturas (à esquerda) e tensões de tração (à direita) obtidas no estudo e simulação térmica da *Sapata S3B*.

Diante dos resultados obtidos na simulação térmica e em virtude do plano de concretagem em duas camadas, visando minimizar o risco de fissuração por origem térmica, inseriu-se uma malha dupla complementar bidirecional e modificou-se as bitolas das barras corridas longitudinais, conforme já indicado na figura 3.



4 Procedimento executivo

Os procedimentos recomendados para a concretagem da *Sapata S3B* se basearam nas prescrições das normalizações nacionais vigentes (principalmente na ABNT NBR 14931:2004 “*Execução de estruturas de concreto – Procedimento*”) e nas boas práticas de engenharia.

Inicialmente, logo após conclusão dos serviços de escavação, foi executado sobre o solo previamente preparado (nivelado, compactado etc.), um lastro de concreto magro com espessura mínima de 5cm. Este lastro foi considerado como uma “fôrma perdida” do concreto estrutural da sapata e mereceu os mesmos cuidados de precisão dimensional, planeza e acabamento superficial.

Posteriormente, foi aplicado sobre o mesmo duas demãos generosas de um revestimento à base de cal (caiação), com a finalidade de atuar como camada de separação entre o lastro e a superfície inferior da sapata, bem como minimizar as restrições e colmatar eventuais fissurações.

Como espaçadores, na face inferior da sapata, foi recomendado o uso de cordões de argamassa estrutural a cada 50cm de forma a garantir o cobrimento mínimo exigido em projeto (5cm). Recomendou-se ainda que o traço de argamassa empregado na confecção desses cordões estruturais fosse igual (ou mais rico) que o traço da argamassa do concreto com f_{ck} de 40MPa (apresentado na tabela 1).

Sobre a concretagem propriamente dita, esta foi realizada em duas etapas, sendo que na primeira foram utilizados 315m³ de concreto auto-adensável (traço da tabela 1) transportados em 45 caminhões betoneira com capacidade de 9m³. Salienta-se que foram transportados apenas 7m³ de concreto por caminhão (premissa do procedimento executivo), fato que proporcionou uma mistura mais homogênea e, conseqüentemente, acarretou menos problemas na concretagem. Após a conclusão dessa etapa de concretagem, visando promover rugosidade da superfície e melhorar a aderência entre camadas, foi efetuada a aplicação manual de brita sobre a superfície do concreto já endurecida ao tato (“salpicando” a mesma).

Previamente ao evento de concretagem da camada subsequente (segunda camada), a superfície da camada anterior foi devidamente saturada. O conceito empregado para aderência entre as camadas foi o de: superfície rugosa na condição “saturada superfície seca”.

A segunda camada foi concretada 7dias após a primeira e consumiu um volume de 143m³ de concreto. Nesta etapa foram utilizados 21 caminhões betoneira com no máximo 7m³ de concreto (mesmas premissas da concretagem da primeira etapa). O evento de concretagem de uma das camadas pode ser observado na figura 5.



Figura 5 – Evento de concretagem da *Sapata S3B*.

Para que a temperatura de lançamento do concreto não superasse os 13°C previstos, foi estabelecido previamente que toda a água de amassamento fosse substituída por gelo (premissa mediante simulação térmica), exceção feita à água incorporada aos agregados miúdos (umidade das areias). Por praticidade, baseado no histórico de umidades dos agregados, admitiu-se, na ocasião do estudo de dosagem, a umidade fixa de 6,0% para a areia natural e de 3,0% para a areia artificial. Portanto, a quantidade de gelo no traço foi constante para todos os caminhões betoneira, sendo essa quantia fixada em 140kg/m³, com a ressalva explícita de um procedimento de correção para o caso de dias chuvosos ou na detecção de cargas de areia com valor de umidade elevada aferidas pelas equipes de controle da usina.

Durante os dois eventos de concretagem da *Sapata S3B* as temperaturas de recebimento do concreto foram aferidas em todos os 66 caminhões betoneira. Para tanto, foram utilizados termômetros infravermelhos portáteis de mira laser. Inclusive, as temperaturas obtidas (apresentadas graficamente na figura 6) foram adotadas como um dos critérios de aceitação do concreto.

