

**UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ**  
**DEPARTAMENTO DE CONSTRUÇÃO CIVIL - DACOC**  
**ENGENHARIA DE PRODUÇÃO CIVIL**

**ITALO FERNANDO TROMBINI NETO**

**ESTUDO E MAPEAMENTO DE PROCESSOS DE UMA  
INDÚSTRIA DE SISTEMAS CONSTRUTIVOS MODULARES.**

**TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO**

**CURITIBA**

**2015**

**ITALO FERNANDO TROMBINI NETO**

**ESTUDO E MAPEAMENTO DE PROCESSOS DE UMA  
INDÚSTRIA DE SISTEMAS CONSTRUTIVOS MODULARES.**

Monografia apresentada como requisito parcial à obtenção do título de Bacharel em Engenharia de Produção Civil, do Departamento de Construção Civil, da Universidade Tecnológica Federal do Paraná.

Orientador: Prof. Carlos Alberto da Costa

**CURITIBA**

**2015**

---

**FOLHA DE APROVAÇÃO**

**ESTUDO E MAPEAMENTO DOS PROCESSOS DE UMA  
INDÚSTRIA DE SISTEMAS CONSTRUTIVOS  
MODULARES**

Por

**ITALO FERNANDO TROMBINI NETO**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Engenharia de Produção Civil, da Universidade Tecnológica Federal do Paraná, defendido e aprovado em 25 de fevereiro de 2015, pela seguinte banca de avaliação:

---

Prof. Orientador – Carlos Alberto da Costa, MSc.  
UTFPR

---

Prof. Alfredo Iarozinski Neto, Dr.  
UTFPR

---

Prof. Fernando Guajará Greenberg , Dr.  
UTFPR

## RESUMO

TROMBINI NETO, I. F.; **Estudo e Mapeamento dos Processos de uma Indústria de Sistemas Construtivos Modulares**. 2015. 86p. Trabalho de Conclusão de Curso, Universidade Tecnológica Federal do Paraná, UTFPR, Curitiba.

O presente trabalho propõe o estudo e mapeamento dos processos de uma indústria de um sistema construtivo modular industrializado com base em fluxogramas, materiais e métodos utilizados na produção. A indústria produz módulos construtivos de casas edifícios dentro de uma fábrica e os leva quase prontos para serem montados no canteiro de obras. Os módulos apresentam estrutura metálica convencional (*steel frame*) combinada com o fechamento em *light steel framing*, que utiliza perfis de aço galvanizado, placas cimentícias, chapas de madeira de fibras orientadas (OSB) e placas de gesso acartonado, portanto trata-se de uma estrutura mais leve, veloz e sustentável quando comparada às construções convencionais. Para o desenvolvimento do mapeamento de processos foram estudadas todas as operações dentro da indústria através de fluxogramas, definidas produtividade, capacidade produtiva, equipes necessárias, matéria prima, determinações de espaços e interligações. O resultado foi o detalhamento preciso das etapas de montagem e, serve como primeiro estudo da disposição física e Arranjo Físico esquemático para a Indústria em questão.

Palavras-chave: Mapa de Processos, Fluxogramas, Sistema Construtivo Modular, Construção Industrializada, *Light Steel Framing*.

## SUMÁRIO

### Conteúdo

1.	INTRODUÇÃO.....	7
1.1	OBJETIVO GERAL .....	9
1.2	OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	9
1.3	JUSTIFICATIVA .....	9
2.	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	10
2.1	MODULAÇÃO .....	10
2.2	CONSTRUÇÃO MODULAR .....	11
2.2.1	CONTEXTO HISTÓRICO .....	11
2.2.2	A COORDENAÇÃO MODULAR .....	14
2.2.3	CLASSIFICAÇÃO DOS SISTEMAS CONSTRUTIVO MODULARES.....	15
2.3.1	INTRODUÇÃO.....	17
2.3.2	ELEMENTOS DO LSF .....	19
2.4.1	O AÇO.....	25
2.4.2	AÇOS ESTRUTURAIS.....	25
2.4.3	TIPOS DE AÇOS .....	26
2.5.1	INTRODUÇÃO.....	27
2.5.2	SITUAÇÃO ATUAL .....	27
2.6	ARRANJO FÍSICO.....	28
2.6.1	DEFINIÇÕES .....	28
2.6.2	TIPOS DE ARRANJOS FÍSICOS.....	30
2.6.3	SISTEMATIZANDO OS ARRANJOS FÍSICOS .....	33
2.6.4	DADOS DE ENTRADA .....	36
2.6.5	FLUXOS DE MATERIAIS OU PROXIMIDADE DE SETORES.....	36
2.6.6	DIAGRAMA DE INTERLIGAÇÕES .....	37
2.6.7	DETERMINAÇÃO DE ESPAÇOS E INTERLIGAÇÕES.....	37
2.6.8	ADMINISTRAÇÃO DOS PROJETOS DE LAYOUT .....	40
2.7	MAPA DE PROCESSOS.....	41
2.7.1	DEFINIÇÕES .....	41
2.7.2	TÉCNICAS DE MAPEAMENTO DE PROCESSOS .....	42
2.7.3	FLUXOGRAMA.....	42
2.7.4	MAPA DE PROCESSOS.....	44
3.	METODOLOGIA.....	46
3.1	INDÚSTRIA A SER ESTUDADA.....	46
3.2	REVISÃO.....	46

3.3	JUSTIFICATIVAS .....	46
4.	RESULTADOS E DISCUSSÕES .....	47
4.1.1	CAPACIDADE PRODUTIVA.....	47
4.1.2	MÁQUINAS E EQUIPAMENTOS .....	48
4.1.3	NECESSIDADE DE MÃO DE OBRA .....	49
4.1.4	POLÍTICA DE GESTÃO DE QUALIDADE .....	50
4.1.5	OPERAÇÃO SUSTENTÁVEL.....	50
4.1.6	MATÉRIA-PRIMA .....	51
4.2	FLUXOGRAMAS.....	54
4.2.1	SUPERESTRUTURA.....	54
4.2.2	PAREDES.....	56
4.2.3	PISO/PAVIMENTAÇÃO .....	60
4.2.4	COBERTURA.....	63
4.2.5	HIDRÁULICA .....	65
4.2.6	ELÉTRICA.....	67
4.3	MAPAS DE PROCESSOS .....	68
4.3.1	SUPERESTRUTURA.....	68
4.3.2	PAREDES.....	70
4.3.3	PISO/PAVIMENTAÇÕES .....	72
4.3.4	COBERTURAS .....	74
4.3.5	HIDRÁULICA .....	76
4.3.6	ELÉTRICA.....	78
4.4	LAYOUT ESQUEMÁTICO .....	80
5.	CONSIDERAÇÕES FINAIS .....	82
5.1	CONCLUSÕES.....	82
5.2	SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS.....	83
	REFERÊNCIAS .....	84

## 1. INTRODUÇÃO

A Construção Civil é uma das atividades primordiais para a sociedade. O setor compreende a construção de edifícios, obras de infraestrutura e serviços especializados, configurando os espaços urbanos, ou seja, faz parte da maior parte as atividades que o ser humano exerce.

O setor imobiliário pertence à construção civil e, em números demanda 40% da energia e um terço dos recursos naturais; emite um terço dos gases de efeito estufa; consome 12% da água potável e produz 40% dos resíduos sólidos urbanos. No viés social e econômico, contrata mundialmente 10% da mão de obra e o conjunto das atividades de construção movimenta 10% do Produto Interno Bruto – PIB global (UNEP, 2009).

O crescimento da Demanda Habitacional é influenciado por fatores demográficos. A concentração populacional nos grandes centros urbanos, a redução do número de integrantes das famílias e o envelhecimento da população são fenômenos que têm ampliado a necessidade de moradias. Além disso, o "passivo social" pressiona a demanda por habitação nas classes sociais menos favorecidas. Essa demanda cresce dia após dia e já é um grande problema no Brasil (CEF, 2010).

A carência de moradias exige um esforço integrado do governo e da iniciativa privada. A cada ano é necessário mais investimento, não só para suprir a falta acumulada de unidades habitacionais decorrente de questões estruturais dos domicílios, mas também para atender o crescimento demográfico. O resultado da estimativa para a Demanda Habitacional Total no Brasil está na ordem de 9.297.214 unidades habitacionais com base dos dados da PNAD 2009 (CEF, 2010).

Outro problema a ser analisado é o impacto ambiental causado pela construção civil. Os esforços de desacelerar o ritmo ou tamanho das mudanças tiveram resultados pouco satisfatórios, mas não deixaram de buscar reverter as mudanças ambientais adversas e, nem seu escopo nem sua velocidade diminuíram nos últimos cinco anos.

Por outro lado, a economia pode tornar-se cada vez mais sustentável ou verde resultando em melhoria do bem-estar da humanidade e igualdade social, ao mesmo tempo em que reduz significativamente riscos ambientais e escassez ecológica. Em uma economia verde, o crescimento de renda e de emprego deve ser impulsionado por investimentos públicos e privado que reduzem as emissões de carbono e poluição e aumentam a eficiência energética e o uso de recursos. Esses investimentos precisam ser gerados e apoiados por gastos públicos específicos, reformas políticas e mudanças na regulamentação (PNEUMA, 2011).

O modo de vida em um mundo mais preocupado com o meio ambiente passa, necessariamente, por transformações na forma de morar e fazer casas. O padrão de edificação nos dias de hoje é algo altamente poluente e insustentável, os recursos são consumidos de forma inadequada e, ao longo da vida útil dos imóveis a falta de investimento em tecnologias mais eficientes e sustentáveis acaba intensificando o consumo energético. É também um consenso que a transformação da cadeia produtiva da construção é crucial nesse processo. A sustentabilidade já é o principal motor da inovação tecnológica em todos os setores, inclusive o da construção (RITTO e ERTHAL, 2012).

Na tentativa de reduzir todos esses problemas, diversos sistemas construtivos inovadores surgiram buscando reduzir o prazo, o custo e aumentar a eficiência das edificações. Conceitos de modulação, pré-fabricação e com a utilização de materiais reciclados e menos nocivos ao ecossistema são comuns em quase todos esses novos sistemas, a diferença está no tipo de estrutura e nos tipos de materiais utilizados. Dentro disso esse trabalho busca estudar o arranjo físico – layout – para uma indústria de edificações modulares baseada no lean production (produção enxuta).

Por esses e outros motivos a pesquisa busca responder: “Como mapear os processos produtivos em uma Indústria baseada em Tecnologia, Inovação e Sustentabilidade?”.

## **1.1 OBJETIVO GERAL**

Estudar e Mapear os Processos de uma Indústria de Sistemas Construtivos Modulares com estrutura híbrida usando steel-frame (SF) e light steel-framing (LSF).

## **1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

Para que a pesquisa alcance seu objetivo geral, é necessário concluir os objetivos específicos:

1. Revisar os princípios da modulação e construção modular, light steel framing e construção industrializada.
2. Revisar os conceitos teóricos relacionados com Mapas de Processos, Gestão Industrial e Arranjo Físico.
3. Mapear os processos dentro da indústria.
4. Propor um arranjo físico esquemático inicial ao caso estudado.

## **1.3 JUSTIFICATIVA**

Historicamente o Ser Humano sempre foi a espécie dominante no planeta, isso gerou diversas oportunidades para a espécie, mas a partir do momento que as ameaças causadas por suas atitudes refletiram em mudanças no habitat e no bioma, o dominante se tornou vilão.

Diversos setores econômicos são responsáveis pelos passivos ambientais gerados na Terra, mas especialmente o setor produtivo da Construção Civil é o maior gerador de resíduos do planeta: toma de 20 a 50% dos recursos naturais e devolve ao meio-ambiente entre 300 e 500 kg de resíduos por habitante/ano (SJÖSTRÖM, 1996).

