

# **ESTRUTURAS METÁLICAS EM RESIDÊNCIAS UNIFAMILIARES DE ALTO PADRÃO**

Elves Ananias de Toledo<sup>1</sup>

Geisla Maia Gomes<sup>2</sup>

## **RESUMO**

Este trabalho analisa o uso de estruturas metálicas em residencial unifamiliar de alto padrão. Tal abordagem se justifica uma vez que o uso dessa forma estrutural no Brasil ainda é recente e pouco utilizado. O objetivo deste estudo é analisar, através do estudo prático de uma construção residencial de alto padrão, a viabilidade das estruturas metálicas na construção civil comparadas com a construção em concreto armado. Este intento foi conseguido mediante um estudo bibliográfico realizado para melhor compreensão de sistema estrutural metálico e um estudo de caso realizado em uma construção de alto padrão na cidade de Lavras, MG. A análise comprovou a efetividade em termos de tempo de execução e otimização de processos. Desse modo, buscou-se ressaltar que o tempo de execução entre os métodos construtivos e suas respectivas finalidades tem relevância no que diz respeito ao cronograma de execução da obra e nos custos de projeto.

**Palavras-chave:** Estruturas Metálicas; Execução de Obra; Concreto Armado.

## **1 INTRODUÇÃO**

Este trabalho aborda as estruturas metálicas em residências unifamiliares de alto padrão. Sabe-se que, desde seu início, o uso do aço na construção civil se expandiu, validando conceitos como modularização, industrialização e montagem. Apesar desses avanços, apenas uma pequena proporção dos edifícios é construída em aço e quase exclusivamente em edifícios comerciais, industriais e residenciais. É evidente que os sistemas industriais, devido ao seu tamanho, são mais frequentemente utilizados em edifícios maiores, onde a

---

<sup>1</sup> Graduando em Engenharia Civil pela UNIS-MG. E-mail.

<sup>2</sup> Prof. Esp. Engenheira Civil. Mestranda em Estatística Aplicada. Docente no Centro Universitário do Sul de Minas.

padronização e a repetição de materiais tornam possível a redução dos custos de produção. Na maioria das construções residenciais, principalmente de grande porte consideradas de alto padrão, costuma-se preocupar em obter ambientes amplos e com grandes vãos livres, sendo o método mais comumente utilizado o concreto armado. Com intuito de facilitar o processo de construção de uma casa de alto padrão em Lavras, MG e obtendo grandes vãos livres com um mínimo de colunas possível, podemos utilizar estruturas de aço que além de vencer grandes vãos proporcionam rapidez na execução e também ganham mais leveza na estrutura. Em situações onde se queira explorar grandes vãos, a estrutura metálica é viável, considerando mão de obra especializada, material e tempo de execução?

Esta abordagem se justifica pelo fato de que as estruturas de aço são uma nova tecnologia no Brasil em comparação com outras partes do mundo e são utilizadas para substituir materiais tradicionais em vigas, colunas e lajes tradicionais. A escolha do tipo de aço é feita com base em considerações relacionadas com a previsão do comportamento estrutural de seus componentes em termos de geometria e da quantidade de trabalho necessário. Quando as estruturas requerem maiores rendimentos, tais como edifícios comerciais, edifícios residenciais, sedes e escritórios, hotéis, hospitais, centros comerciais, edifícios de garagem, universidades e escolas, o fator tempo deve ser levado em consideração.

A estrutura de aço proporciona mais vantagem por ter a rapidez como melhor característica, diferente da convencional que possui uma velocidade limitada na obra. Outra vantagem da estrutura de aço segundo Castro (2005) é a estética, que inspira modernidade nas obras, existindo uma tendência de expor esta estrutura como parte principal da arquitetura, com seus elementos retilíneos dando leveza na construção, tem a vantagem de ter funções estruturais com um grande potencial estético.

Castro (2005) ainda afirma que é importante ressaltar que as estruturas metálicas têm maior precisão no dimensionamento de sua estrutura do que o concreto, por sua uniformidade, pois as deformações ocorridas na obra são muito fáceis de serem prevenidas através dos cálculos estruturais. A importância deste trabalho para comunidade se dá pois, normalmente as estruturas de aço são consideradas de custo alto se comparada a outros sistemas estruturais construtivos, porém a execução da sua montagem é mais rápida e eficiente viabilizando um retorno econômico rápido, além de que o aço é um material reciclável atendendo normas ecológicas e sustentáveis.

O objetivo geral deste estudo é analisar, através do estudo prático de uma construção residencial de alto padrão na cidade de Lavras, MG, a viabilidade das estruturas metálicas na construção civil. E os objetivos específicos foram: Comparar a construção metálica com a de concreto armado para obter uma edificação viavelmente mais econômica. Apontar as principais vantagens e desvantagens da aplicação das estruturas metálicas na construção civil, principalmente em residências de alto padrão. Comparar o tempo de execução das estruturas na construção civil.

