



## Recomendações para a concepção de pilares inclinados em concreto aparente. Caso MIS-RJ.

*Recommendations to cast inclined columns of exposed concrete. MIS-RJ Case.*

Carlos Brites (1); Jéssika Pacheco (2); Suely Bueno (3); Paulo Helene (4)

(1) Departamento de Engenharia de Construção Civil da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. PhD Engenharia. [carlos.brites@concretophd.com.br](mailto:carlos.brites@concretophd.com.br)

(2) PhD Engenharia. [jessika.pacheco@concretophd.com.br](mailto:jessika.pacheco@concretophd.com.br)

(3) Escritório Técnico Julio Kasoy e Mario Franco Eng. Cívica Ltda. (JKMF). [suelybueno@jkmf.com.br](mailto:suelybueno@jkmf.com.br)

(4) Professor Titular da Universidade de São Paulo. PhD Engenharia. [paulo.helene@concretophd.com.br](mailto:paulo.helene@concretophd.com.br)  
Rua Visconde de Ouro Preto, 201 – CEP 01303-060 – São Paulo - SP

### Resumo

Com o intuito de tornar a nova sede do Museu da Imagem e do Som (MIS) um ícone arquitetônico de projeção mundial para a cidade do Rio de Janeiro, o escritório de arquitetura americano Diller Scofidio + Renfro, vencedor do concurso internacional promovido pela Secretaria de Estado e Cultura do Rio de Janeiro em parceria com a Fundação Roberto Marinho (FRM), propôs um museu futurista na forma de bulevar vertical com inclinações variadas. Este artigo apresenta os desafios e engenhosidades envolvidos na concepção dos pilares inclinados desta superestrutura de concreto aparente e de alta resistência. Os resultados demonstraram que o tipo de concreto, bem como os procedimentos executivos empregados, foram determinantes para a obtenção de elementos estruturais com integridade e estética condizentes com o requerido para esse tipo de projeto.

*Palavras-Chave: pilares inclinados, concretagens especiais, concreto aparente, concreto em orla marítima*

### Abstract

Aiming at turning the new building for the Museu de Imagem e do Som (MIS) into an international architectural landmark for Rio de Janeiro city, the american architectural bureau Diller Scofidio + Renfro, winner of the international competition provided by Secretaria de Estado e Cultura do Rio de Janeiro, together with Fundação Roberto Marinho (FRM,) proposed a futurist museum as a vertical boulevard with varying inclinations. This paper presents the challenges and the involved in designing inclined columns of this superstructure of exposed concrete and high strength. The results show that the concrete proportions and pouring method adopted were decisive to obtain structural elements with integrity and aesthetics required for this type of project.

*Keywords: inclined columns, special concrete casting, exposed concrete, concrete at seashore.*

## 1 Introdução

Conforme já abordado em Brites et al. (2013), a Secretaria de Estado e Cultura do Rio de Janeiro, em parceria com a Fundação Roberto Marinho (FRM), realizou recentemente um emblemático concurso internacional de arquitetura, visando a escolha de um projeto distinto e futurista para a nova sede do Museu de Imagem e do Som (MIS), com o intuito de torná-la um ícone arquitetônico de projeção mundial para a cidade do Rio de Janeiro. O escritório de arquitetura americano Diller Scofidio + Renfro foi vencedor deste concurso e o desenvolvimento do projeto no Brasil ficou sob a responsabilidade do escritório Índio da Costa Arquitetura, Urbanismo, Design e Transporte (Índio da Costa A. U. D. T.).

Localizada na Avenida Atlântica, em Copacabana, a 50m da orla marítima, a nova sede do MIS substituirá as instalações do museu aberto em 1965, que atualmente funciona em dois endereços simultaneamente, na Praça XV, região central da cidade, e na Lapa. A nova sede abrigará ainda o Museu Carmen Miranda, situado atualmente no bairro do Flamengo (CORBIOLI, 2011).

Nesse arrojado projeto, os arquitetos norte-americanos propuseram um museu na forma de bulevar vertical com sete pavimentos, percurso contínuo externo e volumetria que corresponde ao traçado de rampas e patamares sequencias. A nova sede do MIS, atualmente sendo construída pela Construtora Rio Verde e gerenciada pela Engineering, pode ser observada na figura 1.

