A SEGURANÇA DAS OBRAS NO BRASIL DISCUTIDA SOB DIFERENTES PONTOS DE VISTA. TRAGA O SEU.
1º CONGRESSO BRASILEIRO DE PATOLOGIA DAS CONSTRUÇÕES
21 a 23 de maio de 2014 - Foz do Iguaçu - PR

REFORÇO ESTRUTURAL EM EDIFICAÇÃO HISTÓRICA: ESTUDO DE CASO

Schneider, D.[1], Betineli, J. F.[2], Bolina, F. L.[3], Tutikian, B. F.[4]

[1] UNISINOS: Universidade do Vale do Rio dos Sinos, mestrando PPGEC, engenheiro civil, especialista em patologia das construções, diego@mdcprojetos.com.br
[2] UNISINOS: Universidade do Vale do Rio dos Sinos, engenheiro civil, especialista em patologia das construções, betineli@itaipu.gov.br
[3] UNISINOS: Universidade do Vale do Rio dos Sinos, mestrando PPGEC, engenheiro civil, especialista em patologia das construções, fabriciobolina@gmail.com
[4] UNISINOS: Universidade do Vale do Rio dos Sinos, professor e coordenador do ITT Performance, engenheiro civil, Doutor em engenharia, btutikian@terra.com.br

RESUMO

Este artigo apresenta o estudo do reforço estrutural de uma edificação histórica na cidade de Porto Alegre. Este reforço proveio da necessidade de modificação do *layout* e uso desta edificação. A solução utilizada foi a inserção de perfis metálicos, pois as estruturas metálicas têm considerável aplicabilidade quando utilizadas em intervenções de edificações preexistentes, por apresentarem baixo peso próprio, com uma alta capacidade portante. Com este trabalho, pretende-se apresentar as vantagens e desvantagens do uso da estrutura metálica como reforço estrutural, pois a ocorrência de intervenções desta natureza tende a crescer no Brasil, uma vez que existe um aumento de políticas voltadas à preservação do patrimônio histórico. A nova arquitetura da edificação previa a remoção de paredes, aumento de carga nas lajes e construção de novas paredes sobre algumas destas lajes. Como conclusão, constatou-se que o uso de estruturas metálicas se mostrou satisfatório neste tipo de intervenção, pois é um sistema boa relação custo / benefício, simples de executar, além de ter demonstrado boa eficiência. A desvantagem constatada neste caso foi o número de equipes necessárias para executar este reforço, pois, cada equipe era terceirizada e executava somente um tipo de serviço, no qual é especializada.

Palavras chave: Reforço em estrutura metálica, estrutura metálica, reforço estrutural.

ABSTRACT

This article presents a study of structural reinforcement of a historic building in the city of Porto Alegre. This reinforcement stemmed from the need to change the layout and use of the building. The solution used was inserting metal profiles because the steel structures have considerable applicability when used in interventions of existing buildings, because submitting low weight with high load capacity. This article aims to present the advantages and disadvantages in the use a metal structure for structural reinforcement, since the occurrence of interventions of this nature tends to grow in Brazil since there is an increase of policies aimed at historic preservation. The new architecture of the building included the removal of walls, increased load on the slabs and building new walls on some of these slabs. In conclusion, it was found that the use of metallic structures were satisfactory in this type of intervention, it is a relatively inexpensive, simple to make, and has shown good efficiency. The disadvantage was observed in this case was the number of teams required to perform this reinforcement because each team was outsourced and executed only one type of service, which is specialized.

Keywords: Reinforcement steel structure, metal structure, structural reinforcement.

1. INTRODUÇÃO

A cidade de Porto Alegre, capital do Estado do Rio Grande do Sul, no Brasil, conta com uma arquitetura que retoma diferentes épocas e estilos. Isso faz com que a cidade conte com muitas construções históricas e estas, com o passar do tempo, sofrem mudanças de sua utilização ou a própria deterioração devido à falta de manutenção, fazendo com que se façam necessárias intervenções.

De acordo com Campos (2006), o reforço estrutural representa melhorar o desempenho mecânico a fim de permitir que a edificação atenda às novas exigências funcionais, como por exemplo, a ação de novo carregamento. A pertinência de se realizar trabalhos de reparação e reforço estrutural está diretamente relacionada com a oportunidade e a necessidade de se recuperar espaços e volumes não mais utilizados, impedindo a sua completa degradação, possibilitando assim, uma nova utilização.

