Patologia, Fundações e Revestimentos

Patologia, Fundações, Estruturas e Revestimentos

Mauro José de Souza Araujo

Curitiba, 2011

SUMÁRIO

OBJETIVO 05

DESENVOLVIMENTO DO TEXTO 05

INTRODUÇÃO

- Patologia das construções 06

PATOLOGIA DAS FUNDAÇÕES

- Ausência, falha e interpretação de investigação do subsolo 07

- Problemas decorrentes de ausência de investigação- número mínimo de furos de sondagem 08

- Influência do tipos de solos (colapsíveis e expansíveis) 10

- Influência de vegetações próximo as fundações- interação solo-estrutura-carregamentos 12

- Patologia devido a falhas executivas- fundações em aterro 13

PATOLOGIA DE ESTRUTURAS DE CONCRETO ARMADO

-Principais problemas-agentes causadores 14

-Corrosão de Armaduras 15

- Fissuras em elementos de concreto armado 16

- Fissuras devido a sobrecargas 18

- Fissuras devido variação de temperatura 18

- Deflexões excessivas 19

PATOLOGIA EM REVESTIMENTOS CERÂMICOS

- Descolamento do revestimento cerâmico –Movimentação termo-higroscópica 20

- Distribuição das juntas de movimentação **22**

-Deficiências de assentamento **23**

- Valores de aderência aos 28 dias de idade-cuidados especiais **24**

- Eflorescência nos revestimentos cerâmicos **25**

PATOLOGIAS EM REVESTIMENTO DE ARGAMASSA

- Fatores que colaboram na geração de fissuras **26**

- Fatores construtivos-condições ambientais- espessura da camada **27**

- Vesículas nos revestimentos **31**

- Manchas **32**

- Eflorescências **33**

- Descolamento **35**

- Descolamento em placas **36**

- Descolamento com pulverulência **38**

- Falhas de umidade **40**

BIBLIOGRAFIA **42**

Patologia, Fundações, Estruturas e Revestimentos

OBJETIVO:

O objetivo principal deste curso é minimizar ou eliminar futuras manifestações patológicas que afetam a construção civil, mediante identificação, estudo de suas origens e causas de deterioração.

Pretende-se com este conhecimento, subsidiar os profissionais da engenharia a elaborar diagnóstico das não conformidades e propor soluções adequadas para manutenção e recuperação de seus edifícios.

DESENVOLVIMENTO DO TEXTO:

Patologia, Fundações, Estruturas e Revestimentos

Os assuntos estão distribuídos conforme a evolução das etapas de construção de um edifício.

Inicialmente é abordado o conteúdo pertinenteaspatologias de fundações; as consequências para o engenheiro resultantes deste tipo de problema, cita-se os principais problemas decorrentes de ausência de investigação do subsolo, a influência do tipo de solo no desencadeamento de anomalias, o tipo de carregamento, falhas de execução, procedimentos para reduzir as falhas,lista-se as normas regulamentadoras dos serviços de sondagem e propõem ensaio especial no caso de tecnologia inovadora.

Quanto ao estudo das patologias de estrutura de concreto armado, ressalta-se a influência dos novos sistemas construtivos no desempenho estrutural do edifício, comentam-se sobre os principais agentes causadores de problemas nas estruturas, ressaltando os fenômenos de corrosão, fissura e deflexão como sendo os de maior frequência. São abordados os mecanismos de geração da corrosão, listados os limites das aberturas das fissuras segundo a NBR 6118, indicando suas principais origens e por fim destacam-se os valores limites de deformação que uma estrutura poderá estar sujeita.

No campo dos acabamentos são apresentados estudos sobre as patologias dos revestimentos cerâmicos e de argamassa, destacando-se inicialmente o papel do revestimento nas construções e os riscos que o engenheiro assume na falta da qualidade do serviço realizado. Apresentam-se as principais patologias de revestimentos (descolamento- eflorescência) associando a origemem cada caso. Tabelas com afastamento e dimensão de

juntas são ilustradas com a expectativa de garantir a livre movimentação dos revestimentos.

Quanto as patologias dos revestimentos de argamassa são apresentados inicialmente os principais fatores desencadeadores das fissuras como(tipo de material empregado, traço da argamassa, espessura do revestimento, variações cíclicas de umidade, condições de cura e ambiente influência da técnica executiva). Na sequência são abordados os problemas de vesículas, manchas, eflorescência, descolamento e falhas de umidade sujeitos nos revestimentos de argamassa.

PATOLOGIA DAS CONSTRUÇÕES

Embora o Brasil encontre-se em uma posição privilegiada em relação aos demais países, pelo número e porte de suas obras de engenharia, são evidenciados inúmeros casos de patologias construtivas, chegando até mesmo em algumas situaçõesde desabamentos de edifícios.Além do elevado prejuízo material decorrente das não conformidades, o risco gerado a saúde e a própria vida dos usuários, bem como,a imagem do construtor frente ao consumidor, fica prejudicada pela produção inadequada do bem produzido. Por fim, a própria qualidade da engenharia nacional fica posta em dúvida.

Diante deste cenário, o objetivo deste módulo é despertar a atenção aos engenheiros e arquitetos, sobre a necessidade em saber identificar as principais patologias da construção civil e conhecer os mecanismos de degradação dos materiais.

Mediante o entendimento,será possível retroavaliar os projetos,além de refinar as técnicas executivas e implementar um programa de manutençãopreventiva.

Segundo RIPPER et al. (1998), a patologia na construção civil pode ser entendida como o baixo, ou fim, do desempenho da estrutura em si, no que diz respeito à estabilidade, estética, servicibilidade e, principalmente, durabilidade da mesma com relação às condições a que está submetida.

Quanto a origem, as falhas construtivas podem ser desencadeadas por um ou mais fatores, sendo que parte considerável originam-se durante a

elaboração do projeto, seja pela incompatibilidade e falta de detalhamento. Não obstante, outros fatores podem colaborar ou intensificar o quadro de manifestações patológicas, tais como: escolha inadequada de materiais devido a falta de conhecimento de suas propriedades em resposta a ação de agentes físico- químicos, armazenamento, manuseio dos materiais inadequados, a baixa qualidade da mão de obra, a falta de controle de qualidade, o desconhecimento, e desrespeito das normativas, a inexistência de manual de uso e por fim a deficiência de manutenção.

PATOLOGIAS DAS FUNDAÇÕES

A ocorrência de patologias devido ao mau desempenho das fundações, tem sido relatada com freqüência na engenharia e o seu reparo tem gerado cifras muitas vezes superiores ao custo inicial da construção que é em média de 4 %. Não obstante, são notificadas longas e onerosas ações judiciais visando apurar as responsabilidades. Em alguns casos visando a garantir a segurança dos usuários, surge a necessidade de remover todas aspessoas da edificação causando danos morais tanto para o consumidor como para o profissional envolvido.

Considerando que a fundação é um elemento de transição entre a estrutura e o solo, o sucesso depende do comportamento do solo quando solicitado pelas ações da estrutura do edifício. Os deslocamentos verticais devem ser compatíveis com o funcionamento da peça estrutural e a fundação deverá garantir total segurança à ruptura.

Um bom projeto de fundações passa obrigatoriamente por um bom plano de investigações geotécnicas, o que na prática não tem sido observado sendo responsável pela principal causa de problemas de fundações.

Patologias decorrentes de incertezas quanto às condições do subsolo podem ser resultado da simples ausência de investigação,de uma investigação insuficiente ou com falhas ou ainda da má interpretação dos resultados (Milititsky, 1989)

O referido autor, apresenta um resumo dos problemas típicos decorrentes de ausência de investigação para diferentes tipos de fundações.

Tipo de fundação	Problemas típicos decorrentes
FUNDAÇÕES DIRETAS	• Tensões de contato excessiva, incompatíveis com as reais características do solo, resultando ruptura e recalques inadmissíveis • Fundações em solos/aterros heterogêneos,provando recalques diferenciais • Fundações sobre solos compressíveis sem estudo de recalque, podendo resultar elevadas deformações • Fundações apoiadas em materiais de comportamento muito diferente, sem junta, gerando recalques diferenciais • Fundações assentes em crosta rígida sobre solos mole, sem análise de recalques, podendo ocorrer ruptura ou recalques acentuados
FUNDAÇÕES PROFUNDAS	• Estacas inadequadas ao subsolo, resultado geometria incorreta, comprimento ou diâmetro inferiores aos necessários • Estacas apoiadas em camadas resistentes sobre solos muito moles, com recalques incompatíveis com a obra • Ocorrência de atrito negativo não previsto, reduzindo a carga admissível nominal adotada para a estaca

Um programa de campanha de investigações insuficientes, podem comprometer a interpretação do comportamento do solo. Áreas extensas e subsolo com diferentes características geológicas, exigem por parte do engenheiro a realização de um maior número de sondagens. As normas brasileirasNBR 6122/1996 e NBR 8036/1983 fazem alusão ao número mínimo de furos de sondagem e profundidade de exploração. A própria associação brasileira de empresas de fundações e geotecnia (ABEF) , estabelece diversas recomendações para execução e controle dos serviços de sondagem.