Este propósito será conseguido através de um estudo bibliográfico e uma pesquisa de campo no condomínio MontSerrat em Lavras – MG. A mescla por estudo bibliográfico e estudo de campo se faz necessário para melhor compreensão do tema em sua complexidade. Como parte do estudo bibliográfico foram realizadas pesquisas em livros, teses, artigos científicos em bases como Scielo e Google acadêmico. E como pesquisa de campo a análise foi feita em um condomínio de alto padrão localizado na cidade de Lavras-MG contando com orientação dos engenheiros responsáveis pelos projetos, dos fabricantes, construtores e dos proprietários da residência.

## **2 O USO DE ESTRUTURAS METÁLICAS EM EDIFÍCIOS DE ALTO PADRÃO**

O processo de industrialização da construção civil tem sofrido adaptações e transformações nos últimos anos devido à racionalização e novos conceitos de qualidade. O mercado da construção está em busca novos processos de desenvolvimento sequencial de inovação que seja melhor que o processo construtivo convencional.

De acordo com Castro (2005) a diferenciação do sistema tradicional em concreto para o sistema construtivo em aço não ocorre pura e simplesmente por uma troca de materiais, existindo toda uma modificação no conceito da produção. Enquanto no primeiro a maioria dos trabalhos são realizados na obra, na segunda grande parcela destes são executados fora da mesma, configurando o sistema industrializado.

Cortez (2017) diz que o processo de industrialização das estruturas permite um processo de produção mais racionalizado aumentando a velocidade de execução da montagem como também na utilização de outros materiais pré-fabricados na edificação. Com esse processo é possível obter uma grande diminuição no tempo de construção, podendo ter uma maior precisão nos níveis e prumos acabando com o desperdício de materiais na obra.

A construção industrializada tem sido mais visada por possuir em seu processo construtivo características com um planejamento econômico mesmo na definição do projeto.

Contudo podemos ver que a engenharia civil possui uma grande relação com o processo produtivo tanto no projeto como na execução do mesmo.

Segundo Cortez (2017) o projeto de arquitetura de uma residência em aço tem que nascer em aço, sendo imprescindível uma comunicação perfeita entre os engenheiros projetistas e os arquitetos para se obter um ótimo resultado, pois este tipo de edificação requer uma atenção especial por ser uma inovação e por apresentar vários tipos de materiais diferentes em uma mesma construção, sendo necessário observar o comportamento dos mesmos.

O uso do aço estrutural na construção residencial unifamiliar além de ser diferente e inovador requer uma concepção planejada do projeto podendo ser industrializada, pré-fabricada e até mesmo ser moldada in loco. A qualificação profissional das pessoas para trabalhar nessa área tem que ser específica e bem treinada por se tratar de uma tecnologia de edificação inovadora. Assim Schlichting (2018) dia:

“Sucintamente observa-se que o aço possui várias peculiaridades, como a possibilidade de vencer grandes vãos com peças mais leves, dimensões menores de vigas e pilares, alívio nas fundações e sua montagem industrializada dando maior precisão e rapidez na montagem, que influenciam na construção podendo resultar em um maior aproveitamento da estrutura e gerando economia no custo da construção.” (SCHLICHTING. 2018)

Sabe-se que na engenharia a execução de uma determinada obra exige a necessidade de utilizar vários tipos de materiais, segundo Botelho et al. (2010) é importante uma análise de fatores variados para poder escolher o mais adequado observando aspectos econômicos, estéticos e principalmente os estruturais. Ter uma mesma característica de resistência à ruptura por compressão ou tração é uma propriedade dos aços estruturais, na compressão pode haver flambagem sendo necessário o aumento da seção do perfil ou até mesmo uma diminuição do vão de acordo com a necessidade.

Botelho et al. (2010) ainda afirma que na execução da construção em estrutura metálica das obras residenciais unifamiliares de alto padrão o aço exige procedimentos específicos que podem ser simples e de fácil execução. Porém ainda vemos na maioria dos casos a execução sendo realizada da forma tradicional, percebendo que na maioria dos fechamentos dos vãos e divisórias em alvenaria ainda são usados tijolos cerâmicos ou blocos

de concreto, o correto seria o uso de materiais inovadores como blocos maiores feitos de materiais leves e térmicos ou placas cimentícias.

Para Cortez (2017) as inovações aparecem constantemente na engenharia civil, seja em materiais ou métodos de construção, tornando possível que as obras de engenharia se tornem cada vez maiores, mais resistentes, sofisticadas e de execução rápida. Além disso, tecnologias como o software ajudam mais e mais eficientemente no desenvolvimento de projetos, tornando-os mais seguros e econômicos, já que através destes programas de computador mais precisos cálculos podem ser obtidos.

