

## DESENVOLVIMENTO E EXECUÇÃO DO APARATO DE PROTEÇÃO AO OVO

Aline Patrícia Hunemeier<sup>1</sup>, Maria Vitória Rempel<sup>2</sup>

**Resumo:** Com o objetivo de desafiar os alunos do curso de Engenharia Civil da Universidade de Vale do Taquari – UNIVATES na área de estruturas de concreto armado, foi realizada a primeira competição do Aparato de Proteção ao Ovo (APO) na instituição de ensino superior, que ocorreu durante o 11º Congresso de Ciência e Tecnologia do Vale do Taquari (CCTEC). Este APO foi desenvolvido com o propósito de suportar o maior número de cargas possíveis e ter uma baixa deformação. Para sua confecção foi utilizado o cimento CP V, sílica ativa, areia de granulometria até 0,15 mm, areia de até 0,30 mm, pedriscos de até 9,5 mm, água e fibra de polipropileno. Juntamente com a estrutura foram moldados dois corpos de prova, para posteriormente conhecer suas resistências através do ensaio de compressão. No dia da competição, o aparato de proteção ao ovo foi rompido, resistindo a 3 golpes. Os dois corpos de prova realizados e rompidos no mesmo dia do APO obtiveram as resistências de 33,40MPa e 30,94MPa.

**Palavras-chave:** Aparato de Proteção ao Ovo. Concreto armado. Pórtico. IBRACON.

### 1 INTRODUÇÃO

O aparato de proteção ao ovo (APO) é um dispositivo constituído por concreto armado que é submetido a um ensaio de carga dinâmica com o objetivo de apresentar resistência suficiente para proteger um ovo cozido sob a estrutura.

O ensaio realizado consistiu na queda de um cilindro de 15 quilogramas sobre o pórtico posicionado e fixado no gabarito, de modo a aumentar a altura de queda a cada impacto enquanto o ovo permanecesse intacto.

Para a confecção do aparato, utilizou-se o regulamento fornecido pelo Instituto Brasileiro do Concreto (IBRACON), o qual apresentava normas para inscrição e participação, materiais permitidos, explicação do ensaio e dimensões estabelecidas.

---

1 Graduanda em Engenharia Civil. Universidade do Vale do Taquari UNIVATES.

2 Graduanda em Engenharia Civil. Universidade do Vale do Taquari UNIVATES

Durante o desenvolvimento do projeto, buscaram-se alternativas e materiais que pudessem aumentar a resistência do aparato, tais como a sílica e os aditivos, procurando neste aspecto, ampliar os conhecimentos e evoluir de forma significativa, de modo a gerar contribuição tanto na vida acadêmica, quanto na vida profissional.

A ruptura do aparato de proteção ao ovo ocorreu no 11º Congresso de Ciência e Tecnologia do Vale do Taquari, (CCTEC) no dia 06 de outubro de 2017. O evento, promovido pela Universidade do Vale do Taquari - Univates, contou com a presença de todas as equipes que confeccionaram as estruturas.

## 2 MATERIAIS E MÉTODOS

### 2.1 MATERIAIS

Os materiais utilizados para a confecção do APO e suas características, atendendo aos requisitos exigidos pelo regulamento da competição, apresentam-se na Figura 1.

Figura 1 – Materiais utilizados para a confecção do concreto



Fonte: Autoras (2017).

Na Figura 1 é observado os materiais utilizados para o traço do concreto, sendo estes representados individualmente. Onde a letra “A” é a sílica ativa, “B” o cimento, “C” a areia de granulometria até 0,15 mm, “D” a areia de até 0,30 mm, “E” o agregado graúdo de até 9,5 mm e “F” a fibra de polipropileno.

### **2.1.1 Aço**

O aço escolhido para a concepção da armadura longitudinal foi o aço mola número 16, que apresenta diâmetro de 1,65mm. Já o material utilizado para a armadura transversal, foi o arame galvanizado número 19, com diâmetro de 1,07mm.

### **2.1.2 Aditivos**

Os aditivos utilizados na confecção do APO foram o Reoplast PCE, um superplastificante tipo II à base de policarboxilato, que, de acordo com o catálogo do fornecedor, possui um grande poder de dispersão, proporcionando um concreto com alta resistência inicial e final e com excelente trabalhabilidade e o Buildermix MD, um plastificante polifuncional que aumenta a trabalhabilidade e permite reduzir a água de amassamento; também é utilizado para aumentar a fluidez, atingir resistências à compressão mais elevadas e reduzir o consumo de cimento segundo o catálogo do produtor.

### **2.1.3 Água**

A água utilizada é proveniente da empresa Corsan responsável pelo abastecimento de água no município de Lajeado/RS.

