



LUCIANO DE OLIVEIRA
TIAGO DE SOUZA E SILVA

**O USO DE ESTRUTURAS MISTAS NA CIDADE DE
CARATINGA-MG**

BACHARELANDO
EM
ENGENHARIA CIVIL

DOCTUM – MINAS GERAIS
2015



LUCIANO DE OLIVEIRA
TIAGO DE SOUZA E SILVA

O USO DE ESTRUTURAS MISTAS NA CIDADE DE CARATINGA-MG

Monografia apresentada a banca examinadora da faculdade de engenharia civil do Instituto Doctum de Educação e Tecnologia, como requisito parcial de obtenção de grau de bacharel em engenharia civil.

Orientador: José Nelson Vieira da Rocha.

AGRADECIMENTOS

Agradecemos a Deus pela maravilhosa graça da vida, além da saúde necessária até o momento, para que tivéssemos condições de desenvolver esse trabalho. Agradecemos ainda as oportunidades concedidas e por manter-se conosco, iluminando nossos caminhos através da sua palavra e nos sustentando pela estrada que nos foi proposta a caminhar.

Agradecemos aos nossos pais pelo amor irrestrito e incondicional, carinho, companheirismo e ensinamentos concedidos a nós até o presente momento.

Agradecemos ao nosso orientador José Nelson pela paciência e dedicação, e todos os nossos professores, pois sem a presença de cada um não seria tão gratificante esta conquista.

Agradecemos também a todos os engenheiros que nos ajudaram na elaboração deste trabalho participando das entrevistas voluntariamente.

Agradecemos também a todas amigas conquistada durante o processo de formação. Obrigado pelo o apoio e companheirismo.

Luciano de Oliveira / Tiago de Souza

RESUMO

Com o desenvolvimento de métodos e tecnologias construtivas tornou-se possível a interação entre diferentes tipos de materiais, ampliando consideravelmente as opções de projeto e construção. Um sistema construtivo que vem ganhando espaço no mercado nacional e que tem-se mostrado competitivo e eficiente, é o de estruturas mistas, onde é usado em pilares, vigas e lajes, perfis de aço em conjunto com o concreto. Essa combinação entre o aço e o concreto na formação de um elemento único, tem como objetivo o aproveitamento das propriedades específicas de cada material, trazendo uma somatória de vantagens. Esta associação apresenta desde redução no peso total da estrutura, a melhorias nos aspectos construtivos. É um sistema estrutural relativamente novo e que ainda não está totalmente presente nas grades curriculares dos cursos de graduação. Apesar de suas vantagens no sentido técnico, construtivo e econômico (para vãos médios a grandes), o uso dessa solução construtiva ainda é restrita e não é tão difundida no Brasil. Em alguns casos, a utilização de estruturas que associam aço-concreto é até adotada, mas o comportamento conjunto não é considerado nos cálculos. Mediante a tais considerações, este trabalho apresenta investigação dos motivos do atual ritmo de utilização de estruturas mistas em Caratinga – MG, uma vez, que foram identificadas poucas obras que se utilizam deste sistema estrutural na cidade. Trata-se de uma pesquisa quanti-qualitativa e tem caráter descritivo. Os resultados foram obtidos através de pesquisa de campo, com entrevistas realizadas com engenheiros calculistas atuantes neste município.

PALAVRAS- CHAVE: sistema construtivo, estruturas mistas, aço-concreto.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1: Estrutura em concreto armado.....	15
Figura 2: Ponte JK-Brasília (2002), Arquiteto Alexandre Cham.....	17
Figura 3: Estruturas metálicas empregadas em galpões industriais.....	18
Figura 4: Processo de laminação sucessiva dos perfis usuais.....	21
Figura 5: Perfis laminados de abas paralelas.....	22
Figura 6: Exemplos de perfis soldados.....	22
Figura 7: Perfis formados a frio (dobrados).....	23
Figura 8: Perfis tubulares.....	24
Figura 9: Edifício <i>The One</i> – São Paulo (2011), Arquiteto Itamar Berezin.....	26
Figura 10: Edifício WTorre Morumbi - São Paulo (2014), Aflalo e Gasperini arquitetos.....	27
Figura 11: Edifício <i>New Century</i> - São Paulo (2002), Aflalo e Gasperini arquitetos.....	27
Figura 12: WTorre Nações Unidas - São Paulo (2008), Edo Rocha Arquiteturas.....	28
Figura 13: Laje com fôrma de aço incorporada.....	32
Figura 14: Conector do tipo pino com cabeça (<i>stud bolt</i>)	35
Figura 15: Laje <i>steel deck</i> pronta para o lançamento do concreto.....	38
Figura 16: Exemplos de vigas mistas.....	39
Figura 17: Exemplos de pilares mistos.....	43
Figura 18: Igreja Maranata.....	47
Figura 19: Vista do interior da garagem.....	48
Figura 20: Prédio anexo da UNEC unidade II.....	49
Figura 21: Vista do interior do prédio.....	49

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO.....	7
CONSIDERAÇÕES CONCEITUAIS.....	10
1. SISTEMAS ESTRUTURAIS.....	13
1.1 ESTRUTURAS DE CONCRETO.....	14
1.2 ESTRUTURAS METÁLICAS.....	16
1.2.1 Propriedades do Aço.....	20
1.2.2 Perfis Estruturais do Aço.....	21
1.3 ESTRUTURAS MISTAS DE AÇO E CONCRETO.....	24
1.3.1 Origem das Estruturas Mistas.....	25
1.3.2 Vantagens e Desvantagens do Sistema Estrutural Misto.....	28
2. PROPRIEDADES E COMPORTAMENTO DOS ELEMENTOS ESTRUTURAIS MISTOS.....	31
2.1 LAJES MISTAS.....	31
2.1.1 Características do sistema de lajes mistas.....	33
2.1.2 Componentes da laje mista.....	34
2.1.3 Processo de execução, montagem e fixação.....	36
2.2 VIGAS MISTAS.....	38
2.2.1 Comportamento Estrutural.....	40
2.2.2 Método Construtivo.....	41
2.3 PILARES MISTOS.....	42
2.3.1 Comportamento Estrutural.....	44
3. PESQUISA DE CAMPO.....	47
3.1 O USO DE ESTRUTURAS MISTAS EM CARATINGA.....	47

3.2 MATERIAIS E MÉTODOS.....	50
3.3 RESULTADOS E DISCUSSÕES.....	51
CONCLUSÃO.....	54
REFERÊNCIAS.....	55
ANEXO I – FORMULÁRIO – ENTREVISTA.....	59

INTRODUÇÃO

Percebe-se que atualmente o mercado de construção civil vem buscando alternativas construtivas que visam trazer um maior desempenho da obra, um menor prazo de execução, segurança e principalmente economia. No Brasil tradicionalmente o sistema estrutural de concreto armado é o mais utilizado, provado ser um sistema eficiente e consagrado, mostrando que a combinação do concreto e de barras de aço, além de proporcionar resistência apresenta soluções arquitetônicas interessantes.

Porém, se faz necessário que tenha opções construtivas diferentes e modernas no mercado, para que quando iniciado um empreendimento construtivo possa-se escolher o tipo de sistema estrutural que trará maior quantidade de benefícios tanto para o empreendimento, como para o empreendedor. E para tal escolha é necessário fazer um comparativo entre os sistemas estruturais existentes e analisar vantagens construtivas e também econômicas.

Dentre os sistemas estruturais existentes destaca-se o formado por elementos mistos de aço e concreto, uma vez que se apresenta como uma solução econômica e racional para o sistema estrutural de edifícios de múltiplos pavimentos. Os elementos mistos de aço e concreto são formados pela combinação de perfis de aço e concreto, sendo que esta combinação visa aproveitar as vantagens de cada material. Apesar de este sistema ser consagrado em outros países, no Brasil os estudos sobre os elementos mistos ainda são incipientes. No entanto, com a atualização feita pela ABNT (Associação Brasileira de Normas Técnicas) da NBR 8800:2008, os elementos (vigas, lajes e pilares) passaram a ser abordados com maior ênfase. Com isso o interesse sobre o referido sistema cresceu, bem como os estudos relacionados ao assunto.

Tendo o sistema estrutural misto como opção interessante devido às vantagens que oferece, este estudo visa o diagnóstico do atual ritmo de utilização e nível de conhecimento da técnica pelos engenheiros de Caratinga, uma vez que, foram constatados um número quase inexistente de obras que utilizam desse sistema estrutural no município. O objetivo do trabalho é apontar os motivos da não utilização de estruturas mistas pelos engenheiros da cidade, para que, através dos resultados obtidos se possam identificar meios de intervenção e reversão deste quadro.

Diante desses pressupostos nos deparamos com a seguinte interrogante: Como difundir o sistema estrutural misto aço-concreto na cidade de Caratinga?

Levando em consideração estudos já realizados sobre o assunto, entende-se que existem uma série de fatores que restringem o uso de estruturas mistas no Brasil. De forma geral, estes fatores estão diretamente relacionados à falta de conhecimentos técnicos, construtivos e econômicos sobre o método. Diante de tais considerações, uma opção viável para solucionar a interrogante citada acima, seria a criação de cursos de especialização, bem como a inclusão do estudo de estruturas mistas na grade curricular dos cursos de graduação em engenharia civil, o qual proporcionaria: o conhecimento das técnicas construtivas e das vantagens de implantação do método, aumento de mão de obra especializada, consequentemente diminuição dos custos de execução, e também crescimento na produção dos materiais, pois aumentaria a demanda.

Por este motivo, justifica-se a importância da presente pesquisa, em apresentar o sistema estrutural misto, fazer um comparativo deste método construtivo em relação aos outros sistemas convencionais, apontar os aspectos técnicos e construtivos dos principais elementos estruturais, o estágio atual de desenvolvimento em Caratinga e as perspectivas de utilização.

Para elaboração deste trabalho, foi realizada uma revisão bibliográfica baseada em estudos disponíveis sobre o assunto e embasada na NBR 8800:2008 (Projeto de estruturas de aço e de estruturas mistas de aço e concreto de edifícios). Também foi realizada a pesquisa de campo, onde se tornou possível alcançar o objetivo principal dessa pesquisa, através de entrevistas realizadas com os engenheiros calculistas da cidade de Caratinga-MG.

O corpo deste trabalho de conclusão de curso foi organizado em três capítulos. O primeiro capítulo descreve a importância do sistema estrutural misto de aço e concreto em meio a alguns dos sistemas estruturais existentes no mercado. Ressaltaram-se as vantagens e desvantagens na utilização de elementos mistos, comparando-os com sistemas já consolidados, como o tradicional em concreto armado e o sistema estruturado em aço.

No capítulo 2, foram indicados os aspectos técnicos e construtivos dos principais elementos estruturais (lajes mistas, vigas mistas e pilares mistos), visando melhor compreender as propriedades e o comportamento destes elementos.

Já no capítulo 3, com intuito de fechamento e comprovação da hipótese, evidenciará a descrição da pesquisa de campo, bem como da metodologia empregada que norteará o desenvolvimento deste trabalho. Neste capítulo serão indicadas as construções que utilizaram elementos mistos como sistema estrutural em Caratinga e descrito com maiores detalhes, os instrumentos e procedimentos utilizados para a elaboração das entrevistas com os engenheiros calculistas da cidade. Para todos os resultados apresentados serão feitos comentários e discussões considerando algumas variáveis pertinentes ao assunto.

CONSIDERAÇÕES CONCEITUAIS

Atualmente a busca por inovações e por tecnologias que tendem a facilitar as atividades humanas é cada vez maior em todos os setores. No setor da construção civil não é diferente, uma vez que a busca por novas tecnologias e inovações têm proporcionado meios mais racionais de construção.

Tendo em vista em se utilizar das vantagens proporcionadas pelos materiais estruturais mais utilizados na construção civil (aço e concreto), desenvolveu-se outro tipo de sistema estrutural, o chamado sistema estrutural misto, formado por perfis de aço em união com o concreto, comportando-se como único material na concepção de elementos estruturais. Tal definição é fundamentada em:

Denomina-se sistema misto aço-concreto àquele no qual um perfil de aço (laminado, soldado ou formado a frio) trabalha em conjunto com o concreto (geralmente armado), formando um pilar misto, uma viga mista, uma laje mista ou uma ligação mista. A interação entre o concreto e o perfil de aço pode se dar por meios mecânicos (conectores, mossas, ressaltos, etc.), por atrito (no caso de fôrmas de aço com cantos reentrantes) ou, em alguns casos, por simples aderência e repartição de cargas (como em pilares mistos sujeitos apenas a força normal de compressão). Uma estrutura mista é formada por um conjunto de sistemas mistos e é normalmente empregada na construção de edifícios e pontes (QUEIROZ; PIMENTA; MARTINS, 2012).¹

Pode-se notar a possibilidade que este sistema estrutural atribui na exploração das melhores características de cada material, agrupando-as num só elemento. A ideia é utilizar as principais qualidades do concreto que são: eficiência na compressão, moldabilidade e a capacidade de proteger o perfil metálico contra corrosão e ao fogo, associadas à precisão dimensional, eficiência na tração e capacidade de cobrir grandes vãos, características estas, apresentadas pelo sistema estrutural em aço. O resultado dessa união são estruturas mais esbeltas e rígidas, capazes de suportar com êxito aos esforços solicitantes.

Quando comparado com os sistemas convencionais de aço estrutural e de concreto armado, o sistema misto apresenta algumas vantagens. Estas foram já citadas por alguns autores, a saber: Figueiredo (1998), Alva e Malite (2005) e Queiroz (2014) e serão delineadas nos parágrafos subsequentes.

¹ QUEIROZ, Gilson; PIMENTA, R.J.; MARTINS, A.G. **Manual de Construção em aço: estruturas mistas** vol. 1. 2.ed. Rio de Janeiro: [s.n.], 2012. 68 p.

Em comparação com o sistema estrutural de concreto armado pode-se dizer que o sistema misto possui: maior facilidade de montagem, capacidade de cobrir maiores vãos, proporcionando grandes áreas livres, redução do peso próprio e do volume da estrutura, com conseqüente redução de carga e de custos nas fundações, baixo prazo de execução, aumento na precisão dimensional dos elementos da construção, racionalização de materiais e de mão-de-obra, redução ou até dispensa de fôrmas e escoramentos, redução de despesas indiretas, e de potencial risco trabalhista e de acidentes, além de oferecer um canteiro de obras limpo e acessível pois a maior parte dos elementos são produzidos fora do canteiro, conseqüentemente com menor geração de resíduos; contribuindo na sustentabilidade.

