

**UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ
DEPARTAMENTO ACADÊMICO DE CONSTRUÇÃO CIVIL
ESPECIALIZAÇÃO EM GERENCIAMENTO DE OBRAS**

JORDANO BUSANELLO

**ESTUDO DE COMPARATIVO ENTRE ESTRUTURA DE CONCRETO
ARMADO E ESTRUTURA METÁLICA MISTA NA CONSTRUÇÃO DE
EDIFÍCIO COMERCIAL**

MONOGRAFIA DE ESPECIALIZAÇÃO

CURITIBA

2019

JORDANO BUSANELLO

**ESTUDO DE COMPARATIVO ENTRE ESTRUTURA DE CONCRETO
ARMADO E ESTRUTURA METÁLICA MISTA NA CONSTRUÇÃO DE
EDIFÍCIO COMERCIAL**

Monografia apresentada para obtenção do título de Especialista no
Curso de Pós-Graduação em Gerenciamento de Obras, Departamento
Acadêmico de Construção Civil, Universidade Tecnológica Federal do
Paraná, UTFPR.

Orientador: Prof. Dr. Adalberto Matoski

CURITIBA
2019

JORDANO BUSANELLO

**ESTUDO DE COMPARATIVO ENTRE ESTRUTURA DE CONCRETO
ARMADO E ESTRUTURA METÁLICA MISTA NA CONSTRUÇÃO DE
EDIFÍCIO COMERCIAL**

Monografia aprovada como requisito parcial para obtenção do título de Especialista no Curso de Pós-Graduação em Gerenciamento de Obras, Universidade Tecnológica Federal do Paraná – UTFPR, pela comissão formada pelos professores:

Banca:

Prof. Dr. Adalberto Matoski (orientador)

Departamento Acadêmico de Construção Civil, UTFPR – Câmpus Curitiba.

Prof. Dr. Cezar Augusto Romano

Departamento Acadêmico de Construção Civil, UTFPR – Câmpus Curitiba

Prof. M. Eng. Massayuki Mário Hara

Departamento Acadêmico de Construção Civil, UTFPR – Câmpus Curitiba.

Curitiba

2019

“O termo de aprovação assinado encontra-se na Coordenação do Curso”

AGRADECIMENTOS

Primeiramente, gostaríamos de agradecer àquele que sempre esteve junto em nosso pensamento tornando esperança em fé e sonhos em realidade: à Deus.

Em especial à Gabriela Sprada da Mota Busanello, pela presença e constante motivação para a realização deste trabalho.

RESUMO

Este estudo visa analisar um comparativo entre duas obras comerciais executadas com sistemas construtivos diferentes para a concepção de sua estrutura, sendo a primeira obra executada em estrutura de concreto armado e a segunda obra executada em estrutura metálica com lajes em steel deck. O comparativo analisado da estrutura é referente a ganhos e perdas dos sistemas em relação a prazos e custos, apresentando ainda suas particularidades, verificadas durante o acompanhamento da execução, além disto, expõe relações e simula as obras em sistemas estruturais diferentes para verificar a escolha do sistema. O resultado encontrado apresentou uma execução mais rápida, em dias trabalhados, na execução da estrutura metálica mista por metro quadrado de construção em relação a estrutura de concreto armado. Quanto ao custo para execução em concreto armado apresentou-se mais viável, ou seja, o metro quadrado de construção com um valor mais baixo. Também pode-se afirmar que a estrutura metálica trouxe pontos positivos em relação a racionalização de processos, redução de efetivo no canteiro de obra e desperdício. Por fim, este trabalho contribui para a compreensão e decisão de escolha para sistemas estruturais em edifícios comerciais.

Palavras Chave: concreto armado, estrutura mista, comparativo;

ABSTRACT

This study aims to analyze a comparison between two commercial works performed with different building systems for the design of its structure, the first work being made of reinforced concrete structure and the second work being made of steel structure with steel deck slabs. The comparative analysis of the structure refers to the gains and losses of the systems in relation to time and costs, presenting its particularities, verified during the execution monitoring, besides, it exposes relationships and simulates the works in different structural systems to verify the choice of the system. The result showed a faster execution, in days worked, in the execution of the mixed metal structure per square meter of construction in relation to the reinforced concrete structure. As for the cost for execution in reinforced concrete it was more viable, that is, the square meter of construction with a lower value. It can also be said that the metallic structure brought positive points in relation to the rationalization of processes, reduction of workforce and waste. Finally, this work contributes to the understanding and decision of choice for structural systems in commercial buildings.