Falhas nos procedimentos das sondagens podem causar problemas devido a inconsistência dos dados obtidos. Erros de locação dos pontos da sondagem, adoção de procedimentos indevidos, ensaios não padronizados, equipamentos com defeito ou fora da especificação, a má descrição do tipo do solo, a falta de nivelamento dos furos em relação ao RN e procedimentos

fraudulentos ou inexperientes, são facilmente notificados durante os serviços de investigação do subsolo.

O combate destas falhas só será possível mediante a supervisão no campo e a contratação de empresas idôneas por parte do contratante.

Caberá ao profissional experiente em fundações, indicar o tipo de sondagem, indicar a localização dos pontos de investigação, estimar a profundidade e estabelecer os critérios de paralisação das sondagens.

Outro fator que poderá resultar na geração de problemas nas fundações, refere-se a inadequada interpretação dos dados das sondagens. Cita-se como exemplo: a paralisação das sondagens ao atingir o impenetrável ao trado ou à percussão. Algumas vezes pode representar a simples presença de matacões, pedregulhos ou concreções de óxido de ferro (limonita) no solo. Nos casos dos solos porosos tropicais com N_{spt} abaixo de 4, revelam a possibilidade de instabilidade quando saturados. Valores muito baixos em argilas saturadas indicam a possibilidade de ocorrência de atrito negativo das estacas. A mistura de fragmentos rochosos aumentam os valores de resistência penetrométrica, sem que o solo seja equivalentemente aumentado. A oscilações do nível do lençol freático entre períodos de chuva e estiagem podem prejudicar o dimensionamento das fundações. Por fim, adverte engenheiro Quaresma, para o perigo de se estimar a resistência ou deformabilidade do solo a partir de modelos impróprios.

Quando se tratar de tecnologias inovadoras ou forem ser projetadas fundações especiais, é sempre recomendável a execução de estaca-prova para serem monitoradas.

Dentre dos fatores colaboradores no desencadeamento de anomalias de fundações anatureza do solo quando sujeita a variações de umidade assume papel relevante. Por exemplo, o vazamentos de canalizações pluviais ou cloacais, concentração de água de chuva devido a captação da cobertura, rupturas de reservatórios e piscina entre outros, levam a saturação do terreno modificando acentuadamente as suas propriedades físicas.

Denominados como solos colapsíveis, a sua estrutura é metaestável e quando saturados as partículas sofrem um rearranjo, seguidas de grande mudança volumétrica mesmo sem carga adicional. Normalmente este tipo de solo é poroso e encontra-se em regiões tropicais e sãoprovenientes de rochas graníticas e outras rochas ácidas tal como basalto. Segundo Souza Pinto, estes solos são constituídos essencialmente por partículas de quartzo cimentadas por partículas coloidais de argila. Devido a sua alta permeabilidade, no estado normal, a água da chuva percola nos meandros dos vazios sem saturá-los. A partir de um determinado valor, existe uma pressão que faz com que as ligações entre os grãos do solo sejam destruídas. As fundações assentadas sobre este tipo de solo são submetidas à ação de intensos recalques.

Outro fato relacionado ao tipo de solo, refere-se aos solos expansivos. Em determinadas regiões onde se evidencia o intemperismo das rochas sedimentares, tais como argilitos e siltitos da formação carbonífera Tubarão são observadas a presença de argilo-minerais com propriedades expansíveis. Variações no teor de umidade são responsáveis por grandes variações de volume. Desta forma caberá ao engenheiro tomar cuidados especiais tais como; empregar estacas armadas ao longo do fuste, estabilizar o solo empregando agentes cimentantes alcalinos (cal) , impermeabilizar as áreas próximas as fundações, aumentar o peso próprio da estrutura, substituir a camada superficial do solo expansivo por um aterro de material inerte.

No campo dos solos, são ainda observadas no interior do solo residual a existência no subsolo da presença de blocos de rocha denominados como matacões. Tais elementos, podem nos casos de pouca sondagem ser confundidos como ocorrência de rocha, causandointerpretações equivocadas das camadas do terreno, além de dificultarou impedir a execução das fundações. A constatação destes elementos exigirá do engenheiro aumentar o campo de investigações.

Outro dano observado com freqüência nas edificações, é a presença de vegetações próximo as fundações. A alteração do teor de umidade e a expansão física das raízes provocam significativas mudanças volumétricas e

causam movimentos nas fundações. Este movimento pode ser cíclico e o recalque é progressivo. Vários fatores podem influenciar no desenvolvimento deste fenômeno, tais como: tipo de vegetação, qualidade do solo, condições do nível de água, clima, tipo de fundação e a distância da vegetação em relação a fundação.

Quanto aos problemas patológicos envolvendo os mecanismos de interação solo-estrutura, citam-se como exemplos:

Esforços sobrepostos originados na obra durante a realização dos projetos ou, produzidos pela implantação posterior de edificação junto a estrutura existente;

Fundações do tipo estacas apoiadas sobre camadas pouco espessas, sobrepostas em camadas argilosas moles gerando deformações incompatíveis com a rigidez da estrutura;

Estimativas inadequada de tensões admissíveis com base em resultados pontuais de ensaio de placa, contra a implantação em grandes áreas carregadas;

Sobreposição de efeitos, provocado pela proximidade inadequada das estacas;

Desconsideração da ocorrência do efeito de atrito negativo entre as estacas. Fato observado em aterro recente, solos moles e rebaixamento do nível do lençol freático;

Existência de aterro assimétrico sobre camadas subsuperficiais de solo moles, gerando ações horizontais nas estacas em determinada profundidade;

Uso de modelos matemáticos de transferência de esforços inadequados;

Falta de travamento em duas direções do topo de estacas isoladas quando construídas em solos de baixa resistência resultando comprimentos de flambagem maiores que os projetados;

Desconhecimento de esforços de flambagem quando da cravação de estacas esbeltas.

Sistemas de fundações diferentes originados por cargas diferentes, não separados por juntas, causando recalques diferenciais;

Desenvolvimento de esforços horizontais provocados pela execução do reaterro das fundações;

São ainda registradas não conformidades em fundações, advindas o desconhecimento do comportamento real das fundações. Como exemplo, cita-se; estacas com diâmetro muito diferenciado sob a mesma estrutura, causando recalquesdiferenciais entre a superestrutura.Diferenciação acentuada de cargas em uma mesma estrutura. A utilização de vários tipos de fundação com comportamento diferenciado. Correlações com ensaios de penetração, de valores de capacidade de carga de fundações profundas sem observar números limites para atrito lateral e resistência de ponta. A falta de detalhes entre as armaduras da estaca com o bloco de coroamento. A adoção de solução estrutural desconsiderando a ação dos esforços horizontais dentre outros.

Quanto aos problemas envolvendo a estrutura de fundação, são registradas as seguintes ocorrências: solicitações críticas de carregamento durante a montagem das estruturas do tipo pré-moldado. Erros na determinação das cargas atuantes nas fundações, como exemplo a não consideração de carregamento vertical mínimo como o caso de reservatórios metálicos vazios. A situação do reservatório vazio implica em alteração das cargas limites, em geral, caracterizada como crítica para os elementos de fundação em tração.

No que tange a problemas envolvendo aspectos construtivos pode-se listar os principais: características inadequadas de resistência, durabilidade e trabalhabilidade do concreto; a não observância do cobrimento das armaduras; a falta de detalhamento das emendas das barras de aço; a falta de identificação da cota de assentamento das fundações diretas; a falta de ordem de execução das fundações desrespeitando os elementos superiores; a falta de proteção contra a erosão do solo, podendo aumentar o comprimento de flambagem das estacas; a falta de indicação das cargas consideradas no projeto.

Por fim, a execução de fundações em aterro constitui uma fonte significativa de problemas sejam causadas pela deformação do corpo do aterro devido o seu peso próprio e pelo carregamento das fundações, seja causado pelos recalques do solo natural provenientes do acréscimo de tensões, ou pela degradação bio-química da matéria orgânica do aterro sanitário.

Segundo Milititsky, as falhas de execução constituem o segundo maior responsável pelos problemas de comportamento das fundações. A construção de elementos de fundação assentes em solos diferentes tais como aterro e corte, pode provocar recalque diferenciais na estrutura. A contaminação da vala de fundação e o amolgamento do solo são citados como causas geradoras de recalque diferencial. Substituição de solo com material não apropriado ou executado sem compactação adequada são registrados freqüentemente. A falta de concreto magro no fundo da cava de fundação pode acelerar o processo de degradação das armaduras devido a fuga da água de amassamento pelas pedras ou pior pelo solo. A falta de regularidade e não observância das dimensões das fundações, levam a solicitações diferenciadas. A presença de água no interior da vala de fundação durante a concretagem prejudica a qualidade do concreto. Elevadas taxas de armadura na região do encontro dos pilares com os blocos, provocam o estrangulamento da seção. A falta de limpeza dos painéis das fôrmas e na cabeça das estacas e a aplicação de concretos com trabalhabilidade inadequada são grandes fontes de problemas. Deficiência nos serviços de adensamento resultam em peças heterogêneas com altas taxas de vazios proporcionando rápida degradação do material até atingir o colapso da estrutura. No caso das estacas escavadas, falhas de integridade ou continuidade são vistas regularmente. Traço inadequado com pouco cimento, atrasos nos serviços de concretagem, armadura mal posicionada, presença de água no interior das estaca, desmoronamento das paredes de escavação, variação do diâmetro da estaca devido a presença de solos muito moles podem provocar efeitos deletérios ao componente estrutural.

