

IV-4 – É difícil hoje responder a essa questão de vantagens ou desvantagens de regime semestral sobre o anual, uma vez que a totalidade das escolas já adotou o regime *semestral* para ensino das disciplinas, não permitindo hoje a existência de referencial de comparação entre os dois sistemas. Uma *comparação* do atual regime semestral com o anual, que ocorreu no passado, há mais de 10 anos não teria qualquer validade, uma vez que a situação social está muito modificada e, conseqüentemente, os alunos de hoje são de padrão diferente do que eram naquela época. Talvez um elemento subjetivo, como a *empatia* entre alunos e professor, que pode resultar maior se maior tempo de interação entre eles existir, tenha alguma validade, sugerindo seja o regime anual o que determinaria melhor rendimento do trabalho escolar.

Uma vantagem do regime semestral sobre o anual é o prejuízo menor que tem o aluno quando não consegue ser aprovado em alguma disciplina. Outra vantagem é a possibilidade do aluno escolher, em cada semestre, o conjunto de disciplinas a cursar mais consentâneo com a sua capacidade de trabalho discente.

IV-5 – Na minha opinião o estudo da Álgebra Linear pode e deve ser efetuado simultaneamente com o de Geometria Analítica e, de preferência no primeiro período letivo do currículo, propiciando ao aluno, o mais cedo possível, o uso de linguagem sintética altamente sugestiva.

IV-6 – Talvez já se deva pensar em tornar obrigatória alguma das disciplinas complementares relativas às “Recomendações”, especialmente Teoria dos Grafos para determinadas áreas de profissionalização em Engenharia.

IV-7 – A observação levantada por professores de Mecânica dos Flúidos, Transferência de Calor e Massa, Resistência dos Materiais e outras matérias da Área das Ciências dos Meios Contínuos, de que os estudantes têm dificuldade em acompanhar as aplicações das leis básicas da Física a elementos diferenciais, ou seja, de modo geral, a modelização de fenômenos por meio de equações diferenciais, tem fundamento. No caso, parece-me, a dificuldade pode e deve ser evitada, trabalhando os professores de Matemática em contato permanente com os professores de Física e tendo sempre o cuidado de aproveitar todas as situações possíveis para apresentar um modelo matemático do problema e, se possível, mais de um modelo para cada problema.

V – Finalmente, qualquer que seja a opinião que se tenha dos problemas sugeridos para análise, quero assinalar que a posição do professor em sala de aula deve ser o elemento mais importante do binômio ensino-aprendizagem. A sensibilidade do professor deve prevalecer sobre quaisquer formas de metodologia de orientação que lhe sejam eventualmente impostas ou sugeridas. Deve o professor, qualquer que seja o nível de ensino a que se tenha dedicado, tomar suas decisões próprias, dentro do bom senso e sempre na direção que possa fazer com que seus alunos meditem sobre o que lhes foi ensinado, que executem, por eles próprios os trabalhos discentes e que adquiram a habilidade de transferir o que aprenderam para as situações-problemas que lhes sejam apresentados no futuro.

4. CONCLUSÃO

O Grupo Editorial da Revista de Ensino de Engenharia agradece aos professores que colaboraram com a programação deste primeiro Forum apresentando suas valiosas considerações a respeito do tão importante tema escolhido para o início desta seção permanente da Revista.

Dentro da finalidade e dos objetivos que se desejam com a realização do Forum ABENGE permanece em aberto o assunto ora debatido, sobre o “Ensino da Matemática nos Cursos de Engenharia”. Evidentemente o assunto não se esgota com as manifestações transcritas, e esperam-se novas contribuições da comunidade de docentes de Engenharia sobre o tema em debate. Não se pretende, por essa razão, tirar conclusões finais sobre o assunto, mas sim manter vivo o debate tanto nos próximos COBENGE como nesta própria Revista.

Contribuições específicas sobre o tema poderão ser encaminhadas à Redação da Revista de Ensino de Engenharia.