### **2.1.4 Areia**

Foram utilizadas duas areias com diferentes granulometrias para a mistura do concreto, uma com o granulometria de até 0,15 mm e a outra até 0,30 mm. Ambas finas para possibilitar que o concreto gerado tivesse a menor quantidade de vazios possíveis, proporcionando assim maiores resistências.

### **2.1.5 Cimento**

O cimento utilizado para a confecção do concreto foi o CP V ARI da empresa Cimpor.

### **2.1.6 Desmoldante**

O desmoldante utilizado foi fornecido pelo Laboratório de Tecnologias da Construção, LATEC, localizado no prédio 17 da Univates.

### **2.1.7 Fôrma**

Para a confecção da fôrma, o material utilizado foi a madeira compensada feita com placas finas de entalhos de madeira. As camadas são unidas umas às outras cada uma com seu grão perpendicular à camada adjacente para proporcionar maior força e resistência.

A madeira foi o único material a ser adquirido para a realização do APO, pois todos os demais materiais foram disponibilizados pelo LATEC.

### **2.1.8 Agregado Graúdo**

O agregado graúdo adotado para execução dos ensaios foi a brita 0 que, conforme o Ministério de Minas e Energia (MME) tem sua granulometria na faixa de 4,8mm a 9,5mm

### **2.1.9 Sílica Ativa**

De acordo com a TECNOSIL (2017), a utilização da sílica ativa no concreto proporciona baixa porosidade, maior resistência mecânica, maior aderência entre a pasta e armadura, e pasta e agregados. Por conta destas propriedades utilizou-se a sílica ativa neste traço, pois além da alta resistência, é preciso que ocorra uma perfeita aderência entre os fios de aço e o concreto, principalmente pelo aço ser de pequeno diâmetro e não apresentar ranhuras em sua superfície, característica que auxilia na aderência. As partículas da Sílica Ativa são esféricas, vítreas e possuem um diâmetro médio menor do que 1µm.

### **2.1.10 Fibra de Polipropileno**

Para a determinação da fibra a ser utilizada no APO, buscou-se encontrar uma fibra que proporcionasse uma maior resistência ao impacto, considerando que a estrutura sofreria aplicação de cargas dinâmicas. A partir disto, foi utilizada a fibra de polipropileno, pois de acordo com a NTC Brasil, 2017, ela apresenta propriedades que reduzem as fissuras por retração, e aumentam a resistência a impacto do concreto, atingindo assim o objetivo estipulado para a fibra.

## **2.2 MÉTODO**

Para a realização do trabalho foram seguidos os passos determinados a seguir:

- Determinação do traço de concreto;
- Determinação dos modelos de armaduras a serem adotados;
- Confecção da fôrma de madeira;
- Corte e dobra das armaduras;

- Concretagem;
- Desforma;
- Cura;
- Ruptura.

### **2.2.1 Determinação do traço de concreto**

O APO é realizado com o intuito de resistir a cargas dinâmicas, buscando sempre seu melhor desempenho. Para a determinação do traço de concreto, optou-se pela utilização de fibras, com o propósito de melhorar as propriedades do concreto na resistência a cargas de impacto.

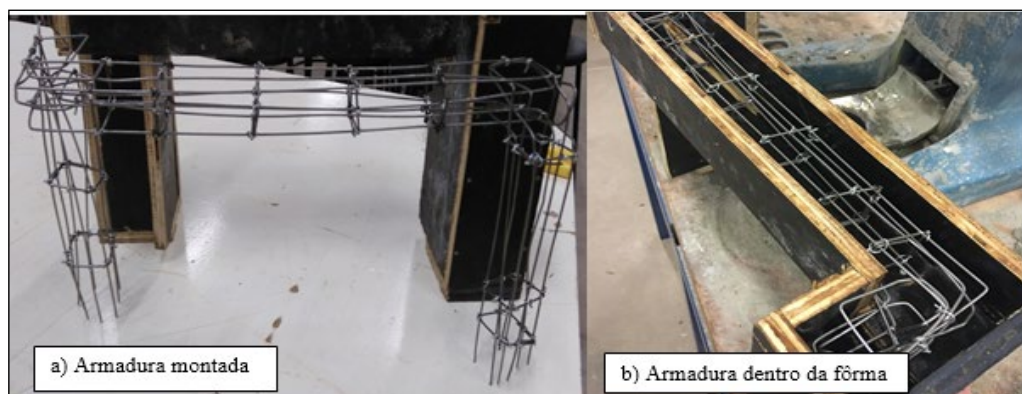
O traço inicial adotado foi de 1:0,23:0,33:0,18:0,39:0,03:0,19, sendo respectivamente representados por cimento CP V, sílica ativa, areia de granulometria até 0,15 mm, areia de até 0,30 mm, agregado graúdo de até 9,5 mm, aditivo superplastificante e água. Como pode-se perceber, a fibra não consta no traço, pois esta foi adicionada aos poucos durante a concretagem e observada a consistência adquirida pelo concreto.

