

Alvenaria Estrutural

CT 5

CADERNO TÉCNICO ALVENARIA ESTRUTURAL - CT5



Artigos Técnicos poderão ser encaminhados para análise e eventual publicação para alvenaria@revistaprisma.com.br

PATOLOGIAS EM ALVENARIA ESTRUTURAL DE BLOCOS VAZADOS DE CONCRETO

Roberto José Falcão Bauer*

Cuidados no projeto e na execução das obras evitam problemas nos edifícios construídos com alvenaria estrutural. No entanto, quando as falhas surgem, nem sempre é fácil detectar sua origem. Neste artigo, um engenheiro especialista em qualidade analisa as anomalias mais comuns e indica providências para corrigi-las ou evitá-las.

Palavras-chave:
Alvenaria estrutural,
argamassa, patologias,
blocos de concreto,
fissuras, eflorescências

EXPEDIENTE

O Caderno Técnico Alvenaria Estrutural é um suplemento da revista Prisma, publicado pela Editora Mandarim Ltda.

ISSN 1809-4708

Artigos para publicação devem ser enviados para o e-mail alvenaria@revistaprisma.com.br

Conselho Editorial: Prof. Dr. Jefferson Sidney Camacho (coordenador) Eng. MSc. Rodrigo Piernas Andolfato (secretário); Eng. Davidson Figueiredo Deana; Eng. MSc.; Prof. Dr. Antonio Carlos dos Santos; Prof. Dr. Emil de Souza Sanchez Filho; Prof. Dr. Flávio Barboza de Lima; Prof. Dr. Guilherme Aris Parsekian; Prof. Dr. João Bento de Hanai; Prof. Dr. João Dirceu Nogueira Carvalho; Prof. Dr. Luis Alberto Carvalho; Prof. Dr. Luiz Fernando Loureiro Ribeiro; Prof. Dr. Luiz Roberto Prudêncio Júnior; Prof. Dr. Luiz Sérgio Franco; Prof. Dr. Márcio Antonio Ramalho; Prof. Dr. Márcio Correa; Prof. Dr. Mauro Augusto Demarzo; Prof. Dr. Odilon Pancaro Cavalheiro; Prof. Dr. Paulo Sérgio dos Santos Bastos; Prof. Dr. Valentim Capuzzo Neto; Profa. Dra. Fabiana Lopes de Oliveira; Profa. Dra. Henriette Lebre La Rovere; Profa. Dra. Neusa Maria Bezerra Mota; Profa. Dra. Rita de Cássia Silva Sant'Anna Alvarenga.

Editor: jorn. Marcos de Sousa (editor@revistaprisma.com.br) - tel. (11) 3337-5633

PATOLOGIAS EM ALVENARIA ESTRUTURAL DE BLOCOS VAZADOS DE CONCRETO

Este trabalho procura analisar as anomalias que podem ocorrer em alvenarias estruturais de blocos vazados de concreto, relacionando-as a uma ou mais características de qualidade eventualmente não atendidas. São geralmente decorrentes de deficiências de projeto, especificação de material, execução, utilização ou da forma de manutenção do edifício.

PRINCIPAIS CARACTERÍSTICAS

As facilidades construtivas proporcionadas pelo emprego de um único elemento, como o bloco de concreto, são diversas, podendo-se relacionar como principais vantagens:

- Técnicas de execução simplificadas;
- Menor diversidade de materiais empregados;
- Redução do número de especializações da mão-de-obra empregada;
- Redução de interferências, entre os subsistemas, no cronograma executivo (estrutura e alvenaria são executadas conjuntamente).

TÉCNICA EXECUTIVA

Para atingir o desempenho técnico adequado das edificações em alvenaria estrutural armada de blocos vazados de concreto deve-se adotar cuidados especiais nas fases de concepção, projeto e execução.

Durante a concepção e projeto deve-se tomar os seguintes cuidados:

- Conceituação dos projetos arquitetônico e estrutural;

- Conhecimentos técnicos adquiridos com base em experiência nacional, visando à adequação e concepção dos projetos de fundações e estrutural;
- Normalização técnica existente quanto à especificação dos materiais constituintes e procedimentos de execução;
- Controle de qualidade efetivo, seja dos materiais, com relação ao recebimento e estocagem, bem como, da execução.

