PROPOSTA DE PARÂMETROS SUGESTIVOS ÀS INSPEÇÕES ESTRUTURAIS DE CONCRETO ARMADO E PROTENDIDAS

INFORME CHC

AUTOR

Prof. Dr. Aposentado Carlos Henrique de Carvalho
UFS/IFS
Eng. Civil - Inspetor de Estruturas
CHC Engenharia Consultiva
www.asec.eng.br
consvalho@hotmail.com

OBSERVAÇÃO: E-BOOK GRATUITO POR PARTES

PARTE 2

AVALIAÇÃO NA ESTRUTURA/FUNDAÇÃO DA EXISTÊNCIA DE RISCOS IMINENTES DE COLAPSOS LATENTES E/OU DE CURTOS PRAZOS

INFORME CHC

PARTE 2

FLUXOGRAMA GLOBAL DOS PROCEDIMENTOS DE INSPEÇÕES ESTRUTURAIS EM CONCRETO

Fonte: Autor

INFORME CHC

PARTE 2

AVALIAÇÃO ESTRUTURAS/FUNDAÇÕES DA EXISTÊNCIA DE RISCOS IMINENTES DE COLAPSOS LATENTES E/OU DE CURTOS PRAZOS

AÇÕES IMEDIATAS

SUGESTÃO DE CHECKLIST ÀS AVALIAÇÕES de ESTRUTURAS e FUNDAÇÕES da EXISTÊNCIA de RISCOS IMINENTES de COLAPSOS, LATENTES ou NÃO, e OUTROS de CURTOS PRAZOS

- Deve-se, inicialmente, pesquisar componentes estruturais que estejam em riscos iminentes ou de curtos prazos, e proceder ações necessárias à segurança imediata da edificação. Colapsos recentes aconteceram face, também, a falta de ênfase analítica estrutural e/ou omissão, durante a Inspeção Visual, em componentes estruturais estratégicos e/ou críticos.
- Exemplos, relativamente recentes, de colapsos de estruturas, face corrosão em capitéis embutidos em lajes planas, protendidos ou não, foram impactantes à sociedade. Tornou-se emblemático e traumático ao mundo o colapso parcial em junho de 2021 do Champlain Towers South, na Flórida, já referido, que, segundo as apresentações recentes dos Relatórios Preliminares do NIST (órgão público federal dos EUA responsável pelas perícias) em junho 2023, ficou evidente que a corrosão de capitéis embutidos em lajes planas não protendidas do deck próximo da Piscina foi um dos gatilhos principais para deflagrar o colapso progressivo parcial que tirou a vida de 98 (noventa e oito) moradores.
- O uso de lajes planas ou nervuradas, protendidas ou não, é corrente nos diversos macroclimas regionais, agressivos ou não, face a interessante relação benefícios/custos nos empreendimentos imobiliários, além de ser uma tecnologia antiga. Entretanto, face suas especificidades, requer uma competente gestão de manutenção.

INFORME CHC

AVALIAÇÃO de RISCOS IMINENTES ou de CURTOS PRAZOS nas ESTRUTURAS e FUNDAÇÕES

ANÁLISES INTERDISCIPLINARES DE COMPONENTES ESTRUTURAIS ESTRATÉGICOS NA SUPERESTRUTURA E FUNDAÇÕES

Observações.

1. **Requer equipe com cognições e habilidades interdisciplinares da Mecânica Estrutural com a Engenharia de Corrosão e Petrografia ou**
2. **Requer Calculista Estrutural com interdisciplinaridade na Engenharia de Materiais, principalmente da Engenharia de Corrosão.**
3. **Na hipótese da existência de corrosão em áreas críticas, deverá ser procedida uma análise simplificada e/ou detalhada do grau de risco estrutural.** ***Jamais se deverá prescindir dessa multidisciplinaridade, principalmente em estruturas idosas.***
4. **Durante a Inspeção de Componentes Críticos, o Inspetor e/ou Equipe devem ser minuciosos na identificação dos primeiros sinais de deterioração e avaliar a necessidade de uma investigação estrutural interdisciplinar via Mecânica Estrutural e Engenharia de Materiais.**
5. ***Inspeções muito detalhadas em componentes protendidos à procura de corrosão latente instalada, face o risco acentuado de colapsos abruptos.***
6. ***Analises nos ELU (Estado Limite Último) + ELS (Estado Limite de Serviço) + ELD (Estado Limite de Durabilidade).***