PATOLOGIA DE ESTRUTURAS DE CONCRETO ARMADO

Com a implementação de novas tecnologias nas construção, como por exemplo concreto de alto desempenho, a utilização de materiais leves(dry-wall),aprimoramento dos métodos computacionais, ausência de contra-pisos, tem-se observado a continuada redução nas seções das vigas, pilares e lajes tornando as estruturas cada vez mais esbeltas. Tais avanços, exigem dos profissionais cuidados especiais em especial a durabilidade da estrutura.

Por exemplo concretos com alto módulo de elasticidade, são mais suscetíveis à fissuração podendo comprometerno futuro as armaduras devido a corrosão.Lajes e vigas muito esbeltas,proporcionam estruturas mais deformáveis que nem sempre são compatíveis com as deformações das alvenarias, caixilhos e revestimentos, e em especial poderá haver desconforto do usuário devido as vibrações resultantes.

Segundo pesquisador,Meseguer os principais problemas com as estruturas de concreto são os que seguem:

CAUSAS	AGENTES
Concreto	*Materiais estranhos no concreto(argila, matéria orgânica,sal)* *Agregados expansivos (opala, calcedônia)* *Dosagem inadequada / concreto poroso*
Ambiente	*Atmosfera ácida, ação de ácidos* *Percolação* *Ciclos de umedecimento e secagem* *Variações de Temperatura*
Fundações	*Recalques* *Empuxos laterais de terra* *Expansão do solo* *Erosão*
Falhas construtivas	*Fôrmas com deficiência de travamento* *Cura inadequada* *Falta de vibração* *Deficiência na distribuição das armaduras* *Cobrimentos inadequados* *Sobrecargas durante a construção*
Projeto	*Avaliação inadequada dos carregamentos* *Omissão de juntas* *Concepção diferente do funcionamento real*
CAUSAS	AGENTES
Detalhamento	*Excesso de armaduras* *Variação brusca da seção das peças* *Cobrimento inadequado* *Problemas de ancoragem*
Tecnologia de obras	*Deficiência de drenagem* *Revestimento inadequado*

Em linhas gerais, pode-se afirmar que os problemas patológicos de maior gravidade e risco as estruturas em concreto armado, são a corrosão da armadura do concreto, fissuras, e s flechas excessivas das peças estruturais.

CORROSÃO DE ARMADURAS

A degradação das estruturas de concreto pela corrosão de armaduras revela-se superficialmente na forma de manchas, fissuração e lascamentos.

O processo desencadeador da corrosão das armaduras depende principalmente:

- umidificação/ ciclos de molhagem e secagem das peças;

- carbonatação do concreto;

- ataque por íons cloreto.

Considerando que normalmente as armaduras são colocadas próximas a superfície do concreto, fissuras, a elevada porosidade do concreto, a presença de materiais contaminantes(ex.: aditivos a base de cloreto de cálcio), ação de agentes agressivos do meio ambiente (ex.: solos com elevado teor de matéria orgânica em decomposição, íons de enxofre provenientes da queima de combustíveis, gás sulfídrico localizados acima do nível do efluente) variações de temperatura e umidade são os principais causadores do desencadeamento do processo de corrosão.

Segundo Cánovas, a corrosão de armaduras são reações, preponderantemente, de processos eletroquímicos, ou seja, deve haver uma solução aquosa na superfície das barras ou no concreto que envolve transformando como um eletrólito.

As características de um aço submetida a corrosão eletroquímica,revelam elevada porosidade superficial em torno das barras, sua aderência é reduzida em relação a matriz cimentícia e ocorre em pontos distintos.A medida que o metal se transforma em óxido ou hidróxido cujo volume é muitas vezes maior que o valor original do metal. Essa expansãoprovoca o lascamento (spalling) e fissuraçãonas regiões próximas às armaduras.

As reações resultantes da hidratação do cimento, álcalis e portlandita – Ca(OH)2 sendo esta resultante das reações do C3S e do C2S com a água, deixam o pH do concreto alcalino na faixa de 10,5 e 12. Esta película alcalina, assume papel de camada protetora do aço em forma de óxido duplo de ferro e cálcio.Para que ocorra a ruptura da camada passivadora dois fatores podem estar relacionado ao desequilíbrio, são a carbonatação do concreto que é a transformação da portlandita em carbonato de cálcio, pela penetração do CO2 fazendo com que o pH reduza a valores próximo a 9 e pelo ataque de cloretos presente na atmosfera em ambientes marinhos (ricos em íons de cloro) e industriais.

No caso da carbonatação, seu avanço depende da porosidade do concreto, da sua reserva alcalina(portlandita, KOH,NaOH), do teor de umidade do concreto e do teor CO_2 na atmosfera. Segundo CEB, a maior carbonatação ocorre quando a umidade relativa encontra-se na faixa de 50 a 60 %. Arestas quebradas, fissuras no concreto facilitam o ingresso do CO_2 criando condições cada vez mais favoráveis para geração da corrosão, além do tipo do cimento. Cimento com adições de cinzas volantes ou escória de alto forno tenderão a aumentar a profundidade da espessura da carbonatação uma vez que o teor de C_3S e C_2S é menor e as cinzas consomem parte do hidróxido de cálcio.

A despassivação advinda a presença de íons de cloro dependerá do teor de cloretos e da disponibilidade de hidroxilas. Segundo Figueiredo o C_3A existente no cimento tem a capacidade de mobilizar os íons de cloreto formando um sal complexo “sal de Friedel” diminuindo o risco de corrosão. No caso de adicionar escória de alto forno ou cinza volante, o pesquisador afirma que as adições são positivas no combate a corrosão.

Segundo Helene, pequenos teores de cloreto, concentrados numa determinada região da peça, podem ser mais prejudiciais do que altos teores distribuídos de maneira uniforme e homogênea.

FISSURAS EM ELEMENTOS DE CONCRETO

Segundo a norma brasileira NBR 6118:2003, as aberturas das fissuras não devem ultrapassar: 0,2 mm para peças expostas em meio agressivo muito forte (industrial e respingos de maré) e concreto protendido ; 0,3mm para peças

expostas a meio agressivo moderado e forte (urbano, marinho e industrial-classe de agressividade II e iV); 0,4mm para peças expostas em meio agressivo fraco (rural e submerso-classe de agressividade I).

Este tipo de anomalia pode se manifestar em três fases distintas da construção:

*Fase plástica

*Fase de endurecimento

* Fase do concreto endurecido

Durante a fase plástica são observadas várias mudanças de estado do concreto uma delas é quanto ocorre evaporação da água durante a pega ou da percolação de regiões mais pressionadas para regiões menos pressionadas, denominada como retração plástica.

Outra ocorrência de retração se dá quando se emprega uma quantidade maior de água do que a necessária para se obter a trabalhabilidade. Dá-se o nome de retração de secagem e são evidenciada elevadas forças capilares no interior da massa equivalentes a uma compressão isotrópica da massa, produzindo a redução do volume, que em alguns casos desencadeia fissuras. Soma-se as reduções volumétricas causadas pela retração química entre o cimento e a água. A contração volumétrica é cerca de 25 % de seu volume original devido a grandes forças internas de coesão.

Durante a fase do concreto endurecido são registradas vários tipos de fissuras.

Citam-se as causadas por sobrecargas, deformações excessivas da estrutura, movimentações térmicas, ciclos de umedecimento e secagem, alterações de ordem química do material, ação do fogo, colisões, recalques de fundação

.

Fissuras causadas por sobrecargas.

Esforços de Flexão

Elas se radicalizam no bordo mais tracionado e avançam em direção à linha neutra. Este tipo de fissura tem abertura variável: são mais abertas no bordo tracionado da seção e vão diminuindo de abertura à medida que chegam perto da linha neutra.

Esforços Cortantes

A tipologia das fissuras causadas por esforço cortante são, em geral, inclinadas formando um ângulo entre 30° e 45°, normalmente ultrapassam toda a peça, e são localizadas próximas aos apoios dos elementos

Fissuras causadas por esforços de Compressão

As fissuras causadas por esforços de compressão são, em geral, paralelas a direção do esforço. Quando o concreto é muito heterogêneo, as fissuras podem cortar-se segundo

Fissuras causadas por esforços de Tração

As fissuras causadas por esforços de tração são, em geral, ortogonais à direção do esforço e atravessam toda a seção. O material concreto é muito suscetível a esse tipo de fissura, pois a resistência à tração deste material é muito pequena.

