



**ANÁLISE DE VIABILIDADE DA CONSTRUÇÃO DE UMA
EDIFICAÇÃO UNIFAMILIAR DE ATÉ 200 M² EM ESTRUTURA
MISTA – AÇO/CONCRETO**

CURITIBA

2011



JOCIANA NIESPODZINSKI

VIVIANE MEISTER METZGER

**ANÁLISE DE VIABILIDADE DA CONSTRUÇÃO DE UMA
EDIFICAÇÃO UNIFAMILIAR DE ATÉ 200 M² EM ESTRUTURA
MISTA – AÇO/CONCRETO**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao curso de Pós Graduação em Gerenciamento de Obras, Pós-Graduação *lato sensu*, do Instituto IDD como requisito parcial para a obtenção do Grau de Especialista em Gerência de Obra Cívica.

Orientador: Prof. Maurício Bianchini, Msc.

CURITIBA

2011

AGRADECIMENTOS

Ao engenheiro civil Fabio Niespodzinski da empresa Engefan Engenharia e Construções Ltda pela valorosa colaboração e paciência nas entrevistas e fornecimento de informações, assim como nas visitas em campo.

E ao engenheiro civil e professor Maurício Bianchini que sempre nos atendeu prontamente e nos ajudou muito para que este trabalho fosse finalizado com esmero e dedicação.

FOLHA DE APROVAÇÃO

ANÁLISE DE VIABILIDADE DA CONSTRUÇÃO DE UMA EDIFICAÇÃO UNIFAMILIAR DE ATÉ 200 M² EM ESTRUTURA MISTA – AÇO/CONCRETO

Por

JOCIANA NIESPODZINSKI

VIVIANE MEISTER METZGER

TRABALHO APROVADO COMO REQUISITO PARCIAL PARA A
OBTENÇÃO DO TÍTULO DE ESPECIALISTA EM PATOLOGIA NAS OBRAS CIVIS,
DO INSTITUTO IDD, PELA COMISSÃO FORMADA PELOS PROFESSORES A
SEGUIR MENCIONADOS.

Curitiba (PR) ____ de _____ de _____.

Nome do Professor Orientador

Nome do Prof. Co-orientador

Nome do terceiro professor integrante da banca

RESUMO

Com a expansão do mercado de construção no Brasil parte incentivada pelo Governo Federal com projetos habitacionais e de infraestrutura, e outra pela expansão econômica do país a necessidade de novos métodos de construção tornou-se fundamental para atingir as metas de habitação do mercado. Desta forma, o presente trabalho teve como objetivo analisar a viabilidade técnica e econômica de construir uma edificação unifamiliar de até 200m² com a utilização de estrutura mista aço/concreto.

A partir de um estudo bibliográfico e com o levantamento de informações de uma empresa colaboradora foi possível analisar que a construção mista aço/concreto possui resultados técnicos que reduzem o tempo de obra, racionalizam as atividades, diminuem os desperdícios, colaboram com o meio ambiente e ainda possuem custos próximos aos atuais na construção convencional.

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1: EXEMPLOS DE SEÇÕES TÍPICAS DE PILARES MISTOS.	20
FIGURA 2: TIPOS USUAIS DE VIGAS MISTAS.....	20
FIGURA 3: EXEMPLO DO SISTEMA DE LAJES MISTAS.....	21
FIGURA 4: ESTRUTURA DE UMA EDIFICAÇÃO	24
FIGURA 5: SEQUÊNCIA EXECUTIVA DE ESTACAS ESCAVADAS SEM LAMA BENTONÍTICA.....	25
FIGURA 6: (B) BASE ROTULADA COM DOIS CHUMBADORES MAIS PRÓXIMOS AO CENTRO; (C) ARTIFÍCIO PARA PILARES LARGOS QUE QUER ROTULAR.	26
FIGURA 7: BASE ENGASTADA.....	27
FIGURA 8: ESTRUTURA APARENTE – ALVENARIA VINCULADA INTERNA E EXTERNA. ALIMENTO PELO EIXO DA COLUNA.	28
FIGURA 9: LAJE EM FORMA DE AÇO INCORPORADA.....	32
FIGURA 10: PERSPECTIVA DA FACHADA DA OBRA.....	37
FIGURA 11: PERSPECTIVA PLANTA TÉRREA	38
FIGURA 12: PERSPECTIVA PLANTA SUPERIOR	39
FIGURA 13: FOTO TIRADA IN LOCO DO BLOCO COM A FERRAGEM DO BALDRAME COM A PLACA DE LIGAÇÃO.	55
FIGURA 15: EXECUÇÃO DA ESTRUTURA METÁLICA DO PRIMEIRO PAVIMENTO.	56
FIGURA 16: EXECUÇÃO DE DIVERSAS ATIVIDADES EM CONCOMITÂNCIA	57
FIGURA 17: TIPOS DE FECHAMENTOS VIDROS E BLOCOS DE CONCRETO.....	58

LISTA DE TABELAS

TABELA 1: AVALIAÇÃO DE DESEMPENHO ESTRUTURAL	34
TABELA 2: ESCOLHA DO SISTEMA ESTRUTURAL.....	47
TABELA 3: CUSTO DE MÃO DE OBRA.....	48
TABELA 4: CUSTO DE MATERIAL	49
TABELA 5: CUSTO DE PROJETOS.....	49
TABELA 6: RESUMO DO ORÇAMENTO	49
TABELA 7: APRESENTAÇÃO DO BDI.....	49
TABELA 8: DESPESAS.....	51
TABELA 9: FLUXO DE CAIXA.....	52
TABELA 10: DEMONSTRATIVO DE RESULTADO (DRE)	52
TABELA 11: RENDIMENTOS ANUAIS E ACUMULADOS COMPARATIVOS PARA SALAS COMERCIAIS, RESIDÊNCIAS E SOBRADOS EM CONDOMÍNIOS	53
TABELA 12: ÍNDICES DE RENTABILIDADE	53
TABELA 13: COMPARATIVO DE PREÇOS DE EXECUÇÃO ENTRE ESTRUTURA DE AÇO E CONVENCIONAL	59
TABELA 14: PLANILHA CBCA CÁLCULO DE MARGEM DE GANHO	60

LISTA DE GRÁFICOS

GRÁFICO 1: CRONOGRAMA DE EXECUÇÃO MISTA.....	61
GRÁFICO 2: CRONOGRAMA DE EXECUÇÃO CONVENCIONAL	61

SUMÁRIO

AGRADECIMENTOS.....	3
FOLHA DE APROVAÇÃO	4
RESUMO.....	5
LISTA DE FIGURAS.....	6
LISTA DE TABELAS.....	7
LISTA DE GRÁFICOS	8
1) INTRODUÇÃO	12
2) PROBLEMAS DE PESQUISA	13
3) HIPÓTESES	13
4) OBJETIVOS	13
4.1) OBJETIVO PRINCIPAL	13
4.2) OBJETIVOS SECUNDÁRIOS	13
5) JUSTIFICATIVAS	14
5.1) JUSTIFICATIVAS SOCIAIS.....	14
5.3) JUSTIFICATIVAS TECNOLÓGICAS	15
5.4) JUSTIFICATIVAS ECONÔMICAS	16
6) REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	17
6.1) O HISTÓRICO DO AÇO.....	17
6.2) ESTRUTURA MISTA AÇO/CONCRETO	18
6.2.1) Conceito	18
6.2.2) Elementos componentes da estrutura mista	19
6.2.2.1) Pilares Mistos	19
6.2.2.2) Vigas Mistas	20
6.2.2.3) Lajes Mistas.....	21
6.2.3) Aplicação.....	22
6.3) INTERFACES DO AÇO E CONCRETO	23

6.3.1) Fundações e Placas de Base	23
6.3.2) Ligações de pilares de aço em estrutura de concreto	27
6.3.3) Alvenarias Vinculadas	27
6.3.4) Lajes Pré-moldadas.....	29
6.3.5) Lajes em forma de aço incorporada (Steel Deck)	31
6.4) ESTUDO DE VIABILIDADE.....	33
6.4.1) Paradigmas das estruturas de aço	33
6.4.2) Quando construir em aço?.....	34
6.4.3) Viabilidade econômica do empreendimento	35
7) DEFINIÇÃO DA ESTRATÉGIA E MÉTODOS DE PESQUISA.....	35
8) PROCEDIMENTOS METODOLOGICOS	35
9) ESTUDO DE CASO.....	36
9.1) APRESENTAÇÃO DA OBRA	36
9.1.1) Projeto Arquitetônico	36
9.1.2) Projetos Estruturais	39
9.1.3) Estrutura em aço	40
9.1.4) Canteiro de obras	40
9.1.5) Limpeza e preparação da superfície	41
9.1.6) Montagem	41
9.2) Especificações da obra.....	41
10) ESTUDO DE VIABILIDADE.....	42
10.1) Técnica.....	43
10.1.1) Metodologia e Resultados da Avaliação Técnica.....	43
10.2) FORMAÇÃO DO CUSTO TOTAL DA OBRA.....	48
10.2.1) Orçamento da obra.....	48
10.2.2) Definição do BDI.....	49
10.2.3) Definição do preço de Venda.....	50

10.3) eSTUDO DE VIABILIDADE ECONÔMICA.....	50
10.3.1) INVESTIMENTO	50
10.3.1) Despesas diversas	50
10.3.2) FLUXO DE CAIXA	51
10.3.3) Demonstrativo de Resultado (DRE)	52
10.3.4) Resultados econômicos.....	53
11) ANÁLISE DE RESULTADOS.....	54
11.1) TÉCNICAS construtivas.....	54
11.2) ANÁLISE DE CUSTOS.....	58
11.3) Análise de PRAZOS	60
12) CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	61
13) RECOMENDAÇÕES DE TRABALHOS FUTUROS	62
14) REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	63
15) ANEXO I.....	65
16) ANEXO II.....	66

1) INTRODUÇÃO

Devido ao crescimento populacional e a crescente demanda da construção civil, esta vem buscando sistemas mais eficientes de construção com o objetivo de aumentar a produtividade, diminuir o desperdício e atender à necessidade crescente de habitações no país.

O uso do aço na construção civil é uma alternativa para agregar novas tecnologias à construção, tornando o processo mais industrializado e racionalizado.

Este trabalho analisa a viabilidade técnica e econômica da construção de uma edificação unifamiliar de até 200m² em estrutura mista aço/concreto. Analisando de uma forma geral custos diretos e indiretos, mostrando as vantagens e desvantagens em utilizar a construção mista e faz uma comparação entre a construção mista e a convencional.

2) PROBLEMAS DE PESQUISA

É viável técnica e economicamente a construção de uma edificação unifamiliar de até 200m² com a utilização de estrutura mista aço/concreto?

3) HIPÓTESES

É viável a construção de uma edificação unifamiliar de até 200m² com a utilização de estrutura mista aço/concreto.

4) OBJETIVOS

4.1) OBJETIVO PRINCIPAL

Analisar a viabilidade técnica e econômica de construir uma edificação unifamiliar de até 200m² com a utilização de estrutura mista aço/concreto.

4.2) OBJETIVOS SECUNDÁRIOS

- Apresentar as vantagens e benefícios do sistema
- Apresentar as desvantagens e dificuldades do sistema
- Analisar a aceitação do método por parte do consumidor.

5) JUSTIFICATIVAS

5.1) JUSTIFICATIVAS SOCIAIS

Uma grande vantagem para o incentivo da construção em aço na questão social é o combate ao déficit habitacional no país. Segundo informações da Pesquisa Nacional por Amostra de Domicílios – Pnad (2008), elaborada e divulgada pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE, o déficit habitacional no Brasil é de quase 8 milhões de moradias. Na região metropolitana de Curitiba faltam 115.330 moradias para atender a carência de habitação. O número corresponde a 11,7% do total de moradias existentes.

A construção convencional pode não preencher essa deficiência no mesmo prazo de execução que a construção em aço devido a seus sistemas e métodos artesanais. Sendo assim a construção em aço pode ser uma alternativa visto que é um sistema industrializado de construção e que apresenta soluções construtivas de alto desempenho e baixo custo de produção.

A redução do custo em prazo e mão de obra e o potencial de construção em grande escala podem diminuir o custo final unitário das edificações gerando um possível lucro social para os moradores/usuários. Conforme apresentado pela CBCA (Centro Brasileiro da Construção em Aço) na Construmetal (2010), evento latino americano sobre construção metálica, em pesquisa sobre Habitação de Interesse Social em Aço, com a velocidade da construção em aço é possível atender um maior número de moradias construídas, o que permite alcançar metas de programas habitacionais com maior facilidade.

Conforme Amorim, as empresas da construção civil vêm se especializando e buscando soluções construtivas para baixar custos e desta forma irão sempre buscar aumentar a produtividade, que acaba se tornando padrão de medida para a mão-de-obra. Na indústria, onde os modelos de gestão, principalmente de planejamento e controle, atuam instantaneamente no processo produtivo, os resultados são imediatos. Mostrando que usando do mesmo conceito na construção civil, onde se controla a produtividade é possível reduzir os custos.

O processo sistêmico de construção em estrutura em aço é um exemplo de gestão para aumento de produtividade.

A transformação da construção civil brasileira numa indústria pode vir a evitar o retrabalho, as perdas de horas-trabalho, a improvisação e o desperdício. Se ganha em competitividade.

Um ponto a ser considerado na inserção da construção em aço no Brasil é a aceitação de novas tecnologias pela população brasileira. Muitos construtores ainda acreditam ser este um sistema oneroso de construção. Quanto aos compradores, muitos ainda pensam ser este e suas alternativas de vedação e acabamento muito frágeis o que ao invés de valorizar o uso de novas tecnologias ainda pode desfavorecer as vendas em relação à construção convencional.

5.2) JUSTIFICATIVAS AMBIENTAIS

Com a crescente importância e preocupação com a sustentabilidade busca-se um novo modelo de produção na construção civil, agregando tecnologia, eficiência e valorizando ao máximo a reutilização e reciclagem. O entulho gerado pela construção civil é significativo em relação aos demais resíduos sólidos urbanos. O aço, apesar do grande consumo energético que envolve sua produção tem um ciclo de reaproveitamento muito grande, por ser um material totalmente reciclável e reutilizável (LEMOINE, 2002).

A construção civil é uma das atividades que causa maiores impactos ao meio ambiente, com a utilização do aço é possível diminuir o nível de consumo de recursos naturais não renováveis como os provenientes da mineração de rochas, areia e outros materiais primários.

O aço apresenta baixo nível de desperdício em obra, tanto nos próprios perfis que devido ao processo industrializado apresentam maior precisão, quanto na racionalização de outros materiais como nas fundações (com a diminuição do peso da estrutura), na dispensa de escoras de madeira e alguns materiais de acabamento que com maior qualidade e precisão reduzem os custos de manutenção.

5.3) JUSTIFICATIVAS TECNOLÓGICAS

Atualmente as necessidades de métodos construtivos mais rápidos e precisos para diminuir o tempo de produção e melhorar a precisão dos serviços, retirando do canteiro de obras uma gama de atividades precárias e artesanais, tornando industrializável a construção civil é o foco dos novos estudos tecnológicos.