Observa-se que o traço deste concreto é composto por materiais finos, com pequeno diâmetro das partículas. Buscou-se realizar um concreto com estas características, pois a estrutura é um pórtico de pequenas dimensões, sendo assim, possuindo pouco espaçamento entre as armaduras. Com um concreto mais fino, aumenta a probabilidade que ocorrerá um bom adensamento e não haverá vazios de concretagem, o que impactam drasticamente na redução da resistência mecânica.

### **2.2.2 Determinação da armadura**

Para a realização da armadura do aparato de proteção ao ovo, procurou-se, inicialmente, atender aos requisitos exigidos pelo edital do IBRACON, o qual determinava até 8 unidades de fios de aço a serem utilizados para armadura longitudinal, sendo seu diâmetro máximo de 1,65mm, e que fossem dispostos por todo pórtico sem emendas ou ondulações. Para a armadura transversal, seriam permitidos até 10 estribos com diâmetro máximo de 1,2mm.

Figura 2 – Forma com armadura montada



Fonte: Autoras (2017).

### 2.2.3 Confeção da fôrma

Com o traço e a armadura a serem utilizados determinados, houve a confecção da fôrma de madeira para o APO. Esta fôrma foi executada com compensado. A fôrma deveria ser feita com precisão, pois ela determinaria as dimensões finais do APO, e este, se não estivesse de acordo com o edital, poderia ser desclassificado.

Figura 3 – Vista frontal e superior da fôrma do pórtico



Fonte: Autoras (2017).



Na Figura 3 observa-se a dimensão do pórtico, sendo sua altura total de 25 cm, comprimento externo de 40 cm, e seção interna dos dois pilares e da viga de 5x5 cm.

#### 2.2.4 Concretagem e cura

A concretagem foi realizada em laboratório com a utilização de uma argamassadeira. Foram depositados todos os materiais, pouco a pouco, no recipiente até o adensamento correto do concreto, que foi colocado na fôrma com a armadura já posicionada e, posteriormente, adensado no adensador vibratório, conforme ilustra a Figura 4.

Figura 4 – Fôrma posicionada no adensador vibratório



Fonte: Autoras (2017).

Durante a concretagem, foi realizada a mistura de dois aditivos, sendo eles o Reoplast PCE e o Buildermix MD, pois houve a utilização do material disponibilizado pela Universidade e, desta forma, não havia a quantidade necessária do aditivo adotado no traço inicial do concreto.

Por conta da argamassadeira não suportar todo o volume de concreto a ser realizado em uma única mistura, a mesma foi realizada em duas etapas. O aditivo ideal para as duas misturas foi inserido todo na primeira, desta forma, a dosagem do mesmo dobrou em relação ao previsto no traço.

Com o concreto pronto e vibrado na fôrma, este foi colocado na câmara úmida com temperatura controlada de 23°C, com variação permitida de ( $\pm$ )2°C e umidade não inferior a 95% para sua cura; sendo a retirada da fôrma prevista para dois dias após a concretagem. Com a passagem dos dois dias, percebeu-se que o concreto ainda apresentava-se em estado fresco, motivo causado pelo excesso de aditivo na mistura.

Com o concreto ainda fresco, tomou-se a decisão de retirá-lo da fôrma com cuidado para não danificar a fôrma e a armadura, e optou-se por realizar a concretagem novamente. Para isto, repetiu-se o mesmo traço inicial, apenas não havendo a adição de nenhum tipo de aditivo, sendo a fibra novamente adicionada aos poucos durante o adensamento, de forma que os passos da vibração foram novamente seguidos. Juntamente com o APO, foram moldados dois corpos de prova a serem rompidos ambos no mesmo dia do pórtico para poder determinar a resistência de compressão atingida. Um dos corpos de prova moldados está representado na Figura 5 a seguir.

Figura 5 – Corpo de prova moldado para verificação da resistência



Fonte: Autoras (2017).

Após os dois dias da nova concretagem, retirou-se o APO da câmara úmida e verificou-se que, desta vez, ele estava em seu processo normal de cura, sendo assim possível realizar a desenforma e continuar com o processo de cura na câmara úmida até 2 dias antes da ruptura do pórtico.

