

**CENTRO UNIVERSITÁRIO DA
FUNDAÇÃO EDUCACIONAL DE BARRETOS
CURSO DE ENGENHARIA CIVIL**

***AVALIAÇÃO DE UM SISTEMA
CONSTRUTIVO INDUSTRIALIZADO PARA
RESIDÊNCIA UNIFAMILIAR***

**ANA RAFAELA DE CARVALHO PEPPE
PATRIQUE DOS SANTOS CANDIANI BRANDT
ORIENTADOR: PROF. DR. ÂNGELO RUBENS MIGLIORE JUNIOR**

**BARRETOS
2009**

**ANA RAFAELA DE CARVALHO PEPPE
PATRIQUE DOS SANTOS CANDIANI BRANDT**

***AVALIAÇÃO DE UM SISTEMA
CONSTRUTIVO INDUSTRIALIZADO PARA
RESIDÊNCIA UNIFAMILIAR***

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Engenharia Civil do Centro Universitário da Fundação Educacional de Barretos como parte dos requisitos do título de Bacharel em Engenharia Civil, sob a orientação do Professor Dr. Ângelo Rubens Migliore Junior.

BARRETOS

2009

FOLHA DE APROVAÇÃO

Candidatos: Ana Rafaela de Carvalho Peppe
Patrique dos Santos Candiani Brandt

“AVALIAÇÃO DE UM SISTEMA CONSTRUTIVO INDUSTRIALIZADO PARA RESIDÊNCIA UNIFAMILIAR”

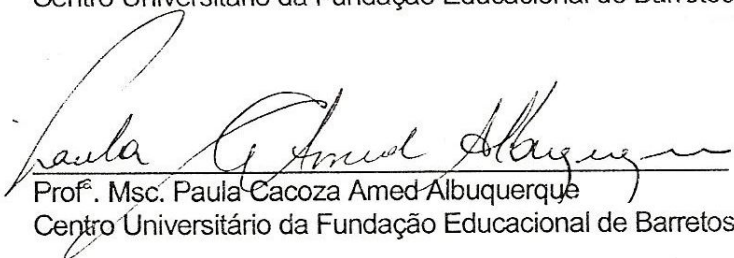
Centro Universitário da Fundação Educacional de Barretos

Trabalho de Conclusão de Curso defendido em 16/06/2009 perante a comissão julgadora:



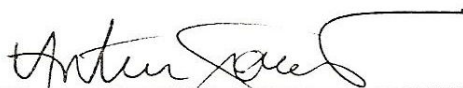
Prof. Dr. Angelo Rubens Migliore Junior
Centro Universitário da Fundação Educacional de Barretos

APROVADO



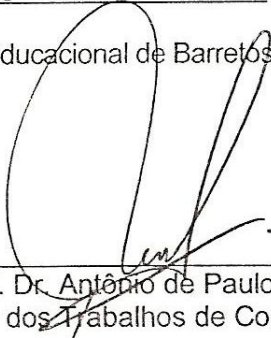
Prof. Msc. Paula Cacoza Amed Albuquerque
Centro Universitário da Fundação Educacional de Barretos

Aprovado



Prof. Artur Gonçalves
Centro Universitário da Fundação Educacional de Barretos

APROVADO



Prof. Dr. Antônio de Paulo Peruzzi
Coordenador dos Trabalhos de Conclusão de Curso

DEDICATÓRIA

Aos mestres que nos dão a diretriz
necessária para seguirmos a nossa
vocação.

AGRADECIMENTOS

Aos nossos familiares, que nos deram a base necessária para seguirmos a nossa vocação.

Aos nossos companheiros, que acreditaram no nosso caminho.

Ao nosso orientador, pela sabedoria, dedicação, apoio e investimento no nosso trabalho.

A empresa da Jet Casa, por permitir a nossa entrada no dia-a-dia da indústria, pela colaboração e fornecimento das informações utilizadas neste trabalho.

Aos nossos professores, pela entrega e confiança dedicada a todos nós.

Aos nossos amigos e colegas, pela troca de experiências e incentivos.

A instituição de ensino por nos dar meios para que possamos realizar a nossa vocação.

E a Deus, que através da fé nos mostra ser possível acreditar.

RESUMO

PEPPE, A.R.C.; BRANDT, P.S.C. (2009). Avaliação de um sistema construtivo industrializado para residência unifamiliar. Monografia (Graduação). Barretos: UniFEB.

Este trabalho apresenta, sob a ótica dos sistemas construtivos na Engenharia Civil, uma análise das vantagens e desvantagens do processo industrializado denominado Jet Casa em comparação com o processo construtivo tradicional. Esta análise comparativa foi feita considerando o tempo de conclusão da obra e o custo total de uma residência de dois dormitórios definida para os dois sistemas construtivos. Foram realizados estudos de campo do processo construtivo Jet Casa e análise das planilhas orçamentárias e cronogramas deste sistema. Para comparação foram construídas planilhas orçamentárias e cronogramas da mesma residência no sistema tradicional. A vantagem do sistema Jet Casa em relação ao tradicional ocorre principalmente em relação ao tempo de conclusão da obra (3 vezes mais rápido que o sistema tradicional), embora isto se aplique somente em construções de várias unidades em condomínio. A desvantagem em relação ao sistema tradicional é a limitação para mudanças futuras ou durante a conclusão da obra, por utilizar painéis estruturais.

Palavras-chave: Pré-fabricação; Residência unifamiliar; Painel pré-moldado.

ABSTRACT

PEPPE, A.R.C.; BRANDT, P.S.C. (2009). Evaluation of a constructive industrial system for single family residence. Dissertation (Grade). Barretos: UniFEB.

This paper presents, from the viewpoint of constructive systems in Civil Engineering, advantages and disadvantages analysis of industrial process named Jet Casa compared to traditional constructive process. This comparative analysis was made considering work completion time and total cost of one residence with two bedrooms for that two constructive systems. It was conducted field studies with Jet Casa constructive process and analysis of budget spreadsheets and schedules of this system. Spreadsheets were constructed to compare budget and schedule in same residence with traditional system. The advantage of Jet Casa system in comparison with traditional system is mainly the work completion time (3 times faster than traditional system), although this applies only to build several units in condominium. The disadvantage in comparison with the traditional system is limited changes in future or during construction, because to use structural panels.

Keywords: Pre-fabrication; Single family residence; pre-cast panel.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Bloco pré-moldado Jet Casa.....	18
Figura 2: Painel sobre o bloco.....	18
Figura 3: Detalhe do painel sobre o bloco.....	18
Figura 4: Baias de armazenagem de areia e brita, com identificação.....	22
Figura 5: Armazenamento de blocos e de argamassa.....	22
Figura 6: Painéis paredes prontos, estocados e identificados.....	23
Figura 7: Setor de fabricação dos painéis.....	32
Figura 8: Setor de fabricação das formas.....	33
Figura 9: Setor de fabricação de ferragens.....	33
Figura 10: Setor de estocagem de materiais.....	33
Figura 11: Setor de armazenagem de painéis.....	33
Figura 12: Corte e dobra de armaduras.....	35
Figura 13: Barras cortadas e dobradas para serem unidas às treliças.....	35
Figura 14: Montagem das treliças e nervura dos painéis.....	36
Figura 15: Armaduras prontas para serem colocadas nas formas.....	36
Figura 16: Forma com armadura já montada e posicionada.....	36
Figura 17: Kits hidráulicos.....	37
Figura 18: Caixas elétricas chumbadas.....	37
Figura 19: Painel parede já revestido em uma das faces mostrando a saída de hidráulica.....	37
Figura 20: Painel parede a espera da concretagem, mostrando o kit elétrico.....	38
Figura 21: Painel parede revestido em uma das faces mostrando as saídas de elétrica e o batente da esquadria.....	38
Figura 22: Fabricação e pintura anticorrosiva das formas.....	39
Figura 23: Limpeza das bancadas de concreto com as formas já montadas.....	39
Figura 24: Bancada de concreto com forma e batentes já inseridos.....	40
Figura 25: Blocos sendo colocados na forma.....	41
Figura 26: Blocos cerâmicos fechados verticalmente com argamassa.....	41
Figura 27: Painel parede com uma das faces revestidas.....	41
Figura 28: Painel pronto para ser içado.....	42
Figura 29: Painel sobre cavaletes.....	42
Figura 30: Painel na vertical sendo revestido em outra face.....	42
Figura 31: Estocagem dos painéis prontos e numerados para serem transportados ao local final da obra.....	43

LISTA DE FIGURAS

Figura 32: Malhas usadas nas lajes pré-moldadas Jet Casa.....	44
Figura 33: Fachada de casa construída pelo sistema Jet Casa.....	45
Figura 34: Dormitório de casa construída pelo sistema Jet Casa.....	45
Figura 35: Salas de casa construída pelo sistema Jet Casa.....	46
Figura 36: Cozinha.....	46
Figura 37: Recorte no forro mostrando a cobertura.....	46
Figura 38: Banheiro.....	46
Figura 39: Quadro das áreas de casa construída pelo sistema Jet Casa.....	46
Figura 40: Porcentagem de cada etapa em ambos os sistemas construtivos.....	60
Figura 41: Mão-de-obra em relação ao preço total da residência sem BDI.....	61
Figura 42: Gráfico das etapas sem a mão-de-obra, em relação ao preço total da residência sem BDI.....	61
Figura 43: Cronograma resumido no sistema construtivo Jet Casa.....	63
Figura 44: Cronograma resumido no sistema construtivo tradicional.....	64
Figura 45: Gráfico comparativo dos tempos de execução dos sistemas Jet Casa e tradicional, em relação às etapas construtivas.....	66

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Nomenclatura alfabética para desempenho térmico de unidades habitacionais.....	26
Tabela 2: Planilha de custos do sistema construtivo Jet Casa – parte 1.....	49
Tabela 3: Planilha de custos do sistema construtivo Jet Casa – parte 2.....	50
Tabela 4: Planilha de custos do sistema construtivo Jet Casa – parte 3.....	51
Tabela 5: Composição do BDI aplicado na FDE.....	53
Tabela 6: Composição das Leis Sociais aplicadas na FDE.....	54
Tabela 7: Planilha de custos do sistema construtivo tradicional – parte 1.....	55
Tabela 8: Planilha de custos do sistema construtivo tradicional – parte 2.....	56
Tabela 9: Porcentagem de itens e etapas em cada sistema construtivo sem BDI.....	59
Tabela 10: Cronograma detalhado para o sistema Jet Casa.....	62
Tabela 11: Cronograma detalhado para o sistema construtivo tradicional.....	65

SUMÁRIO

RESUMO

ABSTRAC

1. INTRODUÇÃO.....	12
2. OBJETIVO.....	14
3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	15
3.1. Sistema Jet Casa.....	17
3.1.1. Programa de qualidade Jet Casa.....	21
3.1.2. Avaliação técnica.....	23
a. Desempenho estrutural.....	24
b. Segurança ao fogo.....	25
c. Estanqueidade à água.....	25
d. Desempenho térmico.....	26
e. Desempenho acústico.....	27
3.2. Sistema tradicional para residências unifamiliares.....	27
4. METODOLOGIA.....	30
5. PROCESSO CONSTRUTIVO JET CASA.....	32
5.1. Fundação.....	34
5.2. Painéis.....	34
a. Fabricação da armadura.....	35
b. Kit hidráulico, elétrico e esquadrias.....	37
c. Fabricação dos painéis.....	39
5.3. Montagem dos painéis em local definitivo.....	43
5.4. Laje e cobertura.....	44
6. RESULTADOS E DISCUSSÕES.....	47
6.1. Custos do sistema Jet casa.....	47
6.2. Custos do sistema tradicional.....	51
6.3. Análise comparativa de custos.....	57
6.4. Cronograma para o sistema Jet casa.....	62
6.5. Cronograma para o sistema tradicional.....	63
6.6. Análise comparativa de tempo.....	66
7. CONCLUSÃO.....	67
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	68
ANEXOS	

1. INTRODUÇÃO

Este trabalho trata de um novo conceito na engenharia, o sistema industrializado de construção civil especificamente para residências. Embora o sistema industrializado já exista para fabricação de diversos tipos de componentes na construção civil, a consideração de residências como produto final, possível de ser fabricado industrialmente, ainda não acontece de forma ampla.

Revisando a História, no século XVIII foi iniciada uma nova fase no mundo gerada pela Revolução Industrial. Nela ocorreram mudanças no processo construtivo dos produtos, com a passagem da manufatura para a indústria mecânica. A introdução de máquinas fabris multiplicou o rendimento do trabalho e aumentou a produção global.

Neste período surgiram novos conceitos como o Taylorismo-Fordismo. O Taylorismo é um método de planejamento e controle dos tempos e movimentos no trabalho, desenvolvido pelo engenheiro e economista americano Frederick Taylor (1856-1915). Henry Ford adotou o método na sua fábrica de automóveis e implantou a esteira rolante para controlar melhor os movimentos do trabalho em série. Do casamento destes dois métodos, surgiu o chamado Taylorismo-Fordismo, que predominou até o final do século XX. Este método possui basicamente as seguintes características: padronização e produção em série como condição para a redução de custos e elevação de lucros. O trabalho é realizado de forma especializada, fragmentado em setores proporcionando ganhos de produtividade, o chamado “controle de tempos e movimentos” (WIKIPEDIA 2008).

Este processo surgido com a Revolução Industrial chegou a vários setores de produção. Na Construção Civil, ocorreu primeiramente com os vários componentes usados em um Edifício. As empresas passaram a se dividir e a se especializar na fabricação destes componentes, porém a visão de um edifício como produto final possivelmente produzido em um sistema fabril apareceu de forma mais lenta.

Atualmente, esta visão de edifício como um produto final, possivelmente construído em sistema fabril, tem como exemplo o sistema construtivo Jet Casa

descrito neste trabalho. O processo utilizado é o do sistema construtivo industrializado mais conhecido como pré-fabricado.

Nos edifícios pré-fabricados a maioria das etapas, do alicerce ao acabamento, são executadas na fábrica e depois o produto é transportado para o local da construção. A principal vantagem é o tempo de finalização da obra e a redução do desperdício.

Por ser executado com maior planejamento, é possível um maior controle de qualidade do produto final. Dentro da fábrica é possível utilizar os conceitos de industrialização com laboratórios e até mesmo protótipos. A repetição de um mesmo projeto ou técnica construtiva possibilita a correção de erros. A maioria das construções com pré-moldados utiliza concreto armado e concreto protendido mais resistentes do que o concreto tradicional.

2. OBJETIVO

Utilizando como referência a ótica dos sistemas construtivos na Engenharia Civil, o principal objetivo deste trabalho é a análise das vantagens e desvantagens do processo industrializado denominado Jet Casa para residências unifamiliares, em comparação com o processo construtivo artesanal e tradicional.

Foi escolhido o sistema construtivo Jet Casa em razão da proximidade da empresa que o produz situar-se no município de São José de Rio Preto-SP, facilitando assim o acompanhamento do processo de produção bem como a observação em campo.

A análise do sistema focou principalmente o custo total e o tempo final de construção de uma residência geminada unifamiliar de padrão médio, contendo 2 unidades residenciais com dois dormitórios, sala, cozinha e banheiro. A área total de construção composta por 2 unidades é de 93,36 m², sendo cada unidade com 1,92 m² de varanda e 44,76 m² de residência.

3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Vários fatores levaram a construção civil à modernização. Segundo a revista *Téchne* (2005) a abertura do mercado nacional em 1990 permitiu a entrada no País de produtos importados superiores aos nacionais, obrigando os fabricantes a atualizar produtos e tornar os preços mais competitivos. O fim da inflação tornou o mercado imobiliário mais concorrido, não sendo mais possível substituir falhas gerenciais por aumento de preços. O Código de Defesa do Consumidor mudou as relações entre cliente e empresa, levando o comprador a se tornar mais exigente e a NR-18 exigiu que o ambiente de trabalho na construção civil atendesse a condições mínimas de segurança e conforto.

A revista *Téchne* (2005) ainda relata que em 1990 o SINDUSCON-SP lançou seus primeiros programas de gestão da qualidade. As palavras de ordem passaram a ser "racionalização" e "industrialização", considerados os únicos caminhos para reduzir os desperdícios, acelerar o ritmo das obras e garantir a qualidade do produto final.

Atualmente, a alta demanda de produção no setor da Construção Civil gera a necessidade de rapidez no processo. Porém esta agilidade deve estar aliada a custos praticáveis e a obtenção de produto final com qualidade, conseguido somente através de planejamento.

Segundo Souza (1990) citado em Villar (2005) a modernização tecnológica no setor das edificações deve ser orientada pelas seguintes diretrizes básicas:

- racionalização e integração de projetos,
- racionalização de processos de fabricação de materiais e componentes,
- racionalização de processos construtivos tradicionais, e
- modernização organizacional e gerencial.

A racionalização consiste na otimização do processo construtivo. Através de planejamento, define-se o melhor método a ser usado e são aproveitadas de maneira mais eficiente os recursos materiais, humanos e organizacionais, diminuindo os desperdícios e imprevistos. Logo, a racionalização aplica o raciocínio sistemático e lógico, visando eliminar a casualidade nas decisões.

Segundo Giroldo (2007), elaborar o projeto estrutural significa “[...] definir o arcabouço resistente que sustentará a obra proposta pelo projeto arquitetônico [...]”. Ele destaca o desenvolvimento do projeto em 3 fases:

- **Concepção da estrutura:** deve ser escolhido um sistema estrutural que considere a funcionalidade e a estética do projeto arquitetônico, o processo construtivo, os custos dos materiais a serem utilizados e a interação com os demais projetos. Nesta etapa escolhem-se elementos que resistirão aos carregamentos (ações), definindo a “superestrutura” que é composta de vigas e pilares que formarão os pórticos.
- **Análise da Estrutura:** após concepção da estrutura o projetista faz uma análise das dimensões inicialmente estabelecidas para os elementos resistentes (vigas, lajes e pilares) verificando os esforços solicitantes, os deslocamentos da estrutura e as deformações, em função das ações dos carregamentos.
- **Dimensionamento e detalhamento:** concluída a análise e a verificação dos esforços obtidos, faz-se o dimensionamento e o detalhamento dos elementos, para que a obra possa ser executada, devendo ser obedecidas as prescrições das normas legais.