O sistema aço-concreto, que tem seu crescimento latente no mercado brasileiro, oferece uma gama de soluções de projetos e produtos focando a racionalização da construção civil. Um exemplo, conforme o Manual Estruturas Mistas da CBCA (2010), nos pilares mistos, a contribuição do aço na resistência pode chegar a 90% (NBR 8800), com a possibilidade de se usarem diferentes tipos de perfil e de

aço estrutural, bem como diferentes disposições construtivas, em comparação com as estruturas de concreto armado, aonde essa contribuição normalmente não chega a 40%.

O uso da estrutura de aço no mercado vem desenvolvendo outras tecnologias na execução da construção como sistemas de vedações, lajes e divisórias internas para que o processo industrializado seja viável.

Nesse sentido as tendências mais notáveis estão na utilização de painéis pré-fabricados para vedações verticais, painéis de concreto para revestimentos, painéis de GRG (*Glassfibre Reinforced Cement*), painéis metálicos, painéis de gesso acartonado, wall panel, blocos de concreto, entre outros. Esses produtos estão disponíveis no mercado com qualidade melhorada, preços atrativos e maior disponibilidade, aumentando a utilização nos novos projetos de construção mista de aço-concreto.

Com a crescente utilização deste sistema estrutural, será necessário também o desenvolvimento e aperfeiçoamento dos profissionais que necessitam de conhecimentos melhorados em projetos, planejamento e execução visto que a construção mista de aço-concreto exige muitos controles e sistemas integrados.

O aperfeiçoamento e a industrialização da construção civil fazem com que a mão de obra necessite de especialização para acompanhar os novos métodos e técnicas empregadas. A construção em aço necessita de programas que incentivem a qualificação de profissionais tanto para projetar quanto para construir.

5.4) JUSTIFICATIVAS ECONÔMICAS

O Centro Brasileiro da Construção em Aço estima um crescimento na utilização do sistema metálico de 8 a 10% no ano, conforme análise depois da recuperação em 2010 dos efeitos da crise de 2008/2009. A indústria da construção civil é um investimento a longo prazo para o crescimento econômico do Brasil. O aumento do incentivo por parte do governo e a criação de novos estímulos tributários e trabalhistas poderia contribuir para um maior crescimento da construção em aço no Brasil.

O Brasil tem o menor consumo de aço per capita do mundo, 127kg por habitante. O México tem 220kg/hab e a China 309kg/hab, dados esses fornecidos pela CBCA – Centro Brasileiro da Construção com Aço. Mas esses números vêm aumentando devido a Copa de 2014 e as Olimpíadas de 2016, que necessitarão de

ampliação de infra-estrutura, além de programas do próprio Governo. Na Vila Dignidade em Avaré São Paulo, construiu-se 558 unidades num prazo de 12 meses, com um custo de R\$ 47,7 milhões, conforme divulgado pela CDHU (Companhia de Desenvolvimento Habitacional e Urbano) do Governo do Estado de São Paulo na Construmetal 2010 (Congresso Latino americano da Construção Metálica) o que mostra que a construção em aço pode ser uma alternativa viável para a solução do déficit habitacional.

6) REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

6.1) O HISTÓRICO DO AÇO

A construção com estruturas metálicas no Brasil teve impulso somente na década de 50, após a criação da Companhia Siderúrgica Nacional com sua fábrica de estruturas metálicas montadas. A construção metálica está em todos os nichos: comercial, industrial e inclusive habitacional. Somente em 1990, com a chegada do Light Steel Framing no Brasil, o aço teve aplicação na construção residencial. Foi também na década de 90 a publicação das normas NBR 14.762-01 – Dimensionamento de Estruturas de Aço Constituídas por Perfis Formados a Frio e NBR 6355:03 – Perfis Estruturais de Aço Formados a Frio. (NAKAZATO, 2008)

“No segmento de edifícios de múltiplos andares, o uso do aço tem aumentado, principalmente quando os canteiros de obras se encontram em centros urbanos, onde o acesso dos insumos é mais difícil, e em canteiros com pouco espaço para armazenamento, como é também o caso de muitos empreendimentos localizados nas grandes cidades” (ZANOTTI, 2011).

Também segundo Zanotti (2011), a construção civil, devido à sua importância e potencial de crescimento, é uma prioridade para as produtoras de aço brasileiras. Por ser um processo industrializado, minimiza o desperdício de material, garante precisão geométrica e rapidez na montagem. Desta forma reduz os custos e permite um retorno mais rápido do investimento. Esteticamente a construção em aço distingue-se pela leveza de linhas e pela modernidade, além de facilitar futuras reformas, ampliações e recuperação de estruturas.

Em 2010, o Instituto Aço Brasil (IABr), em parceria com o CBCA, ergueu em São Paulo, Brasília, Belo Horizonte, Porto Alegre e Rio de Janeiro uma minicidade denominada Vila do Aço. O objetivo foi mostrar as possibilidades de sistemas construtivos em aço e as contribuições que podem trazer para os projetos de

habitações de interesse social. A iniciativa contribuiu para que o Ministério das Cidades e a Caixa Econômica Federal fossem estimulados a conhecer mais e a aprovar novos projetos em aço. (CBCA, 2010)

6.2) ESTRUTURA MISTA AÇO/CONCRETO

6.2.1) Conceito

As estruturas mistas são formadas pela associação de perfis de aço e concreto estrutural. Os dois materiais devem trabalhar conjuntamente para resistir aos esforços solicitantes e de forma que seja possível explorar as melhores características de cada um. (DE NARDIN, 2009)

Quando dois elementos estruturais são interconectados de forma a se deformarem como um único elemento pode-se dizer que apresentam um comportamento misto. (QUEIROZ, 2010)

A utilização de sistemas mistos pode ampliar consideravelmente a gama de soluções estruturais em concreto armado e em aço e passar a representar, cada vez mais, uma opção a ser considerada pelos projetistas de estruturas.

Além da variedade de opções disponíveis e a possibilidade de obtenção de benefícios arquitetônicos e econômicos, os sistemas mistos apresentam outras vantagens, as principais listadas a seguir. (QUEIROZ, 2010)

Com relação às contrapartidas em concreto armado:

- possibilidade de dispensa de fôrmas e escoramentos;
- aumento da precisão dimensional da construção;
- redução do prazo de execução da obra;
- redução do peso próprio e do volume da estrutura, com conseqüente redução dos custos de fundação;

Com relação às contrapartidas em aço:

- redução considerável do consumo de aço estrutural;
- redução das proteções contra incêndio e corrosão;
- aumento da rigidez da estrutura. (QUEIROZ, 2010)

Um dos fatores que também contribui para o aumento da utilização de estruturas mistas é a busca cada vez maior em conseguir grandes áreas livres por pavimento o que resulta em grandes vãos para as vigas, acréscimo da força vertical

sobre os pilares e um maior espaçamento entre eles. Nessas situações a estrutura mista possibilita a redução da dimensão da seção transversal, possibilita maiores vãos livres e por ser mais leve reduz as forças verticais que chegam às fundações. Outra característica bastante relevante atualmente é a redução do prazo para entrega das edificações. Para atender estes prazos é necessário optar por sistemas estruturais pelos quais seja possível obter rapidez e facilidade de execução, sem grandes acréscimos no custo final da edificação.

Estes fatores são responsáveis pela crescente busca por estruturas mistas e pelos avanços tecnológicos verificados nos processos construtivos.

6.2.2) ELEMENTOS COMPONENTES DA ESTRUTURA MISTA

6.2.2.1) Pilares Mistos

Os pilares mistos são constituídos por um ou mais perfis de aço preenchidos ou revestidos de concreto. A combinação do concreto e do aço propicia além da proteção ao fogo e à corrosão, o aumento da resistência do pilar o que contribui também para o aumento na rigidez da estrutura aos carregamentos horizontais. Os pilares mistos também apresentam comportamento mais dúctil quando comparados aos pilares de concreto armado. (ALVA, 2000)

Outra vantagem no caso de pilares mistos preenchidos é a ausência de fôrmas o que possibilita a redução de custos com materiais, mão-de-obra e agilidade na execução. (ALVA, 2000)

Dependendo da posição que o concreto ocupa na seção mista dos pilares, estes são diferentemente classificados. A figura 1 ilustra algumas seções típicas de pilares.

Conforme ilustra a figura 1(a) os pilares mistos revestidos são aqueles cujo elemento estrutural em aço é envolvido por completo pelo concreto. O concreto como revestimento propicia maior resistência, impede a flambagem local dos elementos da seção de aço, fornece maior proteção ao fogo e à corrosão do pilar de aço. Uma desvantagem deste tipo de pilar é a necessidade de utilização de fôrmas para a concretagem. Conforme ilustra a figura 1(b) os pilares mistos, parcialmente revestidos, caracterizam-se pelo não envolvimento completo da seção de aço pelo concreto. Já os pilares mistos preenchidos são elementos estruturais formados por perfis tubulares, preenchidos com concreto de qualidade estrutural, conforme a figura 1(c) e 1(d). Uma

vantagem é que este dispensa fôrmas e armadura e é possível ainda a consideração do efeito de confinamento do concreto na resistência do pilar misto. (CBCA, 2006).

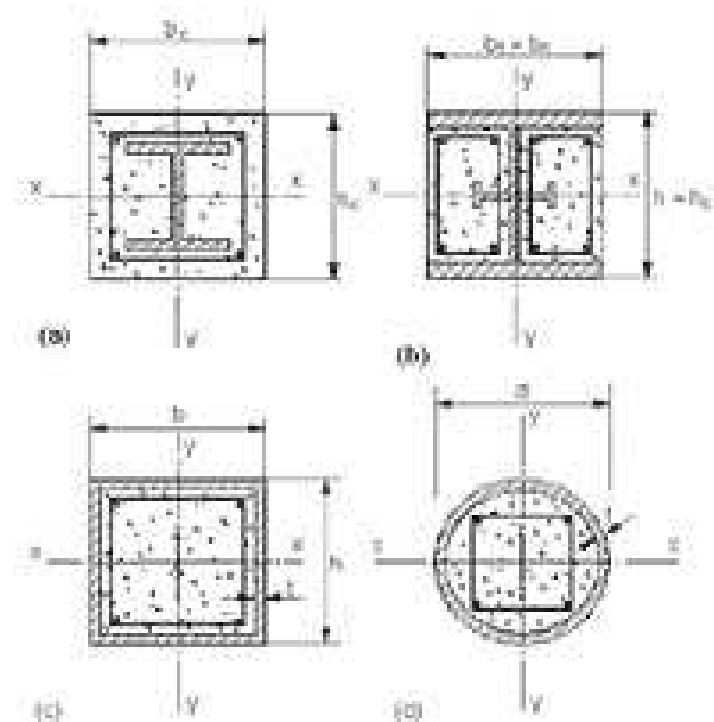


FIGURA 1: Exemplos de seções típicas de pilares mistos.

(FONTE: MANUAL DE CONSTRUÇÃO EM AÇO – ESTRUTURAS MISTAS VOL.1. CBCA, 2010)

6.2.2.2) Vigas Mistas

As vigas mistas resultam da associação de uma viga de aço com uma laje de concreto ou mista. Esta ligação é feita por meio dos conectores de cisalhamento geralmente soldados à mesa superior do perfil. O perfil mais utilizado como viga de aço em edifícios é do tipo "I". As lajes de concreto podem ser moldadas in loco, com face inferior plana ou com fôrma de aço incorporada (figura 2), ou ainda, podem ser formadas de elementos pré-fabricados. (CBCA, 2006)

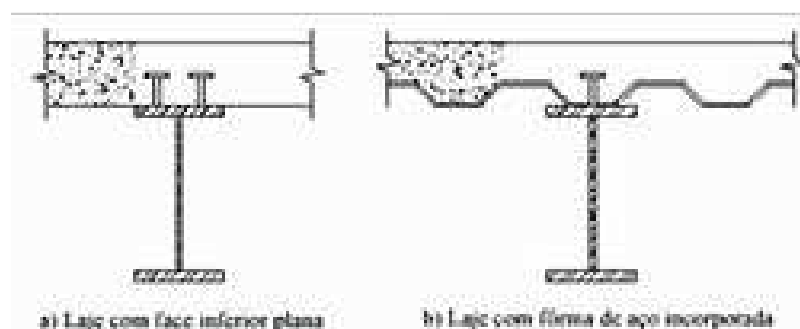


FIGURA 2: Tipos usuais de vigas mistas.

A utilização de vigas mistas em sistemas de piso tem como vantagem o aumento da resistência e rigidez devido à associação de elementos em aço e concreto. Tal associação também possibilita a redução da altura dos elementos estruturais, resultando em economia de material. (CBCA, 2006)

As vigas mistas podem ser encontradas de duas formas nas edificações, simplesmente apoiadas ou contínuas. Como a viga de aço trabalha predominantemente à tração e a laje de concreto à compressão, a simplesmente apoiada contribui para maior eficiência do sistema misto. (CBCA, 2006)

Na fase construtiva pode-se optar pelo não escoramento da laje devido à necessidade de velocidade de construção, no entanto o escoramento da laje pode ser apropriado caso seja necessário limitar os deslocamentos verticais da viga de aço nesta fase. (CBCA, 2006)

“A viga metálica é muito mais leve do que uma viga pré-moldada de concreto e de montagem muito mais simples do que a execução de uma viga de concreto moldada in loco”. (CBCA, 2009)

6.2.2.3) Lajes Mistas

As lajes mistas são constituídas por uma fôrma de aço e pelo concreto moldado no local. O concreto pode ser de densidade normal ou leve. Lajes mistas de aço e concreto, também chamadas de lajes com fôrma de aço incorporada, são aquelas em que a fôrma de aço é incorporada ao sistema de sustentação das cargas, funcionando, antes da cura do concreto, como suporte das ações permanentes e sobrecargas de construção e, depois da cura, como parte ou toda a armadura de tração da laje. (QUEIROZ, 2010)

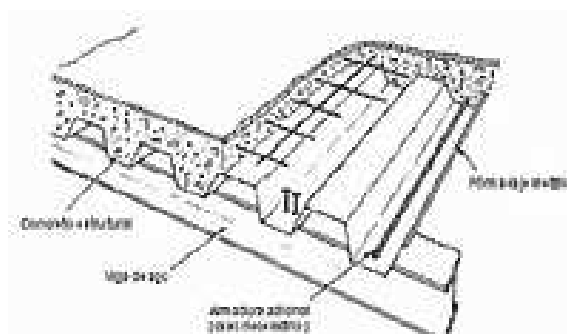


FIGURA 3: Exemplo do sistema de lajes mistas.

As fôrmas de aço empregadas nas lajes mistas, além de suportarem os carregamentos durante a construção e funcionarem como plataforma de trabalho, contraventam a estrutura, desempenhando o papel de diafragma horizontal, distribuem as deformações por retração e evitam a fissuração excessiva do concreto. Podem apresentar vantagens como a possibilidade de dispensa do escoramento da laje e a facilidade oferecida à passagem de dutos e instalações. Também nas lajes mistas, dispensa-se a etapa de deforma e reduz-se a quantidade de armadura. (QUEIROZ, 2010)

O comportamento misto é alcançado após a cura do concreto da laje, quando a fôrma de aço transmite as tensões cisalhantes horizontais na interface com o concreto através de ligações mecânicas, fornecidas por saliências e reentrâncias (mossas) existentes na fôrma. (ALVA, 2000)

6.2.3) Aplicação

Para escolher o melhor sistema construtivo para uma obra devem-se avaliar as necessidades da obra e as características de cada sistema.