Diante deste cenário, a atitude proativa deste novo negócio busca atingir objetivos estratégicos consolidando resultados sistêmicos, demonstrando ser possível oferecer uma proposição diferenciada para a industrialização da Construção Civil: mínimo uso de materiais; máximo desempenho energético; prazos de entrega reduzidos e custos acessíveis. Baseados nos três grandes eixos do Desenvolvimento Sustentável: Tecnologia x Inovação x Sustentabilidade,

disseminamos desta forma a causa da 'construção sustentável' a qual cria valor futuro ao deixar um legado pleno de sentido e significado para as próximas gerações. E até porque a causa do todo é maior que o interesse individual das partes (CEF, 2010).

O planejamento do macroespaço de uma fábrica é frequentemente o nível mais importante do planejamento de uma instalação (LEE, 1998). Este estabelece a organização fundamental da fábrica e os padrões de fluxo de materiais, com efeitos que se farão presentes no longo prazo. A importância da distribuição física também é reforçada pelas consequências em longo prazo das decisões e do custo de reprojeter a planta. Assim, um layout inicial correto é fundamental para a efetividade e eficiência operacional de uma empresa (URBAN, 1989). Nesse sentido, o desenvolvimento de bons layouts possibilita que os materiais, o pessoal e as informações fluam de uma forma eficiente e segura (TREIN et al., 2001).

## **2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA**

### **2.1 MODULAÇÃO**

Segundo o dicionário (Michaelis, 2013) módulo é “a medida que se usa para as proporções nos corpos arquitetônicos, promove uma relação entre magnitudes matemáticas ou técnicas”.

O dicionário (Dício, 2013) define módulo como:

A medida adotada para regular as proporções das diversas partes de uma construção. A menor medida comum que devem apresentar os diferentes elementos que entram na composição de um edifício, a fim de que possam tais elementos justapor-se e sobrepor-se no espaço, sem necessidade de rotação, quando da respectiva colocação.

Castello (2008) afirma que a modulação permite:

Uma metodologia, que visa criar uma dimensão padrão, que racionalize a concepção e a construção de edifícios, o que permite elevar o grau de industrialização da construção, mantendo no entanto a liberdade de concepção arquitetônica dentro de valores aceitáveis.

Segundo o arquiteto-engenheiro Vitruvius, a aplicação dos módulos é para garantir a proporção e a simetria na criação de efeitos plásticos das formas arquitetônicas. Nesse contexto, o módulo é a unidade básica de medida usada para quantificar e medir um espaço - constatação defendida no Tratado de Arquitetura escrito no século I a.C (BREGATTO, 2005).

O quadro a seguir traz as definições segundo a NBR 5731 dos principais conceitos utilizados na coordenação modular.

<b>Módulo</b>	Unidade básica, "1M" equivale a distância padrão 10 cm.
<b>Multimódulo</b>	Múltiplo inteiro do módulo básico.
<b>Reticulado espacial de referência</b>	Reticulado tridimensional formado por planos ortogonais, configura uma malha espacial com linhas dispostas em distâncias de um módulo (1M), nessa malha serão posicionados os componentes de construção.
<b>Medida modular</b>	Referente ao tamanho do módulo ou multimódulo, sempre valores inteiros.
<b>Medida de projeto</b>	Determina-se no projeto para qualquer componente da construção.
<b>Zona neutra</b>	Zona não modular que separa reticulados espaciais de referência.
<b>Ajustes modulares</b>	Relacionam as medidas de projeto com a medida modular.

Quadro 1. Termos e conceitos empregados na coordenação modular –

Fonte: NBR 5731 (1982)

Segundo a NBR 5706 (1977), "módulo é a distância entre dois planos consecutivos do sistema que origina o reticulado espacial modular de referência". Também chamado de módulo-base, o módulo é universalmente representado por "M". O módulo adotado pela maioria dos países é o decímetro (10 cm), que, desde 1950, com a publicação da NB-25R, já é adotado pelo Brasil. (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 1977).

## 2.2 CONSTRUÇÃO MODULAR

### 2.2.1 CONTEXTO HISTÓRICO

O conceito de construção modular é muito antigo, e vem sofrendo diversas evoluções ao longo do tempo. Usualmente, a ideia aceita pela maioria das pessoas é que a construção modular é um tipo de construção feita através de "módulos", "caixas" ou "containers" pré-fabricados, que são transportados até o local de implantação, ligados entre si e colocados sobre o solo e ficando prontos para

habitar. (PATINA, 2011)

Segundo Espíndola (2009) “a coordenação modular utiliza um reticulado espacial de referência definido por um módulo, unidade básica de medida, que permite a repetição com compatibilização das formas escolhidas.”

Saud Filho (2007) afirma que “na antiga civilização Egípcia existia uma relação modular entre as antigas pirâmides e os blocos de pedra utilizados na sua construção”, dado que segundo Bregatto (2008) “o modulo utilizado pelos egípcios estava relacionado muito mais com as dimensões necessárias das pedras para a construção da pirâmide, do que com a capacidade que os trabalhadores tinham para transportá-las”,

Segundo BREGATTO (2005), com o advento da revolução industrial, o desenvolvimento de novos equipamentos e técnicas de processamento de materiais permitiu uma utilização diferente e mais sistematizada de materiais como o aço e o vidro. O aparecimento da indústria permitiu também a produção em série de elementos construtivos maiores, mais rápidos e padronizados – os pré-fabricados.

A aplicação da técnica da coordenação modular nos processos construtivos proporciona simplificação, organização, rapidez de produção, redução de mão-de-obra, de desperdícios de materiais e de custos na construção. A utilização do módulo padronizado permite a intercambialidade de vários sistemas construtivos. Ao aplicar a coordenação modular, o projetista deve respeitar as condicionantes de projeto: necessidades do cliente, materiais de construção disponíveis, normas e legislações pertinentes referentes a códigos de posturas, dimensionamento estrutural, segurança contra incêndio. Quando da proposição de componentes básicos, estes devem respeitar um módulo de dimensão universal para serem adequadamente coordenados e unidos (ESPÍNDOLA, 2009).

Durante a segunda metade do século XIX, a construção modular foi aplicada a diversos tipos de estruturas para além das habitações, nomeadamente hospitais e estações de trem. Acontece que depois desta época de expansão, verificou-se um declínio da construção modular, resumindo-se ao mercado de casas pré-fabricadas (SAUD FILHO, 2007).

A difusão de casas pré-fabricadas deu-se particularmente nos Estados Unidos da América. Essencialmente *eram* habitações em madeira, cuja produção era efetuada em unidades fabris de forma massiva. A comercialização era feita em *kits* com todas as peças necessárias à montagem e que chegavam atingir as 30,000 peças, (GAFFEY, 2006).

Apesar do seu sucesso, estes tipos de habitação eram conhecidos por serem construções de fraca qualidade e de estética duvidosa, RAMOS (2007). No entanto, durante a segunda década do século XX, com o avanço da industrialização mundial e a necessidade do setor da construção se adaptar ao espírito de racionalismo e industrialização inerentes, diversos arquitetos como Le Corbusier, Walter Gropius, Alfred Farwell Bemis viraram o seu estudo para a pré-fabricação e construção modular, (PATINA, 2011).

Um exemplo foi Le Corbusier, arquiteto suíço que elogiou a pré-fabricação de habitações em detrimento das casas tradicionais, dando como mais-valia habitações flexíveis e adaptáveis às necessidades do Homem. Testemunho esse que está registrado no ensaio “Mass Production Houses” (RAMOS, 2007). Mais tarde, em 1921, o mesmo autor declarou que era preciso que as casas fossem produzidas em série, em fábricas com linhas de montagem tal como a Ford montava seus automóveis, (CHEMILLER, 1980).

A utilização do módulo na arquitetura foi intensificada após a Segunda Guerra Mundial, quando muitos países, passando por processos de recuperação dos efeitos da guerra, precisavam suprir a carência habitacional por meio de métodos construtivos mais econômicos, eficientes e rápidos. Seguindo esses requisitos estabelecidos pela situação emergente e pelo aumento da demanda de empreendimentos de construção, novas ideias sobre eficiência construtiva foram introduzidas na produção industrial. Isso resultou na criação de diretrizes e critérios dimensionais para os elementos construtivos (CUPERUS, 2001).

Em 1956 a AEP (Agência Européia para a Produtividade), declarou como padrão para os países com sistema métrico o módulo de 10 cm, ou 4 polegadas para os países que utilizassem o sistema pé-polegada.. O Brasil adotou como padrão o sistema métrico (GREVEN e BALDAUF, 2007).

A figura a seguir exemplifica um exemplo de montagem de construção pré-

fabricada.



Figura 1. Exemplo da montagem de uma habitação pré-fabricada, Fonte: GAFFEY, et al.(2006)

A figura a seguir exemplifica um exemplo de habitação modular, mostrando as diversas possibilidades de adaptação da moradia conforme a necessidade dos seus habitantes em seus determinados momentos de vida.

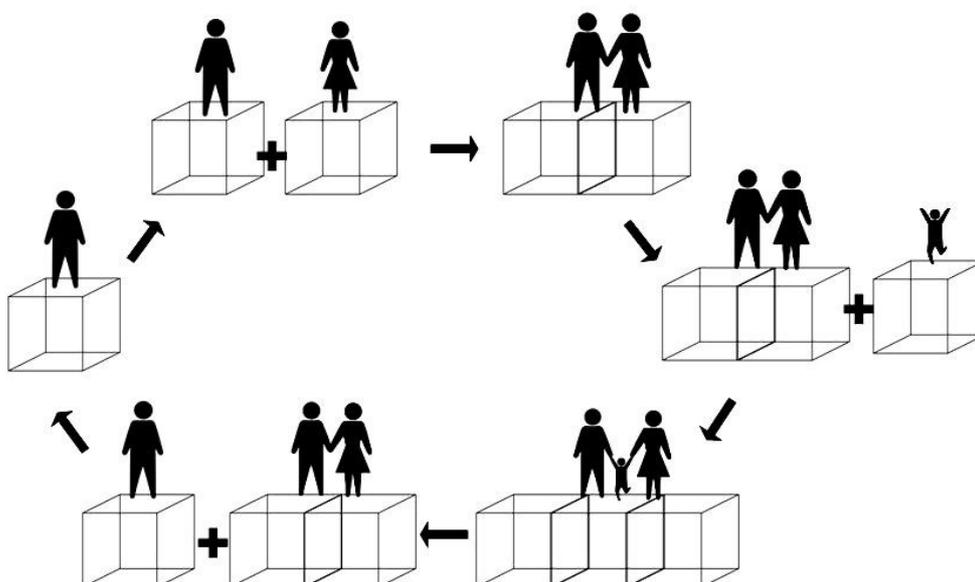


Figura 2. Possível ciclo de vida de uma habitação modular reutilizável.

Fonte: (ESPÍNDOLA, 2009).

### 2.2.2 A COORDENAÇÃO MODULAR

Para Mascaró (1976), a Coordenação Modular é “um mecanismo de

simplificação e inter-relação de grandezas e de objetos diferentes de procedência distinta, que devem ser unidos entre si na etapa de construção (ou montagem), com mínimas modificações ou ajustes”.

De uma forma bastante genérica, pode-se dizer que a Coordenação Modular tem como objetivo a racionalização da construção. Rosso (1980) define racionalização como “a aplicação mais eficiente de recursos para a obtenção de um produto dotado da maior efetividade possível”.

O processo de construção é executado em duas fases distintas: inicialmente os elementos que constituem o sistema são produzidos em fábrica, e posteriormente transportados e montados na local de implantação. O recurso à produção em série poderá resultar numa diminuição de custos, para além de possibilitar a adoção de melhores sistemas de controle da qualidade, permitindo o aumento qualitativo individual das peças. (PATINA, 2011).