ANOMALIAS

Com base no diagrama idealizado pelo professor Ishikawa (diagrama de causa e efeito), podemos avaliar as eventuais anomalias que possam ocorrer, relacionando-as a uma ou mais características da qualidade não-atendidas, de forma a identificar os fatores que as geraram.

Se lembrarmos dos 5 M's da qualidade, representados na Figura 1, veremos que há necessidade de estimular a economia, diminuir desperdício e anomalias, melhorando sensivelmente a qualidade e conseqüentemente a imagem do sistema construtivo. Com relação ao 5 M's da qualidade, pode-se relacionar os seguintes cuidados a serem adotados:

MATERIAL

- Critérios de qualificação técnica dos fabricantes de blocos estruturais.
- Qualificação técnica dos fabricantes.
- Especificação técnica, mediante normas técnicas e cadernos de encargos (acordo prévio).

Por exemplo, no caso de blocos vazados de concreto, deve-se, com base na norma brasileira NBR 6136, especificar:

- resistência à compressão;
- umidade;
- absorção de água; e
- características dimensionais;
- Para argamassa de assentamento e grautes, deve-se, com base na norma brasileira NBR 8798, especificar:
 - dosagens;
 - retenção de água (argamassas); e
 - resistência à compressão;
- Os demais materiais utilizados (aço, cimento, cal hidratada, agregados, aditivos e água) devem ser especificados conforme suas normas técnicas.
- Pedido de compra: deverá conter as especificações técnicas previamente acordadas entre as partes.
- Controle de recebimento e estocagem.

METODOLOGIA

- Normas: é necessário introduzir o uso de normas técnicas aplicáveis na aquisição e emprego de materiais, na contratação de serviços, e na construção em geral, uma vez que esta é uma exigência prevista no artigo 39, item VIII do Código de Defesa do Consumidor, que afirma: "é vedado ao fornecedor de produtos ou serviços colocar no mercado de consumo qualquer produto ou serviço em desacordo com as Normas da ABNT ou de qualquer outra entidade credenciada pelo Conmetro".
- Projetos: projeto arquitetônico contendo detalhes construtivos com relação a medidas específicas quanto às condições de habitabilidade (térmica, acústica e de umidade);

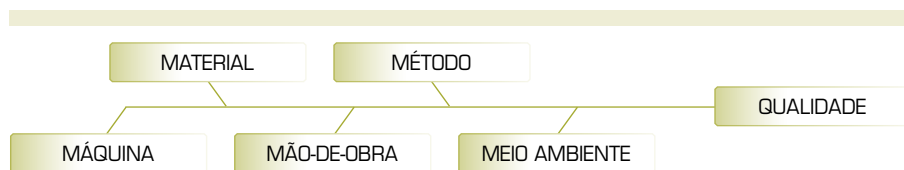


Figura 1 – Representação dos 5 M's da qualidade

Projeto estrutural com base em teorias atuais, fundamentadas em base experimental sólida.

- Normas técnicas e cadernos de encargos, contendo inclusive procedimentos de execução.
- Procedimentos de recebimento de materiais e serviços.
- Procedimentos com relação ao recebimento de outras atividades que possam intervir na execução dos trabalhos e no desempenho como um todo (interfaces: lajes, contrapiso, instalações em geral etc).
- Manual do proprietário: deverá conter os procedimentos de uso adequado e eventuais restrições, cuidados na manutenção e limpeza, orientações para a pintura, seja interna ou externa, periodicidade e especificações dos produtos recomendáveis.

MÁQUINAS

- É indispensável colocar, imediatamente, máquinas (ferramentas) simples à disposição dos operários.
- Por quanto tempo ainda nossos pedreiros continuarão a assentar blocos, fazendo 25 movimentos por peça, quando Taylor e Fayol já nos ensinaram que é possível fazê-lo com oito movimentos? Será que a caixa de argamassa não pode estar à altura de 0,80 m, ergonomicamente colocada, diminuindo a energia gasta em movimentos inúteis e cansativos?
- A máquina humana deve ser cada vez mais inteligentemente utilizada.
- O emprego de pequenas e eficientes ferramentas irão melhorar a qualidade e produtividade.
- Os equipamentos utilizados nos processos construtivos, verificações de serviços, e ensaios deverão estar conforme procedimentos e devidamente calibrados.