Já em comparação com o sistema estrutural em aço pode-se dizer que o sistema misto possui: menor consumo de aço estrutural, aumento da rigidez da estrutura, além da redução no consumo de materiais de proteção contra incêndio e corrosão. A terceira vantagem citada deve-se ao fato que o concreto melhora o desempenho da estrutura metálica frente às ações de corrosão e fogo.

Para Figueiredo (1998), “o concreto apresenta as vantagens de compor seções mais rígidas e de ser mais resistente ao fogo e à corrosão, em comparação com o aço”². Já para Alva e Malite (2005):

Comparando-se com as condições correntes do concreto armado, a construção em sistema misto aço-concreto é competitiva para estruturas de vãos médios a elevados, caracterizando-se pela rapidez de execução e pela significativa redução do peso total da estrutura, propiciando assim fundações mais econômicas.³

As vantagens apresentadas pelo sistema estrutural misto em relação às estruturas de concreto armado e às estruturas de aço, também estão fundamentadas em Queiroz (2014), “Os benefícios do sistema são, entre outros, a dispensa de fôrmas e escoramento para as lajes, a economia no consumo de aço estrutural em relação aos pilares e vigas de aço e, no caso dos pilares, a redução das proteções contra incêndios e corrosão”⁴.

Desta forma, o sistema estrutural misto apresenta vantagens significativas que devem ser levadas em consideração na hora da escolha do tipo de sistema estrutural que será utilizado em um empreendimento construtivo.

² FIGUEIREDO, L. M. B. **Projeto e construção de pilares mistos aço-concreto**. Dissertação (Mestrado) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo. São Carlos, 1998, p.3.

³ ALVA, G.M.S; MALITE, M. **Comportamento estrutural e dimensionamento de elementos mistos aço-concreto**. Cadernos de Engenharia de Estruturas. São Carlos, 2005, p.52.

⁴ QUEIROZ, Gilson. Introdução. In: DIAS, L.A. de M. **Estruturas Híbridas e Mistas de aço e concreto**. São Paulo: Zigurate Editora, 2014. p.9.

Porém, ainda é um sistema estrutural relativamente novo no Brasil e que não está totalmente presente nas grades curriculares dos cursos de graduação.

Oliveira (2004), diz que as escolas de formação profissional de engenharia e arquitetura, em sua maioria, adotam grade curricular com prioridade na produção de edifícios com estrutura de concreto armado, não disseminando os outros sistemas. Formam-se profissionais inseguros quanto a atuação em outros modelos estruturais.⁵

Como consequência deste fato, o sistema estrutural misto não difunde-se no país, pois ainda há o desconhecimento da técnica, faltando profissionais capacitados para a elaboração dos projetos e escassez de mão de obra qualificada para executá-los.

Como desvantagem principal do sistema estrutural misto cita-se o elevado custo, tanto de materiais, quanto de mão de obra, pois na maioria das regiões do Brasil há pouca disponibilidade de recursos, necessitando muitas das vezes da vinda de profissionais e materiais de outras regiões, inviabilizando a utilização deste método construtivo.

⁵ OLIVEIRA, D.R. **Desenvolvimento do projeto arquitetônico em estruturas de aço**. 2004 Dissertação (Especialização em Construção Civil) - Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2004, p.51.

1. SISTEMAS ESTRUTURAIS

A partir da década de trinta do século passado, houve um grande êxodo da população rural para os centros urbanos, ocasionando assim uma aglomeração populacional. Como consequência deste fato, os terrenos se tornaram cada vez mais escassos e bens de alto valor aquisitivo. Desde então, como solução encontrada para sanar este problema, tem-se optado pela construção de edifícios cada vez mais altos, ou seja, o processo de verticalização dos imóveis se tornou algo comum e necessário nos grandes centros urbanos.

Com isso, surgiu a necessidade de inovar e aplicar nas construções de edifícios, novos materiais, formas e técnicas, para atender mais rapidamente a ocupação dos habitantes. A partir daí, surgiram novos métodos construtivos e novas tecnologias, e os sistemas estruturais alcançaram um alto patamar de desenvolvimento.

Os diversos fatores importantes a serem considerados na escolha de um sistema estrutural, torna-a uma escolha não simples. Conciliar o sistema com a funcionalidade do edifício, escolher materiais, arranjar os elementos de forma eficiente, é de grande relevância para oferecer estruturas mais racionais e econômicas (ALVA, 2000).⁶

Os sistemas estruturais mais utilizados atualmente são: em concreto, em aço e em elementos mistos de aço e concreto.

A cultura de utilização de estruturas de concreto armado ainda é a mais predominante no Brasil, mesmo nos dias de hoje. As estruturas dos edifícios de múltiplos pavimentos são, em sua maioria, de concreto armado ou protendido, moldadas no local ou mesmo moldadas fora do canteiro (pré-fabricadas) (S. JÚNIOR, 2015).⁷

No entanto, com a tendência do setor construtivo em aumentar o nível de industrialização, estudos verificaram a viabilidade do aço, bem como os benefícios que este material atribuiria ao sistema como um todo. Recentemente no Brasil, este material passou a ser utilizado nas estruturas de edifícios e, desde então atravessa um período de grande expansão, devido sua elevada produtividade. Vários são os edifícios no país que se utilizam

⁶ ALVA, G. M. S. **Sobre o projeto de edifícios em estrutura mista aço-concreto**. 2000 Dissertação (Mestrado em Engenharia de Estruturas) – Universidade de São Paulo, São Carlos, 2000, 277f.

⁷ S. JÚNIOR, T. F. **Estruturas de Concreto Armado: notas de aula**. Disponível em: <<https://docente.ifrn.edu.br/valtencirgomes/disciplinas/construcao-de-edificios/apostila-concreto>>. Acesso em 19 out. 2015.

do sistema estrutural em aço, no entanto, é cabível dizer que esta utilização ainda se dá em menor frequência que o concreto (INABA, 2015).⁸

O meio técnico está familiarizado a utilizar, dimensionar e verificar estruturas de concreto armado ou estruturas metálicas. No entanto, outro sistema estrutural passou a fazer parte da lista dos existentes: o sistema misto em aço e concreto. Pelo fato deste sistema estrutural explorar as vantagens de cada material (aço e concreto) e direcioná-las em um único elemento, proporcionando assim diversas vantagens, as estruturas mistas vem ganhando espaço no mercado brasileiro de construção civil, apresentando-se como uma competitiva solução estrutural para o futuro próximo das construções. A utilização de elementos mistos e, por consequência, de sistemas mistos aço-concreto amplia consideravelmente o conjunto de soluções em concreto armado e em aço.

1.1 ESTRUTURAS DE CONCRETO

O concreto é um material de construção resultante da mistura de um aglomerante (cimento), com agregado miúdo (areia), agregado graúdo (brita) e água em proporções exatas e bem definidas.

Atualmente, é comum a utilização de um novo componente, os aditivos, destinados a melhorar ou conferir propriedades especiais ao concreto.

A pasta formada pelo cimento e água atua envolvendo os grãos dos agregados, enchendo os vazios entre eles e unindo esses grãos, formando uma massa compacta e trabalhável. Após a mistura, obtém-se o concreto fresco, material de consistência mais ou menos plástica que permite a sua moldagem em fôrmas. Ao longo do tempo, o concreto endurece em virtude de reações químicas entre o cimento e a água (hidratação do cimento) (S.JÚNIOR, 2015).⁹

A resistência do concreto aumenta com o tempo, propriedade esta que o distingue dos demais materiais de construção. A propriedade marcante do concreto é sua elevada resistência

⁸ INABA, R. **Construções Metálicas: o uso do aço na construção civil**. Disponível em: <<http://www.metallica.com.br/construcoes-metallicas-o-uso-do-aco-na-construcao-civil>>. Acesso em 17 out. 2015.

⁹ S. JÚNIOR, T. F. **Estruturas de Concreto Armado: notas de aula**. Disponível em: <<https://docente.ifrn.edu.br/valtencirgomes/disciplinas/construcao-de-edificios/apostila-concreto>>. Acesso em 19 out. 2015.

aos esforços de compressão, já a sua resistência aos esforços de tração é baixa, correspondendo à cerca de 10% da resistência à compressão (S.JÚNIOR, 2015).¹⁰

Diante disso, optou-se como solução, utilizar juntamente com o concreto, armaduras de aço (material este, eficiente aos esforços de tração), formando assim o concreto armado, como mostra a figura 1.

Figura 1: Estrutura em concreto armado.



Fonte: www.modific.com.br ¹¹

Segundo S. Júnior (2015), a utilização de barras de aço juntamente com o concreto, só é possível devido às seguintes razões: a aderência entre os dois materiais, garantindo o trabalho conjunto entre o concreto e o aço; O fato dos coeficientes de dilatação térmica do aço e do concreto serem praticamente iguais; E a proteção que o concreto garante ao aço frente às ações de oxidação, permitindo a durabilidade da estrutura.¹²

O fato do sistema estrutural de concreto armado ser o mais utilizado no Brasil é devido à diversas vantagens pontuais que este sistema apresenta. Dentre as principais, podemos citar:

¹⁰ S. JÚNIOR, T. F. **Estruturas de Concreto Armado: notas de aula**. Disponível em: <<https://docente.ifrn.edu.br/valtencirgomes/disciplinas/construcao-de-edificios/apostila-concreto>>. Acesso em 19 out. 2015.

¹¹ Figura 1, disponível em:< www.modific.com.br>. Acesso em: 19 out. 2015.

¹² S. JÚNIOR, T. F. **Estruturas de Concreto Armado: notas de aula**. Disponível em: <<https://docente.ifrn.edu.br/valtencirgomes/disciplinas/construcao-de-edificios/apostila-concreto>>. Acesso em 19 out. 2015.

- Economia - o concreto se revela mais barato que a estrutura metálica, exceto em casos de vãos muito grandes; Em muitos casos os agregados podem ser obtidos no próprio local da obra; E não exige mão de obra especializada.
- Durabilidade - a resistência do concreto aumenta com o tempo.
- Adaptação a qualquer tipo de fôrma.
- Manutenção e conservação praticamente nulas.
- Resistência ao fogo.
- Impermeabilidade.
- Monolitismo.
- Resistência aos desgastes mecânicos (choques, vibrações).
- Facilidade de execução (fácil emprego e manuseio).

Entretanto, apesar de tantas vantagens, o concreto armado apresenta também sérias desvantagens, como: reforma e demolições difíceis ou até impossíveis, baixa proteção térmica e acústica; peso próprio muito elevado; e lentidão de execução se comparado com o sistemas estruturados em aço.

A despeito do uso do concreto como material de construção estar consolidado no país, verifica-se que há constante busca e difusão das informações concernente a utilização de outros sistemas construtivos, como é o caso das estruturas metálicas e as estruturas mistas, que serão destacadas nos próximos itens.

1.2 ESTRUTURAS METÁLICAS

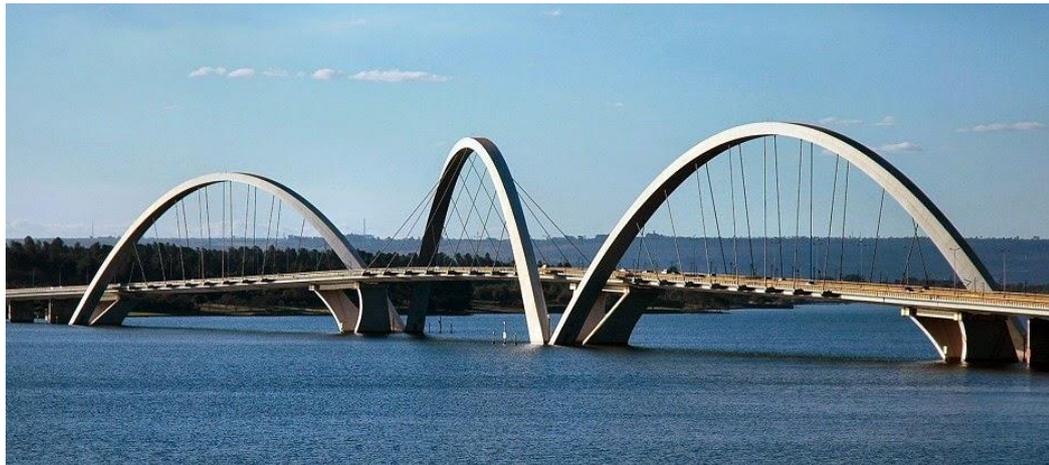
As estruturas de aço transmitem beleza, leveza, flexibilidade e rapidez, atributos que fazem do aço uma das opções atrativas para o uso na construção civil.

Em relação à estrutura metálica, pode-se evidenciar que, no passado esta era aplicada, predominantemente, em construções comerciais. As primeiras aplicações das estruturas metálicas na construção civil data do século XVIII e desde então o aço tem possibilitado aos

profissionais da área soluções estruturais mais arrojadas, eficientes e de alta precisão (INABA, 2015).¹³

Para Souza (2009), “a consolidação e o desenvolvimento do uso deste sistema são de suma importância e deve ser incentivado, uma vez que pode até mesmo contribuir para o desenvolvimento econômico e social do país”.¹⁴

Figura 2: Ponte JK-Brasília (2002), Arquiteto Alexandre Cham.



Fonte: ecivilufes.wordpress.com ¹⁵

Diferente do cenário encontrado na maioria dos países desenvolvidos, em que a construção metálica está fortemente consolidada, no Brasil a utilização dessa solução estrutural ainda é pequena. A falta de conhecimento do material pelos profissionais de engenharia e arquitetura, originada de uma formação universitária enraizada no uso do concreto armado, contribui para não utilização do aço nas estruturas.

A partir de algumas iniciativas de arquitetos e engenheiros, o aço vai surgindo na paisagem das principais cidades brasileiras, mostrando inúmeras possibilidades formais para a concepção arquitetônica. E assim várias obras de excelência vão surgindo a partir do trabalho conjunto dos profissionais da área, se apropriando do aço em seu aspecto estrutural, mas também no âmbito da expressão arquitetônica.