Keywords: reinforced concrete, mixed structure, comparative;

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	8
1.1 OBJETIVO.....	8
1.1.1 OBJETIVO GERAL	8
1.1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	8
1.2 JUSTIFICATIVA	9
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	10
2.1 ESTRUTURA DE UM EDIFÍCIO.....	10
2.2 ESTRUTURA METÁLICA MISTA.....	11
2.3 ESTRUTURA CONCRETO ARMADO.....	14
3. METODOLOGIA.....	16
3.1 FLUXOGRAMA.....	16
3.2 ETAPAS DO TRABALHO	16
4. ANÁLISE E CÁLCULOS DOS RESULTADOS.....	18
4.1.1 DADOS COLETADOS E CÁLCULOS	18
4.1.2 ANÁLISE DOS RESULTADOS	24
5. CONCLUSÕES	26
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	27

1. INTRODUÇÃO

Percebe-se que nos últimos anos a adesão às estruturas mistas pela construção civil brasileira é notável. A necessidade de racionalizar recursos, reduzir prazo e enxugar o efetivo no canteiro de obra é cada vez mais necessário em um cenário e mercado competitivo. A busca por soluções, tecnologias e sistemas construtivos que possibilitem essas vantagens é o desafio encontrado no mercado da construção civil, entretanto é preciso analisar com cuidado cada projeto em si para a melhor escolha do sistema estrutural, seja ele em concreto armado ou estrutura mista, visando qual atende melhor os benefícios pretendidos com o projeto.

Este estudo elaborado apresenta primeiramente um pequeno entendimento sobre a concepção de estruturas propostas, concreto armado e estrutura metálica mista, bem como análise dos dados coletados de cada sistema. Na metodologia é possível verificar o comparativo entre os sistemas, e por fim, compreender os resultados na análise apresentadas dos ganhos e perdas de cada sistema para uma decisão de escolha.

1.1 OBJETIVO

1.1.1 OBJETIVO GERAL

O objetivo deste estudo é comparar a execução da supraestrutura de edifício comercial concebido em estrutura de concreto armado com outro concebido parcialmente em concreto armado e estrutura metálica mista.

1.1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Têm-se como objetivos específicos, ou atividades:

- Coletar dados e parâmetros de execução, como prazo, volume de mão de obra empregada, custos diretos e indiretos;
- Apresentar particularidades positivas e negativas do sistema proposto;
- Comparar custo e prazo dos sistemas construtivos de estrutura de concreto armado e estrutura metálica mista;

1.2 JUSTIFICATIVA

Este estudo visa facilitar o entendimento da escolha do sistema estrutural proposto para um projeto de edifício comercial, através do comparativo de custos e prazos dos sistemas, bem como, particularidades positivas e negativas de cada sistema. Em função de um mercado da construção cada vez mais solícito a novas tecnologias que procuram a racionalização de serviços, mão de obra e insumos no canteiro de obra, a possibilidade de escolha de sistemas estruturais traz ao projeto mais confiabilidade na construção para atendimento de outros itens pretendidos para o sucesso do projeto, sejam eles arquitetônicos, agilidades, reduções de custos e prazos, reciclabilidade e qualidade na opção escolhida.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Com a exigência do mercado da construção civil por uma maior produtividade e também a buscas de novas tecnologias, o setor caminha rumo ao processo de industrialização e também a sistemas construtivos mais eficazes. Métodos mais tradicionais demonstram uma sustentabilidade, produção e qualidade muito menor se comparados com novos sistemas mais industrializados. A busca para encontrar o sistema construtivo mais eficiente para cada edificação, deve-se levar em conta as condições desejadas pela arquitetura e também o desempenho de cada edificação, atrelada também a mão de obra disponível na região, bem como o objetivo e funcionalidade da edificação, pois cada sistema existente possui suas particularidades que podem trazer tantos ganhos como perdas expressivas no desempenho de produtividade, prazos e custos. O ideal é conhecer a fundo cada sistema para melhor escolha para cada projeto (PEREIRA, 2018).

O engenheiro ao planejar e desenvolver seu projeto de estrutura deve obter todas as informações da arquitetura para estudar as diferentes possíveis soluções, levando em consideração o processo construtivo (materiais e grau de dificuldade) e viabilidade econômica. A competitividade de um sistema estrutural está diretamente influenciada das características próprias de cada sistema em conjunto com uma configuração correta do método construtivo, verificando e adotando as escolhas certas para o melhor desempenho do método construtivo na obra em análise (PINHO, 2008).

2.1 ESTRUTURA DE UM EDIFÍCIO

Os sistemas estruturais podem ser definidos como elementos projetados e construídos de conjuntos estáveis, visando garantir suporte como um todo na transmissão correta e segura das cargas consideradas e projetadas para agir de na transmissão de cargas aplicadas ao solo. O conceito estrutural de edificios consiste na união de todos os elementos estruturais que trabalham para resistir aos esforços e garantir estabilidade (BARCELAR DE CASTRO, 2012).

A função da estrutura é transmitir ao solo, as cargas da edificação, composta pelo peso próprio, cobertura, vedações e revestimentos, etc. Os elementos que compõem a estrutura são os pilares, vigas e lajes, podendo serem fabricados em concreto, aço ou madeira. O uso de concreto é o mais utilizado no Brasil.