INFORME CHC

1. SUGESTÕES EM COMPONENTES ESTRUTURAIS ESTRATÉGICOS DA SUPERESTRUTURA	INFORMAÇÕES OBTIDAS
Balanços; Marquises; Consolos; Juntas Estruturais que separam torres e mezaninos; Transições em Vigas; Transições em Lajes; Capitéis embutidos ou aparentes em lajes planas e/ou nervuradas, comuns e/ou protendidas; Vigas de grandes vãos e seus cruzamentos; Furos em capitéis face passagens de prumadas das instalações domiciliares; Pilares esbeltos, estreitos e com dimensões mínimas; Pilares dos andares térreos e/ou subsolos (hipóteses de corrosão instalada nas zonas de transpasses, vazios de concretagens ocultos e ascensões capilares do lençol freático presente nos subsolos); Pilares estruturais dentro de reservatórios ou próximos aos locais onde frequentemente se acumulam águas de chuvas, tais como: Pilares externos em varandas e mezaninos; Jardineiras nas estruturas; Fissuras aparentes em vigas, lajes e pilares protendidas; Ancoragens de componentes protendidos não aderentes e aderentes; Ancoragens de Muros de Arrimo em Concreto; Pilares externos tracionados protendidos (risco perigoso de corrosão latente, exemplo do colapso no Batistão década 90); Pilares externos de fachadas de torres revestidas com cerâmicas destacadas com corrosão visível acentuada das armaduras; Lajes, vigas e pilares com deformações geométricas acentuadas e sinais da influência de recalques; **continua a seguir**	

INFORME CHC

OBSERVAÇÕES

1. Região de componentes críticos;
2. Região de frequentes infiltrações de águas de chuvas, limpezas e movimentações higrotérmicas;
3. Meio ambiente agressivo por cloretos, além de CO_2 e descargas dos veículos; 4. Lençol freático contido por sistema de bombeamento quando a vazão interna é maior do que a externa (chuva intensa coincidente com maré alta muda a vazão);

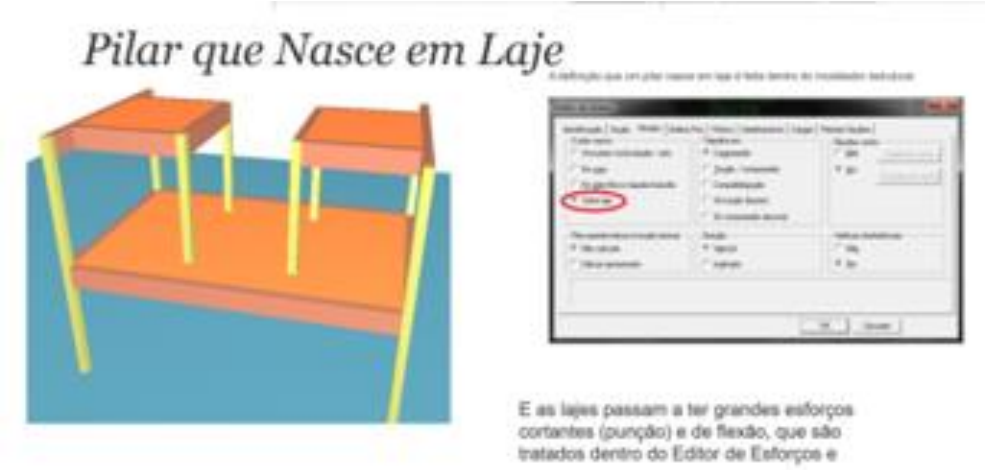
5. Necessário inspecionar fundação; 6. Obra idosa.

6.Retirar revestimentos e pesquisar estados de corrosão nos pilares (principalmente da Torre, acima e abaixo das juntas), consolos, vigas, juntas, além de corrosão nas proximidades das fundações;

7.Usar pacometria, ultrassonografia e potencial de corrosão nas pesquisas sobre os concretos sem os rebocos, a procura de anomalias.

Fonte: Autor

EXEMPLOS CRÍTICOS ILUSTRATIVOS



Transições em Lajes (só se sabe via anamnese do projeto)

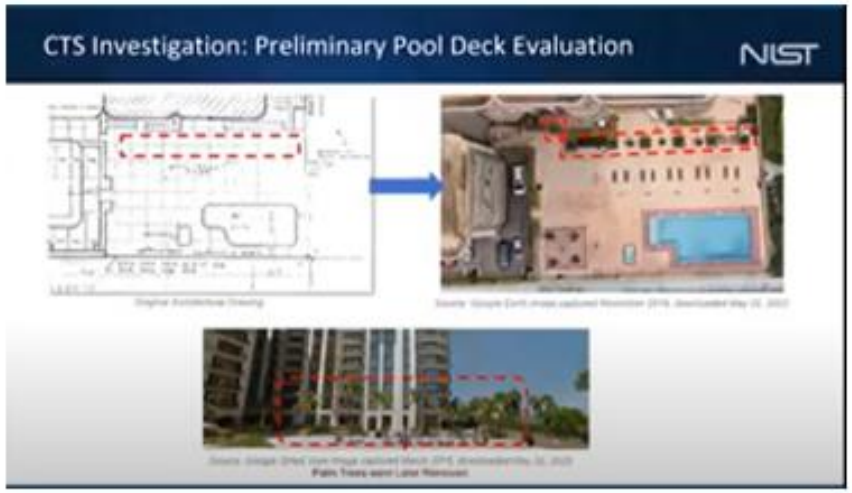
Degraus em concreto de arquibancadas colapsados

Transições em Vigas (geralmente são áreas de mezaninos cobertas por forros)