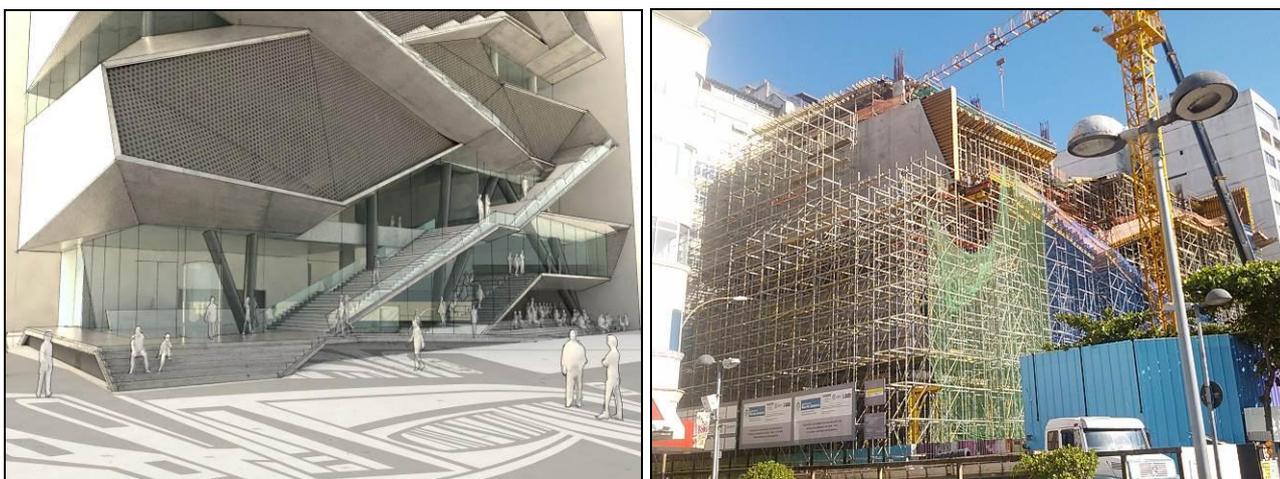


Figura 1- Ilustração da futura da Sede do MIS (esquerda) e obra em andamento (direita), em abril de 2014. Ilustração produzida pela Diller Scofidio + Renfro.

Com elementos em diversas formas e angulações, esta superestrutura demandou engenhosidades especiais, principalmente na concepção dos grandes paredões e dos pilares inclinados de concreto aparente e alta resistência (foco deste artigo) que, em alguns casos, possuem até 6m de altura por tramo e geometria atípica (a qual requereu o uso de fôrmas metálicas para a sua concepção).



Outros agravantes dessa concepção, além da garantia dos parâmetros estéticos e da alta resistência do material concreto (especificada em projeto como  $f_{ck}$  50MPa aos 28 dias de idade), estão atrelados com fatores climáticos (muito calor, é comum as concretagens serem realizadas com temperaturas da ordem de 35°C) e logísticos (a central fornecedora de concreto está instalada a uma distância de aproximadamente 30km da obra; num percurso na rota de turismo com tráfego intenso; em dias e horários comerciais, o padrão é que o caminhão demande no mínimo 1 hora no transporte do concreto).

O tipo de concreto empregado, bem como algumas práticas de bem construir e outras engenhosidades que estão sendo empregadas atualmente na concepção desses pilares inclinados, principalmente no que tange os parâmetros estéticos, serão abordados adiante. A maior parte dos procedimentos empregados consta nas premissas das normalizações nacionais vigentes (ABNT NBR 6118:2007; ABNT NBR 12655:2006; ABNT NBR 14931:2004 e ABNT NBR 15823:2010) e em literaturas internacionais consagradas (NEVILLE; BROOKS, 1987; KOSMATKA; WILSON, 2001; KENNEDY, 2005; LAMOND; PIELERT, 2006). No entanto, a maior parte do procedimento aplicado baseou-se na ABNT NBR 14931:2004, com pequenas adaptações, detalhes e melhorias.

## 2 Elementos estruturais em concreto aparente

É importante esclarecer que o concreto por si só, quando visto exclusivamente como um material de construção, não é suficientemente capaz de cumprir com todas as exigências rigorosas de acabamento e estética de um projeto em concreto aparente, como por exemplo, o do MIS-RJ. As especificações técnicas devem contemplar exigências de mesmo expoente para fôrmas, desmoldantes, escoramentos, espaçadores, armaduras, bem como outras práticas de bem construir que minimizem os efeitos de bolhas superficiais em excesso e fissurações generalizadas.