2.2 ESTRUTURA METÁLICA MISTA

Para considerar um sistema misto de aço concreto, é necessário um perfil de aço seja ele, laminado, dobrado ou soldado trabalha em conjunto com o concreto, formando apenas um elemento estrutural misto seja pilar, viga ou laje. A junção entre esses dois elementos, concreto e o perfil de aço pode se dar por meios mecânicos (conectores, mossas, ressaltos etc), por atrito, ou em alguns casos, por simples aderência e repartição de cargas. Os sistemas mistos compostos elementos mistos explicados anteriormente são normalmente empregados na construção de pontos e edificações. (Queiroz, 2001).

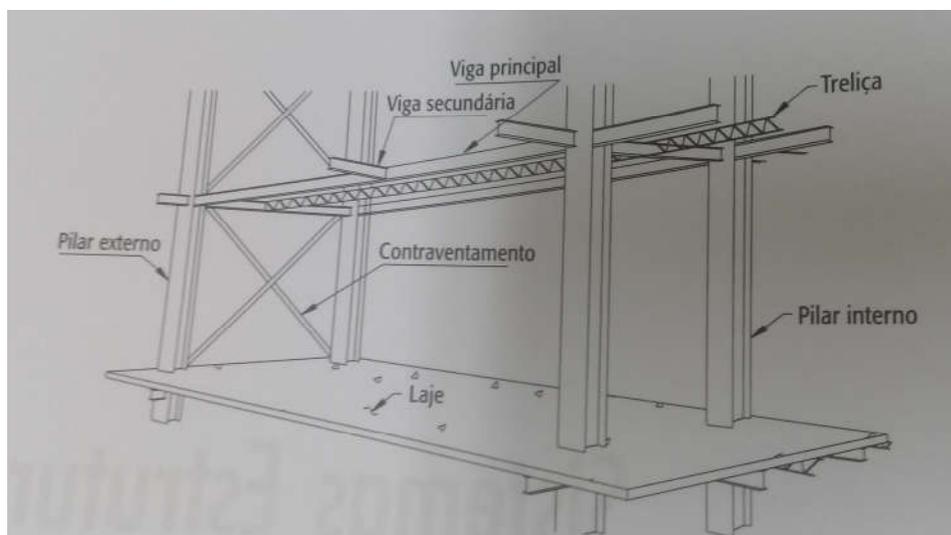


Figura 1 – Concepção estrutura metálica

Fonte: BELLEI (2008).

A utilização de núcleos de concreto armado, conforme figura 2 podem ser convenientemente usadas em regiões que facilitem para sistema de estabilidade e para resistir

a forças horizontais da edificação, em por exemplos escadas de acesso ou emergência ou em caixas de elevadores. O núcleo de concreto tem sua execução antes da estrutura metálica, pois durante este processo a mesma em fabricação na indústria. É muito importante o núcleo estar pronto ou parte liberada para início e fixação da metálica. Para ligação da parede do núcleo e vigas de aço, vários modelos têm sido desenvolvidos e utilizados, mas normalmente o mais usual é colocação de chapa embutida dentro da forma e concretada durante a etapa de lançamento de concreto, conforme figura 3, presa por conectores (BELLEI, 2008).

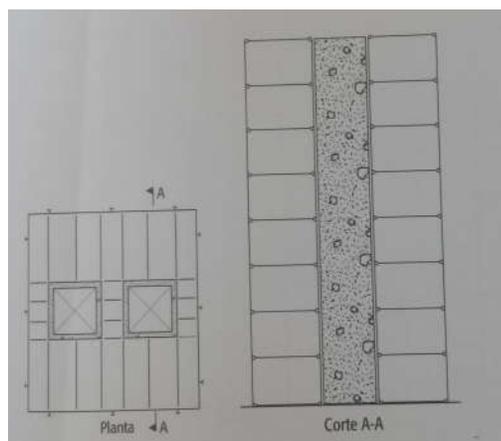


Figura 2 – Núcleo de concreto em uma estrutura metálica

Fonte: BELLEI (2008)

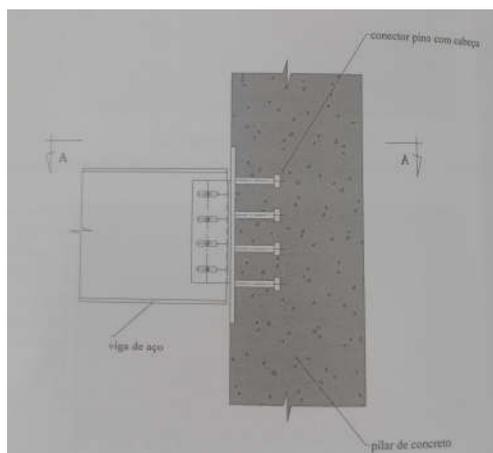


Figura 3 – Ligação de viga metálica em pilar de concreto armado

Fonte: QUEIROZ (2001)