MÃO-DE-OBRA

“A qualidade começa pela educação e acaba na educação. Uma empresa que progride em qualidade é empresa que aprende, que aprende a aprender” (prof. Ishikawa).

MEIO AMBIENTE

Nas fases de projeto e execução, deve-se aten-

tar para a preservação do meio ambiente.

É necessário entender que o lixo das cidades não pode ser constituído de entulho de obras. Melhor dizendo: desperdício, que cria junto com o lixo domiciliar esconderijo, alimentação, ambiente propício para a criação de roedores, insetos e de agentes transmissores de doenças infecto-contagiosas.

Os principais fatores de desperdício podem ser resumidos em:

- perda de material e retrabalho, por falta de qualidade dos materiais, falta de qualificação da mão-de-obra e alta rotatividade, e falta de projeto específico;
- perda de cerca de 20% de material utilizado no nivelamento de paredes fora de prumo ou em revestimento de paredes que apresentam variações de espessura.
- armazenamento inadequado de materiais no canteiro de obras.

PRINCIPAIS ANOMALIAS

• Fissuras: as fissuras ocupam o primeiro lugar na sintomatologia em alvenarias estruturais de blocos vazados de concreto. A identificação das fissuras e de suas causas é de vital importância para a definição do tratamento adequado para a recuperação da alvenaria.

A configuração da fissura, abertura, espaçamento e, se possível, a época de ocorrência (após anos, semanas, ou mesmo algumas horas da execução), podem servir como elementos para diagnosticar sua origem. Considerando-se as diferentes propriedades mecânicas e elásticas dos constituintes da alvenaria, e em função das solicitações atuantes, as fissuras poderão ocorrer nas juntas de assentamento (argamassa de assentamento vertical ou horizontal) ou seccionar os componentes da alvenaria (blocos vazados de concreto).

Outros fatores podem influenciar o comportamento das alvenarias:

- Qualidade dos blocos: dimensões incorretas, falhas na porosidade e acabamento superficial;
- Argamassa de assentamento: consumo de aglomerantes, retenção de água e retração;
- Alvenarias: geometria do edifício, esbeltez,

eventual presença de armaduras, existência de paredes de contraventamento;

- Recalques diferenciais em fundações;
- Movimentações higroscópicas e térmicas.

As Tabelas 1, 2 e 3 apresentam um resumo das diferentes configurações das fissuras ocorridas em alvenaria estrutural e as prováveis causas geradoras de cada uma destas tipologias.

- Eflorescências: a eflorescência é decorrente de depósitos salinos, principalmente de sais de metais alcalinos (sódio e potássio) e alcalinos-terrosos (cálcio e magnésio) na superfície de alvenarias, provenientes da migração de sais solúveis nos materiais e componentes da alvenaria. Elas 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.

Para a ocorrência da eflorescência devem existir, concomitantemente, três condições: existência de teor de sais solúveis nos materiais ou componentes, presença de água e pressão hidrostática necessária para que a solução migre para a superfície. Portanto, para evitar esse fenômeno, deve-se eliminar uma das três condições.

Com relação à origem dos sais, a Tabela 4 apresenta uma relação da natureza química dos sais solúveis e suas prováveis fontes.

Com relação à segunda condição para existência de eflorescência, nota-se que a água pode ser proveniente da umidade do solo; da água de chuva, acumulada antes da cobertura da obra ou infiltrada por meio das alvenarias, aberturas ou fissuras; de vazamentos de tubulações de água, esgoto ou águas pluviais; da água utilizada na limpeza e de uso constante em determinados locais.