ARTIGOS

DETERMINAÇÃO E ANÁLISES DE PEÇAS DE CONCRETO ARMADO PARA DEMONSTRAÇÃO DE MECANISMOS DE FUNCIONAMENTO E RUPTURA

Paulo Jorge Sarkis*
Lucy Martins Sarkis*

SARKIS, Paulo Jorge & SARKIS, Lucy Martins. Determinação e análise de peças de concreto armado para demonstração de mecanismos de funcionamento e ruptura. *Rev. Ensino Eng.*, S. Paulo, 2:17-23, 2º sem. 1982.

Relato das experiências dos autores na utilização de ensaios de peças da estrutura na ilustração de Cursos de Graduação de Concreto Armado. Embora os autores já utilizem estes ensaios desde 1970 em diversas partes do curso, foi a partir de 1979 que iniciaram um plano de pesquisa sistemático visando reunir um conjunto de modelos devidamente testado. São relatados com mais detalhes o comportamento dos protótipos, já pesquisados, para ilustração da Compressão e Presso-Flexão. Ao final é feito destaque dos comentários que os autores consideram imprescindível sejam feitos para que alunos de graduação possam ter maior benefício dos ensaios.

Concreto armado. Ensaio. Laboratório. Protótipo. Demonstração.

SARKIS, Paulo Jorge & SARKIS, Lucy Martins. Reinforced concrete component analysis and design to demonstrate crack and mechanisms. *Rev. Ensino Eng.*, S. Paulo, 2:17-23, 2º sem. 1982.

Report on the author's experimental sampling on essays of structural components to classes in reinforced concrete taught at the undergraduate level of civil engineering. Even though the authors have been using such experiments since 1970 in several stages of the course, it was only after 1979 that a systematic research plan was devised to gather a set of tested models. The researched behaviour of prototypes is reported on to illustrated columns under axial and eccentric loads. In closing, the authors make comments on steps that they consider indispensable for undergraduate students to better benefit from the experiments.

Reinforced concrete. Essays. Laboratory. Prototype. Demonstration.

I – INTRODUÇÃO

Embora a ênfase que é dada ao ensino de estruturas de concreto armado, nos cursos de engenharia civil, no nosso país, esta tem sido uma área de ensino tradicionalmente desprovida do acompanhamento de ensaios.

Por outro lado, a maioria das Universidades Federais dispõem de equipamentos de ensaios obtidos a partir de 1967 no contexto de acordos de trocas comerciais entre o Brasil e o Leste Europeu. Estes equipamentos tem sido utilizados, em geral, em pesquisas, principalmente a nível de pós-graduação.

Reconhecendo a poderosa ajuda que os ensaios poderiam trazer ao ensino no nível de graduação e aproveitando a disponibilidade dos equipamentos, iniciamos, a partir de 1970, a utilização de ensaios de peças estruturais no Curso de Concreto Armado. Estes ensaios foram, desde o início, concebidos para demonstrar os diversos mecanismos de ruptura bem como o funcionamento deficiente de armaduras, propositadamente, mal detalhadas.

A princípio utilizamos os modelos mais comuns, representados por vigas submetidas a flexão e cortante com ruptura por escoamento da armadura de flexão, por esmagamento do concreto a flexão (peça super-armada), por cortante e por escorregamento da armadura (falha da ancoragem).

* Departamento de Estruturas e Construção Civil da Universidade Federal de Santa Maria. Santa Maria, RS.

O excelente aproveitamento, proporcionado por estes ensaios de demonstração, nos levaram a utilizá-los em outros tipos de solicitação menos comuns. Em 1972 foram utilizados ensaios de pilares e de vigas submetidas a torsão pura (Foto nº 1). Em 1979 foi iniciado um trabalho de pesquisa com o objetivo de reunir um conjunto de ensaios didáticos cobrindo todas as fases de um curso de concreto armado.