Existem diferentes tipos de lajes a serem utilizadas no sistema construtivo metálico, entre eles pré-moldada, moldada no local ou até mesmo steel deck, na qual é mais utilizada para edifícios comerciais devido a vãos maiores, pois servem de apoio para plataforma de trabalho, não necessita de forma de madeira para lançamento do concreto da capa de revestimento e em geral também não necessitam de escoramento durante a concretagem, dependendo do vão livre do steel deck especificado em projeto (PINHO, 2008)

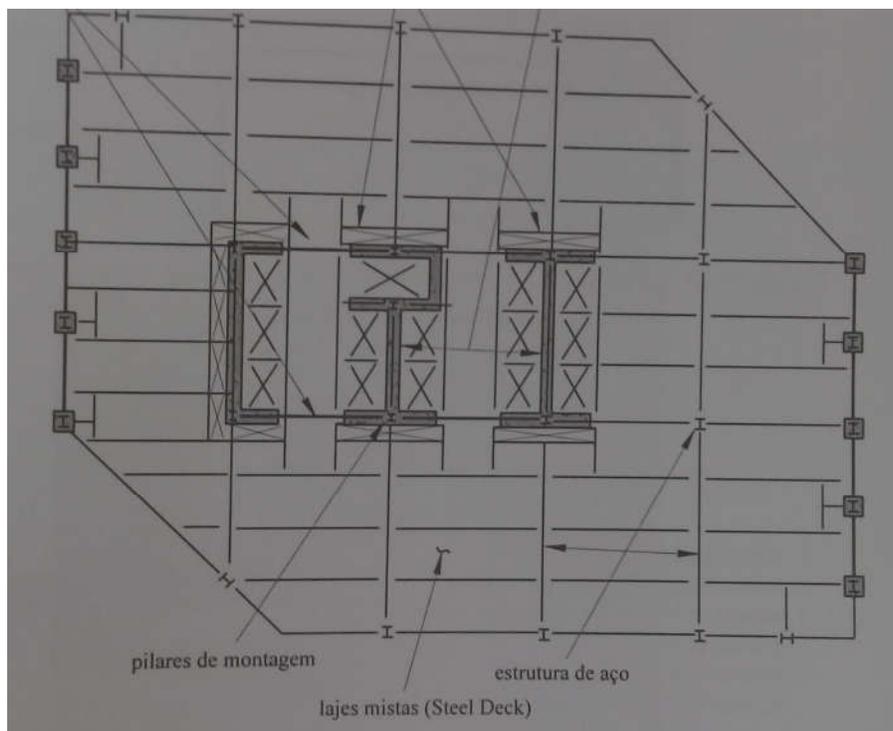


Figura 4 –Projeto de laje em estrutura metálica indicando lajes mistas steel deck

Fonte: QUEIROZ (2001)

Como a estrutura metálica é toda composta de elementos pré-fabricados em indústria e enviados a obra de forma organizada a montagem pode ser executada com grande rapidez, pois normalmente é auxiliada por equipamentos como grua ou guindaste, o que permite um prazo mais curto para execução de toda a construção, e conseqüentemente uma antecipação na amortização do capital investido, devido a finalização da obra antecipada gerando retorno ao investimento, seja para entrega para o cliente ou locação do espaço. Entretanto, é necessário um espaço maior no canteiro de obra para recebimento deste material junto com o

equipamento de descarga e montagem. Outro item bastante importante é a racionalização da mão de obra no campo, pois o serviço a ser realizado é mais industrial, apenas de montagem. A maior parte dos serviços é executada nas fábricas, em um processo de produção contínuo, com utilização racional da mão de obra e com desperdício muito mais controlável. Devido a esta questão, o material enviado a obra pode ser, ou melhor, deve ser de acordo com a montagem, de uma forma organizada, que facilite a logística e agilize a montagem. Isso faz com o canteiro de obra, ganhe espaço, devido também à retirada de depósitos de cimento e agregados, formas e andaimes, e demais insumos que não são utilizados neste sistema. Quanto à sustentabilidade é possível a redução de consumo de água e energia (AÇOMINAS, 1979).

2.3 ESTRUTURA CONCRETO ARMADO

Define-se como concreto armado a associação de concreto mais aço. Para a utilização estrutural o concreto sozinho não é adequado como elemento resistente, pois possui uma boa resistência à compressão e pouca a tração. O aço é o material utilizado para aumentar a resistência do concreto em relação à tração. É possível os dois materiais trabalharem juntos devido à aderência entre a superfície do concreto e do aço. Portanto pode-se definir que o concreto armado é obtido por meio da associação do concreto mais a armadura inserida dentro do mesmo para que trabalhem juntos em relação a esforços solicitados (CARVALHO, 2014).