A definição de construção modular anteriormente apresentada permite que se considere um largo número de sistemas construtivos como sistemas de construção modular. Desde sistemas altamente pré-fabricados cuja única tarefa em obra é a colocação no local desejado, a sistemas de construção a seco completamente montados no local por encaixes sucessivos da sua estrutura, até sistemas mais complexos em que a modularidade se baseia na dimensão dos seus elementos estruturais, o conceito de construção modular leva em conta um grande e variado número de sistemas e produtos. (PATINA, 2011)

### 2.2.3 CLASSIFICAÇÃO DOS SISTEMAS CONSTRUTIVO MODULARES

Existe uma grande variedade de sistemas modulares, buscando divide-los em grupos distintos tomando como base a morfologia individual de cada sistema. LAWSON (2007) apresenta a seguinte classificação:

- Sistemas modulares fechados, tipo células: módulos cuja forma e o desempenho podem se assemelhar a containers de transporte marítimo. O espaço interior já vem previamente preparado e a sua função não pode ser alterada. Este tipo de módulo propicia um elevado grau de padronização e pré-fabricação. A forma e dimensões dos

módulos não permite grande variedade no aspecto final da habitação. Podem ser empilháveis, ligados entre si ou suspensos por uma estrutura metálica principal que funciona como esqueleto.



Figura 3. Exemplo de sistemas modulares fechados.  
Fonte: 5OSA (2009)

- Sistemas parcialmente abertos: estruturas semelhantes às anteriores, mas com aberturas laterais que permitem a sua ligação a outros módulos. Podem ser empilháveis até vários módulos de altura.



Figura 4. Exemplo de sistemas modulares parcialmente abertos.  
Fonte: LAWSON (2007)

- Sistemas abertos: como o nome indica são módulos completamente ou parcialmente abertos dos 4 lados, constituídos por vigas que suportam os pisos e pilares nos cantos. Esses módulos podem ser agrupados em diferentes direções com o objetivo de criar espaços maiores.



Figura 5. Exemplo de sistemas abertos.  
Fonte: RADZINER (2005).

- Sistemas construtivos de elementos modulares: não existe uma definição de módulos enquanto caixas fechadas ou abertas. O sistema é modular, pois seus elementos estruturais e não estruturais são fabricados com medidas padrão-base de modo que sejam ligados de forma rápida e eficaz. Por ora têm um grau de pré-fabricação menor, mas em contrapartida permitem uma customização maior. São normalmente produzidos em painéis verticais de piso e parede.



Figura 6. Exemplo de sistemas construtivos de elementos modulares.  
Fonte: CENTURYTEEL (2009)

## 2.3 SISTEMA LIGHT STEEL FRAMING (LSF)

### 2.3.1 INTRODUÇÃO

O LSF é um sistema construtivo baseado em uma concepção racionalizada.

Ele se caracteriza pela estrutura constituída por perfis formados a frio de aço galvanizado, que formam um esqueleto estrutural capaz de resistir às cargas que solicitam a edificação, e por vários componentes e subsistemas, que são, além do estrutural, aqueles de fundação, de isolamento termo-acústicos, de fechamento interno e externo, vertical e horizontal, e instalações elétricas e hidráulicas, que inter-relacionados possibilitam uma construção industrializada com grande rapidez de execução e a seco. (SANTIAGO, 2008).

A figura a seguir mostra em detalhes uma residência em LSF, a sua estrutura é composta por guias, montantes, fitas e painéis. No detalhe conseguimos observar os detalhes construtivos, os acabamentos e reforços necessários.

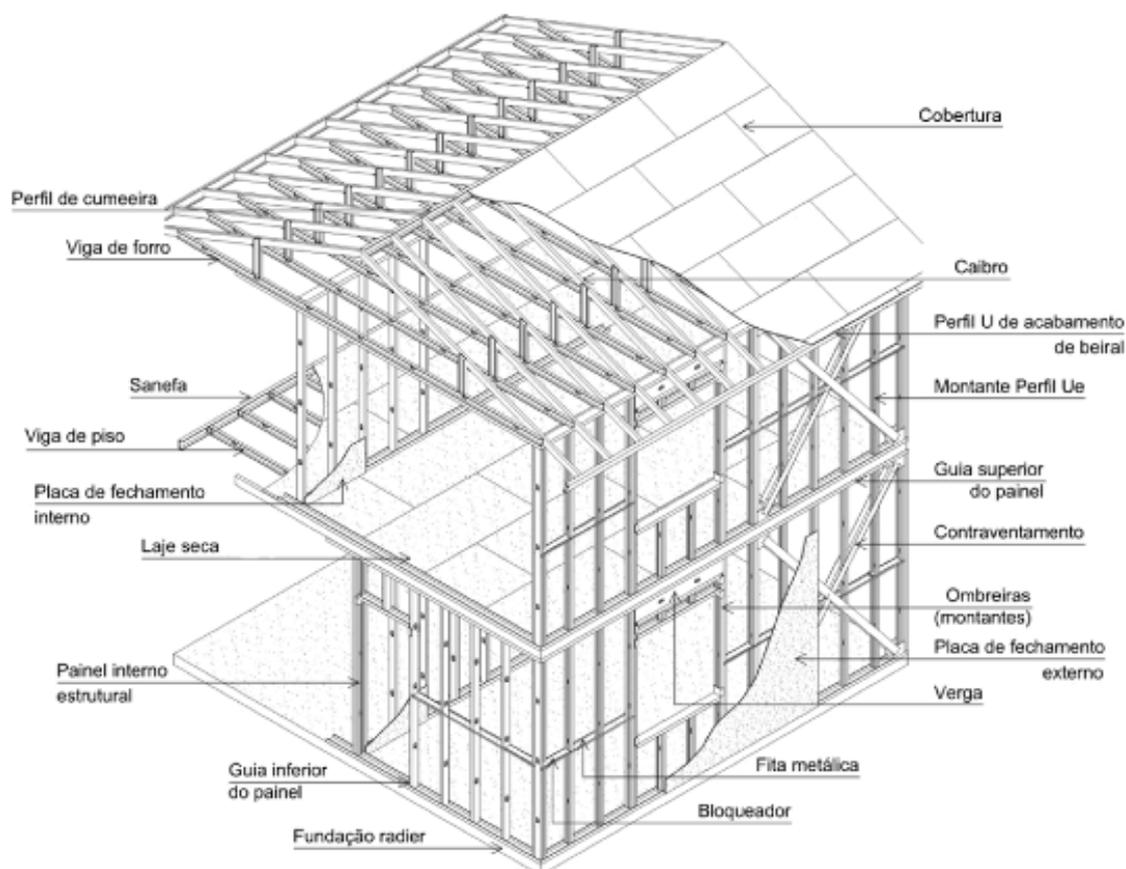


Figura 7. Exemplo de obra em light steel framing.  
Fonte: CENTURYSSTEEL (2009)

Crasto (2005) aponta como características fundamentais do sistema Light Steel Framing:

- Estrutura painelizada: todo o sistema é dividido em painéis, podendo ou não ter função estrutural.
- Modulação: todos os elementos do sistema bem como de seus subsistemas devem respeitar modulações proporcionais, evitando assim desperdício de materiais.
- Estrutura alinhada (in-line framing): os montantes e as vigas devem estar alinhados, propiciando cargas concentradas e paredes esbeltas.

## 2.3.2 ELEMENTOS DO LSF

### 2.3.2.1 Perfis

De acordo com a ABNT NBR 15.253 (2005) – Perfis estruturais de aço formados a frio, com revestimento metálico, para painéis reticulados em edificações, os perfis típicos para o uso em Steel Framing são obtidos por perfilagem a partir de bobinas de aço Zincado de Alta Resistência (ZAR) e revestidas com zinco ou liga alumínio-zinco pelo processo contínuo de imersão a quente e por eletrodisposição, conhecido como aço galvanizado. A galvanização é um dos processos mais efetivos e econômicos empregados para proteger o aço da corrosão atmosférica.

Segundo Santiago (2008) as seções mais comuns nas construções em LSF são o “C” ou “U” enrijecido (Eu) para montantes e vigas, o “U” usado como guia na base e no topo dos painéis, o “Cartola” (Cr) empregados em ripas e as cantoneiras (L). No Brasil, as dimensões dos perfis Ue usualmente comercializados são de 90, 140 e 200 mm para a alma ( $b_w$ ) e as mesas podem variar de 35 a 40 mm, dependendo do fabricante.

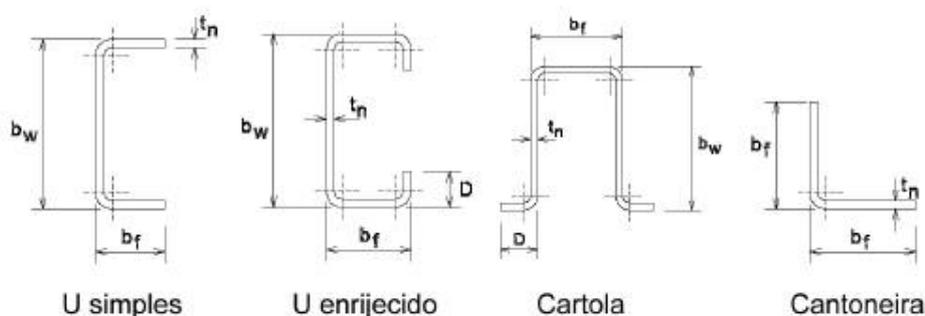


Figura 8. Seções usuais de perfis para LSF.  
Fonte CRASTO, 2005

Na montagem dos painéis, pisos, tesouras constituídos por perfis são utilizados parafusos autotarraxantes e autoperfurantes. Esses parafusos possuem cabeça larga e baixa do tipo lentilha e ponta broca. (Figura 9.1). Já nas ligações entre painéis, peças de apoio de tesouras e enrijecedores é utilizado o parafuso com cabeça sextavada e ponta broca, também conhecido como parafuso estrutural (Figura 9.2)



Figura 9.1 - Parafuso cabeça lentilha e ponta broca  
Fonte: CISER, 2007

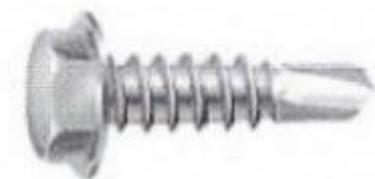


Figura 9.2 - Parafuso estrutural - cabeça sextavada e ponta broca  
Fonte: CISER, 2007

### 2.3.2.2 Painéis

Os painéis no sistema Light Steel Framing podem não só compor as paredes de uma edificação, como também funcionar como o sistema estrutural da mesma. Os painéis associados a elementos de vedação exercem a mesma função das paredes nas construções convencionais (RODRIGUES, 2006).

Segundo Santiago (2008), os perfis verticais de seção Ue, denominados montantes, são espaçados entre si de acordo com a modulação determinada em projeto estrutural, usualmente de 400 mm ou 600 mm. Os montantes são unidos em seus extremos inferiores e superiores pelas guias, seção U, constituindo um quadro estrutural.