A produtividade é definida por Souza (1996), como a eficácia na transformação de recursos em produtos. Para Rosso (1980) citado em Villar (2005), a construção civil no Brasil possui baixos índices de produtividade comparada a outros países: 45 Hh/m² (homens-hora por metro quadrado) nos canteiros de obra, enquanto na Dinamarca a produtividade é de 22 Hh/m². Segundo a revista *Técniche* (2005) atualmente a racionalização dos sistemas construtivos diminuiu esse índice para 30 a 35 Hh/m², e a utilização de sistemas industrializados pré-moldados está entre 16 e 20 Hh/m².

Esta baixa produtividade é devida justamente a falta de adequação dos métodos construtivos do Brasil à nova e crescente realidade do mercado mundial, mais exigente quanto à rapidez do processo, aliada à qualidade do produto e ao respeito ao meio ambiente.

A qualidade mede o nível de satisfação do cliente, considerando também a ausência de falhas no produto que gerem custos de manutenção não previstos. O investimento no planejamento do processo produtivo traz resultados positivos não só quanto aos custos, mas também quanto à qualidade do produto. Ao evitar improvisos, são mantidas a concretização do produto de acordo com os padrões de qualidade previstos no projeto.

Um bom planejamento deve prever a correta estocagem de materiais e componentes para redução das perdas, bem como as linhas de fluxo que afetam diretamente a produtividade. O processo de fabricação do produto deve também levar em conta o conceito humano além da técnica. A melhoria das áreas de vivência dos trabalhadores, assim como respeito às normas de segurança, é absorvida com motivação.

Além de bom planejamento deve ser constantemente buscada a melhoria do sistema através de observação dos processos concluídos, buscando a sua melhoria continuada e a correção de erros praticados. Para Villar (2005), um elemento extremamente citado nos processos de Gestão de Qualidade para empresas de construção civil é a melhoria contínua.

Sistema construtivo é definido por Sabbatini (1989) citado em Villar (2005) como um processo com altos níveis de industrialização e organização, com as características dos componentes e subsistemas e sua conseqüente montagem e desempenho. Processo construtivo é caracterizado pelo uso particular de um conjunto de métodos. A diferença, segundo ele, é que o sistema é “o conjunto de partes coordenadas que se inter-relacionam”, e o processo é “o conjunto de métodos inter-relacionados”.

Sabbatini (1989) ainda classifica os processos construtivos em tradicionais, racionalizados e industrializados. Os Tradicionais são os originados da produção artesanal, com uso intensivo da mão-de-obra e baixa mecanização. Este tipo de processo gera elevado desperdício de mão-de-obra, material e tempo, como também descontinuidade e fragmentação da obra.

A NBR 9062 da ABNT (1985) define elemento pré-fabricado e pré-moldado como aqueles produzidos fora do local de utilização definitiva, sendo que o primeiro é executado industrialmente sob condições rigorosas de controle de qualidade, e o segundo possui um controle de qualidade menos rigoroso.

3.1. Sistema Jet Casa

O sistema construtivo Jet casa é destinado à produção industrializada de elementos como paredes, lajes e fundação pré-fabricados, que são destinados a unidades habitacionais. As paredes são caracterizadas pela união de painéis pré-fabricados devidamente apoiados sobre fundação projetada e sobre estas paredes são colocados os oitões e as lajes.

A escolha do tipo de fundação utilizada depende do estudo geotécnico do subsolo e análise do projeto de terraplenagem do local definitivo da residência e, quando se torna viável, é adotada a fundação pré-fabricada Jet casa. Esta é caracterizada por blocos de coroamento pré-moldados (Figura 1) adaptados para receberem os painéis. De acordo com Villar (2005) quando se opta por este tipo de fundação a parte inferior dos painéis é encaixada em canaletas existentes nestes blocos pré-moldados de concreto armado, empregando-se graute nesta ligação (Figuras 2 e 3).



Figura 1: Bloco pré-moldado Jet Casa



Figura 2: Painel sobre o bloco.



Figura 3: Detalhe do painel sobre o bloco.

Os painéis Jet casa são fabricados em linha de produção horizontal fixa na indústria. Neles são empregados blocos cerâmicos e materiais como concreto, aço e argamassa na conformação das nervuras e juntas. As tubulações elétricas e hidráulicas são embutidas no painel durante a sua fabricação, bem como as caixas elétricas e conexões.

Segundo o IPT (2006), a ligação mecânica entre os painéis é realizada por meio de soldas de barras e chapas de aço especialmente posicionadas para esta finalidade e protegidas por argamassa e selante. Ainda relata o IPT que a proteção final das juntas, externamente, é realizada por meio de selantes flexíveis, de forma a evitar a infiltração de água de chuva ou de uso de ambientes molháveis (internamente).

Segundo o IPT (2006), os principais materiais e componentes utilizados nos painéis são:

- Blocos cerâmicos vazados, de 8 furos quadrados, com dimensões de 9cm x 19cm x 19cm e resistência à compressão média de 1,5 MPa (blocos classe 15, conforme NBR 7171);
- Concreto de fck = 25 MPa, aos 28 dias, empregado no quadro em todo o perímetro dos painéis, nas nervuras horizontais e verticais, nas vergas e contravergas, e na direção dos pontos de içamento. É empregado também nos painéis de lajes pré-moldados;
- Argamassa industrializada para preenchimento das juntas verticais entre blocos;
- Chapisco para revestimento das nervuras de concreto dos painéis;
- Argamassa de revestimento com traço composto por areia fina, cimento, cal e aditivo;
- Argamassa industrializada aplicada no preenchimento das juntas verticais (painel/ painel) e horizontais (painel/ laje);
- Mastique de base acrílica aplicado externamente nas juntas verticais (painel/ painel);
- Treliça nervurada de aço (CA-60), com h=6cm e L=5cm em todo o perímetro dos painéis;
- Barras de aço Ø 8mm (CA-50) empregadas no quadro periférico, complementares às treliças, e nas nervuras verticais dos painéis (barras para içamento);
- Barras de aço Ø 5mm (CA-60) empregadas nas nervuras horizontais dos painéis (vergas e contravergas);

- Barras de aço Ø 8mm (CA-50), como reforços tipo L com comprimento de 0,8m, empregadas em cada canto superior e nos encontros das nervuras horizontais com as verticais;
- Barras de aço Ø 8mm (CA-50), como reforços tipo L com comprimento de 0,5m, empregadas em cada um dos cantos inferiores dos painéis;
- Chapas metálicas de ligação, dispostas nas laterais dos painéis.

Os painéis são fabricados por meio da justaposição de blocos cerâmicos, sendo as juntas “verticais” entre blocos preenchidas com argamassa e as nervuras formadas no interior e nas bordas do painel (quadro) são constituídas de concreto armado. Segundo o IPT (2006), as nervuras verticais têm a finalidade de atender às solicitações quanto ao içamento dos painéis, e as nervuras horizontais funcionam também como vergas e contra-vergas quando há aberturas.

O mesmo autor cita que os quatro componentes de ligação, como a cantoneira superior e mais três barras chatas de ferro na lateral, permitem uma total imobilização dos painéis quando montados já em local definitivo, e estes elementos recebem uma pintura prévia de primer anti-corrosivo anteriormente à sua introdução nas formas. Ainda segundo o IPT, após a execução da solda na obra, recebem uma demão reforçada de fundo anti-corrosivo à base de resina sintética.

No sistema Jet Casa os blocos cerâmicos são posicionados com os furos na vertical e segundo o Inmetro (2001) quando este tipo de tijolo é posicionado desta forma gera uma maior resistência comparado a colocação no sentido horizontal que vemos frequentemente no sistema tradicional.

Após concluída a fabricação dos painéis, estes são rebocados primeiramente em uma das faces com a forma ainda na posição horizontal e posteriormente a outra face com a forma já na vertical. Segundo Villar (2005), o sarrafeamento na forma é realizado com régua de alumínio e desempenho com feltro, obtendo-se assim uma textura uniforme e lisa e a desforma dos painéis ocorre após um mínimo de 12 horas.

Na montagem dos painéis em local definitivo, as juntas entre eles são preenchidas, segundo o IPT (2006), com argamassa aplicada em bisnagas, e após faz-se o tratamento com selante à base de poliuretano para total vedação evitando-se a infiltração de água.

São executados então o grauteamento das extremidades dos painéis de laje junto com os painéis de paredes. Após a colocação e união dos painéis de laje e os painéis de paredes, é feita a união entre os painéis de laje por meio de cantoneiras

metálicas embutidas e dispostas para soldagem. As juntas horizontais entre ambos os painéis são preenchidas com argamassa.

Os oitões são assentados com argamassa sobre a laje ou paredes. Externamente, as juntas entre eles recebem o mesmo acabamento utilizado nos painéis.

Segundo análise feita pelo IPT (2006), os painéis de parede e laje são estruturais, não podendo ser demolidos total ou parcialmente pelo usuário. “[...] Qualquer modificação, como abertura de vãos e rasgos para instalações hidráulicas e elétricas, deve ser previamente acordada [...] na fase de projeto [...], a qual deve prever os reforços e procedimentos necessários [...]”.

O IPT também relata ser necessário manutenção periódica principalmente nas juntas flexíveis com revisão e eventual substituição do selante, assim como para as ligações metálicas, verificando-se eventuais pontos de corrosão e promovendo os reparos e proteções necessárias.

3.1.1 Programa de qualidade Jet Casa

Para atendimento do programa de qualidade da empresa, é exigido alto nível de organização e controle dos materiais, da mão-de-obra especializada e das várias etapas do processo de fabricação. Há vários procedimentos para identificação e rastreabilidade dos produtos em todas as fases de produção. Segundo Villar (2005), a empresa Jet Casa separa os produtos em três tipos:

1) Produtos adquiridos, como areia, brita, argamassa industrializada e blocos (Figuras 4 e 5), onde a identificação ocorre por meio de placas ou etiquetas junto ao lote de armazenamento ou nas baias.

2) Produtos já processados que vêm prontos para serem aplicados como os contramarcos. A identificação destes ocorre basicamente pela própria localização física de estocagem.

3) Produtos processados pela Jet Casa, preparados na indústria como os kits de hidráulica, de elétrica, de armaduras, de formas e o produto final de painéis de lajes, oitões, paredes e blocos de fundação. Estes recebem uma etiqueta de identificação onde consta o número do lote, a identificação da peça e a data de fabricação. (Figura 6).



Figura 4: Baías de armazenagem de areia e brita, com identificação.



Figura 5: Armazenamento de blocos e de argamassa.

O procedimento de identificação do número do lote em etiqueta fixada em cada peça permite à empresa rastrear onde cada elemento foi utilizado e possibilita maior e melhor controle de qualidade do produto final.

Segundo o fabricante, são realizados ensaios para o concreto e o controle de qualidade físico dos outros elementos constituintes do processo. Após o resultado do laudo técnico do concreto, o engenheiro estrutural confirma ou nega a utilização das peças. Caso este resultado seja negativo, o engenheiro de produção é informado para

tomar as devidas providências quanto à correção do problema, bem como à inutilização das peças.



Figura 6: Painéis paredes prontos, estocados e identificados.

3.1.2. Avaliação técnica

Quando se trata de um produto inovador que não disponha de normalização técnica, para concessão de créditos imobiliários por agentes financeiros (como a Caixa Econômica Federal) é adotado um documento padronizado chamado de Referência Técnica emitido pelo IPT (Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo).

Após o término da avaliação e emissão da Referência Técnica, a empresa e o IPT assinam um contrato de licença de uso, onde durante o período deste, o IPT realiza periodicamente avaliações de acompanhamento.

Os painéis do sistema construtivo Jet Casa foram avaliados pelo IPT, inicialmente com a caracterização de blocos cerâmicos, concreto e argamassa utilizados na fabricação dos painéis.

Segundo Villar (2005), para os blocos cerâmicos do tipo 8 furos quadrados (9 x 9 x 19 cm) foram feitos ensaios de características geométricas, resistência à compressão, determinação da massa e absorção de água, desvio em relação ao esquadro e planeza das faces. Para a argamassa, foram realizados ensaios de resistência à compressão de corpos de prova cilíndricos, massa específica, absorção de água e índices de vazios. Ainda segundo Villar, para o concreto foram realizados ensaios de resistência à compressão de corpos de prova cilíndricos, onde nesta caracterização foram estabelecidos valores mínimos, médios e coeficientes de variação.

A Referência Técnica do IPT (2006) relata que a avaliação dos painéis pré-fabricados da Jet casa foi conduzida a partir da análise de projetos e especificações técnicas, verificações analíticas, vistorias em obras em execução e concluídas e ensaios realizados em laboratório e em unidades habitacionais.

a. Desempenho estrutural

Na verificação do desempenho estrutural foi utilizada uma edificação construída através do sistema Jet Casa, montada num canteiro de obras em São José do Rio Preto-SP, composta por dois dormitórios, sala cozinha e banheiro (VILLAR 2005). Ainda segundo Villar, os ensaios foram realizados pela Capi Engenharia e Construção Ltda., de São José de Rio Preto – SP, em conjunto com a OSMB Projetos e Consultoria S/C Ltda., de São Carlos – SP e supervisionado pelo IPT.

De acordo com o IPT (2006), os painéis foram analisados sob aspectos de segurança e estado limite de serviço, e foram submetidos a ensaios de compressão, impactos de corpo mole, impacto de corpo duro, cargas transmitidas por peças suspensas e solicitações transmitidas por portas. O desempenho dos painéis, segundo a avaliação técnica do IPT (2006), foi considerado satisfatório.

Nos ensaios com carregamento horizontal e vertical, relata Villar (2005) que o com carga horizontal teve como objetivo principal avaliar o comportamento das interfaces entre as paredes sob a ação do vento. O ensaio com carga vertical teve como objetivo verificar a eficiência do conjunto formado pela parede de blocos conjuntamente com os quadros estruturais (em concreto armado), assim como o comportamento de vergas e contra-vergas e pilaretes.

Villar (2005) cita também que os ensaios de resistência ao fechamento brusco de portas, foram feitos pelo CETEC (Centro Tecnológico da Fundação Paulista, de

Lins – SP) adotadas as diretrizes de metodologia desenvolvidas pelo IPT (Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo) e os procedimentos da NBR 8054 (Porta de madeira de edificação). Nestes ensaios não houveram ocorrência de danos nos painéis ou na região de solidarização com os marcos.

b. Segurança ao fogo

Segundo o Relatório Técnico do IPT (2006), o desempenho da unidade habitacional quanto à segurança ao fogo é satisfatória para o sistema construtivo, considerando-se:

- Resistência ao fogo de 30 minutos para painéis de paredes estruturais;
- Revestimentos de piso de áreas secas que atendem os requisitos de propagação superficial de chamas e densidade ótica de fumaça.

Os painéis foram analisados quanto à resistência ao fogo, segundo Villar (2005), pelo CETEC (Centro Tecnológico da Fundação Paulista, de Lins – SP), onde se concluiu que nos aspectos construtivos, o sistema não possui buracos, frestas ou fissuras que permitam a passagem de fumaça entre os cômodos da habitação. Ainda segundo Villar, os vãos das portas, aberturas das janelas, e altura dos peitoris apresentaram-se em conformidade com a NBR 14432 (Exigências de resistência ao fogo de elementos construtivos de edificações), mesmo em edificações menores que 750 m², onde não é necessário.

c. Estanqueidade à água

A estanqueidade à água dos painéis de parede, em função de suas características construtivas como o concreto armado, blocos cerâmicos e revestimento em argamassa, foi considerada satisfatória pelo IPT (2006).

O IPT realizou ensaios para verificação da estanqueidade da água para áreas internas e externas. Quanto à estanqueidade da água de chuva em fachadas, foram realizados ensaios em dois corpos de prova, sendo constatada a não ocorrência de infiltração ou manchas de umidade.

Nas unidades habitacionais localizadas em São José do Rio Preto foram realizadas análises de projeto pelo IPT, onde foi verificada ocorrência de algumas fissuras nas paredes externas, na região de encontro dos painéis. A partir daí, por

recomendação do IPT (2006) foi adotado no tratamento das juntas entre painéis, o uso de selante à base de poliuretano. As paredes externas recebem duas demãos de tinta acrílica, também por recomendação do IPT, para vedar os micro poros da superfície da fachada.

d. Desempenho térmico

O desempenho térmico foi avaliado para as condições climáticas da região onde está localizada a cidade de São José do Rio Preto – SP e, em função de suas características, é considerado satisfatório pelo IPT (2006), enquadrando-se no nível B de conforto.

Tabela 1: Nomenclatura alfabética para o desempenho térmico de unidades habitacionais.

DESEMPENHO TÉRMICO		
Nível de conforto	Condição	Critério
A		Condições de conforto atendidas durante todo o dia.
B	VERÃO	Não ocorre o nível A e $T_{int} < T_{ext}$
C		Não ocorre o nível A e $T_{int} > T_{ext}$
A		Condições de conforto atendidas durante todo o dia
B	INVERNO	Não ocorre o nível A e $T_{int} > T_{ref}$
C		Não ocorre o nível A e $T_{int} < T_{ref}$

T_{int} : Valor máximo de temperatura do ar interior.

T_{ext} : Valor máximo de temperatura do ar exterior.

T_{ref} : Temperatura mínima de referência igual a 12°C.

Fonte: Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo – IPT: Referência Técnica 21 A

Segundo Villar (2005), o Relatório Técnico do IPT avaliou dois dormitórios de uma unidade habitacional construída com os painéis Jet Casa, com pé direito de 2,6 m, cobertura em laje, e telhado em telhas cerâmicas tipo portuguesa. O desempenho térmico foi considerado satisfatório para a condição de inverno, com nível de desempenho classificado em B para todas as situações. Para condição de verão, o desempenho térmico é nível B quando a cor da superfície externa é clara, com exceção da situação em que a janela sem sombreamento está voltada para Oeste, onde o desempenho térmico é nível C. Já quando a cor das superfícies externas é

média ou escura, o desempenho térmico possui nível C, com exceção da situação em que a janela tenha sombreamento Leste ou Sul, apresentando então nível B.

e. Desempenho acústico

O IPT (2006) realizou teste de desempenho acústico, concluindo que a amostra ensaiada com espessura de 11 cm atendeu ao critério de isolamento para fachadas, mas não atendeu ao critério de isolamento para unidades habitacionais geminadas. Para resolver o problema apontado, a parede divisória das duas unidades da residência geminada aqui estudada é mais espessa, passando a ter 14 cm contra a espessura de 11 cm da amostra originalmente analisada pelo IPT.