¹³ INABA, R. **Construções Metálicas: o uso do aço na construção civil**. Disponível em: <<http://www.metallica.com.br/construcoes-metallicas-o-uso-do-aco-na-construcao-civil>>. Acesso em 20 out. 2015.

¹⁴ SOUZA, A. S. C. **Análise da estabilidade de edifício de andares múltiplos em aço**. São Carlos. 116p. Relatório final processo 07/03839-0 – Universidade Federal de São Carlos, 2009.

¹⁵ Figura 2, disponível em: <<https://ecivilufes.wordpress.com>>. Acesso em 20 out. 2015.

Pode-se criar obras de excelência conciliando materiais e formas, unindo a arte e a técnica.

A engenharia brasileira encontra-se capacitada para levar adiante as obras mais ousadas com estruturas de aço e a indústria nacional do setor pode fornecer todos os produtos necessários. O país é um dos grandes produtores mundiais de aço, possuindo indústrias siderúrgicas reconhecidas internacionalmente, muitas das quais fabricam, além do próprio aço, também perfis estruturais.

No Brasil, as estruturas em aço são muito empregadas em galpões industriais, plataformas petrolíferas, edificações comerciais baixas, como centro de compras, revendedoras de veículos, etc., ginásios de esportes, construções para eventos, espetáculos e feiras, e torres para transmissão de energia elétrica e de telecomunicações. No entanto, seu uso ainda é relativamente pequeno nas pontes e muito reduzido em edifícios altos residenciais, comerciais e públicos, possuindo nesses tipos de obras enorme potencial de crescimento.

Figura 3: Estruturas metálicas empregadas em galpões industriais.



Fonte: www.solucoesindustriais.com.br¹⁶

Como todo material de utilização em construção, o aço estrutural é possuidor de características que trazem benefícios de toda ordem o que, certamente, proporciona vantagens em sua utilização. Muito embora não seja causador de malefícios quando utilizado em construções, apresenta também algumas desvantagens com relação à sua utilização.

¹⁶ Figura 3, disponível em: <www.solucoesindustriais.com.br>. Acesso em 20 out. 2015.

Segundo C. Neto (2008), as principais vantagens da utilização do aço estrutural são:

- Alta resistência do material nos diversos estados de sollicitação – tração, compressão, flexão, etc., o que permite aos elementos estruturais suportarem grandes esforços apesar das dimensões relativamente pequenas dos perfis que os compõem.
- As estruturas metálicas são mais leves do que as estruturas de concreto armado, proporcionado assim, fundações mais econômicas.
- As propriedades dos materiais oferecem grande margem de segurança, em vista do seu processo de fabricação que proporciona material único e homogêneo, com limites de escoamento, ruptura e módulo de elasticidade bem definidos.
- Apresenta possibilidade de desmontagem da estrutura e seu posterior reaproveitamento em outro local.
- Redução do tempo de construção, aumento de produtividade, além da racionalização do uso de materiais e de mão-de-obra. Salienta-se ainda o fato do sistema construtivo em aço ser um dos sistemas existentes que possui vocação para a industrialização.
- Maior área útil, pelo fato das seções das vigas e pilares serem mais esbeltas quando comparadas com as equivalentes em concreto.
- Capacidade de vencer maiores vãos, se comparado com o sistema em concreto armado.

Já como desvantagens, o autor destaca:

- Limitação de fabricação em função do transporte até o local da montagem final, assim como custo desse mesmo transporte, em geral bastante custoso.
- Necessidade de mão-de-obra e equipamentos especializados para a fabricação e montagem.
- Necessidade de tratamento superficial das peças estruturais frente às ações de oxidação, devido ao contato com o ar.
- Limitação, em algumas ocasiões, na disponibilidade de perfis estruturais, sendo sempre aconselhável antes do início de projetos estruturais, verificar junto ao mercado fornecedor, os perfis que possam estar em falta nesse mercado.¹⁷

¹⁷ C. NETO, A. **Estruturas Metálicas I: notas de aula 2008.** Disponível em: <http://www.acn.eng.br/imagens/downloads_acad/EM%20I.pdf>. Acesso em: 20 out. 2015.

1.2.1 Propriedades do Aço

Por ser um material industrializado, obtido sob rígido controle de qualidade, as características das ligas metálicas são certas e confiáveis. Com isso, os coeficientes de segurança utilizados no cálculo estrutural podem ser mais baixos.

Do ponto de vista da aplicação em estruturas, o aço apresenta a interessante característica de se adaptar ao tipo de material, adquirindo resistência à tração e à compressão. Em relação aos esforços de compressão, pode ocorrer o fenômeno da flambagem, o que necessita do aumento das seções dos perfis e/ou a criação de travamentos denominados de contraentamentos, diminuindo o comprimento livre da peça.

De acordo com Dias (2002), outras propriedades mecânicas do aço estrutural são:

- a) Elasticidade – é a capacidade do material de voltar à forma original após sucessivos ciclos de carga e descarga. A deformação elástica é reversível, ou seja, desaparece quando a tensão é removida. A relação entre a tensão e a deformação linear específica é o módulo de elasticidade.
- b) Plasticidade – é a deformação permanente provocada por tensão igual ou superior ao limite de escoamento. A deformação plástica aumenta a dureza do metal. Este aumento da dureza por deformação plástica é denominado endurecimento por deformação a frio ou encruamento e é acompanhado de elevação do valor do limite de escoamento e do limite de resistência. O encruamento reduz a ductilidade do metal, pois parte da elongação é consumida durante a deformação a frio.
- c) Ductilidade – é a capacidade de se deformar plasticamente sem se romper. As vigas de aço sofrem grandes deformações antes de se romperem, o que constitui um aviso da presença de tensões elevadas, diferentemente do ferro fundido, que não se deforma antes da ruptura. Quanto mais dúctil o aço, maior é a redução de área ou o alongamento antes da ruptura.
- d) Tenacidade – é a capacidade que têm os materiais de absorver energia, com deformações elásticas e plásticas. Um material dúctil com a mesma resistência de um material frágil vai requerer maior quantidade de energia para ser rompido, sendo, portanto, mais tenaz.
- e) Resiliência – é a capacidade de absorver energia mecânica em regime elástico.

- f) Fragilidade – é o oposto da ductilidade, é quando os aços se tornam frágeis pela ação de diversos agentes, como baixas temperaturas, efeitos térmicos locais causados por soldas, etc. É muito perigoso, pois os materiais frágeis rompem sem aviso prévio.¹⁸

Além disso, a composição química da liga de aço pode determinar características importantes para a sua aplicação estrutural. A indústria deve buscar a quantidade exata do material a ser adicionado, pois geralmente os componentes acabam por melhorar certa qualidade do aço, em prejuízo de outra.

1.2.2 Perfis Estruturais do Aço

Os perfis de aço produzidos para a construção civil possuem diversos tipos e dimensões, além de possibilitar diversas conformações.

Os perfis laminados são aqueles em que o material proveniente do lingotamento contínuo, passa por laminadores com cilindros conformadores que vão esboçando os perfis por meio de uma sucessão de passes, com um laminador de acabamento dando a conformação final ao perfil, como mostra a figura 4.

Figura 4: Processo de laminação sucessiva dos perfis usuais

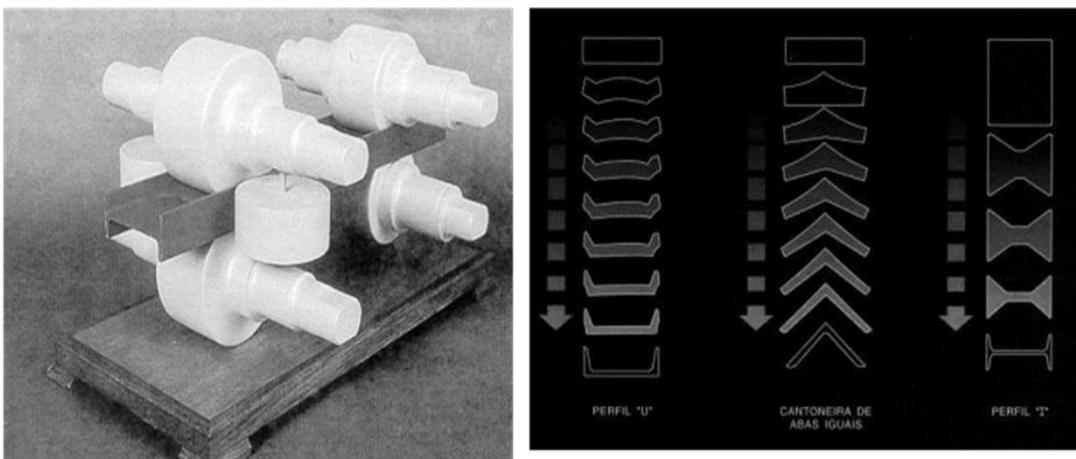


Fig. 25 – Exemplos de um Perfil e sua Usina

Fig. 26 – Passos da produção de um Perfil Usual

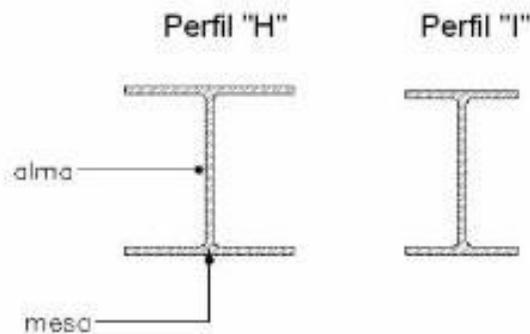
Fonte: www.dionisio.eng.br¹⁹

¹⁸ DIAS, L. A. M. **Estruturas de Aço. Conceito, Técnicas e Linguagem**. São Paulo, Ed. Ziguarte, 2002.

¹⁹ Figura 4, disponível em: <www.dionisio.eng.br>. Acesso em: 21 out. 2015.

Os perfis laminados são peças que apresentam grande eficiência estrutural, podendo ser encontradas sob diversas geometrias, sendo algumas apresentadas na figura 5. Os perfis H, I, C podem ter abas paralelas (padrão europeu) ou abas inclinadas (padrão americano), de acordo com sua especificação. Já os perfis tipo L ou cantoneiras, são formados por duas abas perpendiculares entre si, podendo apresentar larguras iguais ou diferentes.

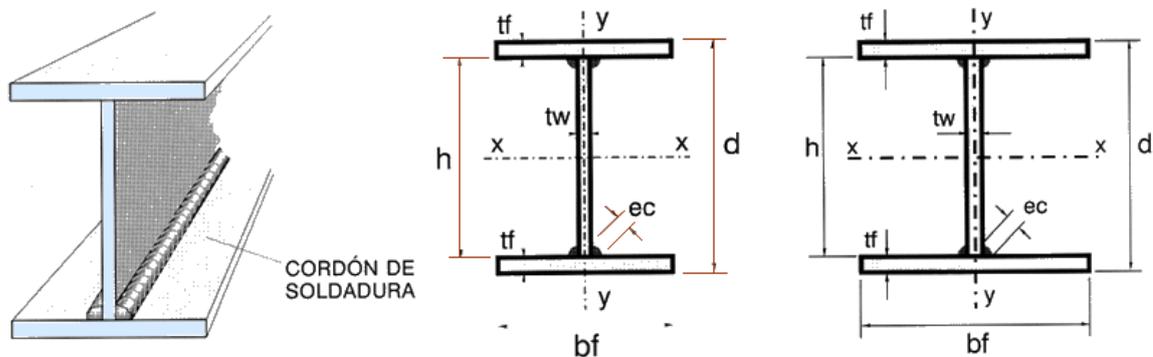
Figura 5: Perfis laminados de abas paralelas.



Fonte: www.metlica.com.br²⁰

Já os perfis soldados são obtidos pelo corte, composição e soldagem das chapas planas de aço, o que possibilita uma grande variedade de formas e dimensões. Os perfis para uso estrutural não devem ser provenientes de chapas na forma de bobina, pois pode haver deformação quando aquecidas pela solda. Dessa forma, apenas chapas denominadas grossas devem ser utilizadas, gerando perfis mais pesados que os perfis laminados.

Figura 6: Exemplos de perfis soldados.



Fonte: webdelprofesor.ula.ve²¹

²⁰ Figura 5, disponível em: <www.metlica.com.br>. Acesso em 21 out. 2015.

²¹ Figura 6, disponível em: <webdelprofesor.ula.ve>. Acesso em 21 out. 2015.

Esse tipo de perfil possui uma vantagem sobre o perfil laminado, porque para ele não há limites de altura, já que o segundo fica restrito à capacidade da linha de produção de cada fabricante. Segundo Dias (2002):

... a oferta de perfis laminados de padrão americano no país é bastante restrita. Além disso, eles possuem uma limitação quanto à disponibilidade de tipos e à variedade de tamanhos, e a sua aba inclinada dificulta a execução de ligações.²²

A fabricação dos perfis soldados pode ser “artesanal” ou completamente industrial. Os fabricantes de estruturas possuem uma gama de perfis com dimensões padronizadas. No entanto, perfis especiais com conformações diversas podem ser encomendados e produzidos com facilidade.

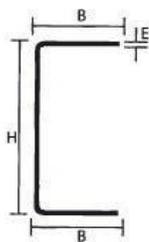
Os perfis podem ser também eletrossoldados, o que consiste em um processo industrial em que a soldagem é feita por resistência elétrica, conhecida como eletrofusão, na qual não há a deposição de outros materiais, como na solda comum.

A produção de perfis pode ser feita, ainda, pelo dobramento a frio de chapas de aço. Esse tipo de fabricação também possibilita a criação de formas e dimensões diferenciadas, além das padronizadas, guardadas as limitações dimensionais de suas linhas de produção.

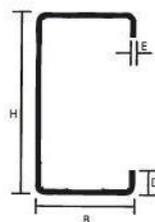
Como são utilizadas chapas mais finas em sua produção, esses perfis são indicados para construções mais leves, sendo usados, principalmente, para a construção dos painéis estruturais do sistema construtivo steel-frame, para barras de treliças, terças, etc.

Figura 7: Perfis formados a frio (dobrados).