No Brasil, o método de construção mais utilizado durante muitos anos é o concreto armado, mas atualmente as estruturas de aço estão ganhando espaço. É um método que pode ser executado em um tempo mais curto, não gera tantas rejeições, permite vãos livres maiores e uma estrutura mais leve, reduzindo conseqüentemente os gastos com fundações quando comparadas com estruturas convencionais. A fim de atender à crescente demanda no mercado da construção civil industrializada, o aço começou a ser utilizado sob a forma de pré-fabricados importados de pontes metálicas até as mais modernas estruturas comerciais, assim foram desenvolvidas várias aplicações, desde pontes metálicas até as e edifícios residenciais (CORTEZ, 2017).

Por outro lado, as estruturas metálicas requerem mão-de-obra especializada, além disso, não têm acessibilidade, o que pode causar inconvenientes e tornar o trabalho mais caro em alguns lugares, devido ao transporte. Estruturas de concreto armado requerem mão-de-obra menos qualificada para sua execução, este método também permite a moldagem da estrutura com a ajuda de fôrmas e apresenta alta resistência quando comparada com outras formas de construção, por ser uma conexão solidária de concreto com um material resistente à tração, que em geral é o aço (BOTELHO et al., 2010).

## **2.1 Vantagens e desvantagens do uso de estruturas metálicas**

Atualmente, praticamente todas as residências modernas e de alto padrão têm grandes aplicações do aço estrutural. Edifícios, pontes, edifícios altos e armazéns são feitos usando seções estruturais de aço. Os engenheiros preferem o uso de aço estrutural em vez de qualquer outro material de construção pois possuem muitas vantagens. Isto se deve principalmente aos

inúmeros benefícios que o aço estrutural proporciona. Mas como tudo mais no mundo, há certos aspectos negativos no uso do aço estrutural em estruturas de construção. Aqui vamos nos concentrar nas vantagens e desvantagens das estruturas de aço estrutural.

### 2.1.1 Vantagens

As vantagens do uso de estruturas metálicas na construção civil são descritas a seguir.

**Confiabilidade** – Rezende (2002) salienta que as estruturas de aço são muito confiáveis. O autor ainda afirma que as razões para esta confiabilidade incluem consistência e uniformidade nas propriedades, melhor controle de qualidade devido à fabricação em fábrica, grande elasticidade e ductilidade. Se diferentes amostras de algum tipo de aço são testadas em laboratório quanto à tensão de rendimento, resistência final e alongamentos, a variação é muito menor do que outros materiais como concreto e madeira. Além disso, devido ao material verdadeiramente homogêneo e elástico, o aço satisfaz a maioria das suposições envolvidas na derivação das fórmulas de análise e projeto e os resultados obtidos são confiáveis. Este pode não ser o caso em estruturas de concreto devido ao material heterogêneo, rachaduras e não-linearidade da relação tensão-deformação.

**Comportamento industrial** – Braun e Penteado (2004) comentam que as seções de aço laminado são fabricadas em fábricas. Além disso, os membros podem ser cortados e preparados para montagem em fábricas, sendo que somente a união destes componentes é feita no local, instalando rebites ou parafusos e soldando diferentes componentes. Algumas vezes, partes da estrutura também são montadas nas fábricas, ou seja, há uma grande adaptação à pré-fabricação. Os erros manuais reduzem muito nestes casos, a velocidade de construção aumenta e o custo total diminui.

**Menor Tempo de Construção / Maior Velocidade de Montagem** – de acordo com Varela (2016), por causa da natureza industrial da construção em aço o progresso dos trabalhos é rápido, tornando as estruturas econômicas. A razão é que essas estruturas podem ser usadas mais cedo. A redução do custo de mão-de-obra e as mudanças nas despesas gerais e os benefícios obtidos com o uso antecipado do edifício contribuem para a economia.

**Alta resistência e peso leve Natureza** – para Rezende (2002) a alta resistência do aço por unidade de peso significa que as cargas mortas serão menores. É de se notar que as cargas

mortas são uma parte maior das cargas totais sobre a estrutura. Quando a carga morta se reduz, os membros inferiores se tornam ainda menores devido ao menor peso atuando sobre eles. Este fato é de grande importância para pontes de grande envergadura, edifícios altos e para estruturas com más condições de fundação.

**Uniformidade, Durabilidade e Desempenho** – para Rossatto (2015) o aço é um material muito homogêneo e uniforme. Portanto, ele satisfaz as premissas básicas da maioria das fórmulas de análise e projeto. Se mantido adequadamente por pintura, etc., as propriedades do aço não mudam sensivelmente com o tempo; enquanto que as propriedades do concreto em uma estrutura de concreto armado são consideravelmente modificadas com o tempo. Portanto, as estruturas de aço são mais duráveis.