3.2. Sistema tradicional para residências unifamiliares

Neste sistema, toda a construção é feita somente no local final da edificação, seguindo um projeto técnico específico para cada obra. Este processo, gera maior quantidade de resíduos desperdiçados devido à alta concentração de improvisos e baixo planejamento em comparação com o sistema industrializado. Há maior número de mão de obra empregada na construção e maior tempo de execução, bem como menor custo com equipamentos em relação ao sistema pré-fabricado.

Os serviços iniciais incluem a necessidade de levantamento topográfico do terreno, gerando a planta de levantamento planialtimétrico contendo informações referentes à topografia, aos acidentes físicos, à vizinhança e aos logradouros. Estes serviços incluem também o estudo geotécnico, com a sondagem de simples reconhecimento do solo, pois “para fins de projeto de fundação deverão ser programadas no mínimo Sondagens à Percussão (SPT) de simples reconhecimento dos solos, abrangendo o número, a localização e a profundidade dos furos em função de uma Referência de Nível (RN) bem definida e protegida contra deslocamentos” (YAZIGI 1999).

Em seguida são executadas as instalações provisórias, que são as do canteiro de obra e do almoxarifado de estocagem de materiais. O canteiro de obra deve dispor de instalação sanitária e vestiário. No caso de haverem trabalhadores alojados o canteiro deve obrigatoriamente dispor também no mínimo de alojamento, local de refeições, lavanderia e área de lazer (NR 18 - 2008).

Relata Yazigi (1999) que “[...] a construção civil difere-se muito da indústria de transformação, a partir da qual nasceram e se desenvolveram os conceitos e metodologias relativos à qualidade [...]”. Devido à complexidade e à heterogeneidade do processo, à característica de produtos únicos e nunca seriados, a construção pelos métodos tradicionais possui maior dificuldade no controle de qualidade com a introdução do conceito de Qualidade Total.

Nos serviços gerais de uma obra atenta-se para os serviços de controle, sendo eles o Registro de Despesa da Obra (RDO), Resumo de Mão-de-obra (RMO), Controle Parcelado de Consumo (CPC), recebimento de materiais, serviços contratados, despesas diversas e generalidades. Os serviços de controle também são os de controle de qualidade na construção definido em duas ações: controle de produção e controle de recebimento. O controle de produção é exercido por quem gera o produto, por métodos de ensaios definidos por normas técnicas. O controle de recebimento é exercido por quem aceita o produto, onde é feita a conferência dos dados emitidos pelo fabricante quanto à qualidade. Ainda dentro dos serviços gerais, estão as Medidas de Proteção e Segurança do Trabalho, que devem ser executadas sobre projeto técnico elaborado de acordo com as normas específicas.

Feita a fundação começa a levantar a estrutura, podendo esta ser de concreto armado, aço ou madeira, sendo mais comum na região o uso de concreto armado para estrutura de residências.

Para uma residência com estrutura em concreto armado, a armadura deve ser montada com espaçadores, para manter o cobrimento desejado. A moldagem dos pilares, assim como das vigas, é feita na própria obra, utilizando formas de madeira (mais comum na região para este tipo de residência). Deve-se atentar para a cura, desmoldagem e escoramento das estruturas, respeitando-se os limites especificados por norma.

As instalações elétricas, telefônicas e hidráulicas devem atender às especificações técnicas do projeto, que devem estar de acordo com as normas. Estas instalações devem ser previstas já na construção da fundação, para que assim haja a possibilidade de menor número de quebras de parede, ou até mesmo de piso, que encarecem e retardam a obra.

A alvenaria adotada usualmente é de vedação e tem a vantagem de dar maior flexibilidade para possíveis reformas e ampliações. As paredes devem ser moduladas de forma a obter o uso do maior número possível de componentes inteiros. O assentamento dos componentes tem de ser executado com juntas de amarração. “[...]”

Na execução de juntas a prumo é obrigatória a utilização de armaduras longitudinais, situadas na argamassa de assentamento, distanciadas a cerca de 60 cm, na altura [...]” (YAZIGI 1999). A ligação com pilares de concreto armado pode ser efetuada com emprego de barras de diâmetro de 5 a 10 mm, com comprimento de 60 cm (“ferro cabelo”), e distanciados na altura do pilar na ordem também de 60 cm. Recomenda-se chapiscar a face da estrutura (pilares, vigas e lajes) em contato com a alvenaria, para aumentar a aderência superficial.

A alvenaria apoiada em alicerces só pode ser executada após 24 horas da impermeabilização destes. A sua execução deve iniciar-se pelos cantos, verticalmente estando sempre em linhas diagonais, para que não hajam panos soltos, ou com muita altura em relação a largura, sem travamento. Utiliza-se o escantilhão (graduado com sulcos feitos por serrote) como guia das juntas horizontais. Lembra YAZIGI (1999) que é necessário galgar as fiadas de elevação na face dos pilares e marcar as posições indicadas no projeto para a fixação dos “ferros-cabelo”. As paredes devem estar devidamente prumadas, em nível e em esquadro. A última fiada deve estar espaçada da estrutura de concreto armado superior (laje ou viga), para que esta ao ser solicitada e gerar flecha não cause fissuras. Este espaço será preenchido após 7 dias, de modo a garantir o perfeito travamento entre alvenaria e estrutura (encunhamento).

Sobre os vãos de portas e janelas são utilizadas vergas e sob vãos de janelas são usadas contra-vergas. Ambas devem exceder a largura dos vãos pelo menos 20 cm de cada lado e ter altura mínima de 10 cm.

4. METODOLOGIA

O estudo comparativo entre os dois métodos construtivos industrializado e tradicional foi desenvolvido através da observação de uma unidade residencial construída pela empresa Jet Casa em padrão pré-fabricado. Esta residência teve os seus painéis produzidos na fábrica da Jet Casa em São José do Rio Preto e foi montada em local definitivo no município de Indaiatuba, no estado de São Paulo.

Para análise dos dois métodos primeiramente foram descritos conceitos sobre racionalização e otimização do processo construtivo, bem como algumas alterações históricas que explicam o porquê da importância atual dada à redução de desperdício na construção civil. São mostrados de forma sucinta na Revisão Bibliográfica o sistema construtivo industrializado e o tradicional para residências unifamiliares.

Para elucidação, foi descrito o processo construtivo Jet Casa, relatando todas as etapas desde a fundação até a conclusão da residência em local definitivo. As particularidades construtivas do sistema foram detalhadas para uma abordagem dos aspectos relevantes à produtividade, devido à padronização de procedimentos, organização, racionalização e aproveitamento da mão de obra. Para tanto foram feitas visitas periódicas a fábrica da Jet Casa em São José do Rio Preto, e analisados as plantas, planilhas orçamentárias e cronogramas fornecidos pela empresa.

As visitas à fábrica da Jet Casa em São José do Rio Preto, foram feitas no período de junho a setembro do ano de 2008. Nelas foram observadas todas as etapas de fabricação dos painéis e blocos de fundação, para várias residências abordadas no período, inclusive obras comerciais como escolas. Esta vivência do processo industrializado proporcionou um contato real com a organização diária de uma indústria, como a observação dos métodos construtivos adotados, a divisão de trabalho dos colaboradores, a adequação dos materiais empregados, entre outros.

A empresa Jet Casa forneceu alguns documentos como plantas e planilhas (mostrados nos Anexos) da casa geminada em Indaiatuba-SP. Estes documentos foram estudados e reorganizados neste trabalho, em novas planilhas e gráficos apresentados nos resultados.

Para análise comparativa dos dois métodos, a mesma planta da casa geminada (Anexo A) produzida industrialmente pela Jet Casa, foi utilizada para criação de

planilhas orçamentárias e cronogramas no sistema tradicional. Os custos de obra já com BDI e Leis Sociais, bem como as horas trabalhadas, no sistema tradicional, foram feitos utilizando como base o método de orçamento da FDE (Fundação para o Desenvolvimento da Educação).

Os resultados de ambos os sistemas construtivos foram analisados e comparados quanto às vantagens e desvantagens principalmente em relação aos custos e tempos de execução.

5. PROCESSO CONSTRUTIVO JET CASA

Durante o período de junho a setembro de 2008, foram feitas visitas periódicas a fábrica da Jet Casa no município de São José do Rio Preto - SP, onde foi observado todo o processo construtivo industrializado utilizado pela empresa. Este tempo vivenciado dentro da empresa possibilitou a observação de todas as etapas de fabricação dos painéis, para várias obras abordadas. Por se tratar basicamente de um método industrializado de alvenaria estrutural, os painéis paredes possuem poucas variações quanto a sua fabricação, portanto, sendo semelhantes para diversas obras desde escolas a residências.

O acompanhamento da produção em série na fábrica de diversos painéis de obras diferentes, proporcionou uma contato real com o processo industrializado, onde pôde ser vivenciado a organização diária de uma fábrica, considerando diversos aspectos de produção, divisão de trabalho, controle de materiais empregados e planejamento.

O sistema de construção de edifícios térreos e assobradados da empresa Jet Casa é constituído basicamente de painéis pré-fabricados, executados em linha de produção fixa na indústria ou no próprio canteiro de obras, de acordo com a quantidade de unidades residenciais pretendidas.

As Figuras 7 a 11 mostram aspectos da fábrica da Jet Casa de São José de Rio Preto-SP.



Figura 7: Setor de fabricação dos painéis.



Figura 8: Setor de fabricação das formas.



Figura 9: Setor de fabricação de ferragens.



Figura 10: Setor de estocagem de materiais.



Figura 11: Setor de armazenagem de painéis

O tempo de execução empregado no sistema Jet Casa é baixo se comparado ao método tradicional. Conclui-se então que há uma diminuição na relação homens-hora por metro quadrado (Hh/m^2) trabalhado e conseqüentemente um aumento na produtividade do sistema pela utilização de mão de obra mais especializada.

Neste sistema construtivo o processo de fabricação do edifício é dividido em várias etapas independentes e simultâneas. Em processo racionalizado e organizado em diversos setores há a produção da fundação, dos painéis-paredes, dos kits de hidráulica e elétrica, dos kits de armadura utilizada nos painéis e restante da obra, bem como na cobertura. Para cada etapa há um projeto específico e um sistema de organização de estocagem numerado de acordo com este projeto.

Concluídas todas as etapas de cada setor, passa-se para a fase de transporte dos elementos, e depois para etapa de montagem do produto final. Esta é feita já no local definitivo do edifício. Nele se faz a devida união da fundação com os painéis que

formam as paredes e com a cobertura. Terminada a montagem, inicia-se a fase de acabamento.

Os painéis já chegam ao local devidamente equipados com os kits hidráulico e elétrico, evitando-se assim recortes e desperdícios de tempo, material e mão de obra. Não há a necessidade de pilares ou vigas, já que os painéis são estruturais.

5.1 Fundação

A escolha do tipo de fundação utilizada no edifício fica a critério do estudo geotécnico do subsolo e análise do projeto de terraplenagem, podendo ser feita por estacas escavadas que recebem blocos de coroamento pré-moldados, por sapatas isoladas, por estacas pré-moldadas de concreto ou por radier.

5.2 Painéis

Após o nivelamento da fundação começa a fase de colocação dos painéis sobre esta.

Os painéis são constituídos de blocos cerâmicos comuns furados e de nervuras de concreto armado. As tubulações elétricas e hidráulicas são embutidas no painel durante a sua fabricação, bem como as caixas elétricas, conexões e outros elementos necessários de acordo com cada projeto.

O painel acabado é revestido com chapisco e argamassa e possui altura variada entre 2,80m a 3,10m conforme a pretensão. A largura é especificada de acordo com as necessidades de cada projeto. Segundo o fabricante, os painéis possuem constituição física semelhante à alvenaria tradicional por empregar materiais idênticos, resultando em peso similar e as mesmas condições térmicas e acústicas da alvenaria tradicional.

Ainda segundo o fabricante, os painéis são considerados monolíticos. A integração da estrutura de concreto armado com a alvenaria em blocos cerâmicos fornece resistência necessária a cada painel para tornar estes elementos estruturais.

As paredes do edifício surgem da união destes painéis. A ligação mecânica entre estes é feita por meio da soldagem de barras e chapas de aço, já posicionadas neles com esta função. A proteção destes elementos de ligação é feita por argamassa e selante. No processo final da união dos painéis é realizado o preenchimento das juntas de dilatação entre os painéis.

Sobre as paredes já unificadas são apoiados os oitões, também pré-fabricados com blocos cerâmicos e nervuras de concreto armado. Dependendo do tipo de projeto escolhido também são colocadas lajes pré-fabricadas de concreto armado.

As paredes podem ser pintadas e texturizadas, com ou sem emprego de massa corrida, ou revestidas com azulejos. Este acabamento é aplicado após a montagem da unidade residencial em seu local definitivo.

a. Fabricação da armadura

De acordo com o fabricante a montagem da armadura é padronizada para projeto liberado após revisão e aprovação do engenheiro de estrutura, sendo o cobrimento de 2,5 cm.

Toda a montagem da armadura é feita em setor próprio da fábrica, onde é devidamente cortada e dobrada (Figuras 12 a 15), e depois levada pronta para colocação na forma dos painéis-paredes (Figura 16). Existem basicamente três tipos de nervuras em um painel: as treliças nervuradas, as nervuras horizontais e as nervuras verticais.



Figura 12: Corte e dobra de armaduras.



Figura 13: Barras cortadas e dobradas para serem unidas às treliças.

As nervuras horizontais também ajudam no travamento dos painéis, contribuindo para uniformização das cargas nos cantos e bordas dos painéis. É soldada também para reforço estrutural a armadura em L no encontro destas nervuras horizontais e verticais.

Terminado o processo de montagem e união das armaduras de cada painel, começa a soldagem da ferragem de içamento à treliça. É identificada a armadura com

uma etiqueta, registrando suas características e a numeração de acordo com o projeto de armação. A estocagem é feita anexando o kit de ferragens, que contém os espaçadores, arames e grapas a serem utilizados.



Figura 14: Montagem das treliças e nervuras dos painéis.



Figura 15: Armaduras prontas para serem colocadas nas formas.



Figura 16: Forma com armadura já montada e posicionada.

b. Kit hidráulico, elétrico e esquadrias.

Simultaneamente à montagem da armadura, são organizados os kits hidráulico e elétrico. Separam-se as peças utilizadas, já devidamente cortadas e com as dimensões corretas conforme o projeto (Figura 17). No kit elétrico, as caixas de ferro esmaltadas são chumbadas nos blocos já previamente cortados com serra (Figura 18). Estes blocos e os kits são armazenados em estoque com identificação. A instalação dos kits de hidráulica e elétrica, bem como os batentes e os contramarcos é feita nas formas nas posições indicadas no projeto executivo (Figuras 19 a 21).



Figura 17: Kits hidráulicos.



Figura 18: Caixas elétricas chumbadas.



Figura 19: Painel parede já revestido em uma das faces mostrando a saída de hidráulica.



Figura 20: Painel parede a espera da concretagem, mostrando o kit elétrico.



Figura 21: Painel parede revestido em uma das faces mostrando as saídas de elétrica e o batente da esquadria.

c. Fabricação dos painéis-paredes

Os painéis são produzidos sobre bancada metálica ou de concreto, dentro de formas fabricadas na fábrica já com as devidas dimensões de cada projeto (Figura 22 a 24). Primeiramente, é colocado a armadura juntamente com seu kit, que como já visto é feito em outro setor e devidamente identificada com etiquetas numeradas de acordo com cada projeto. As formas são fabricadas com as dimensões necessárias para espaçamento da armadura e o kit armadura já vem com os espaçadores necessários para o cobrimento de 2,5 cm.



Figura 22: Fabricação e pintura anticorrosiva das formas.



Figura 23: Limpeza das bancadas de concreto com as formas já montadas.



Figura 24: Bancada de concreto com forma e batentes já inseridos.

São colocados os kits de hidráulica e elétrica, inseridos na forma respeitando-se as posições indicadas no projeto executivo. No caso de haverem aberturas, também são respeitadas as dimensões dos batentes e a localização dos contramarcos.

Posteriormente são preenchidos os espaços por meio da justaposição de blocos cerâmicos (Figura 25). Como estes estão posicionados verticalmente (considerando o painel já colocado na posição final vertical) recebem anteriormente uma camada de argamassa (Figura 26) impedindo o desperdício de concreto através da sua infiltração nos furos do bloco.

As juntas entre os blocos são preenchidas com argamassa. As nervuras formadas no interior e no perímetro do painel são concretadas.

Uma das faces do painel, ainda na posição horizontal, é revestida com argamassa sobre base de chapisco rolado, aplicado com rolo de espuma (Figura 27). A fôrma possui altura de 10 cm, quando a espessura do bloco é de 9 cm, para obter o revestimento de aproximadamente 1 cm.



Figura 25: Blocos sendo colocados na forma.



Figura 26: Blocos cerâmicos fechados verticalmente com argamassa.



Figura 27: Painel parede com uma das faces revestidas.

O painel é içado e colocado em cavaletes na posição vertical para revestimento da outra face (Figuras 28 e 29). Aplica-se o chapisco rolado e o revestimento com argamassa. Deste lado da forma, o nivelamento do revestimento é feito por meio de taliscas previamente fixadas, respeitando também a espessura de 1 cm (Figura 30).



Figura 28: Painel pronto para ser içado.



Figura 29: Painel sobre cavaletes.



Figura 30: Painel na vertical sendo revestido em outra face.

A base dos painéis é impermeabilizada pela aplicação com brocha de camada de pasta de cimento polimérico com altura de aproximadamente 20 cm, em ambas as faces.

Terminada a cura de todos os painéis utilizados no edifício, começa o processo de transporte destes. Os painéis, a fundação e a cobertura seguem para o local final de acordo com o estudo de logística. Na fábrica, há pórticos metálicos rolantes com roldanas e guindastes em vários setores, onde o transporte de elementos pesados é feito por içamento. Este transporte por içamento é usado para o deslocamento da

armadura até as formas, para o levantamento das formas verticais que serão estocadas e revestidas na outra face, e para o posicionamento dos painéis prontos nos caminhões de transporte. Os painéis são dispostos na ordem que serão utilizados no processo de montagem no local final. (Figura 31)



Figura 31: Estocagem dos painéis prontos e numerados para serem transportados ao local final da obra.