A residência estudada neste artigo sofreu uma mudança de uso ao longo de sua idade. Inicialmente, tratava-se de uma edificação habitacional de três pavimentos que, com a nova proposta, viria a ser utilizada como recepção de hotel no pavimento térreo, restaurante no segundo pavimento e cozinha no terceiro pavimento. Por isso, a intervenção foi importante para restabelecer a segurança da edificação frente às novas necessidades.

A nova arquitetura da edificação previa a remoção de paredes, aumento da carga de utilização nas lajes, inclusive com a construção de novas paredes sobre alguns destes pavimentos. As lajes empregadas no sistema construtivo são do tipo nervuradas e utilizavam enchimento com tijolos maciços e as paredes, também de tijolos maciços, têm espessuras variadas. O projeto de reforço previu a colocação de uma nova laje no terceiro pavimento, utilizando pré-laje treliçada com capa complementar em concreto com densidade baixa e os reforços de lajes e alvenarias com vigas e pilares metálicos tipo W.

O objetivo deste artigo é apresentar, portanto, as soluções adotadas para o reforço estrutural da edificação em questão, discutindo sobre as vantagens e desvantagens da solução de reforço estrutural admitida.

É importante destacar, que, no Brasil, a literatura sobre intervenções feitas em edificações de valor histórico, seja qual for o motivo, é escassa e de baixo impacto. Além disso, a ocorrência de intervenções desta natureza tende a crescer, assossiada ao fato de, no país, existir um aumento constante de políticas de preservação do patrimônio histórico. Neste ínterim, este artigo visa complementar a literatura existente.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Estima-se que cerca de 70% das construções existentes no mundo sejam de alvenaria não armada e, no que diz respeito às estratégias de recuperação, são escassas as informações na literatura sobre o tema (OLIVEIRA, 2010 *apud* ARAÚJO, 2010).

Em muitos casos, quando estas construções apresentavam alguma manifestação patológica ou quando havia a possibilidade de alguma mudança em sua utilização, eram simplesmente demolidas, não levando em consideração a hipótese de uma melhoria ou reforço. Conforme

Teobaldo (2004), um modo encontrado pelas instituições responsáveis pelo patrimônio histórico em proteger este tipo de edificações da demolição é a liberação da construção de edifícios de múltiplos andares atrás da edificação histórica, contanto que essa edificação seja completamente restaurada.

De acordo com Moraes e Ribeiro (2010), as estruturas metálicas têm considerável aplicabilidade quando utilizadas em intervenções de edificações preexistentes, principalmente as de cunho histórico, pois possibilitam a reversibilidade, ou seja, a substituição das peças em uma futura obra.

Conforme Campos (2006), deve-se esgotar todas as possibilidades proporcionadas pelos modernos sistemas de reparação e de reforço estrutural, visando encontrar as melhores soluções para os problemas de perda de resistência, transporte, colocação em obra, operacionalidade em espaços reduzidos e de compatibilidade funcional e estética diante das estruturas existentes. Pensando nisso, o aço surge como um dos materiais dotados de excelente flexibilidade construtiva, capaz de resolver, de um modo satisfatório, os problemas oriundos do reforço estrutural.

No mundo, principalmente na Europa, o aço é empregado em diversas obras de intervenção. Uma de suas vantagens é a sua melhor condição estrutural devida à alta relação entre resistência mecânica e peso específico. Outra característica importante referente ao reduzido peso próprio das peças é a baixa solicitação das fundações em terrenos desfavoráveis (TEOBALDO, 2004).

O reforço com perfis metálicos ainda permite abrir vãos em paredes estruturais. Uma forma de abrir estes vãos e, ao mesmo tempo, evitar o aparecimento de fissuras, conforme Maymard (2009), é executando orifícios na parede, de tal forma que permita instalar perfis metálicos dispostos, transversalmente, ao eixo da parede. As etapas para a realização desta intervenção são: o escoramento dos perfis metálicos, abertura do vão, colocação de uma viga resistente sob a alvenaria, remoção do escoramento e o preenchimento dos espaços destinados à passagem dos perfis metálicos com graute (Figura 1).