Fissuras causadas por esforços de Torção

Este tipo de anomalia tem sua origem nos cantos das construções devido a excessiva deformabilidade de lajes ou vigas que lhe são transversais, por atuação de cargas excêntricas ou por geração de recalques diferenciais das fundações.

Fissuras Causadas por Variação de Temperatura

Quando a temperatura se eleva o concreto sofre um alongamento. De forma contráriaquando ocorre redução da temperatura a sua dimensão é reduzida. As fissuras causadas por variação de temperatura podem surgir devido ao encurtamento de elementos restringidos por vínculos.

Deflexões Excessivas

Como citado anteriormente, com a gradativa redução das seções dos elementos estruturais, a eliminação de elementos de contraventamento tal como alvenaria x dry-walls, a eliminação de concreto dos contra-pisos, alvenarias com juntas secas, revestimentos com finas camadas de gesso, as edificações estão ficando mais suscetíveis a deformações.

Abaixo são apresentados os limites de flechas recomendados pela NBR 6118 e o pelo IPT considerando limites mais rigorosos em função do sistema do tipo dry-wall.

Razões da limitação		Flecha limite	Deslocamento a considerar
elementos estruturais visíveis: evitar insegurança psicológica		L/250	deslocamento total
pisos: evitar vibrações que podem ser sentidas pelos usuários		L/350	deslocamentos devidos a cargas acidentais
coberturas e varandas: garantir a drenagem da água		L/250 [1]	deslocamento total
ginásios e pistas de boliche: garantir planaridade do piso		L/350 + contraflecha [2]	deslocamento total
		L/600	deslocamento incremental após a construção do piso
evitar fissuras e danos a:	• alvenarias, caixilhos e revestimentos	L/500[3] ou 10mm ou θ = 0,0017 rad[4]	deslocamentos ocorridos após construção da parede
	• divisórias leves e caixilhos telescópicos	L/250[3] ou 25mm	deslocamentos ocorridos após instalação da divisória
	• componentes de forro colados diretamente nas lajes	L/350	deslocamentos ocorridos após construção do forro
	• forros falsos, ou componentes colados mantendo-se juntas	L/175	

Limites de flechas recomendados para que não ocorram danos a outros elementos da construção

Componente estrutural suportando:			Flecha máxima recomendada	
			total	após instalação do elemento
Paredes monolíticas, alvenarias, painéis com juntas coladas ou argamassadas		com aberturas (*)	L / 300	L / 1.200
		sem aberturas	L / 280	L / 1.000
Paredes de painéis com juntas flexíveis, paredes em materiais flexíveis		com aberturas (*)	L / 260	L / 900
		sem aberturas	L / 250	L / 800
Pisos constituídos ou revestidos com:		material rígido	L / 280	L / 1.500
		material flexível	L / 250	L / 1.000
Forros constituídos ou revestidos com:		material rígido	L / 260	L / 1.200
		material flexível	L / 240	L / 800
Coberturas	treliças, vigas, terças e caibros (exceto ripas)		L / 220	L / 1.000
	lajes, canaletes, vigas-calha ou assemelhados		L / 200	L / 1.000

(*) no caso do emprego de dispositivos ou detalhes construtivos que absorvam as tensões concentradas no contorno de aberturas (portas, janelas), as paredes podem ser consideradas como sendo "sem aberturas".

PATOLOGIA EM REVESTIMENTOS CERÂMICOS

Juntamente com as alvenarias e as esquadrias, o revestimento de uma fachada tem como função proteger os vedos e a estrutura contra a ação de agentes de deterioração, auxiliar na vedação contra a entrada de ar e água e servir com isolamento termo-acústico, criar uma barreira contra a ação do fogo, aprimorar estética da fachada, valorizar o patrimônio, e melhorar a vida útil do imóvel.

Segundo Temoche Esquivel,Barros e Simões(2005) tem-se registrado nas últimas décadas, várias ocorrências de problemas nas fachadas dos edifícios revestidos com cerâmica e tem levado em alguns casos o abandono desta tecnologia em determinadas regiões do Brasil. Estes históricos de insucessos devido a queda localizada de placas ou de elementos isolados , a perda da impermeabilidade em curto espaço de tempo, tem causado desgaste na imagem dos profissionais envolvidos,tem colocado em risco a vida das pessoas que ali transitam e causando danos econômicos as construtoras.

Segundo pesquisas científicas, grande parte das não conformidades são decorrentes de falhas de projeto, seguida da construção inadequada. A falta de

publicações focada neste tema, a deficiência da disseminação das novas tecnologias, o incentivo a pesquisas, falta de treinamento de mão de obra, dentre outros, tem contribuído no desencadeamento destas manifestações patológicas.

Dentre o campo das patologias, o descolamento do revestimento cerâmico é o que ocorre com maior incidência. Os fatores colaboradores mais comuns são a inexistência de juntas de movimentação, deficiências execução do assentamento das peças inexistência ou queda da argamassa de rejuntamento. No caso das juntas de movimentação, esses sistemas construtivos tem grande importância no desempenho ao longo da vida útil do revestimento, pois proporciona o alivio das tensões geradas pela estrutura e pela movimentação termo-higroscópica dos materiais constituintes, e que segundo (Fabiana e Mércia) se não forem dissipadas as tensões internas podem provocar desde uma ruptura localizada até um amplo colapso dos revestimentos.

Franco (1998), reforça seu comentário citando que os revestimentos aderidos à base podem ser comprometidos pelas deformações das estruturas, pois arranjo estrutural que leva ao uso de balanços, transições, apoios de pouca rigidez, solidarizações parciais, dentre outros, contempla o atendimento dos critérios de funcionamento da estrutura; mas, muitas vezes não dos elementos que com ela têm interface.

Edifícios cada vez mais esbeltos, com grandes vãos dos elementos estruturais, são atualmente obtidos pela modelagem matemática mais precisa das estruturas e também pelo uso de materiais especiais como os concretos de alta resistência.

Em decorrência disso, nos edifícios de múltiplos andares, são impostas às vedações verticais, deformações muitas vezes incompatíveis à sua capacidade de resistir a elas, o que resulta em fissuração excessiva do revestimento ou mesmo seu destacamento (SABBATINI 1998;FRANCO, 1998;ABREU,2001)

No caso dos revestimentos cerâmicos, cuja camada de acabamento é altamente rígida, esse problema se torna mais crítico sendo necessário a adoção de juntas de movimentação.

A distribuição das juntas de movimentação longitudinais e/ou

transversais deverá ser planejada desde a fase de projeto.

Segundo as recomendações da NBR 8214 - Assentamento de Azulejos - Procedimento - a execução de juntas de movimentação longitudinais e/ou transversais em paredes externas com área igual ou maior que 24 m^2 ou sempre que a extensão do lado for maior que 6 m, e em paredes internas com área igual ou maior que 32 m^2, ou sempre que a extensão do lado for maior que 8 m. As juntas de movimentação devem ser aprofundadas até a superfície da parede, preenchidas com materiais deformáveis e a seguir vedadas com selantes flexíveis.

As dimensões da largura da junta e da altura para receber o selante, deverá seguir as recomendações da referida norma em função da posição da parede e da dimensão do painel.

Dimensão do painel limitado pelas juntas (m) *	Paredes Internas		Paredes Externas	
	Largura da junta	Altura da junta	Largura da junta	Altura da junta
	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)
3,0	8	8	10	8
4,0	10	8	12	8
5,0	12	8	15	10
6,0	12	8	15	10
7,0	15	10	-	-
8,0	15	10	-	-

* Para dimensões intermediárias adotar o limite imediatamente superior

Quanto a posição das juntas, estas deverão ser coincidentes com as posições de encunhamento das alvenarias (juntas horizontais) e ligação alvenaria/estrutura (juntas verticais).

Durante o assentamento das peças cerâmicas, o profissional deverá deixar um espaço livre entre as placas de maneira que garanta a penetração da pasta ou da argamassa de rejuntamento. A argamassa empregada deverá possuir umadeterminada elasticidade a fim de poderacomodar às movimentações da alvenaria e/ou da própria argamassa de assentamento.

É apresentado na tabela abaixo as juntas mínimas de assentamento de acordo com as dimensões das peças cerâmicas.

Dimensões mínimas das juntas de assentamento

Dimensões das peças (mm)	Juntas de assentamento mínimas (mm)	
	Parede Interna	Parede Externa
110 x 140	1,0	2,0
110 x 220	2,0	3,0
150 x 150	1,5	3,0
150 x 150	2,0	3,0
200 x 200	2,0	4,0
200 x 250	2,5	4,0

Segundo (Bauer) tem-se constatado problemas de destacamento localizado de revestimento cerâmico, devido à infiltração de água por deficiência de calafetação das juntas de assentamento, permitindo acesso de água na argamassa de assentamento e no corpo cerâmico das peças, gerando esforços nas mesmas por dilatação e contração por absorção de água, além da possibilidade de formar pressão de vapor d'água e eflorescências localizadas no revestimento.