5.3. Montagem dos painéis em local definitivo

Após a fundação estar pronta e nivelada na obra, começa o processo de montagem dos painéis sobre esta.

A montagem dos painéis começa pelos cantos da obra, para obter maior travamento. O primeiro painel é posicionado sobre a fundação utilizando o guincho munk, onde o operário prende o painel com uma mão francesa. Então o operário acerta o nível e o prumo deste painel através dos parafusos da mão francesa. Posteriormente é colocado o segundo painel, e com este ainda preso ao guincho é acertado o prumo e nível deste novo painel, deixando uma folga de 1,0 cm entre os dois painéis.

Após a colocação do segundo painel, um operário une os painéis através de soldagem das cantoneiras de aço. O processo é repetido outras vezes com os demais painéis até terminar a montagem, usando sempre mãos francesas e auxílio de guincho munk ou guindaste para a movimentação dos painéis.

5.4. Laje e cobertura

Como já foi indicado o uso de laje de cobertura é opcional. Segundo o fabricante, os painéis não precisam de travamento através desta, já que a rigidez lateral proporcionada pelas soldas e pelo próprio contraventamento obtido com painéis perpendiculares, é suficiente.

Caso se escolha os painéis de laje, estes são pré-fabricados, nervurados ou maciços, semelhante às lajes usadas no mercado. O que os diferencia é o seu processo de fabricação, sendo o mesmo adotado pelos painéis paredes quanto ao uso de formas horizontais. Os painéis de laje são nervurados e concretados na fábrica, respeitando-se o projeto executivo e a respectiva armadura (Figura 32). Nas formas são respeitadas os espaços para passagem de tubulações de hidráulica e de elétrica estudados no projeto executivo. Após a desforma, os painéis de laje são armazenados com a devida identificação.



Figura 32: Malhas usadas nas lajes pré-moldadas Jet Casa.

Para o transporte dos painéis de laje também são usadas nervuras para içamento como nos painéis paredes, porém em posições perpendiculares já que os painéis continuarão na posição horizontal na obra. O seu deslocamento também é feito com auxílio de guincho munk ou guindastes.

Quando há a necessidade de oitões, estes são produzidos seguindo o mesmo procedimento dos painéis de paredes. O travamento é feito com auxílio de barras de aço soldadas em componentes metálicos. Externamente na fachada, é feita a soldagem da base dos oitões com a parte superior dos painéis, por meio de componentes de fixação como cantoneiras metálicas chumbadas nos oitões e na laje e segmentos de barras de aço. Todos os elementos de fixação são previamente estudados e colocados nas formas de acordo com o projeto, como no processo de fabricação dos painéis.

Caso não se opte pelo uso da laje pode-se passar diretamente para a estrutura de cobertura composta por perfis metálicos ou peças de madeira, como no sistema tradicional. Quase não há limites para as formas de painéis, já que cada projeto residencial ou comercial é feito e analisado separadamente. A mobilidade das formas torna possível a produção de painéis das mais diversas dimensões.

Concluído todo o processo de montagem no local final da obra, começa o processo de acabamento do edifício. É aplicada massa corrida sobre a alvenaria para posterior pintura, e colocado o piso e o azulejo de acordo com o projeto. (Figuras 33 a 39)



Figura 33: Fachada de casa construída pelo sistema Jet Casa.



Figura 34: Dormitório de casa construída pelo sistema Jet Casa.



Figura 35: Salas de casa construída pelo sistema Jet Casa.



Figura 36: Cozinha.



Figura 37: Recorte no forro mostrando a cobertura.



Figura 38: Banheiro.

Distribuição e Área Individual dos Ambientes:	
• 01 Sala	(09,87 m ²)
• 01 Quarto de Casal	(10,07 m ²)
• 01 Quarto de Solteiro	(10,07 m ²)
• 01 Circulação	(04,10 m ²)
• 01 Cozinha	(07,06 m ²)
• 01 Banheiro Social	(02,72 m ²)
• 01 Alpendre	(04,41 m ²)
• 01 Área de Serviço	

Figura 39: Quadro das áreas de casa construída pelo sistema Jet Casa.

6. RESULTADOS E DISCUSSÕES

6.1 Custos do sistema Jet Casa

No sistema Jet Casa, foi utilizada para análise a planta de uma residência geminada em Indaiatuba - SP, construída pela empresa. Esta residência geminada é composta por duas unidades, contendo cada uma 2 quartos, sala, cozinha, banheiro e varanda. A área residencial de cada unidade é de 44,76 m² e a área de varanda de 1,92 m², perfazendo uma área construída total de 46,68 m². Logo, a área das duas residências que formam uma unidade geminada é de 93,36 m². O Anexo apresenta a planta baixa da casa geminada em questão, e exemplos do projeto executivo de alguns painéis (paredes, laje e oitões) desta mesma residência.

Alem dos desenhos técnicos, foram obtidas junto à empresa Jet Casa diversas planilhas, descrevendo o custo de todas as etapas deste processo construtivo industrializado.

Estas planilhas foram reorganizadas e resumidas em itens com menos detalhes específicos para uma melhor visualização comparativa do processo. Em contra partida, o item que mostrava o valor total dos painéis foi descrito mais detalhadamente com base nas mesmas planilhas orçamentárias fornecidas pela empresa, para uma maior visualização indicando as quantidades de armadura, concreto, blocos cerâmicos, entre outros.

A fundação utilizada neste condomínio residencial em Indaiatuba, foi a sapata corrida, com concreto de fck igual a 20 MPa, e tela (CA 60 T 138), que segundo a Belgo (2008) possui peso específico de 1,49 kg/m². A impermeabilização foi aplicada no piso da sapata corrida utilizando Vedax Plus, e numa altura de 50 cm da base dos painéis de paredes com Vedax 1.

Na etapa alvenaria, a armadura foi apresentada de duas formas. A primeira (kit armadura) está em kg onde aparecem as nervuras verticais, horizontais e as treliças, enquanto a segunda forma engloba os kits de travamento e içamento dos painéis.

Na ligação entre os painéis (parede/oitão, laje/oitão) foram utilizados uma fiada de tijolo comum maciço (5 x 10 x 20 cm) assentados com argamassa pré-fabricada

Votomassa com adição de cimento portland (CPIII 32) e areia média. Na base dos painéis, até uma altura de 10 cm, foi utilizada argamassa impermeabilizante à base de cimento. Nas juntas de ligação entre os painéis foi utilizado para arremate argamassa usinada impermeável com adição de cimento e areia.

Os painéis foram produzidos na fábrica da Jet Casa em São José do Rio Preto e depois transportados para montagem em local definitivo em Indaiatuba, obtendo-se assim um custo de frete para transporte, carga e descarga de R\$300,00 (trezentos reais) por cada conjunto geminado com duas unidades residenciais.

A cobertura utilizada foi a convencional com estruturas de madeira de peroba do norte e telhas cerâmicas romanas. Nos banheiros foram montados painéis de laje pré-fabricados da Jet Casa. O forro utilizado no restante da residência (totalizando 88,11 m² de área por cada conjunto geminado com duas unidades residenciais) foi de PVC branco.

Na pintura das paredes internas em áreas molháveis como banheiro e cozinha foi utilizado o líquido preparador de superfície e a tinta látex acrílica. Nas paredes internas restantes optou-se por selador para pintura látex e tinta látex. Nas paredes externas foi primeiramente aplicada uma demão de selador para pintura texturizada, para posterior aplicação de demão de textura acrílica. As esquadrias de ferro foram pintadas com tinta esmalte específica para metais, enquanto as esquadrias de madeira foram tratadas com pintura esmalte sintética.

O revestimento de azulejo foi assentado apenas no box e barrado sob o lavatório dos banheiros, bem como no barrado em cima da pia de cozinha e tanque da área de serviço, totalizando 9,20 m². O piso foi o mesmo em toda a casa, sendo revestimento cerâmico de 41 x 41 cm.

As Tabelas 2 a 4 mostram a planilha resumida, onde sobre o valor final é somado o BDI de 25% adotado pela Jet Casa, e contém também os custos de fábrica mostrados na “etapa alvenaria”. O valor total da mão-de-obra em cada item já está contemplando as Leis Sociais adotadas pela Jet Casa que são de 185%.

Tabela 2: Planilha de custos do sistema construtivo Jet Casa – parte 1.

Folha: 1 de 3

Data: 09/07/2008

ORÇAMENTO : CASA GEMINADA
LOCAL : HIDAIA TUBA / SPÁREA : 93,36 m²

DESCRIÇÃO	CLASS	UNIDADE	QUANT.	PREÇO(R\$)	TOTAL (R\$)
FUNDAÇÕES - sapata corrida (e=9cm, l=60cm)					
Concreto dosado em central convencional 20 Mpa	Mat.	m3	9,21	242,00	2.228,82
Lona Preta Plástica	Mat.	m2	58,92	0,75	44,19
Pedra britada 2	Mat.	m3	2,02	46,00	92,92
Tela CA60 T 138	Mat.	kg	87,79	5,02	440,72
Argamassa impermeabilizante (h=10cm)	Mat.	kg	36,41	1,68	61,17
Impermeabilização paredes externas (h=0,50 cm)	Mat.	m2	19,64	4,44	87,20
Impermeabilização do piso da sapata corrida	Mat.	m2	48,27	3,34	161,22
Execução da sapata corrida	M.O.	m2	93,36	4,03	376,38
Aplicação da impermeabilização	M.O.	m2	93,36	1,95	182,18
				SUBTOTAL	3.674,80
ALVENARIA - painéis					
Tijolo Ceramico 8 furos	Mat.	m2	179,44	9,26	1661,52
Tijolo comum maciço p/ fechamento topo (painel/oitão ou laje/oitão)	Mat.	m2	7,72	15,65	120,73
Kit armadura	Mat.	kg	234,27	7,38	1727,75
Acessórios metálicos p/ travamento entre painéis	Mat.	unid.	2	247,36	494,71
Kit concreto	Mat.	m3	173,18	5,59	968,77
Chapisco e reboco	Mat.	m2	448,99	1,31	587,49
Kit junta	Mat.	m3	1,35	182,45	246,86
Argamassa pré-fabricada (revestimento/assentamento)	Mat.	kg	548,57	0,25	137,14
Argamassa usinada p/ preenchimento de juntas entre painéis	Mat.	m2	0,60	135,00	81,00
Junção e mastique	M.O.	m2	93,36	13,97	1.304,05
Montagem do painel pronto e soldagem	M.O.	m2	93,36	13,50	1.260,36
Execução	M.O.	m2	93,36	31,50	2.940,64
Frete (carga e descarga)	SER.CG	Vb	1,00	300,00	300,00
Custo da fábrica	SER.CG	m ²	224,50	18,32	4.112,15
				SUBTOTAL	15.943,17
HIDRÁULICA					
Reservatório cilíndrico de fibrocimento (500 litros)	Mat.	unid.	2,00	176,35	352,70
Rede de água fria					
Tubo soldável de PVC - 25 mm (3/4")	Mat.	m	36,00	1,85	66,64
Tubo soldável de PVC - 32 mm (1")	Mat.	m	16,00	4,18	66,89
Registro de gaveta bruto 25 mm (1")	Mat.	unid.	2,00	25,22	50,43
Rede de esgoto					
Tubo soldável de pvc (D= 40 mm)	Mat.	m	6,00	4,85	29,07
Tubo soldável de pvc (D= 50 mm)	Mat.	m	12,00	10,62	127,42
Tubo soldável de pvc (D= 100 mm)	Mat.	m	36,00	7,68	276,30
Caixa sifonada de pvc (100 x 100 x 50 mm)	Mat.	unid.	2,00	9,90	19,80
Kit hidráulico	Mat.	unid.	2,00	277,40	554,80
Acabamento hidráulico					
Acessórios hidráulicos	Mat.	unid.	2,00	45,13	90,26
Vaso sanitário c/ caixa de descarga acoplada	Mat.	unid.	2,00	149,52	299,04
Lavatório de louça branca s/coluna	Mat.	unid.	2,00	102,80	205,59
Tanque de mármore sintético	Mat.	unid.	2,00	117,93	235,86
Pia de mármore sintético (1,00 X 0,50 m)	Mat.	unid.	2,00	117,68	235,36
Kit grapa fixação tanque e pia	Mat.	unid.	2,00	7,60	15,20
Execução					
Acerto do terreno p/ instalação hidráulica	M.O.	Vb	116,08	3,06	355,20
Instalação da tubulação hidráulica	M.O.	Vb	116,08	3,60	417,89
Colocação de louças /acessórios	M.O.	m ²	93,36	4,27	399,10
				SUBTOTAL	3.797,55

Tabela 3: Planilha de custos do sistema construtivo Jet Casa – parte 2.

Folha: 2 de 3

Data:09/07/2008

ORÇAMENTO : CASA GEMINADA
LOCAL : INDAIATUBA / SPÁREA : 93,36 m²

DESCRIÇÃO	CLASS	UNIDADE	QUANT.	PREÇO(R\$)	TOTAL (R\$)
ELÉTRICA					
Poste de concreto (H=7,50 m - 90KGF)	Mat.	unid.	2,00	400,00	800,00
Quadro de distribuição (18 disjuntores)	Mat.	unid.	2,00	59,00	118,00
Fio isolado em PVC 1,50 mm ² - 750V	Mat.	m	690,00	0,38	262,20
Fio isolado em PVC 2,50 mm ² - 750V	Mat.	m	720,00	0,60	432,00
Fio isolado em PVC 6,00 mm ² - 750V	Mat.	m	94,00	1,91	179,54
Tubo de polietileno 1 1/2" x 3 mm	Mat.	m	0,40	1,45	0,58
Tubo de polietileno 1" x 2 mm	Mat.	m	4,00	0,47	1,88
Tubo de polietileno 3/4" x 1,5 mm	Mat.	m	160,00	0,37	59,20
Fio isolado em PVC 10,0 mm ² - 750V	Mat.	m	8,80	2,70	23,76
Cabo isolado em PVC 16 mm ² - 750V - 70 C	Mat.	m	90,00	4,29	386,10
Tubo de polietileno 1 1/4" x 3 mm	Mat.	m	40,00	1,46	58,40
Acabamento elétrico					
Tampa p/ quadro distribuidor (12 disjuntores)	Mat.	unid.	2,00	15,10	30,20
Disjuntor monopolar 15A	Mat.	unid.	8,00	3,77	30,16
Disjuntor monopolar 40A	Mat.	unid.	2,00	7,17	14,34
Disjuntor monopolar 60A	Mat.	unid.	2,00	9,28	18,56
Interruptor de 1 tecla simples c/ placa	Mat.	unid.	1,00	4,40	4,40
Interruptor de 1 tecla em paralelo c/ placa	Mat.	unid.	10,00	5,97	59,70
Tomada 2P+T universal (15A) c/ placa	Mat.	unid.	22,00	5,21	114,62
Tomada 2P+T universal (15A) s/ placa	Mat.	unid.	2,00	5,01	10,02
Acessórios elétricos	Mat.	unid.	2,00	26,11	52,22
Kit elétrico	Mat.	unid.	2,00	26,58	53,16
Aterramento completo c/ haste e conector	Mat.	un	2,00	135,90	271,80
Execução					
Instalação poste de concreto	M.O.	unid.	2,00	90,00	180,00
Instalação tubulação elétrica / fiação	M.O.	m2	93,36	6,30	588,17
Abertura de valas	M.O.	m2	93,36	2,78	259,20
Colocação de peças do acabamento elétrico	M.O.	m2	93,36	4,50	420,12
				SUBTOTAL	4.428,33
COBERTURA					
Estrutura de madeira peroba do norte	Mat.	m2	47,84	40,78	1.950,82
Telha Romana	Mat.	m2	93,36	12,38	1.155,75
Cumeeira cerâmica	Mat.	m	8,10	6,36	51,48
Laje forro (painel pré-fabricado)	Mat.	m2	6,68	19,16	128,02
Colocação de telhas	M.O.	m2	93,36	5,24	489,19
Montagem estrutura de madeira	M.O.	m2	93,36	15,35	1.432,97
Execução da laje	M.O.	m2	93,36	1,02	94,79
				SUBTOTAL	5.303,02
ESQUADRIAS					
Porta de abrir de ferro (80 X 210 x 6,5cm)	Mat.	unid.	4,00	261,92	1.047,69
Vitro basculante (80 x 60 x 6,5cm)	Mat.	unid.	2,00	88,36	176,72
Veneziana de correr (150 x 120 x 13cm)	Mat.	unid.	4,00	204,28	817,12
Vitro de correr (100 x 120 x 13cm)	Mat.	unid.	4,00	187,21	748,84
Pintura em esmalte p/ esquadrias de ferro	Mat.	m2	5,16	35,14	181,33
Porta lisa de madeira (0,80 x 2,10 m)	Mat.	unid.	4,00	119,25	477,00
Porta lisa de madeira (0,70 x 2,10 m)	Mat.	unid.	2,00	118,21	236,42
Pintura em esmalte sintético p/ esquadrias de madeira	Mat.	m2	10,54	2,90	30,53
Colocação das esquadrias	M.O.	m2	93,36	4,24	396,00
Pintura das esquadrias	M.O.	m2	93,36	5,11	476,97
				SUBTOTAL	4.588,62

Tabela 4: Planilha de custos do sistema construtivo Jet Casa – parte 3.

Folha: 3 de 3

Data: 09/07/2008

ORÇAMENTO : CASA GEMINADA

LOCAL : INDAIATUBA / SP

ÁREA : 93,36 m²

DESCRIÇÃO	CLASS	UNIDADE	QUANT.	PREÇO(R\$)	TOTAL (R\$)	
REVESTIMENTO						
Pintura						
Pintura em Latex p/ paredes internas	Mat.	m2	311,45	2,87	894,57	
Pintura acrílica p/ paredes internas (banheiro e cozinha)	Mat.	m2	85,52	2,30	196,97	
Pintura acrílica p/ paredes externas	Mat.	m2	118,40	3,78	447,91	
Execução	M.O.	m2	93,36	16,97	1.583,93	
Azulejo e piso						
Azulejo	Mat.	m2	9,20	8,70	80,04	
Piso (41 x 41 cm)	Mat.	m2	94,36	8,90	839,80	
Argamassa de cimento colante	Mat.	KG	407,20	0,25	101,80	
Rejunte	Mat.	KG	45,81	0,90	41,23	
Colocação de azulejo e piso	M.O.	m2	101,80	10,80	1.099,44	
Forro						
Forro de PVC colocado	Mat.	m2	88,11	23,00	2.026,53	
SUBTOTAL					7.312,22	
LIMPEZA						
Limpeza geral da obra (Material)	Mat.	m2	93,36	0,08	7,84	
Limpeza geral da obra (Mão-de-obra)	M.O.	m2	93,36	1,71	159,65	
SUBTOTAL					167,49	
TOTAL GERAL POR METRO QUADRADO = R\$ 594,38				TOTAL GERAL	45.215,20	
					TOTAL COM BDI	55.490,96

Os valores utilizados foram determinados para o estudo de caso aqui analisado onde foram construídas 108 unidades residenciais, totalizando 54 unidades geminadas.