**Elasticidade** – segundo Braun e Penteado (2004) o aço se comporta mais próximo da suposição de projeto do que a maioria dos outros materiais porque segue a lei de Hooke até tensões bastante elevadas. A tensão produzida permanece proporcional à deformação aplicada no diagrama de tensão-deformação, permanecendo uma linha reta. As seções de aço não racham ou rasgam antes da carga final e, portanto, os momentos de inércia de uma estrutura de aço podem ser definitivamente calculados. Os momentos de inércia obtidos para uma estrutura de concreto armado são bastante indefinidos.

**Ductilidade e advertência antes da falha** - Braun e Penteado (2004) afirmam que a propriedade de um material pelo qual ele pode resistir a deformações extensas sem falhas sob altas tensões de tração é dita ser sua ductilidade. O aço macio é um material muito dúctil. O alongamento percentual de uma amostra de teste de tensão padrão após a fratura pode chegar a 25 a 30%. Isto dá desvios visíveis de evidência de falha iminente em caso de sobrecargas. As cargas extras podem ser removidas da estrutura para evitar o colapso. Mesmo que ocorra o colapso, há tempo para que os ocupantes desocupem o edifício.

Em membros estruturais sob cargas normais, altas concentrações de tensão se desenvolvem em vários pontos. A natureza dúctil do aço estrutural habitual permite que eles cedam localmente nesses pontos, distribuindo assim as tensões e evitando falhas prematuras.

**Adições às estruturas existentes** - Varela (2016) afirma que as adições às estruturas de aço existentes são muito fáceis de serem feitas. As conexões entre estruturas novas e existentes podem ser empregadas de forma muito eficaz. Novas baias ou mesmo novas asas inteiras podem ser acrescentadas à estrutura de aço existente, e as noivas de aço podem muitas vezes ser ampliadas.

**Construção de grande envergadura** – segundo Varela (2016) edifícios altos, pontes de longo vão e torres de transmissão altas são feitos de aço estrutural. Edifícios industriais até um vão de 90m podem ser projetados por vigas de chapa ou treliças. Os vãos das pontes até 260,00m são feitos com vigas de chapa. Para pontes de treliça, foram utilizados vãos de ponte de 300,00m.

### 2.1.2 Desvantagens

Algumas das desvantagens do uso de estruturas metálicas na construção civil são os altos custos de manutenção e mais corrosões – segundo Varela (2016) a maioria dos aços são suscetíveis à corrosão quando expostos livremente ao ar e à água e, portanto, devem ser pintados periodicamente. Isto requer um custo extra e cuidados especiais. O uso de aços resistentes às intempéries, em aplicações de projeto estável, tende a eliminar este custo. Varela (2016) ainda comenta que se não forem mantidos adequadamente, os aços podem perder de 1 a 1,5 mm de sua espessura a cada ano. Assim, tais construções podem perder peso até 35% durante sua vida útil especificada e podem falhar sob as cargas externas.

**Custos de resistência ao fogo** – segundo Hermsdorff (2005) embora os membros do aço sejam incombustíveis, sua força é tremendamente reduzida às temperaturas prevalecentes nos incêndios. A cerca de 400°C, a deformação se torna muito mais pronunciada. A fluência é definida como uma deformação plástica sob uma carga constante durante um longo período de tempo. Isto produz deflexões/deformações excessivamente grandes dos membros principais, forçando os outros membros a tensões mais elevadas ou mesmo ao colapso. O aço é um excelente condutor de calor e pode transmitir calor suficiente de um compartimento de queima de um edifício para iniciar o fogo em outras partes do edifício para iniciar o fogo em outras partes do edifício. É necessário um custo extra para que o edifício seja devidamente protegido contra incêndios.

**Susceptibilidade à encurvadura** – para Varela (2016) as seções de aço geralmente consistem de uma combinação de chapas finas. Além disso, as dimensões gerais dos membros de aço também são menores do que as dos membros de concreto armado. Se esses membros finos forem submetidos a compressão, há maiores chances de encurvamento. A encurvadura é um tipo de colapso dos membros devido a uma grande dobra repentina causada por uma carga crítica de compressão. O aço, quando utilizado para colunas, às vezes não é muito econômico



porque um material considerável tem que ser utilizado apenas para endurecer as colunas contra a encurvadura.

**Maior custo inicial / Menor disponibilidade** - Pinheiro (2008) afirma que em poucos países, o aço não está disponível em abundância e seu custo inicial varia muito em comparação com os outros materiais estruturais. Este é o fator mais significativo que tem resultado no declínio das estruturas de aço nestes países.

**Estética** – para Pinheiro (2008) em certos tipos de edifícios, a forma de aço é arquitetonicamente preferida. Entretanto, para a maioria dos edifícios residenciais e de escritórios, as estruturas de aço sem o uso de teto falso e revestimento são consideradas como tendo má aparência estética. Um custo considerável deve ser gasto em tais estruturas para melhorar sua aparência. O revestimento é uma cobertura de metal, plástico ou madeira colocada sobre a superfície de um membro estrutural para envolvê-lo completamente. O revestimento não apenas protege o membro, mas também melhora sua aparência.