O resultado de uma superfície bem acabada de concreto aparente (textura e homogeneidade) também está diretamente relacionado a um estudo de dosagem adequado, bem como do desmoldante empregado para remoção das fôrmas, a qualidade do painel de fôrma propriamente dito e dos procedimentos exclusivos de lançamento e adensamento do concreto. Além disso, a cura e o prazo para a desfôrma podem impactar significativamente, sendo esse último mais relacionado com manchas e alterações mais proeminentes na coloração da peça, como variações de tonalidade (FONSECA; NUNES, 1998; NERO; NUNES, 2000; KIRCHHEIM et al., 2011).

Independentemente do conhecimento técnico e teórico de obras envolvendo o concreto aparente, a experiência tem demonstrado que o uso de simulações em campo e protótipos tornou-se uma ferramenta necessária e indispensável em projetos dessa natureza. Os protótipos em grande escala, por exemplo, colaboram significativamente para a verificação da combinação de fatores relacionados tanto com os materiais empregados na concepção dos elementos (concreto, desmoldantes e fôrmas), quanto com os procedimentos executivos (lançamento, adensamento, cura, escoramento e desfôrma).



Em elementos estruturais inclinados, como os pilares do MIS-RJ, um dos maiores desafios está atrelado com a redução da ocorrência de bolhas superficiais. Há de se destacar ainda que na face superior de um elemento inclinado a dificuldade de saída do ar aprisionado é um fato real e de solução muito complexa, agravado pelo uso de fôrma fechada e concreto autoadensável (que, por definição, não recebe nenhum tipo de adensamento). Normalmente, elementos estruturais inclinados são produzidos com fôrmas especiais (abertas / sem tampa) e com uso de concreto “seco” e posteriormente desempenado ou concreto projetado, condição inexecutável na obra em questão, em virtude da disposição dos pilares e de sua geometria (faces curvas).

Observa-se também que a probabilidade da não ocorrência de bolhas superficiais num elemento estrutural de concreto é nula, haja vista que o ar é intrínseco ao próprio material no estado fresco e ao seu procedimento de consolidação. O principal objetivo, portanto, seria o de conceber um material e um sistema de aplicação capaz de resultar numa quantidade mínima de bolhas superficiais (THOMPSON, 1969; READING, 1972; CCANZ, 1989).

Nesse aspecto, o CIB Report n. 24 (1974) contempla uma interessante classificação de bolhas superficiais no concreto onde se observa como baixo nível de incidência a classe n.1, ou seja, uma intensidade, quantidade e tamanho de bolhas bem reduzida e aceitável em projetos de concreto aparente com rigorosos padrões estéticos. Esse artigo teve como foco principal a busca da classe n.1 nos pilares inclinados do MIS RJ, com uso de concreto autoadensável e de alta resistência e outras engenhosidades no procedimento de execução.

### **3 Dados de projeto, insumos e procedimentos adotados no MIS**

#### **3.1 Histórico e dados básicos de projeto**

Inicialmente, o projeto vencedor do concurso, não havia considerado pilares inclinados em sua concepção, somente com alinhamento vertical. Entretanto, essa premissa ocasionava uma grande transição no teto do auditório e outras interferências (não tão críticas) relacionadas com a locação de dois pilares (um situado no fundo da plateia e outro na lateral do palco).

Algumas opções foram testadas na concepção do projeto arquitetônico, a fim de solucionar essas questões. Nesse aspecto, a adoção de uma enorme “treliça”, composta pelos pilares inclinados P21, P22, P22A e P23 (em destaque à direita na figura 2), melhorou o espaço disponível do auditório. Posteriormente, também foram criadas outras inclinações nos pilares P18 e P19 (em destaque à esquerda na figura 2) para que houvesse uma harmonia arquitetônica com a fachada e possibilitar um acesso mais amplo ao pavimento térreo.