Figura 1 – Abertura de vãos em alvenaria



Fonte: Autores

Não apenas paredes sofrem modificações quando há intensão de reformar os ambientes de uma edificação antiga de alvenaria. Em alguns casos, os pilares também podem ser removidos ou ter suas dimensões alteradas. Nestes casos, um tipo de reforço possível é o encamisamento com chapas metálicas (MAYMARD, 2009).

Diante do exposto, é possível perceber que a utilização de sistemas mistos amplia a gama de soluções em construções definidas por materiais como concreto armado e aço. Nestas conjunções, nota-se a variedade de opções disponíveis, o que possibilita a obtenção de benefícios arquitetônicos e econômicos (CAMPOS, 2006).

3. REFORÇO DA EDIFICAÇÃO HISTÓRICA

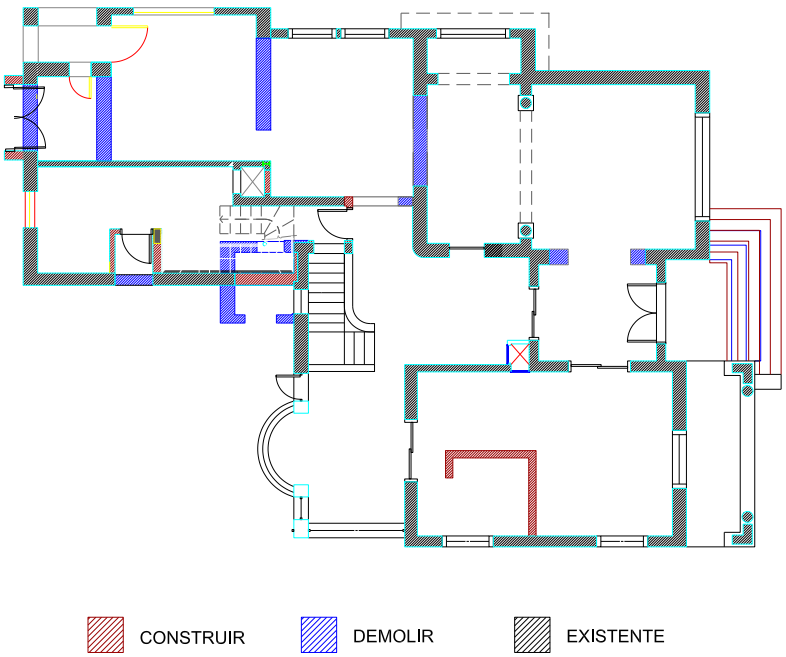
Nesta etapa do trabalho, tem-se uma breve descrição do sistema estrutural de reforço adotado para a intervenção da edificação histórica destacada.

3.1 DADOS PRELIMINARES – CARACTERÍSTICAS ARQUITETÔNICAS

A edificação, como mencionada, está situada no bairro Moinhos de Vento, na cidade de Porto Alegre, no Estado do Rio Grande Sul, Brasil, tendo apresentado modificações de utilização e, a partir desta condição, foi necessária a implantação de uma solução de reforço.

Esta modificação de uso decorre da construção de um edifício situado à frente da edificação existente, o qual funcionará como hotel. A função da casa existente será abrigar a recepção e o restaurante. A planta baixa do novo projeto é apresentada na figura 2.