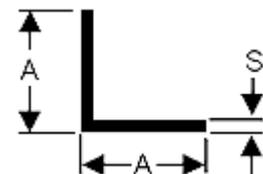
Perfil “U” simples



Perfil “U” enrijecido



Cantoneira “L” de abas iguais



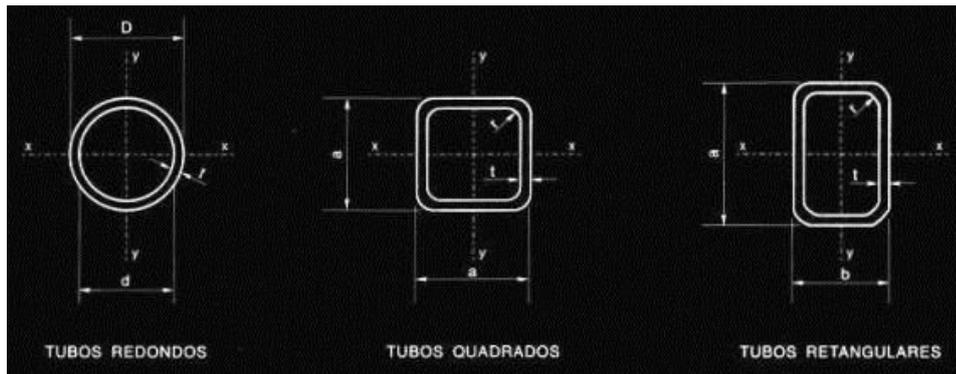
Fonte: www.samiaco.com.br²³

²² DIAS, L. A. M. **Estruturas de Aço. Conceito, Técnicas e Linguagem**. São Paulo, Ed. Zigurate, 2002.

²³ Figura 7, disponível em: <www.samiaco.com.br>. Acesso em: 21 out. 2015.

Os perfis também podem ser tubulares, e a partir da secção circular prensada, pode-se produzir formas quadradas e retangulares. Esse tipo de perfil pode possuir costura, sendo produzido por soldagem, ou sem costura, fabricado diretamente na laminação a quente de barras de aço maciças. O primeiro possui uma limitação quanto ao seu comprimento, devido ao tamanho da chapa; o segundo pode ser laminado em qualquer comprimento.

Figura 8: Perfis tubulares.



Fonte: www.dionisio.eng.br²⁴

Os perfis tubulares de médio e grande porte são muito utilizados como pilares, pois, devido a sua geometria, seja ela circular, quadrada ou retangular, apresentam alta resistência a flambagem.

Já os perfis de menores diâmetros são usados na fabricação de treliças planas e espaciais. Além disso, juntamente com o uso de chapas, é possível a composição de perfis, sendo utilizados como vigas e pilares.

1.3 ESTRUTURAS MISTAS DE AÇO E CONCRETO

As estruturas mistas de aço e concreto são formadas pela associação de perfis de aço com o concreto estrutural, de modo que trabalhem conjuntamente para resistir aos esforços solicitantes. O princípio das estruturas mistas de aço-concreto está na sua capacidade de destinar os esforços específicos para cada material, aproveitando suas propriedades. Aplicadas de maneira correta, torna-se uma estrutura eficiente, pois permite que cada elemento seja

²⁴ Figura 8, disponível em: <www.dionisio.eng.br>. Acesso em: 21 out. 2015.

solicitado de acordo com suas propriedades específicas, garantindo resistência mecânica, estabilidade, rigidez, resistência à fissuração e a deslocamentos excessivos (CHAVES, 2009).²⁵

Neste modelo estrutural, a interação entre os dois materiais é fator determinante para que se constitua estrutura mista. Desta forma é extremamente importante que exista uma deformação conjunta entre eles (ALVA; MALITE, 2005).²⁶

O surgimento das estruturas mistas está estritamente relacionado ao desenvolvimento econômico, técnico e científico. Com a intenção de aproveitamento de propriedades específicas de cada material, tanto no quesito estrutural, quanto no quesito construtivo, a combinação de perfis metálicos com concreto tornou-se prática comum nos países europeus e cresce no Brasil de modo modesto (ALVA; MALITE, 2005).²⁷

1.3.1 Origem das Estruturas Mistas

Pelo fato dos elementos estruturados em aço serem mais esbeltos, quando comparados com os equivalentes em concreto, pode-se afirmar que estes são mais suscetíveis à ação do fogo que os elementos em concreto. Desta forma, alguns materiais desde o fim do século XIX foram utilizados como materiais de revestimento, protegendo a estrutura metálica do fogo e da corrosão. O concreto foi utilizado com esta finalidade (FIGUEIREDO, 1998).²⁸

Dessa necessidade, que surgiram as estruturas mistas de aço e concreto, onde inicialmente, a associação do concreto ao perfil metálico era usada apenas como técnica de revestimento contra fogo e anticorrosivo. Apesar de exercer contribuição estrutural, a resistência acrescida pelo concreto ao elemento era desconsiderada nos cálculos.

No Brasil, as primeiras construções mistas se limitavam a alguns edifícios e pequenas pontes construídas entre os anos de 1950 e 1960, apesar da utilização do concreto e sua

²⁵ CHAVES, I. A. **Viga mista de aço e concreto constituída por perfil formado a frio preenchido.** Dissertação (Mestrado em Engenharia de Estruturas) - Universidade de São Paulo, São Carlos, 2009.

²⁶ ALVA, G.M.S; MALITE, M. **Comportamento estrutural e dimensionamento de elementos mistos aço-concreto.** Cadernos de Engenharia de Estruturas. 2005. 34f. São Carlos.

²⁷ ALVA, G.M.S; MALITE, M. **Comportamento estrutural e dimensionamento de elementos mistos aço-concreto.** Cadernos de Engenharia de Estruturas. 2005. 34f. São Carlos.

²⁸ FIGUEIREDO, L. M. B. **Projeto e construção de pilares mistos aço-concreto.** Dissertação (Mestrado) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo. São Carlos, 1998, 142p.

contribuição na resistência, não serem consideradas nos cálculos. Em 1986, a NBR 8800 - Projeto e execução de estruturas de aço de edifícios, normatizaram as estruturas mistas, no entanto, apenas abordava os elementos mistos submetidos à flexão, as vigas mistas (FIGUEIREDO, 1998).²⁹

A partir de então, com o aumento da produção de aço estrutural no Brasil e com a busca de novas soluções arquitetônicas e estruturais, foram construídos vários edifícios utilizando-se do sistema misto nos últimos anos.

Figura 9: Edifício *The One* – São Paulo (2011), Arquiteto Itamar Berezin.



Fonte: zabo.com.br³⁰

Toledo (2009), lembra que a utilização de elementos mistos de aço e concreto foi estimulada no país, uma vez que a NBR 8800:2008 passou a contemplar recomendações de projetos para lajes, vigas e pilares mistos. No entanto, existem procedimentos específicos de cálculo que a referida norma ainda não aborda, como no caso da utilização de vigas mistas associadas às tradicionais lajes com vigotas pré-moldadas.³¹

²⁹ FIGUEIREDO, L. M. B. **Projeto e construção de pilares mistos aço-concreto**. Dissertação (Mestrado) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo. São Carlos, 1998, 142p.

³⁰ Figura 9, disponível em: <zabo.com.br>. Acesso em: 22 out. 2015.

³¹ TOLEDO, G. N. **Utilização de pilares mistos aço e concreto parcialmente revestidos em edifícios de múltiplos pavimentos**. São Carlos. 86p. Trabalho de conclusão de curso – Universidade Federal de São Carlos, 2009.

Figura10: Edifício WTorre Morumbi - São Paulo (2014), Aflalo e Gasperini arquitetos.



Fonte: www.skyscrapercity.com ³²

Figura 11: Edifício *New Century* - São Paulo (2002), Aflalo e Gasperini arquitetos



Fonte: www.spcorporate.com.br ³³

³² Figura 10, disponível em: <www.skyscrapercity.com>. Acesso em 22 out.2015.

³³ Figura 11, disponível em: <www.spcorporate.com.br>. Acesso em 22 out. 2015.

Figura 12: WTorre Nações Unidas - São Paulo (2008), Edo Rocha Arquiteturas.



Fonte: espacoeventossp.com.br ³⁴

Percebe-se que houve o desenvolvimento do sistema misto, principalmente nas grandes cidades, sendo este fato observado tanto no Brasil quanto em outros países. Para tanto, nota-se que há vantagens oferecidas pelo sistema misto em comparação aos sistemas estruturados em concreto e em aço. Estas foram destacadas por alguns autores e serão apresentadas no tópico seguinte.

1.3.2 Vantagens e Desvantagens do Sistema Estrutural Misto

Quando comparado com os sistemas convencionais de aço estrutural e concreto armado, o sistema misto apresenta algumas vantagens.

Alva e Malite (2005), mencionam que comparando-se com estrutura de concreto armado, quando falamos de vãos médios a grandes, o sistema misto aço-concreto é bem competitivo. Conciliando a rigidez do concreto com o menor peso do aço e sua capacidade de vencer vãos maiores, as estruturas mistas proporcionam mais praticidade de execução, melhor precisão em cálculos (devido ao controle das propriedades do aço), redução ou até dispensa de

³⁴ Figura 12, disponível em: <espacoeventossp.com.br>. Acesso em 22 out. 2015.

fôrmas e escoramentos, e redução de peso total da estrutura, aliviando as cargas na fundação.³⁵

Já em comparação com o sistema estrutural em aço pode-se citar que o sistema misto possui: menor consumo de aço estrutural, aumento da rigidez da estrutura, além da redução no consumo de materiais de proteção contra incêndio e corrosão. A terceira vantagem citada deve-se ao fato que o concreto melhora o desempenho da estrutura metálica frente às ações de corrosão e fogo.

Em relação à praticidade de execução, as estruturas mistas possibilitam montagem em loco, que se assemelha ao de estruturas metálicas. Em resumo, apesar de exigir maior qualificação de mão-de-obra, tem-se um canteiro de obra mais limpo. A industrialização na produção de edifícios, possível com os elementos mistos, é um objetivo almejado baseado nas ideias de gestão da qualidade e racionalização, onde o controle da produção leva a melhores produtos finais e maior economia (OLIVEIRA, 2004).³⁶

Quanto à eficiência da associação aço e concreto na forma de elementos mistos, Toledo (2009), infere que esta possui forte vínculo com o tipo de solicitação a que cada componente estará sujeito no sistema estrutural. Desta forma, é cabível inferir que é interessante posicionar o concreto em regiões comprimidas e o aço nas regiões em que há tração, justamente explorando as potencialidades de cada material quando sujeito às devidas solicitações.³⁷

Apesar das vantagens apresentadas na utilização de estruturas mistas, seu uso no Brasil cresce em ritmo controlado, devido a fatores como, desconhecimento da técnica (falta de profissionais capacitados e de mão-de-obra especializada), desconhecimento das vantagens de adoção do método, tradicionalismo no uso do concreto armado e desconhecimento do custo x benefício.

Oliveira (2004), diz que as escolas de formação profissional de engenharia e arquitetura, em sua maioria, adotam grade curricular com prioridade na produção de edifícios

³⁵ ALVA, G.M.S; MALITE, M. **Comportamento estrutural e dimensionamento de elementos mistos aço-concreto**. Cadernos de Engenharia de Estruturas. 2005. 34f. São Carlos.

³⁶ OLIVEIRA, D. R. **Desenvolvimento do projeto arquitetônico em estruturas de aço**. 2004. 51 f. Dissertação (Especialização em Construção Civil) – Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2004.

³⁷ TOLEDO, G. N. **Utilização de pilares mistos aço e concreto parcialmente revestidos em edifícios de múltiplos pavimentos**. São Carlos. 86p. Trabalho de conclusão de curso – Universidade Federal de São Carlos, 2009.

com estrutura de concreto armado, não disseminando os outros sistemas. Formam-se profissionais inseguros quanto à atuação em outros modelos estruturais.³⁸

Outro motivo de retardo nos avanços da utilização de construção mista é a visão que muitos idealizadores do projeto (arquitetos, engenheiros, proprietários) apresentam, rotulando as estruturas mistas como não harmonicamente arquitetônica. O afastamento entre engenheiros e arquitetos diminui significativamente o desempenho do trabalho em equipe multidisciplinar, inibindo o desenvolvimento de sistemas que exigem a conciliação dos desenvolvimentos destes profissionais.

Além dos fatores que já foram citados acima, outro motivo que também dificulta a implantação do sistema estrutural misto em algumas cidades e regiões, é a falta de matéria prima, principalmente de perfis metálicos, pois são poucos lugares que possuem indústrias metalúrgicas e siderúrgicas que são as responsáveis pela produção do aço; E o custo de importação e de transporte dos perfis, proporciona uma inviabilidade econômica.

³⁸ OLIVEIRA, D. R. **Desenvolvimento do projeto arquitetônico em estruturas de aço**. 2004. 51 f. Dissertação (Especialização em Construção Civil) – Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2004.