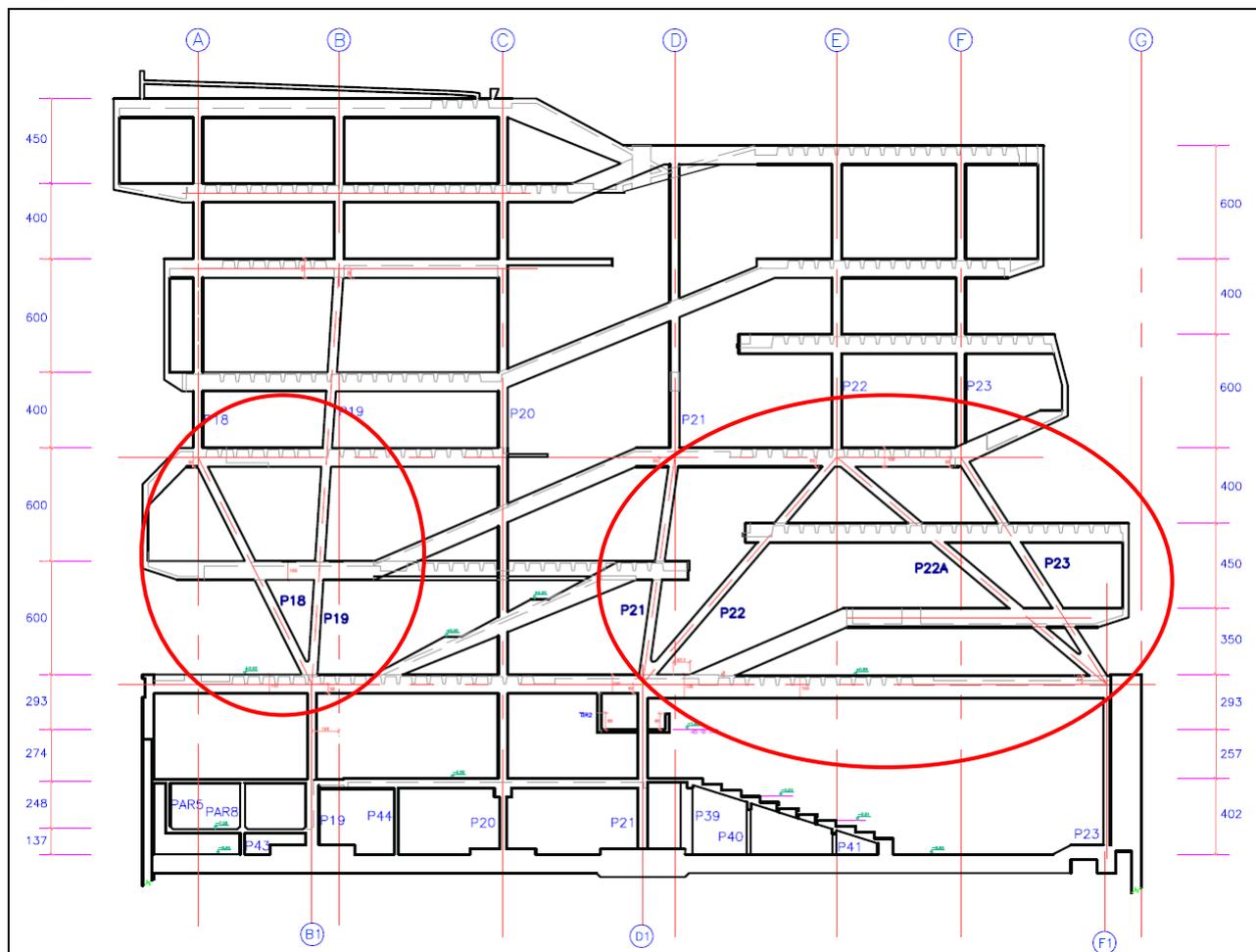


Figura 2 – Corte longitudinal da estrutura do MIS – RJ.

A geometria preliminar destes pilares inclinados previa uma elipse com diâmetro menor de 50cm e maior de 100cm. Entretanto, em vista das restrições impostas pela arquitetura, houve uma redução de aproximadamente 20% na área da seção transversal, o que culminou num aumento da taxa de aço de 6% para 8% nas seções mais carregadas. A taxa de aço dos pilares inclinados, portanto, foi da ordem de 500kg/m<sup>3</sup>.

Os pilares possuíam inclinações variando entre 40° e 90° e o dimensionamento estrutural foi realizado pelo Escritório Técnico Julio Kassoy e Mario Franco Eng. Civis Ltda. (JKMF). Os esforços nesses elementos foram calculados para as combinações de cargas de peso próprio, cargas permanentes restantes, sobrecargas de utilização, vento e hiperestáticas de protensão, e a carga máxima destes pilares foi de 800tf. As barras longitudinais da seção transversal dos pilares ainda foram dispostas em camadas, de modo que permitiam a passagem das armaduras e cabos de protensão das vigas longitudinais e transversais (que, em algumas ocasiões, atravessavam os mesmos). No projeto estrutural também foram previstas emenda das barras de aço por luvas (defasadas), devido à elevada taxa de armadura, com o intuito de colaborar nos procedimentos de concretagem.