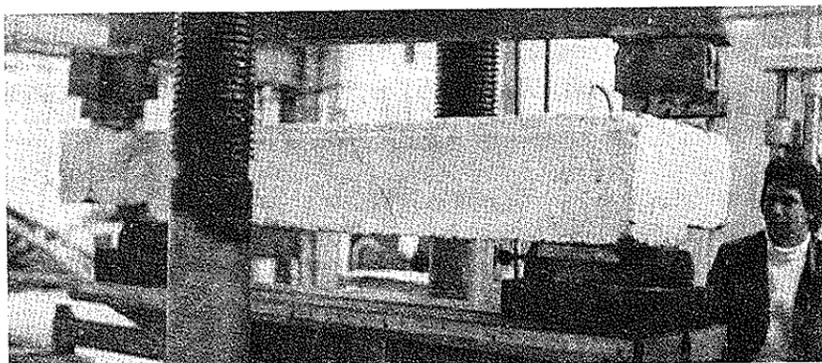


Fig. 1

O presente trabalho contém resumidamente os resultados da primeira etapa, concernente aos ensaios de compressão centrada e excêntrica. Uma apresentação completa e detalhada está prevista no documento final da pesquisa com o objetivo de facilitar a difusão dos ensaios para fins didáticos.

II – CRITÉRIOS GERAIS DOS ENSAIOS

Os ensaios foram projetados de modo a se obter uma demonstração do mecanismo de ruptura para cada tipo de solicitação, independente da medição de deformações. Desta forma, mesmo na ausência de meios que permitem uma correta avaliação das deformações, é possível tirar algum proveito didático dos ensaios.

Entretanto, os ensaios completos prevêm sempre a utilização de extensômetros e defletômetros para permitir melhor aproveitamento dos mesmos.

Na escolha entre extensômetro elétrico e mecânico optou-se pelo último por permitir uma fácil visualização e interpretação, pelos alunos, embora, para ensaios com fins científicos, possa ser mais conveniente o extensômetro elétrico.

Outro aspecto importante, que se procurou realçar nos ensaios, é a importância do detalhamento correto das armaduras, ou melhor, os problemas que decorrem de um detalhamento ou execução deficiente das armaduras.

Embora o concreto utilizado tenha sido dosado para $f_{ck} = 135 \text{ kgf/cm}^2$ (dosagem experimental) deve ser salientado que, no intuito de facilitar a utilização dos modelos, os ensaios foram processados em idades superiores aos 28 dias, procurando caracterizar melhor a realidade do ensaio didático, em que as peças são moldadas, em lotes, para atender a dois ou mais semestres letivos.

Para os aços foram utilizados CA-50-A na armadura principal e CA-60-B nos estribos.

Para cada modelo foram determinadas, teoricamente, a carga admissível (correspondente a aplicação da NB-1), a carga de ruptura média (correspondente ao limite último utilizando-se f_{cm} em lugar de f_{ck} e o diagrama característico em lugar do diagrama de cálculo) e a carga de ruptura máxima (utilizando-se coeficientes de majoração para as resistências dos materiais).

As dimensões das peças, principalmente o comprimento, foram escolhidas de modo a permitir a utilização dos equipamentos mais comuns existentes nas Universidades Brasileiras. Desta forma, embora pudessemos ter ensaiado peças de maior comprimento, no pórtico existente no laboratório da UFSM, demos preferência para peças com 90 cm de altura que podem ser ensaiadas na maioria das prensas existentes.

Para o modelo de Presso-Flexão os resultados apresentados são iniciais e o documento final poderá conter alterações.

III – MODELOS PESQUISADOS

Na etapa referente a compressão foram pesquisados modelos para quatro ensaios.

1. Pilar normal curto com e sem estribos

Os objetivos são mostrar o funcionamento do concreto armado a compressão (Domínio 5) e a importância dos estribos para evitar a flambagem prematura da armadura principal.

A teoria indica os seguintes valores para a resistência destes pilares.