Outro problema encontrado freqüentemente nas obras é quanto a deficiências de assentamento. É comum a falta de análise da configuração do tardoz das peças a serem assentadas, com relação a serem lisas, com reentrâncias ou garras.

Peças cerâmicas produzidas com garras no tardoz melhoram consideravelmente aderência à base, no entanto, a argamassa de assentamento não preenche os espaços vazios das garras comprometendo o sistema . Desta forma caberá aos profissionais avaliar previamente a consistência do material, definir o tamanho dos dentes da desempenadeira e verificar regularmente se o cordão esta envolvendo todas as garras internas. No caso de argamassas adesivas à base de cimento deve-se verificar o eventual desgaste da desempenadeira dentada, o que compromete a altura do cordão de assentamento e, conseqüentemente, a aderência do revestimento cerâmico. A fim de garantir a total penetração da argamassa sugere-se que durante o assentamento das peças, as mesmas deverão ser batidas uma a uma, até que sejam posicionadas adequadamente e o espaçamento entre as peças seja obedecido.

No caso de se empregar argamassas adesivas à base de cimento, deve-se aguardar um tempo de espera a partir da mistura do produto anidro com a

água de amassamento, para que ocorram as reações dos constituintes ativos do material, principalmente a passagem dos polímeros orgânicos, a dissolução coloidal e as primeiras etapas da hidratação do cimento, com isso a argamassa irá adquirir as propriedades mínimas de aderência. O tempo mínimo de espera gira em torno de aproximadamente 30 minutos, recomenda-se seguir as recomendações dos fabricantes.

Caber lembrar, que a argamassa possui uma vida útil limitada, em função do tempo de pega do cimento.

De acordo (Bauer) o tempo em aberto de uma argamassa refere-se ao intervalo de tempo no qual, uma vez entendida sobre a base, uma camada de argamassa consegue manter as peças cerâmicas assentadas e alcance valores de aderência final aos 28 dias de idade, igual à estabelecida come mínimo de 0,5 MPa (no Brasil a NBR – 8214 estabelece como sendo 0,3 MPa).

Após estender a argamassa sobre a base ocorre refluxo paulatino para a superfície material, de parte dos aditivos orgânicos, juntamente com as bolhas de ar incorporado.

Ao estender a argamassa adesiva devidamente preparada e passar a desempenadeira dentada, deve ser caracterizada a superfície máxima de argamassa a ser estendida sobre a base de uma única vez, que é função do tempo em aberto, da velocidade de formação da película e, naturalmente, das condições ambientais, de tal maneira que possam ser aplicadas as peças cerâmicas com garantia de que a aderência final seja a mínima especificada (0,5 MPa).

Cuidados especiais devem ser tomados para que o operário não estenda argamassa em grandes áreas, levando em consideração que o tempo decorrido desde o assentamento da primeira peça até a última não seja superior ao tempo útil, ou seja, ao tempo em aberto do produto. Caso o mesmo não ocorra, embora a peça possa permanecer aderida inicialmente, após certo tempo acaba destacando, mostrando limpo o tardoz (sem resíduos de argamassa).

A aderência depende também da estabilidade dimensional da argamassa de assentamento. Entretanto, também pode influir no comportamento final o coeficiente de dilatação potencial frente à umidade das peças cerâmicas. Caso a umidade seja elevada, poderão ocorrer tensões

significativas de cisalhamento no plano do revestimento, todavia o uso de peças cerâmicas com baixa absorção e dilatação higroscópica reduz consideravelmente as possibilidades destacamento.

***Eflorescências provenientes da limpeza de revestimentos cerâmicos com ácido*.**

Após a execução de revestimentos em fachadas e usual proceder à limpeza com solução ácida, visando eliminar resíduos de argamassa. O procedimento de lavagem deve ser o mais homogêneo possível para todas as superfícies a serem tratadas.

O procedimento recomendado estabelece inicialmente a saturação do revestimento com água em abundância, a fim de evitar penetração profunda do ácido, seguida de limpeza com uma solução de ácido muriático em concentração de até 10%, e finalmente a lavagem com água em abundância e, se necessário, com escovação da superfície do revestimento, visando eliminar a solução ácida e a retirada dos compostos formados na reação química com a argamassa de rejuntamento.

Caso não seja procedida prévia saturação com água do revestimento, poderá haver penetração profunda da solução ácida, gerando formação de grande quantidade de eflorescências, pois o ácido muriático em contato com o cimento do rejuntamento formará cloretos muito solúveis em água.

As reações químicas ocorridas durante o processo de limpeza das fachadas com a solução ácida formam uma série de compostos, gerando deposições sobre a superfície.

O cimento Portland é constituído principalmente por quatro compostos, que reagindo com à solução do ácido muriático formarão compostos de reação química, em sua maioria de cor branca e solúveis em água.

As equações químicas a seguir mostram os produtos formados.

$C3S + HCl \rightarrow CaCl2 + SiO2$

C2S + HCl → CaCl2 + SiO2

C3A + HCl → CaCl2 + AlCl3

C4AF + HCl → CaCl2 + AlCl3 + FeCl3

O cloreto de cálcio ($CaCl_2$) é muito solúvel em água e é de cor branca.
O cloreto de alumínio ($AlCl_3$) é solúvel em água e é de cor branca.
O cloreto de ferro ($FeCl_3$)é solúvel em água e apresenta tonalidade verde-amarelada.

O dióxido de silício ($Si0_2$) é branco e insolúvel, dando a impressão de minúsculos grãos de areia.

Caso as eflorescências ocorram em alvenarias externas de edificações recém-terminadas, o melhor é deixar que desapareçam por si mesmas. Em primeiro lugar, porque as reações ainda não estão terminadas e, em segundo lugar, porque, sendo os sais solúveis em água, a eflorescência tende a desaparecer após um período mais ou menos prolongado com a ação da chuva.

A eliminação mais rápida é realizada com a remoção dos sais depositados na superfície do revestimento com uma escova de fios de aço a seco, seguida de lavagem com água em abundância com escovação. A água deve penetrar na alvenaria e dissolver os sais existentes.

PATOLOGIAS EM REVESTIMENTO DE ARGAMASSA

Dentre os problemas mais comumente encontrados pelos engenheiros e arquitetos nas obras de engenharia figuram as fissuras. Tais ocorrências em grande parte se devem a fenômenos de retração hidráulica da argamassa seguida de solicitações higrotérmicas.

Segundo o ilustre engenheiro Roberto José Falcão Bauer, o desenvolvimento do quadro fissuratório esta relacionado a fatores intrínsecos, como o consumo de cimento, o teor de finos, quantidade de água de amassamento, e de outros fatores que podem ou não contribuir na fissuração, como a resistência de aderência à base, o número e espessura das camadas,

o intervalo de tempo decorrido entre a aplicação de uma e outra camada, a perda de água de amassamento por sucção da base ou pela ação de agentes atmosféricos.

Comenta o autor que o agregado deve apresentar granulometria contínua e teor de finos adequado. O excesso de finos acarreta maior consumo de água de amassamento, gerando maior retração por secagem.

As condições ambientais e a capacidade de retenção de água da argamassa fresca podem regular a perda da umidade do revestimento para a base durante as fases de endurecimento e desenvolvimento inicial de resistência. Assim a falta e/ou deficiência de molhagem da base antes da aplicação de cada camada de revestimento pode resultar num processo gerador de fissuras.

A deficiência ou falta de cura do revestimento é também uma das causas geradoras de fissuração.

As fissuras de retração hidráulica em geral não são visíveis a não ser que sejam molhadas e a água penetrando por capilaridade assinale sua trajetória.

Umidificações sucessivas podem gerar mudança de tonalidade, permitindo visualiza das fissuras inclusive com o paramento seco. A água de cal sai pelas fissuras formando carbonato de cálcio de cor esbranquiçada ou escurecimento das mesmas por deposição de fuligem.

As microfissuras de retração hidráulicas podem ser cobertas sobre película de tinta (pintura).

A abertura das fissuras é proporcional à espessura da camada do revestimento fissurado. O revestimento deve ser o menos espesso possível, caso as irregularidades da superfície ou a impermeabilidade exija determinada espessura, se faz necessário aplicar o revestimento em camadas.

Nas argamassas bem proporcionadas, as ligações internas são menos resistentes e tensões podem ser dissipadas na forma de microfissuras à

medida que ocorrem nas microscópicas interfaces entre os grãos do agregado e a pasta aglomerante.

Nas argamassas ricas em aglomerantes, com maior limite de resistência, as tensões acumulam e a ruptura ocorre com aparecimento de fissuras macroscópicas.

A aplicação de uma camada de emboço excessivamente rico em cimento ocasionará um revestimento sem a necessária elasticidade, não acompanhando eventuais movimentações da base, fissurando-se.

A incidência de fissuras será tanto maior quanto maiores forem a resistência à tração e o módulo de deformação da argamassa, assim, as argamassas de revestimento deverão apresentar teores consideráveis de cal, sendo comum o emprego dos traços 1:2:8; 1:2:9; e 1:3:12(cimento, cal hidratada e areia, em volume).