### 3.2 Traço de concreto e insumos empregados

O concreto para a superestrutura aparente do MIS e, conseqüentemente, concepção dos pilares inclinados foi desenvolvido pela PhD Engenharia (Consultora de Tecnologia do Concreto da Fundação Roberto Marinho neste projeto) a partir de um extenso programa experimental, em conjunto com a empresa Votorantim Cimentos / Engemix S. A. (fornecedora do concreto), baseando-se em adaptações das diretrizes de Helene e Terzian (1992).

O desenvolvimento do concreto iniciou-se em outubro de 2011, aproximadamente um ano e meio antes da concretagem dos primeiros tramos de pilares inclinados (que ocorreu em julho de 2013). Ainda, diversos protótipos em diferentes escalas foram testados, além de outras simulações [o concreto no caminhão betoneira em adversidades climáticas e logísticas (trajeto), o tipo de lançamento, a energia da mistura, o tipo de bomba entre outros fatores fundamentais e decisivos para a concretagem desses elementos].

Também foi determinante o teste em protótipos no canteiro de obras, em escala real de inclinação, de altura de lançamento do concreto, geometria, taxa de aço e disposição da armadura, a fim de se aferir as condições do concreto no estado fresco, durante o seu lançamento (sua habilidade de preenchimento), bem como as posteriores resistências no estado endurecido.

É importante salientar que o traço candidato foi desenvolvido tendo em vista os insumos disponíveis no Rio de Janeiro [que não são os mais apropriados para um concreto autoadensável (especificado para classe de espalhamento SF2, ABNT NBR 15823:2010), com alta resistência e, conseqüentemente, elevado módulo de elasticidade (35GPa), conforme as especificações de projeto, por possuírem características deficientes]. O maior agravante no caso dos insumos foi o elevado valor do módulo de finura das areias [nas curvas granulométricas fornecidas pela empresa Engemix, usadas comumente em linha de produção na unidade do Caju, observava-se a ausência de finos nas duas areias (natural e artificial), o que conseqüentemente corresponde a um valor de módulo de finura mais elevado (entre 2,3 e 2,9, respectivamente)]. Esse fato culminou num consumo de cimento da ordem de 470kg/m<sup>3</sup>.

O traço de concreto, bem como a procedência dos insumos empregados na concretagem dos pilares inclinados do MIS, podem ser observados na tabela 1. Observa-se que não fora usada água de amassamento, além da contida nas areias (posteriormente descontada do quantitativo total de gelo). Toda a água livre de amassamento foi substituída por gelo em cubos com temperatura inicial especificada de -10°C (com uso de caminhão frigorífico e motor de refrigeração tipo Thermo King). A especificação técnica para recebimento do concreto em obra foi da ordem de 20°C de temperatura, a fim de minimizar a ocorrência de fissurações de origem térmica. Na prática, essa temperatura foi da ordem de 25°C em dias muito quentes.



Tabela 1. Traço dos pilares inclinados do MIS, em materiais secos, com  $f_{ck}$  previsto de 50MPa aos 28 dias de idade para 1m<sup>3</sup> de concreto.

Traço do concreto	concebido para $f_{ck}=50MPa$
consumo de cimento por m <sup>3</sup> (CP III-40 RS – Votoran Moagem Santa Cruz)	472kg
adição de sílica ativa (Tecnosil)	30kg
relação água/cimento+adição (aglomerantes)	0,37
água (da umidade das areias, média ponderada fixada em 5%) + gelo total	186kg
areia média natural (Sanimera)	700kg
areia artificial, areia de brita tipo II (A 21 Mineração)	123kg
brita 0 (A 21 Mineração)	426kg
brita 1 (ESAM Mineração)	426kg
fibras de polipropileno (Neomatex) (12mm)	0,6kg
pigmento (Bayferrox 318) ( simulado para 1%)	4,7kg
aditivo plastificante polifuncional (Muraplast FK 110, MC Bauchemie)	1,4kg
aditivo superplastificante (Glenium SCC 160 já com antiespumante incorporado, BASF) – pode também ser indicado como Glenium SCC 161, confirmar com o fabricante (coloração branca)	4,7kg
100% de gelo em substituição à água livre de amassamento (materiais úmidos, umidade da areia de 5% em média ponderada)	144kg (gelo)

Observa-se que para não comprometer a produção do concreto nos eventos de concretagem, admitiu-se, com base em um extenso histórico das umidades das areias da usina responsável pelo fornecimento do concreto, uma umidade fixada em 5% em média ponderada das duas areias (natural e artificial) e, portanto, a quantidade de gelo no traço foi constante para os caminhões betoneiras, sendo essa quantia fixada em 144kg por metro cúbico, com a ressalva explícita na especificação técnica de um procedimento de correção para o caso de dias chuvosos ou detecção de cargas de areia com umidade muito elevada aferidas pelas equipes de controle da usina.