O tempo ideal de cura da estrutura seria de 28 dias, pois a partir desta data, a resistência do concreto estabiliza. Como a primeira concretagem não ocorreu de maneira esperada e foi necessário realizar uma nova concretagem, seu tempo de cura real ficou em 21 dias, sendo assim, o pórtico ainda não havia obtido sua resistência ideal. Durante estes 21 dias de cura, em 19 deles o APO foi mantido com umidade e temperatura controlada.

Desta forma, a estrutura foi retirada da câmara úmida dois dias antes de sua ruptura para garantir que ela estivesse seca durante a aplicação da carga, possibilitando assim que suporte maior carga.



### 2.2.5 Ensaio

O ensaio de carga dinâmica consiste na queda de um cilindro metálico com massa de 15 quilogramas sobre o pequeno pórtico de concreto armado, com aumento progressivo da altura de queda, iniciando em 1,0 metros. Se o APO resistisse ao primeiro impacto, dava-se seguimento ao ensaio, promovendo a segunda queda do cilindro de uma altura de 1,5 metros e assim sucessivamente, até a altura máxima de queda de 2,5 metros, de forma que enquanto o ovo ou a estrutura permanecessem intactos, prosseguiam-se as quedas da altura limite.

Inicialmente o aparato foi posicionado sobre o gabarito, mas, infelizmente, uma das extremidades não encaixou perfeitamente, devido ao fato de moldar o pórtico duas vezes e a fôrma ter estufado; mesmo assim, o pórtico foi fixado com elásticos sob um cano de PVC, onde estava inserido o cilindro metálico com massa de 15 quilogramas. Na Figura 6 pode-se observar que o encaixe não ocorreu perfeitamente no local do número 2 pintado na base.

Figura 6 - Aparato de Proteção ao Ovo posicionado para execução do ensaio



Fonte: Autoras (2017).

### 3 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O APO confeccionado resistiu bem ao primeiro impacto, abrindo fissuras somente no segundo impacto, mas mantendo o ovo protegido. No terceiro impacto, a uma altura de 2,0 metros, a estrutura se rompeu completamente e o ovo foi esmagado. Na Figura 7 a seguir, pode-se observar como ficou a aparência final do pórtico após o ensaio.

Figura 7 – Aparato de Proteção ao Ovo rompido



Fonte: Autoras (2017).

Os dois corpos de prova realizados com o primeiro traço e rompidos no mesmo dia do APO obtiveram as resistências de 33,40MPa e 30,94MPa. É possível verificar que a resistência de ambos foram bem similares, podendo assim afirmar que a resistência adquirida pelo APO rompido foi próxima a estes valores.

O baixo desempenho ocorreu devido ao pórtico não ter encaixado bem na base, ficando desta forma solto; motivo pelo qual houve a desclassificação da equipe, onde permitiu-se a realização do ensaio, mas sem possibilidade de competir com as demais equipes. Outro fator determinante foi à mudança do traço inicial, onde se retirou o aditivo e o tempo de cura que foi reduzido, não atingindo o tempo ideal dos 28 dias.

## REFERÊNCIAS

ABCP. **Cimento Portland CP V ARI Alta Resistência Inicial**. Disponível em:<<http://www.abcp.org.br/cms/perguntas-frequentes/cimento-portland-cp-v-ari-alta-resistencia-inicial-nbr-5733>>. Acesso em 10 nov. 2017.

BUILDER. **Produtos**. Disponível em:<[http://www.builder.ind.br/site/resultado\\_produtos](http://www.builder.ind.br/site/resultado_produtos)>. Acesso em 10 nov. 2017.

CIMENTO ITAMBÉ. **Adicionar água suplementar ao concreto exige cuidados**. Disponível em:<<http://www.cimentoitambe.com.br/adicionar-agua-suplementar-ao-concreto-exige-cuidados>>. Acesso em 20 nov. 2017.

MME. **Perfil de brita para construção civil**. Disponível em:<[http://www.mme.gov.br/documents/1138775/1256650/P22\\_RT30\\_Perfil\\_de\\_brita\\_para\\_construcao\\_civil.pdf/01c75ac7-ecd2-4d85-a127-3ecddec2a31](http://www.mme.gov.br/documents/1138775/1256650/P22_RT30_Perfil_de_brita_para_construcao_civil.pdf/01c75ac7-ecd2-4d85-a127-3ecddec2a31)>. Acesso em 22 nov. 2017.

NTC BRASIL. **Fibras de Polipropileno**. Disponível em:<<https://www.ntcbrasil.com.br/blog/fibras-de-polipropileno/>>. Acesso em 21 out. 2017.

TECNOSILBR. **Catálogo Sílica Ativa**. Disponível em:<<http://www.tecnosilbr.com.br/wp-content/themes/tecnosilbr/download/catalogo-silica-ativa.pdf>>. Acesso em 29 out. 2017.