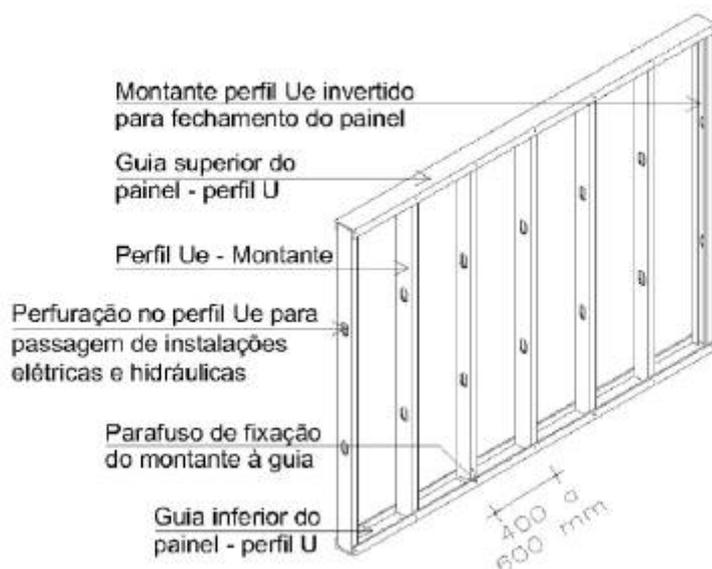


Figura 10 - Desenho esquemático de painel típico em LSF e seus componentes  
 Fonte: CRASTO, 2005, p.42

No caso de painéis estruturais, a concepção do LSF permite um trabalho em conjunto com o travamento dos painéis entre si, o que garante uma integridade na estrutura. Projetando para trabalhar junto a outros subsistemas industrializados, possibilita uma construção a seco com grande rapidez de execução, além de garantir os requisitos de funcionamento da edificação. Pode ser conhecido também como sistema auto-portante de construção a seco (ROMCY, 2012).

Outro caso são os painéis não estruturais, que segundo Santiago (2008) são aqueles que não suportam o peso da estrutura, mas apenas o peso próprio dos elementos que o constituem. Suas funções são de fechamento externo e divisória interna dos espaços. Apesar de não suportar carga da edificação, devem ser capazes de resistir aos esforços de vento.

### 2.3.2.3 Laje

Segundo Santiago (2008), as lajes do sistema LSF possuem o mesmo princípio estrutural dos seus painéis, ou seja, são constituídas por perfis de aço galvanizado com espaçamento seguindo modulação definida em função das cargas a serem aplicadas. As vigas de piso são responsáveis por transmitir aos painéis estruturais as cargas a que a laje está sujeita, servindo também como apoio para o contrapiso. Estas vigas são perfis de seção Ue, dispostos na horizontal.

O conjunto formado pelas vigas de piso, contrapisos e os perfis de travamento horizontal deve trabalhar formando um diafragma rígido, tendo apenas movimento de corpo rígido no plano horizontal. Tal diafragma é responsável pela resistência a cargas horizontais no sistema (RODRIGUES, 2006).

Para obter uma laje seca, Crasto (2005) indica que seja utilizado chapa OSB e, ou, chapas cimentícias que devem ser parafusadas à estrutura do piso. Para melhorar o desempenho acústico do sistema, pode ser usada lã de vidro ou manta de polietileno.

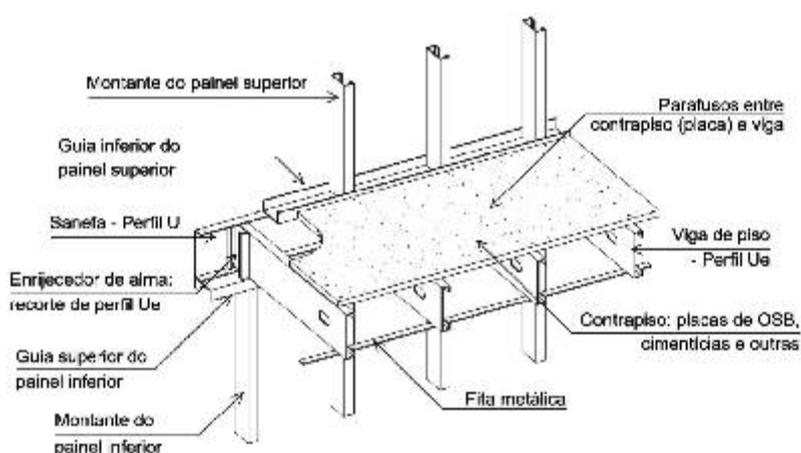


Figura 11 - Desenho esquemático de painel típico em LSF e seus componentes  
Fonte: CRASTO, 2005

#### 2.3.2.4 Coberturas

O sistema LSF possibilita a realização de vários tipos de cobertura, desde telhados inclinados, que se assemelham a um telhado convencional de madeira, podendo utilizar telhas cerâmicas, metálicas, asfálticas ou de concreto, até coberturas planas, com lajes úmidas impermeabilizadas. (SANTIAGO, 2008).

#### 2.3.2.5 Fechamento Vertical

O fechamento vertical é um sistema composto por paredes internas e externas. Quando se trata de Light Steel Framing, o sistema deve ser constituído por elementos leves, compatíveis com a sua estrutura em aço galvanizado. As vedações ou fechamentos, quase sempre são racionalizadas, o que permite maior grau de industrialização e otimização de materiais. (RODRIGUES, 2006).

Santiago (2008) faz referência aos sistemas de fechamento, que devem atender aos critérios de habitabilidade, segurança, desempenho estrutural, resistência e reação ao fogo, estanqueidade à água, conforto termo-acústico, durabilidade e estética. Os produtos mais utilizados como acabamento para LSF, no mercado nacional, são: a placa cimentícia, o OSB e o gesso acartonado.

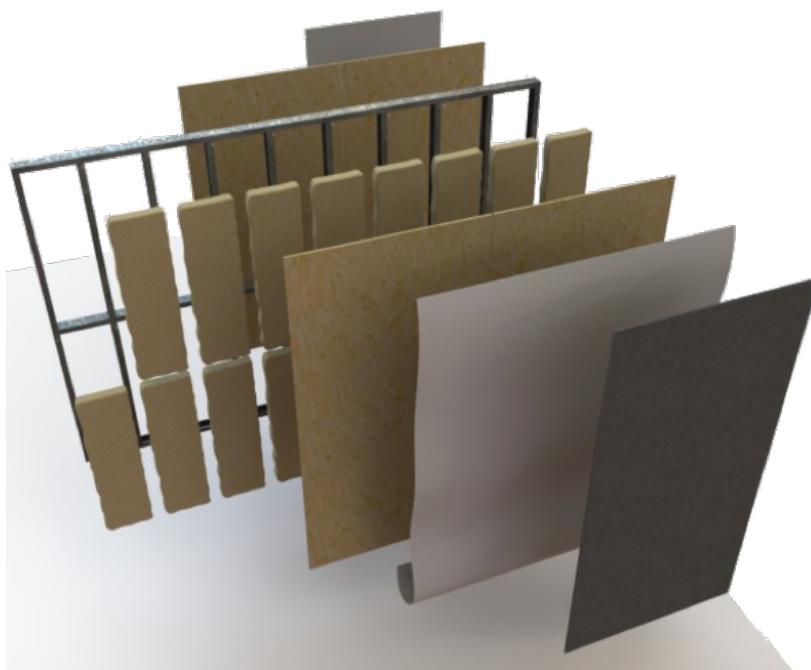


Figura 12 - Desenho esquemático de painel típico em LSF e fechamentos  
Fonte: [www.quaco.com.br](http://www.quaco.com.br)

#### 2.3.2.6 Placas Cimentícias

Segundo Loturco (2003), por definição, toda chapa delgada que contém cimento Portland na composição é chamada de cimentícia. Cichinell (2007) declara que as chapas ou placas cimentícias, surgiram na década de 1970, mas foi a partir do desenvolvimento do mercado de construção a seco que começaram a ser mais usadas no País. Estas placas foram criadas para ser uma opção para o fechamento de áreas molháveis, ambiente hostil para o gesso acartonado, porém suas funções foram além desta aplicação, gerando assim uma ampla versatilidade de uso ao material.

A utilização das placas cimentícias como fechamento apresenta diferentes níveis de industrialização na produção das habitações, os quais se diferem pelo esquema de montagem adotado. As etapas de produção da edificação, bem como a

experiência da adoção dessa tecnologia em países desenvolvidos, evidenciam o alto poder de industrialização do sistema construtivo (ZATT, 2010).

Com relação às chapas de fechamento externo, é importante avaliar e especificar as seguintes características: resistência à flexão, absorção de água, variação dimensional em razão da variação de umidade e do efeito de temperatura, e a resistência às intempéries. Geralmente, quanto maior a absorção de água, maior a variação dimensional por efeito de umidade e, portanto, maior a movimentação das chapas; quanto maior a movimentação das chapas, maior deve ser a capacidade do material usado para o preenchimento das juntas entre chapas de absorver tal movimentação (METALICA, 2012)

#### 2.3.2.7 Painéis de OSB (Chapas de Fibras Orientadas)

Como componentes dos fechamentos externos, Rego (2012) cita as placas OSB (Oriented Strand Board), a qual se trata de uma chapa estrutural produzida a partir de filamentos (strands) de madeira orientadas com três a cinco camadas perpendiculares – tornando maior sua resistência mecânica e rigidez - prensadas e unidas com resinas sob altas temperaturas.

Estas placas podem ser usadas tanto no fechamento interno como no externo, todavia, não devem estar expostos a intempéries. Alguns exemplos de utilização são em forros, pisos e como substrato para cobertura. Para o acabamento externo final, podem ser adotados métodos como o “Siding” Vinílico, placa cimentícia e argamassa e textura (RODRIGUES, 2006).

#### 2.3.2.8 Gesso Acartonado

Utilizado como fechamento interno, os painéis podem ser estruturais ou não estruturais. Quando são utilizados de forma não estrutural podem ser construídos adotando o sistema Drywall que tem como finalidade suportar o peso de peças suspensas fixadas nele, fechamentos e revestimentos. (DIAS, 2009)

O sistema de construção de gesso acartonado é composto basicamente por três elementos: a) as placas de gesso, b) os elementos estruturais e c) os acabamentos e acessórios. A placa de gesso acartonado comum é formada por uma mistura de gesso (gipsita natural) em sua parte interna, revestida por um papel do tipo “kraft” em cada face. Existem outros tipos de placas especiais para usos

específicos, como para áreas úmidas (banheiros e cozinha) e para proporcionar maior resistência ao fogo. O que diferencia essas placas são aditivos incorporados ao gesso com o objetivo de melhorar a propriedade específica a que se destina. (LOSSO, 2004)

## 2.4 ESTRUTURAS EM AÇO (STEEL FRAME)

### 2.4.1 O Aço

O aço é uma liga metálica constituída basicamente de ferro-carbono, podendo ter suas propriedades mecânicas alteradas por meio de conformação mecânica, tratamento térmico ou adição de elementos químicos. Trata-se de um elemento dúctil, com deformações de ruptura da ordem de 5% a 40%. A principal diferença quando comparado ao ferro fundido é o teor de carbono e o grau de deformação suportado até o momento de fratura (QUEIROZ, PIMENTA E MATA, 2001).

### 2.4.2 Aços Estruturais

Devido a grande variedade de formas e tipos de aços existentes no mercado, é necessário cada vez mais adequar e controlar o produto às exigências específicas como: composição química garantia estrutural e mecânica ou ainda forma final (perfis, tubo, chapa, viga) (DIAS, 2009).

Os aços estruturais são aqueles adequados para utilização de elementos que suportam grandes cargas e, são os responsáveis na garantia da segurança da edificação. Algumas propriedades que lhes confere essa denominação: ductilidade, elasticidade e tenacidade. O interesse sobre esse tipo de aço por ser utilizado em construção de obras de grande porte (pontes, edifícios, navios e portos) (SILVA, 2005).

Dias (2009) apresenta as propriedades mecânicas como as principais características dos aços. São essas propriedades que “determinam a capacidade do mesmo em resistir e transmitir os esforços nele aplicados, evitando o rompimento ou deformação exagerada”.

O Diagrama Tensão-Deformação do aço exemplifica o seu comportamento quando o material sofre deformação progressiva da sua extensão. Ele classifica o

material em 3 fases distintas, que variam conforme as características e especificações do tipo de aço. A figura 13 exemplifica melhor isso.