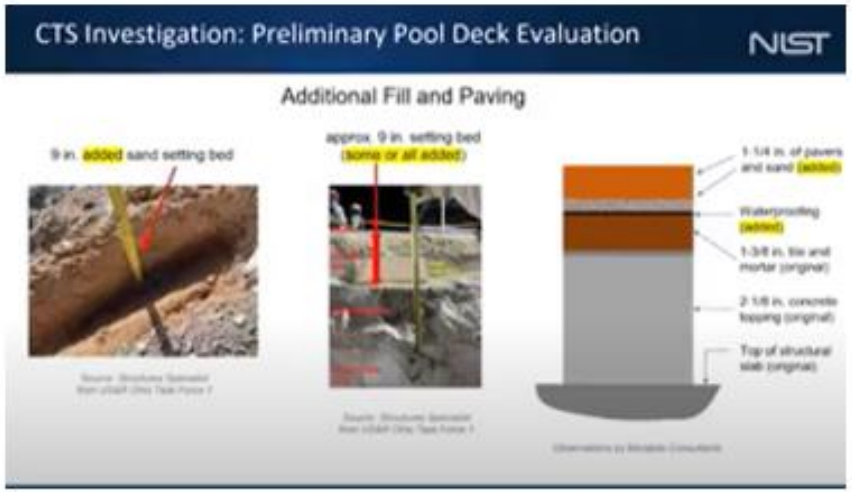
Marquises (colapso face corrosão de pilar protendido tracionado)

INFORME CHC

Área do deck próximo piscina onde plantaram algumas palmeiras



Visão da espessura de terra vegetal sobre a laje plana com capitéis embutidos do deck



COMPONENTES ESTRUTURAIS ANTIGOS, exemplo de CAPITÉIS EMBUTIDOS, em regiões descobertas e urbanizadas com palmeiras, jardineiras, etc. **Fotos NIST**

EXEMPLOS CRÍTICOS ILUSTRATIVOS

PILARES nos Térreos, Semienterrados, Subsolos, Mezaninos e Externos bastantes degradados, face agressão ambiental e sem procedimentos adequados de Gestão na Manutenção, Fotos JCeará.

1. SUGESTÕES EM COMPONENTES ESTRUTURAIS ESTRATÉGICOS DA SUPERESTRUTURA	INFORMAÇÕES OBTIDAS
Interfaces de componentes estruturais estratégicos com diversos subsistemas construtivos, tais como pilares externos da torre e as inserções metálicas existentes de fixadores de esquadrias, telas de proteção e outros (Fotos 1); Componentes estruturais de pontes e viadutos (principalmente longarinas protendidas ou não) com sinas de fadiga dos aços face frequência dos ciclos de cargas atuantes e ambientes agressivos; Tirantes metálicos que suportam estruturas de concreto; Movimentações de Reservatórios elevados localizados em taludes; Estabilidade de Taludes; Pilares subaquáticos inspecionados por mergulhadores especializados fotografando e enviando fotos para análise de defeitos nas superfícies e/ou técnica remota; inspeções em reservatórios de água e tampas de fossas e filtros de esgotos. Fotos 1. Autor Foto 2. Autor **Foto 2** de tampas, fossa e filtro, colapsadas abruptamente face corrosão provocada pelo ambiente químico formado pelo ácido sulfúrico ou mesmo ácido sulfuroso, após aproximadamente 22 anos de uso.	

Identificar **estados de corrosão em nervuras de concreto armado de lajes Nervuradas** em áreas descobertas, vizinhas às áreas descobertas, sanitários e outras. É frequente a viabilidade pela demolição e/ou substituições de trechos comprometidos.

INFORME CHC

1. SUGESTÕES EM COMPONENTES ESTRUTURAIS ESTRATÉGICOS DA SUPERESTRUTURA	INFORMAÇÕES OBTIDAS
1.Nos componentes estruturais escolhidos, proceder análise estrutural com as normas vigentes na época, bem como ensaios de caracterização de materiais (análise petrográfica), ensaios não destrutivos e semidestrutivos, incluindo-se, principalmente, ensaios eletroquímicos. 2.Definir o **GRAU DE RISCO** do componente. 3.Não se deve ter dúvidas quanto ao grau de risco, se iminente ou não. 4. Ações imediatas devem ser tomadas, caso hipóteses de riscos iminentes e/ou de curtos prazos sejam confirmadas, evidentemente. Observação: hipóteses de prova de carga e/ou monitoramento adequados não devem ser descartadas.	

INFORME CHC

2. SUGESTÕES EM COMPONENTES ESTRUTURAIS ESTRATÉGICOS DAS FUNDAÇÕES

Observações.

.....

1. Sugere-se acrescentar à equipe referida no item 1 um profissional experiente em projeto Geotécnico de Fundações.
2. Sugere-se à equipe e/ou Inspetor Estrutural interdisciplinar adotar um critério de escolha para abertura da Fundação, tais como: pilar mais carregado; região com suspeição de recalques; pilar com degradação acentuada visível nas proximidades dos pisos; região da torre pouco carregada, mas de solo ruim; outros estados de degradação de pilares e pisos térreos.
3. Na hipótese de fundações diretas, avaliar fundações nas proximidades de fossas, sumidouros, reservatórios etc.
4. Abrir a fundação escolhida com área suficiente para uma visão adequada de blocos, baldrames, sapatas e pilares enterrados saindo das sapatas do local escolhido.
5. Sugere-se fazer análise química do lençol freático que circunda os elementos de fundação.
6. Usar ensaios de caracterização de materiais (análises petrográficas), ensaios não destrutivos e semidestrutivos, inclusive eletroquímicos nos componentes escolhidos.
7. Evidentemente, proceder uma análise estrutural com as normas vigentes na época e avaliar o grau de risco.
8. A depender dos resultados, outras fundações poderão ser também inspecionadas.