A principal dificuldade para identificar o tipo de estrutura mais adequada para uma obra é a falta de uma metodologia de avaliação completa que apresente todas alternativas em condições comparáveis, levando em conta aspectos importantes desde diferentes qualidades e desempenhos, até a influência das estruturas nos demais serviços. (PINHO, 2008)

O ideal é escolher o sistema estrutural a ser utilizado na obra na fase de estudo de viabilidade e definição da concepção, onde os custos proporcionalmente são menores e as interferências são soluções mais fáceis de ser analisadas. Na fase de projeto (concepção e dimensionamento) é ideal reservar um tempo para otimizar o sistema escolhido obtendo assim o melhor resultado para a obra.

Primeiramente devem-se levantar as características da obra que possam interferir na definição pelo sistema estrutural, identificando as prioridades para os objetivos do empreendimento.

Seguem algumas características que podem ter influência na escolha do sistema estrutural: (PINHO, 2008)

- tipo de fundação;
- tempo de construção;

- tipo de ocupação;
- disponibilidade e custo dos materiais;
- recursos da construtora;
- local da obra e acessos;
- possibilidade de adaptações;
- compatibilidade com sistemas complementares;
- manutenção e reparos;
- vãos livres;
- espaço livre para a estrutura;
- espaço livre para utilidades;
- altura da edificação;
- proteção contra a corrosão;
- proteção contra fogo;
- estética;
- desperdício materiais/mão de obra;
- segurança do trabalhador;
- custos financeiros;
- adequação ambiental;
- qualidade e durabilidade;
- desempenho;
- incômodo de áreas próximas.

6.3) INTERFACES DO AÇO E CONCRETO

6.3.1) Fundações e Placas de Base

A fundação faz parte do esqueleto de uma obra e tem por finalidade principal transmitir as cargas da edificação para uma camada resistente do solo. É fundamental que a escolha da fundação seja a mais adequada em relação às cargas da edificação e da profundidade da camada resistente do solo. (RODRIGUES, 2000).

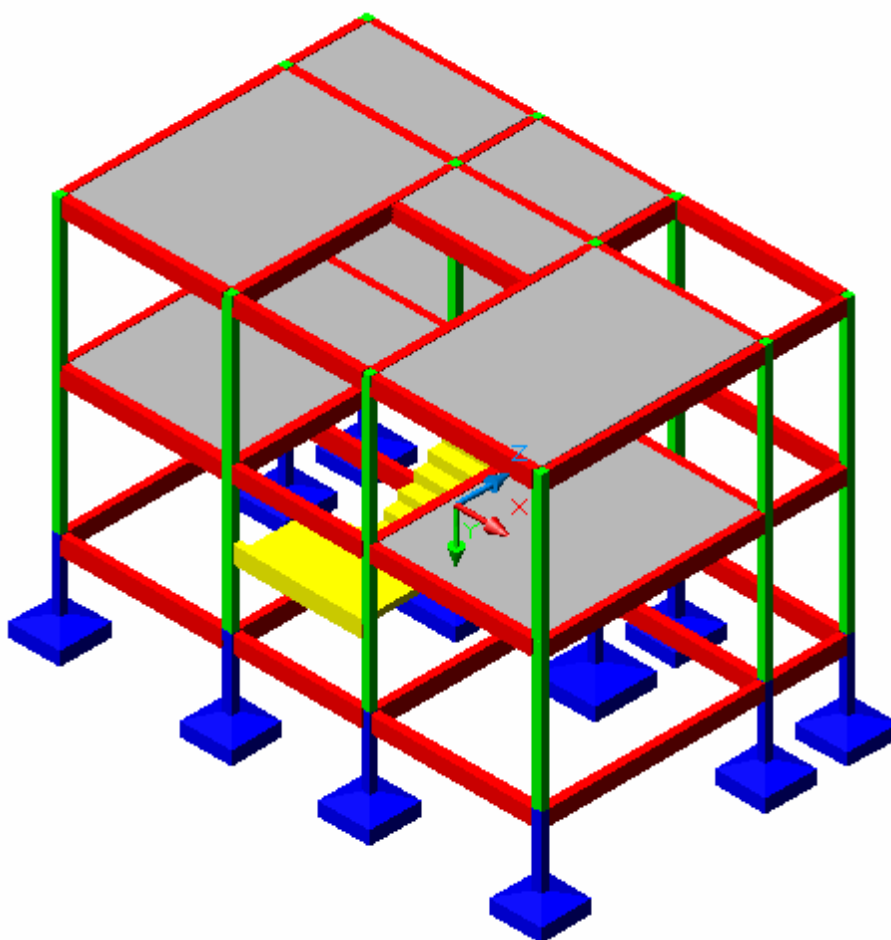


FIGURA 4: Estrutura de uma edificação

(FONTE: MANUAL DE CONSTRUÇÃO EM AÇO – ESTRUTURAS MISTAS VOL.2. CBCA, 2006)

As fundações podem ser classificadas em (SILVA, 2003):

Fundações diretas: são aquelas aonde a largura é maior que a profundidade, assim transmitindo a carga da estrutura da edificação para a maior área de solo possível, nas camadas superficiais do mesmo.

Fundações indiretas: são as que possuem grande comprimento em relação a sua base, apresentam pouca capacidade de suporte pela base, porém grande capacidade de carga devido ao atrito lateral do corpo do elemento de fundação com o solo e da ponta deste elemento com o solo. São conhecidas como estacas.

As fundações também podem ser agrupadas pela profundidade de seu assentamento, ficando assim subdivididas como superficiais (ou rasas) e profundas (quando o solo compatível com a carga da edificação se encontra a mais de 3m de profundidade).

A estaca moldada no local é um processo que consiste na perfuração ou escavação do solo, com a presença ou não de revestimentos ou lama bentonítica para contenção, e posterior lançamento do concreto dentro do furo escavado. Dentre os diversos tipos de estacas de concreto moldadas no local, o objeto do estudo são as estacas escavadas que são executadas através da perfuração do solo e com enchimento posterior de concreto (SILVA, 2003).

A figura 5 abaixo ilustra a sequência executiva de estacas escavadas sem lama bentonítica, primeiro a escavação mecânica do furo através de trado ou caçamba, segundo a perfuração executada até a profundidade necessária (cota de ponta da estaca, terceiro a colocação da armadura, quarto a concretagem e quinto a colocação das esperas do pilar imediatamente após a concretagem (estaca pronta).

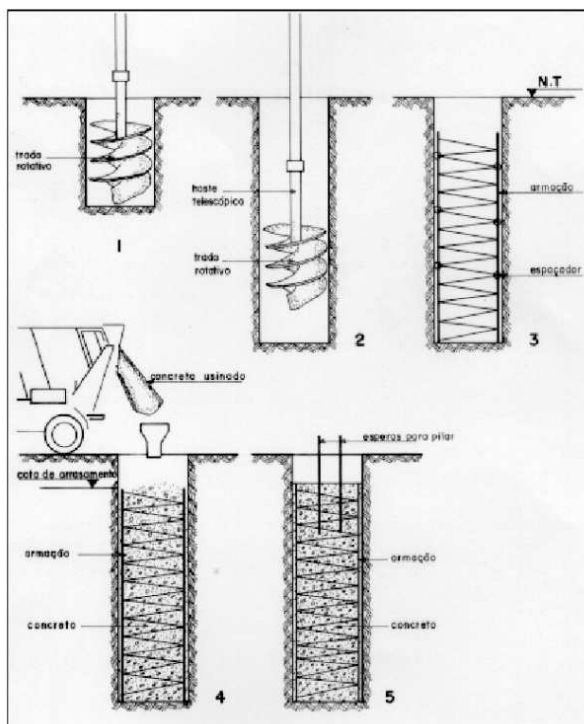


FIGURA 5: Sequência executiva de estacas escavadas sem lama bentonítica
(FONTE: MANUAL DE CONSTRUÇÃO EM AÇO – ESTRUTURAS MISTAS VOL.2. CBCA, 2006)

Os blocos de coroamento ou de transição são sistemas intermediários de ligação entre os pilares e as estacas que tem por finalidade distribuir melhor as cargas dos pilares para a fundação. Os blocos são utilizados para a solidarização no topo quando se tem um grupo de estacas cravadas próximas umas às outras (SILVA, 2003).

Sobre o solo, as vigas baldrame são sistemas de fundação direta utilizadas para distribuir as cargas para o terreno tipicamente linear, aonde uma

parede apóia no baldrame, sendo este o elemento que transmite a carga para o solo ao longo de seu comprimento (RODRIGUES, 2000).

Já as placas de base são as ligações dos pilares da estrutura metálica com a fundação da obra. Essas placas tem por finalidade distribuir as cargas dos pilares em uma determinada área do bloco de fundação (BELLEI, 2006).

Para unir o pilar metálico à fundação temos dois tipos de bases:

Bases rotuladas, que são dimensionadas para resistir às cargas verticais de compressão e horizontais, sem transmitir momento às fundações. A base rotulada mais simples é formada por uma chapa soldada na base do pilar e pela colocação de dois chumbadores no centro, o mais próximo possível do seu eixo de rotação. Este tipo de base é a mais econômica para as fundações e podem ser utilizadas em qualquer tipo de solo, como demonstrado na figura 6(b) abaixo:

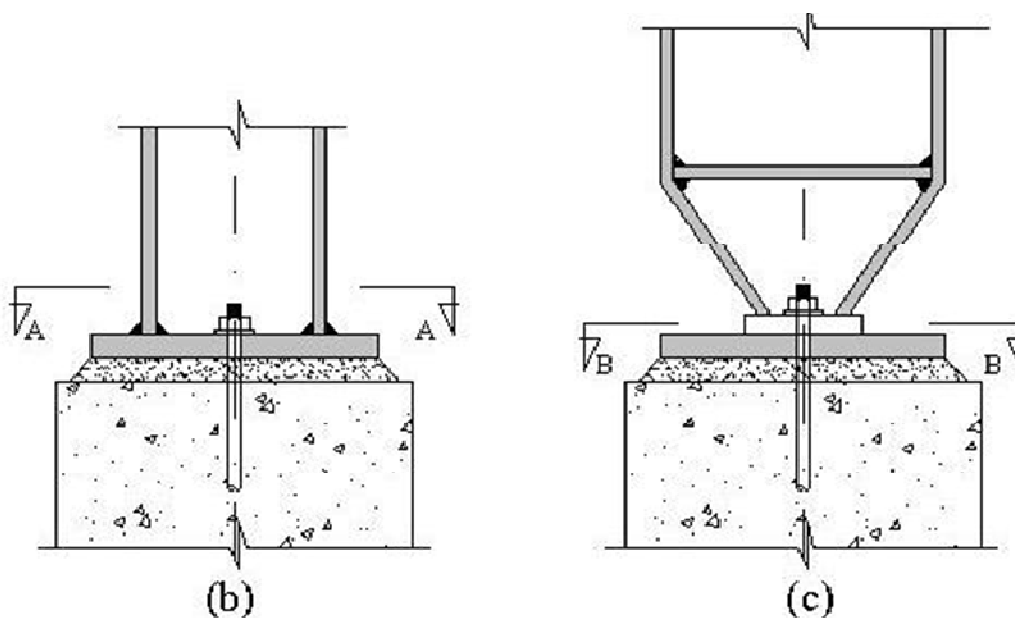


FIGURA 6: (b) Base Rotulada com dois chumbadores mais próximos ao centro; (c) Artifício para pilares largos que quer rotular.

(FONTE: MANUAL DE CONSTRUÇÃO EM AÇO - INTERFACES AÇO-CONCRETO. CBCA, 2006)

Bases engastadas são dimensionadas para resistir as cargas verticais de compressão e horizontais e também os esforços de momento, quando existe a necessidade de uma maior rigidez às deformações laterais da estrutura. Sua principal função é engastar os pilares por meio de uma série de artifícios, tornando-se compatível com o esquema estrutural adotado. O modelo mais simples da base engastada usada é aquela em que o pilar é soldado à placa base, com chumbadores

afastados da linha do centro, formando um braço de alavanca como demonstrado na figura abaixo:

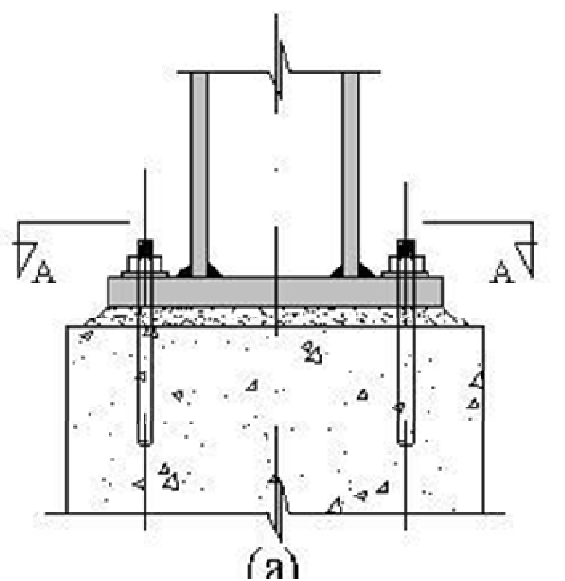


FIGURA 7: Base Engastada.

(FONTE: MANUAL DE CONSTRUÇÃO EM AÇO - INTERFACES AÇO-CONCRETO. CBCA, 2006)

6.3.2) Ligações de pilares de aço em estrutura de concreto

Podem existir várias formas de resolver ligações de elementos de aço com os de concreto: nichos, consoles, chapas e chumbadores; mas estas interfaces são divididas a sua usabilidade durante a construção ou após a construção.

De acordo com BELLEI (2009) as soluções de interfaces durante a construção são as realizadas:

- através de chapas de apoio;
- por meio de chapas e pinos previamente deixados no concreto;
- por meio de consoles feitos no concreto;
- por meio de nichos previamente feitos no concreto

6.3.3) Alvenarias Vinculadas

São paredes executadas com bloco de concreto de vedação que são unidas com a estrutura metálica (figura 8), trabalhando em conjunto visando aumentar a rigidez da estrutura, e em situações especiais podem ser eliminados os elementos de contraventamento transferindo os esforços para a parede (BELLEI, 2006).

Este tipo de estrutura é mais utilizado em vãos menores (até 5m) sendo ideal para a utilização em residências ou salas comerciais. Para tanto são empregadas barras de aço tipo estribo, denominadas cabelo de aço, que são soldadas à estrutura. De preferência devem ser usadas segmentos de tela eletrossoldadas (BELLEI, 2006).