2. PROPRIEDADES E COMPORTAMENTO DOS ELEMENTOS ESTRUTURAIS MISTOS

Elementos Estruturais são corpos sólidos deformáveis com capacidade de receber e de transmitir solicitações em geral. Tem a função prioritária de garantir a forma espacial idealizada com segurança por um determinado período de tempo. Nos edifícios usuais, os principais elementos estruturais que compõem o sistema estrutural global podem ser divididos em lajes, vigas e pilares. Estes elementos devem ter resistência mecânica, estabilidade, rigidez, resistência à fissuração e a deslocamentos excessivos para poderem contribuir de modo efetivo na resistência global do edifício (QUEIROZ; PIMENTA; MATA, 2001).³⁹

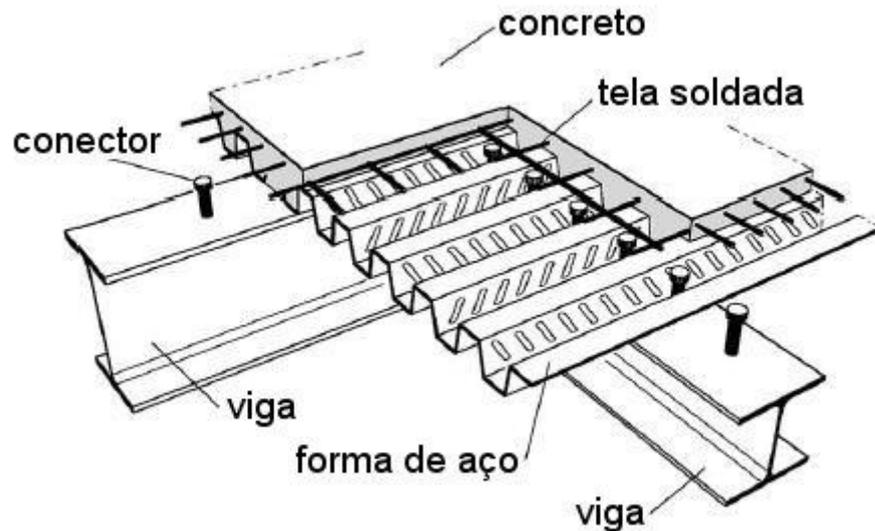
2.1 LAJES MISTAS

A laje mista, é um elemento que se utiliza de fôrmas permanentes nervuradas de aço (*steel deck*) sobre as quais é depositado o concreto. Estes dois materiais são travados entre si por meio de reentrâncias na fôrma de aço, conhecidas como “mossas”, que garantem um comportamento solidário dos dois materiais. Na fase construtiva, além de atuar como fôrma para o concreto, o *steel deck* funciona como plataforma de trabalho para os operários, já que o material apresenta rigidez e resistência à flexão significativas para tal. Após a cura do concreto os dois materiais se solidarizam, formando um sistema misto onde o *steel deck* atua como armadura positiva da laje (SÁLES, 1995)⁴⁰. A morfologia mais comum para a laje mista é mostrada na Figura 13.

³⁹ QUEIROZ, G; PIMENTA, R. J; MATA, L. A. **Elementos das estruturas mistas aço-concreto**. Belo Horizonte: Editora O Lutador, 2001. 336 p.

⁴⁰ SÁLES, J. J. **Estudo do projeto e da construção de edifícios de andares múltiplos com estruturas de aço**. 1995. 278f. Dissertação (Doutorado em Engenharia de Estruturas) – Universidade de São Paulo, São Carlos, 1995.

Figura 13: Laje com fôrma de aço incorporada.



Fonte: www.metalica.com.br ⁴¹

As lajes mistas podem ser empregadas em projetos residenciais, comerciais ou industriais, apresentando-se como uma solução interessante para obras nas quais a racionalização dos processos construtivos e a entrega em prazos curtos estão presentes. São comumente associadas a estruturas metálicas, podendo ser também usadas em estrutura de concreto.

Utilizados inicialmente em edifícios altos, os primeiros sistemas de lajes mistas surgiram no final da década de 30, no entanto a ação conjunta aço-concreto só passou a ser considerada em meados da década de 50. Atualmente, diversos sistemas têm sido utilizados para construção de fôrmas para suportar o concreto durante a fase de execução de lajes. O *Steel Deck*, largamente utilizado na Europa, nos Estados Unidos e no Japão, em termos de construção de lajes, mostra-se o mais apropriado (ALVA; MALITE, 2005).⁴²

Dentre as vantagens advindas do uso de lajes com fôrma de aço incorporada cita-se as mais relevantes:

- A fôrma de aço substitui as armaduras de tração da laje, gerando economia de tempo, material e mão de obra, pois os serviços de corte, dobramento e montagem das armaduras são eliminados ou reduzidos;

⁴¹ Figura 13, disponível em: <www.metalica.com.br>. Acesso em 24 out. 2015.

⁴² ALVA, G.M.S; MALITE, M. **Comportamento estrutural e dimensionamento de elementos mistos aço-concreto**. Cadernos de Engenharia de Estruturas. 2005. 34f. São Carlos.

- Dispensam o uso de escoramento durante a concretagem em boa parte dos casos (liberando o piso inferior para outras atividades);
- Funcionam como plataforma de trabalho;
- Atuam como fôrma e armadura da própria laje;
- Produto industrializado, feito com chapa de aço galvanizada, com dimensões e características técnicas controladas;
- Os canais inferiores da fôrma podem abrigar a passagem de dutos e conduítes;
- Aplicável em estruturas de aço, concreto, alvenaria ou mesmo madeira (seguindo recomendações do fabricante).

Quanto à instalação, temos vantagens apresentadas desde o tempo de espera para cura (menos concreto, menor tempo de cura), até o transporte das chapas, que por serem leves, não necessitam de equipamentos especiais, facilitando o manuseio e instalação. O processo de fixação é relativamente fácil, necessitando em média, de dois a três trabalhadores (ALVA; MALITE, 2005).⁴³

Como desvantagens, podem ser consideradas: a necessidade de utilização de forros por razões estéticas de maneira que a fôrma incorporada não fique à mostra (mas dependendo do tipo de obra não é necessário), as lajes mistas apresentam a necessidade de plano de montagem com detalhamento de aspectos construtivos, apresentam limitações do aço em situações de incêndio a serem consideradas em cálculo e a necessidade de mão de obra especializada (LIMA, 2009).⁴⁴

2.1.1 Características do sistema de lajes mistas

O sistema *steel deck* consiste, basicamente, no uso de uma fôrma metálica colaborante com uma capa de concreto e uma tela metálica (com função anti-fissuração). Em alguns casos, o conjunto pode ser completado por uma armadura negativa para absorver os

⁴³ ALVA, G.M.S; MALITE, M. **Comportamento estrutural e dimensionamento de elementos mistos aço-concreto**. Cadernos de Engenharia de Estruturas. 2005. 34f. São Carlos.

⁴⁴ LIMA, I. D. C. **Alternativas de sistemas de lajes para edifício em aço: Estudo comparativo**. São Carlos. 122p. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de São Carlos, 2009.

momentos negativos da laje, sobretudo quando esse elemento tiver continuidade e a tela metálica não for dimensionada para absorver estes esforços.

Segundo o CBCA (Centro Brasileiro da Construção em Aço), o mercado brasileiro disponibiliza o *steel deck* com três espessuras de chapa - 0,80 mm, 0,95 mm e 1,25 mm - e comprimento médio de 7,5 m pesando 58 Kg. Ainda de acordo com CBCA, o concreto empregado deve ter resistência igual ou superior a 25 Mpa e não recomenda-se o uso de aditivos à base de cloretos, que podem agredir a galvanização da chapa.⁴⁵

O dimensionamento do *steel deck* normalmente pode ser realizado a partir de tabelas fornecidas pelos fabricantes. Nelas, é possível identificar a espessura da chapa e da capa de concreto ideais para atender às solicitações de sobrecarga e os vãos determinados no projeto. Com as mesmas tabelas, também é possível identificar a eventual necessidade do uso de escoras no centro do vão. Esses elementos, quando necessários poderão ser retirados oito dias após a concretagem da laje.

Vale lembrar que o projeto executivo deve indicar claramente o posicionamento das chapas, eventual necessidade de armaduras complementares, reforços, ou outras condições especiais a serem observadas durante a execução da laje.

2.1.2 Componentes da laje mista

Além da fôrma colaborante em si e do concreto, os seguintes itens costumam fazer parte de um sistema de lajes com *steel deck*:

- Conectores de cisalhamento

As ligações entre a fôrma de aço e o concreto conferem o comportamento misto à estrutura. Para esta aderência as fôrmas possuem nervuras e reentrâncias que, com os conectores de cisalhamento (ancoragem de extremidade), garantem a interação do concreto com o aço. Estes conectores de cisalhamento que fazem a ancoragem entre laje e seu apoio (viga), também possibilitam a consideração de comportamento misto para a viga, quando for

⁴⁵ CENTRO BRASILEIRO DA CONSTRUÇÃO EM AÇO. **CBCA**. Disponível em: <www.cbca-acobrasil.org.br>. Acesso em: 25 out. 2015.

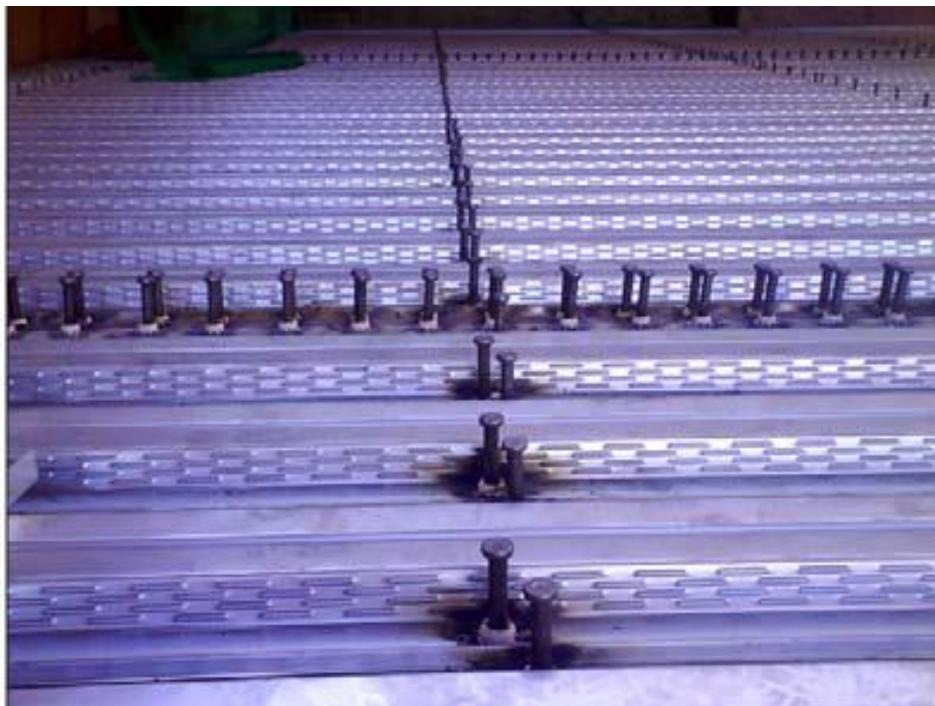
metálica. Por este motivo, as lajes mistas são constantemente associadas ao uso de vigas metálicas. A norma brasileira (NBR 8800:2008), para ao dimensionamento, apenas admite interação completa. (SAÚDE, s.d.).⁴⁶

Os conectores de cisalhamento cumprem a função de absorver os esforços de cisalhamento nas duas direções e de impedir o afastamento vertical entre a laje e a viga de aço. Tem também como função, transferir esforços de cisalhamento longitudinais do concreto para o aço, na interface da viga mista.

Segundo Pfeil (2009), “os conectores de cisalhamento são dispositivos mecânicos que tem a função de garantir o trabalho conjunto da seção de aço com a laje de concreto”.⁴⁷

O conector mais utilizado no sistema de lajes e vigas mistas é o tipo pino com cabeça, conhecido como *stud bolt*. São colocados normalmente nas nervuras, alternadamente, em alguns casos aos pares em cada nervura, como mostrado na figura 14.

Figura 14: Conector do tipo pino com cabeça (*stud bolt*).



Fonte: www.metform.com.br⁴⁸

⁴⁶ SAÚDE, Jorge, et al. **Lajes Mistas: Aspectos construtivos e respectivas recomendações do Eurocódigo 4**. Publicado por Revista Metálica (edição online). Disponível em: <<http://metalica.com.br/lajes-mistas>>. Acesso em 29/10/2015.

⁴⁷ PFEIL, Walter. **Estruturas de aço: dimensionamento prático**. Rio de Janeiro: LTC, 2009, p.9.

⁴⁸ Figura 14, disponível em: <www.metform.com.br>. Acesso em 25 out. 2015.

- Malha de aço (tela metálica)

Devido à contribuição da fôrma de aço ao conjunto, as lajes mistas normalmente utilizam de armadura do tipo malha de pequeno diâmetro. A armadura atua principalmente na direção normal das vigas e atuando de forma transversal, impede a fissuração do concreto no alinhamento de conectores. Outra função importante para a armadura tipo malha, é a resistência oferecida à flexão nos apoios da laje, impedindo fissuração e atuando no caso de situação de incêndio (SAÚDE, s. d.).⁴⁹

- Armadura negativa

Utilizada em situações em que a fôrma vença dois ou mais vãos entre apoios com uma única peça, os momentos negativos sobre as vigas intermediárias terão de ser absorvidos por armadura negativa convencional. Nesses casos, esse elemento já deve ser considerado na fase de projeto.

2.1.3 Processo de execução, montagem e fixação

O primeiro passo para a correta execução das lajes mistas é especificá-las ainda na fase de projeto, respeitando os vãos, sobrecargas, espessuras de chapa e o concreto a ser usado indicado pelos fabricantes.

A montagem do *steel deck* pode ser realizada pela mesma equipe que realiza a montagem da estrutura metálica. É comum que as empresas fornecedoras da solução indiquem uma equipe específica para aplicação dos conectores *stud bolts*, já que essa operação exige equipamento específico de eletrofusão e pessoal treinado. Para a montagem do *steel deck* é essencial providenciar EPIs como luva grossa e capacete, além de ferramentas manuais básicas. Na instalação, são necessárias uma serra roedora ou tico-tico para eventuais cortes das peças e uma parafusadeira para fixação dos parafusos autoperfurantes que "costuram" a sobreposição longitudinal das peças.

⁴⁹ SAÚDE, Jorge, et al. **Lajes Mistas: Aspectos construtivos e respectivas recomendações do Eurocódigo 4.** Publicado por Revista Metálica (edição online). Disponível em: <<http://metalica.com.br/lajes-mistas>>. Acesso em 29/10/2015.

Concluída a montagem das vigas de aço da estrutura, prossegue-se com a instalação dos painéis das fôrmas de aço e de seus acessórios, sempre atendendo algumas recomendações, a saber: nivelamento da mesa superior da viga de aço, a fim de obter maior superfície de contato entre a fôrma e a viga; remoção de ferrugem, rebarbas, respingos de solda e de oleosidades em geral; remoção da pintura e umidade nas regiões de soldagem. Após as devidas conferências, os painéis são distribuídos sobre o vigamento (VASCONCELOS, 2006).⁵⁰

Segundo Vasconcelos (2006), “é comum a necessidade de ajustes e recortes nos cantos e no contorno de pilares, para adequar a laje à geometria da edificação”. Assim que realizados todos os ajustes e o alinhamento, os painéis devem ser fixados à estrutura por intermédio de pontos de solda bujão ou solda tampão.