2. SUGESTÕES EM COMPONENTES ESTRUTURAIS ESTRATÉGICOS DAS FUNDAÇÕES	INFORMAÇÕES OBTIDAS
Blocos de estacas; Baldrames; Sapatas; Pilares enterrados nas fundações; Reservatórios enterrados e próximos às fundações; Fossas, filtros e sumidouros nas proximidades de fundações; Vigas de equilíbrio e sapatas excêntricas; Fundações subaquáticas com mergulhadores ou técnica remota. - Sugere-se sempre analisar quimicamente a água do lençol freático para subsidiar as investigações das degradações encontradas. - Geralmente o concreto não é atacado por substâncias químicas secas e sólidas. Para degradá-lo, as substâncias devem estar em solução e ultrapassar um determinado mínimo de concentração. O concreto é mais vulnerável quando se encontra sob ataque de substâncias agressivas em solução exercendo pressão sobre a superfície. Observar trechos dos pilares enterrados das fundações cujas armaduras devem ter cobrimento nominal mínimo de 45 mm, conforme NBR 6118/2014 (ou espessura da norma vigente) e concretos sem segregações. Mesmo sem nenhum sintoma visível na superestrutura, torna-se sensato a abertura de uma fundação para inspeção e análise da possibilidade de reações expansivas latentes, exemplo do caso, em Aracaju/Se, ilustrado na Foto 3.	

EXEMPLOS CRÍTICOS ILUSTRATIVOS EM FUNDAÇÕES

a

b

Foto 3, Autor. a) Bloco de Fundação de um Pilar em Edifício idoso com 14 pavimentos com RAA (reação expansiva de álcalis-agregado ; b) Armaduras expostas (sem cobrimento na face) **não corroídas** durante todo esse tempo, face ausência de oxigênio necessário e imersão permanente no lençol freático.

INFORME CHC

CREA-PE

CREA-PE

EXEMPLOS CRÍTICOS ILUSTRATIVOS EM FUNDAÇÕES POR SAPATAS

22. LIXIVIAÇÃO DO CONCRETO DA SAPATA E LIGAÇÃO COM O PILAR.

Descontinuidades no encontro face falta de acabamento superior na sapata

19. LIGAÇÃO PILAR SAPATA COM REDUÇÃO DA SEÇÃO TRANSVERSAL DO PILAR

OBSERVAÇÕES

1. Observar o encontro do pilar enterrado com o topo da sapata; encontros sem o patamar provocam regiões de segregações perigosas;
2. Analisar os riscos da sapata face degradações presentes;
3. Verificar vizinhanças às sapatas de de fossas, filtros, dutos de esgotos etc..

Foto 5.6.1 – Detalhe da Presença de Sumidouro Próximo às Sapatas

15. LIXIVIAÇÃO DO CONCRETO DAS SAPATAS E LIGAÇÕES COM OS PILARES

INFORME CHC

Possíveis **AÇÕES IMEDIATAS** para mitigar os **RISCOS IMINENTES** podem incluir:

- instalações de escoramentos temporários ou contraventamentos para prevenir colapsos; hipóteses de pórticos metálicos para transferências de cargas de pilares devem ser analisadas (Foto3);

Foto 3. Curso Recuperação, Helene, P.

- restrição de acesso ao edifício, partes e/ou interdição total;
- concomitante instalação de um invólucro de proteção para minimizar infiltrações dos elementos;
- notificação verbal e escrita aos proprietários e, se necessário, aos poderes públicos responsáveis;
- realizar uma reavaliação adicional;
- ainda com dúvidas? Passar, de imediato, para um outro profissional mais competente e experiente.

INFORME CHC

Sugestões dos **PROCEDIMENTOS de INSPEÇÕES** em:

1. **Pórticos Espaciais completos em Marquise e Arquibancadas**

1. **Amostras de Fundações**

1. **Passarelas e Degraus das Arquibancadas**

1. **Estrutura de Saltos Ornamentais**

EXEMPLOS DE TIPOLOGIAS ESTRUTURAIS ILUSTRATIVAS IDOSAS CABÍVEIS DE ANÁLISES RELATIVAS AOS RISCOS IMINENTES LATENTES OU DE CURTOS PRAZOS

1. **PÓRTICO ESPACIAL EM MARQUISE** em Aracaju/Se

Observações - Processos de Gestão da Concepção, Gestão da Produção, Gestão das Manutenções e Recuperações/Reforços pelo poder público estadual. Última recuperação em 2023.