6.2. Custos do sistema tradicional

Para análise comparativa de custos e tempo de execução foi adotada a mesma planta baixa da casa geminada construída pela Jet Casa e apresentada no Anexo, porém com projeto construtivo baseado no sistema tradicional. Sob esta mesma residência geminada foram criadas planilhas orçamentárias para análise de custos e cronogramas para análise de tempo de execução final da obra.

O custo da casa geminada construída pelo sistema tradicional foi feito consultando-se o site FDE (Fundação para o Desenvolvimento da Educação) adotando a data de julho de 2008, já que o orçamento da Jet Casa foi feito segundo a empresa no começo de agosto do ano de 2008.

Na fundação foi adotado sapata corrida com concreto dosado em central e lançado com resistência de 20 MPa. Nas laterais das valas foi utilizado embasamento de tijolo maciço comum com argamassa de areia, cal hidratada e cimento. A armadura consumida foi basicamente formada por barras de aço CA 50, cortadas e dobradas na

obra. A impermeabilização foi teoricamente aplicada no piso da sapata corrida e a uma altura de até 10 cm na base da parede.

Para o custo da alvenaria foram consideradas paredes simples de tijolo cerâmico 8 furos (9x19x19cm), com amarração entre paredes feita por pilaretes de concreto dosado em central e lançado (f_{ck} igual a 20 MPa) em todos os encontros destas. Nos pilaretes foram utilizadas armaduras de cabelo a cada 60 cm verticalmente, com 60 cm de comprimento, sendo estas de Aço CA-50 e bitola de 6,3 mm. E armaduras longitudinais treliçadas com 4 bitolas de 6,3 mm de Aço CA-50. Na ligação das paredes com os três oitões que constam na planta foram utilizadas cintas de amarração compostas por uma fiada de tijolos maciços comuns (5,7x9x19cm) e armadura de Aço CA-50 com 2 bitolas de 6,3 mm. Nas vergas e contra-vergas, quando o vão era menor que um metro, foram utilizadas duas fiadas de tijolo maciço comum (5,7x9x19cm), com duas bitolas de 6,3 mm de Aço CA-50. Nas vergas com vão entre 1 e 2 metros, foram utilizadas 2 bitolas de 10 mm de Aço CA-50 dispostos em concreto estrutural com seção de verga de 14x20cm (largura x altura), respeitando para ambos os vãos as medidas mínimas de traspasse de 40 cm ou 1/5 do vão. As paredes foram teoricamente revestidas com chapisco e rebocadas com argamassa de cimento, areia e cal hidratada.

A cobertura foi composta de estrutura em madeira de lei, e telha de barro romana. A laje do banheiro foi pré-fabricada em vigota treliçada unidirecional com uma carga de 100 kgf /m².

Como revestimento foi adotado tinta látex para paredes internas, pintura acrílica para áreas molháveis internas (como banheiro e cozinha) e para paredes externas. As esquadrias foram pintadas com tinta esmalte para esquadrias de ferro, e tinta esmalte sem massa corrida para esquadrias de madeira. Seguindo o mesmo projeto da Jet Casa foi adotado como revestimento o mesmo tipo de piso e azulejo, bem como a mesma metragem. Foi considerado como forro o PVC branco de 10 cm de largura, com espessura de 8 a 10 mm.

As Tabelas 7 e 8 mostram a planilha orçamentária desenvolvida com os dados do FDE, onde o valor final é somado ao BDI adotado pela FDE de 123% (ver Tabela 5). O valor total da mão-de-obra em cada item já está considerando as Leis Sociais adotadas pela FDE de 122%, tal como apresentado na Tabela 6. A mão-de-obra de cada item da FDE foi destacada e apresentada ao final de cada etapa para uma melhor comparação entre os sistemas Jet Casa e Tradicional.

Tabela 5: Composição do BDI aplicado na FDE.

(Benefício e Despesas Indiretas)

1 - Despesas Indiretas - D I	7,860	%
1.1 - Administração Central	2,830	%
1.1.1 - Pessoal	2,405	%
1.1.2 - Gastos Gerais	0,424	%
1.2 - Administração Local	5,030	%
1.2.1 - Pessoal	1,509	%
1.2.2 - Apoio Técnico	0,252	%
1.2.3 - EPI e Ferramentas	0,503	%
1.2.4 - Ensaios e Testes	0,126	%
1.2.5 - Subsídio à Alimentação	2,415	%
1.2.6 - Despesas Financeiras	0,226	%
2 - Despesa Legais - DL	8,310	%
2.1 - PIS (Programa de Integração Social)	0,650	%
2.2 - FINSOCIAL (Financiamento da Seguridade Social)	1,080	%
2.3 - ISS (Imposto Sobre Serviço)	2,000	%
2.4 - COFINS	3,000	%
2.5 - CPMF	0,380	%
2.6 - IR (Lucro Presumido)	1,200	%
3 - Lucro Bruto - LB	4,000	%
4 - Cálculo Total (BDI)	23,00	%

Fonte: Fundação para o Desenvolvimento da Educação – dezembro de 2008

Tabela 6: Composição das Leis Sociais aplicadas na FDE

A. Encargos sociais básicos	Parcial (%)	Total (%)
A1. Previdência Social	20,00	
A2. Fundo de Garantia por Tempo de Serviço	8,50	
A3. Salário-Educação	2,50	
A4. Serviço Social da Indústria (Sesi)	1,50	
A5. Serviço Nacional de Aprendizagem Industrial (Senai)	1,00	38,30
A6. Serviço de Apoio à Pequena e Média Empresa (Sebrae)	0,60	
A7. Instituto Nacional de Colonização e Reforma Agrária (Incra)	0,20	
A8. Seguro contra os acidentes de trabalho (INSS)	3,00	
A9. Seconci-Serviço Social da Indústria da Construção e do Mobiliário (aplicável a todas as empresas constantes do III grupo da CLT-art.577)	1,00	
B. Encargos sociais que recebem as incidências de A	Parcial (%)	Total (%)
B1. Repouso semanal e feriados	22,90	
B2. Auxílio-enfermidade (*)	1,49	
B3. Licença-paternidade (*)	1,50	41,03
B4. 13o. Salário	10,57	
B5. Dias de chuva/faltas justificadas/acidentes de trabalho/greves/falta ou atraso na entrega de materiais ou serviços na obra/outras dificuldades (*)	4,57	
C. Encargos sociais que não recebem as incidências globais de A	Parcial (%)	Total (%)
C1. Depósito por despedida injusta: 50% sobre (A2+(A2xB)) (*)	6,00	
C2. Aviso-prévio indenizado (*)	6,36	26,42
C3. Férias indenizadas (*)	14,06	
D. Taxas das reincidências	Parcial (%)	Total (%)
D1. Reincidência de A sobre B	15,71	16,25
D2. Reincidência de A2 sobre C2	0,54	
PORCENTAGEM TOTAL (%)		122,00

Fonte: Fundação para o Desenvolvimento da Educação – dezembro de 2008

Tabela 7: Planilha de custos do sistema construtivo tradicional – parte 1.

Folha 1 de 2

Data: junho/2008

ORÇAMENTO : CASA GEMINADA

ÁREA : 93,36 m²

DESCRIÇÃO	CLASS	UNIDADE	QUANT.	PREÇO(R\$)	TOTAL (R\$)
FUNDAÇÕES - sapata corrida (e=9cm, l=60cm)					
Concreto dosado e lançado fck= 20,0 mPa	Mat.	m3	5,50	213,19	1.172,53
Embasamento tijolo maciço comum	Mat.	m3	4,10	145,53	596,66
Armadura aço CA50	Mat.	kg	91,26	4,00	364,77
Impermeabilização	Mat.	m2	36,56	4,76	174,05
Execução	M.O.	m2	93,36	19,35	1.806,12
SUBTOTAL					4.114,12
ALVEIARIA					
Tijolo cerâmico furado (E.N. 10 cm)	Mat.	m2	220,84	11,72	2.588,23
Tijolo de barro maciço (cinta) E=1/2 tijolo	Mat.	m2	3,66	17,25	63,14
Armadura aço CA 50 (cinta, verga e pilarete)	Mat.	kg	152,13	4,00	608,06
Concreto estrutural fck 20 mPa	Mat.	m3	1,91	213,19	407,19
Chapisco e Reboco	Mat.	m2	448,99	0,62	277,33
Execução	M.O.	m2	93,36	87,61	8.179,20
SUBTOTAL					12.123,16
HIDRÁULICA					
Caixa d'água de polietileno c/ tampa (500 litros)	Mat.	unid.	2,00	212,85	425,69
Rede de água fria					
Tubo pvc rígido junta soldável (DN 25 mm)	Mat.	m	36,00	2,48	89,43
Tubo pvc rígido junta soldável (DN 32 mm)	Mat.	unid.	16,00	4,94	79,07
Registro de gaveta bruto (D= 25 mm)	Mat.	unid.	2,00	25,31	50,62
Rede de esgoto					
Tubo de pvc rígido junta soldável (DN 40 mm)	Mat.	m	6,00	3,71	22,26
Tubo de pvc rígido junta elástica (DN 50 mm)	Mat.	m	12,00	6,16	73,87
Tubo de pvc rígido junta elástica (DN 100 mm)	Mat.	m	36,00	9,60	345,48
Caixa sifonada de pvc (100 x 100 x 50 mm)	Mat.	unid.	2,00	9,30	18,60
Acabamento hidráulico					
Bacia sifonada c/ caixa de descarga acoplada	Mat.	unid.	2,00	182,87	365,73
Lavatório de Louça branca s/ coluna	Mat.	unid.	2,00	106,62	213,25
Tanque de concreto pré-moldado (60 x 60 cm)	Mat.	unid.	2,00	31,38	62,76
Pia de mármore sintético (100 x 50 cm)	Mat.	unid.	2,00	48,89	97,77
Execução					
Execução	M.O.	m2	93,36	18,17	1.696,08
SUBTOTAL					3.540,60
ELÉTRICA					
Poste de concreto 90 kgf (h = 7,5 m)	Mat.	unid.	2,00	190,55	381,10
Quadro de distribuição (disj. Geral 50 A)	Mat.	unid.	2,00	90,61	181,21
Disjuntor unipolar termomagnético	Mat.	unid.	12,00	4,05	48,65
Fio de 1,5 mm ² (750 V de isolamento)	Mat.	m	690,00	0,47	324,03
Fio de 2,5 mm ² (750 V de isolamento)	Mat.	m	720,00	0,76	549,03
Fio de 6,0 mm ² (750 V de isolamento)	Mat.	m	94,00	1,79	168,25
Fio de 10 mm ² (750 V de isolamento)	Mat.	m	8,80	3,34	29,38
Cabo de 16 mm ² (750 V de isolamento)	Mat.	m	90,00	4,86	437,23
Eletroduto polietileno (25 mm)	Mat.	m	164,00	0,49	80,77
Eletroduto polietileno (32 mm)	Mat.	m	40,00	0,80	32,04
Acabamento elétrico					
Interruptor de 1 tecla simples	Mat.	unid.	2,00	39,99	79,99
Interruptor de 1 tecla paralelo	Mat.	unid.	10,00	43,65	436,46
Tomada 2P+T universal (10A /15A) 220 V	Mat.	unid.	24,00	41,88	1.005,06
Ponto seco p/ telefone (eletroduto de polietileno)	Mat.	unid.	4,00	11,26	45,02
Execução					
Execução	M.O.	m2	93,36	21,23	1.981,90
SUBTOTAL					5.780,12

Tabela 8: Planilha de custos do sistema construtivo tradicional – parte 2.

Folha 2 de 2

Data: junho/2008

ORÇAMENTO : CASA GEMINADA

ÁREA : 93,36 m²

DESCRIÇÃO	CLASS	UNIDADE	QUANT.	PREÇO(R\$)	TOTAL (R\$)
COBERTURA					
Telha de barro Romana	Mat.	m2	93,36	11,18	1.043,30
Madeira de Lei (terça, caibro, ripa)	Mat.	m2	47,94	35,54	1.703,94
Cumeeira de barro (Romana)	Mat.	m	8,10	5,40	43,73
Laje (100 kgf/m ²)	Mat.	m2	6,68	40,10	267,88
Execução	M.O.	m2	93,36	19,89	1.856,50
SUBTOTAL					4.915,37
ESQUADRIAS					
Esquadria de ferro (90 x 60 cm) c/ vidro	Mat.	unid.	2,00	156,15	312,31
Esquadria de ferro (120 x 90 cm) c/ vidro	Mat.	unid.	4,00	287,05	1.148,22
Esquadria de ferro (150 x 90 cm) c/ vidro	Mat.	unid.	4,00	378,08	1.512,30
Pintura em esmalte p/ esquadrias de ferro	Mat.	m2	10,80	2,83	30,59
Porta de madeira sarrafeada p/ pintura c/ batente de madeira (L = 82 cm)	Mat.	unid.	8,00	275,16	2.201,29
Porta de madeira sarrafeada p/ pintura c/ batente de madeira (L = 72 cm)	Mat.	unid.	2,00	274,85	549,69
Pintura em esmalte s/ massa corrida p/ esquadrias de madeira	Mat.	m2	37,84	2,92	110,41
Execução	M.O.	m2	93,36	14,68	1.370,83
SUBTOTAL					7.235,65
REVESTIMENTO					
Pintura					
Pintura em Latex p/ paredes internas	Mat.	m2	311,45	3,03	944,39
Pintura acrílica p/ paredes e laje-forro internas (cozinhas e banheiros)	Mat.	m2	85,52	3,41	291,28
Pintura acrílica p/ paredes externas	Mat.	m2	118,40	3,41	403,27
Azulejo e piso					
Azulejo liso branco (15 x 15 cm)	Mat.	m2	9,20	11,49	105,67
Piso cerâmico 30x30 a 45x45 cm (PEI 4 a 5)	Mat.	m2	94,36	11,52	1.086,90
Forro					
Forro em lamina PVC 100 mm (E= 8 a 10 mm)	Mat.	m2	88,11	34,27	3.019,34
Execução					
Execução	M.O.	m2	93,36	49,34	4.606,15
SUBTOTAL					10.457,00
LIMPEZA					
Limpeza da obra	M.O.	m2	93,36	5,08	474,42
SUBTOTAL					474,42
TOTAL GERAL POR METRO QUADRADO = R\$ 633,20				TOTAL GERAL	48.640,43
				TOTAL C/ BDI	59.115,93

Considerando que os custos apresentados no FDE (2008) são de valores praticáveis na capital do estado de São Paulo, foi adotada uma redução de 10%, que diminui o total geral da residência para R\$ 53.204,34 com BDI, e de R\$ 43.776,39 sem BDI. Foi obtido assim um novo preço do metro quadrado construído de R\$ 569,88.

6.3. Análise comparativa de custos

Comparando as planilhas orçamentárias do sistema construtivo Jet Casa com o tradicional para a residência geminada de 93,36 m², foi observado que o sistema tradicional ficou mais barato que a Jet Casa (economia de R\$ 2.286,62) adotando a redução de 10% no preço praticável pela FDE, e R\$ 3.624,97 mais caro sem adotar esta redução de 10%. Em porcentagem o sistema tradicional ficou 4% mais barato com a redução de 10% e 6,5% mais caro sem a redução.

A Tabela 9 mostra para os dois sistemas construtivos, a porcentagem do custo de cada item em relação ao subtotal da etapa correspondente e a porcentagem de cada etapa em relação ao preço final da obra sem o BDI.

A fundação dos dois sistemas foi de sapata corrida. No sistema Jet Casa foi utilizado como armadura Tela CA60 T 138, que possui segundo a Belgo (2008) 1,49 kg/m², resultando o total de 87,79 kg. No sistema tradicional a quantidade de armadura adotada para fundação foi de 91,26 kg. Na Tabela 9 o valor percentual maior da Jet Casa (11,99%) comparado ao sistema tradicional (8,87%) se dá pelo fato de a tela de aço possuir um preço maior sem considerar a mão-de-obra para corte e dobra da armadura no sistema tradicional.

Comparando a porcentagem por etapa de cada sistema construtivo (Figura 40), foi visto que a etapa alvenaria possui a maior diferença de custo em relação ao preço total da obra sem BDI, seguida pelas etapas revestimentos e esquadrias, sendo 10,34% maior no sistema Jet Casa em relação a porcentagem da mesma etapa no sistema tradicional. Conforme visto nas Tabelas 2 e 7, a etapa alvenaria é R\$ 3.820,01 mais cara no sistema Jet Casa (R\$15.943,17 contra R\$12.123,16 do sistema tradicional). Isto ocorre porque é nesta etapa que estão concentrados todos os custos de fabricação dos painéis, logo onde são praticados em maior grau os métodos industrializados. As etapas revestimentos e esquadrias possuem uma diferença respectivamente de 5,33% e 4,73% para mais no sistema tradicional, por etapa em relação ao preço final da obra sem BDI (Figura 40).

Foi observado que a porcentagem da mão-de-obra no sistema tradicional foi maior que no sistema Jet Casa, ou seja, 45,17% contra 31,9% em relação ao preço total da obra sem BDI (descrito em etapas na Figura 41), principalmente para alvenaria com 12,18% no sistema Jet Casa e 16,82% no tradicional (ou seja 4,64% de diferença). Conforme mostrado no gráfico da Figura 41, o sistema tradicional teve um gasto com mão de obra maior em praticamente todas as etapas, menos na etapa cobertura (porém tendo pouca diferença, 0,54 % mais cara que o sistema tradicional).

A etapa da alvenaria é feita em sistema industrializado gerando uma produtividade maior da mão-de-obra que, mesmo sendo mais especializada geram, custos totais menores. Na etapa da fundação, há a impermeabilização da base dos painéis que também é executada na fábrica reduzindo o custo da mão-de-obra.