Terminada a montagem da fôrma de aço, deverão ser fixados os conectores de cisalhamento. Estes são comumente soldados à viga, com o auxílio de um equipamento de solda, uma pistola especial controlada por um temporizador.

Para completar o sistema devem ser dispostas telas metálicas ou malha de aço de retração na parte superior da laje, posicionadas adequadamente com espaçadores para evitar o aparecimento de fissuras no concreto. Também se for necessário, devem ser colocadas armaduras negativas.

Após a montagem e fixação das fôrmas, a instalação dos conectores de cisalhamento e a colocação das armaduras adicionais das lajes, a estrutura está pronta para o lançamento do concreto (figura 15).

⁵⁰ VASCONCELLOS, A. L. Caracterização das construções mistas aço/concreto. **Revista bimestral Construção Metálica**, ABCEM, São Paulo, n.73, p. 21-25, 2006.

Figura 15: Laje *steel deck* pronta para o lançamento do concreto.



Fonte: www.metform.com.br ⁵¹

O concreto é lançado por meio de bomba. Além do tempo de cura, que deve ser respeitado rigorosamente, nessa etapa outro ponto que requer atenção é a saída do concreto, que deve ser movimentado frequentemente e cuidadosamente para minimizar os problemas de acumulação em zonas críticas da laje como, por exemplo, no meio do vão.

2.2 VIGAS MISTAS

A viga mista de aço e concreto pode ser entendida como sendo o resultado da associação de uma viga de aço solidarizada a laje de concreto ou mesmo a laje mista.

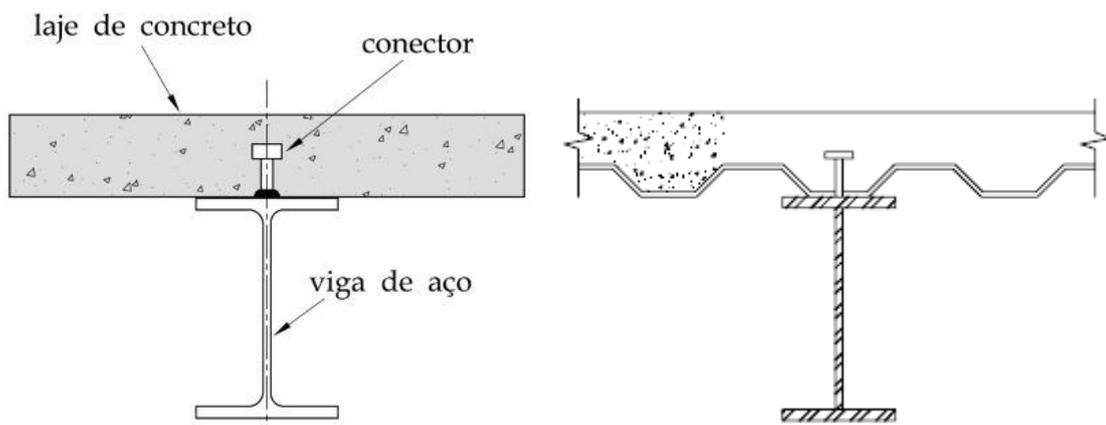
As primeiras ligações entre o aço e o concreto foram constituídas pelo embutimento do perfil à laje e a interação se dava pela força de adesão natural entre os materiais. Este sistema foi, gradualmente, sendo substituído por ligação através de conectores de cisalhamento, geralmente soldados à mesa do perfil, que se mostravam um tanto mais eficientes. Esta união permite que os dois materiais se deformem como um único elemento e gera um somatório de vantagens estruturais nas regiões de momento positivo, em comparações com a viga de aço isolada. A flambagem local da mesa e da alma, assim como a

⁵¹ Figura 15, disponível em: <www.metform.com.br>. Acesso em 29 out. 2015.

flambagem lateral com torção são, pela ação do concreto, amenizadas. Possibilita também uma economia de material com a redução da altura dos elementos estruturais, devido ao acréscimo de rigidez e resistência (ALVA; MALITE 2005).⁵²

Dentre os perfis existentes o do tipo “I” é o mais utilizado, principalmente em edifícios. Concernente às lajes, Vasconcellos (2006), destaca que este sistema permite a utilização de diversos tipos de lajes, tanto lajes moldadas no local em concreto maciço, quanto lajes com a fôrma de aço incorporada (laje mista). Além destas opções o autor destaca a possibilidade de utilização de lajes de vigotas pré-moldadas⁵³. A Figura 16 apresenta alguns exemplos de vigas mistas.

Figura 16: Exemplos de vigas mistas.



Fonte: www.metlica.com.br⁵⁴

Uma das vantagens apresentadas no uso de vigas mistas é o acréscimo de resistência e de rigidez da viga em comparação com os perfis equivalentes em aço, o que possibilita, por consequência, a redução da altura e peso dos elementos estruturais (DAVID et al., 2005)⁵⁵. Portanto, a evidente vantagem deste tipo de elemento frente ao sistema que se utiliza apenas de perfis de aço está no menor consumo de aço.

⁵² ALVA, G.M.S; MALITE, M. **Comportamento estrutural e dimensionamento de elementos mistos aço-concreto**. Cadernos de Engenharia de Estruturas. 2005. 34f. São Carlos.

⁵³ VASCONCELLOS, A. L. Caracterização das construções mistas aço/concreto. **Revista bimestral Construção Metálica**, ABCEM, São Paulo, n.73, p. 21-25, 2006.

⁵⁴ Figura 16, disponível em: <www.metlica.com.br>. Acesso em 30 out. 2015.

⁵⁵ DAVID, D. L.; ARAÚJO, D. L.; MALITE, M. **Vigas Mistas constituídas por perfis de aço formados a frio e lajes de vigotas pré-moldadas**. In: ENCONTRO NACIONAL DE PESQUISA-PROJETO-PRODUÇÃO EM CONCRETO PRÉ-MOLDADO. 1., 2005, São Carlos, Brasil. Anais... São Carlos, 2005.

As vigas mistas apresentam como desvantagem o custo dos conectores e maior complexidade no cálculo dimensional, quando comparadas às de concreto ou aço. Porém, segundo Bellei (2008), os gastos com a colocação dos conectores são compensados pela redução do peso da viga de aço. E ainda cita as vigas mistas como uma alternativa ideal para lugares onde o espaço estrutural limita muito a altura das vigas, já que há possibilidade do uso de vigas de menor altura.⁵⁶

2.2.1 Comportamento Estrutural

O comportamento das vigas mistas é fundamentado no “trabalho em conjunto” entre a viga de aço e a laje de concreto, no entanto, para que isto aconteça é necessário que se desenvolvam forças longitudinais na interface aço-concreto. Como a aderência natural entre os referidos materiais, bem como as forças de atrito não são consideradas no cálculo, a norma NBR 8800:2008 sugere o uso de conectores de cisalhamento entre o componente de aço e a laje, de maneira que ambos solidarizem-se estruturalmente para resistir à flexão.

O comportamento das vigas mistas varia em função da resistência da ligação aço concreto e do processo construtivo. Quando o número de conectores for suficiente para absorver a totalidade do cisalhamento longitudinal na interface aço-concreto tem-se interação completa. No entanto, é possível utilizar um número menor de conectores sem reduções significativas no momento resistente da seção mista; neste caso tem-se interação parcial (CHAVES, 2009).⁵⁷

As vigas mistas podem ser do tipo: biapoiadas, contínuas e semicontínuas. Para a norma NBR 8800:2008 as vigas biapoiadas são aquelas em que as ligações nos apoios podem ser consideradas como rótulas. As vigas contínuas são aquelas em que o perfil de aço e a armadura da laje tem total continuidade nos apoios internos. Já as vigas semicontínuas são representadas por aquelas em que o perfil de aço não tem continuidade total nos apoios internos, desta forma, pode-se concluir que possuem ligação de resistência parcial.⁵⁸

⁵⁶ BELLEI, I. H. **Edifícios de múltiplos andares em aço** / Ildony H. Bellei, Fernando O. Pinho, Mauro O. Pinho. 2ª Ed. – São Paulo: Pini, 2008.

⁵⁷ CHAVES, I. A. **Viga mista de aço e concreto constituída por perfil formado a frio preenchido**. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Estruturas) - Universidade de São Paulo, São Carlos, 2009.

⁵⁸ ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR-8800: Projeto de estruturas de aço e de estruturas mistas de aço e concreto de edifícios**. Rio de Janeiro, 2008.

As vigas biapoiadas possuem algumas vantagens frente às contínuas e semicontínuas, sendo, portanto, as utilizadas com maior frequência. Um dos fatores contribuintes para esta tão grande utilização se dá pelo fato de que, quando a viga é solicitada o concreto passa a trabalhar à compressão e a viga de aço à tração. Chaves (2009), apresenta outras vantagens das vigas biapoiadas em relação às calculadas como contínuas:

- Normalmente, apenas uma pequena parte da alma fica sujeita à compressão e a mesa comprimida é travada pela laje; assim, a resistência da viga não é limitada pela flambagem do perfil de aço, global ou local;
- A alma fica sujeita a estados de tensão menos severos; torna-se maior a possibilidade de se executar furos para a passagem de dutos;
- Os momentos fletores e as forças cortantes são estatisticamente determinados e não são influenciados pela fissuração, retração ou deformação lenta do concreto;
- Não há interação entre os comportamentos de vãos adjacentes;
- Os momentos transmitidos aos pilares são baixos ou quase nulos;
- A fissuração do concreto é menor, já que está sujeito à tração apenas nos apoios (devido à tendência de continuidade);
- A análise estrutural e o dimensionamento são rápidos e simples.⁵⁹

2.2.2 Método Construtivo

Em relação ao método construtivo das vigas mistas a norma NBR 8800:2008 aborda duas situações de construção, a construção escorada e a construção não-escorada.

Na construção escorada toda a carga é resistida pelo sistema misto, desta forma, se faz necessário que a viga seja escorada até que o concreto atinja resistência suficiente para que o comportamento misto possa ser desenvolvido. Já no sistema não-escorado o perfil de aço trabalha isoladamente e deve ser dimensionado para resistir às sobrecargas de construção, a saber: peso do concreto fresco, peso dos operários, etc.

⁵⁹ CHAVES, I. A. **Viga mista de aço e concreto constituída por perfil formado a frio preenchido.** Dissertação (Mestrado em Engenharia de Estruturas) - Universidade de São Paulo, São Carlos, 2009.

A construção não-escorada traz vantagens frente à construção escorada, tais como agilidade no processo construtivo, etc. Em contraste, a construção escorada apresenta uma minimização dos esforços e deslocamentos verticais da laje e da viga de aço na fase construtiva (VASCONCELOS, 2006).⁶⁰

2.3 PILARES MISTOS

Os pilares mistos, de maneira geral, são constituídos por um ou mais perfis de aço, preenchidos, revestidos parcialmente ou revestidos totalmente de concreto. O revestimento de concreto surgiu da necessidade de proteger os pilares metálicos contra a ação nociva do fogo e da corrosão. Porém esta utilidade foi sendo abandonada com a evolução da produção de materiais para este fim, com custos menores do que o do concreto. Em pilares mistos, o concreto continuou a ser utilizado para revestimento, mas considerando em cálculo as suas propriedades estruturais. Posteriormente, pensando no aumento de resistência, iniciou-se a prática de preencher com concreto os perfis tubulares. A combinação de aço-concreto em pilares mistos, além da proteção ao fogo (quando revestidos) e aumento da resistência, aumenta a rigidez da estrutura aos carregamentos horizontais. Outro ponto que diferencia os pilares mistos dos de concreto armado, é a ductilidade que eles apresentam (NARDIN, TOLEDO e SOUZA, 2010).⁶¹

Quanto às aplicações os pilares de aço preenchidos ou revestidos com concreto apresentam vantagens tanto em estruturas de pequeno porte quanto em edifícios de múltiplos andares. De acordo com Figueiredo (1998), os pilares mistos podem ser empregados em galpões de armazenagem, quadras esportivas cobertas, terminais rodoviários, pavilhões etc., cuja proteção do perfil de aço com o concreto seria uma solução desejável por motivos não apenas estéticos, mas também de proteção contra corrosão, incêndio ou impactos de veículos.⁶²

⁶⁰ VASCONCELLOS, A. L. Caracterização das construções mistas aço/concreto. **Revista bimestral Construção Metálica**, ABCEM, São Paulo, n.73, p. 21-25, 2006.

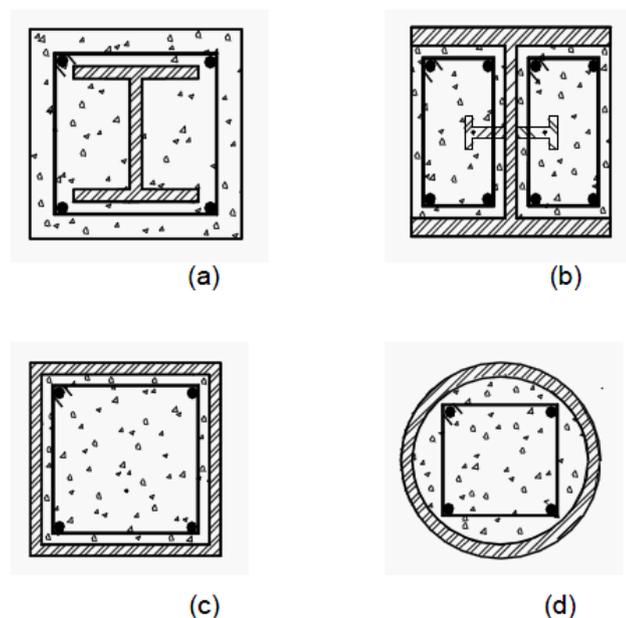
⁶¹ NARDIN, S.; TOLEDO, G. N.; SOUZA, A. S. C. **Viabilidade da utilização de pilares mistos parcialmente revestidos em edifícios de múltiplos pavimentos: estudo de caso**. In: CONSTRUMETAL 2010 – CONGRESSO LATINO-AMERICANO DA CONSTRUÇÃO METÁLICA, 2010, São Paulo, Anais... São Paulo: Universidade Federal de São Carlos, 2010, Nº 8.