## **2.2 Estrutura metálica x Concreto armado em relação ao tempo de execução**

As estruturas de aço utilizadas em edifícios urbanos, grandes pontes e estádios de futebol oferecem maior produtividade e construção mais rápida. Segundo Kimura (2007) em comparação com métodos tradicionais como alvenaria, podem reduzir o tempo necessário para completar um trabalho em até 40%. Ou seja, estruturas em concreto armado que poderiam levar cerca de 3 meses para ficar pronta, podem ser executadas em 36 dias usando estruturas metálicas.

No diálogo com outros materiais, o aço (estruturas metálicas) não deve ser considerado como uma alternativa ao concreto. De fato, eles podem ser usados juntos em estruturas "híbridas" ou mistas, tirando proveito das propriedades de cada elemento.

Em 2014 e 2016, quando a Copa do Mundo e os Jogos Olímpicos foram realizados no Brasil, as estruturas de aço fizeram parte dos principais projetos arquitetônicos para estes eventos. Por exemplo, 11 dos 12 estádios construídos para a Copa do Mundo de 2014 utilizaram estruturas de aço. Outra área de demanda crescente é a construção de aeroportos, onde o aço também é fortemente representado.

De acordo com o Centro Brasileiro de Construção em Aço (CBCA) apud Alves e Paixão (2016), o material representou 14% das obras de construção do país em 2010. Em

2000, este segmento representou apenas cerca de 5% do total das obras de construção do país. Em 2013, grandes projetos de construção, como edifícios industriais e estruturas especiais, representaram 79,3% da produção total de estruturas de aço.

O aço é considerado uma das soluções de construção mais sustentáveis de todos os sistemas construtivos. Estruturas de aço bem projetadas reduzem os custos de energia e a geração de resíduos no local e oferecem grande flexibilidade no uso do espaço interno no local.

Alves e Paixão (2016) afirmam que em comparação com os métodos tradicionais, como a construção em tijolo, certos tipos de estruturas de aço podem reduzir em até 40% o tempo necessário para concluir os trabalhos, uma vez que as estruturas de aço são fabricadas industrialmente e entregues no local pronto para uso. Este processo requer menos mão-de-obra de construção, acelera a conclusão do projeto e utiliza menos água e madeira. Como a estrutura de aço é entregue como um produto acabado, é importante ter um plano logístico em vigor para aproveitar ao máximo este sistema de construção.

Estruturas metálicas, frequentemente utilizadas em edifícios de alto padrão permitem aumentar o espaço criando grandes aberturas e vãos sem perturbar colunas ou paredes estruturais. Este método de construção também é cada vez mais popular em blocos de apartamentos e casas de vários andares, onde os arquitetos têm mais liberdade de projeto.

### **3 MATERIAIS E MÉTODOS**

O objetivo deste trabalho, conforme exposto no item 1, é analisar, através do estudo prático de uma construção residencial de alto padrão na cidade de Lavras, MG, a viabilidade de tempo de execução com estruturas metálicas na construção civil. Trata-se de uma edificação em padrões mais luxuosos onde optou-se pela utilização de estruturas metálicas para otimizar o processo de construção, e também pela praticidade e elegância estética oferecida pelas estruturas metálicas. Nas estruturas de aço, a escolha do perfil é influenciada por muitos fatores. Em geral, o modelo de projeto utilizado neste artigo é bastante comum para edifícios residenciais deste tamanho.

Projeto - Ao projetar uma estrutura, todos os fatores devem ser considerados holisticamente para levar em conta todos os fatores que podem afetar a estrutura, tais como os efeitos do vento, deflexão e pressão.

Concepção - Com base nos tipos de armação existentes, será realizado um estudo para determinar o tipo de perfil a ser utilizado, dando prioridade à velocidade de serviço com base nos tipos de armação existentes.

Critérios de projeto - As regras de projeto das estruturas de aço foram analisadas com o objetivo de dimensionar as estruturas. A NBR 8800:2008 (Projeto de estruturas compostas de aço e concreto armado) está diretamente relacionada a este projeto. A NBR 6123:1988 (Energia eólica em edifícios) também foi analisada.

Detalhes - Um projeto detalhado foi preparado com base na proposta. Isto elimina quaisquer dúvidas que possam surgir durante a implementação e instalação do projeto.

Projeto estrutural - Ao analisar as soluções estruturais, foram selecionadas colunas e armações com perfil de treliça completa, devido à necessidade de implementá-las rapidamente. As características estruturais foram analisadas e cada treliça bem como as conexões e reforços foram dimensionados como tiras de aço circulares.

Medição - De acordo com Pfeil e Pfeil (2009), o objetivo do projeto estrutural é garantir a segurança da estrutura, garantindo seu bom desempenho e evitando grandes movimentos, vibrações, danos locais ou mesmo colapso. De acordo com Pfeil e Pfeil (2009, p. 34), as etapas do projeto estrutural podem ser resumidas em três etapas.