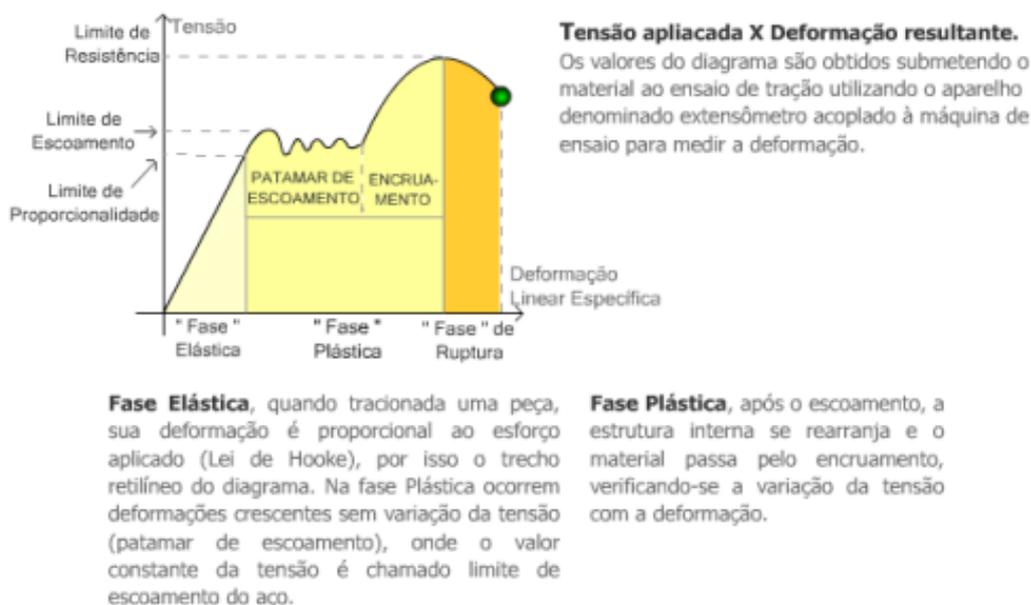


Figura 13 – Diagrama Tensão-Deformação do Aço  
Fonte: TECNOUnifran

### 2.4.3 Tipos de Aços

Segundo Dias (2009), a norma NBR 8800 da ABNT admite o emprego de nomenclaturas internacionais que fornecem tipos de aço como:

- ASTM A36: denominação da American Society for Testing and Materials (ASTM), com limite de escoamento mínimo de 250 MPa, sendo o mais utilizado na fabricação de painéis estruturais.
- ASTM A 501: especificado na fabricação de tubos com ou sem costura, com limite de escoamento mínimo de 250 MPa.
- ASTM A 572: especificado na fabricação de perfis nos graus GR 42 e GR 50, com limites de escoamento de 290 e 345, respectivamente
- ASTM A 588: especificado para perfis de alta resistência mecânica, com limite de escoamento de 345 MPa.
- SAE ABXX: AB se refere a elementos de liga adicionados intencionalmente, e XX ao percentual em peso de carbono multiplicado por cem. Ex: SAE 1010, SAE 1050.

## 2.5 CONSTRUÇÃO INDUSTRIALIZADA

### 2.5.1 Introdução

A industrialização está essencialmente relacionada aos conceitos de organização, repetição e padronização do produto e meios de produção. Pode-se definir como industrial: “O método que, entre várias modalidades de produção é baseado essencialmente em processos organizados de natureza repetitiva e nos quais a viabilidade incontável que caracteriza as ações artesanais, é substituída por graus de uniformidade e continuidade executiva, característica da modalidade operacional parcial ou totalmente mecanizada” (CRASTO, 2005).

Construção Industrializada tem mais de uma interpretação, segundo Vivan (2010) “no sentido da industrialização, busca-se a melhoria das construções por meio da gestão dos processos, o que engloba o projeto até a produção. Blachère (1978) sugere que o conceito de industrialização apresenta relacionamento direto com a racionalização. No entanto, na Construção Civil, assim como em outros setores, não é possível atingir altos graus de racionalização a partir da estagnação tecnológica da produção”.

O grande diferencial dos sistemas construtivos industrializados está na padronização, racionalização dos materiais e otimização da mão de obra, pois o sistema utiliza-se de equipamentos e dispositivos para pré-fabricação precedidos da montagem dos elementos estruturais básicos da construção como; paredes, coberturas e lajes. Os sistemas construtivos capazes de oferecerem esta condição as obras são os sistemas construtivos industrializados. (MÓDENA, 2009).

Só o uso de produtos provenientes da indústria na edificação, não torna a construção industrializada, e nem significa o sucesso do empreendimento. Deve-se antes de tudo conceber o projeto para o sistema construtivo proposto, incorporando suas peculiaridades, especificações e prevendo com antecedência o processo e cronograma de construção. É a filosofia de “construir no papel” (CRASTO, 2005).

### 2.5.2 Situação Atual

As estruturas pré-fabricadas no Brasil já são muito competitivas em diversos tipos de obras, como shopping centers, edifícios comerciais, galpões de pequeno porte, edifícios industriais de grande porte, centros de distribuição e construções

escolares. Já no segmento de construções voltadas à habitação ainda é pequena a penetração do pré-fabricado, se comparado às edificações anteriormente citadas. As vantagens dos sistemas pré-fabricados aumentam mais em obras que são modulares, onde se tem um número grande de repetições de peças semelhantes.

Na falta de sistemas construtivos totalmente industrializados capazes de atender a demanda, a racionalização da construção civil (lean construction) tem se tornado cada vez mais eficiente e presente no mercado. Essa racionalização significa “agir contra os desperdícios de material e mão de obra e utilizar mais eficientemente os recursos financeiros”. Em sentido mais amplo, busca incrementar a produtividade e eliminar as casualidades (CRASTO, 2005).

A busca por melhores produtos e processos construtivos resulta em uma maior demanda por qualidade e competitividade, levando a uma necessidade de maior capacitação da força de trabalho envolvida no processo produtivo, à procura por novas tecnologias construtivas e processos inovadores, à formulação de empreendimentos econômicos e ao uso de ferramentas modernas de gestão da produção (AMARAL, 2004).

No Brasil, o impulso em direção à seriação de habitações é dado parcialmente pelo Banco Nacional de Habitação (BNH), Caixa Econômica Federal e Ministério das Cidades. Mas em diversos casos esse impulso não é suficiente e os projetos raramente passam da fase de prototipagem (quando se trata de concepção de unidades prontas) ou da pré-fabricação pesada, um processo interno na indústria no qual o usuário mal toma o conhecimento. (OLIVEIRA e KAPP, 2006).

Recentemente algumas construtoras residenciais romperam a barreira da prototipagem e conseguiram conquistar seu espaço, são exemplos disso: Tecverde com sede em Curitiba - PR, Fischer em Brusque – SC e Águia Sistemas em Ponta Grossa – PR. Empresas de construção pesada e peças pré-fabricadas também se consolidaram, mas de maneira muito mais expressiva, são exemplos: Cassol Pré-Moldados e Projepar Pré-moldados e Pré-fabricados.

## 2.6 ARRANJO FÍSICO

### 2.6.1 DEFINIÇÕES

Segundo Muther (1986) e Slack, Chambers e Johnson (2002), o arranjo físico ou layout pode ser definido como o estudo do posicionamento relativo dos recursos produtivos, homens, máquinas e materiais, ou seja, é a combinação dos diversos equipamentos/máquinas, áreas ou atividades funcionais dispostas adequadamente. Ele define o posicionamento das instalações, máquinas equipamentos e pessoal da produção, determinando a forma e a aparência desta unidade produtiva, e também o fluxo dos recursos transformados através das operações. (CORRÊA, 2013)

Os objetivos visados com um bom arranjo físico são:

1. Aumentar a moral e satisfação no trabalho;
2. Incrementar a produção, reduzindo as demoras, manuseios e tempos de manufatura;
3. Maior utilização de equipamentos, mão-de-obra e serviços;
4. Reduzir os riscos para os colaboradores;
5. Melhorar a comunicação.

O projeto deve busca minimizar custos de movimentação, reduzir o congestionamento de materiais e pessoas, incrementar a segurança, o moral e a comunicação, aumentar a eficiência de máquinas e mão de obra e apoiar a flexibilidade. Os deslocamentos quando necessários devem ocorrer por distâncias reduzidas. Outro aspecto a ser considerado quando da elaboração do arranjo físico, trata-se do conforto e da segurança que deve ser proporcionada aos trabalhadores. (CORRÊA, 2013).

Para tal, a base está principalmente na configuração do sistema de produção, que deve assumir uma das seguintes orientações básicas:

- sistemas orientados a processos (produção intermitente), caracterizados por baixo volume, alta variedade, fluxo de materiais intermitente, máquinas universais, emprego intensivo de mão-de-obra.
- sistemas orientados a produtos (produção contínua), caracterizados por alto volume, baixa variedade, fluxo de materiais contínuo, máquinas especiais, aplicação intensiva de capital.

As principais configurações de processos devem assumir uma das orientações básicas:

#### **Processos de Produção em massa**

- Produzem bens em alto volume e variedade relativamente estreita;

- Ex: fábrica de automóveis; maior parte dos fabricantes de bens duráveis.
- Nas operações em massa as diferentes variantes de um produto não afetam o processo básico de produção.

### **Processos Contínuos**

- Grande volume e baixa variedade;
- Operam por períodos e tempo mais longo;
- Muitas vezes estão associados a tecnologias relativamente inflexíveis, de capital intensivo, com fluxo altamente previsível.
- Ex: refinarias de petróleo, siderúrgicas e algumas fábricas de papel.

## 2.6.2 TIPOS DE ARRANJOS FÍSICOS

Corrêa e Corrêa (2004) afirmam que o tipo básico de arranjo físico é a forma geral do arranjo de recursos produtivos da operação. A escolha do tipo de arranjo físico depende em grande parte da escolha do processo, e são classificadas em:

1. Arranjo físico por processo ou funcional;
2. Arranjo físico em linha ou por produto;
3. Arranjo físico posicional ou por posição fixa;
4. Arranjo físico celular;
5. Arranjo físico híbrido, combinado ou misto.

Os arranjos mais adequados ao processo da indústria em questão são:

### 2.6.2.1 Arranjo Funcional

Por processo, departamental, process layout e job shop. No arranjo físico funcional, todos os processos e equipamentos do mesmo tipo e função são colocados juntos, constituindo um arranjo típico de especialização por processo, onde as máquinas que realizam um mesmo tipo de operação ficam agrupadas (próximas). Este arranjo também pode agrupar em uma mesma área operações ou montagens semelhantes.

É um tipo de arranjo flexível, que atende as mudanças de mercado e produtos diversificados em diversas quantidades, apresentando um fluxo longo dentro da fábrica. (CORRÊA, 2013).