Por fim, com relação à pressão hidrostática, verifica-se que o transporte de água por meio 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

Tabela 1 - Fissuras Verticais - Principais tipologias e prováveis causas

	<p>Resistência à tração do bloco vazado de concreto é superior à resistência à tração da argamassa.</p>
	<p>Resistência à tração do bloco vazado de concreto é igual ou inferior à resistência à tração da argamassa.</p>
	<p>Sob ação de cargas uniformemente distribuídas, em função principalmente da deformação transversal da argamassa de assentamento e da eventual fissuração de blocos ou tijolos por flexão local, as paredes em trechos contínuos apresentam fissuras tipicamente verticais.</p>
	<p>Sendo constituídas de materiais porosos, as alvenarias terão seu comportamento influenciado pelas movimentações higroscópicas desses materiais. A expansão das alvenarias por higroscopicidade ocorrerá com maior intensidade nas regiões da obra mais sujeitas à ação da umidade como, por exemplo, cantos desabrigados, platibandas, base das paredes etc.</p>

Tabela 2 - Fissuras Inclinadas - Principais tipologias e prováveis causas

	<p>Em trechos com a presença de aberturas, haverá considerável concentração de tensões no contorno dos vãos. No caso da inexistência ou subdimensionamento de vergas e contravergas, as fissuras se desenvolverão a partir dos vértices das aberturas.</p>
	<p>Devido a cargas verticais concentradas, sempre que não houver uma correta distribuição dos esforços através de coxins ou outros elementos, poderão ocorrer esmagamentos localizados e formação de fissuras a partir do ponto de transmissão da carga.</p>
	<p>Recalques diferenciados, provenientes por exemplo de falhas de projeto, rebaixamento do lençol, falta de homogeneidade do solo ao longo da construção, compactação diferenciada de aterros e influência de fundações vizinhas provocarão fissuras inclinadas em direção ao ponto onde ocorreu o maior recalque.</p>
	<p></p>

ou de vapor, pela condensação de vapor de água dentro das paredes, ou pelo efeito combinado de duas ou mais dessas causas.

A remoção das eflorescências sobre a superfície da alvenaria só poderá ser realizada após a eliminação da causa da infiltração de água (umidade) e secagem do revestimento, sendo então procedida escovação da superfície e, se necessário, reparo de eventual região com pulverulência.

• Infiltrações de água

Entre as manifestações mais comuns referentes aos problemas de umidade em edificações encontram-se mancha de umidade, corrosão, bolor, fungos, algas, líquens, eflorescências, descolamentos de revestimentos, 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 água 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. A infiltração de água pode ser agravada pela ação combinada do vento (pressão), direção e intensidade tanto da chuva como do vento, e as condições de exposição da alvenaria. Eventuais anomalias, principalmente fissuração da parede, irão contribuir sobremaneira na gravidade das manifestações patológicas decorrentes.

• Infiltração pelos componentes da alvenaria

Na fase de projeto é necessário analisar os seguintes itens, visando a minimizar os efeitos advindos da penetração de umidade:

- orientação das fachadas em relação aos

ventos predominantes;

- detalhes arquitetônicos e técnicos das fachadas e muros, tais como frisos, pingadeiras, rufos e contra-rufos, beirais, platibandas, tipo de cobertura e respectivos detalhes, juntas de movimentação ou de controle em paredes e muros externos e respectivos materiais de selagem das mesmas;

- intensidade e duração das precipitações na região da edificação;

- conhecimento das propriedades dos materiais constituintes das alvenarias, quanto à higroscopicidade, porosidade e absorção d'água.

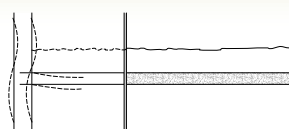
- Infiltração pelas juntas de assentamento

A infiltração de água pelas juntas de assentamento pode acontecer por falhas na argamassa de assentamento, na interface argamassa/bloco vazado de concreto e pela própria argamassa de assentamento. A tabela 5 mostra as diversas causas geradoras.

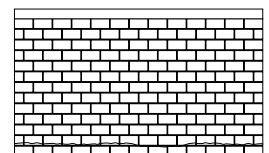
- Infiltrações relacionadas a outros fatores