- (a) Projeto preliminar ou básico, onde o sistema estrutural, os materiais a serem utilizados e o sistema estrutural não são definidos;
- (b) Dimensionamento ou cálculo estático, uma etapa na qual as dimensões dos elementos estruturais e suas proporções são determinadas para garantir a segurança e o funcionamento adequado da estrutura;
- (c) projeto detalhado, que consiste na preparação de desenhos detalhados da estrutura, incluindo os dados técnicos de todos os seus componentes.

De acordo com os mesmos autores, além da análise estrutural e do conhecimento da resistência dos materiais, uma série de regras e recomendações relacionadas a esses fatores são aplicadas na fase de projeto e detalhamento:

- a) Critérios de inspeção de segurança;
- (b) normas de teste para determinar os valores-limite das propriedades dos materiais e das propriedades mecânicas;
- (c) determinação do nível de tensão que representa as condições mais desfavoráveis;
- (d) limites de resistência a falhas;
- (e) regras de projeto, etc.

Todos os aspectos de projeto (regras e especificações) são definidos nas normas relevantes, que são documentos oficiais.

Cargas sobre a estrutura - A NBR 8800:2008 define três tipos de atividades que podem afetar significativamente a capacidade de serviço de uma estrutura e o estado limite de capacidade de serviço. Os efeitos sobre a estrutura são permanentes, variáveis e anormais.

Ações fixas - Segundo a NBR 8800:2008, os efeitos fixos são aqueles efeitos cujos valores permanecem substancialmente inalterados durante toda a vida útil da estrutura. Estão divididos em dois tipos: a) efeitos diretos permanentes: estes são representados pela massa vazia da estrutura e dos membros fixos da estrutura; b) efeitos indiretos permanentes: estes são representados por deformações devido à retração do concreto, movimento dos suportes e irregularidades geométricas.

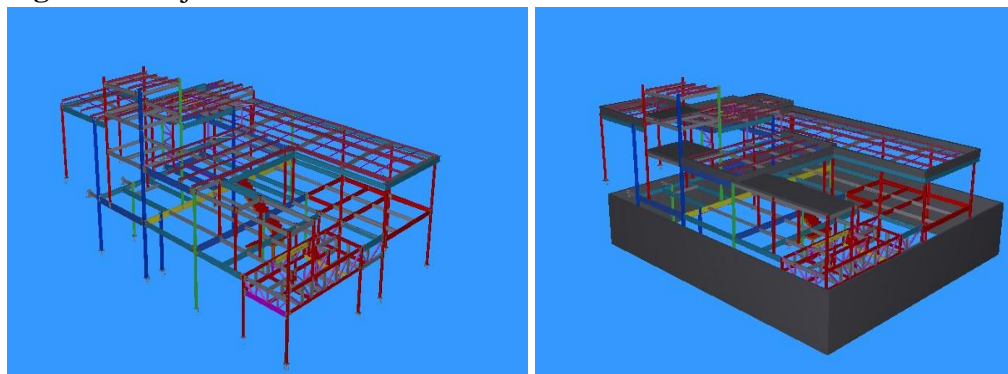
Medidas variáveis - A NBR 8800:2008 define efeitos variáveis como aqueles que envolvem mudanças significativas durante a vida útil da estrutura, tais como piso e teto, equipamentos, divisórias, móveis, efeitos do vento e mudanças de temperatura.

Medidas de emergência - Na NBR 8800:2008, as emergências são descritas como eventos de muito curta duração com uma probabilidade muito baixa de ocorrência durante a vida do edifício, tais como explosões, acidentes de trânsito, incêndios, enchentes e terremotos extraordinários.

#### 4 RESULTADO E DISCUSSÃO

Os seguintes resultados e discussões são referentes ao projeto estrutural metálico de uma edificação residencial na cidade de Lavras MG. A Figura 1 mostra o projeto arquitetônico da estrutura.

**Figura 1.** Projeto de Estrutura Metálica 3D



Fonte: Inovacon construções inteligentes

O edifício tem as seguintes características:

- Residência de grande porte;
- Localizado em um terreno de desnível em Lavras, MG;
- Dimensões gerais: comprimento 25,0m, largura 21,0m, altura 9,0m;

O projeto arquitetônico tem 3,0 m de elevação no andar térreo do edifício. A fim de melhor observar as cargas que atuam sobre a estrutura e compreender o efeito positivo da análise a seguir, este pequeno desnível não foi levado em conta, mas a altura da estrutura foi adotada como uma constante, medida desde o piso térreo até a parte superior da laje.