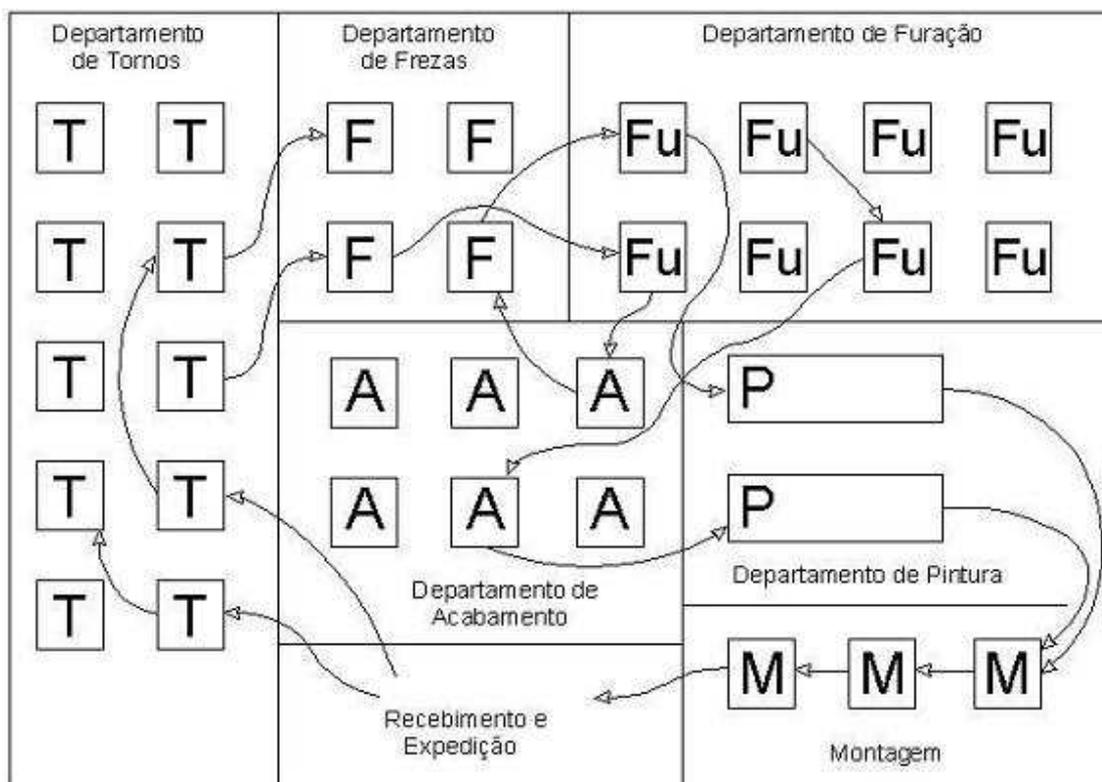


Figura 14. Exemplo de Arranjo Funcional

Fonte: (adaptado de Martins e Laugeni, 2005)

Como mostra a figura 14, esse tipo de arranjo pode ficar bastante complexo à medida que temos muitos processos sem muitos produtos: com volumes de produtos mais intensos, faz com que os fluxos de manufatura se cruzem, diminuindo a eficiência e aumentando o tempo de atravessamento dos fluxos. O desafio é procurar arranjar a posição relativa e às áreas de cada setor para aproximar os setores que tenham fluxos intensos entre si.

**Vantagens:** Grande flexibilidade para atender a mudanças de mercado. Exige mão de obra especializada e qualificada, gerando um bom nível de organização. Menor investimento para instalação do parque industrial:

**Desvantagens:** Apresenta um fluxo longo dentro da fábrica: Como o produto “procura” seus processos onde quer que eles se encontrem dentro da planta, gera um deslocamento por distâncias maiores. Produto normalmente vai e volta, gerando movimentação dentro do parque industrial. Dificulta a amplitude de supervisão e controle.

### 2.6.2.2 Arranjo Linear:

Segundo Corrêa (2013), esse tipo de arranjo é caracterizado por ter uma única entrada e uma única saída. As máquinas, os equipamentos ou as estações de trabalho são colocados de acordo com a sequência de montagem, dentro do processo, como pode ser visto na figura 15.

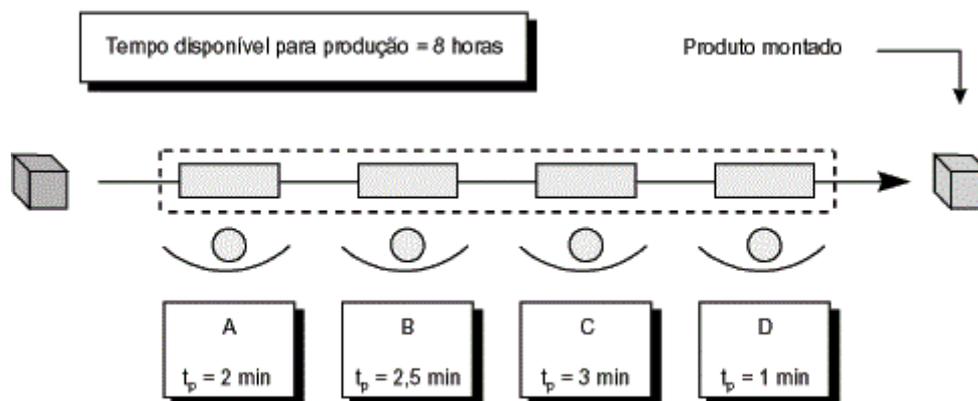


Figura 15. Fluxo de operações em uma linha de produção

Fonte: (PEINADO; GRAEML, 2007)

Este arranjo permite obter um fluxo rápido na fabricação de produtos padronizados, que exigem operações de montagem ou produção sempre iguais, proporcionando aos colaboradores um trabalho monótono e estressante.

Enquanto um arranjo físico funcional pode ser elaborado aos poucos, o arranjo físico em linha deve ser implantado de uma só vez.

Quando se fala em arranjo em linha, não se trata necessariamente de uma disposição em linha reta, isso implicaria em uma cadeia muito longa. Para contornar este problema é comum que os engenheiros projetem linhas em forma de U ou S ou outra forma de circuito diferente, que possa ser adaptável em função das instalações prediais da empresa, como pode ser observado nas figuras. (CORRÊA, 2013).

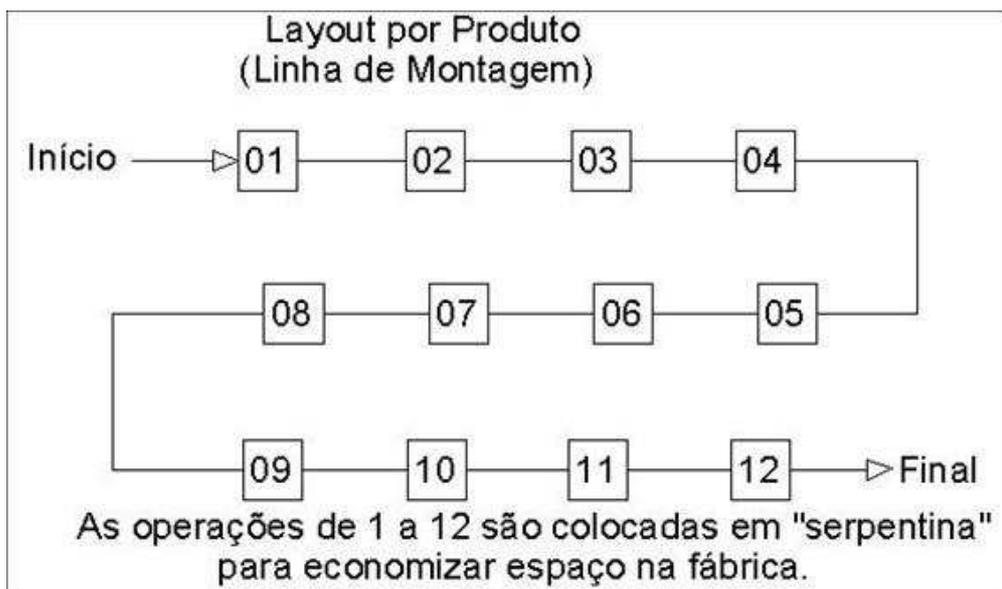


Figura 16. Layout linear

Fonte: (adaptado de Martins e Laugeni, 2005)

**Vantagens:** Possibilidade de produção em massa com grande produtividade: as linhas apresentam maior custo fixo, porém menor custo variável por unidade. Carga de máquina e consumo de material constantes ao longo da linha de produção. Controle de produtividade mais fácil: Fluxo produtivo claro e previsível. Menores estoques comparados ao arranjo funcional.

**Desvantagens:** Alto investimento inicial: o alto grau de automatização implica em um alto investimento em maquinário. Alto índice de absenteísmo dos funcionários devido às atividades monótonas e repetitivas. Falta de flexibilidade da própria linha. Tempos de setup são longos. A operação mais lenta da linha, denominada gargalo produtivo, determina a velocidade de produção de toda a linha.

### 2.6.3 SISTEMATIZANDO OS ARRANJOS FÍSICOS

Para Olivério (1985) o projeto do arranjo físico tem objetivo de buscar a combinação ótima da equação de produção, no que consiste em aumentar a moral e a satisfação do trabalho, o incremento da produção, a redução das demoras, economia de espaço, redução de manuseio, uso intensivo dos equipamentos, mão de obra e serviços, redução do tempo de manufatura e de material em processo, redução dos custos indiretos, melhor qualidade, flexibilização, entre outros. De

acordo com o autor, para atingir um bom layout é necessário respeitar os seguintes conceitos:

- Princípio da integração: trata-se em dispor os equipamentos e máquinas de forma harmônica.
- Princípio da mínima distância: esse princípio versa no esforço de redução para o mínimo possível o movimento de material, buscando reduzir custos;
- Princípio de obediência ao fluxo de operações: referiram-se aos materiais, equipamentos, pessoas, quanto ao movimento de um fluxo contínuo;
- Princípio do uso das três dimensões: este princípio trata da preocupação da ocupação dos espaços.
- Princípio da satisfação e segurança: diz respeito a satisfação e o conforto as pessoas proporcionado por um arranjo físico bem elaborado (cores, iluminação, temperatura ambiente, ruídos).
- Princípio da flexibilização: trata-se da necessidade em prever mudança de produto, realocação das máquinas e mudanças nos processos da fábrica.

Nos anos 50, Muther (1961) propôs um método sistemático de análise e projeto de layout funcional que se tornou bastante popular, chamado método SLP, Systematic Layout Planning (Planejamento de Layout Sistemático). O método SLP é uma ferramenta utilizada para elaboração de layout que analisa a relação de importância entre as atividades ou áreas de uma dada empresa. Esse método usa um sistema de taxas de relacionamento e busca arranjar os departamentos baseando-se na inter-relação departamental (URBAN, 1989). Esse modelo se baseia:

- Inter-relação entre setores, que é o grau relativo de dependência ou proximidade entre as atividades;
- Espaço necessário para cada um destes, que trata da quantidade, tipo e forma ou configuração dos itens a serem posicionados;
- Adaptação do estudo às necessidades e restrições impostas
- Em 5 passos e suas respectivas ferramentas de inter-relação relacionadas no Quadro 2.

PASSOS	POSSÍVEIS FERRAMENTAS
1. ANÁLISE DE FLUXOS DE PRODUTOS OU RECURSOS	DIAGRAMA DE FLUXO OU DIAGRAMA DE - PARA
2. IDENTIFICAÇÃO E INCLUSÃO DE FATORES QUALITATIVOS	DIAGRAMA DE RELACIONAMENTO DE ATIVIDADES
3. AVALIAÇÃO DOS DADOS E ARRANJO DE ÁREAS DE TRABALHO	DIAGRAMA DE ARRANJO DE ATIVIDADES
4. DETERMINAÇÃO DE UM PLANO DE ARRANJO DOS ESPAÇOS	DIAGRAMA DE RELAÇÕES DE ESPAÇO
5. AJUSTE DO ARRANJO NO ESPAÇO DISPONÍVEL	PLANTA DO LOCAL E MODELO (TEMPLATES)

Quadro 2: Passos de Planejamento por SLP

Fonte: (CORRÊA;CORRÊA, 2006)

O método SLP também pode ser explicado através de um fluxograma, como mostra a figura 17.