⁶² FIGUEIREDO, L. M. B. **Projeto e construção de pilares mistos aço-concreto**. Dissertação (Mestrado) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo. São Carlos, 1998, 142p.

Outra aplicação dos pilares mistos destacada por Figueiredo (1998), é em recuperação e reforço de estruturas. Caso o pilar inicialmente constituído de aço estrutural precise ser reforçado, o simples revestimento de concreto outorga ao sistema considerável ganho de resistência, enrijecendo o referido pilar. Já para o caso de pilares de concreto armado a serem reforçados a opção de se utilizar perfis ou chapas de aço torna-se interessante a medida que, diferentemente do reforço com o próprio concreto, não ocasiona um aumento significativo da seção transversal, comprometendo a arquitetura da edificação.⁶³

Os pilares mistos se diferem entre si pela posição que o concreto ocupa na seção transversal. Nos pilares revestidos totalmente, o concreto envolve por completo o perfil de aço (Figura 17a). Quando o concreto é utilizado somente no preenchimento do espaço entre as mesas do perfil I, o pilar misto é denominado parcialmente revestido (Figura 17b). Já um pilar misto preenchido é formado comumente por um perfil tubular de aço (retangular ou circular) preenchido com concreto (Figura 17c e 17d). Para este tipo de pilar não há a necessidade da utilização de fôrmas e armaduras, sendo esta a principal vantagem deste tipo de elemento misto.

Figura 17: Exemplos de pilares mistos.



Fonte: www.deciv.ufscar.br⁶⁴

⁶³ FIGUEIREDO, L. M. B. **Projeto e construção de pilares mistos aço-concreto**. Dissertação (Mestrado) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo. São Carlos, 1998, 142p.

⁶⁴ Figura 17, disponível em: <www.deciv.ufscar.br>. Acesso em: 05 nov. 2015.

Para o caso dos pilares parcialmente revestidos (Figura 17b) pode-se notar que, apesar do concreto preencher a região vazia no interior do perfil metálico e, conseqüentemente, outorgar ao elemento maior resistência à compressão e ao fogo, não protege totalmente o perfil metálico da corrosão e do fogo. Assim sendo, Figueiredo (1998), advertiu que é necessário o uso de uma maneira alternativa de proteção.⁶⁵

A principal desvantagem do pilar misto revestido totalmente é que requer o uso de fôrmas para a concretagem, sendo dentre os três tipos de pilares citados, o mais trabalhoso em relação à execução. No entanto, este mesmo pilar pode adquirir a forma que se desejar, pelo fato do concreto possuir adequabilidade de formas.

Já os pilares mistos parcialmente revestidos podem dispensar o uso de fôrmas para a concretagem, contanto que o lançamento do concreto seja realizado com o perfil metálico na horizontal.

Como vantagens no uso de pilares mistos, Fabrizzi (2007), atesta que estes apresentam como principais vantagens a esbeltes em relação aos pilares de concreto, maior rigidez em relação aos pilares metálicos e proteção contra a corrosão e contra incêndio.⁶⁶

2.3.1 Comportamento Estrutural

A transmissão de esforços pode ser feita simplesmente por adesão e atrito, cuja força é proporcional à área da interface aço-concreto e ao esforço normal aplicado. A transmissão de esforços pode também realizar-se por conexão mecânica, utilizando-se conectores de cisalhamento.

Para pilares parcialmente revestidos, o vínculo entre concreto e o aço é garantido não só através de conectores de cisalhamento, mas também pela soldagem dos estribos à alma, ou

⁶⁵ FIGUEIREDO, L. M. B. **Projeto e construção de pilares mistos aço-concreto**. Dissertação (Mestrado) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo. São Carlos, 1998, 142p.

⁶⁶ FABRIZZI, M. A. **Contribuição para o projeto e dimensionamento de edifícios de múltiplos andares com elementos estruturais mistos aço-concreto**. São Carlos. 233p. Dissertação (Mestrado) - Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, 2007.

pela passagem dos estribos através de furos abertos na alma do perfil metálico (NÓBREGA, 2003).⁶⁷

O comportamento do pilar misto é influenciado por diversos parâmetros, como: efeito do confinamento do concreto, o efeito da fluência e da retração, a aderência, a forma da seção transversal, a esbeltes, a razão entre as áreas do perfil de aço e a área total da seção, entre outros. Porém, uns são mais significativos que os outros na avaliação de resistência final do elemento (ALVA; MALITE, 2005).⁶⁸

O efeito de confinamento acontece nos pilares mistos preenchidos quando a expansão lateral do concreto é maior do que a do perfil de aço, resultando assim em pressões radiais na interface do aço-concreto. De acordo com o critério de Richard Von Mises (matemático e engenheiro mecânico), estas pressões combinadas com a força normal de compressão no pilar, reduzem a resistência de escoamento do perfil de aço. No entanto, a resistência de compressão do concreto aumenta, quando comparado com o concreto não confinado. Este efeito nos dois materiais resulta no ganho de capacidade do pilar misto (ALVA; MALITE, 2005).⁶⁹

Em pilares curtos, os efeitos benéficos do confinamento ocorrem em maiores magnitudes. Com respeito à forma da seção transversal, pode-se afirmar que o grau de confinamento em pilares mistos com perfis circulares é consideravelmente maior do que em pilares mistos de seção retangular. Isso porque os lados dos pilares de seção quadrada não são rígidos o suficiente para resistir à pressão exercida pelo concreto em expansão, dessa maneira, apenas o concreto situado na porção mais central e nos cantos da seção quadrada estão confinados. As normas, considerando esse fato, desprezam o efeito do confinamento na capacidade de pilares mistos de seção retangular (ALVA, 2000).⁷⁰

Uma vez endurecido, o concreto passa a trabalhar de maneira conjunta ao aço, caracterizando o comportamento misto. Os efeitos de fluência e da retração, então, produzem deformações adicionais ao concreto, que de forma gradual, são transferidas ao perfil de aço. As deformações por carregamentos constantes de longa duração são denominadas fluência. A

⁶⁷ NÓBREGA, A. P. M. **Análise do comportamento de pilares mistos aço-concreto em situação de incêndio.** 2003. 253 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Estruturas) – Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2003.

⁶⁸ ALVA, G.M.S; MALITE, M. **Comportamento estrutural e dimensionamento de elementos mistos aço-concreto.** Cadernos de Engenharia de Estruturas. 2005. 34f. São Carlos.

⁶⁹ ALVA, G.M.S; MALITE, M. **Comportamento estrutural e dimensionamento de elementos mistos aço-concreto.** Cadernos de Engenharia de Estruturas. 2005. 34f. São Carlos.

⁷⁰ ALVA, G. M. S. **Sobre o projeto de edifícios em estrutura mista aço-concreto.** 2000. 277 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Estruturas) – Universidade de São Paulo, São Carlos, 2000.

retração em pilares mistos preenchidos são menores quando comparados com pilares de concreto armado, uma vez que o perfil de aço exerce proteção diante das intempéries. Em pilares preenchidos, as deformações acrescidas pela fluência e retração podem induzir o escoamento ou a flambagem local do perfil tubular de aço (ALVA; MALITE, 2005).⁷¹

⁷¹ ALVA, G.M.S; MALITE, M. **Comportamento estrutural e dimensionamento de elementos mistos aço-concreto**. Cadernos de Engenharia de Estruturas. 2005. 34f. São Carlos.

3. PESQUISA DE CAMPO

Para complementar nosso trabalho, com intuito de comprovar a hipótese afirmada inicialmente, ou seja, alcançar o objetivo principal desta pesquisa, foram identificadas na cidade de Caratinga-MG as obras que se utilizaram de elementos mistos como sistema estrutural, as quais serão indicadas a seguir. Depois de apuradas tais obras, concluiu-se que existe um número pequeno de construções que aderiram as estruturas mistas, portanto, realizamos entrevistas com os engenheiros calculistas atuantes no município, com o objetivo de entender os motivos da não utilização de estruturas mistas na cidade e o nível de conhecimento por parte destes profissionais sobre o método estrutural citado. Nos tópicos a seguir, foram descritos com maiores detalhes todos os procedimentos e instrumentos utilizados para a elaboração das entrevistas e para todos os resultados foram feitos comentários e discussões considerando algumas variáveis pertinentes ao assunto.

3.1 O USO DE ESTRUTURAS MISTAS EM CARATINGA

A seguir foram indicadas as construções localizadas em Caratinga que utilizaram elementos estruturais mistos.

Figura 18: Igreja Maranata.



Fonte: Acervo do autor.

Localizada na rua Amós Batista Carlos no centro, a igreja Maranata foi construída com estruturas metálicas e estruturas mistas de aço e concreto. Os elementos estruturais mistos utilizados foram a laje mista e a viga mista como mostrado na figura 19.

Figura 19: Vista do interior da garagem.



Fonte: Acervo do autor.

A opção por estruturas metálicas e estruturas mistas é devida uma padronização de projetos da igreja, onde além de cumprir a necessidade de execução rápida, atende aos princípios de sustentabilidade proposta pela igreja, pois a obra é mais limpa com menor geração de resíduos.

Figura 20: Prédio anexo da UNEC unidade II.



Fonte: Acervo do autor.

Localizado na rua Niterói no bairro Nossa Senhora das Graças, o bloco anexo foi construído com estruturas metálicas (pilares e vigas), e lajes mistas de aço e concreto, como ilustrado nas figuras seguintes.

Figura 21: Vista do interior do prédio.



Fonte: Acervo do autor.

O critério adotado para a escolha de estruturas metálicas e estruturas mistas foi devido a velocidade de execução, pois havia a necessidade do término da obra para o início do ano letivo dos cursos de graduação.

3.2 MATERIAIS E MÉTODOS

Este trabalho utilizou-se de pesquisa bibliográfica e levantamento de dados através de entrevistas voluntárias.

O levantamento de dados por meio de entrevistas previamente estruturadas foi possível através das respostas fornecidas pelos engenheiros civis calculistas, atuantes na cidade de Caratinga. Estes profissionais foram selecionados pela prática em realização de registros como responsáveis técnicos pelo cálculo de edificações neste município. As entrevistas ocorreram entre os dias 3 e 23 de novembro de 2015.

Para pré-seleção dos contatos dos engenheiros, foi utilizada a lista telefônica para a busca de empresas de engenharia, indicações de profissionais da área e nossos próprios contatos, por se tratar de engenheiros conhecidos por nós.

Para realização das entrevistas, foram feitos contatos com os candidatos, via telefone, e pessoalmente quando possível, com o convite para participar do projeto de pesquisa, fornecendo informações por meio de entrevista.

Dentre os 18 contatos realizados a construtoras e escritórios de engenharia, 4 não quiseram participar ou não se interessaram. Objetivou-se então, 14 entrevistas.

Previamente foi explicado aos profissionais, que se tratava de um projeto de pesquisa, onde a entrevista era para levantamento de dados, dando garantia aos entrevistados de que suas identidades ficariam em sigilo. Também foi informado aos entrevistados que ao participar desta entrevista, os mesmos não teriam nenhum benefício direto, no entanto, esperamos que este estudo traga informações importantes sobre o uso de estruturas mistas em Caratinga. Os resultados poderão ser analisados pelas instituições de ensino, objetivando criação de cursos de especialização, bem como a inclusão do estudo de estruturas mistas na grade curricular dos cursos de graduação em engenharia.

Uma vez que o “de acordo” na participação foi dado pelo candidato, os encontros foram agendados conforme disponibilidade do profissional. As entrevistas foram realizadas em ambiente escolhido pelo entrevistado, a fim de mantê-lo o mais confortável possível.

Para garantia de sigilo de identidades adotou-se neste trabalho nomenclatura específica para identificar os entrevistados. Receberam como identificação no formulário a sigla E.E.x,

onde as duas primeiras letras significam “Engenheiros Entrevistados”, e a variável “x” representa o número do entrevistado. (Ex.: E.E.1, E.E.2, E.E.3, etc.).

As entrevistas foram feitas aos profissionais de forma oral, com um gravador de voz ligado, caso o entrevistado não se importasse, e transcritas pelo acadêmico ao questionário escrito. Os entrevistadores tiveram sempre uma atitude de aceitação em relação às opiniões expressadas pelos entrevistados, com a premissa de que não existem opiniões certas ou erradas.

Foi adotado como instrumento para coleta de dados um formulário para entrevista (anexo I). As perguntas objetivaram respostas abertas e que foram transcritas de forma interpretativa. Ao elaborar o formulário, teve-se o cuidado para não gerar perguntas ambíguas, ou que induzissem de alguma forma a resposta.

3.3 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Após a realização das entrevistas, as mesmas foram agrupadas e criou-se padrões para a interpretação das informações. Foram feitas então, pelos acadêmicos, amparada pela revisão bibliográfica realizada anteriormente, análises das respostas fornecidas pelos entrevistados. A seguir seguem estas análises e suas discussões.

O tempo de registro no CREA dos engenheiros entrevistados, variou entre 3 e 35 anos. Já o tempo de experiência com cálculo estrutural variou entre 3 e 27 anos, sendo que em sua maioria, ambos superiores a 7 anos.

Dentre os 14 entrevistados, 13 atuam em outras áreas, além da de projeto estrutural. Este índice é o reflexo em Caratinga da necessidade de engenheiros que se dediquem ao projeto estrutural de forma exclusiva, estando disponíveis à pesquisa e desenvolvimento de concepções e soluções estruturais, bem como o aprofundamento nos estudos de melhor aproveitamento das técnicas convencionais utilizadas.

O tipo de sistema estrutural indicado como o mais utilizado pelos entrevistados, ocorrendo em 14 das 14 entrevistas, foi o concreto armado. Dentre as justificativas para a utilização em maior incidência deste método estrutural, foram citadas a facilidade de execução, devido a disponibilidade de mão de obra e de materiais em qualquer parte do

Brasil, e custo menor do que estrutura metálica ou mista. A maior disponibilidade de mão de obra para estrutura em concreto armado está estritamente relacionada ao fato de que para os outros modelos estruturais é necessário mão de obra especializada. Para a matéria prima de estruturas que utilizam perfis metálicos, tem-se como desvantagem a necessidade de importá-la de outras localidades, acrescentando custo de transporte, uma vez que se trata de material industrializado, não fabricado neste município. Vale ressaltar também que são poucas as variedades de perfis comercializados na cidade.