Carga admissível	$N = 25.252 \text{ kgf} = 252 \text{ kN}$
Carga de ruptura média	$N = 78.096 \text{ kgf} = 780 \text{ kN}$
Carga de ruptura máxima	$N = 126.411 \text{ kgf} = 1.264 \text{ kN}$

O efeito da falta de estribos é muito difícil de determinar, teoricamente, em termos de limite último de resistência.

Os ensaios (fotos 2, 3, 4 e 5) permitiram visualizar satisfatoriamente o efeito negativo da deficiência de estribos pelo aparecimento prematuro de fissuras verticais paralelas às armaduras longitudinais, bem como a flambagem pronunciada, na ruptura, do pilar sem estribos comparado com o pilar com estribos normais.

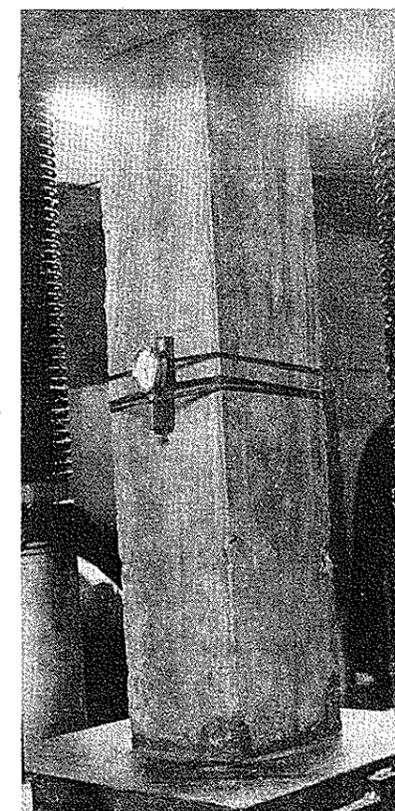


Fig. 2

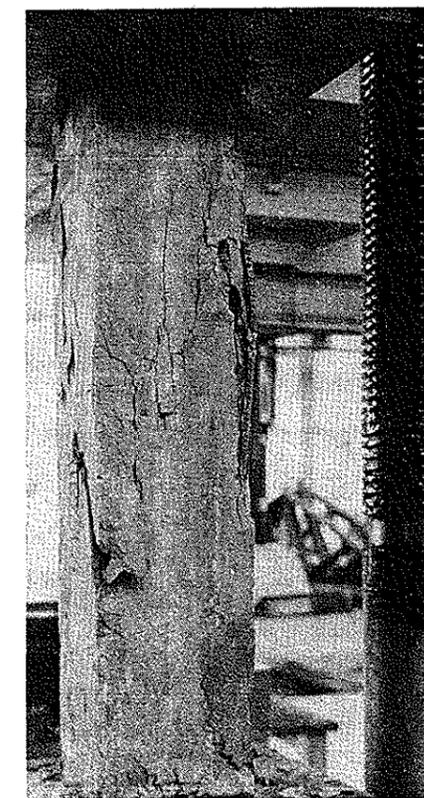


Fig. 3

As deformações medidas apresentaram valores muito dispersivos para se estabelecer um gráfico tensão deformação média, mas suficientemente bons para se situar em torno do valor teórico $\epsilon = 0,2\%$ a deformação de ruptura.