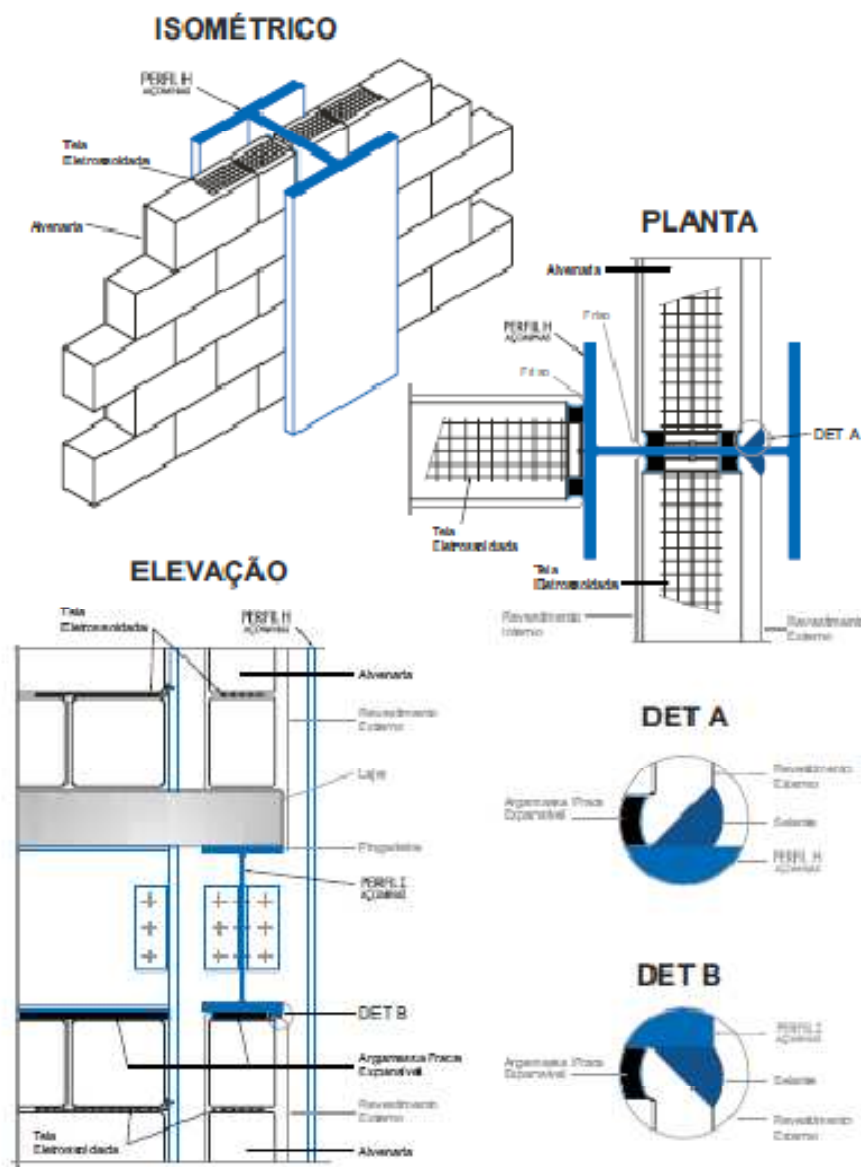


FIGURA 8: Estrutura Aparente – Alvenaria Vinculada Interna e Externa. Alimento pelo Eixo da coluna.

(FONTE: MANUAL DE INTERFACES CBCA 2006)

As lajes ou placas são os elementos planos das edificações (horizontais ou inclinadas), de estrutura monolítica e de altura relativamente pequena e que são caracterizadas por duas dimensões: sua largura e seu comprimento, predominantes

em relação a sua altura e servem para separar os diversos pisos de um edifício. (DI PIETRO, 2000)

6.3.4) Lajes Pré-moldadas

A laje é um elemento estrutural bidimensional que se caracteriza por ter a espessura menor do que as outras duas dimensões e o carregamento que atua sobre ela é perpendicular ao seu plano médio.

A função da laje não é apenas receber as cargas e transmiti-las aos demais elementos da estrutura. Deve também ser resistente, suportar e transmitir as cargas verticais às vigas e/ou paredes e contribui também para resistir às forças horizontais provenientes da ação do vento além do isolamento da umidade, isolante térmico e acústico dos diversos pavimentos. (DI PIETRO, 2000)

As lajes podem ser moldadas no local da obra ou pré-fabricadas.

As denominadas pré-fabricadas são aquelas cujas partes constituintes são fabricadas em larga escala por indústrias e na obra serão montadas.

Brumatti (2008) distingue dois tipos característicos de lajes pré-moldadas, a base de concreto armado:

a) lajes semi-pré-fabricadas, nas quais o elemento resistente a tração é executado em fábricas e o concreto, que irá resistir à compressão, é lançado no próprio local;

b) lajes completamente pré-fabricadas, onde todo o elemento estrutural é confeccionado na indústria e colocado, posteriormente, na obra.

Cada um destes tipos tem características diferentes, as quais acarretam vantagens e desvantagens, que devem ser consideradas em cada caso em particular.

Algumas das lajes pré-fabricadas mais empregadas são as lajes de vigotas e lajotas, a treliçada com isopor, a alveolar protendida e a laje mista (steel deck).

Algumas características das lajes pré-moldadas treliçadas com isopor:

- não necessitam de fôrma;
- podem ser utilizadas na viga mista, descontada a espessura da placa da pré-laje;
- dependendo da espessura e do vão a vencer, quase sempre necessitam de escoramento. (QUEIROZ, 2010)

A escolha do tipo de laje é normalmente orientada por diversos fatores: a velocidade da obra, o vão livre dos vigamentos secundários, os recursos da construtora, a necessidade de operações simultâneas para cumprir o cronograma, a existência de vigas mistas que exigem uma determinada espessura de concreto moldada no local, entre outras. (QUEIROZ, 2010).

Outro fator a ser considerado são as condições de conforto térmico e acústico, os isolamentos de umidade e a proteção contra incêndio atendendo às normas e garantindo o desempenho da edificação.

Buscando otimizar a relação custo benefício surgiram inovações na concepção e fabricação das lajes. Uma delas é a laje nervurada in loco, onde o consumo de concreto é reduzido e o peso próprio aliviado, por meio da inserção de elementos como: tijolo furado, tubo de papelão reforçado, bloco de concreto leve, isopor, lajotas cerâmicas entre outras.

Algumas variações das nervuras são as treliçadas e protendidas, conforme apresentado por Brumatti (2008).

- Nervurada treliçada: onde as lajes treliçadas pré-moldadas têm como vantagem a redução da quantidade de fôrmas. Hoje, utiliza-se o sistema treliçado com nervuras pré-moldadas, executadas com armaduras treliçadas. A laje treliçada é composta de uma estrutura espacial com vigas e elementos de enchimento que podem ser cerâmicas, EPS (isopor), concreto, concreto celular e outros.

- Nervurada protendida: onde as lajes nervuradas podem ser executadas com vigas ou vigotas protendidas de fábrica, quando é necessário resistir a vãos maiores. Mesmo com tantas vantagens em relação a redução de concreto e peso próprio é apontado como desvantagem desse sistema o custo excessivo dos elementos de madeira utilizados como fôrmas para receber e moldar o concreto. Em busca de minimizar esse custo, surgiram então as vigotas pré-fabricadas de concreto armado utilizadas em conjunto com lajotas cerâmicas, reduzindo assim significativamente o custo de fôrmas e aumento a praticidade do sistema construtivo economizando em mão-de-obra e tempo. Com este sistema consegue-se uma redução considerável no custo final da laje, gerando benefícios razoáveis dentro da estrutura como um todo. Por outro lado, este sistema é bastante limitado não podendo com ele atender a grandes cargas acidentais. Isso se deve a alguns fatores principais, tais como a falta de aderência entre a superfície das vigotas e o concreto de cobertura, não garantindo monoliticidade a estrutura.

Entende-se por monolitismo de uma laje pré-fabricada, como sendo a sua perfeita aderência dos elementos que compõem a laje com o concreto lançado em obra para execução do capeamento. Quanto à estabilidade da estrutura, esta pode ser melhorada, quando se tem melhores condições de ligação da laje pré-fabricada com os elementos da estrutura que a suportam. (PIETRO, 2000)

Uma das vantagens da laje pré-fabricada é que existem diversas alternativas para execução com nervuras. Os elementos pré-moldados empregados na laje nervurada podem apresentar boa capacidade portante no momento da moldagem do restante da laje, reduzindo assim a quantidade de fôrmas e escoramentos em relação ao sistema convencional. Quando as lajes treliçadas são executadas de forma nervurada, apresentam redução do volume de concreto e armaduras. (BRUMATTI, 2008)

Ainda segundo Brumatti, a laje pré-moldada é muito utilizada na construção de casas devido ao seu custo mais acessível em relação a outras opções e a facilidade na montagem o que proporciona mais rapidez à obra. Lajes pré-moldadas existem tanto para piso como para forro. São compostas de trilhos e de complementos. Um destes complementos pode ser o isopor.

A laje treliçada pode oferecer maior garantia em relação à laje convencional porque o trilho da laje treliçada tem mais condições de fazer um reforço antes da concretagem, reforço este que pode ser uma malha de ferro colocada em cima da laje.

O complemento de isopor está sendo muito bem aceito porque possibilita uma maior economia tanto nas fundações quanto nas ferragens por ser mais leve.

O acabamento na laje com bloco de isopor é feito com gesso-cola e não com reboco convencional. Sendo assim há uma economia tanto no material quanto na mão-de-obra.

6.3.5) Lajes em forma de aço incorporada (Steel Deck)

As lajes são estruturas que garantem a sustentação da obra. O tipo de laje pode determinar não só o desempenho da obra, mas todo o desenvolvimento da obra quanto à produtividade, velocidade, precisão e segurança (BELLEI, 2006).

Conforme mostra figura 9 abaixo, as lajes podem ser moldadas “in loco” com emprego de formas apoiadas em treliças extensíveis ou compostas por elementos pré-moldados de concreto armado. Ou ainda podem ser incorporadas as

armaduras e as fôrmas formando o que se denomina de “steel-deck”, atingindo um máximo benefício no desempenho da obra (BELLEI, 2006).

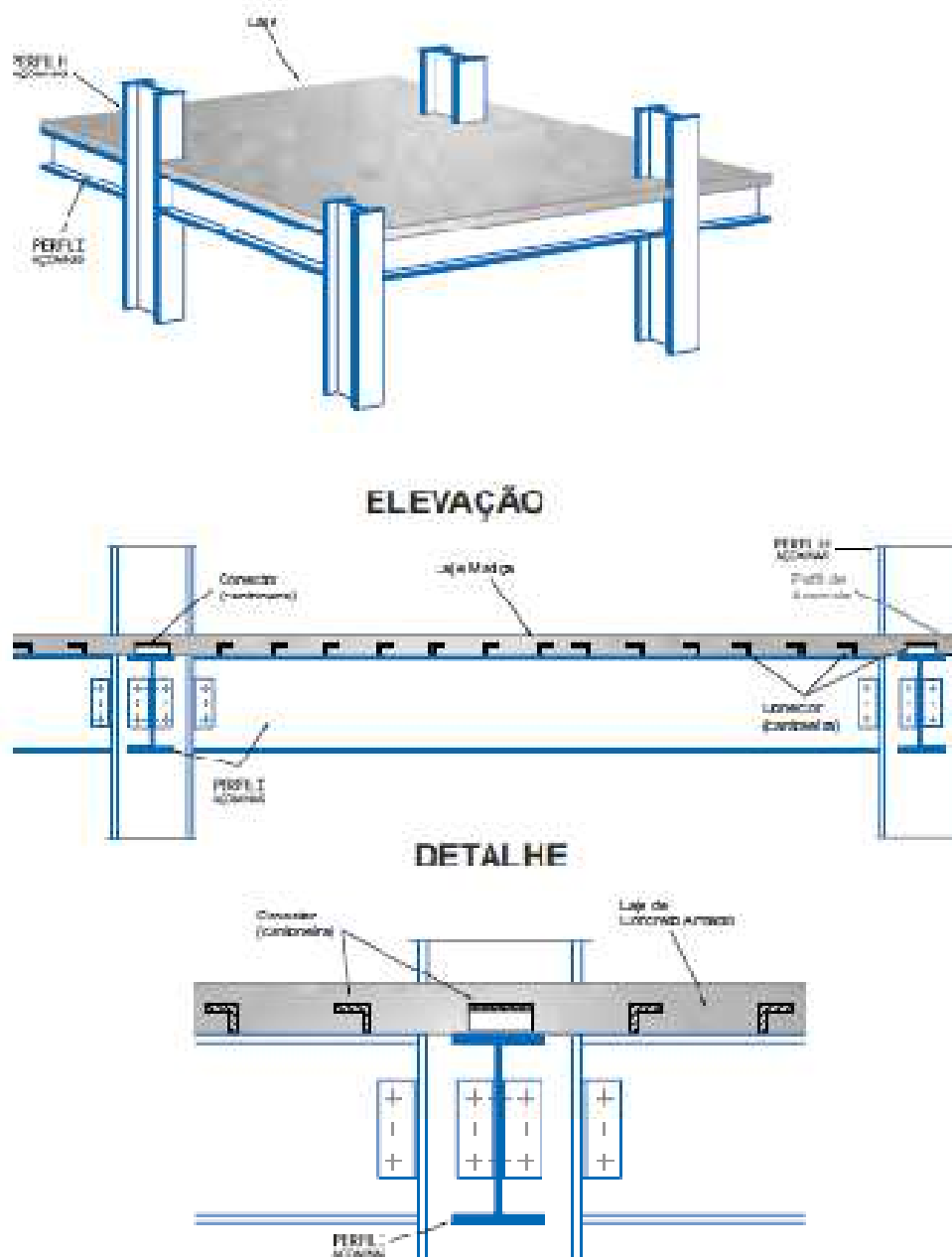


FIGURA 9: Laje em forma de aço incorporada
(FONTE: MANUAL DE INTERFACES CBCA – 2006)

6.3.6) Telas soldadas galvanizadas

São telas utilizadas para a ligação da estrutura metálica com a alvenaria e para fazer a amarração entre as alvenarias.

São telas soldadas produzidas com fio de 1,65 mm de diâmetro e malha de 15x15 mm, galvanizadas para proporcionar maior proteção contra corrosão.

Confeccionadas em diversos tamanhos atendem às dimensões dos blocos cerâmicos e de concreto nas medidas mais utilizadas na execução de alvenaria. Com a utilização de novos sistemas construtivos novos materiais vêm sendo desenvolvidos para suprir as necessidades de novas tecnologias. Estas telas reduzem as operações no canteiro de obras racionalizando e facilitando a execução do serviço.

Segundo o fabricante das telas, Belgo, as principais características das telas são evitar fissuras que podem ocorrer nas ligações entre estrutura e alvenaria e facilitar o trabalho de amarração da alvenaria. Sua utilização dispensa a tradicional amarração entre blocos, aumentando, conseqüentemente, a produtividade e qualidade dos serviços.

Segundo recomendações do fabricante, para fazer a ligação entre estrutura e alvenaria a estrutura deve estar limpa. A superfície da estrutura deve ser chapiscada com argamassa de cimento e areia ou realizada aplicação de argamassa de assentamento. A fixação da tela na estrutura deve ser feita utilizando finca pinos. As telas deverão ser deixadas paralelas à estrutura até o assentamento da fiada da alvenaria. Após o assentamento da tela sobre o bloco é aplicada argamassa sobre a tela e bloco envolvendo-a o máximo possível. É importante obter a máxima aderência entre a estrutura, a tela e os blocos preenchendo completamente com argamassa a junta vertical entre a estrutura e a alvenaria.