No caso de revestimentos com múltiplas camadas, o módulo de deformação da argamassa de cada camada deverá ir diminuindo gradativamente de dentro para fora, portanto o consumo de cimento deverá diminuir no mesmo sentido.

Uma camada de revestimento aplicada entre camadas de menor teor de aglomerante gerará deficiência de aderência, podendo ocorrer fissuras na última camada do revestimento.

A técnica de execução é um fator importante, na medida em que está relacionada com o teor de umidade remanescente no revestimento e no grau de adensamento alcançado.

São fatores que estão diretamente relacionados com a base (sua natureza, sua espessura e seu estado), com o revestimento (sua granulometria, o aglomerante empregado e sua dosagem e a espessura) e as condições atmosféricas. A experiência do operário é fundamental, uma vez que deve conhecer o momento ideal, no qual a argamassa ainda conserva uma pequena plasticidade superficial para as operações de sarrafeamento, de

maneira que eventuais fissuras sejam fechadas, e as tensões potenciais de tração devidas à retração antes da pega sejam anuladas.

Pode ocorrer que o revestimento tenha boa aderência à base, porém, caso esta apresente menor resistência, poderão ocorrer fissuras e posterior destacamento do revestimento. Quanto maior é a aderência do revestimento, mais próximas e finas serão as fissuras; é, portanto, primordial uma boa aderência.

Quando se verificam as características de uma fissura no revestimento, como extensão e abertura, é essencial observar se a mesma coincide com uma fissura na base (alvenaria ou estrutura). Geralmente, nestes casos, a configuração da fissura é distinta da mapeada, atribuindo-se outras causas para o quadro patológico.

Inúmeras outras causas podem gerar fissuras em um revestimento, mas, apesar da patologia também se manifestar no revestimento argamassado, tem sua origem relacionada a outros elementos da edificação com exemplo:o cobrimento deficiente da armadura, às deficiências de encunhamento da alvenaria e à deformação lenta do concreto entre outros fatores.

Fissuras relacionadas à deficiência de encunhamento da alvenaria. As estruturas, bem como as alvenarias internas e de vedação em edificações, apresentam deformabilidade que lhes permite certo grau de distorção, sem que sejam alcançados os limites de resistência dos materiais que as constituem.

Caso ocorram esforços que ultrapassem a resistência à tração, à compressão ou ao esforço cortante dos materiais, ocorrerá em alguns locais o aparecimento de fissuras ou trincas. Caso a heterogeneidade da resistência ocorra no perímetro do painel de alvenaria e sendo as juntas o plano de debilidade, aparecerão fissuras no encontro da alvenaria com a viga ou pilar.

A utilização de tijolos maciços cerâmicos, não atendendo a NBR 7170 - Tijolo Maciço Cerâmico para Alvenaria, principalmente quanto à resistência à compressão, tem ocasionado deficiências no encunhamento de alvenarias, como a quebra do tijolo ao se realizar o encunhamento. Com o objetivo de evitar a quebra, utiliza-se argamassa em excesso em torno do tijolo de

encunhamento. Este procedimento ocasiona retração da argamassa, gerando fissuras no encunhamento da alvenaria e, conseqüentemente, no revestimento.

A utilização de blocos vazados de concreto simples para alvenaria sem função estrutural ainda verde, ou seja, não curados, ocasionará retração na alvenaria e ainda o emprego de blocos com resistência à compressão inferior ao valor mínimo estabelecido pela NBR 7173 .

Devem ser tomadas algumas medidas quanto à execução do encunhamento, que deve ser realizada após um período mínimo de 15 a 30 dias e após ter sido construído no mínimo 2 pavimentos acima e com a alvenaria assente.

A aplicação de chapisco nas laterais dos pilares e fundos de viga não deve ser executada com areia fina. Deve-se prever também ferros de amarração, e no caso das construções modulares prever espaçamento suficiente para o encunhamento.

Caso a argamassa de assentamento da alvenaria apresente resistência mecânica inferior à dos elementos da alvenaria (blocos cerâmicos, blocos vazados de concreto simples), e a alvenaria venha a ser solicitada, poderão ocorrer fissuras na argamassa de assentamento.

Fissuras relacionadas à deformação lenta do concreto. A deformação lenta do concreto pode estar relacionada à origem de fissuras no revestimento.

Alguns fatores, como a utilização de seções distintas de concreto e aço em pilares vizinhos de um mesmo pavimento, modificações na composição do concreto entre pavimentos, o uso de concretos ricos em cimento para lançamentos bombeáveis, a granulometria e o tamanho máximo dos agregados utilizados, o tipo e a fissura do cimento e as condições de umidade relativa do ar durante as concretagens são fatores que contribuem para a deformação lenta do concreto.

Fissuras relacionadas à argamassa de assentamento. A presença de argilo-minerais montimoriloníticos na argamassa de assentamento constitui uma causa geradora do aparecimento de fissuras no revestimento, assim como

a expansão da argamassa de assentamento, devido à hidratação retardada do óxido de magnésio ou de cálcio, ou a reações expansivas cimento-sulfatos.

Fissuras relacionadas à ausência de vergas e contra vergas. A não utilização de vergas e contravergas nas janelas, ou a utilização deficiente, contribui para o surgimento de fissuras nos revestimentos.

As vergas e contravergas deverão avançar de 30 a 40 cm após o vão das janelas, e ter altura mínima de 10 cm, a fim de neutralizar a concentração de tensões nos cantos das mesmas.

Caso os vãos sejam relativamente próximos e na mesma altura, recomenda-se uma única verga sobre todos eles.

Vesículas.

As vesículas surgem, geralmente, no reboco e são causadas por uma série de fatores, como a existência de pedras de cal não completamente extintas, matérias orgânicas contidas nos agregados, torrões de argila dispersos na argamassa ou outras impurezas, como mica, pirita e torrões ferruginosos.

As vesículas decorrentes dos problemas apresentados pela cal hidratada surgem em pequenos pontos localizados do revestimento, vão inchando progressivamente e acabam destacando a pintura e deixando o reboco aparente.

As vesículas podem apresentar no seu interior um ponto branco. O fenômeno ocorre de modo acentuado após a aplicação do revestimento e, em alguns casos, num prazo de três meses.

Isso ocorre quando o óxido de cálcio livre presente na cal se hidrata, e devido a existência de grãos maiores na cal, não há possibilidade de a argamassa absorver a expansão. Assim, se houver óxido de cálcio livre na forma de grãos grossos, a expansão não poderá ser absorvida pelos vazios da argamassa, ocorrendo a formação de vesículas.

Outro problema é a união entre a pasta de cimento e o agregado ficar debilitada, ocorrendo inibição da pega, pela inclusão na areia de matérias

orgânicas como húmus, partículas de madeira, carvão e outros produtos vegetais e animais de distintas procedências.

A contaminação pode ocorrer durante o transporte do agregado. É comum a utilização de veículos que tenham transportado anteriormente outros produtos, como farinhas, açúcares e carvão. Também é possível a contaminação pelo contato com produtos gasosos e óleos minerais.

Torrões de argila dispersos na argamassa manifestam aumento de volume quando úmidos e por secagem voltam à dimensão inicial. A argamassa junto ao torrão se dilata e se contrai em função do grau de umidade, desagregando-se gradativamente e originando o aparecimento de vesículas.

Certos materiais contendo compostos de ferro podem provocar variações de volume por oxidação, com conseqüente destruição da argamassa.

Alguns tipos de pirita podem sofrer oxidação e se hidratar, formando compostos de ácido sulfúrico até o ponto em que muitos desses minerais se desagregam.

Em muitas obras, por má disposição do local de estocagem da areia, ocorrem contaminações por pontas de arame recozido e serragem, contribuindo posteriormente para a formação de vesículas.

Manchas.

As manchas podem se apresentar com colorações diferenciadas, como marrom, verde e preta, entre outras, conforme a causa.

Os revestimentos freqüentemente estão sujeitos à ação da umidade e de microorganismo, os quais provocam o surgimento de algas e mofo, e o conseqüente aparecimento de manchas pretas ou verdes.

As manchas marrons, geralmente, ocorrem devido à ferrugem.

Eflorescências.

A eflorescência é decorrente de depósitos salinos principalmente de sais de metais alcalinos (sódio e potássio) e alcalino-terrosos (cálcio e magnésio) na superfície de alvenarias, provenientes da migração de sais solúveis presentes nos materiais e/ou componentes da alvenaria. As eflorescências podem alterar a aparência da superfície sobre a qual se depositam e em determinados casos seus sais constituintes podem ser agressivos, causando desagregação profunda, como no caso dos compostos expansivos.

Condições para o aparecimento de eflorescências.

A eflorescência é causada por três fatores de igual importância: o teor de sais solúveis existentes nos materiais ou componentes, a presença de água e a pressão hidrostática necessária para que a solução migre para a superfície.

As três condições devem existir concomitantemente, pois, caso uma delas seja eliminada, não ocorrerá o fenômeno.

Os sais solúveis podem ser provenientes dos materiais e/ou componentes das alvenarias ou revestimentos.