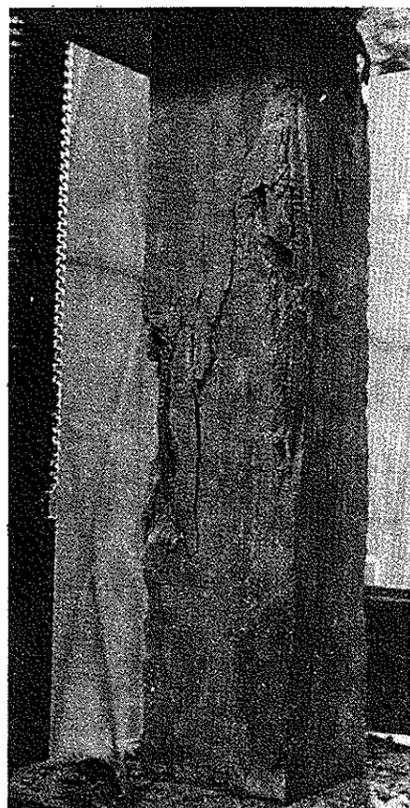


Fig. 4

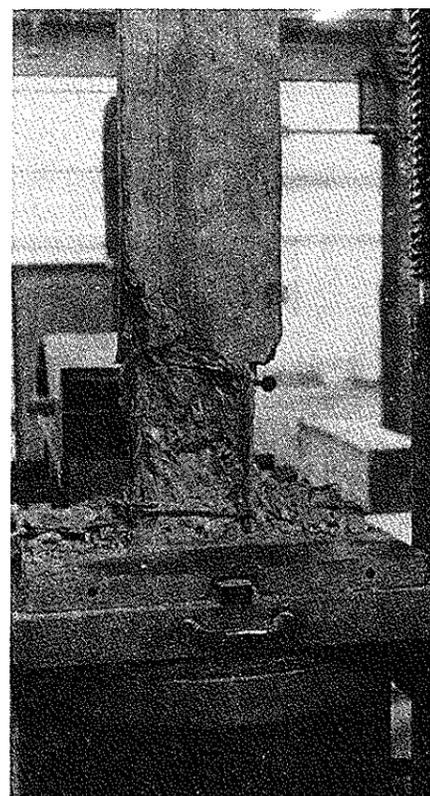


Fig. 5

2. Pilar cintado

As armaduras do pilar cintado estão nas fotos 6, 7 e 8 com o detalhe correto da ancoragem da extremidade, que é válido também para emendas, e uma emenda deficiente, por justaposição.

Os objetivos deste ensaio são mostrar, na prática, o conceito de limite de utilização e limite último muito bem ilustrado pela perda de casca do pilar cintado e o funcionamento do cintamento, condicionado a ruptura do concreto do núcleo ao escoamento e ruptura do próprio cintamento.

Os ensaios deste modelo proporcionaram uma excelente visualização do funcionamento de um pilar cintado (fotos 9 e 10).

O comportamento do pilar no ensaio permite de uma maneira muito didática distinguir os limites de utilização e os limites últimos. O desprendimento da casca se dá com uma carga de aproximadamente 125 toneladas (1250 kN) e a ruptura com 220 toneladas (2200 kN).

A medição das deformações permite identificar a ruptura da casca com $\epsilon = 0,2\%$ embora os extensômetros tenham de ser retirados um pouco antes ($\epsilon = 0,16\%$) da ruptura da casca para evitar danos ao aparelho.

A teoria indicava para carga admissível, no limite de utilização $N = 61.439 \text{ kgf} = 614 \text{ kN}$ e no critério do limite último $N = 35.171 \text{ kgf} = 351 \text{ kN}$, valores muito baixos quando comparados aos reais.