Figura 2 – Planta baixa térreo

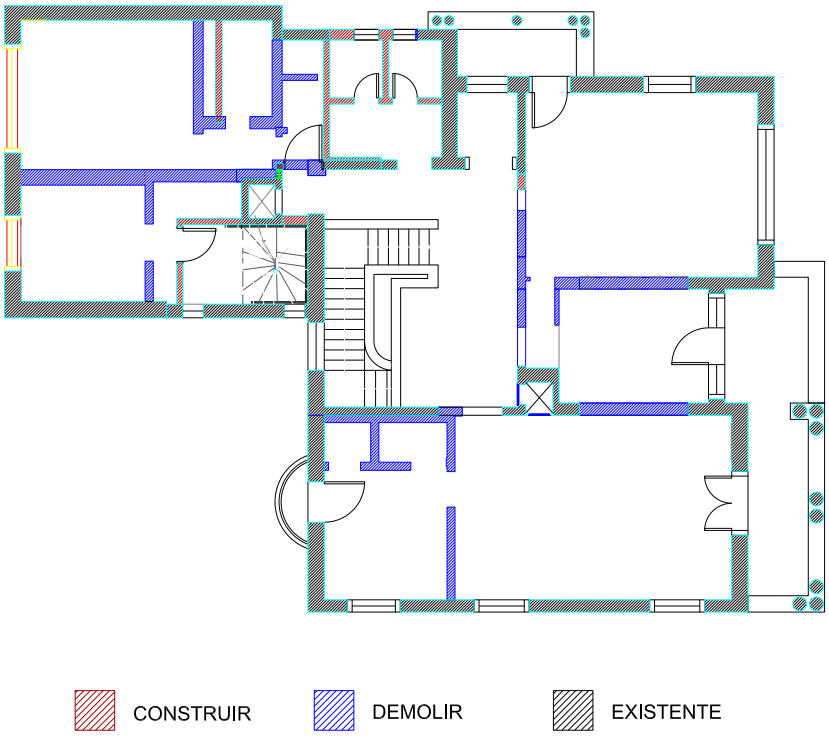


Fonte: Autores

Vale destacar que a casa foi construída em 1938, disposta em quatro pavimentos, cujas fundações são formadas por sapatas corridas e as paredes constituídas de tijolos maciços, com espessuras variando de 20 a 40 cm. As lajes, por sua vez, são de concreto armado com enchimento de tijolos maciços, formando nervuras nas duas direções – laje nervurada bidirecional. No terceiro pavimento, o piso é constituído de madeira, assim como o telhado. Para cobrir a edificação, foram utilizadas as telhas de barro, tipo "francesa".

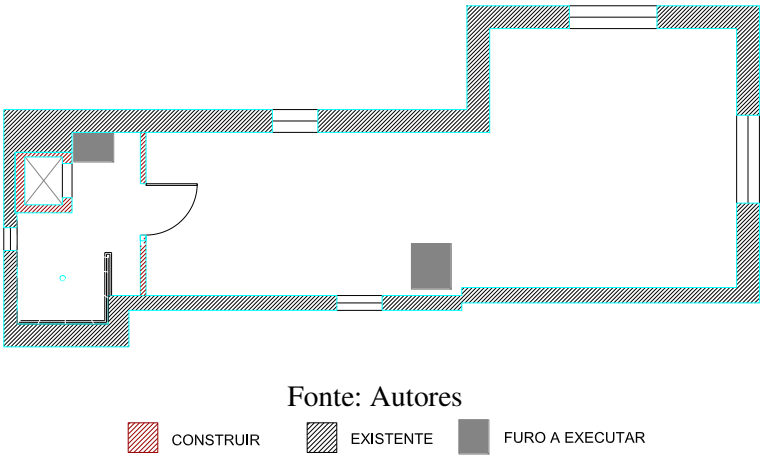
As plantas baixas do segundo e do terceiro pavimento são apresentadas na figura 3 e na figura 4, respectivamente. Nestas ilustrações, é possível diferenciar, pelas cores, os elementos de alvenaria demolidas, bem como as que precisam ser construídas.

Figura 3 – Planta baixa segundo pavimento



Fonte: Autores

Figura 4 – Planta baixa terceiro pavimento



Fonte: Autores

3.2 PROJETO DE REFORÇO

Para iniciar o projeto foi necessário decidir qual material seria utilizado para execução dos reforços e necessitava levar em consideração alguns fatores importantes como:

- Prazo: era o fator mais importante a ser observado neste projeto em questão;
- Facilidade de execução: fator importante para cumprir o prazo estipulado;
- Custo: deveria ficar dentro do orçamento estipulado;
- Peso: era necessário um material leve para não sobrecarregar as fundações;

SUGESTÃO:

Antes de definir o sistema de reforço para a edificação modificada, com relação aos fatores técnicos e funcionais, a exemplo da rigidez (propriedades geométricas e caracteristicas físicas/mecânicas do material), foi necessário avaliar uma série de fatores importantes. O prazo total, peculiaridades da execução, mão de obra especializada, custo e ação de novas cargas, provenientes do peso específico dos novos materiais, são alguns destes fatores, uma vez que havia uma exigência de uma entrega breve, dentro de um orçamento, antecipadamente, definido.

A partir da análise de todos os fatores condicionantes, decidiu-se adotar a solução técnica e viável, na qual os reforços estruturais são definidos por elementos metálicos e a opção por lajes de concreto armado, cujo peso específico é de 20 kN/m³.