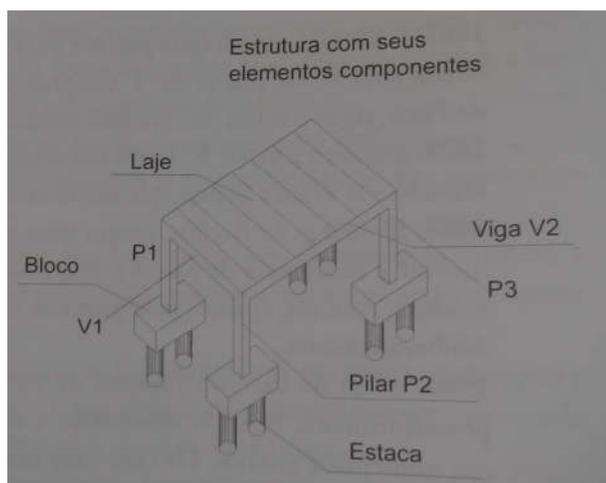


Figura 5 – Elementos estruturais em concreto armado

Fonte: ROCHA (1985)

O modo como são arranjados pode ser chamado de sistema estrutural. O processo de produção da mesma pode ser variado, mas na grande maioria de edifícios, devido ao peso elevado do concreto armado é confeccionado em pequenas partes para concretagem, depositando o concreto nas formas com armaduras e escoramento já posicionados. O material concreto precisa ter uma consistência, trabalhabilidade, homogeneidade e adensamento adequado, pois após o início de seu tempo de endurecimento, chamado de “pega” não se permite a sua trabalhabilidade (CARVALHO, 2001).

Como todo material na construção civil utilizado em obra, o concreto armado para edificações possui algumas particularidades nas suas vantagens e desvantagens para uso estrutural. Para as vantagens, o material pode se adaptar a várias formas, apresentando, portanto, boa trabalhabilidade, também pode-se comentar a boa resistência do material. Outra vantagem considerável é que as técnicas construtivas são dominadas em praticamente todo o país, além da competição em termos econômicos com o aço, devido ao mercado destes materiais serem amplos e muito competitivo. Entretanto, para as desvantagens é possível citar a necessidade do uso de formas e escoramentos na maioria dos projetos que acabam elevando o desperdício da obra ou aumento o custo devido a indenizações de material locado, exceto pré-moldados, e também quanto a adaptações e reformas, no qual são de alto impacto na trabalhabilidade e custo, ou seja, após a execução não é um material fácil de trabalhar. (RUSCHEL, 1974).

A estrutura de concreto armado deve ser estável, sem deformações excessivas e segura, garantindo que todas as solicitações submetidas na sua utilização e, para isso o cálculo é fundamental. Em outras palavras a finalidade do cálculo estrutural é garantir, com segurança adequada, que a estrutura mantenha certas características que possibilitem a utilização satisfatória da construção, durante sua vida útil, mas que também atendem as solicitações da arquitetura, entre elas, alturas, pé direito, área construídas e detalhes arquitetônicos necessários para a concepção total do projeto (ROCHA, 1985).

3. METODOLOGIA

Estabelecer um comparativo de custos e prazos, bem como acompanhamento da execução dos sistemas estruturais para observar e verificar bem itens positivos e negativos dos processos de construção. A pesquisa consiste em monitorar a execução destes sistemas, afim coletar dados de custos, bem como sua duração.

3.1 FLUXOGRAMA



Figura 5 – Fluxograma

Fonte: Elaborada pelo autor (2019)

3.2 ETAPAS DO TRABALHO

Acompanhamento da obra: O aluno pós-graduando é colaborador da construtora e nestes casos trabalhou diretamente no canteiro de obras desses dois projetos, portanto acompanhou a execução destes dois sistemas propostos bem como suas dificuldades e facilidades de execução, bem como situações pertinentes necessárias e verificadas para execução do serviço.

Coleta de dados: Receber autorização da construtora para uso de dados de suas obras e expor em trabalho acadêmico. Recolhimento de dados numéricos, tais como todos os gastos diretos e indiretos com mão de obra e material até a finalização do sistema proposto, tais como: forma, aço, concreto e escoramento.

Organização e análise dos dados e cálculos: Com os dados coletados, a análise é feita para comparar os sistemas executivos de forma que, o comparativo seja igualitário em cada sistema a fim de evitar distorções de inclusão de custos. Também foram analisados

alguns custos que foram desprezados devido ao baixo valor. Os dados utilizados referem-se somente a estrutura das construções.

Resultados: Os resultados dos cálculos efetuados apresentam em comparativo de custos para as opções propostas, entretanto para efeito de comparativo de viabilidade dos sistemas é necessário a avaliação dos demais resultados dos itens indiretos também apresentados.