6.4) ESTUDO DE VIABILIDADE

6.4.1) Paradigmas das estruturas de aço

“A estrutura de aço é cara...”, “o aço enferruja”, “existem dificuldades com as interfaces” ou então “o aço precisa de proteção contra fogo”, esses e muitos outros são os paradigmas relacionados com a construção de aço (PINHO, 2008).

Segundo Pinho (2008) a estrutura de aço:

- é muito mais rápida de se produzir, é mais eficiente, viabilizando um retorno de capital muito maior;
- é muito mais flexível, tornando a chave para a utilização do material;

- é preciso, são produzidas com precisão em milímetros, com interfaces projetadas e planejadas para tornar as ligações entre estruturas muito mais simples;
- tem alta resistência, por isso é capaz de possibilitar elementos com menores dimensões e com alta capacidade de vencer grandes vãos;
- é 100% reciclável, podendo-se dizer que é o único produto no mundo que pode ser 100% reciclado para qualquer outro fim.

A quebra do paradigma começa com a segurança ofertada ao engenheiro na execução da obra, que garantirá ao seu cliente, com transparência e exatidão, a sua obra com a qualidade esperada e com o prazo adequado (POMARO, 2011).

6.4.2) Quando construir em aço?

Segundo Pinho (2008) a decisão de quando e como construir em aço depende das necessidades da obra e das características de cada sistema. Assim a melhor pergunta a se fazer é: “que tipo de estrutura é mais adequada para a minha obra?”

Ao avaliar o sistema estrutural, as principais características da obra definirão quais sistemas serão melhores. Sugere-se utilizar um quadro de comparações colocando as suas necessidades principais ao lado de qual estrutura melhor atende, pontuando as mesmas. Após isso, classificar as características principais (PINHO, 2008) como exemplificado na tabela abaixo.

Características da obra	Peso	Nota → mérito	
		Sistema A	Sistema B
Tipo de fundação			
Tempo de construção			
Tipo de ocupação			
Disponibilidade e custo dos materiais			
Recursos do construtor			
Local da obra e acessos			
Possibilidade de ampliações e adaptações			
Compatibilidade c/ sistemas complementares			
Manutenção e reparos			
Vãos livres e altura da edificação			
Proteção contra a corrosão			
Proteção contra fogo			
Estética			
Desperdício de materiais e de mão de obra			
Segurança do trabalhador			
Custos financeiros			
Adequação ambiental			
Qualidade e durabilidade			
Desempenho			
Inconfortos para as áreas próximas			
Média ponderada = $\Sigma (\text{Peso} \times \text{Nota}) / \Sigma \text{Peso} \rightarrow$		Média do Sistema A	Média do Sistema B

TABELA 1: Avaliação de desempenho estrutural

6.4.3) Viabilidade econômica do empreendimento

Como visto no item 6.4.1 um dos paradigmas da construção em aço é o custo. Esta percepção pode estar equivocada ao se avaliar somente o custo direto da construção e deixar de lado as despesas indiretas, e as demais análises financeiras envolvidas no processo de viabilidade econômica da obra (PINHO, 2008).

Quando se forma o custo da obra é necessário considerar: os custos diretos (CD) somados às despesas indiretas (DI), e que associando aos lucros/bônus (B) esperados teremos a formação de preço final, que é igual $PV=CD+BDI$ (PINHO, 2008).

O resultado de um lucro/bônus não será dado somente pelo valor agregado aos custos, mas também pela relação de tempo de produção desse produto. Com isso ter-se-á um retorno melhor de investimento que é o retorno de capital investido mais rápido.

A estrutura metálica gera um melhor ponto de equilíbrio da obra porque causa redução nos custos fixos e aumento dos custos variáveis ocasionados pela aceleração do empreendimento. E nesse aspecto que as obras de estruturas metálicas fazem diferença porque reduzem o tempo de obra sem onerar nos custos variáveis comuns nos diversos sistemas estruturais (PINHO, 2008).

7) DEFINIÇÃO DA ESTRATÉGIA E MÉTODOS DE PESQUISA

Esta pesquisa foi desenvolvida a partir de um estudo de caso de natureza qualitativa aplicada.

A partir de pesquisa bibliográfica e do acompanhamento da execução de uma obra de construção mista em aço e concreto de uma edificação de 155,6m² em um condomínio de médio padrão em Curitiba, o estudo demonstra a viabilidade econômica desta construção.

8) PROCEDIMENTOS METODOLOGICOS

Para o desenvolvimento deste estudo de caso foram utilizadas informações fornecidas pela empresa construtora através de entrevistas, orçamentos estimados, cronogramas físico-financeiros, projetos e outros documentos necessários para a análise da viabilidade.

No estudo de caso será apresentado os detalhes da obra como os projetos, o canteiro de obra, a montagem das peças e por fim a especificação da obra.

Com os projetos, orçamentos e cronogramas disponíveis foi apresentado o estudo de viabilidade técnica que demonstrará a metodologia utilizada para a definição do sistema mais adequado. Na sequência foi apresentada a formação dos custos da obra e com esses dados foram gerados os índices econômicos.

Este trabalho foi concluído com a análise da viabilidade técnica, custos e prazos.

9) ESTUDO DE CASO

9.1) APRESENTAÇÃO DA OBRA

9.1.1) Projeto Arquitetônico

O projeto arquitetônico da residência em estudo foi desenvolvido desde o início incorporando decisões de modo a potencializar as características do sistema construtivo misto aço/concreto. Já no estudo preliminar e em seguida no anteprojeto as definições representaram grande parte dos custos da obra. Desenvolvendo o projeto arquitetônico em conformidade com o projeto de estrutura metálica, considerando seus conceitos e condicionantes, foi possível otimizar a racionalização dos custos.

Na concepção do projeto foram considerados relevantes, segundo os responsáveis pelo desenvolvimento dos projetos:

- utilização de vãos compatíveis com as deformações admissíveis dos materiais;
- os subsistemas e demais elementos foram definidos antecipadamente, optando por sistemas complementares compatíveis e adequados com as características da estrutura em aço;
- foram incorporados à arquitetura detalhes construtivos eficientes para as interfaces entre a estrutura e as vedações;
- antever o processo de construção com o objetivo de evitar desperdícios de materiais e mão de obra e assim utilizar com mais eficiência os recursos financeiros.

O anteprojeto arquitetônico foi desenvolvido simultaneamente com os projetos de estrutura metálica e de instalações e as interferências entre os subsistemas foram consideradas e revistas já na fase de projeto. Devido à velocidade de execução da obra fica difícil solucionar de forma satisfatória as interferências

somente na fase de execução e isso pode comprometer a sequência de execução atrasando os prazos de entrega da obra.

O projeto e a construção da residência, além de obedecer às normas urbanísticas da Prefeitura Municipal de Curitiba, obedecem às normas de construção estabelecidas na convenção de condomínio e o projeto foi aprovado pelo corpo técnico do condomínio.

A residência possui área construída total de 155,59m² locada em terreno com área de 200,00m² em condomínio na cidade de Curitiba, Paraná. A implantação da residência no terreno foi facilitada pela sua topografia plana. Atendendo padrões de conforto ambiental foi considerada a insolação para disposição dos ambientes e a proposta de aberturas para proporcionar a ventilação cruzada.

Abaixo temos a figura 10 com a perspectiva da obra para apreciação:



FIGURA 10: Perspectiva da fachada da obra

As diferenças de volumes entre as peças projetadas, como visto na figura 10, através do uso de sacadas, elevação da caixa água e pé direito duplo na sala de estar, determinou o visual da residência com linhas contemporâneas tornando possível utilizar uma estrutura metálica de forma mais esbelta e eficiente.

No pavimento térreo localizam-se os ambientes sociais. O objetivo foi a integração dos espaços, visto que a estrutura em aço possibilita a utilização de maiores vãos livres. A sala de estar tem uma porta de grande abertura visando a integração com a sala de jantar e a cozinha. A sala de jantar tem acesso a uma área de churrasqueira externa integrada com o jardim. Estão também localizados no térreo a área de serviço, um lavabo e foi possível obter vagas para dois carros na garagem descartando a idéia de um subsolo o que aumentaria o custo da obra e a probabilidade de problemas de manutenção devido ao recorte do terreno. Abaixo, a figura 11 da planta térrea:



FIGURA 11: Perspectiva planta térrea

No pavimento superior está a área íntima da residência. Três quartos (sendo um suíte) e um banheiro social. Um mezanino promove a integração visual entre os dois pavimentos, conforme na figura 12 abaixo:



FIGURA 12: Perspectiva planta superior

9.1.2) Projetos Estruturais

O projeto estrutural foi desenvolvido a partir do estudo preliminar do projeto arquitetônico e concomitantemente com o anteprojeto arquitetônico.

O projeto de fundação e de estrutura metálica foi desenvolvido a partir dos cálculos resultantes da aplicação das cargas e dos esforços de projeto que a estrutura deverá suportar quando estiver completa e acabada. Considerando também cargas de elementos não estruturais, tais como, fechamentos, divisórias internas e outros elementos que possam introduzir ou transmitir cargas para a estrutura durante ou depois da montagem.

No projeto de estrutura metálica consta claramente como deverá ser executado a estrutura através de plantas, cortes e detalhamentos da junção entre os

diferentes elementos estruturais. O projeto fornece informações com suficiente precisão das dimensões, quantidades e natureza das peças da estrutura. Esclarece também detalhes construtivos e outras informações de execução, o Anexo II demonstra a projeção em 3D de como será a obra.

O projeto da estrutura metálica foi feito por um engenheiro especializado neste tipo de estrutura. Este repassou todas as informações ao engenheiro civil do corpo técnico da construtora que foi o responsável pelo projeto da fundação a serem executadas em concreto armado.

Com o projeto da estrutura metálica pronto este foi repassado ao fornecedor da estrutura para fabricação das peças conforme especificações do projeto estrutural.

9.1.3) Estrutura em aço

O fabricante da estrutura metálica entregou na obra os perfis de aço e estes foram cortados e identificados pela própria construtora sob supervisão do engenheiro responsável.

Para facilitar a montagem das peças estas foram identificadas com etiquetas seguindo o projeto estrutural. Os parafusos, porcas, arruelas e outras pequenas peças são guardadas em recipientes separados por tipo, comprimento e diâmetro facilitando e tornando a montagem mais eficiente.

Priorizando o fator econômico da obra e também para facilitar o processo os perfis utilizados foram os padrões de mercado. Somente as placas de base e os parafusos foram feitos sob encomenda. Um ponto desfavorável para a logística da construção em aço foi o fornecimento de parafusos, ligações e outros componentes da estrutura, pois não foram encontradas empresas que vendessem no mercado o conjunto dos itens necessários para montar a estrutura.

9.1.4) Canteiro de obras

Como canteiro de obras foi utilizado o terreno ao lado do qual foi implantada a residência. Este espaço também foi utilizado para montagem das peças. Algumas peças eram grandes e a movimentação precisou ser coordenada para facilitar o processo.

Como vias de acesso para descarga das estruturas foram utilizadas as ruas do condomínio já pavimentadas.

9.1.5) Limpeza e preparação da superfície

As peças foram armazenadas em um espaço coberto dentro do canteiro de obras, porém ainda assim algumas sofreram oxidação. Para limpeza e preparação da superfície antes da utilização as peças que apresentaram oxidação e sujeiras foram lixadas e utilizado um primer de fundo.

9.1.6) Montagem

A montagem da estrutura foi feita por um soldador pleno e mais dois ajudantes, funcionários da construtora com experiência comprovada em currículo, e acompanhada pelo engenheiro de execução funcionário da própria construtora.

A construtora foi responsável pela locação da obra e pela precisão topográfica das sapatas de concreto e da instalação das placas de base. Os chumbadores, ganchos de ancoragem, insertos e outros itens embutidos no concreto foram posicionados pela construtora de acordo com os desenhos de locação das bases conforme indicado pelo projetista estrutural.

As placas de base de colunas a serem fixadas no concreto e as bases de concreto bruto recebem uma aplicação de argamassa fluida e anti-retrativa com a finalidade de garantir, após seu endurecimento e cura, a transferência das cargas da estrutura para as bases pelo perfeito contato que proporciona entre as superfícies. Este procedimento é feito logo após a instalação e devem ser verificados quanto ao nível e alinhamento.

Para ligação da estrutura metálica com a alvenaria de blocos de concreto e amarração das alvenarias serão utilizadas as Telas Soldadas Galvanizadas para Alvenaria BelgoFix. Este material evita fissuras que podem ocorrer nas ligações entre estrutura e alvenaria, facilita o trabalho de amarração das alvenarias aumentando a produtividade e qualidade dos serviços. As telas são fixadas na estrutura utilizando finca pinos.

9.2) ESPECIFICAÇÕES DA OBRA

<i>Fundação (Anexo I)</i>		
	- estacas perfuradas manual até 5m de profundidade	- concreto fck 20mpa
	- vigas baldrame armadas	-impermeabilizadas com emulsão asfáltica
<i>Estrutura (Anexo II)</i>		
	- concreto armado	- concreto fck 20Mpa – moldado in loco

		- armaduras Aço CA-50 e CA-60.
	- estrutura metálica	- aço A-36 250Mpa - aço A-572 345 Mpa - perfis H e I
	- placas de base - parafusos das placas	- tamanhos variáveis de 25x25cm, 25x30cm, 30x35cm, 35x35cm, 40x40cm. - espessura de 15 e 18mm - de 12 e 16mm com comprimento de 30, 35, 40, 45, 60 e 65cm
	- lajes	- com vigotas pré-moldadas e concreto usinado
<i>Alvenaria</i>		
	- paredes externas e internas nas áreas úmidas (banheiros, cozinha e área de serviço)	bloco de concreto 14x19x39cm
	- paredes internas secas	- estrutura metálica e gesso acartonado tipo drywall com isolamento acústico
	- reboco das alvenarias	- reboco fino ou grosso com argamassa usinada na proporção de 6 partes de argamassa para 1 parte de cimento.
<i>Esquadrias</i>		
	- esquadrias, ferragens e vidros	- vidro temperado incolor com ferragens brancas
<i>Cobertura</i>		
	- estrutura para o telhado	- madeira tipo pinus ou cambará
	- telha	- zincada ondulada na cor branca
	- calhas coletoras	- alumínio
<i>Acabamentos internos</i>		
	- paredes	- reboco fino, massa corrida e pintura acrílica.
	- tetos	- reboco, massa corrida e pintura acrílica na cor branca.
<i>Acabamentos externos</i>		
	- paredes	- reboco fino ou grosso e textura tipo grafiato.
	- molduras em torno das janelas e portas	- textura em rolo fino
	- frisos	- pintura lisa
	- volumes	- revestidos com litocerâmica
	- soleiras de janelas e portas	- granito
	- guarda corpo sacada	- vidro laminado 4+4mm com ferragens brancas

10) ESTUDO DE VIABILIDADE

O estudo de viabilidade foi possível devido à disponibilidade da construtora em conceder entrevistas, fornecer dados estimados e informações para que a análise resultasse em informações as mais próximas da realidade.