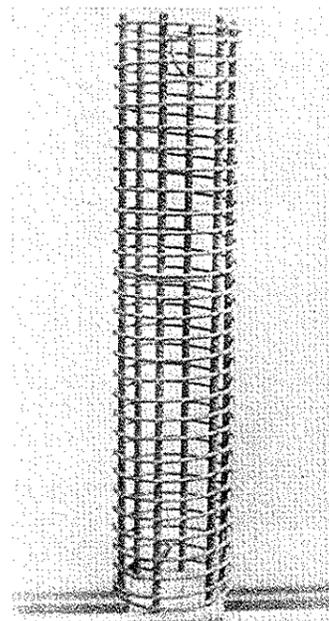


Fig. 6

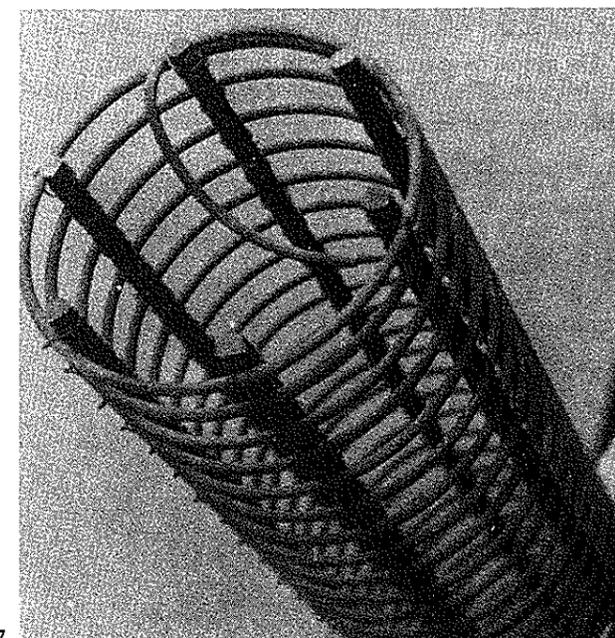


Fig. 7

Fig. 8

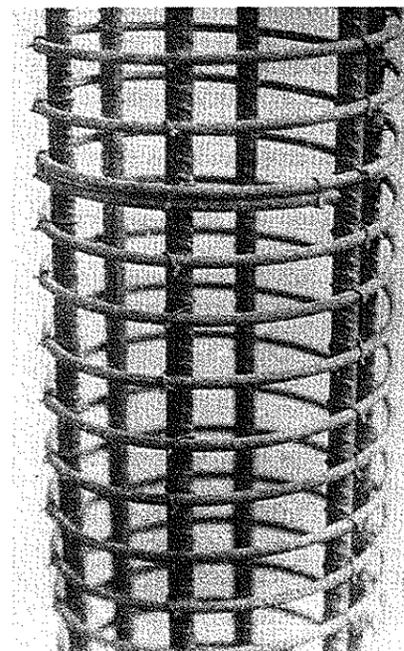
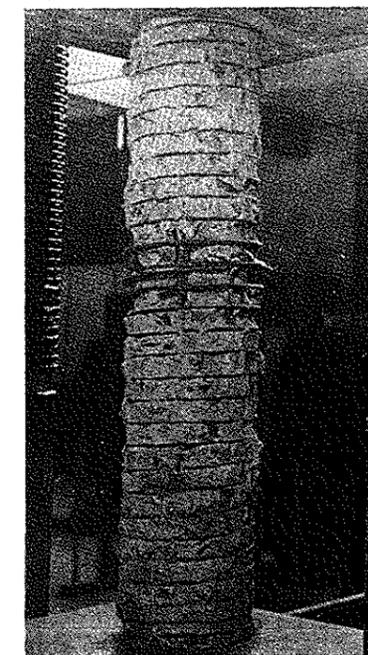


Fig. 9

Fig. 10



3. Pilares a Presso-Flexão

Os modelos para esta demonstração foram concebidos com dentes laterais de modo a permitir presso-flexão de grande excentricidade. A foto 11 mostra os detalhes típicos da armadura das peças ensaiadas.

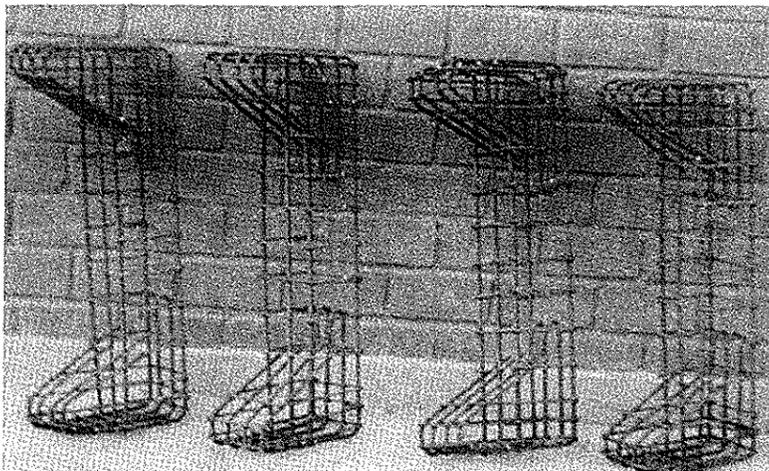


Fig. 11

A diferença de armadura entre os modelos tem por objetivo conduzir a ruptura para o domínio 3 com escoamento pronunciado da armadura tracionada e para o domínio 2 com ruptura por esmagamento do concreto.