4. ANÁLISE E CÁLCULOS DOS RESULTADOS

4.1.1 DADOS COLETADOS E CÁLCULOS

Dados coletados da obra 1, executada em estrutura de concreto armado:

- Obra comercial composta por 13 pavimentos e Área construída: 10.931,57 m² contratada em janeiro/2016. Custo total obra: R\$ 28.768.898,85 reais. Tempo: 33 meses; Estrutura em 100% de concreto armado;

Dados coletados durante a execução da obra 1, referente ao prazo em dias da duração do serviço de estrutura de concreto. Foram coletados somente dias trabalhados (úteis). O dia da concretagem demarca o final do andar, bem como o próximo dia, o início do próximo pavimento, apresentados na tabela 1:

Tabela 1 – Prazo de execução obra 1

Prazo Execução de estrutura	
Pavimento	Prazo (dias)
Subsolo 1	19
Térreo	24
2º Pavimento	26
3º Pavimento	11
4º Pavimento	9
5º Pavimento – Tipo	8
6º Pavimento – Tipo	8
7º Pavimento – Tipo	8
8º Pavimento – Tipo	8
9º Pavimento – Tipo	8
10º Pavimento – Tipo	8
11º Pavimento – Tipo	8
12º Pavimento – Tipo	8
13º Pavimento	16
Barrilete + Cobertura	24
Total:	193

Fonte: Elaborada pelo autor (2019)

Dados coletados durante o acompanhamento da estrutura de concreto armado da obra 1, referente aos gastos na compra de insumos de materiais, bem como também as contratações de mão de obra para execução do serviço, apresentados na tabela 2:

Tabela 2 – Custos para estrutura da obra 1.

Custos para Estrutura	
Item	Custo
Concreto usinado bombeado	R\$ 699.136,45
Armadura	R\$ 1.190.992,88
Forma convencional	R\$ 518.741,32
Mão de obra	R\$ 797.021,52
Escoramento	R\$ 161.325,00
Total	R\$ 3.367.217,17

Fonte: Elaborada pelo autor (2019)

Para uma verificação de comparativo de valores será necessária correção monetária do custo da obra 1 para comparação com a obra 2. Atualização dos valores de janeiro de 2016 obra 1 para outubro de 2018 da obra 2:

Tabela 3 – CUBPR

Mês/Ano	CUB / PR
Jan/16	1307,43
Out/18	1506,96

Fonte: SINDUSCON/PR

Calculando o reajuste mês a mês entre janeiro/2016 a outubro/2018 temos o valor de 14,32% para correção do custo. Atualização do valor da obra 1 em função do CUB/PR com uma correção de 14,32% apresentada pelo índice durante o período proposto, conforme tabela 4:

Tabela 4 – Correção custo obra 1

Correção custo obra 1	
Valor Obra 1	R\$ 3.367.217,17
Correção CUB	14,32%
Total	R\$ 3.849.402,67

Fonte: Elaborada pelo autor (2019)

Demais itens observados e coletados durante a fase de estrutura:

- Trabalho muito operacional de execução de formas e montagem de armaduras;
- Efetivo de 24 funcionários (carpinteiros, armadores e serventes);
- Qualidade indesejada em pontos específicos evidenciados em aberturas de formas, gerando retrabalho;
- Geração de entulho de madeira (restos de forma) durante o processo de execução; Perda de material;
- Erro em níveis de escada gerando retrabalho para ajustes;
- Entrada do serviço adjacente somente após a retirada de escoramento das lajes e vigas. Neste projeto em torno de 28 dias após a concretagem;

Dados coletados da obra 2 – Estrutura parcialmente em concreto armado e parcialmente em estrutura metálica com utilização de steel deck:

- Obra comercial composta por 11 pavimentos e Área construída: 7268,00 m² contratada em outubro de 2018. Custo total obra: R\$ 15.875.171,03. Tempo: 15 meses;
- Estrutura até o pavimento Térreo em concreto armado;
- Estrutura do 2º pavimento até cobertura em estrutura metálica com lajes mistas em steel deck;

Dados coletados durante a execução da obra 2, referente ao prazo em dias da duração do serviço de estrutura mista. Foram coletados somente dias trabalhados (úteis). O dia da concretagem sob o steel deck demarca o final do andar, bem como o próximo dia, o início do próximo pavimento, apresentados na tabela 5:

Tabela 5 – Prazo de execução obra 2

Prazo Execução de estrutura mista	
Pavimento	Prazo (dias)
Subsolo 3 - Concreto armado	15
Subsolo 2 - Concreto armado	11
Subsolo 1 / Térreo - Concreto armado	11
Mezanino - Concreto Armado	10
2º Pavimento – Metálico	15
3º Pavimento – Metálico	12
4º Pavimento – Metálico	12
5º Pavimento – Metálico	15
6º Pavimento – Metálico	12
Barrilete + Cobertura – Metálico	14
Total:	127

Fonte: Elaborada pelo autor (2019)

Dados coletados durante o acompanhamento da estrutura de concreto armado da obra 2, referente aos gastos na compra de insumos de materiais, bem como também as contratações de mão de obra para execução do serviço, apresentados na tabela 6. O item estrutura metálica compõe toda a matéria prima, industrialização e montagem da estrutura metálica.