Obteve-se a colaboração nas entrevistas da arquiteta, os engenheiros projetistas da fundação, estrutura metálica e do engenheiro de execução, assim como da diretoria da empresa que pode proporcionar a análise deste estudo de caso.

Para a análise dos fatores técnicos, da formação do custo da obra e da viabilidade econômica foram utilizados os modelos e as informações disponibilizadas no manual da CBCA de Estudo de Viabilidade Econômica.

10.1) TÉCNICA

No início de projeto é necessária a realização de um estudo apropriado para validar qual o sistema construtivo pode ser utilizado. A pesquisa deste sistema não deve utilizar somente as informações das vantagens e desvantagens e/ou seus custos comparativos. Devem ser pesquisados todos os processos que envolvem uma construção, avaliando criteriosamente e por fim definindo a melhor estrutura para a obra em si.

Porém este tipo de pesquisa e de avaliação não é simples de ser realizada, pois a faltam metodologias abrangentes que permitam comparações levando em conta todos os aspectos importantes, que podem ser limitações, ou alternativas diferentes de qualidade e desempenho que influencie diretamente ou indiretamente na execução do serviço como um todo, assim como outros benefícios ocultos que surgem somente no andamento da mesma.

A empresa informou não utilizar no desenvolvimento do projeto nenhuma metodologia de avaliação para a tomada de decisão, a mesma foi embasada por uma ideologia da empresa e do diretor técnico, que é o engenheiro civil executor deste projeto, de criar um produto versátil e que permitisse ao cliente ter a sua obra executada pelo mesmo custo de um sistema convencional e com um tempo menor de execução.

Após conhecimento e aprovação do diretor técnico e engenheiro projetista da estrutura metálica é que foram aplicados no processo de análise de viabilidade a metodologia de avaliação desenvolvida pela CBCA, publicada no Manual de Viabilidade Econômica, e possibilitando certificar que a decisão técnica tomada obteria o resultado esperado e alcançaria o sucesso do projeto.

10.1.1) Metodologia e Resultados da Avaliação Técnica

A metodologia de avaliação desenvolvida pela CBCA utiliza uma lista de características baseadas no sistema estrutural metálico, pela experiência e cultura das

construtoras do mercado. Os pesos e notas devem ser definidos pelas particularidades de cada obra gerando notas que resultam numa média ponderada e fornecendo um resultado final.

As características propostas no manual da CBCA foram utilizadas na íntegra. Somente a interpretação e definição dos materiais/serviços/atividades foram personalizadas conforme solicitado pela diretoria técnica da empresa.

Os pesos foram classificados de 1 a 5 sendo:

01 Ponto para indiferente;

02 Pontos para pouco importante;

03 Pontos para importante;

04 Pontos para muito importante;

05 Pontos para importantíssimo.

As notas foram classificadas de 1 a 10 conforme o mérito de cada sistema estrutural, sendo:

Nota 01 para não avaliado;

Nota 03 para não atende;

Nota 05 para atende baixo;

Nota 08 para atende;

Nota 10 para atende superior.

Abaixo segue a lista das características e das informações coletadas do diretor técnico e do engenheiro executor:

- Tipos de fundação: nesta obra possui solo firme permitindo suporte de grandes cargas, e não possui vizinhos com estruturas de subsolo.
- Tempo de construção: nesta obra o tempo não era o principal fator, mas a construtora buscava um diferencial junto aos seus concorrentes, que seria a entrega da obra no menor tempo possível.
- Tipo de Ocupação: nesta obra que é uma residência unifamiliar de 02 pavimentos tem um grau de dificuldade construtiva pequena,

pois as características são simples e para os seus usuários não apresenta diferencial no sistema construtivo escolhido.

- Disponibilidade e custo dos materiais: o mercado de Curitiba, local desta obra, conta com diversos fornecedores de materiais para todos os sistemas construtivos. O que gerou um impacto maior foram o prazo de entrega e também a especialização de cada fornecedor e falta de integração entre os mesmos.
- Recursos do Construtor: a disponibilidade de recursos de mão de obra no mercado está escassa e com preços mais altos, também os custos estão altos dos maquinários de grande porte para locação, como munck e guindastes e o aumento de preços das ferramentas geraram impacto no prazo de execução assim como no orçamento da obra.
- Local da Obra e Acessos: nesta obra os acessos e local da obra eram bons sem dificuldades nem restrições.
- Previsão de adaptações e ampliações: nesta obra a necessidade de ampliação ou adaptação é indiferente, visto que o projeto foi dimensionado para utilizar a máxima capacidade de área do terreno.
- Compatibilidade com sistemas complementares: esta obra viabilizou diversas formas de uso de sistemas de vedação e outros complementares, porém optou-se por vedação em alvenaria em bloco de concreto devido à percepção do cliente e do mercado da segurança pessoal;
- Manutenção e reparos: a obra está locada em uma região que não tem impacto ambiental crítico e de fácil monitoramento, pois pode fornecer tempo de durabilidade superior aos concorrentes, e menor custo de manutenção devido ao sistema;
- Vão livres e altura da Edificação: este item é indiferente ao sistema porque o projeto não demanda de vão livres e alturas grandes;
- Proteção contra a corrosão: nesta obra foi escolhido um método de tratamento de corrosão que permite um tempo de até 100 anos desde que protegido adequadamente e sem influências de agentes que possam gerar patologias;

- Proteção contra fogo: nesta obra foi escolhido utilizar somente o fundo primer junto com o sistema de alvenaria de concreto e os revestimentos externos com placa cimentícia;
- Estética: conforme o projeto arquitetônico a estética é muito importante, porém nesta obra não influencia nos sistemas;
- Desperdícios de materiais e mão de obra: nesta obra a redução dos desperdícios proporcionará uma melhor margem de renda para a obra, e melhorias para o meio ambiente;
- Segurança do trabalhador: nesta obra foi necessário reforçar a os sistemas de proteção individual e coletivos segurança dos trabalhadores devido aos grandes pesos das peças metálicas, trabalhos em alturas e espaço menores na montagem da estrutura;
- Custos Financeiros: o aumento de margem devido à redução do tempo de obra compensará o custo maior do terreno;
- Adequação ambiental: o uso racional de materiais é visível nesta obra, além de ter um produto totalmente reciclado.
- Qualidade e durabilidade: neste item utilizou-se a avaliação de forma diferente da colocado pelo CBCA, aqui a qualidade e durabilidade foram avaliadas por conta da maior precisão na execução da obra, aumentando a qualidade do produto final e permitindo que a durabilidade sejam maiores;
- Desempenho: nesta obra foi avaliado o desempenho de produtividade dos profissionais envolvidos, assim como as sugestões e participação de todos para a busca de soluções fáceis e viáveis;
- Incômodos para áreas próximas: nesta obra o condomínio está em formação sem vizinhos habitando o local.

Assim, com os dados acima, foram inseridos os pesos e as medidas adequadas na tabela padrão da CBCA, resultando numa média para o sistema construtivo em Aço de 8,0 (oito), para o sistema construtivo em Concreto de 7,1 (sete ponto 1) e para o sistema construtivo Misto Aço/Concreto de 8,2 (oito ponto dois). Segue abaixo a tabela 2 com os dados para apreciação:

CBCA		ESCOLHA DO SISTEMA ESTRUTURAL									
Centro Brasileiro da Construção em Aço											
Projeto:											
Item	Característica importantes da obra	Peso → de 1 a 5 Pela importância para a obra	Nota → 1 a 10 - Mérito do sistema estrutural								Sistema C
			Sistema A	Sistema B							
			AÇO	CONCRETO		MISTO					
1	Fundações	Importante	3	Atende abaixo	5	Atende abaixo	5	Atende abaixo	5	Atende abaixo	5
2	Tempo de construção	Importantíssimo	5	Atende superior	10	Atende	8	Atende superior	10	Atende superior	10
3	Tipo de ocupação	Importante	3	Atende	8	Atende	8	Atende	8	Atende	8
4	Disponibilidade e custo Materiais	Importantíssimo	5	Atende abaixo	5	Atende superior	10	Atende superior	10	Atende abaixo	5
5	Recursos do construtor	Importantíssimo	5	Atende	8	Atende abaixo	5	Atende	5	Atende	8
6	Local da obra e acessos	Pouco importante	2	Atende	8	Atende	8	Atende	8	Atende	8
7	Possibilidade de adaptações e ampliações	Indiferente	1	Atende abaixo	5	Atende abaixo	5	Atende abaixo	5	Atende abaixo	5
8	Compatibilidade c/ sist. complementares	Importante	3	Atende superior	10	Atende abaixo	5	Atende superior	10	Atende superior	10
9	Manutenção e reparos	Importante	3	Atende	8	Atende	8	Atende	8	Atende	8
10	Vãos livres e altura da edificação	Indiferente	1	Não avaliado	1	Não avaliado	1	Não avaliado	1	Não avaliado	1
11	Proteção contra a corrosão	Importante	3	Atende abaixo	5	Atende superior	10	Atende superior	10	Atende	8
12	Proteção contra fogo	Importante	3	Atende	8	Atende superior	10	Atende superior	10	Atende superior	10
13	Estética	Importantíssimo	5	Atende	8	Atende	8	Atende	8	Atende	8
14	Desperdício de materiais e mão de obra	Importantíssimo	5	Atende superior	10	Não atende	3	Não atende	3	Atende superior	10
15	Segurança do trabalhador	Importantíssimo	5	Atende abaixo	5	Atende	8	Atende	8	Atende abaixo	5
16	Custos financeiros	Importantíssimo	5	Atende superior	10	Atende abaixo	5	Atende superior	10	Atende superior	10
17	Adaptação ambiental	Muito importante	4	Atende superior	10	Atende	8	Atende	8	Atende superior	10
18	Qualidade e durabilidade	Muito importante	4	Atende superior	10	Atende	8	Atende	8	Atende superior	10
19	Descontínuo	Importantíssimo	5	Atende superior	10	Atende	8	Atende superior	10	Atende superior	10
20	Inconfortos para as áreas próximas	Pouco importante	2	Atende abaixo	5	Atende abaixo	5	Atende abaixo	5	Atende abaixo	5
Média = Σ(peso x nota) / Σ peso →		72	8,0		7,1				8,2		
Sistema mais adequado para a obra →		Sistema C									

TABELA 2: Escolha do sistema estrutural

A empresa construtora com a análise técnica constatou que é viável construir uma residência no sistema construtivo misto aço/concreto, pois poderão ter os benefícios:

- Tempo: uma construção mais rápida;
- Custos: possibilidade de equiparação, visto que mão de obra está escassa e muito cara;
- Custos: redução de materiais devido a menos perdas e retrabalhos;
- Qualidade: melhor precisão na execução, muita mais durabilidade do sistema;
- Qualidade: colaboração com o meio ambiente, menos resíduos, além de o aço ser 100% reciclado.

10.2) FORMAÇÃO DO CUSTO TOTAL DA OBRA

Para a formação de custos da obra utilizou as informações fornecidas pela diretoria técnica, e leva em conta os Custos Diretos (CD) que, na construção de um sistema misto Aço/Concreto, pode aparentar ser muito alto. Mas neste tipo de obra é importante levantar e avaliar as Despesas Indiretas (DI), e também os valores não mensuráveis que podem ser detectados e atribuídos Custos Fictos (CF) compensando alguns Custos Diretos, gerando assim um orçamento base para a obra.

10.2.1) Orçamento da obra

O orçamento apresenta os valores dos Custos Diretos (CD) que são: mão de obra, materiais, equipamentos e projetos. Conforme o levantamento quantitativo e os preços de mercado fornecidos pela empresa, gerou-se o orçamento para a obra do estudo de caso utilizando o sistema misto aço/concreto conforme as tabelas abaixo:

Mão de Obra							
Item	Descrição	h/mês	Custo Salário	Qtde	Tempo Obra Meses	Custo Mês	Total Custo Período
1	Mestre de Obras	220	3.287,15	1	5	3.287,15	16.435,76
3	Profissional	220	2.361,86	3	5	7.085,57	35.427,84
4	Meio Profissional	220	1.759,78	1	5	1.759,78	8.798,88
5	Servente / Ajudante	220	1.506,96	2	5	3.013,92	15.069,60
6	Engenheiro (visita técnica)	32	915,76	1	5	915,76	4.578,82
TOTAL			9.831,51	8		16.062,18	80.310,90
						p/ m2	516,17
						c/BDI	97.296,65

TABELA 3: Custo de Mão de Obra

Material			
Item	Descrição	Custo Total	Peso
1	SERVIÇOS PRELIMINARES	3.286,99	3%
2	MOVIMENTAÇÃO DE TERRA	1.524,39	1%
3	INFRA E SUPRA-ESTRUTURA	34.755,28	27%
4	PISO	6.113,70	5%
5	PAREDES E PAINÉIS	14.800,23	11%
7	COBERTURA	7.808,94	6%
8	ACABAMENTOS PAREDE E TE	12.963,29	10%
9	ESQUADRIAS	18.521,95	14%
10	PINTURA	5.813,01	4%
11	HIDRAULICA	13.372,51	10%
12	INSTALAÇÕES ELÉTRICAS	10.093,45	8%
13	LIMPEZA GERAL DA OBRA	635,15	0%
TOTAL		129.688,90	100%
	p/m2	833,53	
	c/BDI	157.118,10	

TABELA 4: Custo de Material

Projetos		
1	Arquitetônicos	2.889,75
2	Complementares	3.111,80
TOTAL		6.001,55
	p/m2	20,00
	c/BDI	7.270,88

TABELA 5: Custo de Projetos

Resumo ORÇAMENTO		
1	Mão de Obra	80.310,90
2	Material	129.688,90
3	Projetos	6.001,55
4	BDI	45.684,28
TOTAL		261.685,63

TABELA 6: Resumo do Orçamento

10.2.2) Definição do BDI

A definição do BDI considerou a estimativa dos Custos Indiretos (CI), acrescentado dos impostos e do lucro, assim a formação do BDI ficou conforme apresentado na tabela 7:

BDI		
1	Custos Indiretos	4,00%
2	Impostos	8,15%
3	Lucro	9,00%
TOTAL		21%

TABELA 7: Apresentação do BDI

10.2.3) Definição do preço de Venda

A definição do preço da obra considerou além do orçamento apresentado no Item 10.2.1, o custo do terreno e o valor de mercado para a venda do imóvel. O valor de venda utilizado está baseado na pesquisa de mercado realizada pelo Sinduscon PR em Julho de 2011. Assim o preço de venda ficou em torno de R\$ 3.085,00 o metro quadrado da obra, perfazendo um total de R\$ 480.000,00 (arrendado).

10.3) ESTUDO DE VIABILIDADE ECONÔMICA

Após o levantamento de dados e definição do método construtivo e definição dos custos, será apresentado o estudo da viabilidade econômica para a obra do estudo de caso.

10.3.1) INVESTIMENTO

Conforme as informações prestadas pela empresa o investimento total despendida para a execução desta obra foi de R\$ 177.000,00, sendo o custo do terreno de R\$ 137.000,00 e o montante de R\$ 40.000,00 para início da obra.