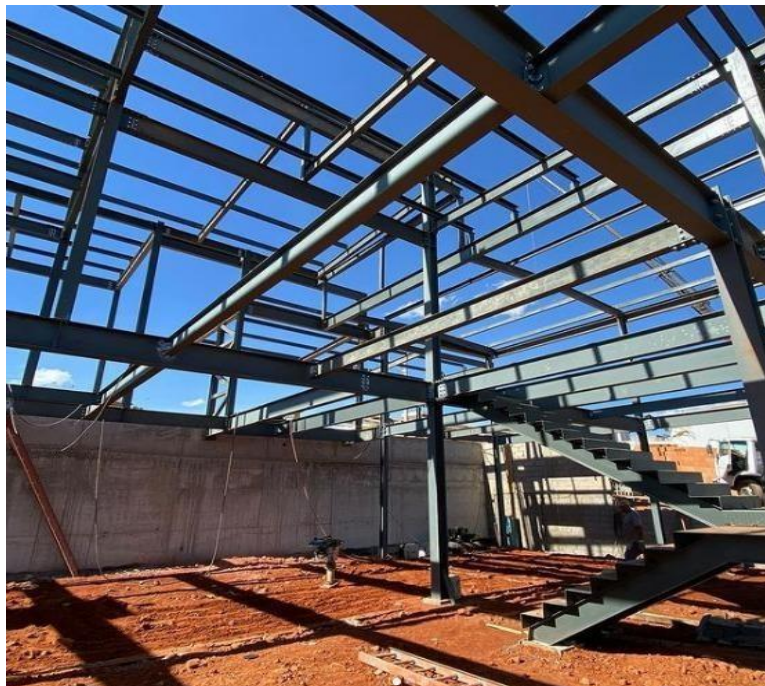
O sistema estrutural é mostrado nas Figuras 2 e 3, com um espaçamento de 5,0m entre as estruturas que suportam o andar intermediário e 6,0m para o segundo vão. Toda estrutura mostrada nas Figuras 2 e 3 levou 33 dias para ficar pronto, uma redução de 40% do tempo caso a estrutura fosse em concreto armado.

**Figura 2.** Estrutura Metálica



**Fonte:** Autor

**Figura 3.** Estrutura Metálica



**Fonte:** Autor

Os telhados são dimensionados separadamente. É considerada como uma viga única com um comprimento de 6m, correspondente à distância máxima entre as armações, espaçada 1,15m e com suporte intermediário para suportes laterais.

A definição do sistema estrutural começa com uma análise do projeto arquitetônico. Este memorando identifica as características que requerem a seleção do sistema e os componentes que compõem o projeto estrutural. Estes incluem:

- Dimensões do edifício;
- Telhado;
- As dimensões do edifício;
- Aberturas: portas e janelas;
- Normas a serem cumpridas;
- Tipos de materiais utilizados no trabalho.

Esta informação é utilizada para definir o sistema de construção. Nesta fase, são definidos os tipos, características e localização dos elementos que compõem a estrutura: colunas, vigas, vigas de teto, treliças e outros. O sistema estrutural é implementado utilizando o software RFEM 5.07.

As disposições da NBR 8800:2008, cláusula 4.7 devem ser aplicadas às intervenções estruturais. As cargas permanentes representam o peso da própria estrutura e de seus

elementos associados. A massa da própria estrutura é calculada automaticamente usando RFEM 5.07. As cargas sobre os elementos associados à estrutura são determinadas com base nos valores de gravidade específica aparente propostos na ABNT NBR 6120:1980. Telhado (lajes, asnas e suportes): 0,25 kN/m<sup>2</sup>; espaçadores de 12 cm (concreto armado): 3,00 kN/m<sup>2</sup>.

As cargas variáveis sobre a estrutura são aquelas impostas pelos ocupantes e as cargas de vento, que são analisadas em um tópico separado. As cargas ocupantes são classificadas e seu valor é proposto na NBR 6120. É: - Cargas calculadas para edifícios residenciais: 2,00 kN/m<sup>2</sup>.

O uso do aço na engenharia civil, em estruturas metálicas, nesse empreendimento mostrou a eficiência deste modelo estrutural apesar da desvantagem econômica em relação às estruturas de concreto armado. Com o uso de estruturas metálicas, este projeto se tornou mais sofisticado, e pode atender às possibilidades arquitetônicas que foram estabelecidas pelo na elaboração do projeto podendo ser explorado seu grande potencial em termos de design e ousadia arquitetônica.

As técnicas de construção foram mais extensas, os espaços puderam ser maiores, abrangentes e as necessidades do cliente pode ser melhor atendidas. Com a crescente consciência ambiental, com a pressão constante dos movimentos ambientais e também com mais exigências de certificação florestal, as estruturas metálicas têm tudo para ganhar um lugar nos projetos de construção e arquitetura, nas preferências dos clientes e no campo da proteção ambiental.

As estruturas metálicas nesse empreendimento não só substituíram as estruturas convencionais de madeira e concreto com vantagens, elas trouxeram leveza arquitetônica e redução de tempo na execução do projeto.