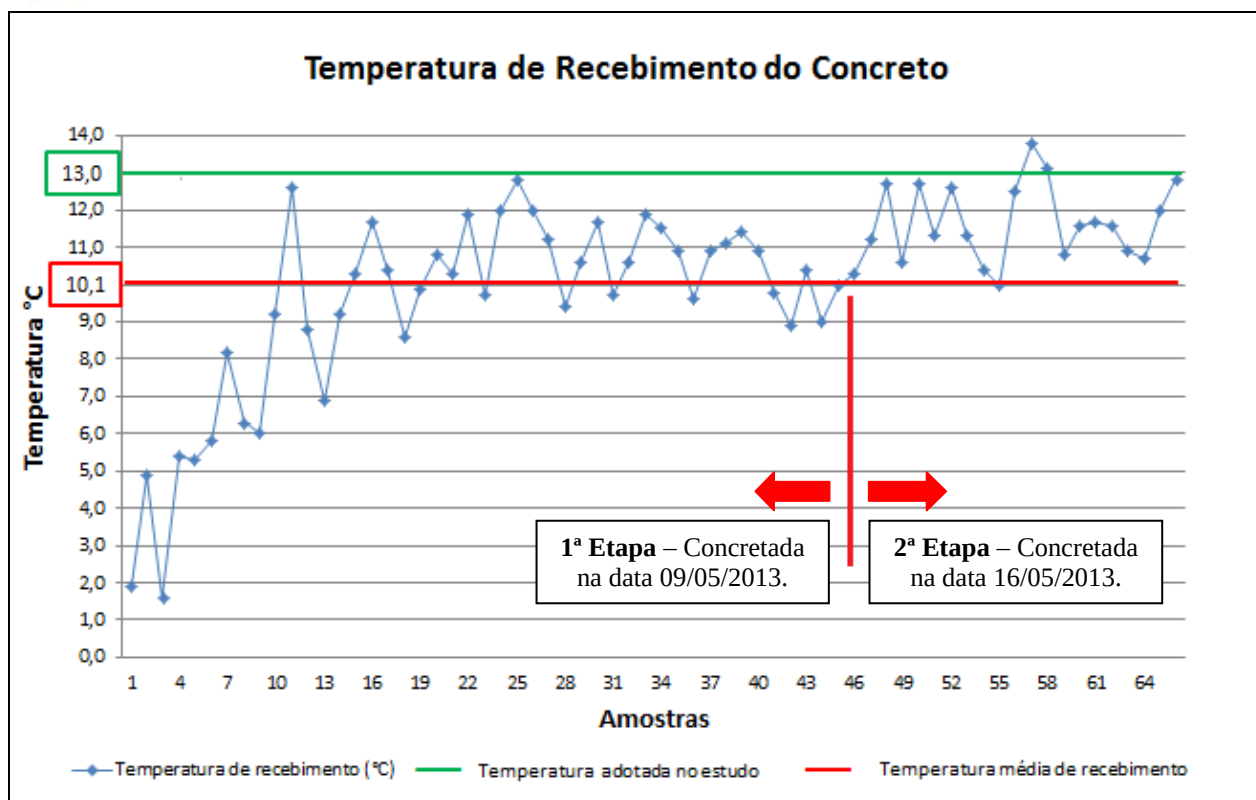


Figura 6 – Gráfico da temperatura de recebimento do concreto utilizado na Sapata S3B.

No gráfico anterior é possível observar que foram aceitos dois caminhões betoneiras cujo concreto apresentava temperatura acima dos 13°C previamente estabelecido. Tal fato se justifica mediante ao pequeno acréscimo de temperatura observado nesses caminhões (temperaturas de recebimento de 13,8°C e 13,1°C) e, principalmente, ao intervalo de lançamento do concreto do caminhão precedente (intervalo superior a 1hora) o que poderia acarretar num problema pior: juntas de concretagem não previstas.

Ainda, observa-se que a temperatura média de lançamento foi de 10,1°C (considerando os dois eventos de concretagem), ou seja, inferior aos 13°C adotado no estudo térmico. Também merece destaque os primeiros caminhões recebidos no evento de concretagem, datado de 09/05/2013, que apresentaram temperaturas de lançamento extremamente baixas (inferiores a 5°C, conforme exemplo da figura 7). Tal fato pode ser atribuído a uma combinação de fatores: localização da usina de concreto (em canteiro de obras), baixa temperatura dos insumos na ocasião da concretagem (inclusive a do gelo, que foi aferida em -3,4°C) e, principalmente, pela baixa temperatura ambiente no horário de lançamento do concreto (da ordem de 11°C).



Figura 7 – Exemplo da aferição da baixa temperatura de lançamento do concreto durante a execução da primeira camada da Sapata S3B (data 09/05/2013).

Além da aferição da temperatura de recebimento, também foram realizados ensaios relacionados com a determinação do espalhamento do concreto (critério adotado: *slump-flow* compreendido entre 550 e 800mm), em conformidade com as prescrições da norma ABNT NBR 15823-2:2010 “*Concreto auto-adensável - Parte 2: Determinação do espalhamento e do tempo de escoamento – Método do cone de Abrams*”. Na oportunidade também se observou o aspecto visual satisfatório do concreto auto-adensável, sem exsudação e segregação aparente (figura 8).