Os demais custos da obra foram dividido em parcelas conforme o cronograma físico financeiro estimado e inserido no fluxo de caixa em pagamentos postergados.

10.3.1) DESPESAS DIVERSAS

As despesas diversas informadas pela empresa foram as básicas: IPTU, Energia, Água/Esgoto, Telefone/Internet, Taxas e emolientes, despesas Cartorárias e despesas administrativas. Conforme a tabela 8 abaixo segue os valores apresentados:

Despesas Imóveis	
1 IPTU	250,00
2 Luz	700,00
3 Água	350,00
4 Telefone/Internet	200,00
5 Doc.Incorporação/Cartorio	200,00
6 Taxas e Emoluentes	1.100,00
TOTAL	2.800,00

Despesas Administrativos	
1 Material	200,00
2 Contador	200,00
3 Bancos	2.300,00
4 Equipamentos Escritorio	300,00
5 Diversos	200,00
TOTAL	3.200,00

TABELA 8: Despesas

As despesas diversas não incluem os impostos e a comissão de venda devido a esses valores influenciar nos índices da viabilidade e serem desembolsados efetivamente no final da obra ou até mesmo no final do ano. Assim os impostos e a comissão de venda serão apresentados no Demonstrativo de Resultados (DRE).

10.3.2) FLUXO DE CAIXA

A empresa não nos forneceu o fluxo de caixa, logo para a análise dos índices de viabilidade e com os dados informados montou-se um fluxo de caixa modelo que permitiu a geração dos índices estimados.

Para a formulação utilizou-se dos valores do cronograma físico-financeiro pelo período de execução estimado da obra, com os valores de aportes de investimentos conforme a empresa especificou por período. Assim apresenta-se a tabela 9 com o fluxo de caixa previsto e utilizado.

FLUXO DE CAIXA							
Meses	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ
Aportes de Investimento	157.000	20.000					
Geração de caixa:							
(+) Entradas de Caixa							
Receitas	-	-	360.000	-	-	-	120.000
(-) Sairas de Caixa							
Custos	174.428	22.736	18.373	51.953	71.332	54.528	22.684
Total de saídas:	174.428	22.736	18.373	51.953	71.332	54.528	22.684
(=) Saldo do período	-174.428	-22.736	341.627	-51.953	-71.332	-54.528	97.316
FLUXO c/ INVESTIMENTO	(17.428)	(2.736)	341.627	(51.953)	(71.332)	(54.528)	97.316
Fluxo de caixa acumulado	(17.428)	(20.164)	321.463	269.510	198.178	143.650	240.967
Tempo de PayBack	0,0	0,0	-0,9	0,0	0,0	0,0	0,0

TABELA 9: Fluxo de Caixa

10.3.3) DEMONSTRATIVO DE RESULTADO (DRE)

Para a formulação do Demonstrativo de Resultado utilizou-se o modelo simplificado para avaliar a receita operacional, margem de contribuição e o lucro bruto antes do Imposto de Renda, fornecendo por fim o resultado líquido.

Conforme a tabela 10 a margem de contribuição da obra ficou em 55,77% após todos os descontos do custo de fixo (construção) e custo variável (despesas diversas). Realizando o desconto do custo do terreno (investimento) resultou um lucro bruto de 4,54%.

DRE	Meses	TOTAL	%
Período	7		
RECEITA R\$	480.000,00	480.000,00	100,00%
Impostos R\$	29.520,00	29.520,00	6,15%
%Com.Vendas/MKT (5%)	24.000,00	24.000,00	5,00%
Receita Operacional	426.480,00	426.480,00	88,85%
Custo Fixo	261.685,63	261.685,63	
Custo variavel	6.000,00	6.000,00	
CUSTO CONSTRUÇÃO	267.685,63	267.685,63	55,77%
CUSTO TERRENO	137.000,00	137.000,00	32,12%
LUCRO BRUTO	21.794,37	21.794,37	4,54%
IR 5%	1.089,72	1.089,72	
LUCRO LÍQUIDO	20.704,65	20.704,65	4,31%

TABELA 10: Demonstrativo de Resultado (DRE)

Analisando o resultado do lucro bruto verifica-se que o valor do terreno comparando com o custo construção representam 51%, proporcionando um resultado líquido abaixo da média de mercado para as construtoras, conforme dados apresentados abaixo na tabela, dos últimos 07 anos de 11,14%.

Data	Residência em cond.	Sobrado em cond.	Salas Com.	Ibovespa (renda variável)	CDI (renda fixa)
2003	20,91	26,37	3,09	97,34	16,81
2004	11,64	7,28	15,20	17,81	17,46
2005	-9,79	1,17	0,88	27,71	18,15
2006	13,35	10,05	6,07	32,93	13,14
2007	23,24	12,97	17,08	43,65	11,11
2008	1,50	27,55	26,77	-41,22	13,49
2009	9,77	12,83	29,39	82,66	8,61
2010*	18,51	14,22	6,63	1,23	7,01
Acumulado	124,63	180,39	160,32	516,17	168,79

Nota: Em 2010* até junho.

Fonte: Instituto BRIDI, Banco Central do Brasil e Bovespa

TABELA 11: Rendimentos Anuais e Acumulados Comparativos para Salas Comerciais, Residências e Sobrados em Condomínios

10.3.4) RESULTADOS ECONÔMICOS

Utilizando os dados do fluxo de caixa conforme o item 10.3.2., calculou-se o VPL – Valor Presente Líquido, a TIR – Taxa Interna de Retorno e o ROI – Return On Investment:

RENTABILIDADE DO PROJETO	
TAXA DE DESCONTO	12,0000%
INVESTIMENTO INICIAL	177.000,00
Valor Presente do fluxo de caixa	225.421,70
VPL - Valor Presente Líquido	402.421,70
TIR - Taxa Interna de Retorno	9,4%
ROI - (Return On Investment)	225.421,70

TABELA 12: Índices de Rentabilidade

Considerando a taxa de desconto, ou taxa interna, de 12% a.a. com o investimento inicial de R\$ 177.000,00 resultou num VPL de R\$ 404.421,70, que representa o valor do capital descontando a taxa e o investimento inicial.

Com o resultado do VPL conseguiu-se avaliar que a TIR comparado ao valor de Investimento Inicial possui um resultado atrativo no mercado, comparando-se ao mercado financeiro que tem renda média de 0,9% a.m., e nesse investimento poderá render até 1,26% a.m. pelo período de 7 meses.

O ROI deste investimento, não considerando os impostos e a comissão de venda resultou em 56% do investimento inicial que é um resultado muito bom considerando os negócios de mercado.

11) ANÁLISE DE RESULTADOS

As informações da construção convencional foram fornecidas pela empresa através de um orçamento estimado e cronograma físico-financeiro desenvolvido somente para este fim e que serão apresentadas a seguir.

11.1) TÉCNICAS CONSTRUTIVAS

Comparando os sistemas, conforme informação da diretoria técnica da empresa, observaram-se diversos pontos descritos a seguir.

Na projeção das fundações a construção mista de aço/concreto permite que sejam mais rasas e com baldrames mais esbeltos reduzindo o consumo de materiais e serviços e permitindo que a instalação seja realizada em diversos tipos de solo com mais segurança, razão proporcionada pelo peso próprio da estrutura ser pelo menos 60% menor. Para visualização da estrutura de fundação foram registradas as figuras 13 e 14 para exemplificar:



FIGURA 13: Foto tirada "in loco" do bloco com a armadura do baldrame com a placa de ligação.



FIGURA 14: Foto tirada do bloco pronto e com o perfil I já instalada

A estrutura metálica permite a racionalização na execução de serviços com materiais como: armação de aço, execução de formas, transporte e lançamento de concreto, adensamento, tempo de cura devido à industrialização dos perfis que chegam prontos na obra. Outro ponto principal na utilização da estrutura metálica é a

precisão dos materiais fornecidos como os perfis, placas e parafusos, assim como nos serviços de instalação que não permite o encaixe incorreto, diminuindo retrabalhos, desperdício de material e por fim melhor qualidade do produto final. As figuras 15 e 16 apresentam como ficou a estrutura da casa finalizada e os serviços executados em conjunto.



FIGURA 15: Execução da estrutura metálica do primeiro pavimento.



FIGURA 16: Execução de diversas atividades em concomitância

Os tipos de vedação podem ser com placas cimentícias, vidros, drywall ou até mesmo blocos de concreto ou cerâmico. Esses materiais podem permitir uma racionalização do consumo e trabalho, devido o planejamento adequado através da execução de um projeto com a paginação e instalação dos materiais escolhidos, reduzindo o consumo do material e também executando com melhor precisão e menos retrabalho. Optando-se pelos tipos de vedação como placas cimentícias e drywall podem permitir a redução ou exclusão de serviços como: emboço, reboco, calfino, devido o produto ser industrializado e entregue pronto para uso na obra, reduzindo retrabalhos, desperdiçando menos material e por fim melhorando qualidade do produto final. A figura 17 apresenta o fechamento realizado em bloco de concreto, placa cimentícia e vidros.

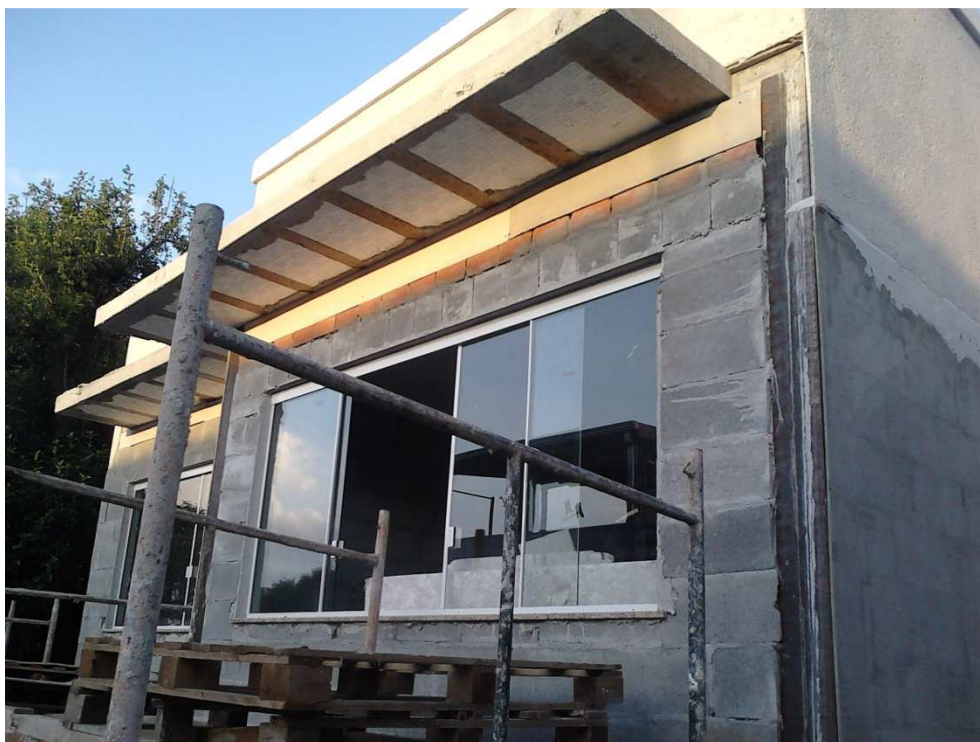


FIGURA 17: Tipos de fechamentos vidros e blocos de concreto.

Na construção de aço/concreto existe a possibilidade da execução de serviços concomitantes como montagem da estrutura, lajes, cobertura, alvenaria, fechamentos, pisos, elétrica, hidráulica, devido a estrutura metálica ser independente e auto-sustentável.

A mão de obra necessária para a montagem da estrutura metálica precisa ter experiência de mercado aliado com curso técnico. Este profissional precisa ter conhecimentos de leitura de projetos, conhecimento técnico de estrutura de armaduras como da simbologia entre outros. Além de conhecer os tipos de materiais para melhorar a solda ou fixação dos perfis.

A mão de obra dos outros serviços aplicado precisam trabalhar com maiores cuidados na execução, validando as aprumadas, alinhamentos, nivelamentos e as definições nos projetos. O comprometimento e interação da equipe toda na realização das atividades dentro dos prazos e tempos acordados é essencial para que o andamento da obra, permitindo assim todos possam trabalhar de forma conjunta, aproveitando a característica de concomitância da construção de aço/concreto.

11.2) ANÁLISE DE CUSTOS

Comparando os modelos de construção mista aço/concreto e de convencional concluiu-se que os valores de custos totais são muito próximos, isto

ocorre por conta da substituição de materiais e de serviços entre os sistemas conforme já comparados no item Comparativo Técnico.

Abaixo demonstra-se a tabela 13 com os valores comparados:

Item	Descrição	Total em AÇO	Total em Convencional
1	SERVIÇOS PRELIMINARES	16.428,00	16.428,00
2	MOVIMENTAÇÃO DE TERRA	7.435,00	8.305,00
3	INFRA E SUPRA-ESTRUTURA	70.959,00	55.574,00
4	PISO	11.460,75	14.560,75
5	PAREDES E PAINEIS	27.977,00	14.620,00
6	COBERTURA	14.195,00	14.195,00
7	ACABAMENTO DE PAREDE	13.369,47	36.930,47
8	ACABAMENTO DE TETO	11.575,00	6.622,50
9	ESQUADRIAS	25.752,00	25.752,00
10	PINTURA	14.919,00	18.599,00
11	REDE HIDRÁULICA (ÁGUA FRIA/ ÁGUA QUENTE)	2.777,67	2.777,67
12	REDE HIDRÁULICA (ESGOTO)	3.125,22	3.125,22
13	REDE HIDRÁULICA (ÁGUAS PLUVIAIS)	2.539,92	2.539,92
14	EQUIPAMENTOS PARA ÁGUA FRIA, ESGOTO E PLUVIAL	4.899,17	4.899,17
15	LOUÇAS SANITÁRIAS	5.873,06	5.873,06
16	METAIS E ACESSÓRIOS SANITÁRIOS	3.266,59	3.266,59
17	INSTALAÇÕES ELÉTRICAS	17.741,41	17.741,41
18	INSTALAÇÕES TELEFONE	981,00	981,00
19	LIMPEZA GERAL DA OBRA	1.331,24	1.331,24
	TOTAL	R\$ 256.605,49	R\$ 254.121,99

TABELA 13: Comparativo de preços de execução entre estrutura de Aço e Convencional

Também comparando os prazos de entrega na construção convencional com a construção mista aço/concreto, conforme a tabela 14 - Interativa de Análises do Empreendimento de Aço fornecida pela CBCA, constatou que a margem de retorno considerando o método de construção convencional é maior do na construção mista de aço/concreto, mas adicionando o valor do retorno dos rendimentos pelo adiantamento do prazo de entrega da obra fez com que a margem total aumentou em R\$ 32.069,56 para a construção mista de aço/concreto versus a construção convencional.