Na fase de projeto devem ser adotados determinados cuidados, de modo a minimizar as infiltrações de água. As chuvas, sob pressão do vento ou não, provocam a formação de lâminas de água que irão escorrer sobre as fachadas. Portanto, para garantir a estanqueidade e minimizar a deterioração do revestimento, deverão ser adotados alguns detalhes construtivos, como pingadeiras, molduras, cimbalhas, peitoris e frisos, visando a dissipar concentrações de água. A geometria das fachadas deverá ser estudada de modo a evitar que o fluxo de água se dirija para pontos vulneráveis, como juntas e caixilhos, permitindo que o próprio fluxo de água faça a limpeza do paramento. Assim, evita-se a deposição de fuligem e empoçamento de água. As prumadas externas de águas pluviais, em tubo de PVC, galvanizado ou zinco, em geral são fixadas da alvenaria. Caso a superfície da parede apresente irregularidades, o que é normal, a prumada e a alvenaria se tocarão em certos locais e a sujeira, como pó e folhas, se acumularão formando deposições que reterão umidade proveniente de água de chuva. Se a

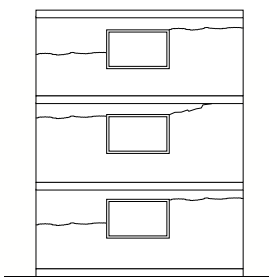
Tabela 3 – Fissuras horizontais - Principais tipologias e prováveis causas



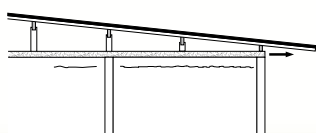
As fissuras horizontais nas alvenarias, causadas por sobrecargas verticais atuando axialmente no plano da parede, não são frequentes; poderão ocorrer, entretanto, pelo esmagamento da argamassa das juntas de assentamento. Tais fissuras, contudo, não são muito raras em paredes submetidas à flexocompressão.



Em alvenarias pouco carregadas, a expansão diferenciada entre fiadas de blocos pode provocar, por exemplo, a ocorrência de fissuras horizontais na base das paredes.



Na retração por secagem de grandes lajes de concreto armado sujeitas a forte insolação poderá ocorrer fissuração, devido ao encurtamento da laje, que provocará uma rotação nas fiadas de blocos próximos à laje.



Devido a movimentações térmicas, surgirão fissuras idênticas àquelas relatadas para a movimentação higroscópica e retração por secagem. Estas serão mais intensas nas lajes de cobertura e poderão ser evitadas com um cintamento muito rígido ou sistema de apoio deslizante.

Tabela 4 – Natureza química das eflorescências

Composição Química	Fonte Provável	Solubilidade em Água
Carbonato de Cálcio	Carbonatação da cal lixiviada da argamassa ou concreto	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 Magnésio	Água de amassamento	Solúvel
Sulfato de Cálcio	Água de amassamento	Parcialmente solúvel
Sulfato de Potássio	Agregados, água de amassamento	Muito solúvel
Sulfato de Sódio	Agregados, água de amassamento	Muito solúvel
Cloreto de Cálcio	Água de amassamento, limpeza com ácido muriático	Muito solúvel
Cloreto de Magnésio	Água de amassamento	Muito solúvel
Cloreto de Alumínio	Limpeza com ácido muriático	Solúvel
Cloreto de Ferro	Limpeza com ácido muriático	Solúvel

Principais causas das infiltrações em alvenaria	
Anomalias	Causas geradoras
Fissuras verticais contínuas na argamassa de assentamento	As principais causas geradoras foram analisadas no item Fissuras
Fissuras horizontais e verticais (tipo escada)	
Fissuras horizontais	
Fissuras na própria argamassa de assentamento	Retração hidráulica da argamassa: argamassa excessivamente rígida - baixa retenção de água da argamassa
Fissuras na interface argamassa de assentamento e bloco vazado de concreto	Deficiência de execução (espessura elevada da argamassa > 1,0 cm - blocos excessivamente secos ou com contaminação - argamassa com baixa retenção de água).
Infiltração pela argamassa	Argamassa preparada com excesso de água de amassamento (elevada porosidade e permeabilidade à água).

alvenaria estiver em uma fachada ensolarada pode ser que não ocorram infiltrações. Porém, não é possível descobrir a tempo as infiltrações e poderão ocorrer problemas sérios antes que se perceba a causa. A utilização de espaçadores entre o parafuso de fixação e a prumada evitará possíveis pontos de contato e, portanto, o acúmulo de sujeira e umidade. Deve-se evitar que os parafusos de fixação sejam introduzidos diretamente nas argamassas de assentamento dos blocos, a fim de impedir que ocorram pontos preferenciais de penetração de umidade. É fundamental prever verificações periódicas do estado da tubulação, quanto a eventuais entupimentos, perfurações, corrosão e estado da pintura, se for o caso.