Os sais solúveis do cimento agem como fonte de eflorescência. Cimentos que contenham elevado teor de álcalis (Na2O e K2O) na sua hidratação podem transformar-se em carbonato de sódio e potássio, muito solúveis em água.

A água de amassamento e os agregados também podem contribuir para a ocorrência das eflorescências. Caso a água ou a areia utilizadas sejam provenientes de regiões próximas ao mar, podem conter em sua composição c1oretos e sulfatos de metais alcalinos terrosos.

Blocos vazados de concreto, eventualmente, podem ser a causa de eflorescências, caso os materiais constituintes contenham sais solúveis, que podem ser provenientes do próprio aglomerante (cimento Portland), dos

agregados conforme seu processo de fabricação ou até de aditivos à base de cloretos.

Natureza Quimica das Eflorescências

Composição Química	Fonte Provável	Solubilidade em água
Carbonato de Cálcio	Carbonatação da cal lixiviada da Pouco solúvel argamassa ou concreto e de argamassa de cal não carbonatada	Pouco solúvel
Carbonato de Magnésio	Carbonatação da cal lixiviada de argamassa de cal não carbonatada	Pouco solúvel
Carbonato de Potássio	Carbonatação dos hidróxidos alcalinos de cimentos com elevado teor de álcalis	Muito solúvel
Carbonato de Sódio	Carbonatação dos hidróxidos alcalinos de cimentos com elevado teor de álcalis	Muito solúvel
Hidróxido de Cálcio	Cal liberada na hidratação do cimento	Solúvel
Sulfato de CálcioDesidratado	Hidratação do sulfato de cálcio do tijolo	Parcialmente solúvel
Sulfato de Magnésio	Tijolo, água de amassamento	Solúvel
Sulfato de Cálcio	Tijolo, água de amassamento	Parcialmente solúvel
Sulfato de Potássio	Reação tijolo-cimento, agregados, água de amassamento	Muito solúvel
Sulfato de Sódio	Reação tijolo-cimento, agregados, água de amassamento	Muito solúvel
Cloreto de Cálcio	Água de amassamento	Muito solúvel
Cloreto de Magnésio	Água de amassamento	Muito solúvel
Nitrato de Potássio	Solo adubado ou contaminado	Muito solúvel
Nitrato de Sódio	Solo adubado ou contaminado	Muito solúvel
Nitrato de Amônia	Solo adubado ou contaminado	Muito solúvel
Cloreto de Alumínio	Limpeza com ácido muriático	Solúvel
Cloreto de Ferro	Limpeza com ácido muriático	Solúvel

Devem ser redobrados os cuidados em edificações situadas em terrenos ácidos, já que a acidez aumenta a solubilização dos sais alcalinos.

O anidrido sulforoso, gás residual da queima de combustíveis, pode se transformar em contato com a chuva em ácido sulfúrico, o qual reage com os compostos do tijolo e da argamassa para formar sais solúveis.

O segundo fator necessário para que ocorra eflorescências corresponde à presença de água. A água em geral é proveniente da umidade do solo; da água de chuva, acumulada antes da cobertura da obra ou infiltrada através das

alvenarias, aberturas ou fissuras de vazamentos de tubulações de água, esgoto, águas pluviais; da água utilizada na limpeza e de uso constante em determinados locais.

O terceiro e último fator que deve coexistir com os outros fatores para a ocorrência das eflorescências corresponde à pressão hidrostática necessária à migração da solução para a superfície.

O transporte de água através dos materiais e a conseqüente cristalização dos sais solúveis na superfície ocorrem por capilaridade, infiltração em trincas e fissuras, percolação sob o efeito da gravidade, percolação sob pressão por vazamentos de tubulações de água ou de vapor, pela condensação de vapor de água dentro de paredes, ou pelo efeito combinado de duas ou mais dessas causas.

Descolamentos.

Após as fissuras, este tipo de anomalia é evidenciado freqüentemente nas fachadas dos edifícios A seguir serão abordados os vários casos deste tipo de não conformidade.

Descolamentos em revestimentos de argamassa. Os descolamentos ocorrem de modo a separar uma ou mais camadas dos revestimentos argamassados e apresentam extensão que varia desde áreas restritas até dimensões que abrangem a totalidade de uma alvenaria.

Podem se manifestar com empolamento em placas, ou com pulverulência.

Entre os principais fatores causadores de descolamentos nas argamassas de cal estão o uso de produtos não hidratados devidamente, a hidratação incompleta da cal extinta, a má qualidade da cal e o preparo inadequado da pasta de cal.

Descolamento por empolamento.

A cal constitui o material que está diretamente envolvido com este tipo de patologia, portanto, tal anomalia ocorre nas camadas com maior proporção de cal.

Geralmente o reboco se destaca do emboço, formando bolhas cujo diâmetro aumenta progressivamente.

A cal livre, ou seja, a cal não hidratada existente no revestimento de argamassa ocasião da sua execução, irá se extinguir depois de aplicada, aumentando de volume e conseqüentemente causando expansão.

A instabilidade de volume também pode ser atribuída à presença de óxido de magnésio não hidratado. A hidratação deste óxido é muito lenta e se não tiverem sido tomados os devidos cuidados poderá ocorrer meses após a execução da argamassa, produzindo expansão e empolando o revestimento.

Nem sempre as cales dolomíticas são expansivas; isso depende de determinadas circunstâncias, como temperatura de calcinação, velocidade de resfriamento e tipo de cristalização, entre outros fatores.

No caso de argamassas mistas, o fenômeno da expansão aumenta consideravelmente sendo devido a causas mecânicas, principalmente porque as argamassas contendo cimento Portland são muito mais rígidas e neste caso a expansão causa desagregação da argamassa, enquanto que em argamassas menos rígidas parte da expansão é passível de acomodação. O óxido de cálcio presente na cal é avaliado no ensaio de estabilidade. A superfície da pasta endurecida submetida a ensaio não deverá apresentar cavidades ou protuberâncias após cinco horas de cura sob vapor de água.

A existência de óxido de magnésio não hidratado é determinada pela expansibilidade de corpos de prova de argamassa mista de cimento e cal, após autoclavagem.

O limite proposto pela ASTM para o teor de óxidos livres na cal utilizada em construção civil corresponde a 8%.

Descolamento em Placas.

As placas do revestimento de argamassa que se descolam englobam geralmente o reboco e o embaço e a ruptura ocorre na ligação entre essas camadas e a base (alvenaria).

A placa pode se apresentar endurecida, quebrando com dificuldade, ou então quebradiça, podendo se partir com certa facilidade. Em ambos os casos o som produzido quando a superfície é submetida à percussão é cavo.

As causas dessa anomalia geralmente estão relacionadas à falta de aderência das camadas de revestimento à base. Um chapisco executado com areia fina compromete a aderência à base na medida em que constitui uma camada de maiorespessura, visando obter superfície com rugosidade adequada, e conseqüentemente gerando tensões devido à retração da argamassa. Sabe-se que a aderência é obtida pela penetração da nata de cimento nos poros da base e endurecimento subseqüente, e pelo efeito da ancoragem mecânica da argamassa nas reentrâncias e saliências macroscópicas da base.

Para que se obtenha boa aparência dos revestimentos, os poros da base devem estar abertos, assim a superfície sobre a qual será aplicada a outra camada de revestimento não pode ser muito alisada (camurçada), bastando que seja sarrafeada para tornar-se áspera.

Caso a base seja de concreto liso, a superfície deve ser preparada conforme as recomendações da NBR 7200 - Revestimentos de Paredes e Tetos com Argamassas - Materiais Preparo, Aplicação e Manutenção - Procedimento, e, se necessário, utilizado chapisco aditivado sobre a superfície previamente apicoada e escovada.

Argamassas aplicadas com espessura superior à recomendada pela NBR 7200 criarão esforços, podendo comprometer a aderência do revestimento.

Segundo a NBR 7200, quando necessário, podem ser utilizados meios especiais para garantir a aderência, como a aplicação de telas ou outros

dispositivos fixados à base, quando esta não merecer confiabilidade quanto à aderência.

Quando a espessura do revestimento for superior a 4 cm, recomenda-se a utilização de telas fixadas com pinos à base, cravados com pistola apropriada, com espaçamentos de 40 cm, caso seja utilizada tela tipo estuque, e de 60 cm, caso seja utilizada tela eletrosoldada, com diâmetro de 2 mm.

Argamassas de cimento e areia, ricas em aglomerantes, com espessuras excessivas superiores a 2 cm, são passíveis de apresentar problemas, uma vez que gerarão, pela retração natural, tensões elevadas de tração entre a base e o revestimento, podendo ocorrer descolamentos.

Outro fato gerador de tensões corresponde às grandes variações de temperatura, que podem gerar tensões de cisalhamento na interface argamassa-base capazes de provocar o descolamento do revestimento.

Uma preparação adequada da base fornecerá as condições necessárias para a criação da ligação mecânica.

Não havendo água suficiente para a hidratação das partículas de cimento que se localizam junto à face de contato da argamassa com a base, devido ao poder de sucção de água pela alvenaria ou concreto, a aderência fica comprometida. Nesse caso recomenda-se molhar bem a base antes da aplicação de cada camada de revestimento.