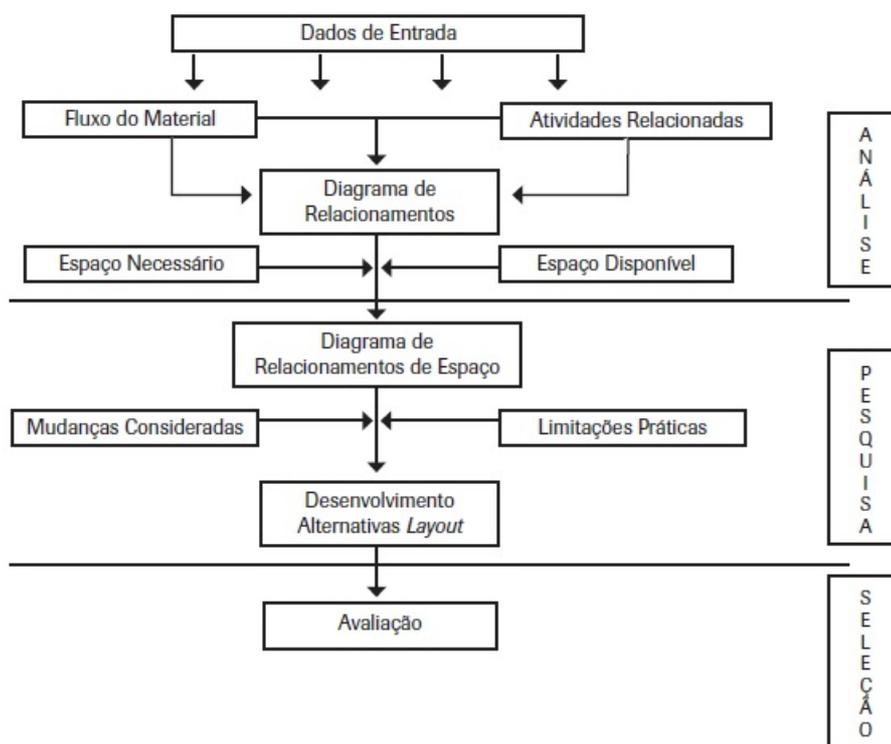


Figura 17: Método SLP

Fonte: (adaptada de Tompkins et al., 1996.)

O método do SLP, resumido na Figura 17, é dividido em três fases. A fase de *Análise* inicia com a avaliação do fluxo de materiais, onde todos os fluxos da produção são agregados em uma planilha *De-Para* que representa a intensidade de fluxo entre os diferentes departamentos. A partir da análise de espaço necessário e espaço disponível, determina-se a quantidade de espaço fabril a ser reservada a cada departamento. A fase seguinte é a de *Pesquisa* inicia-se com a elaboração de um diagrama de relacionamento de espaço, que adiciona as áreas dos departamentos ao diagrama de relacionamento. (TORTORELLA, 2008).

Após desenvolvimento do *layout*, inicia-se a fase de *Seleção*, em que *layouts* sofrem uma avaliação de viabilidade e aprovação entre os departamentos envolvidos. Este processo de avaliação deve considerar se os critérios de projeto foram satisfeitos (KERN, 1999). Além disso, ele permite que os usuários-chave e as pessoas que vão aprovar o *layout* participem das decisões (MUTHER et al., 2000).

#### 2.6.4 DADOS DE ENTRADA

Para Muther (1978) e Oliveira (1985) os dados de entrada necessários à resolução dos problemas de layout são:

- Produto (material);
- Quantidade (volume);
- Roteiro (sequência de processo de fabricação);
- Serviços de suporte;
- Tempo.

Para o projeto do arranjo físico será necessário também determinar a necessidade de equipamentos. A estimativa desta necessidade pode ser calculada em função de três fatores:

- Necessidade de produção, ou seja, a demanda esperada para o produto;
- Capacidade disponível em função dos turnos de trabalho;
- Especificações técnicas do fabricante do equipamento;

#### 2.6.5 FLUXOS DE MATERIAIS OU PROXIMIDADE DE SETORES

As razões para desejar que dois setores estejam próximos são:

- Utilizar o mesmo equipamento ou as mesmas instalações;
- Compartilhar o mesmo pessoal ou o mesmo registro;

- Garantir a boa sequência do fluxo de trabalho;
- Facilitar a comunicação;
- Evitar condições não seguras ou desagradáveis;
- Semelhança no trabalho executado.

#### 2.6.6 DIAGRAMA DE INTERLIGAÇÕES

Segundo Corrêa (2013), com as relações entre os setores definidos, pode-se montar o Diagrama de Interligações, o qual não considera escala, tratando-se de uma planta com setores representados por símbolos ligados por linhas que representam a importância da relação. Nele podemos acrescentar o fluxo de materiais, criando o Diagrama de fluxo.

O Diagrama de fluxo tem o objetivo de representar graficamente a intensidade de fluxo de materiais entre os setores. Cada setor é representado por um retângulo e o fluxo por linhas, o número de linhas é proporcional à intensidade do fluxo.

Antes de tudo é necessário conhecer as Unidade de Planejamento de Espaço e realizar uma análise de afinidades: a comunicação ou interação pessoal entre os colaboradores, movimentações de materiais entre os setores ou qualquer outro fator que exija uma proximidade, precisa ser verificada. As afinidades são os fatores que influenciam diretamente na necessidade de uma proximidade ou não entre os setores ou postos de trabalho (LEE, 1998).

#### 2.6.7 DETERMINAÇÃO DE ESPAÇOS E INTERLIGAÇÕES

Lee (1998) comenta que cada área tem sua necessidade de espaço, que é determinada pela movimentação de pessoal, movimentação de materiais ou pela manutenção dos equipamentos que nela estão inseridos. Para determinação dos espaços, devem-se estabelecer as áreas para as atividades envolvidas e adaptar ao diagrama de interrelação e/ou fluxo (TORTORELLA, 2008).

O Diagrama de Interrelações entre espaços utiliza o diagrama de fluxo e as áreas necessárias para cada atividade. As atividades permanecem com a mesma numeração e o diagrama montado da mesma forma que o digrama de interrelação. A lógica determinação dos espaços e interligações é a seguinte:

### 2.6.7.1 Planejamento do Espaço:

Todo o espaço necessário é planejado: os manuais das máquinas (para eventuais manutenções) e o fluxo de pessoas e materiais são verificados para satisfazerem esta necessidade (LEE, 1998). Depois de verificadas estas necessidades desenham-se o espaço seguindo alguns passos:

1. Desenha-se uma figura geométrica (quadrado ou retângulo) no tamanho total que o posto necessite.
2. Divide-se a figura em tamanhos iguais, utilizando-se medidas condizentes com suas necessidades.
3. Insere-se o símbolo para cada unidade já definido, sobre a área desenhada.
4. Procedimentos que devem ser repetidos para cada unidade de produção.

### 2.6.7.2 Planejamento Primitivo do Espaço:

Segundo Lee (1998), é verificada a disposição das unidades com a integração das suas necessidades de espaço, baseada no Diagrama de Configurações. A figura 18 mostra um exemplo de Planejamento Primitivo do Espaço;

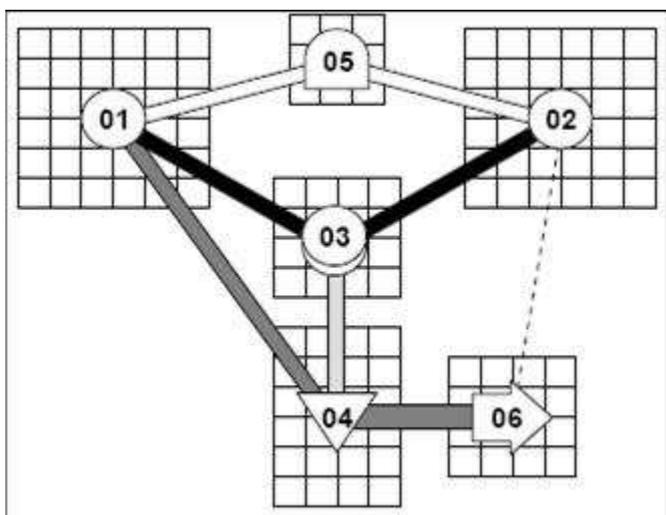


Figura 18. Planejamento Primitivo do Espaço

Fonte: (LEE, 1997)

### 2.6.7.3 Análise das Limitações:

Uma vez realizado o planejamento primitivo do espaço, são verificadas as limitações do projeto, que são as condições que interferem na elaboração de um plano ideal de espaço.

Para Lee (1998), as limitações são fatores que não se adaptam ao conceito de unidades de produção, afinidades e espaços, mas afetam o macro-espaço. Estas limitações podem ser identificadas através de uma tabela, permitindo melhor visualização das limitações e a lógica em como eliminá-las

### 2.6.7.4 Planejamento do Macro-Espaço

Por último o planejamento do macro espaço pode ser definido. Buscando um processo eficaz, todas as limitações do projeto também devem estar bem definidas e analisadas.

Os desenhos das unidades de produção são posicionados sobre a planta baixa do local onde serão instalados, respeitando-se sempre as limitações do projeto e o espaço necessário para cada unidade, conforme demonstrado na figura 19. (CORRÊA, 2013).

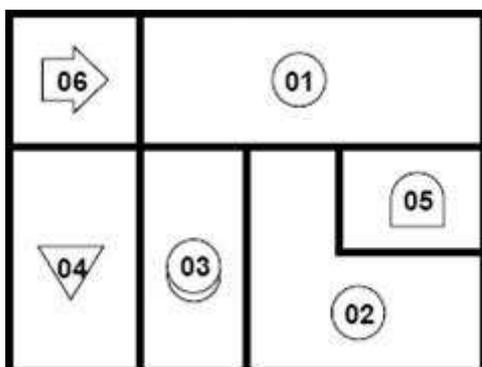


Figura 19. Planejamento Macro do Espaço

Fonte: (LEE, 1998)

### 2.6.7.5 Implantação:

Corrêa (2013) resume a importância da etapa do macro layout como:

Há várias razões práticas pelas quais a etapa do macro layout seja importante para uma correta tomada de decisão. A etapa é de difícil elaboração pela quantidade

de responsáveis que irão trabalhar no processo e também pela grande gama de informações que afetarão diretamente no arranjo físico de departamentos dentro da construção. Um mau julgamento na sua definição terá efeitos de curto e longo prazo que elevará significativamente os custos de correção para a organização.

Após as análises no nível de supra planejamento, Slack, Chambers e Johnson (2002) tomam como ponto de partida no nível de macro planejamento, todas as estratégias e informações sobre a produção, entretanto existem múltiplos estágios que levam ao projeto final. O objetivo geral sempre disporá todos os elementos físicos como equipamentos e mão de obra em uma configuração de tal forma a garantir um fluxo tranquilo e eficiente de trabalho em um chão de fábrica ou uma configuração específica de tráfego como, por exemplo, em uma organização de serviços.

Sobre a estratégia de produção, Vale (1975) menciona a característica de capacidade de produção, que influenciará no tamanho da edificação e na sua projeção futura. Uma boa estratégia para isso é avaliar:

- A previsão estimada da demanda para a nova situação e a visão estratégica;
- A pesquisa econômico-financeira para o investimento;

Esse estudo procura em todas as etapas avaliar os investimentos em tecnologias construtivas buscando promover melhores condições de produção e criando um investimento seguro para a empresa.

Outros fatores que devem ser destacados são os investimentos em tecnologias limpas ou verdes, por exemplo, utilização de energia solar e reaproveitamento de águas pluviais. Tais investimentos podem trazer retornos financeiros e fiscais, já que demonstram responsabilidade ambiental. Estratégias de reciclagem, eliminação de resíduos também são consideradas e ganham como argumento de responsabilidade social. (CORRÊA, 2013).

#### 2.6.8 ADMINISTRAÇÃO DOS PROJETOS DE LAYOUT

Para Corrêa e Corrêa (2006), um projeto em seu sentido formal e limitado, constitui apenas um documento que retrata processos de planejamento, pelo qual se tomam decisões a respeito de rumos de ação, emprego de recursos e de esforços,

bem como se especificam ações e condições necessárias para resolver problemas, alterar uma situação ou criar novas.