O traço desenvolvido empregou fibras de polipropileno (comprimento de 12mm), com o intuito de minimizar eventuais fissurações por retração do concreto, bem como pigmento inorgânico a base de óxido de ferro, a fim de manter a homogeneidade estética dos elementos em virtude do uso de cimento tipo CPIII (a normalização brasileira permite uma variação no teor de escória de 35% a 70%, o que poderia impactar em variação de tonalidade).

### 3.3 Recomendações para o procedimento executivo

Toda especificação técnica foi redigida com base na ABNT NBR 14931. Além dos requisitos básicos contidos nessa norma, outras engenhosidades e melhorias foram essenciais para garantir a qualidade de acabamento (textura e homogeneidade) e estética dos elementos estruturais, sendo as principais relacionadas com um sistema eficiente de lançamento e adensamento do concreto.

### 3.3.1 Protótipos

Desde o desenvolvimento do traço de concreto em outubro de 2013, já havia a preocupação com a concepção de protótipos para a avaliação de diversos fatores (técnicos e estéticos). O histórico contempla protótipos de escala bem reduzida até pilares inclinados em escalas reais, o que foi fundamental para a execução destes elementos.

Inicialmente, no estudo de dosagem, pequenos cubos foram moldados para avaliar o tipo de desmoldante, o painel de fôrma e a coloração do concreto [na oportunidade, foram dosados diferentes teores de pigmentos (0%, 1% e 1,5%), a fim de não descaracterizar a tonalidade natural do concreto]. Logo após, uma parede vertical foi executada em janeiro de 2012 no canteiro de obras, para avaliação da habilidade de preenchimento do concreto autoadensável, a quantidade mínima de pontos de lançamento e a ocorrência de bolhas. Na sequência, foi moldada outra parede já com formato inclinado para avaliação destes mesmos parâmetros, com atenção especial à incidência de bolhas. O evento mais ousado foi a construção de três protótipos de grande escala no pátio da usina fornecedora de concreto, onde se avaliou com clareza os diferentes sistemas de fôrmas empregados, bem como o acabamento do concreto autoadensável em inclinações variadas (além dos outros fatores já mencionados). Na oportunidade também se verificou os procedimentos de aplicação dos sistemas de proteção superficial do concreto. O elenco de protótipos pode ser observado na figura 3.



Figura 3 - Elenco de protótipos do MIS-RJ.



O protótipo concebido no pátio da usina da fornecedora de concreto foi muito importante para avaliar diversos fatores já mencionados, entretanto ainda não havia simulado um pilar inclinado, somente algumas paredes dobradas e outras inclinações mais acentuadas na laje superior.

Isto posto, decidiu-se por simular um protótipo em obra, em escala real, de um pilar conjugado na base e inclinado [angulações inferiores a 45°, com as mesmas condições de projeto (no pior caso de execução)], com o uso de fôrmas metálicas. Para a concepção desse protótipo (figura 3a), algumas premissas foram adotadas quanto ao produto (concreto autoadensável, apresentado na tabela 1) e a metodologia (procedimento de lançamento), a fim de se conceber um elemento em concreto aparente com a mínima quantidade possível de bolhas superficiais e fissurações, ou seja, objetivando um elevado padrão estético.

Para lançamento do concreto, restringiu-se a altura em 2m, para se evitar qualquer indício de segregação do material e, além disso, proveu-se um tubo para transporte do concreto, de modo que toda a sua argamassa chegasse uniforme à base do elemento, sem perdas nas armaduras ou fôrmas. Na extremidade superior desse tubo ainda foi adaptado um balde metálico “sem fundo” para captar todo o concreto despejado (figura 3b). O concreto foi lançado de modo que o preenchimento do pilar fosse no sentido “de baixo para cima”, colaborando para a saída do ar aprisionado e minimizando sobremaneira a formação de bolhas nessa operação. Para minimizar ainda mais esse efeito, o lançamento do concreto foi realizado em baixa velocidade, através de pequenas porções divididas em baldes de 10litros (figura 3c). É interessante observar ainda que o tubo inserido no interior do pilar estava distante 40cm da base, e que o mangote de um vibrador de imersão (figura 3d) foi introduzido no mesmo, de modo que sua agulha ( $\varnothing 35\text{mm}$ ) praticamente encostava na base do pilar, ou seja, somente o comprimento da agulha permanecia para fora do tubo.