As outras etapas são executadas praticamente nos locais definitivos da obra, não sendo tão vantajosas em relação ao sistema tradicional. Segundo o fabricante compensa contratar o “esqueleto da obra”, que são os painéis montados em local definitivo, a fundação e a cobertura, sem os acabamentos. Explica o fabricante que a mão-de-obra utilizada para os acabamentos é terceirizada e a mesma do sistema tradicional, não havendo muitas vantagens inclusive para o fabricante do sistema Jet Casa.

Foi percebido que na etapa revestimento a diferença gasta em mão de obra entre os dois sistemas foi 3,44% mais cara para o método tradicional. Porém a somatória gasta em execução feita pela Jet Casa sem considerar o esqueleto (contendo portanto as etapas de acabamento elétrico e hidráulico, esquadrias, revestimentos e limpeza) foi de 9,22% contra 18,6% do sistema tradicional, revelando que a execução desta obra pelo sistema tradicional foi 9,38% mais cara. Provando então que o sistema Jet Casa ainda pode conseguir vantagens junto ao sistema tradicional, quanto a custo, mesmo em etapas não tão industrializáveis. Isto ocorre graças as técnicas de organização, racionalização e otimização dos recursos praticáveis pelo sistema industrializado, que refletem um maior planejamento e maior controle de imprevistos, gerando uma mão de obra mais eficiente.

Os painéis da Jet casa possuem um valor percentual de materiais maior que do tradicional na etapa alvenaria, resultando nesta etapa uma diferença de 14,98% em relação ao preço total da residência sem o BDI (Figura 42) e uma diferença de 10,32% considerando também a mão de obra (Figura 40). Isto ocorre porque os painéis do sistema Jet Casa possuem maiores solicitações (além das normais deve-se considerar o içamento e o transporte). Conforme observado, a quantidade de armadura adotada para resistir a estas solicitações é maior, sendo de 234,27 kg no sistema Jet Casa contra 152,13 kg no sistema tradicional (Tabelas 2 e 7), e considerando também os acessórios metálicos para travamento entre os painéis, resulta em diferença de 8,92% entre a armadura da alvenaria da Jet Casa em comparação com a tradicional (Tabela 9).

Tabela 9: Porcentagem de itens e etapas em cada sistema construtivo sem BDI

DESCRIÇÃO DAS ETAPAS	SISTEMA CONSTRUTIVO			
	Jet Casa (%)	Tradicional (%)	Jet Casa (%)	Tradicional (%)
	Porcentagem por etapas		Porcentagem das etapas	
FUNDAÇÕES				
Concreto	60,65	28,50		
Embasamento	3,73	14,50		
Armadura	11,99	8,87	8,13	7,87
Impermeabilização	8,42	4,23		
Execução	15,20	43,90		
ALVENARIA				
Tijolo cerâmico furado	13,34	21,35		
Tijolo de barro maciço	0,76	0,52		
Armadura	13,94	5,02		
Concreto	6,08	3,36	35,26	23,19
Chapisco e reboco	3,68	2,29		
Execução	34,53	67,47		
Frete e custo de fábrica	27,67	0,00		
HIDRÁULICA				
Caixa d'água	9,29	12,02		
Rede de água fria	4,84	6,19		
Rede de esgoto	26,53	13,00	5,12	4,72
Execução	20,36	38,48		
Acabamento hidráulico				
Acabamento hidráulico	28,47	20,89		
Execução do acabamento	10,51	9,42	3,27	2,05
ELÉTRICA				
Rede elétrica	52,43	23,67		
Execução	13,28	38,69	6,44	11,24
Acabamento elétrico				
Acabamento elétrico	14,89	16,62		
Execução do acabamento	19,41	21,02	3,36	6,79
COBERTURA				
Telha de barro Romana	21,79	21,23		
Estrutura de madeira	36,79	34,67		
Cumeeira	0,97	0,89	11,73	9,40
Laje	2,41	5,45		
Execução	38,03	37,77		
ESQUADRIAS				
Esquadrias	76,36	79,11		
Pintura	4,62	1,95	10,15	13,84
Execução	19,02	18,95		
REVESTIMENTO				
Pintura	21,05	15,67		
Azulejo e piso	14,54	11,40		
Forro	27,71	28,87	16,17	20,00
Execução	36,70	44,05		
LIMPEZA				
Limpeza da obra	100,00	100,00	0,37	0,91

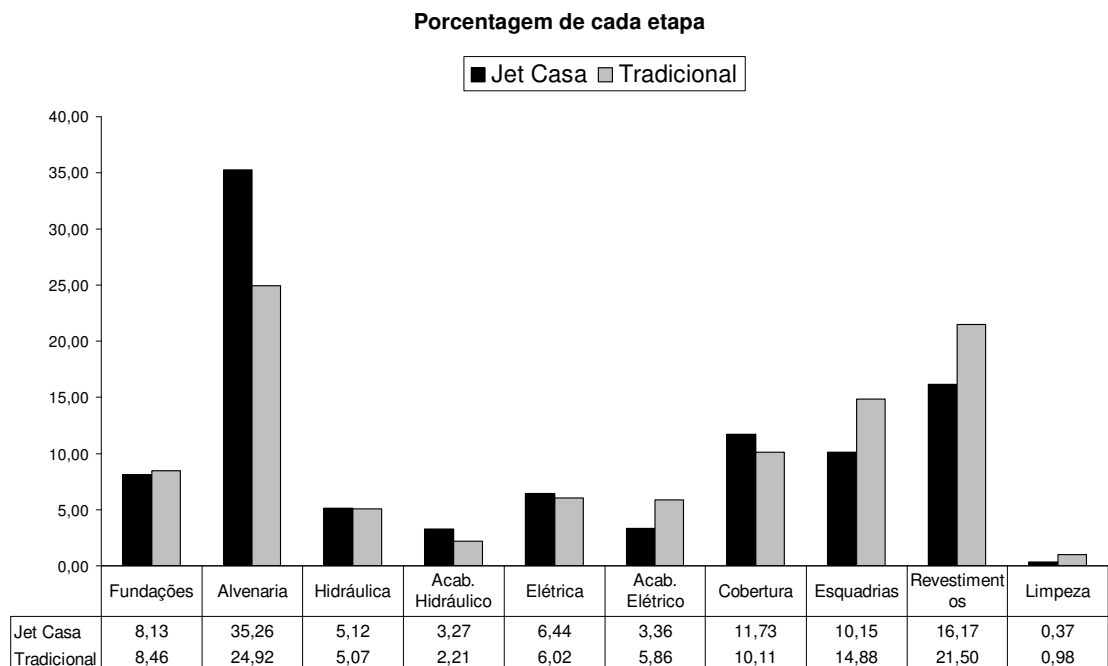


Figura 40: Porcentagem de cada etapa em ambos os sistemas construtivos.

Foi observado também que nas etapas mais industrializadas do sistema Jet Casa (que são a fundação, a alvenaria, a hidráulica e a elétrica sem acabamentos, e a cobertura) foi obtido uma maior porcentagem do custo dos materiais por etapa em relação ao preço total da obra sem BDI (Figura 42). Isto também se deve ao fato que tendo estas etapas um menor custo de mão de obra, aumenta-se o valor percentual dos materiais em relação ao preço total da etapa.

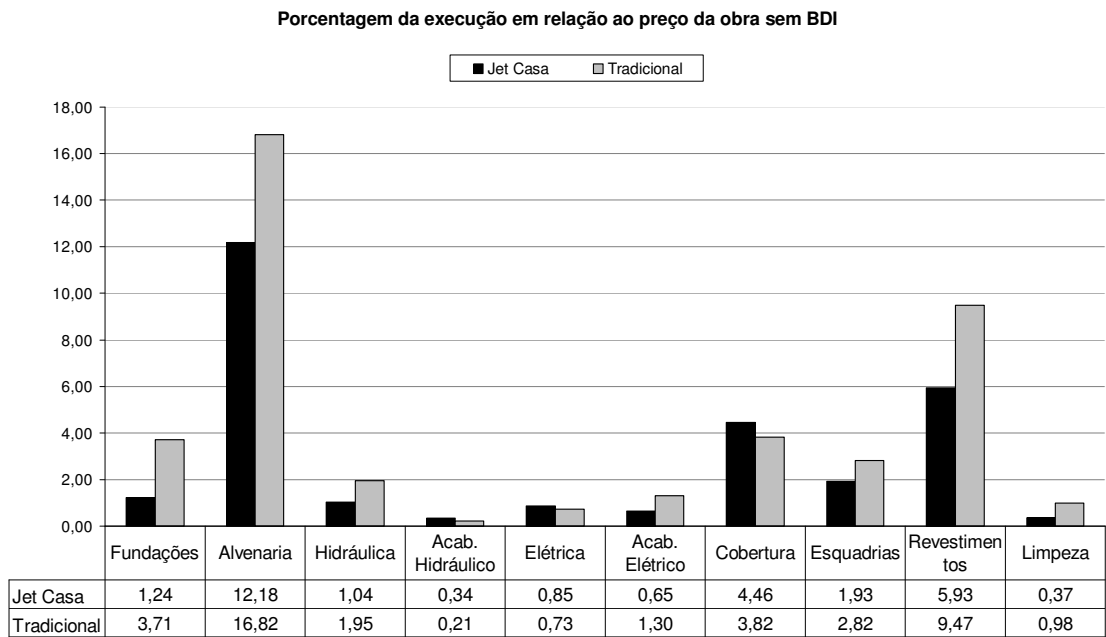


Figura 41: Mão-de-obra em relação ao preço total da residência sem BDI.

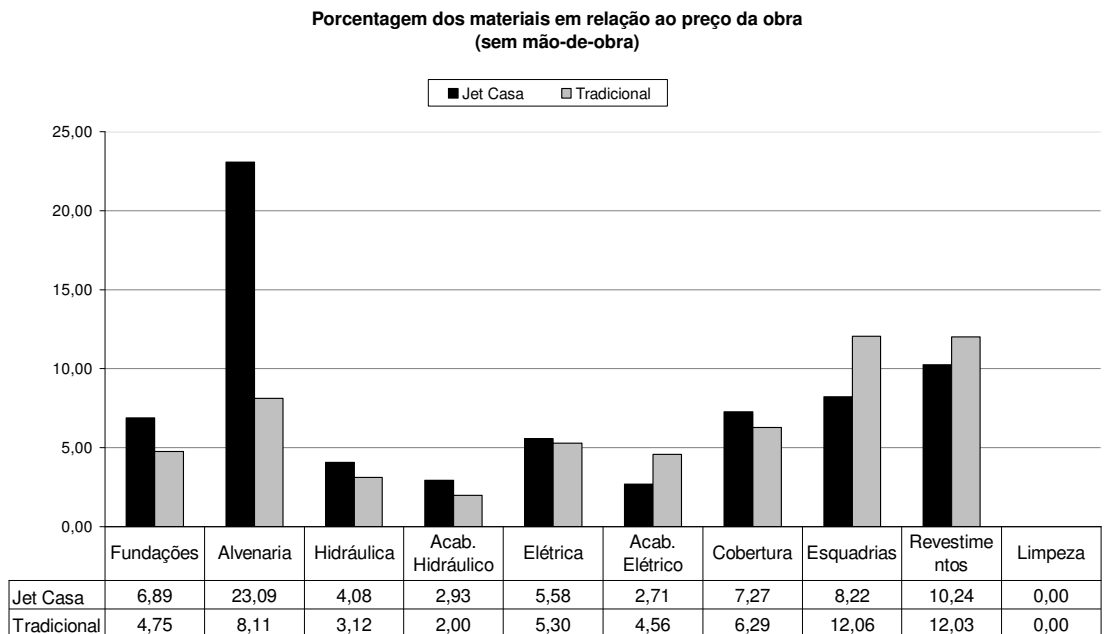


Figura 42: Gráfico das etapas sem a mão-de-obra, em relação ao preço total da residência sem BDI.

6.4. Cronograma para o sistema Jet Casa

Segundo o fabricante, os painéis são produzidos em aproximadamente 3 dias. No primeiro dia são fabricadas simultaneamente as formas (caso sejam utilizadas dimensões diferentes das já existentes), a armadura e montados os kits hidráulico e elétrico. No segundo dia, são colocados dentro das formas dispostas horizontalmente as armaduras e os kits, para depois serem colocados os blocos e realizada a concretagem. No terceiro dia, são respeitados os tempos de cura do concreto, bem como são revestidos os painéis.

Já a montagem dos painéis em local definitivo das duas unidades de casa geminada demora 2 dias, segundo o fabricante (Tabela 10).

Tabela 10: Cronograma detalhado para o sistema Jet Casa

Folha: 1 de 1

Data: 09/07/2008

OBRA : 2 CASAS - COM 46,68 M2 CADA UMA - Área total 2 casas: 93,36 m2

ORÇAMENTO : CASA GEMINADA - BEM BIBER - VEREDAS DA CONQUISTA

LOCAL : INDAIATUBA / SP

ETAPAS	DIAS
Fundação	4
Alvenaria	
Fabricação e montagem das formas	
Limpeza das formas colocadas	
Montagem do kit hidráulico	1
Montagem do kit elétrico	
Montagem da armadura	
Colocação dos blocos	
Colocação dos armadura	1
Colocação dos Kits hidráulicos e elétricos	
Concretagem	
Chapisco e reboco	1
Impermeabilização	
Transporte dos painéis para local definitivo	1
Montagem dos painéis em local definitivo	2
	5
Esquadrias	5
Cobertura	7
Acabamentos hidráulicos	2
Acabamento elétrico	14
Revestimento	14
Limpeza	7

Em condomínios de residências para conclusão da obra são necessários no mínimo 30 dias (Figura 43). Entretanto o fabricante diz não ser tão interessante a execução de somente uma única residência para a empresa, já que obtém um lucro maior na construção de condomínios com várias residências. Logo, quando se tratar de apenas uma residência, dependendo da disponibilidade da fábrica, a construção pode demorar até 3 meses para ser concluída.

Folha 1 de 1 **Data: junho/2008**

OBRA : 2 CASAS - COM 46,68 M2 CADA UMA - Área total 2 casas: 93,36 m2

ORÇAMENTO : CASA GEMINADA - BEM BIBER - VEREDAS DA CONQUISTA

LOCAL : INDAIATUBA / SP

Etapas	Semanas			
	1ª	2ª	3ª	4ª
Fundação				
Alvenaria				
Hidráulica				
Elétrica				
Esquadrias				
Cobertura				
Acabamento hidráulico				
Acabamento elétrico				
Revestimentos				
Limpeza				

Figura 43: Cronograma resumido no sistema construtivo Jet Casa.

6.5. Cronograma para o sistema tradicional

As planilhas orçamentárias do FDE (Fundação para o Desenvolvimento da Educação) são apresentadas em vários elementos construtivos organizados em etapas. O custo final de cada elemento é relacionado a uma unidade e mostrado com as Leis Sociais e BDI. A mão de obra é apresentada com taxa em horas de cada colaborador em relação à unidade adotada por elemento. O consumo em horas trabalhadas de cada colaborador dividido pelas etapas relacionadas da residência geminada em Indaiatuba foram organizados na Tabela 11, obtendo-se assim o cronograma para o sistema tradicional, de acordo com o FDE.

Organizando os itens de cada colaborador para cada elemento construtivo de cada etapa, foi obtido o consumo em horas trabalhadas para cada colaborador por etapa (Tabela 11). Onde foi observado que na etapa alvenaria houveram as maiores horas totais trabalhadas (669,48 horas em 5,98 semanas), seguida pela etapa

revestimentos e a etapa elétrica concluídas respectivamente em 3,68 e 3,25 semanas. As menores horas totais trabalhadas ocorreram nas etapas de acabamento hidráulico e de esquadrias com valores respectivos de 0,24 e 0,73 semanas. A Figura 44 apresenta detalhadamente o tempo em semanas para cada etapa.

A mesma residência em Indaiatuba, construída no sistema tradicional levaria 3 meses para estar pronta, com uma relação de 34 Hh/m² (Homens hora por metro quadrado).

Folha 1 de 1

Data: junho/2008

OBRA : 2 CASAS - COM 46,68 M2 CADA UMA - Área total 2 casas: 93,36 m²
ORÇAMENTO : CASA GEMINADA - BEM BIBER - VEREDAS DA CONQUISTA
LOCAL : INDAIATUBA / SP

Etapas	Semanas											
	1 ^a	2 ^a	3 ^a	4 ^a	5 ^a	6 ^a	7 ^a	8 ^a	9 ^a	10 ^a	11 ^a	12 ^a
Fundação	■	■										
Alvenaria			■	■	■	■	■	■				
Hidráulica		■	■									
Elétrica							■	■	■			
Esquadrias							■					
Cobertura									■			
Acabamento hidráulico										■		
Acabamento elétrico										■	■	
Revestimentos									■	■	■	
Limpeza												■

Figura 44: Cronograma resumido no sistema construtivo tradicional

Tabela 11: Cronograma detalhado para o sistema construtivo tradicional.