Características da Estrutura:

- Concreto Armado Comum sem protensão;
- Pórtico espacial em Balanco significativo;
-Projetada e Construída no final da década de 1960 com desempenho normal em uso;
- Estrutura situada, aproximadamente, a uns 3 km do Oceano Atlântico.
- Fundações com estacas em regiao de aterro sobre solo mole.
- Zona urbana.
- A estrutura de saltos ornamentais, anexa à Piscina profunda, é também em concreto armado convencional e da mesma época;
- Arquibancadas de concreto armado convencional compondo o sistema aporticado espacial.

INFORME CHC

PÓRTICO ESPACIAL EM MARQUISE

Sugiro considerá-la, para Análise de Riscos Iminentes ou de Curtos Prazos, como uma Estrutura Aporticada Espacial complexa crítica, localizada em ambiente agressivo com mais de 50 anos de pleno desempenho.

Como proceder a Inspeção visando-se avaliar o **ELU, ELS e ELD remanescentes e inferir uma nova Vida Útil de pleno desempenho**, após eventuais serviços de recuperações/reforços recomendados ?

Visão superior da Marquise

Visão inferior e degraus da Marquise

Visão fachada do fundo da Marquise

Visão da Estrutura de Saltos Ornamentais

INFORME CHC

SUGESTÕES para PROCEDIMENTOS de INSPEÇÕES nos PÓRTICOS ESPACIAIS da MARQUISE, AMOSTRAS de FUNDAÇÕES, ARQUIBANCADAS e ESTRUTURA de SALTOS ORNAMENTAIS

Formar uma *EQUIPE DE INSPEÇÃO ESTRUTURAL* composta de:

1.Engenharia Civil do proprietário responsável pela Gestão da Manutenção; 2. Calculista Estrutural com cognições e experiência em tipologias de estruturas complexas (preferencialmente o calculista autor do projeto); 3. Projetista Geotécnico de Fundações; 3. Engenheiro de Materiais especializado em Engenharia de Corrosão Eletroquímica; 4. Engenheiro responsável pela Inspeção Estrutural, ou

Engenheiro Civil Calculista Estrutural com *cognições e habilidades Interdisciplinares da Mecânica Estrutural, Geotecnia de Fundações e Engenharia de Corrosão Eletroquímica,* certificado através de Residência Interdisciplinar Estrutural autorizada pela CAPES/MEC (POUCOS PROFISSIONAIS EXISTENTES, MAS FACTÍVEL A CERTIFICAÇÃO DE MUITOS)

REVISÃO TEÓRICA SOBRE ESTADOS LIMITES

ANÁLISES DO ELU (ESTADO LIMITE ÚLTIMO)

Os Estados Limites Últimos (ELU) estão relacionados com a condição de equilíbrio da estrutura (perda de estabilidade da estrutura, parcial ou total), ou com sua capacidade de carga (ruína), isto é: Rd ≥Rs. A ultrapassagem de um ELU leva à ruptura (esgotamento da capacidade resistente de uma seção de componente estrutural) ou perda de equilíbrio (instabilidade parcial ou total da estrutura ou elementos de apoios e fundações, inclusive local dos pilares).

Conforme NBR 6118/2014, estado limite último está relacionado ao colapso, ou a qualquer outra forma de ruína estrutural que determina a paralisação do uso da estrutura.

REVISÃO TEÓRICA SOBRE ESTADOS LIMITES

ANÁLISES do ELS (Estado Limite de Serviço)

Os Estados Limites de Serviço (ELS) relacionam-se com os requisitos sensoriais dos usuários (vibrações excessivas ou desconfortáveis aos usuários, danos que podem comprometer desempenho e/ou aparência de componentes estruturais), ou de condições de uso da edificação (deslocamentos excessivos, aberturas de fissuras incompatíveis com o grau de agressividade ambiental, estado em que as fissuras se apresentam com aberturas superores aos valores máximos considerados na norma NBR 6118, estado em que as deformações atingem os limites estabelecidos para utilização normal da estrutura, etc).

REVISÃO TEÓRICA SOBRE ESTADOS LIMITES

ANÁLISES do ELD (Estado Limite de Durabilidade)

- Os Estados Limites de Durabilidade relacionam-se aos requisitos de Vida Útil em Pleno Desempenho sistêmico. Referem-se aos conceitos de Durabilidade da Estrutura em qualquer ambiente agressivo sob condições plenas dos carregamentos em uso. Trata-se do que as normas estrangeiras denomimam de Resistência à Penetração de Agentes Agressivos além das Resistências Mecânicas e Físicas.
- Uma parâmetro de Durabilidade bastante avaliado é a Difusibilidade de Fluidos nos concretos, principalmente dos cloretos. A Difusibilidade dos Cloretos está para a Durabiidade assim com o fck está para a Resistência Mecânica.