A partir do momento em que o concreto preenchia todo o comprimento da agulha do vibrador (aproximadamente 40cm), o lançamento era interrompido e a porção de concreto era levemente adensada, de modo que não havia interferência com as armaduras e nem com outra porção de concreto sendo despejada sobre esta (o que não permitiria a saída do ar aprisionado). Apesar de se tratar de um concreto autoadensável, esse procedimento foi necessário para se alcançar o resultado estético final desejado. Evidentemente, o concreto possuía coesão suficiente para suportar este leve adensamento sem segregação e, além disso, o vibrador era acionado entre 5s e 10s, apenas.

Esse sistema foi se repetindo (sucessivamente) até a metade do elemento e então o tubo foi removido e o concreto lançado (ainda com uso de baldes) em camadas de 30cm a 40cm (referenciadas pelo comprimento da agulha do vibrador) e levemente adensado. É muito importante observar que a cada adensamento, o lançamento era interrompido e somente retomado após essa operação.



(a) Detalhe da fôrma metálica do protótipo inclinado em escala real, precedentemente a concretagem.



(b) Detalhe do tubo com balde metálico “sem fundo” adaptado na extremidade superior a ser inserido no protótipo.



(c) Detalhe dos baldes para lançamento do concreto em pequenas porções.



(d) Detalhe do mangote do vibrador introduzido no interior do tubo de transporte do concreto.

Figura 3 - Engenhosidades empregadas na concepção do protótipo inclinado.

Simultaneamente, uma equipe munida de martelos de borracha provia pequenos impactos na parte externa fôrma metálica, com o intuito de eliminar qualquer bolsão de ar formado nessa região (por efeito parede). Além disso, foi empregado nessas fôrmas o produto DESFORM 70, um desmoldante especial biodegradável a base de hidrocarbonetos alifáticos, com efeito antibolhas, fornecido pela GRACE/Rheoset. Outro fator importante a ser observado é que quando o concreto fresco atingiu o topo do elemento houve um extravasamento significativo de material, de modo que toda a exsudação de água e finos, comum nesse tipo de concretagem, fosse descartada e a massa realmente atingisse a cota superior da fôrma.

Os resultados do protótipo em concreto aparente podem ser observados na figura 4. A partir da concepção deste protótipo, foram reproduzidos os mesmos procedimentos nos pilares reais da obra.



Figura 4 – Resultado final do protótipo.

Como é possível observar na figura 4, não houve uma quantidade de bolhas superficiais que inviabilizasse a reprodução dos procedimentos em condições reais de obra, ao contrário, foi constatado um excelente padrão estético e as bolhas superficiais verificadas condiziam com o objetivo inicialmente proposto: alcançar a classe n. 1 do CIB Report n. 24 (1974). Neste protótipo também não foram observadas fissurações de qualquer natureza.

## 4 Resultados

### 4.1 Integridade e estética

Respeitada as premissas dos procedimentos executivos descritos no item precedente, houve a reprodução em condições reais de obra. Na figura 5 são observados alguns tramos de pilares inclinados em concreto aparente, já desformados, com padrão equivalente ao do protótipo anteriormente concebido.



(a) Detalhe de um tramo de pilar em concreto aparente já desformado, parte superior.



(b) Detalhe de um tramo de pilar em concreto aparente já desformado, parte inferior.



(c) Detalhe da face frontal de pilar em concreto aparente



(d) Detalhe da face oposta de pilar em concreto aparente

Figura 5 – Resultado final dos pilares inclinados reais em obra já desformados.

## 4.2 Controle tecnológico do concreto

Realizou-se também o controle tecnológico do concreto aplicado nos pilares [amostragem total (100%)]. A resistência à compressão foi avaliada durante o período de junho/2013 a janeiro/2014, onde foi obtida uma resistência média de 64,5MPa. Foi identificado que somente 1 (um) caminhão betoneira apresentou resistência à compressão abaixo do ANAIS DO 56º CONGRESSO BRASILEIRO DO CONCRETO - CBC2014 – 56CBC



especificado em projeto, com valor de 42,5MPa aos 28dias de idade (com suspeita, nesse caso específico, de erro relacionado com o controle tecnológico). Sendo assim, decidiu-se pela ruptura do corpo de prova reservado para o ensaio de 63dias de idade (que foi rompido em data precedente), o qual apresentou resistência de 68,2MPa, confirmando a suspeita inicial. Esse cenário foi apresentado ao projetista, que proveu a aprovação do mesmo, dispensando, quaisquer procedimentos adicionais como, por exemplo, o de reforço estrutural.