Figura 8 – Detalhe do espalhamento e do aspecto visual do concreto auto-adensável utilizado na Sapata S3B.

Apesar de se tratar de um concreto auto-adensável, especificamente para esse elemento estrutural, foi recomendado o uso moderado de adensamento com vibrador de imersão na base e nas bordas da sapata, com o intuito de assegurar que o concreto ingressasse nessas regiões com elevada taxa de aço (evidentemente, o concreto possuía coesão suficiente para essa operação, além de acompanhamento técnico especializado dessa demanda).

Por fim, imediatamente após a conclusão da concretagem da segunda camada do elemento de fundação, iniciou-se a cura úmida por meio da utilização de manta de cura encharcada por um prazo de 7 dias. Tal procedimento, também adotado na primeira

camada na região onde não havia projeção com a segunda (“degrau”), objetivou minimizar os riscos de fissuração do elemento estrutural.

5 Resultados

5.1 Integridade

Após concretagem e remoção das fôrmas da *Sapata S3B*, a PhD Engenharia e a equipe da Construtora Odebrecht realizaram, em todas as faces expostas do elemento estrutural em questão, uma minuciosa inspeção visual em busca de eventuais fissuras de origem térmica e ainda outras oriundas do fenômeno de retração do concreto. Nesse contexto, observa-se que não foram encontradas fissurações ou qualquer outro tipo de falha de concretagem significativa que comprometesse a integridade do elemento estrutural ou sua durabilidade.

5.2 Controle tecnológico (resistência e módulo de elasticidade)

No que diz respeito ao controle tecnológico do concreto, foram realizados ensaios de resistência à compressão por amostragem total (em 100% dos caminhões betoneiras) aos 7, 28 e 63 dias de idade e ensaios de módulo de elasticidade secante no concreto em 6 (seis) caminhões betoneiras escolhidos aleatoriamente (3 na primeira e 3 na segunda camada).

Todos os resultados atenderam as exigências de resistência à compressão ($f_{ck} \geq 40\text{MPa}$) e módulo de elasticidade ($E_c \geq 30\text{GPa}$, para uma tensão correspondente de 12MPa) especificadas no projeto estrutural. Observou-se que o resultado mais baixo de resistência à compressão obtido foi de 43,8MPa e o módulo de elasticidade secante do concreto foi da ordem de 35GPa, conforme relatórios de ensaio divulgados pela empresa Falcão Bauer (responsável pelo controle tecnológico do concreto). Os resultados de resistência à compressão aos 28 dias obtidos estão apresentados graficamente na figura 9.

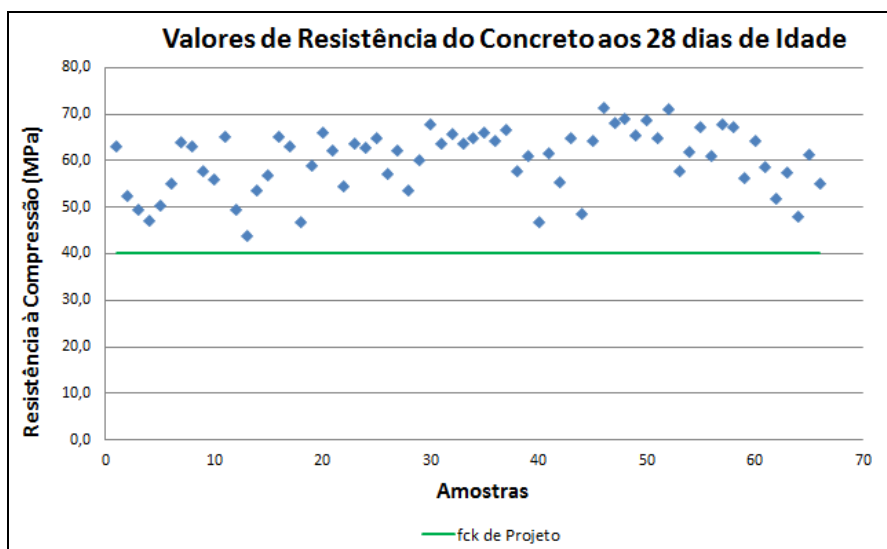


Figura 9 – Resultados de resistência à compressão aos 28 dias de idade.

5.3 Temperaturas aferidas no interior da *Sapata S3B*

Ainda, com a finalidade de verificar os resultados teóricos obtidos na simulação térmica, as temperaturas do concreto efetivamente aplicado no centro da primeira camada do elemento de fundação foram monitoradas por um período de 14 dias (figura 10). Para tanto, foi utilizado um cabo termopar tipo “K” de cobre *constantã*, conectado a um termômetro digital da marca MINIOA, modelo MT600.