Sendo assim, deu-se início da reforma pelo terceiro pavimento. Neste pavimento as intervenções necessárias ocorreram no forro, onde foram executadas duas aberturas para passagem da tubulação de ar condicionado, e no piso, no qual a estrutura de madeira foi substituída por laje de concreto armado.

Nas lajes de forro, foram especificadas vigas metálicas, classificadas como W150x18 (nomenclatura utilizada pela Gerdau Açominas para clasificar os perfis I. Na especificação, os três primeiros números indicam a altura do perfil, em milímetros, da mesma forma que os últimos algarismos definem a massa do perfil para trechos de 1 metro, em quilos). Este elemento foi destinado a reforçar as aberturas nas lajes ficando apoiadas em coxins, devidamente executados nas paredes que servirão de suporte. No piso, optou-se em utilizar um pré-laje unidirecional para um elemento e pré-laje bidirecional para o outro elemento, onde se especificou capa de concreto, com peso específico de 20 kN/m³. Para o apoio desta laje utilizaram-se cantoneiras metálicas de 100x10mm, exatamente no contato com as vigas de concreto armado. Nas paredes de tijolos maciços foram utilizados coxins.

No segundo pavimento as intervenções eram maiores, como pode ser visto na figura 3, pois várias paredes foram removidas. O ponto crítico deste pavimento foi a remoção das paredes abaixo do torreão, onde havia muita carga sobre as mesmas, porém, havia um pilar de concreto armado que suportava parte destas cargas. Neste ponto utilizou-se viga metálica W460x89 apoiada em uma extremidade no pilar de concreto e na outra extremidade sobre um pilar metálico W200x26,6. O pilar de concreto foi encamisado com chapas metálicas de 8 mm de espessura para aumentar sua capacidade de resistência a compressão e flambagem.

Para sustentação da laje especificou-se o perfil metálico W310x38,7 para a viga principal e W200X26,6 para as vigas secundárias que se apoiavam em pilares metálicos W150x18 embutidos na parede e apoiados sobre a viga cinta. Utilizou também, vigas metálicas W150x18 que tinham dupla função, uma de sustentar parte da estrutura do telhado e outra de contraventar as paredes. Nas aberturas de portas foram executados pórticos com perfis W150x18 para dar a sustentação necessária.

Neste pavimento foi utilizada a técnica de abertura e escoramento da parede conforme já apresentado na figura 1. Esta técnica foi utilizada, pois é imprescindível limitar a deformação das paredes, visto que era necessária a remoção de paredes inteiras, e sobre estas se apoiavam outras paredes, então qualquer deformação excessiva poderia levar a parede superior a fissurar.

No primeiro pavimento havia a necessidade de aberturas de vãos de portas, onde em uma delas existia uma viga em concreto armado apoiada sobre uma parede que seria removida. Porém uma das extremidades desta viga ficaria apoiada sobre uma parede de alvenaria com apenas 16 cm, e neste caso foi prevista a colocação de um pilar W150x18 para auxiliar o apoio desta viga. Na outra abertura empregou-se pórticos com perfis metálicos W150x18, semelhante ao segundo pavimento.

Para a passagem da escada metálica era necessária uma abertura na laje de concreto armado e isso foi resolvido utilizando uma viga W150x18 apoiada sobre pilares também com perfil W150x18. Na saída da casa para a rampa do hotel era preciso remover uma parede de sustentação da laje, onde se empregou um perfil W200X26,6 para a viga principal, apoiado em pilares W150x18 nas duas extremidades e perfil W150x18 para a viga secundária.

A escada de serviço, que era de madeira, iniciava no pavimento térreo e terminava no segundo pavimento, porém com as modificações, passou a terminar no terceiro pavimento. Decidiu-se fazer a escada também em aço, em função da sua leveza e agilidade na sua execução.

Utilizou-se perfis U150x50x2,00mm formados a frio para as vigas laterais, perfil retangular 380x100x3,00 mm para o pilar central e chapas lisas com 3 mm de espessura para os degraus e patamares. Posteriormente a escada recebera um revestimento com madeira.

As fundações não necessitaram de nenhuma intervenção, pois de acordo com os cálculos, suportavam de modo satisfatório as cargas geradas pela nova situação estrutural.