Tabela 6 – Custos para estrutura da obra 2

Custos para estrutura – Sistema Misto	
Item	Custo
Concreto usinado bombeado	R\$ 181.870,38
Armadura	R\$ 269.384,35
Forma convencional	R\$ 98.011,20
Mão de obra	R\$ 290.175,56
Escoramento - concreto armado	R\$ 25.000,00
Estrutura Metálica	R\$ 2.433.000,00
Concreto capa steel deck 30 Mpa	R\$ 122.895,46
Armadura steel deck	R\$ 100.066,73
Mão de obra - lançamento concreto	R\$ 11.506,79
Total	R\$ 3.531.910,47

Fonte: Elaborada pelo autor (2019)

Demais itens observados e coletados durante a fase de estrutura de concreto armado:

- Trabalho muito operacional de execução de formas e montagem de armaduras;
- Efetivo de 22 funcionários (carpinteiros, armadores e serventes);
- Qualidade indesejada em pontos específicos evidenciados em aberturas de formas, gerando retrabalho;
- Geração de entulho de madeira (restos de forma) durante o processo de execução;
- Entrada do serviço adjacente somente após a retirada de escoramento das lajes e vigas. Neste projeto em torno de 28 dias após a concretagem;

Demais itens durante a fase da estrutura metálica com lajes em steel deck:

- Racionalização de mão de obra;
- Rapidez na montagem;
- Sustentabilidade – sem perda no material devido a fabricação ocorrer em indústria;
- Espaço no canteiro para guindaste ou grua;
- Menos insumos no canteiro reduzindo controle e desperdício;
- Efetivo reduzido, em torno de 10 profissionais;
- Entrada do serviço adjacente logo após a concretagem devido a telha steel deck ser precisar de escoramento;

Com a verificação dos dados coletados é possível estabelecer alguns parâmetros:

Para a obra 1, com 10.931,57m², 193 dias de execução mais + 28 dias com escoramento nas lajes impedindo a entrada do próximo serviço, total de 223 dias e com o custo total de R\$ 3.849.402,67 reais:

- Custo de R\$ 352,13 reais / m² de construção;
- Execução de 49,46 m² / dia trabalhados;

Para a obra 2, com 7268,00m², 127 dias de execução e custo total de R\$ R\$ 3.531.910,47 reais:

- Custo de R\$ 485,95 reais / m² de construção;
- Execução de 57,22 m² / dia trabalhados;

Caso a obra 2 utilizasse o sistema de estrutura de concreto armado em toda a sua estrutura a alteração de prazo seria:

- $7268,00 \text{ m}^2 / 49,46 \text{ m}^2/\text{dia} = 146,94 \text{ dias}$

Caso a obra 2 utilizasse o sistema de estrutura de concreto armado em toda a sua estrutura a alteração de custo seria:

- $7268,00 \text{ m}^2 \times \text{R\$ } 352,13 / \text{m}^2 = \text{R\$ } 2.559.280,84 \text{ reais}$

Caso a obra 1 utilizasse parcialmente sua estrutura em concreto armado e parcialmente metálica mista em sua estrutura a alteração de prazo seria:

- $10.931,57\text{m}^2 \times 57,22 \text{ dia} / \text{m}^2 = 191 \text{ dias}$

Caso a obra 1 utilizasse o sistema de estrutura de concreto armado em toda a sua estrutura a alteração de custo seria:

- $\text{R\$ } 485,95 / \text{m}^2 \times 10.931,57\text{m}^2 = \text{R\$ } 5.312.196,44 \text{ reais,}$

4.1.2 ANÁLISE DOS RESULTADOS

Conforme tabela 7, indicando o comparativo dos custos apresentados é possível analisar o custo de cada sistema construtivo para a estrutura da obra indicadas, por metro quadrado. É possível observar uma diferença de 38,00 % de aumento da estrutura mista em relação ao método mais tradicional utilizado no país.

Tabela 7 – Comparativo custos

COMPARATIVO CUSTO R\$ / m ²		
OBRA 1	Concreto armado	R\$ 352,13
OBRA 2	Misto	R\$ 485,95

Fonte: Elaborada pelo autor (2019)

Conforme tabela 8, indicando o comparativo de prazos apresentados é possível analisar o custo de cada sistema construtivo para a estrutura da obra indicada, por metro quadrado. É possível observar uma diferença de 15,58% de produtividade, ou redução de prazo, para este serviço no canteiro de obra.