A elaboração de projeto de isolamento térmica e impermeabilização das lajes é essencial para que se obtenha desempenho satisfatório das alvenarias, evitando desta maneira a ocorrência de trincas em alvenarias e de infiltrações de água pelas fissuras do revestimento, ou por deficiência da impermeabilização.

É conveniente que sejam evitados detalhes que favoreçam o acúmulo de água. Assim, não devem ser utilizadas seções em "U" desprovidas de pontos de drenagem em sistemas de captação de água pluvial de coberturas.

As superfícies horizontais devem ter inclinação de pelo menos 1%. Este caimento será previsto

de modo que a água verta para o exterior da obra. Além disso, deverão ser tomados cuidados especiais de manutenção, a fim de que os pontos de drenagem não fiquem obstruídos, de modo a garantir que a água de telhados e balcões verta distante da obra.

Os ralos e respectivos condutos de captação de água devem ser dimensionados corretamente, evitando vazamentos e encharcamentos de platibanda. Os caixilhos podem constituir um ponto vulnerável às infiltrações de água na medida em que possam apresentar problemas de estanqueidade.

As janelas devem ser submetidas a ensaio, para detecção de eventuais pontos suscetíveis a infiltrações de água e para que sejam procedidas as devidas correções no projeto que garantam perfeita vedação, evitando-se, dessa forma, a penetração de água, que possa gerar quadros patológicos. Os ensaios de desempenho quanto a estanqueidade ao ar e à água e quanto à resistência à carga de vento realizados conforme metodologias específicas, descritas nas normas NBR 6485, NBR 6486 e NBR 6487. O ensaio visa a simular condições de exposição a chuvas com vento, e ao vento simplesmente, com a aplicação de pressões equivalentes a velocidades de vento determinadas seguindo as isopletras de vento, específicas para cada região.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A normalização exerce papel preponderante no desempenho em países altamente industrializados, como Alemanha e Japão. Essas nações, que após a II Guerra Mundial construíram, partindo do nada, todo seu parque industrial, e ingressaram na época atual como grandes potências industriais, utilizaram a tecnologia como força motriz e as normas técnicas como lastro. Portanto, deve-se incentivar o processo de normalização do setor, visando a fornecer subsídios técnicos aos projetistas, engenheiros, arquitetos, construtores e usuários, de modo a obter melhorias de qualidade e a conseqüente redução de anomalias.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Associação Brasileira da Construção Industrializada, Manual Técnico da Alvenaria, Projeto Editores Associados, 1990, Patologias - ps. 97, 117, Ércio Thomaz.
- Cincotto, Maria Alba, Patologias das argamassas de revestimento: análise e recomendações, São Paulo, IPT, 1983 (série Monográfica B).
- Falcão Bauer, Luiz Alfredo, Controle total da qualidade ou falência da indústria da construção civil, São Paulo, 1990.
- Falcão Bauer Luiz Alfredo, Materiais de construção, Rio de Janeiro, LTC Editora, 1994 - 53 edição V.2 - capítulo 30 p. 929.
- Hirschfeld, Henrique, A construção civil e a qualidade, Editora Atlas, 1996.
- Heveg, Klaus, Engenharia e poder nacional - In: 383 Reunião do Ibracon, Ribeirão Preto, 1996.
- L. A. Falcão Bauer, Relatórios técnicos sobre anomalias em alvenaria armada.
- Sabbatini, Fernando Henrique, O processo construtivo de edifícios de alvenaria estrutural sílico-calcária, USP, 1984.
- Souza, Roberto de, Sistema de gestão da qualidade para empresas construtoras, Sebrae/Sinduscon-SP, 1994.
- Thomaz, Ércio, Trincas em Edifícios - Causas, prevenção e recuperação, IPT - Epusp - Pini, 13ª edição, 1990.

AUTOR

Roberto José Falcão Bauer
Engenheiro civil, diretor da L.A. Falcão Bauer
rbauer@falcaobauer.com.br