## **5 CONCLUSÃO**

Tendo em vista o aspecto arquitetônico das construções modernas, conclui-se que o uso da estrutura metálica na construção civil proporciona rapidez e possibilidade de vencer grandes vãos, sendo assim um excelente método construtivo para ser executado em construções habitacionais unifamiliares de grande porte.

O uso de estruturas de aço permite ao projetista ser produtivo e obter resultados confiáveis tanto quanto a construção em concreto armado. O tempo de conclusão do projeto

estrutural também foi revisto. Como as estruturas metálicas não estavam dependentes de fatores climáticos tanto na edificação da fundação quanto na fase de construção, as estruturas metálicas levaram 40% menos tempo para serem concluídas, de acordo com o gerente responsável da empresa.

O tempo de construção desta mesma estrutura caso fosse feita em concreto armado seria maior do que a estrutura de aço, pois pode ser constatado que o tempo de construção usando estruturas metálicas é menos, enquanto que a construção da estrutura de concreto armado por si só levaria mais tempo em decorrência de todo o trabalho que deve ser feito levando em consideração a montagem da estrutura, estruturação de fôrma, de cura do concreto e desforma. A mencionada obra, foi construída em estrutura metálica e levou 33 dias para sua estruturação, pode-se ver que se a estrutura tiver que ser construída em um curto espaço de tempo, o uso de estruturas metálicas deve ser a prioridade.

Assim, ao definir qual tipo de estrutura adotar, deve-se analisar a obra como um todo, buscando considerar o tempo, pois a estrutura metálica proporciona rapidez e consegue-se cobrir grandes vãos facilitando e aumentando a produtividade do projetista e dos construtores.

## **METALLIC STRUCTURES IN SINGLE-FAMILY RESIDENCES OF HIGH STANDARD**

### **ABSTRACT**

This paper analyzes the use of steel structures in single-family high-end residential buildings. Such an approach is justified since the use of this structural form in Brazil is still recent and little used. The objective of this study is to analyze, through the practical study of a high standard residential building, the viability of steel structures in civil construction. This intent was achieved through a bibliographic study for a better understanding of the metallic structural system and a case study carried out in a high standard construction in the city of Lavras, MG. The analysis proved the effectiveness in terms of execution time and process optimization. Thus, it was emphasized that the execution time between the construction methods and their respective purposes has relevance with respect to the schedule of execution of the work and project costs.

**Palavras-chave:** Metallic Structures; Construction; Reinforced Concrete.



## REFERÊNCIAS

ALVES, E. C.; PAIXÃO, J. F. M.. **Análise da estabilidade global em edifícios altos**. Espírito Santo: Jornal Eletrônico da Civil Engenharia, 2016.

BOTELHO, M. H. C.; MARCHETTI, O... **Concreto armado**. 6 ed. São Paulo: Blucher, 2010.

BRAUN, Lara; PENTEADO, Silvia. **Arquitetura e construção de grandes obras**. São Paulo: R9 Editora Ltda, 2004. 176p.

CASTRO, Betina Guimarães dos Santos. **Utilização das Estruturas Metálicas em Edificações Residenciais Unifamiliares**. Dissertação apresentada ao Programa de Pós-graduação Universidade Federal de Ouro Preto – MG, 2005.

CORTEZ, L. A. R... **Uso de estruturas de aço no Brasil**. Monografia (Bacharelado em Engenharia Civil, Ciências Exatas e Tecnologia) - Universidade Federal de Alagoas, Maceió, 2017.

HERMSDORFF, Mariana Martins de C. **A Estrutura metálica como solução para a habitação de interesse social: uma avaliação pós-ocupação do Conjunto Habitacional Oswald Barbosa Penna II - Nova Lima MG**. Dissertação de Mestrado – UFOP – Ouro Preto - MG, 2005.

KIMURA, A. **Informática aplicada ao concreto armado estruturas: cálculos de construção usando sistemas computadorizados**. São Paulo: PINI, 2007.

PINHEIRO, Antônio Carlos da Fonseca Bragança. **Estruturas metálicas - cálculos, detalhes, exercícios e projeto**. 2. ed. São Paulo: Edgard Blucher, 2008.

REZENDE, Marco Antônio P.. Inovação tecnológica nas edificações e a introdução da estrutura metálica em Minas Gerais. 2002. 226f. Tese (Doutorado) - Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2002.

SCHLICHTING, Willyan Lima. **A Relevância do Uso de Estruturas de Aço em Obras Habitacionais Populares**. Trabalho de Conclusão de Curso, Universidade de Santa Catarina. Tubarão SC, 2018.

VARELA, M. Curso de Estruturas Metálicas. IF - Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte, 2016. Disponível em: <<https://docente.ifrn.edu.br/marciovarela/disciplinas/estruturas-metalica-e-madeira/estruturametalica/modulo-tracao-apresentacao-apostila>>. Acesso em: 27 de out. 2021.