EMPREENDIMENTO EM AÇO								CUB →	ago-11													
Versão 1.0	Projeto →	Residencia Las Palmas - lote 14		Tipo →	R-1	Padrão →	Normal	R\$/m²	1199,87													
VALOR GERAL DE VENDA - VGV																						
								Área Real (AR) →	156	m²	100 % Área Real		R\$	R\$/m² (AR)								
								Área Privativa (AP) →	156	m² →												
Valor de Venda (VV) →								3.086,00	R\$/m² (AP)	VGV = VV x AP →	480.150,74	3086,00										
EMPREENDIMENTO EM CONCRETO								Margem sobre a receita →	32	% VGV	Margem →	155.659,70	1000,45									
								Custo do terreno →	29		Terreno →	137.803,26	885,68									
								Custo da construção →	39		Construção em concreto →	186.687,77	1199,87									
CONSTRUÇÃO EM CONCRETO								Área equivalente (AE) →	156	m² →	100 % Área Real											
								Custo Unitário Básico (CUB) →	100	% Custo	Custo Básico (CUB x AE) →	186.687,77	1199,87									
								Custos não incluídos no CUB →	0	Construção	Custos não incluídos no CUB →	0,00	0,00									
								Estrutura	Custo estrutura de concreto armado →	263,00	R\$/m³	13	cm esp. média	Estrutura →	5.319,62	34,19						
								Lajes	Área das lajes →	156	m² →	100 % Área Real										
								Custo laje de concreto armado →	95,00	R\$/m³	9	cm esp. média	Lajes →	1.330,29	8,55							
								Custo (Estrutura+lajes) →	4	% Custo	Estrutura em concreto →	6.649,92	42,74									
								Outros custos da construção →	96	Construção	Outros custos →	180.037,86	1157,13									
Prazo Previsto →	8	meses	Construção em concreto →	186.687,77	1199,87																	
CONSTRUÇÃO EM AÇO								Área estruturada = AR →	156	m²			R\$	R\$/m² (AR)								
								Taxa média de aço →	39	kg/m²												
								Massa da estrutura →	6.068	kg												
								Estrutura de aço	Custo dos materiais →	4,00	6,00	Estrutura de aço →										
									Custo dos serviços →	2,00				36.408,06	234,00							
									Proteção contra incêndio	Área a ser protegida →	0			m² →	0 % Área Real							
								Custo dos materiais →		0,00	0,00	Proteção contra incêndio →										
								Custo dos serviços →		0,00				0,00	0,00							
								Lajes	Área das lajes →	156	m² →			100 % Área Real								
									Custo dos materiais →	70,00	95,00	Lajes →										
									Custo dos serviços →	25,00				14.781,05	95,00							
								Custo (Estrutura+Proteção+Lajes) →								22			→ + 670 %	Estrutura em aço →	51.189,11	329,00
								5	% Custo da construção em concreto	Custo da administração e canteiro →	3	% Custo da construção em aço	→ 38 % redução (prazo)	Canteiro →	5.833,99	37,50						
								5		Custo das fundações →	4		→ 0 % redução	Fundações →	9.334,39	59,99						
								Outros custos da construção →								71			Outras reduções/acrécimos →	0,00	0,00	
								Prazo previsto →								5	meses	Construção em aço →	161.369,08	1037,14		
																			227.726,57	1463,63		
RENDIMENTO PELA ANTECIPAÇÃO DO PRAZO								Valor da locação →	154,30	R\$/m² →	5,0	% VGV										
								Taxa de ocupação média →	100	% Área privativa	Rendimento →		72.022,61	462,90								
								Taxa de juros →	1,5	% am			Juros →	1.085,74	6,98							
								Número de períodos de antecipação →	3,0	meses	Valor final do rendimento (VF) →		73.108,35	469,88								
EMPREENDIMENTO EM AÇO								Margem sobre a receita →	34	% VGV	Margem (VGV - Terreno - Construção + VF) →	187.729,26	1206,56									
								Custo do terreno →	25		Terreno →	137.803,26	885,68									
								Custo da construção →	41		Construção (Construção em aço) →	227.726,57	1463,63									
								Margem em aço - Margem em concreto →								1,5	% VGV	Diferença na margem →	32.069,55	206,12		

TABELA 14: Planilha CBCA Cálculo de Margem de Ganho

11.3) ANÁLISE DE PRAZOS

Comparando os dois sistemas constatou-se uma redução de cronograma de 02 meses no prazo de execução no sistema misto aço/concreto ocasionado por ser possível executar mais atividades paralelas sem tantas interdependências, aonde a redução de tempo tornou-se viável sem prejudicar a qualidade e o sistema.

Analisando os gráficos 01 e 02, percebe-se na execução de aço/concreto que dentro de um mesmo período tem-se uma porcentagem de atividades muito maior do que a executada na construção convencional que também é mais equilibrada e continua, até mesmo devido à dependência das atividades.

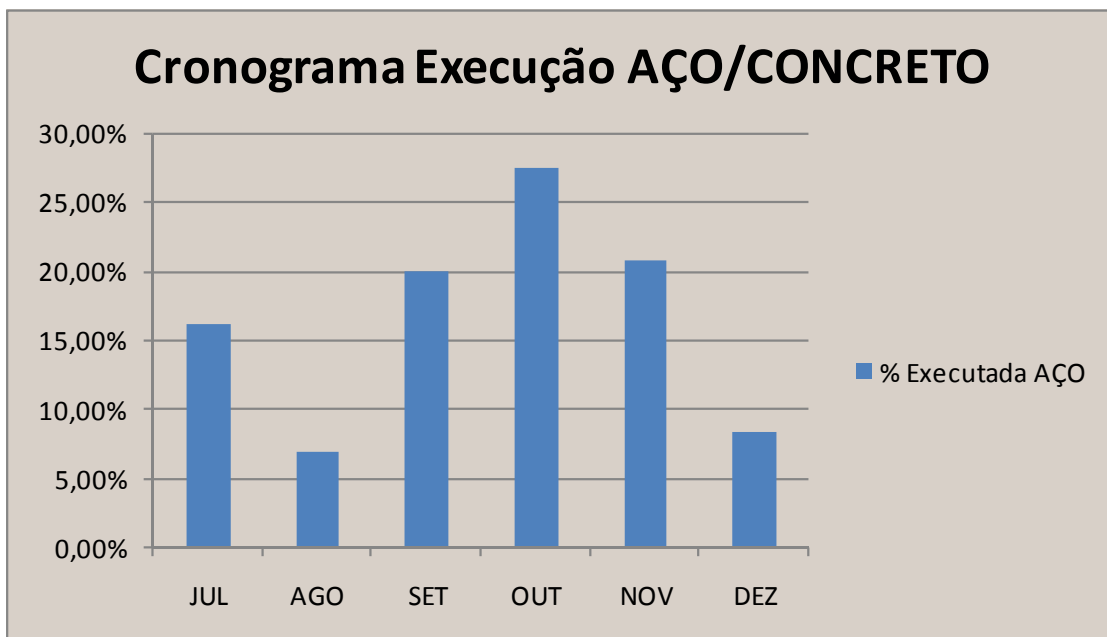


GRÁFICO 1: Cronograma de execução Mista

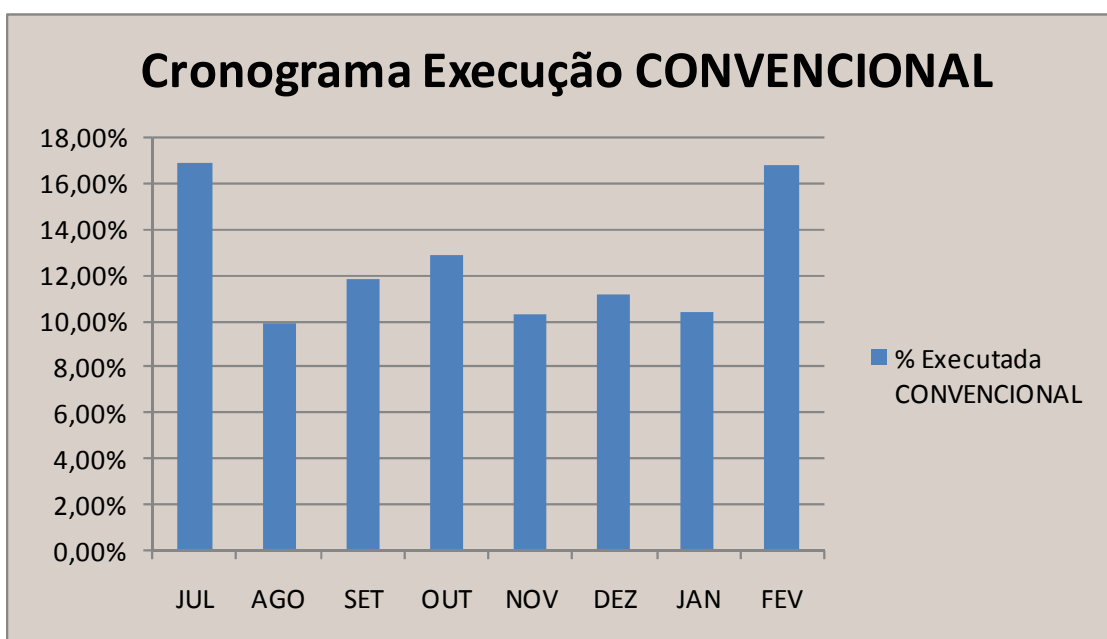


GRÁFICO 2: Cronograma de execução CONVENCIONAL

12) CONSIDERAÇÕES FINAIS

Através da análise de viabilidade conclui-se que é viável tecnicamente a construção com estrutura mista de aço/concreto porque permite racionalizar a execução dos serviços, reduzir o desperdício de materiais e ainda construir com a precisão advinda da indústria porque a estrutura metálica o permite. As viabilidades técnicas resultam ainda num prazo menor de entrega da obra, pois permitem ganhos de tempo nas execuções dos serviços e trabalhos sem tantas interdependências e

retrabalho, gerando ganhos consideráveis ao mercado da construção civil que hoje possui uma demanda maior de obras que de oferta de mão de obra, atrasos na entrega de obras e dificuldades de entrega na material base como blocos de fechamento.

Também a análise comprovou que o custo da construção com estrutura mista aço/concreto pode ser próximo ao da construção convencional o que possibilita que mais clientes possam desenvolver novos projetos e possam permitir que a construção seja mais industrializada e menos artesanal, podendo gerar um mercado de novos produtos e serviços focados neste método construtivo.

Desta forma, pode-se concluir que a construção com estrutura mista aço/concreto, sendo viável, poderá incrementar o crescimento do setor, pois permitiria a construção de mais edificações em prazos ideais para atender a demanda, ainda incentivaria a indústria nacional a desenvolver novos materiais e facilitaria a execução da obra e criaria uma nova oportunidade de capacitação aos atuais operários, engenheiros e arquitetos do mercado.

13) RECOMENDAÇÕES DE TRABALHOS FUTUROS

Sugere-se, abaixo, proposições para novos trabalhos relacionados ao presente estudo:

- Análise dos impactos ambientais da construção com estrutura mista aço/concreto;
- Desenvolvimento de novos materiais de fechamento para a utilização na construção com estrutura mista aço/concreto;
- Capacitação dos novos operários para atuar nas obras com estrutura mista aço/concreto;
- Desenvolvimento de projetos arquitetônicos para residências com estrutura mista aço/concreto.

14) REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALVA, G.M.S. **Sobre o projeto de edifícios em estruturas mistas aço-concreto**. Dissertação (Mestrado) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, 2000.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 8800 – Projeto e execução de estruturas em aço**. Rio de Janeiro, 1986.

BELLEI, Ildony Hélio. **Interfaces aço-concreto (Série Manual de Construção em Aço)**. Rio de Janeiro: IBS/CBCA, 2006.

BRUMATTI, Dioni O. **Uso de pré-moldados – estudo e viabilidade**. Universidade Federal de Minas Gerais, 2008.

CBCA, Centro Brasileiro da Construção em Aço (2006). **Caracterização das construções mistas aço/concreto**. Disponível em: <http://www.cbca-iabr.org.br/artigos-tecnicos-ler.php?cod=2557&bsc=ativar>

CBCA, Centro Brasileiro da Construção em Aço (2009). **Estruturas Mistas**. Disponível em: <http://www.cbca-iabr.org.br/artigos-tecnicos-ler.php?cod=3273&bsc=>

CBCA, Centro Brasileiro da Construção em Aço (2010). **Construção em Aço: Vila do Aço**. Disponível em: <http://www.cbca-iabr.org.br/construcao-em-aco-vila-do-aco.php>

CDHU, Companhia de Desenvolvimento da Habitação Urbana. Governo do Estado de São Paulo. Disponível em: <http://www.habitacao.sp.gov.br> em 21/10/2011

DI PIETRO, João Eduardo. **O conhecimento qualitativo das estruturas das edificações na formação do arquiteto e do engenheiro**. Tese de Doutorado - UFSC. 2000.

LEMOINE, Bertrand. **Aço, um material que não prejudica o meio ambiente para o desenvolvimento sustentável**. In: CICOM, 2002. Disponível em: <HTTP://www.cbcaibs.org.br/nsite/site/meio-ambiente.asp> em 25/10/2011

MINISTÉRIO DAS CIDADES, Secretaria Nacional de Habitação. Disponível em: <http://www.cidades.gov.br> em 21/10/2011

NAKAZATO, Brenda. **Breve histórico da construção em aço no Brasil**. Disponível em : <http://engcivilnet.blogspot.com.br/2008/10/breve-historico-da-construcao-em-ao-no.html> em 25/10/2011

DE NARDIN, Silvana; SOUZA, Alex Sander Clemente de; EL DEBS, Ana Lucia; EL DEBS, Mounir Khalil. **Estruturas mistas aço-concreto: origem, desenvolvimento e perspectivas.** Departamento de Engenharia de Estruturas. Universidade Federal de São Carlos. São Carlos, 2009

PINHO, Fernando Ottoboni; PENNA, Fernando. **Viabilidade Econômica (Série Manual de Construção em Aço).** Rio de Janeiro: IBS/CBCA, 2008.

POMARO, Heloísa. **Os novos paradigmas da construção civil.** Disponível em: <http://www.cbca-acobrasil.org.br/noticias-ultimas-ler.php?cod=5232> em 21/10/2011

QUEIROZ, Gilson; PIMENTA, Roberval José; MARTINS, Alexander Galvão. **Estruturas Mistas. Volume 1** (Série Manual de Construção em Aço). Rio de Janeiro: IABr/CBCA, 2010.

QUEIROZ, Gilson; PIMENTA, Roberval José; MARTINS, Alexander Galvão. **Estruturas Mistas. Volume 2** (Série Manual de Construção em Aço). Rio de Janeiro: IABr/CBCA, 2010.

RODRIGUES, Edmundo Henrinque Ventura. **Materiais de Construção.** Rio de Janeiro, 2000.

SILVA, Denise Antunes da. **Apostila da Disciplina de Técnicas de Construção Civil I.** Florianópolis, UFSC, 2003.

ZANOTTI, Eduardo. **O aço como insumo da construção civil.** Revista Siderurgia Brasil, edição 70, 2011. Disponível em: <http://www.cbca-iabr.org.br/entrevistas-ler.php?cod=5215&bsc=>

15) ANEXO I

16) ANEXO II