Folha 1 de 1		Data: junho/2008			
OBRA : 2 CASAS - COM 46,68 M2 CADA UMA - Área total 2 casas: 93,36 m2					
ORÇAMENTO : CASA GEMINADA - BEM BIBER - VEREDAS DA CONQUISTA					
LOCAL : INDAIATUBA / SP					
Colaboradores	Horas trabalhadas	Homens	Dias trabalhados	Semanas	Meses
Fundação					
Pedreiro	95,80	1	11,98	1,71	0,40
Servente	115,58	1	14,45	2,06	0,48
Ferreiro	9,13	1	1,14	0,16	0,04
Aj. Ferreiro	9,13	1	1,14	0,16	0,04
				2,06	0,48
Alvenaria					
Pedreiro	565,48	2	35,34	5,05	1,18
Servente	669,48	2	41,84	5,98	1,39
Ferreiro	15,21	1	1,90	0,27	0,06
Aj. Ferreiro	15,21	11	0,17	0,02	0,01
				5,98	1,39
Hidráulica					
Encanador	79,88	1	9,99	1,43	0,33
Aj. Encanador	83,88	1	10,49	1,50	0,35
				1,50	0,35
Elétrica					
Eletricista	182,13	1	22,77	3,25	0,76
Aj. Eletricista	182,13	1	22,77	3,25	0,76
				3,25	0,76
Cobertura					
Pedreiro	7,11	1	0,89	0,13	0,03
Servente	115,96	2	7,25	1,04	0,24
Carpinteiro	35,04	1	4,38	0,63	0,15
Aj. Carpinteiro	35,04	1	4,38	0,63	0,15
Telhadista	56,02	1	7,00	1,00	0,23
				1,04	0,24
Esquadrias					
Pedreiro	22,60	1	2,83	0,40	0,09
Servente	22,60	1	2,83	0,40	0,09
Carpinteiro	41,00	1	5,13	0,73	0,17
Aj. Carpinteiro	41,00	1	5,13	0,73	0,17
Pintor	23,08	1	2,88	0,41	0,10
Aj. Pintor	21,18	1	2,65	0,38	0,09
				0,73	0,17
Revestimentos					
Servente	54,54	1	6,82	0,97	0,23
Ladrilhista	66,05	1	8,26	1,18	0,28
Pintor	231,92	2	14,49	2,07	0,48
Aj. Pintor	206,15	1	25,77	3,68	0,86
Azulejista	4,88	1	0,61	0,09	0,02
				3,68	0,86
Acabamento hidráulico					
Encanador	13,60	1	1,70	0,24	0,06
Aj. Encanador	13,60	1	1,70	0,24	0,06
				0,24	0,06
Acabamento elétrico					
Eletricista	107,80	1	13,48	1,93	0,45
Aj. Eletricista	119,80	1	14,98	2,14	0,50
				2,14	0,50
Limpeza					
Servente	65,35	1	8,17	1,17	0,27
				1,17	0,27
Relação homens horas trabalhadas por metro quadrado= 34 HH/m ²					

6.6. Análise comparativa de tempo

No cronograma do sistema Jet Casa a duração da obra é aproximadamente 3 vezes menor (1 mês contra 3 meses) do que no sistema tradicional. A figura 45 retrata mais nitidamente as diferenças de tempo para cada etapa construtiva dos dois sistemas (Jet Casa e tradicional).

Como já era previsto a etapa alvenaria teve a maior diferença de tempo por etapa, com 5 semanas mais demoradas pelo sistema tradicional (Figura 45), devido ao processo industrializado da fabricação dos painéis.

As etapas elétrica e hidráulica (sem acabamentos) foram respectivamente a segunda e a terceira etapas mais rápidas do sistema Jet Casa (1 semana a mais para etapa hidráulica e 2 semanas a mais para etapa elétrica no sistema tradicional). Isto ocorreu pelo fato de estas etapas estarem incluídas na fabricação dos painéis Jet Casa, onde há a colocação dos kits hidráulicos e elétricos.

Nas etapas fundação e revestimentos também há uma diferença de 1 semana, entre o sistema Jet Casa e tradicional, sendo o ultimo mais demorado. Estas etapas, na fábrica da Jet Casa, não sofreram muitas adaptações para um processo mais industrializado, logo possuem esta diferença de 1 semana graças as técnicas de organização, racionalização e otimização do processo industrializado, gerando uma mão de obra mais eficiente.

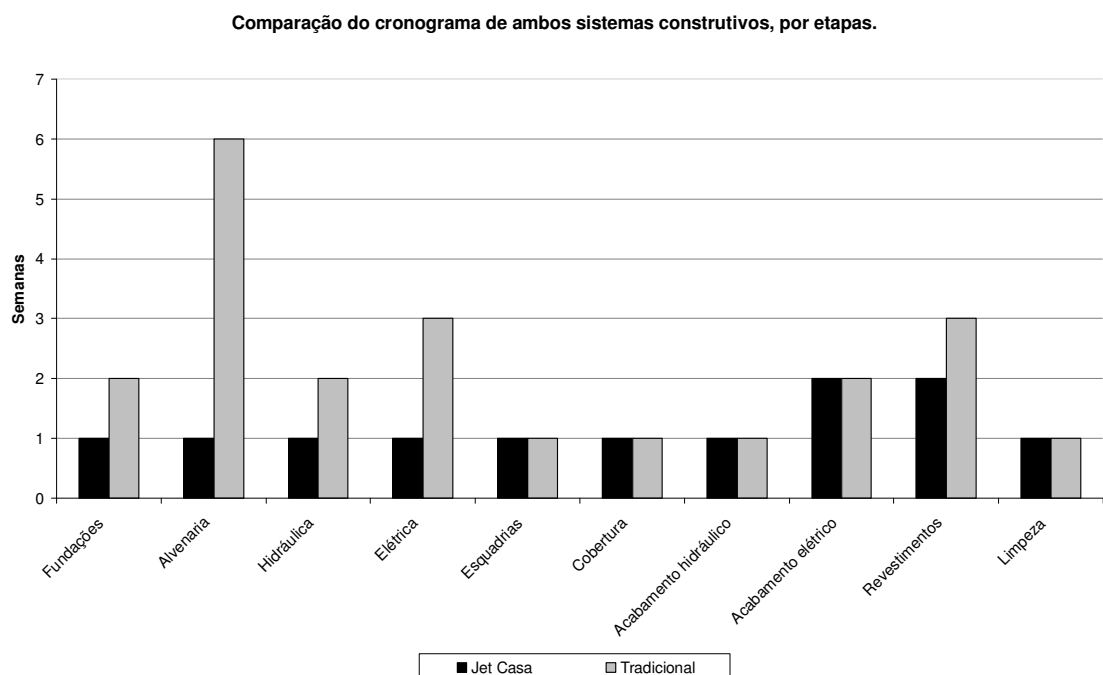


Figura 45: Gráfico comparativo dos tempos de execução dos sistemas Jet Casa e tradicional, em relação às etapas construtivas.

7. CONCLUSÃO

Na análise comparativa de custos foi observado que o sistema Jet Casa e o tradicional resultaram em valores orçamentários próximos (diferença de R\$ 2.286,62 mais barata do sistema tradicional adotando a redução de 10% no preço praticável pela FDE e R\$ 3.624,97 mais caro sem adotar esta redução de 10%).

Entretanto, na análise comparativa de tempos esta diferença entre os dois sistemas foi marcante (1 mês para conclusão da obra pelo sistema Jet Casa contra 3 meses pelo tradicional), principalmente em relação às etapas mais industrializadas da Jet Casa, os painéis Jet Casa ficam concluídos em 5 dias contra 6 semanas do sistema tradicional. Conforme observado nas etapas o sistema Jet Casa ainda pode conseguir vantagens junto ao sistema tradicional, quanto a custo, em etapas não tão industrializáveis, devido a técnicas de organização, racionalização e otimização dos recursos praticáveis pelo sistema industrializado, que refletem um maior planejamento e maior controle de imprevistos, gerando uma mão de obra mais eficiente.

Porém, estes valores somente são praticáveis para construção em condomínios (várias unidades), já que, segundo a empresa fabricante, para construção de uma única residência este tempo aumenta para até 3 meses.

Devido à grande produtividade do Sistema Jet Casa e pouca à diferença de valor entre os dois sistemas comparados a esta produtividade, acaba sendo mais vantajoso a adoção do Sistema Jet Casa em condomínios, pois com o imóvel pronto, pode-se aplicar sobre ele a diferença em aluguel ou venda. Caso o imóvel seja para fabricação de apenas uma unidade, a única vantagem vista do sistema Jet Casa será a certificação de órgãos avaliadores como IPT que atestam a qualidade do processo, enquanto no sistema tradicional não é disponível o atestado de qualidade.

A desvantagem do sistema Jet Casa comparada ao sistema tradicional seria a dificuldade de mudanças futuras na residência ou até mesmo durante a construção, em razão dos painéis serem estruturais.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (1985). *NBR 9062 – Projeto e execução de estruturas de concreto pré-moldado*. São Paulo.

BELGO – GRUPO ARCELOR (2009). Catálogo: *Telas soldadas nervuradas Belgo*. [S.l.]. Disponível em: <http://www.belgo.com.br/produtos/construcao_civil/telas_belgo/pdf/telas_belgo.pdf>. Acesso em: fev. 2009.

ENCICLOPÉDIA virtual livre - WIKIPEDIA (2008). Artigo: Fordismo e Taylorismo. Disponível em: <<http://pt.wikipedia.org/wiki/Taylorismo>> e <<http://pt.wikipedia.org/wiki/Fordismo>>. Acesso em: 21 julho.

FUNDAÇÃO PARA O DESENVOLVIMENTO DA EDUCAÇÃO – FDE (2008). Fornecedores: Listagem de preços. [S.l.]. Disponível em: <<http://www.fde.sp.gov.br/PagesPublic/InternaFornecedores.aspx?contextmenu=listpre>>. Acesso em: dezembro 2008 a fevereiro 2009.

GIROLDO, L.C. (2007). *Edifício residencial de múltiplos pisos: Análise comparativa de custos de sistemas estruturais em concreto para o pavimento tipo*. Curitiba. Dissertação (Mestrado). Universidade Federal do Paraná. 117p.

INMETRO (2001). Informações ao consumidor: Bloco cerâmico (Tijolo). [S.l.]. Disponível em: <<http://www.inmetro.gov.br/consumidor/produtos/tijolo.asp>>. Acesso em: 23 agosto 2008.

INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS DO ESTADO DE SÃO PAULO– IPT (2006). Referência Técnica 21 A. São Paulo. Disponível em: <<http://www.ipt.br/atvidades/serviços/rt/fules/rt21ajetcasa.pdf>>. Acesso em: 19 agosto 2008.

NORMA REGULAMENTADORA (2008). *NR 18 – Condições e meio ambiente de trabalho na indústria da construção*. [S.l.]

REVISTA TÉCNICA (2005) Artigo: *O que mudou na construção civil nos últimos dez anos?* São Paulo. Nº 100 - Julho.

ROSSO, T. (1980). *Racionalização da Construção*. São Paulo. 300 p. FAUUSP.

SABBATINI, F.H. (1989). *Desenvolvimento de métodos, processos e sistemas construtivos: formulação e aplicação de uma metodologia*. Tese de Doutorado. 321p. Escola Politécnica, Universidade de São Paulo. São Paulo.

SOUZA, Roberto. (1990). *Qualidade, modernização e desenvolvimento: diretrizes para atualização tecnológica da Indústria da Construção Civil*. Simpósio Nacional sobre Garantia da Qualidade das Estruturas de Concreto. São Paulo, EPUSP. P.3-17.

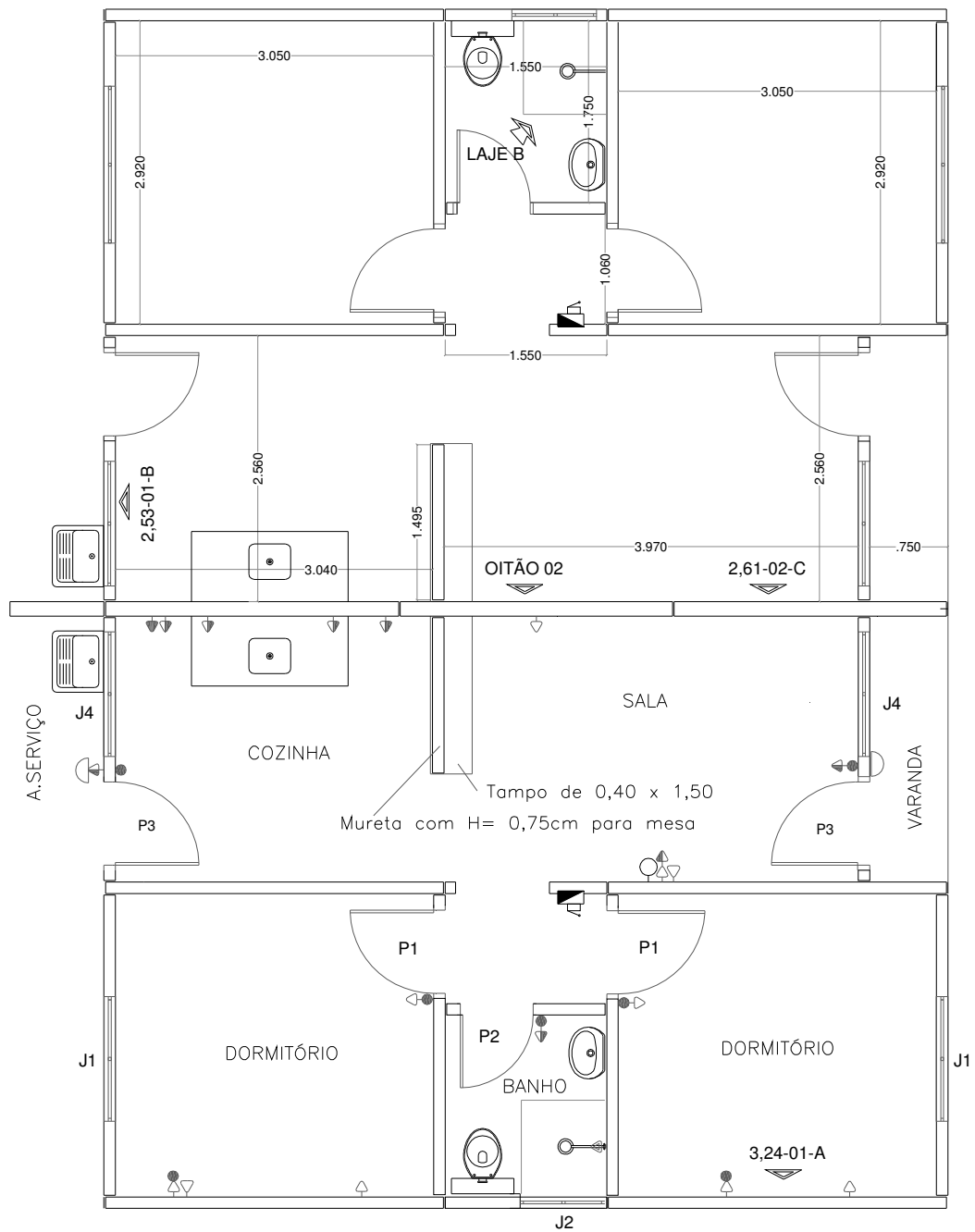
SOUZA, Roberto. (1996). *Qualidade na aquisição de materiais e execução de obra*. São Paulo. Editora Pini.

VILLAR, F. H. R. (2005). *Alternativas de sistemas construtivos para condomínios residenciais horizontais: Estudo de caso*. São Carlos. 150 p. Dissertação (Mestrado). Universidade Federal de São Carlos.

YAZIGI, Walid (1999). *A técnica de edificar*. 2. ed. – São Paulo, Pini e SindusCon-SP.

ANEXO

Exemplos de plantas executivas do sistema Jet Casa.



ÁREA CONSTRUÍDA: 44,76 m²
ÁREA DA VARANDA: 1,92 m²
ÁREA TOTAL: 46,68 m²

PROJETO

INDAIATUBA - PAINEL

JET CASA

ASSUNTO

**PLANTA BAIXA
(CONTINUAÇÃO)**

SERRALHERIA (POR UNIDADE)				
PINTURA ESMALTE P/ TODAS AS PEÇAS				
TIPO	MEDIDAS	PEITORIL	QT.	ESPECIFICAÇÃO
J1	1.50x1.20	1.00	02	JANELA DE CORRER COM VENEZIANA
J2	080x0.60	1.60	01	CAIXILHO BASCULANTE EM FERRO
J3	1.20x1.20	1.00	01	JANELA DE CORRER
J4	1.20x1.00	1.20	01	JANELA DE CORRER
P3	0.80x2.10	-	02	PORTA DE FERRO - ABRIR

MARCENARIA (POR UNIDADE)			
MADEIRA PREPARADA P/ PINTURA - ESMALTE			
TIPO	MEDIDAS	QUANT.	ESPECIFICAÇÃO
P1	0.80x2.10	02	PADRÃO
P2	0.70x2.10	01	PADRÃO

FOLHAS-MADEIRA PREPARADAS PARA PINTURA ESMALTE
BATES-MADEIRA OU METÁLICO C/ PINTURA ESMALTE

FECHADURA TIPO YALE NAS PORTAS EXTERNAS (2074 LF/40)
FECHADURA TIPO TRANQUETA NAS PORTAS DE BANHEIROS (8075 LF/40)
FECHADURA TIPO GORGES NAS DEMAIS PORTAS (4075 LF/40)
- FECHADURAS LA FONTE (LINHA HABITACIONAL) OU SIMILAR

PAINEL	Quant.
3,24X2,60-01-A	01
3,24X2,60-02-A	01
3,24X2,60-03-A	01
3,24X2,60-04-A	01
2,89X2,60-01-A	01
2,89X2,60-02-A	01
2,89X2,60-03-A	01
2,89X2,60-04-A	01
2,53X2,60-01-A	01
2,53X2,60-02-A	01
1,55X2,60-01-A	01
1,52X2,60-01-A	01
1,52X2,60-02-A	01
1,50X0,75-01-A	01
TOTAL	14

PAINEL	Quant.
2,81X2,60-01-C	01
2,61X2,60-01-C	01
2,61X2,60-02-C	01
0,90X2,20-01-C	01
TOTAL	04

PAINEL	Quant.
3,24X2,60-01-B	01
3,24X2,60-02-B	01
3,24X2,60-03-B	01
3,24X2,60-04-B	01
2,89X2,60-01-B	01
2,89X2,60-02-B	01
2,89X2,60-03-B	01
2,89X2,60-04-B	01
2,53X2,60-01-B	01
2,53X2,60-02-B	01
1,55X2,60-01-B	01
1,52X2,60-01-B	01
1,52X2,60-02-B	01
1,50X0,75-01-B	01
TOTAL	14

Legenda:

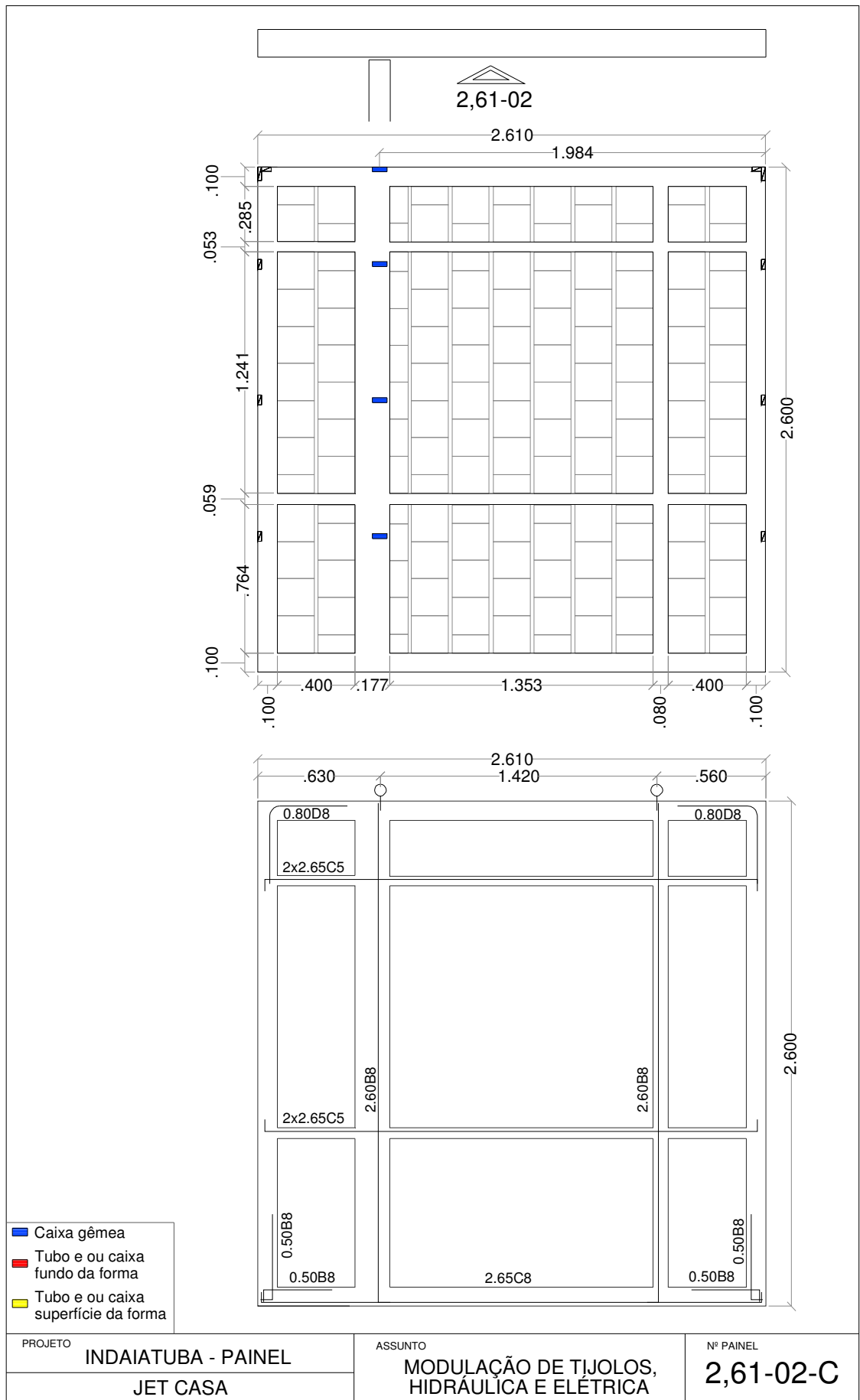
	- Antena de Televisão 0,30m
	- Caixa Cega 4x4
	- Campainha
	- Interruptor de uma seção
	- Interruptor paralelo (Three-Way)
	- Quadro Geral de luz e força
	- Saída para telefone 0,30m
	- Tomada 0.30m
	- Tomada 1.30m
	- Tomada 2.10m
	- Tomada para Ar Condicionado bipolar
	- Tomada para chuveiro
	- Ponto de arandela - 2.10 m

PROJETO

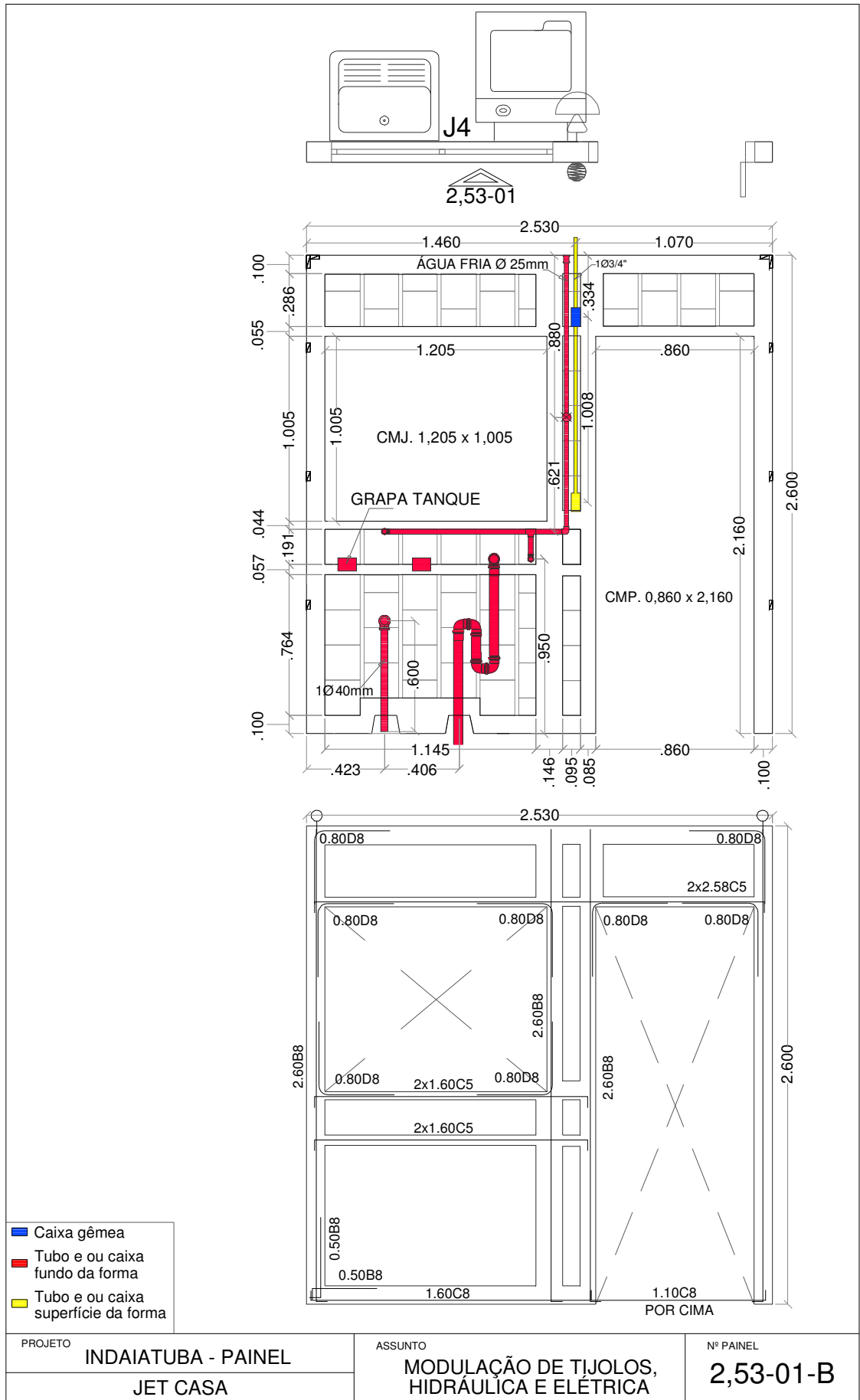
INDAIATUBA - PAINEL
JET CASA

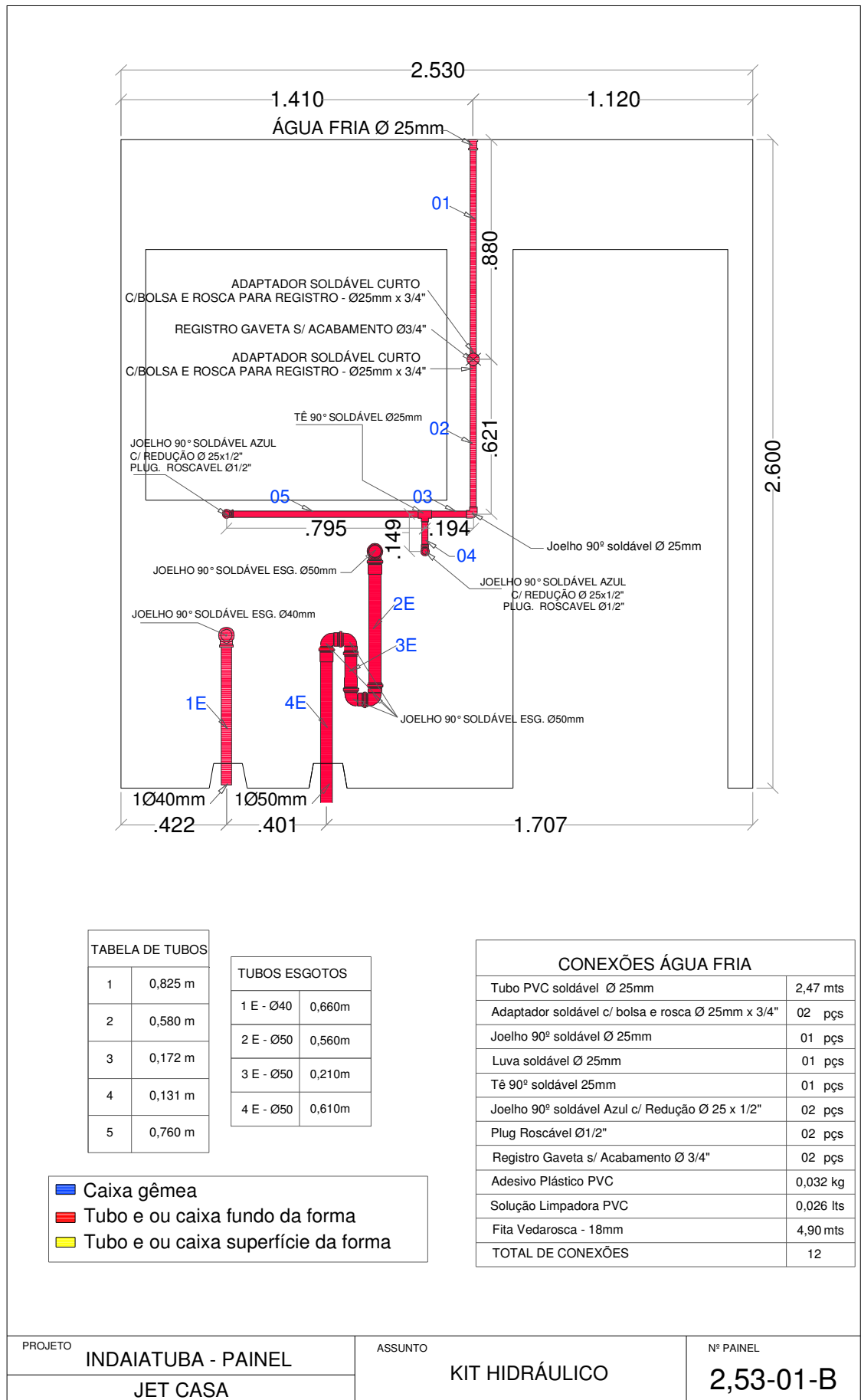
ASSUNTO

PLANTA BAIXA
(CONTINUAÇÃO)

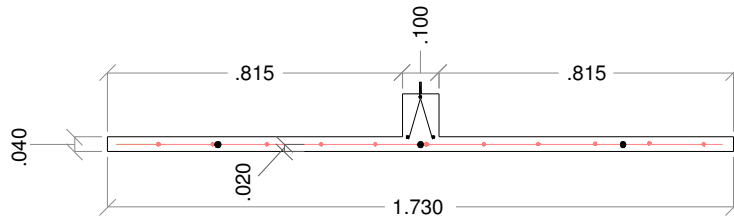
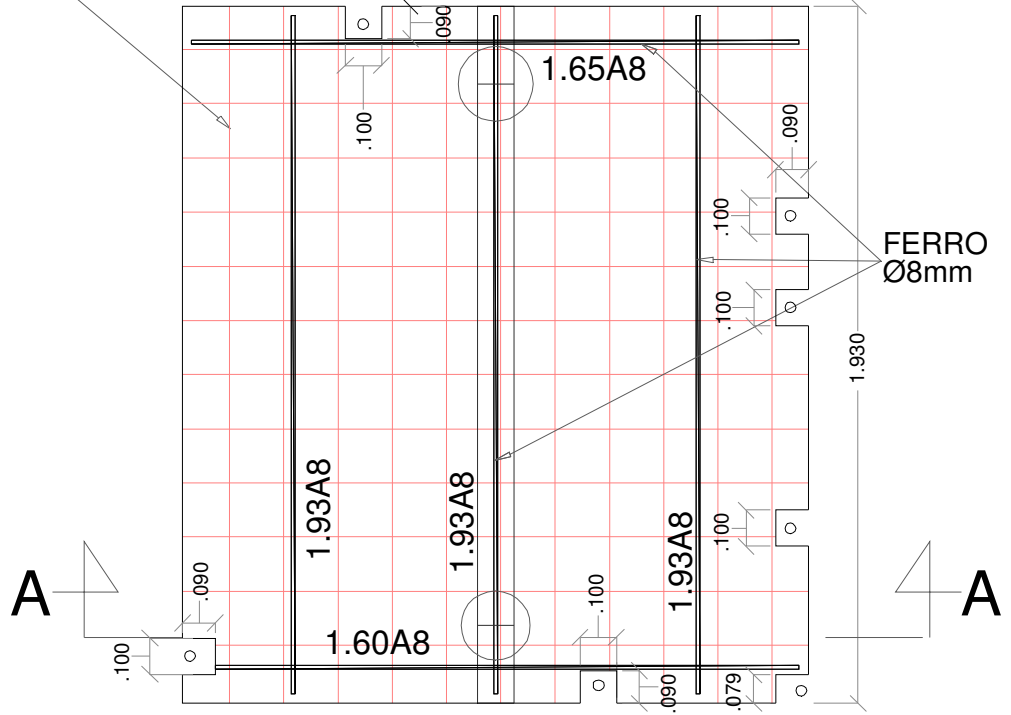


- Caixa gêmea
- Tubo e ou caixa fundo da forma
- Tubo e ou caixa superfície da forma



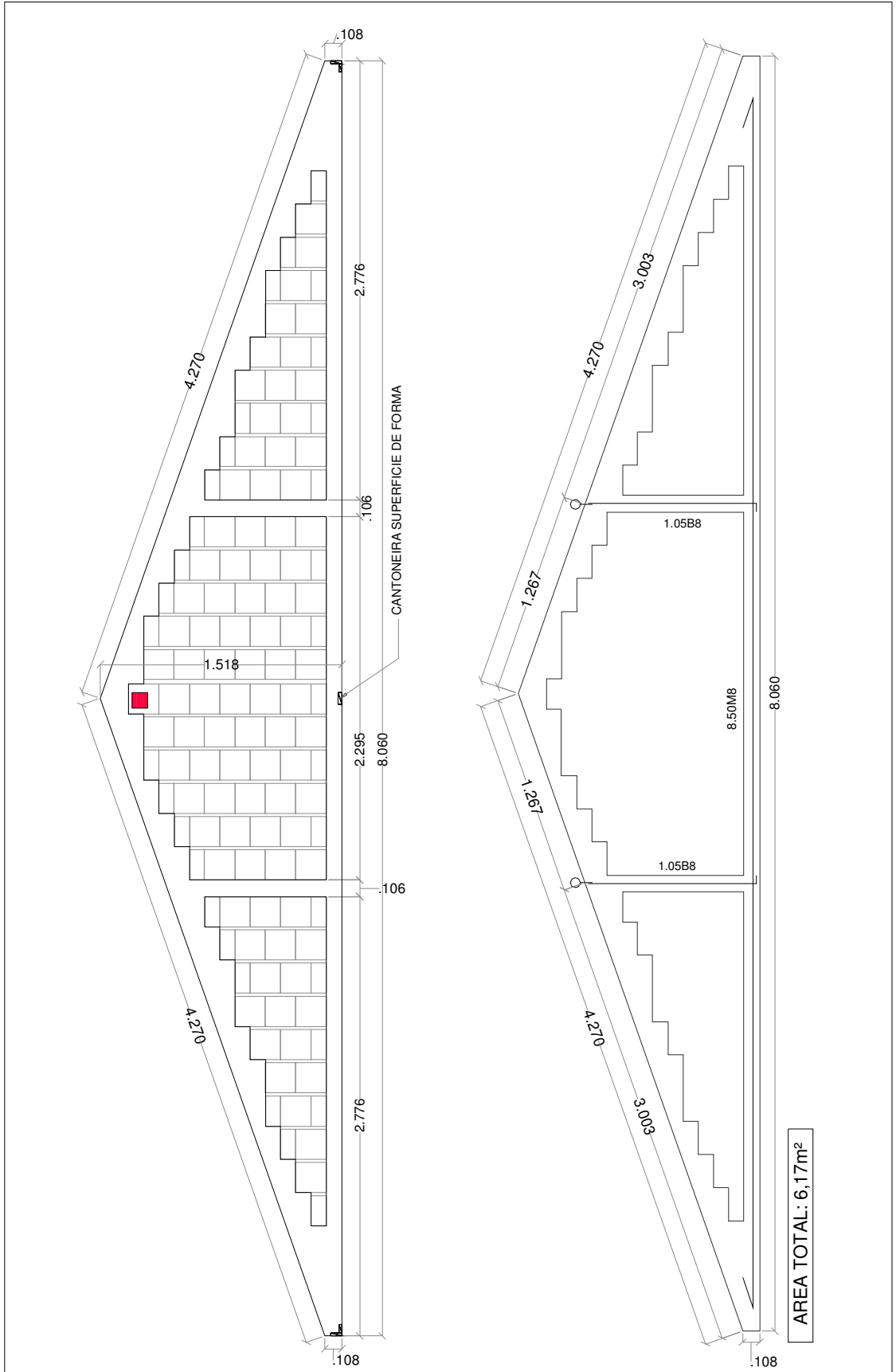


TELA Q-92 FCK 25



CORTE AA

PROJETO INDAIATUBA - PAINEL LAJE	ASSUNTO LAJES FORRO	Nº PAINEL LAJE B
JET CASA		



<p>PROJETO INDAIATUBA - PAINEL OITÃO JET CASA</p>	<p>ASSUNTO MODULAÇÃO DE TIJOLOS</p>	<p>Nº PAINEL OITÃO 01</p>
---	---	---------------------------------------