Nos modelos ensaiados até o presente, conseguiu-se provocar o início da fissuração mas por defeito de execução (excesso de cobrimento de concreto) os modelos romperam-se nos dentes antes de se atingir uma ruptura mais identificada da peça.

IV – CONCLUSÕES

A utilização de ensaios de peças estruturais de concreto armado, tem-se mostrado de grande utilidade como apoio didático na explicação e elucidação do comportamento deste material.

A simples execução do ensaio e sua apresentação já é suficiente, na nossa opinião, para que os alunos de graduação tenham proveitos inegáveis. Entretanto, deve-se buscar uma participação mais efetiva da classe através da colaboração dos alunos na preparação e condução dos ensaios, fazendo leitura de medidas e apresentação de relatórios interpretando os resultados dos ensaios, comparando resultados teóricos, sugerindo novos modelos. Para tornar possível uma participação desse tipo as turmas devem ter número limitado em torno de dez alunos.

Além do aspecto didático, os ensaios servem também para despertar nos alunos o espírito investigador tornando conhecidos os equipamentos e métodos utilizados na experimentação.

V – RECOMENDAÇÕES

Apesar de nos parecer inquestionável a necessidade de se recomendar a utilização de ensaios para acompanhamento dos Cursos de Concreto Armado, julgamos também prudente que os mesmos sejam acompanhados de observações criteriosas quanto a utilização dos resultados do ensaio.

A seguir relacionamos algumas destas observações que consideramos importantes.

1. O aparente exagero de segurança, que parece existir entre as cargas admissíveis e as de ruptura efetiva, deve ser analisado levando-se em conta aspectos globais envolvendo qua-

lidade da execução e dos materiais utilizados nas obras reais, diversos do existente em laboratório.

2. Devem ser salientados os aspectos globais, a nível de economia nacional, envolvidos na fixação dos coeficientes de segurança utilizados nas normas, a fim de não gerar um excesso de otimismo quanto a subdimensionamentos de peças.
3. Como os ensaios didáticos, tendo em vista a carga horária do curso, só permitem o ensaio de uma peça de cada modelo, é interessante manter as peças de ensaios anteriores para exposição, precavendo-se de um ensaio ocasionalmente sucedido.
4. A questão da segurança dos alunos, durante a aplicação de carga, deve ser também considerada na preparação dos ensaios. Em geral a manutenção de uma distância de três metros é suficiente para a segurança do grupo, podendo se permitir aproximações individuais para observações de fissuras ou leituras de deformações.

VI – BIBLIOGRAFIA

- LEONHARDT, F. *Construções de concreto*. Rio de Janeiro, Editora Interciência, 1978, v. 1 a 3.
 FRANZ, G. *Tratado del hormigon armado*. Barcelona, Editorial Gustavo Gili, 1971, v. 1 e 2.
 CEB-FIP. *Code modèle CEB-FIP pour les structures en beton*. Paris, CEB, 1979.
 FERGUSON, P.M. *Reinforced concrete fundamentals*. New York, Wiley International Edition, 1965.
 BLEVOT, J. *Patologia de las construcciones de hormigon armado*. Barcelona, Editores Tecnicos Asociados.
 WHITE, R. e outros. *Structural engineering*. New York, Wiley International Edition. v. 3.

Agradecimentos

Os autores agradecem o apoio recebido dos diversos órgãos da UFSM e em especial a Fundação de Apoio a Tecnologia e Ciência – FATEC