Quanto à abordagem deste modelo estrutural no curso de graduação, 10 dos 14 entrevistados informaram que as estruturas mistas não foram abordadas. Já os outros 4 entrevistados, disseram ter visto de forma simples, mas que não tiveram matéria específica sobre tal sistema. Atualmente em Caratinga, nos cursos de engenharia civil existentes, não há disciplina específica sobre estruturas mistas, mas a mesma é vista de forma superficial na disciplina de Sistemas Estruturais Construtivos.

Fora do âmbito do curso superior, 3 dos 14 engenheiros declararam já ter se envolvido com o estudo das estruturas mistas. Sendo que, 2 fizeram especialização em estruturas metálicas, onde também foram abordadas as estruturas mistas e 1 fez pós-graduação em cálculo estrutural em geral, abordando as estruturas de concreto armado, estruturas metálicas e estruturas mistas de aço-concreto. Atualmente, no município de Caratinga não há curso de especialização em estruturas.

Como vantagens oferecidas pela estrutura mista em aço e concreto sobre as estruturas convencionais, foram citadas, em níveis de incidência, menor tempo de execução (presente em 12 das 14 respostas), vantagens estruturais na associação dos dois elementos (presente em 6 das 14 respostas), limpeza do canteiro de obras, menos impacto ambiental e pouco volume de mão de obra, (para as últimas 3, presentes em 5 das 14 respostas). Como desvantagens, os custos, somando-se mão de obra e material, foi citado por 13 dos 14 engenheiros; Para eles o custo inicial é muito grande e o desembolso de capital é muito rápido. A falta de mão de obra especializada e de material na região, apareceu em segundo lugar de citações, em 8 das 14 respostas, e logo após, em 5 das 14 entrevistas, foram ressaltadas a questão cultural de se utilizar estruturas de concreto armado, para eles há um certo receio na utilização de outras soluções construtivas.

Quanto a utilização, os entrevistados foram questionados se já adotaram algum tipo de elemento misto. Afirmaram que sim, 3 dos 14 engenheiros entrevistados. O interessante é que

destes 3 que disseram já ter utilizado elementos mistos, 2 são aqueles que fizeram especialização em estruturas mistas e o outro foi um dos que viram as estruturas mistas no curso de graduação. Já os outros 11 que afirmaram não ter utilizado nenhum elemento misto, 7 disseram não ter utilizado, por não ter o conhecimento sobre o método construtivo, o que está diretamente relacionado com a hipótese afirmada inicialmente, ou seja, o profissional que tem o conhecimento sobre o método construtivo, ele se propõe a fazê-lo, o que não tem, normalmente não propõe. Os outros 4 engenheiros restantes que não utilizaram nenhum elemento misto, afirmaram que fizeram estudo de viabilidade das estruturas mistas, porém outro sistema foi utilizado, por ter se apresentado mais viável economicamente.

Dentre os motivos pela não utilização de estruturas mistas em Caratinga, foi citado por 13 dos 14 entrevistados o tradicionalismo no uso do concreto armado. Em segundo lugar de incidência, cita-se a falta do domínio da técnica construtiva por parte dos profissionais da área, estando na opinião de 7 dos 14 engenheiros calculistas da amostra. O custo da obra aparece em terceiro lugar, presente em 6 das 14 respostas. Outro motivo interessante apontado por um dos entrevistados é que a cidade de Caratinga possui poucas edificações que se encaixam no perfil de estruturas mistas, ou seja, há pouco espaço no mercado para estas estruturas em cidades de menor porte.

Em relação ao problema apresentado neste trabalho, 5 dos 14 entrevistados afirmaram que a difusão do sistema estrutural misto aço-concreto em Caratinga é possível através da qualificação de profissionais, para eles faltam na cidade profissionais capacitados para a elaboração dos projetos e mão de obra qualificada para executar os mesmos. Em contrapartida, 4 dos 14 entrevistados afirmaram ser difícil ou até mesmo impossível a difusão das estruturas mistas na cidade, ressaltando que em Caratinga a demanda por este tipo de estruturas é pequena. Já o restante dos entrevistados, acham que a construção de uma obra impactante utilizando-se de estruturas mistas na cidade e a vinda de uma empresa especializada, que consiga comprovar a velocidade de execução e a qualidade do seu produto, poderiam chamar a atenção de investidores, do setor público e posteriormente da sociedade em geral para que num futuro próximo a construção em elementos mistos venha a ser algo mais acessível.

CONCLUSÃO

Quando o uso de um determinado modelo estrutural é proposto e adotado por suas características e propriedades, em contexto com a cultura popular em que se insere, iniciam-se ações de estudo para torná-lo viável. É a metodologia do curso natural na consagração de um determinado sistema em uma região. Considerando o desenvolvimento de técnicas construtivas, de técnicas de cálculo para melhor aproveitamento de suas propriedades, de técnicas fabris e abrangência de sua oferta em determinada região, cria-se a cultura no uso deste modelo. Por outro lado, esta cultura no uso, pode acabar tornando-se obstáculo para a aceitação de outros modelos estruturais.

A determinação de materiais para a execução de uma estrutura não pode passar pela comparação direta entre eles. Não existe um material melhor do que o outro. Cada projeto possui particularidades que variam de acordo com o seu programa de necessidades, com o local a ser implantado, e até mesmo com a conjuntura econômica do país

A escolha do modelo estrutural adequado pode não ser uma escolha fácil. Deve-se conciliar o sistema estrutural com a funcionalidade da edificação, escolher os materiais a serem utilizados e arranjar os elementos estruturais. Desta forma, é importante que outras soluções estruturais sejam exploradas com a intenção de racionalização da obra.

Em Caratinga, assim como no Brasil, o uso de estruturas mistas em aço e concreto encontra como barreira significativa, o desconhecimento da técnica, tanto do dimensionamento de seus elementos, quanto nos processos construtivos. Visto o atual ritmo de crescimento da verticalização neste município, torna-se interessante estudos de industrialização das obras na intenção de atendimento às demandas e aproveitamento das vantagens fornecidas por ela.

Diante disto, em conclusão a este trabalho, chama-se a atenção para o sistema estrutural misto, sugerindo, a análise da possibilidade de inclusão dos estudos referentes na grade curricular do curso de engenharia civil desta instituição e a elaboração de novos trabalhos seguindo a atual monografia como base para estudos futuros.

REFERÊNCIAS

ALVA, G.M.S; MALITE, M. **Comportamento estrutural e dimensionamento de elementos mistos aço-concreto**. Cadernos de Engenharia de Estruturas. São Carlos, 2005. p. 51-84.

ALVA, G. M. S. **Sobre o projeto de edifícios em estrutura mista aço-concreto**. São Carlos. 277p. Dissertação (Mestrado) - Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, 2000.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR-8800**: Projeto de estruturas de aço e de estruturas mistas de aço e concreto de edifícios. Rio de Janeiro, 2008.

BELLEI, I. H. **Edifícios de múltiplos andares em aço** / Ildony H. Bellei, Fernando O. Pinho, Mauro O. Pinho. 2ª Ed. – São Paulo: Pini, 2008.

BELLEI, I. H. **Manual de Construção em aço: interfaces aço-concreto**. 2.ed. Rio de Janeiro: [s.n.], 2009. 93 p.

C. NETO, A. **Estruturas Metálicas I: notas de aula 2008**. Disponível em: <http://www.acn.eng.br/imagens/downloads_acad/EM%20I.pdf>. Acesso em: 20 out. 2015.

CHAVES, I. A. **Viga mista de aço e concreto constituída por perfil formado a frio preenchido**. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Estruturas) - Universidade de São Paulo, São Carlos, 2009.

DAVID, D. L.; ARAÚJO, D. L.; MALITE, M. **Vigas Mistas constituídas por perfis de aço formados a frio e lajes de vigotas pré-moldadas**. In: ENCONTRO NACIONAL DE PESQUISA-PROJETO-PRODUÇÃO EM CONCRETO PRÉ-MOLDADO. 1., 2005, São Carlos, Brasil. Anais... São Carlos, 2005.

DIAS, L. A. M. **Aço e Arquitetura: estudo de edificações no Brasil**. São Paulo: Zigurate Editora, 2001.

DIAS, L. A. M. **Estruturas de Aço. Conceito, Técnicas e Linguagem.** São Paulo, Ed. Zigurate, 2002.

DIAS, L.A. de M. **Estruturas híbridas e mistas de aço e concreto.** São Paulo: Zigurate Editora, 2014. 280 p.

FABRIZZI, M. A. **Contribuição para o projeto e dimensionamento de edifícios de múltiplos andares com elementos estruturais mistos aço – concreto.** Dissertação (Mestrado em Engenharia de Estruturas) - Universidade de São Paulo, São Carlos, 2007.

FIGUEIREDO, L. M. B. **Projeto e construção de pilares mistos aço-concreto.** Dissertação (Mestrado) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo. São Carlos, 1998. 143 p.

INABA, R. **Construções Metálicas: o uso do aço na construção civil.** Disponível em: <<http://www.metallica.com.br/construcoes-metallicas-o-uso-do-aco-na-construcao-civil>>. Acesso em 17 out. 2015.

LIMA, I. D. C. **Alternativas de sistemas de lajes para edifício em aço: Estudo comparativo.** São Carlos. 122p. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de São Carlos, 2009.

NARDIN, S.; TOLEDO, G. N.; SOUZA, A. S. C. **Viabilidade da utilização de pilares mistos parcialmente revestidos em edifícios de múltiplos pavimentos: estudo de caso.** In: CONSTRUMETAL 2010 – CONGRESSO LATINO-AMERICANO DA CONSTRUÇÃO METÁLICA, 2010, São Paulo, Anais... São Paulo: Universidade Federal de São Carlos, 2010, Nº 8.

NÓBREGA, A. P. M. **Análise do comportamento de pilares mistos aço-concreto em situação de incêndio.** 2003. 253 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Estruturas) – Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2003.

OLIVEIRA, D.R. **Desenvolvimento do projeto arquitetônico em estruturas de aço**. 2004 Dissertação (Especialização em Construção Civil) - Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2004. 51 p.

PFEIL, Walter. **Estruturas de aço: dimensionamento prático**. Rio de Janeiro: LTC, 2009, p.9.

QUEIROZ, G; PIMENTA, R. J; MATA, L. A. **Elementos das estruturas mistas aço-concreto**. Belo Horizonte: Editora O Lutador, 2001. 336 p.

QUEIROZ, Gilson. Introdução. In: DIAS, L.A. de M. **Estruturas Híbridas e Mistas de aço e concreto**. São Paulo: Ziguarte Editora, 2014. p.9.

QUEIROZ, Gilson; PIMENTA, R.J.; MARTINS, A.G. **Manual de Construção em aço: estruturas mistas vol 1**. 2.ed. Rio de Janeiro: [s.n.], 2012. 68 p.

QUEIROZ, Gilson; PIMENTA, R.J.; MARTINS, A.G. **Manual de Construção em aço: estruturas mistas vol 2**. 2.ed. Rio de Janeiro: [s.n.], 2012. 76 p.

S. JÚNIOR, T. F. **Estruturas de Concreto Armado: notas de aula**. Disponível em: <<https://docente.ifrn.edu.br/valtencirgomes/disciplinas/construcao-de-edificios/apostila-concreto>>. Acesso em 19 out. 2015.

SÁLES, J. J. **Estudo do projeto e da construção de edifícios de andares múltiplos com estruturas de aço**. 1995. 278 f. Tese (Doutorado em Engenharia de Estruturas) – Universidade de São Paulo, São Carlos, 1995.

SAÚDE, Jorge, et al. **Lajes Mistas: Aspectos construtivos e respectivas recomendações do Eurocódigo 4**. Publicado por Revista Metálica (edição online). Disponível em: <<http://metalica.com.br/lajes-mistas>>. Acesso em 29/10/2015.

SOUZA, A. S. C. **Análise da estabilidade de edifício de andares múltiplos em aço**. São Carlos. 116p. Relatório final processo 07/03839-0 – Universidade Federal de São Carlos, 2009.

TOLEDO, G. N. **Utilização de pilares mistos aço e concreto parcialmente revestidos em edifícios de múltiplos pavimentos**. São Carlos. 86p. Trabalho de conclusão de curso – Universidade Federal de São Carlos, 2009.

VASCONCELLOS, A. L. Caracterização das construções mistas aço/concreto. **Revista bimestral Construção Metálica**, ABCEM, São Paulo, n.73, p. 21-25, 2006.

ANEXO I
FORMULÁRIO - ENTREVISTA

E.E. _____.

DATA: ____/____/____.

- 1 – Há quanto tempo o Sr. possui registro no CREA?
- 2 - Há quanto tempo o Sr. trabalha com cálculo estrutural?
- 3 – O Sr. atua em outras áreas além da de cálculo estrutural?
- 4 - Qual o tipo de sistema estrutural que o Sr. mais utiliza?
- 5 - Quais os principais critérios adotados para que o sistema estrutural mencionado na questão anterior seja o mais utilizado?
- 6 - Em seu curso de formação, as estruturas mistas foram abordadas? Em qual nível de aprofundamento?
- 7 - O Sr. já fez algum curso de especialização ou pós graduação na área de estruturas mistas?
- 8 - Quais as principais vantagens, de acordo com a sua opinião, as estruturas mistas apresentam em relação às estruturas convencionais?
- 9 - Quais as principais desvantagens, de acordo com a sua opinião, as estruturas mistas apresentam em relação às estruturas convencionais?
- 10 - O Sr. já adotou algum elemento ou estrutura mista em alguma de suas obras?
- 11 - Se sim, quais critérios foram considerados para que a estrutura mista fosse adotada? Se não, quais critérios foram considerados para que a estrutura mista não fosse adotada?
- 12 – Apesar de ser consagrado em outros países, o sistema estrutural misto aço-concreto cresce de modo modesto no Brasil, o que explica o número quase inexistente de obras que utilizam deste sistema estrutural em Caratinga. Na sua opinião, quais os principais motivos da não utilização de estruturas mistas em Caratinga?
- 13 – Na sua opinião, o que você acha que pode ser feito para difundir o sistema estrutural misto aço-concreto em Caratinga?