INFORME CHC

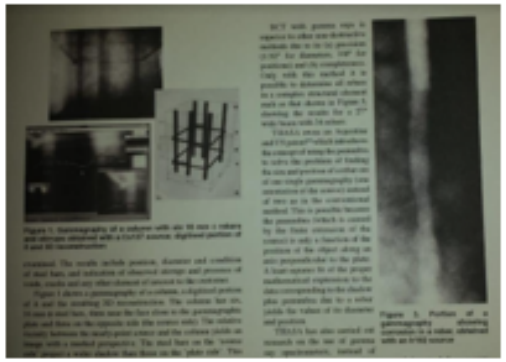
SUGESTÕES DE ANÁLISES DOS RISCOS IMINENTES OU DE CURTOS PRAZOS NOS PÓRTICOS ESPACIAIS COMPLETOS EM MARQUISES COM ARQUIBANCADAS	
SUGESTÕES DE INÍCIO COM ANÁLISES NO ELD (Estado Limite de Durabilidade)	**Dados obtidos**
Face o tempo da estrutura em desempenho, torna-se necessário avaliar as propriedades mecânicas, físicas, químicas, biológicas e eletroquímicas remanescentes das estruturas. Sugere-se iniciar as investigações pesquisando-se as propriedades relativas aos aspectos da durabilidade (eletroquímicas, químicas, higrotérmicas, biológicas), que podem comprometer as propriedades mecânicas originais. As estruturas individuais dos Pórticos Espaciais, tais como: pilares, vigas em balanços, vigas internas, lajes descobertas, engastes dos balanços, passarelas, degraus das arquibancadas, bem como a eficiência da impermeabilização das lajes de cobertura devem ser estudados, assim como as fundações. Supõe-se que na fase da **ANAMNESE** foram obtidas informações sobre a Agressividade Ambiental no microclima dos pórticos estruturais em termos de **cloretos, CO2 e sulfatos**, via existência de Mapeamentos Ambientais. Na hipótese negativa, deve-se procurar avaliar as **concentrações superficiais de cloretos e presença de CO2 nas superfícies dos pórticos (pilares, vigas e lajes), via Análise Petrográfica e/ou Ensaios Eletroquímicos.** Critério Amostral adotado deverá ser ratificado com um tratamento estatístico das medições visando-se uma confiabilidade estatisticamente recomendada. Essas concentrações superficiais de cloretos serão necessárias aos Ensaios de Difusibilidade nos cobrimentos das armaduras.	

INFORME CHC

De posse das concentrações superficiais dos agentes agressivos, principalmente dos cloretos, proceder **ENSAIOS DE DIFUSIBILIDADES** desses fluidos nas espessuras dos cobrimentos das armaduras, inclusive com medições das concentrações críticas ao longo dessas profundidades. Sugerem-se localizações estratégicas amostrais dos Ensaios de Difusibilidade, tais como: engastes das vigas em balanço nos pilares; vigas em balanço; lajes nas regiões de locais visivelmente degradados, mas ainda superficialmente perfeitos, vigas de suporte das arquibancadas, trechos de pilares nas proximidades do solo etc. Em todos os componentes estruturais dos pórticos (pilares, vigas e lajes), escolhendo as seções mais solicitadas e ancoragens, proceder **ENSAIOS ELETROQUÍMICOS** para avaliar o risco de corrosão instalada (certeza quase absoluta da sua existência localizada face tempo de agressividade, microclima tropical propício à velocidade das reações etc.), o maior de todos os vilões das manifestações patológicas em estruturas na região. Os ensaios eletroquímicos deverão ser procedidos de Pacometria, para mapear os locais das armaduras bem como avaliar a qualidade dos cobrimentos existentes. Em seguida, realizar os Ensaios Eletroquímicos de Corrosão seguintes: Potencial de Corrosão, Resistividade do Concreto e Intensidade de Corrosão, Profundidade da Carbonatação, Presenças e Concentrações de cloretos. Todas as superfícies deverão estar limpas de pinturas e sem eventuais revestimentos argamassados. Os ensaios devem, imperiosamente, serem realizados sobre superfícies dos concretos estruturais em análises.	

Destaque para o **Ensaio de Tomografia do Concreto (Gamagrafia)** como uma técnica excelente para a visualização interna do compósito concreto armado, a procura de corrosão e outras manifestações patológicas internas. A tecnologia de TBA (Tomografia de Betão Armado), **Foto 4**, permite estudar a armadura de peças de concreto com detalhes e precisão sem paralelo às outras técnicas de Inspeções não destrutivas.

Foto 4. Mariscotti, M.A.J.
Tomografia por Raios Gama do Compósito



Com esses ensaios eletroquímicos e de difusibilidades dos fluidos, obtém-se subsídios valiosos dos componentes estruturais críticos relativos à existência de corrosões latentes, bem como suas localizações. Seria um Mapeamento da Corrosão instalada nesses componentes estruturais. As propriedades eletroquímicas remanescentes dos concretos nesses componentes tornam-se conhecidas para a avaliação sistêmica posterior e propositura de ações de recuperações e/ou reforços.

Garimpar corrosão, latentes e visíveis, em estruturas idosas é imperioso às análises dos riscos iminentes, de curtos e longos prazos.