4. RESULTADOS

Os reforços foram executados em todos os pavimentos, seguindo a metodologia apresentada, que consiste, inicialmente, na remoção do forro ou acabamento, seguida do escoramento, bem como da demolição das paredes e ou lajes e, por fim, da execução do reforço. É pertinente frisar que para cada uma das etapas, foi preciso mobilizar uma equipe de trabalho especializada, ou seja, uma para escoramento, outra para demolição e uma outra para a execução da estrutura metálica.

Na figura 5, é possível ver as intervenções realizadas no terceiro pavimento, onde podem ser vistos os escoramentos, a viga metálica instalada e, também, seu apoio no coxim ao longo da face da parede.

Figura 5 – Intervenções do terceiro pavimento



Fonte: Autores

As intervenções realizadas no segundo pavimento podem ser vistas na figura 6, onde são ilustrados os escoramentos da viga de concreto existente e as vigas metálicas de reforço já instaladas. Nota-se, nesta imagem, que várias paredes foram retiradas neste ponto da residência, formando um cômodo bastante amplo.

Figura 6 - Intervenções do segundo pavimento



Fonte: Autores

A figura 7 ilustra o escoramento e a demolição de paredes do primeiro pavimento, além do reforço em perfil metálico para o apoio da viga de concreto existente. Pode-se perceber que o pilar metálico absorve a carga do revestimento em argamassa, onde se utilizou tela metálica para evitar fissuras na mesma.

Figura 7 - Intervenções do primeiro pavimento



Fonte: Autores

No que se refere à parte executiva do projeto supracitado, nota-se que as intervenções não produziram movimentação diferencial no sistema estrutural existente. Tal afirmação se evidencia pela ausência de fissuras junto às paredes, indicando que, durante esta etapa, o sistema permaneceu estável e nenhuma deformação foi presenciada.

A interface entre a estrutura metálica e os materiais de acabamento se mostrou satisfatória, pois como pode ser visto na figura 8, os perfis metálicos são praticamente imperceptíveis, com isso a edificação não apresenta aspecto de ter sido reforçada.

Figura 8 – Obra concluída



Fonte: Autores

Em contrapartida, constatou-se, como desvantagem, o número de equipes necessárias para executar este reforço. Isso ocorreu, pois cada equipe era terceirizada e executava somente um tipo de serviço, no qual era especializada.

5. CONCLUSÃO

O reforço estrutural da edificação obteve sucesso com a proposta de readequação de utilização, passando do seu uso residencial para fins comerciais, preservando a sua arquitetura histórica.

O projeto de reforço considerou a retirada de paredes importantes, o aumento de carga sobre as lajes e as aberturas de janelas e portas, otimizando os recursos e mantendo a originalidade com menor custo possível dentro do prazo estimado. A desvantagem constatada neste caso foi o número de equipes necessárias para executar este reforço, pois, cada equipe era terceirizada e executava somente um tipo de serviço, no qual era especializada.

Em suma, o uso de estruturas metálicas se mostrou satisfatório neste tipo de intervenção, pois é um sistema de boa relação custo / benefício, simples de executar, além de ter demonstrado boa eficiência, pois nenhuma parede apresentou manifestações patológicas decorrente das intervenções.

Este trabalho enseja a realização de pesquisas complementares sobre estudos destes materiais e técnicas apropriadas para execução destes reforços, assim como um comparativo econômico entre a solução de reforço estrutural com perfis metálicos e outros tipos de reforço estrutural.

6. REFERÊNCIAS

ARAÚJO, Adelmo S. **Estudo do reforço de edifícios em alvenaria resistente por perfis metálicos**. 2010. 216f. Dissertação Mestrado – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Universidade Católica de Pernambuco, Recife,PE, 2010.

MAYMARD, Sylvain. **Las técnicas de renovación en edificios parisinos**. Master thesis – Departament d'Enginyeria de la Construcció, Universitat Politècnica de Catalunya, Barcelona, 2009.

TEOBALDO, Izabela N.C. **Estudo do aço como objeto de reforço estrutural em edificações antigas**. 2004. 148f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil). Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, MG, 2004.

CAMPOS, Luiz E.T. **Técnicas de recuperação e reforço estrutural com estruturas de Aço**. 2006 104f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil). Universidade do Estado do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2006.

MORAES, Carolina A. M.;RIBEIRO, Luiz F.L. **Intervenções metálicas em edificações de** valor histórico e cultural: estudos de caso de interfaces. Congresso Latino-Americano da Construção Metálica, São Paulo, 2010.