## 5 Considerações Finais

1. Considera-se que o conjunto formado por um estudo e desenvolvimento de um traço de concreto apropriado, a concepção de diversos protótipos, bem como engenhosidades implementadas através de pequenas adaptações, detalhes e melhorias nos procedimentos da ABNT NBR 14931 foram determinantes para a execução dos pilares inclinados da obra do MIS-RJ, resultando em elementos estruturais íntegros e com elevado padrão estético. Entende-se ainda que o conteúdo apresentado nesse artigo pode ser considerado como uma boa alternativa para obras envolvendo elementos inclinados em concreto aparente;
2. Considera-se também que este artigo possibilitou alertar quanto o uso adequado dos procedimentos descritos em normalizações nacionais vigentes e em literaturas consagradas, associados com boas práticas de engenharia e técnicas de bem construir, são favoráveis para um resultado final satisfatório; nesse caso específico, para minimizar sobremaneira o efeito de bolhas superficiais e fissurações em elementos de concreto aparente.

## Agradecimentos

Os autores agradecem a Fundação Roberto Marinho (FRM) pela permissão da publicação deste artigo, em especial ao Eng. André Marini pelo apoio, seriedade e colaboração.

## 6 Referências

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 6118: Projeto de estruturas de concreto: Procedimento. Rio de Janeiro, 2007. 221p.

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 14931: Execução de estruturas de concreto: Procedimento. Rio de Janeiro, 2004. 53p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 15823: Concreto auto-adensável. Rio de Janeiro, 2010.



BRITEZ, Carlos et al. Estanqueidade de Lajes de Subpressão. Caso MIS-RJ. In: 55º Congresso Brasileiro do Concreto, 2013, Gramado. Anais do 55º Congresso Brasileiro do Concreto. São Paulo: Ibracon, 2013. 16p.

CEMENT & CONCRETE ASSOCIATION OF NEW ZEALAND. IB 33: Specification and Production of Concrete Surface Finishes. Wellington, 1989. 28p.

CORBIOLI, N. Museu da Imagem e do Som, Rio de Janeiro. São Paulo, PROJETODESIG, ed. 372, Fevereiro de 2011. Disponível em <<http://www.arcoweb.com.br/arquitetura/diller-scofidio-renfro-museu-rio-16-03-2011.html>>. Acesso em 21/06/2012 às 17:52h.

FONSECA, António Adão da; NUNES, Ângela. Betão Branco: Fabrico, características e utilização estrutural. In: 2ª Jornada de Estruturas de Betão, 1998, Porto. FEUP, 1998. 20p.

HELENE, P. R. L.; TERZIAN, P. R. Manual de Dosagem e Controle do Concreto. São Paulo, PINI / SENAI, 1992. 189p.

INTERNATIONAL COUNCIL FOR BUILDING RESEARCH STUDIES AND DOCUMENTATION. Commission W 29. Concrete surface finishings. **CIB Report n. 24**, 1974. 8p.

KENNEDY, Lindsay K., ed. The Contractor's Guide to Quality Concrete Construction. 3ª ed. American Society of Concrete Contractors - ASCC, 2005.

KIRCHHEIM, Ana Paula et al. Concreto Branco. In: ISAIA, Geraldo C. (Ed.). Concreto: Ciência e Tecnologia. São Paulo: Ibracon, 2011. Cap. 46. p. 1683-1730.

KOSMATKA, Steven H; WILSON, Michelle L. Design and control of concrete mixtures. 15ª edição. Illinois: Portland Cement Association, 2011.

LAMOND, Joseph F., PIELERT, James H., eds. Significance of Tests and Properties of Concrete & Concrete-Making Materials. Pensilvânia: American Society for Testing & Materials - ASTM, 2006.

NERO, J. M. G.; NUNES, A. Fundamentos para a prescrição e utilização do Betão Branco. SECIL, Lisboa, 2000. 19 p.

NEVILLE, A. M.; BROOKS, J. J.. Concrete Technology. New York: Longman Scientific & Technical, 1987. 438 p.

READING, T. J., The Bughole Problem, ACI Journal, Mar. 1972, pp. 165-171.

THOMPSON, M. S. Blowholes in Concrete Surfaces. Concrete, (London), V. 3, nº 2, Feb. 1969, pp. 64-66.