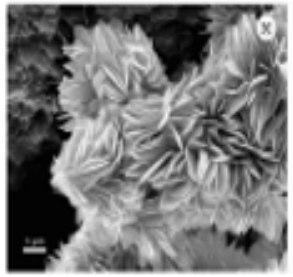
Observações: a. Como qualquer ensaio, demandam conhecimentos e sobretudo, habilidades e sentimentos, no manuseio adequado dos equipamentos aferidos; b. Números de medições necessários à confiabilidade estatística dos resultados.

INFORME CHC

ANÁLISES PETROGRÁFICAS amostrais em diversos componentes estruturais, inclusive fundações são recomendadas face a qualidade dos níveis de informações obtidas, via microestrutura, em curto tempo. Exemplo dos ensaios DRX, MEV, Análises Químicas, Porometria do Cobrimento etc.; Esses Ensaios de Caracterizações dos Materiais que compõem o concreto deverão ser executados, amostralmente, em todos os componentes dos pórticos (pilares, vigas e lajes) visando-se detectar eventuais reações expansivas, conhecer a porometria do cobrimento, interconectividade entre poros, análises químicas, enfim a microestrutura do concreto dos cobrimentos, seu potencial reativo e características físicas. A **Foto 5** ilustra uma microestrutura com reação expansiva RAA. O famoso e respeitado Instituto Eduardo Torroja/Espanha possui também linha de pesquisa chamada "Lo que tu ojo no ve".

Diversas empresas privadas internacionais de Inspeções nos Concretos já executam análise petrográficas nos concretos. No Brasil, ainda, somente nos Laboratórios de Universidades Públicas.

REACCIÓN ÁRIDO ÁLCALI. Autora: Esperanza Menénendez



ANÁLISES PETROGRÁFICAS NAS MICROESTRUTURAS

Fonte - https://www.ietcc.csic.es/categoria/lo-que-tu-ojo-no-ve-es/

Realizar **ENSAIOS DE ABSORÇÃO E PERMEABILIDADE** aos fluidos (gases e líquidos) nos concretos dos corpos de prova extraídos, amostralmente, nos componentes estruturais dos pórticos espaciais.

INFORME CHC

SUGESTÕES DE ANÁLISES NO ELS (Estado Limite de Serviço)	Dados obtidos
Sugestões de verificações: **Deslocamentos aceitáveis (admissíveis), Distorções, Vibrações Excessivas ou Desconfortável, Danos associados** etc. Aplicar serviços de **Engenharia Especializada em Extensiometrias** de Estruturas. Exemplo, a seguir, sugerido pela empresa AJL Engenharia (Salvador/Ba) especializada nessas avaliações, ou outras opções de empresas tecnológicas pertinentes adequadas para um Sistema de Monitoramento de Integridade Estrutural. **Realização de Testes de Carga por Amostragem:** **Fonte:** AJL Engenharia http://www.ajlengenharia.com.br/old/index.htm *O monitoramento com extensometria dos Testes de Carga será realizado com o objetivo registrar e avaliar a resposta da estrutura – flechas/deslocamentos, deformações/tensões nos elementos estruturais – quando solicitadas pelas cargas de teste. As flechas serão medidas utilizando Sensores de Deslocamento (Deflectômetros) e as deformações/tensões através de sensores "strain-gages" instalados nas armaduras principais das lajes, vigas e pilares amostradas, sendo monitorados em tempo real através de Sistema de Aquisição de Dados* *A instalação dos sensores "strain-gages" é realizada após retirada do cobrimento de concreto e exposição das armaduras nas seções a serem monitoradas. As armaduras expostas são lixadas "ao metal branco", os resíduos e impurezas removidos e os "strain-gages" colados com cianoacrilato.* *A grandeza física registrada pelos "strain-gages" se expressa na unidade adimensional de deformação específica ($\varepsilon=\Delta l/l$) e aqui representada em micro deformações (1μ), ou seja, 1 milionésimo de milímetro em cada milímetro de comprimento, por exemplo.*	

Os sensores serão fixados nas armaduras do tipo CA50. Para o aço em questão, com tensão de escoamento fyk= 500MPa (5000kgf/cm^2) e módulo de elasticidade E= 200GPa (2x106kgf/cm2), tem-se como valor limite característico εyk = 5000kgf/cm^2 / 2x106kgf/cm2 = 2500μ. *Considerando os coeficientes de 1,15 para redução da resistência do aço e 1,4 para majorar as solicitações, adota-se como valor limite εyd = 1550μ.* *Os "strain-gages" são monitorados em tempo real através de equipamentos de aquisição e registro de dados. O sistema de aquisição de dados utilizado no monitoramento possui entrada para 32 canais que ler os sinais emitidos pelos sensores e grava simultaneamente, gerando os arquivos de dados que foram processados e analisados.* *Os sensores de deslocamento linear são posicionados em uma das extremidades de hastes fixadas. O deslocamento relativo estabelece a medida das flechas – com precisão de centésimo de milímetro – durante as várias etapas de carregamento.* *O carregamento da estrutura será realizado gradativamente utilizando piscinas ou bombonas plásticas e acompanhada em tempo real.*	

INFORME CHC

Avaliação de eventuais MOVIMENTAÇÕES RESIDUAIS DAS FUNDAÇÕES

Eliminar possibilidade de recalques de fundações através de medições, via escalas fixadas nos pilares, com RN fixo escolhido nas vizinhanças, durante um período significativo.