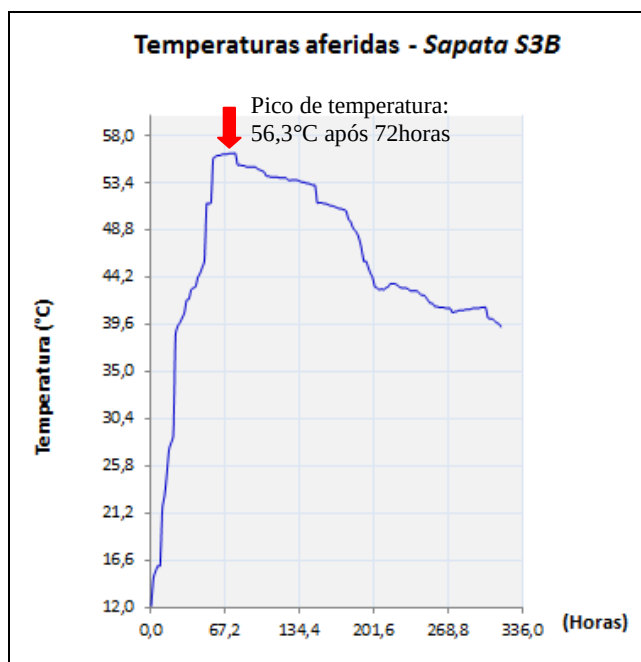


Figura 10 – Gráfico da evolução de temperatura do concreto no centro da primeira camada da *Sapata S3B*.

O pico real de temperatura ocorreu no centro da camada monitorada e atingiu um valor de 56,3°C (72 horas após a concretagem). Este valor (indicado na figura anterior) ficou muito próximo do pico teórico (56,7°C após 70 horas, conforme evidenciado no gráfico da figura 4), fato que, neste caso específico, demonstrou a confiabilidade do modelo adotado.

6 Considerações finais

Este artigo, elaborado com base nas prescrições das normalizações vigentes e em literaturas consagradas no meio técnico, visou demonstrar que o desenvolvimento prévio de estudos de dosagem e simulações térmicas, bem como a proposição de procedimentos executivos rigorosos e, principalmente, o controle e acompanhamento técnico especializado dos eventos de concretagem, foram fatores determinantes para promover um elemento estrutural íntegro e em conformidade com as especificações de projeto.

Sendo assim, como menção final, observou-se que as premissas observadas neste artigo, tanto teóricas (previamente às concretagens) quanto práticas (durante e após as concretagens), possibilitaram um resultado final satisfatório, revelando-se como uma boa alternativa para o uso em projetos similares envolvendo concreto massa.



Agradecimentos

Os autores agradecem a Odebrecht Realizações Imobiliárias (OR) pela permissão da publicação deste artigo, em especial ao Eng. Ricardo Francisco Coelho pelo apoio, seriedade e colaboração.

Referências

AMERICAN CONCRETE INSTITUTE. COMMITTEE 207. **ACI 207.1R-05: Guide to Mass Concrete**. Farmington Hills, USA. 2005.

AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS – ASTM. “**Standard practice for estimating concrete strength by the maturity method**”. **ASTM-C 1074**. West Conshohocken, 2011. 10p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 6118: Projeto de estruturas de concreto – Procedimento**. Rio de Janeiro, 2007. 227p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 14931: Execução de estruturas de concreto – Procedimento**. Rio de Janeiro, 2004. 54p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 6122: Projeto e execução de fundações**. Rio de Janeiro, 2010. 91p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 12655: Concreto de cimento Portland – Preparo, controle e recebimento - Procedimento**. Rio de Janeiro, 2006. 18p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15823-2: Concreto auto-adensável Parte 2 – Determinação do espalhamento e do tempo de escoamento – Método do cone de Abrams**. Rio de Janeiro, 2010. 9p.

FURNAS. – Laboratório de Concreto; Andrade, W. P. (Ed.). **Concretos: massa, estrutural, projetado e compactado com rolo – ensaios e propriedades**. PINI. São Paulo, 1997. 1v.

HELENE, P; TERZIAN, P. **Manual de dosagem e controle do concreto**. PINI /SENAI. São Paulo.1993. 189p.

ISAIA, G. C. (Ed.). **Concreto: Ciência e tecnologia**. IBRACON 1º edição. São Paulo, 2011. 2v.

MEHTA, P. K; MONTEIRO, J. M. – **Concreto – Microestrutura, Propriedades e Materiais**. IBRACON 3ª edição. São Paulo, 2008. 674p.

NEVILLE A. M.; BROOKS, J. J. – **Tecnologia do concreto**. 2ª Edição – Porto Alegre, 2013. 448p.