Tabela 8 – Comparativo prazo

COMPARATIVO PRAZO m ² / dia		
OBRA 1	Concreto armado	49,46
OBRA 2	Misto	57,22

Fonte: Elaborada pelo autor (2019)

Com estes dados é possível simular a utilizando do sistema construtivo da obra 1 na obra 2, e também da obra 2 na obra 1, obtendo as seguintes situações:

A obra 1 utilizando o método construtivo de estrutura mista apresentaria um aumento de custo em torno de R\$ 1.462.793,77 ou 5,08% do total da obra e uma redução de prazo de 30 dias trabalhados, ou 4,04 % do prazo da obra;

A obra 2 utilizando o método construtivo de estrutura de concreto armado apresentaria uma redução de custo de R\$ 972.629,63, ou 6,12% e um aumento de prazo de 19 dias trabalhados, ou 5,55% do prazo da obra;

Com o comparativo na tabela 9 é possível verificar que o serviço de estrutura mista possui mais benefícios diretos e indiretos do que o serviço de concreto armado.

Tabela 9 – Itens observados

COMPARATIVO		
Sistema	OBRA 1	OBRA 2
	Concreto Armado	Obra Mista
Sustentabilidade		X
Qualidade		X
Racionalização		X
Menor espaço no Canteiro	X	
Disponibilidade Mão de obra	X	

Fonte: Elaborada pelo autor (2019)

5. CONCLUSÕES

Com a realização das análises dos resultados apresentadas anteriormente pode-se concluir que os dois sistemas estruturais são viáveis para as obras em si, entretanto cabe destacar que a estrutura metálica mista apresentou um custo financeiro maior por metro quadrado de construção, tornando-se mais cara, porém a execução é mais rápida do que concreto armado, ou seja, produziu mais metro quadrado de área de construção por dia.

Cabe destacar-se também que simulando a obra 1 em sistema de estrutura metálica, ela apresenta uma eficiência menor do que a obra 2 simulada em concreto armado, ou seja, a obra 2 apresentou na simulação mais adequada, reduzindo um valor considerável e um ganho de prazo pequeno, podendo ser comportado pela obra. A obra 1 devido as suas particularidades arquitetônicas e de canteiro de obra do projeto teve seu prazo elevado em relação a obras comerciais, caso este prazo total da obra em um novo projeto possa ser melhorado, certamente o uso de estrutura mista melhoraria seu desempenho.

Conforme apresentado nos resultados obtidos, o uso de estrutura mista possui um melhor aproveitamento da mão de obra através da redução do número de profissionais no canteiro, racionalização de materiais, melhor qualidade devido aos materiais serem pré-fabricados na indústria vindo a obra somente para a montagem.

Cabe salientar que o conjunto de fatos apresentados e obtidos contribui para uma melhor escolha de métodos de sistemas estrutura para nos projetos, possibilitando a busca, de inovações que industrializem o canteiro de obra, na expectativa de racionalização de mão de obra e eficiência nos quesitos de qualidade e menos impacto ao meio ambiente. Desta maneira o presente trabalho de estudo de comparativo de método construtivo em estrutura de concreto armado entre estrutura metálica mista para edifícios comerciais foi realizado e, sobretudo resultante de uma forma satisfatória.

Contudo, recomenda-se através dos resultados obtidos e concluídos, no futuro, a continuação de usos de estruturas mistas melhorando assim cada vez mais o processo, aprendendo com suas dificuldades encontradas e adaptações necessários ao uso da edificação e também no aumento da competitividade do mercado, qualificando mão de obra e fornecedores de materiais a fim de reduzir custos e melhorando prazo.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AçoMinas.: **Edifícios de andares Múltiplos**. 4ª edição – Belo Horizonte: Aço Minas Gerais S.A., 1989.
- Barcelar de Castro, Li Chong Lee: **Projeto Estrutural de Edifícios Sistemas Estruturais**. Brasília, 2012.
- Bellei, Ildony H.: **Edifícios de múltiplos andares em aço**. 2ª edição - São Paulo: Editoria PINI, 2008.
- Carvalho, Roberto Chust: **Cálculo e Detalhamento de Estruturas Usuais de Concreto Armado segundo a NBR 6118:2014**. 4ª edição – São Carlos: Edufscar, 2014.
- Pinho, Fernando Ottoboni: **Manual de construção em aço**. Rio de Janeiro: IBS/CBCA, 2008.
- Pereira, Caio: **Principais tipos de sistemas construtivos utilizados na construção civil**. São Paulo: Escola Engenharia, 2018.
- Queiroz, Gilson: **Elementos das estruturas mistas aço - concreto**. Belo Horizonte: Editora O Lutador, 2001.
- Ruchel, Rony: **Curso Básico de Concreto Armado**. Porto Alegre: Editora Globo, 1974
- Rocha, Anderson Moreira da: **Curso Prático de concreto Armado**. São Paulo: Editora Nobel Volume 1, 1985.