Foto Autor - Escala fixada em pilares do subsolo

INFORME CHC

INSPEÇÕES DE FUNDAÇÕES (ELU + ELS + ELD)	Dados Obtidos
Recomenda-se abertura amostral nas fundações, inclusive face exigência legal. Sugere-se adotar, preferencialmente, o critério da mais carregado e/ou outro, exemplo de aditar o estado visível de degradação acentuada (degradação de trechos dos pilares juntos aos pisos ou outros sintomas), e/ou aditar critério de localização de solo muito ruim, mesmo com menores cargas. Torna-se sensato uma consultoria geotécnica experiente. Proceder uma inspeção visual a procura de manifestações patológicas visíveis para ações adequadas e, detecção de eventuais vizinhanças perigosas (fossas, filtros etc.). Recomenda-se proceder **Análise Química do lençol freático** circundante. Na falta de cognições imperiosas às interpretações das Análises Químicas, torna-se sensato a consultoria de um Engenheiro de Materiais experiente. **Recomendam-se realizar nos componentes de fundações os ENDs (ensaios não destrutivos, análises petrográficas e de caracterizações físicas) referidos no ELD, com o fito de se avaliar as propriedades mecânicas, físicas, químicas, eletroquímicas remanescentes nesses concretos e aços dessas fundações.** Definir os **GRAUS DE RISCOS PRESENTES** nos elementos de concreto armado e/ou sistema de fundações, bem como inferir a **VIDA ÚTIL** remanescente.	

INFORME CHC

SUGESTÕES DE ANÁLISES NO ELU (Estado Limite Último)	Dados Obtidos
Sugestão de procedimentos: - munido dos estudos de anamnese, incluindo-se agressividade ambiental do microclima superficial, vistorias, análises estruturais com normas da época, ensaios de caracterizações de materiais (análises petrográficas e físicas) , ensaios não destrutivos, semidestrutivos e destrutivos, ensaios eletroquímicos, modelagem multífisica com todas as propriedades remanescentes mecânicas, físicas, biológicas, químicas, eletroquímicas conjuntas, analisar a **ESTABILIDADE DO CONJUNTO e/ou ELEMENTOS ESTRUTURAIS, SEUS COEFICIENTES DE SEGURANÇA, CAPACIDADES DE CARGA**, etc., e *definir o* ***GRAU DE RISCO DE COLAPSO latente de estrutura e/ou componentes.***	
Observação: - Recomenda-se realizar uma **MODELAGEM MULTIFÍSICA** com todas as propriedades remanescentes detectadas, isto é: resistências e capacidades elásticas atuais, fissurações, locais corroídos com suas intensidades, movimentações higrotérmicas e mecânicas etc. Salienta-se que os softwares usuais no mercado estrutural não são multifísicos, demandando-se simulações cognitivas habilidosas nas modelagens. Existem no mercado alguns softwares do tipo **COMSOL, ANSYS** e outros que trabalham com interdisciplinaridades mecânicas, físicas e químicas. Exemplo de um software: Software de **Simulação COMSOL MULTIPHYSICS**, entenda, preveja e otimize projetos, dispositivos e processos do mundo real em simulação. Segue texto da fonte http://www.comsol.com/	

INFORME CHC

"Engenheiros e cientistas usam o software COMSOL MULTIPHYSICS para simular projetos, dispositivos e processos em todas as áreas de engenharia, fabricação e pesquisa científica. COMSOL MULTIPHYSICS é uma plataforma de simulação que fornece recursos de modelagem multifísica e física única totalmente acoplados. O Model Builder (/comsol-multiphysics/model-builder) inclui todas as etapas do fluxo de trabalho de modelagem – desde a definição de geometria, propriedades de materiais e a física que descreve fenômenos específicos até a realização de cálculos e avaliação dos resultados". Apresenta-se com uma opção de simular materiais compostos. Portanto, com potencial de adaptá-lo às propriedades de um compósito concreto armado, mesmo aquelas eletroquímicas. **Conforme Coleção Estruturas de Concreto, Vol.1, Alio Kimura et al, página 206,** *é importante salientar que os modelos matemáticos utilizados na análise estrutural e a estrutura real são entidades distintas. Modelos que simulam de maneira exata o comportamento estrutural não existe. È indispensável que o Engenheiro Projetista conheça quais os recursos que a ferramenta utilizada na análise Estrutural possui, e saiba fazer uma análise crítica dos resultados por ela produzidos.*	
Portanto, **INSPETOR DE ESTRUTURAS deve possuir cognições e habilidades INTERDISCIPLINARES** da Mecânica Estrutural e Engenharia de Materiais (principalmente da Engenharia de Corrosão). Evidente, que sem os recursos de softwares interdisciplinares adequados, Inspetores de Estruturas devem proceder, com precisão, suas análises estruturais sistêmicas lastreados nos seus conhecimentos e habilidades.	

INFORME CHC

CONTINUAÇÃO - CHEKLIST VINDOURO

PARTE 3

Publicado no site

www.asec.eng.br