Deve-se, verificar problemas na base,· como deficiência de limpeza para eliminação de pó e resíduos em bases de concreto, a presença de agentes desmoldantes, chapiscos executados com areia fina, ou até a ausência da camada de chapisco em determinados casos.

Descolamento com Pulverulência ou Argamassa Friável;

Os sinais de pulverulência mais observados são a desagregação e conseqüente esfarelamento da argamassa ao ser pressionada manualmente. A argamassa se torna friável, ocorrendo descolamento com pulverulência.

Em revestimentos argamassados que recebem pintura, compostos de emboço e reboco, temos observado que a anomalia ocorre geralmente no reboco.

Com a desagregação da camada de reboco, no caso de revestimentos que receberam pintura, a película de tinta se destaca com facilidade carregando partículas de reboco no seu verso. Em casos de massa única ou emboço paulista, geralmente a camada se esfarela como um todo.

Uma das principais causas do problema corresponde ao tempo insuficiente de carbonatação da cal existente na argamassa, principalmente quando se aplica pintura sobre o revestimento em intervalo inferior a 30 dias.

Após a aplicação da argamassa ocorre a secagem e o endurecimento. A água de mistura se evapora e a seguir, pela ação do anidrido carbônico do ar, a água de hidratação é liberada regenerando o carbonato de cálcio, através da seguinte reação:

carbonatação

$Ca(OH)_2 + CO_2 \longrightarrow CaCO_3 + H_2O$

Argamassa endurecida

(carbonato de cálcio)

Assim, por ser o endurecimento resultante da carbonatação da cal, a resistência da argamassa é função de condições adequadas à penetração do CO_2 do ar através de toda a espessura da camada.

Podem ser utilizados produtos substitutivos da cal, desde que apresentem propriedades pozolânicas. Esses materiais, se forem pozolânicos, desenvolvem suas propriedades aglomerantes potenciais em presença do cimento e da cal. Assim, antes da utilização desses produtos é recomendável que se verifique a capacidadeaglomerante do material, pois caso ornes não tenhaatividade pozolânica, o efeito será exclusivamente de propiciar plasticidade à mistura, não promovendo a ligação dos agregados de modo duradouro, e fazendo com que a argamassa endurecida, ao sofrer expansões e

contrações em função do grau de umidade, venha a desagregar com relativa facilidade.

Argamassas pobres, ainda que apresentem poros idade favorável à carbonatação, possuem resistência suficiente para garantir sua aderência à base.

No caso de argamassas que contenham aglomerantes hidráulicos, uma situação que contribui para a friabilidade é a falta de molhagem da base, por ocasião da aplicação da argamassa, causando perda da água de amassamento, necessária para que ocorra a perfeita hidratação do aglomerante hidráulico.

A friabilidade também ocorre quando a proporção água/massa semipronta utilizada é superior à recomendada pelo fabricante, ou quando o material é utilizado após o prazo máximo de estocagem.

Uma argamassa deverá ser utilizada antes que decorra intervalo de tempo superior prazo de início de pega do cimento empregado, que é da ordem de duas horas e meia. Muitas vezes as argamassas mistas com cimento são preparadas de modo inadequado e são deixa em repouso, "curtindo", antes de sua aplicação como se fossem argamassas de cal e areia comprometendo a porção aglomerante hidráulica.

Falhas Relacionadas à Umidade.

Entre as manifestações mais comuns referentes aos problemas de umidade em edificações encontram-se manchas de umidade, corrosão, bolor, fungos, algas, liquens, eflorescências, descolamentos derevestimentos, friabilidade da argamassa por dissolução de compostos com propriedades cimentíceas, fissuras e mudança de coloração dos revestimentos.

Há uma série de mecanismos que podem gerar umidade nos materiais de construção, sendo os mais importantes os relacionados a seguir:

- absorção capilar de água;
- absorção de águas de infiltração ou de fluxo superficial de água;
- absorção higroscópica de água;

- absorção de água por condensação capilar;
- absorção de água por condensação.

Nos fenômenos de absorção capilar e por infiltração ou fluxo superficial de água, a umidade chega aos materiais de construção na forma líquida, nos demais casos a umidade é absorvida na fase gasosa.

Absorção capilar de água.

Os materiais de construção absorvem água na forma capilar quando estão em contato direto com a umidade. Isso ocorre geralmente nas fachadas e em regiões que se encontram em contato com o terreno e sem impermeabilização.
A água é transportada pelos capilares segundo as leis da física, sendo importante a velocidade de absorção capilar e a altura de elevação.

A altura de elevação capilar será maior quanto menor for o raio do capilar, sendo que a velocidade de absorção segue a relação direta, ou seja, quanto maior o raio do capilar maior será a velocidade de absorção de água.

Caso a água seja absorvida permanentemente pelo material de construção em região em contato direto com o terreno, e não seja eliminada por ventilação, será transportada paulatinamente para cima, através do sistema capilar. Este é o mecanismo típico de umidade ascendente.

Quanto melhor for O sistema de impermeabilização superficial do material de construção, tanto mais alta será a elevação da água na parede, de forma que, caso haja umidade ascendente em paredes, não se deve adotar sistemas impermeabilizantes de superfície.

O método mais eficaz de combater umidade ascendente em paredes é por meio de impermeabilização horizontal eficaz.

Águas de infiltração ou de fluxo superficial.

Se o local que está em contato com o terreno não tiver impermeabilização vertical eficaz, ocorrerá absorção de água, pela terra úmida com o material de construção absorvente, que poderá se intensificar caso a umidade seja

submetida a certa pressão, como no caso de fluxo de água em piso com desnível.

Nestes casos deverá ser adotada impermeabilização vertical, e se necessário drenagem.

BIBLIOGRAFIA

JARBAS MILITITSKY, FERNANDO SCHNAID, NILO CESAR CONSOLI. Patologia das Fundações: Editora Oficina de Texto-2005-ISBN: 8586238457

CASCUDO, O.Controle da corrosão de armaduras em concreto: Inspeção e Técnicas Eletroquímicas. São Paulo: PINI, 1997. 237 p. ISBN 85-7266-080-1.

HELENE, P.Manual para Reparo, reforço e Proteção de Estruturas de Concreto. 2 ed. São Paulo: PINI, 2003. 718 p. ISBN 85-7266-010-0.

BAUER, L. A. F.Materiais de Construção. 5 ed. Rio de Janeiro: LTC, 200. v.1. 447 p. ISBN 85-216-1249-4.

THOMAZ, Ercio; “Trincas em Edificações; Causas e Mecanismos de Deformação”; 1973; Pini.

M. F. CANOVAS; Patologia e Terapia do Concreto Armado, , Ed. Pini, 1988

HELENE, P;. Corrosão em Estruturas para Concreto Armado,Ed. Pini, 1986

C. ANDRADE; - Manual para Diagnóstico de Obras Deterioradas por Corrosão de Armaduras, , Ed. Pini, 1992

V.C.M.SOUZA T.RIPPER; Patologia, recuperação e reforço de estruturas de concreto, , Ed. Pini, 1998

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – “Revestimento de Paredes e Tetos com Argamassa: materiais, preparo, aplicação e manutenção – NBR 7200”. Rio de Janeiro, ABNT, 1982.

CINCOTTO, Maria Alba; UEMOTO, Kai Loh; “Patologia das Argamassas de Revestimentos: Aspectos Químicos”. In: SIMPÓSIO NACIONAL DE TECNOLOGIA DA CONSTRUÇÃO: Patologia das Edificações. Anais. São Paulo: EPUSP, 1986. p.77-85.

MILITITSKY, Jarbas, Patologia das Fundações, Oficina de Texto, 2005.

MESSEGUER, A. G. Controle e Garantia da Qualidade na Construção. São Paulo: Sinduscon, 1991.

PEREZ, A. R. Manutenção dos edifícios – Tecnologia de Edificação: Editora Pini/IPT, São Paulo/SP, 1995.

QUARESMA, A. R. ET AL. Investigações Geotécnicas, Fundações: Teoria e Prática. São Paulo:ABMS/ABEF, Pini, 1996.

SOUZA PINTO, C. Curso Básico de Mecânica dos Solos. São Paulo: Oficina de Textos, 2001.

TEMOCHE-ESQUIVEL, J. F. ; BARROS, M. M. S. B. ; João R. L. Simões . A escolha do revestimento de fachada de edifícios influenciada pela ocorrência de problemas patológicos?. In: VII Congreso Latinoamericano de Patología de la Construcción y X Congreso de Control de Calidad en la Construcción - CONPAT 2005, 2005, Asunción - Paraguay. 2005.

RIBEIRO, Fabiana Andrade ; BARROS, M. M. S. B. . Juntas de movimentação em revestimentos cerâmicos de fachadas. 1. ed. São Paulo: PINI, 2010. v. 1. 142 p.

FRANCO, L. S.- Vedações Verticais; Racionalização Construtiva, PCC-USP