Segundo Vale (1975), a implantação de uma indústria segue um encaminhamento lógico, que engloba todas as atividades e decisões necessárias para sua realização. Isso engloba desde estudos iniciais até a fase de operação. Isto pode ser resumido nas seguintes etapas fundamentais:

- Estudos de viabilidade (técnica, econômica e financeira);
- Estudos Locacionais;
- Elaboração do projeto básico e projetos construtivos das instalações;
- Aquisição dos recursos materiais para a execução;
- Obras de construção e montagem;
- Testes de pré-operação;
- Entrada em operação normal.

## 2.7 MAPA DE PROCESSOS

### 2.7.1 DEFINIÇÕES

Dentro de uma organização, HUNT (1996) afirma que os processos e as atividades são os meios de agregação de valores aos produtos e serviços para o atendimento dos clientes. Desta forma, é necessário dispor-se de mecanismos que assegurem uma boa gestão destes processos e atividades. O objetivo dessas ferramentas é obter redução de custos, redução do tempo de ciclo, melhoria da qualidade, maior flexibilidade e maior confiabilidade.

Enquanto a visão funcional focaliza a especialização, sustentada por forte estrutura hierárquica, a visão de processo enfoca o próprio trabalho, a fim de gerenciá-lo, e não a estrutura organizacional (OSTRENGA, et al. 1993). Para atingir a vantagem competitiva desejada é preciso compreender e aperfeiçoar os processos.

Para Harrington (1997), o processo é definido como qualquer atividade que recebe uma entrada (input), agrega-lhe valor e gera uma saída (output) para um cliente interno ou externo, fazendo uso dos recursos da organização para gerar resultados concretos. Andersen (1999) entende processo como uma série lógica de transações que converte entrada para resultados ou saídas.

De maneira geral, um processo é composto de entradas, saídas, tempo, espaço, ordenação, objetivos e valores resultando em uma estrutura para fornecer serviços e produtos aos clientes. Sua importância nas empresas é confirmada através da constatação de que empresas industriais japonesas investem 70% de seus fundos de pesquisa e desenvolvimento em inovação de processos e têm resultados muito superiores ao de empresas americanas que investem a mesma proporção em desenvolvimento de produtos (GONÇALVES, 2000b).

Barnes (1982) define quatro enfoques nas soluções para melhoria dos processos, são eles: eliminar todo trabalho desnecessário; combinar operações ou elementos; modificar a seqüência das operações; simplificar as operações essenciais.

### 2.7.2 TÉCNICAS DE MAPEAMENTO DE PROCESSOS

Diversos autores estudaram técnicas de mapeamento de processos, entre elas:

- Fluxograma (Slack et al, 1997): é uma técnica de mapeamento que permite o registro de ações de algum tipo e pontos de tomada de decisão que ocorrem no fluxo real;
- Mapa de processo (Barnes, 1982): técnica para se registrar um processo de maneira compacta, através de alguns símbolos padronizados;
- Mapofluxograma (Barnes, 1982): representação do fluxograma do processo em uma planta de edifício ou na própria área em que a atividade se desenvolve;
- IDEF3 (Tseng et al, 1999): diagramas que representam a rede de “comportamentos” do cliente, sendo aplicado em operações de serviço. A técnica é uma das integrantes da família de técnicas IDEF, desenvolvida pela Força Aérea dos Estados Unidos com o objetivo de descrever, especificar e modelar sistemas de manufatura.
- UML (Unified Modeling Language) (Booch et al, 2000): fluxograma que dá ênfase à atividade que ocorre ao longo do tempo;
- DFD (Data Flow Diagram) (Alter, 1999): fluxo de informações entre diferentes processos em um sistema.

### 2.7.3 FLUXOGRAMA

Um fluxograma traça o fluxo de informação, pessoas, equipamentos, ou materiais através das várias partes do processo. Fluxogramas são traçados com

caixas contendo uma breve descrição do processo e com linhas e setas que mostram a seqüência de atividades. O retângulo é a usual escolha para uma caixa do fluxograma, porém outras formas geométricas também podem ser utilizadas. Além disso, cores e sombreados podem ser utilizados para chamar a atenção em diferentes tipos de atividades, tais como aquelas mais importantes no processo. Enquanto muitas representações são aceitas, deve-se haver uma padronização do sistema utilizado, para que o fluxograma seja de fácil entendimento. (PINHO, 2007)

A figura 20 mostra um exemplo de fluxograma e a figura 21 descreve os símbolos usados pelo método.

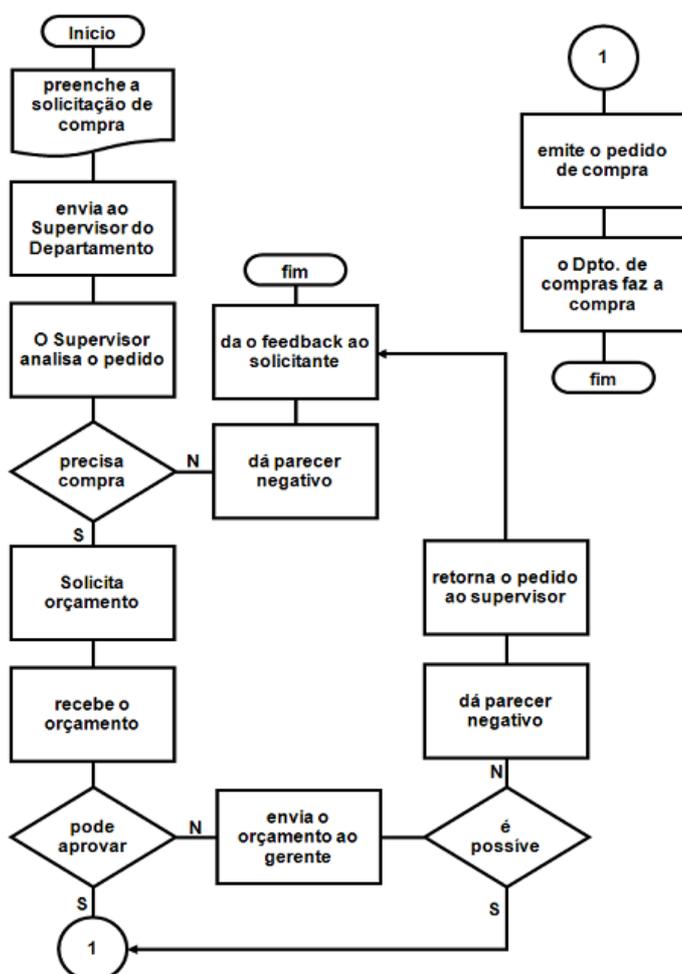


Figura 20. Exemplo de Fluxograma.

Fonte: PINHO, 2007

	Indica o início ou fim do processo
	Indica cada atividade que precisa ser executada
	Indica um ponto de tomada de decisão
	Indica a direção do fluxo
	Indica os documentos utilizados no processo
	Indica uma espera
	Indica que o fluxograma continua a partir desse ponto em outro círculo, com a mesma letra ou número, que aparece em seu interior

Quadro 3. Descrição dos Símbolos no Fluxograma.

Fonte: PINHO, 2007

#### 2.7.4 MAPA DE PROCESSOS

CAMPOS (2012) define O Mapeamento de Processo como uma ferramenta gerencial e de comunicação que tem a finalidade de ajudar a melhorar os processos existentes ou de implantar uma nova estrutura voltada para processos.

O mapa de processo, segundo Barnes (1982) o diagrama, usualmente, tem início com a entrada da matéria-prima na fábrica se segue em cada um dos seus passos, tais como transportes e armazenamentos, inspeções, usinagens, montagens, até que ela se torne ou um produto acabado. Essa técnica também pode registrar o andamento do processo através de um ou mais departamentos.

O mapeamento também auxilia a empresa a enxergar claramente os pontos fortes, pontos fracos (pontos que precisam ser melhorados tais como: complexidade na operação, reduzir custos, gargalos, falhas de integração, atividades redundantes, tarefas de baixo valor agregado, retrabalhos, excesso de documentação e aprovações), além de ser uma excelente forma de melhorar o entendimento sobre os processos e aumentar a performance do negócio.

Símbolo	Significado
	<b>Operação:</b> Ocorre quando um objeto é modificado intencionalmente em uma ou mais de suas características. É registrado por um verbo ou expressão verbal que indica uma ação.
	<b>Transporte:</b> Ocorre quando um objeto é deslocado de um lugar para outro, exceto quando o movimento é parte integral de uma operação ou inspeção.
	<b>Inspeção:</b> Ocorre quando um objeto é examinado para identificação ou comparado com um padrão pré-definido
	<b>Espera:</b> Ocorre quando um objeto aguarda por uma operação, transporte ou inspeção, paralisando assim seu fluxo.
	<b>Armazenagem:</b> Ocorre quando um objeto é mantido paralisado no fluxo produtivo, estando sob controle e com sua retirada requerendo autorização.

Quadro 4. Simbologia padrão pela norma.

Fonte: ASTM, 1947

DESCRIÇÃO DAS ATIVIDADES	OPERADOR	t(min)	D(m)	SIMBOLO
Operador analisa pedido de produção (Cartão Kanban)	Graça	1		
Pull system busca circuitos primários no estoque	Edvaldo	2	40	
Operador executa setup da prensa	Graça	5		
Operador aplica terminais	Graça	10		
Inspeção visual	Graça	1		
Produto semi-acabado é levado para o supermercado de prensa	Edvaldo	2	15	
Produto semi-acabado fica esperando próximo processo				
Pull system busca circuito na locação	Edvaldo	2	15	
Operador de bancada aplica conector no circuito	Marcelo	10		
Inspeção visual	Marcelo	1		
Pull system leva symix até linha de montagem	Edvaldo	3	40	
Circuito fica armazenado próximo a linha de montagem				

Tabela 1. Exemplo de Mapa de Processos em uma prensa hidráulica.

Fonte: O Autor, 2015

### 3. METODOLOGIA

#### 3.1 INDÚSTRIA A SER ESTUDADA

O presente trabalho visa o desenvolvimento dos mapas de processos de uma Indústria que tem como produto um sistema construtivo modular híbrido, composto por uma estrutura metálica convencional combinada com fechamento em light steel framing, oferecendo agilidade e sustentabilidade para a construção.

Os módulos são produzidos dentro da fábrica e transportados prontos para o canteiro de obras, onde serão realizados os acabamentos finais. Esse sistema permite uma redução de pelo menos metade do tempo de obra se comparado a uma construção de alvenaria convencional.

Os quantitativos de produção, administração, mão de obra e maquinário da indústria também serão levantados com base na produção almejada e servirão de parâmetro para elaboração do arranjo físico final.

#### 3.2 REVISÃO

O primeiro passo para atingir o objetivo proposto pelo trabalho:

- Estudar e Mapear os Processos de uma Indústria de Sistemas Construtivos Modulares

é revisar o referencial teórico baseados nos conceitos de modulação, construção modular e construção industrializada; fluxogramas, gestão industrial e técnicas para o mapeamentos de processos;

Após o embasamento teórico e as opções detalhadas no Capítulo 2, será utilizado como técnica:

- Fluxograma das principais etapas construtivas
- Mapa de Processos das principais atividades construtivas
- Determinação de Espaços e Interligações

#### 3.3 JUSTIFICATIVAS

Foram escolhidas as técnicas citadas acima graças ao:

- Objeto da indústria: módulos construtivos – construção civil
- Duração: fluxo rápido na fabricação e produtos padronizados
- Tipos de processos: compactos e com interligações

- Flexibilidade: sempre uma possibilidade
- Padronização: símbolos padronizados e de fácil adaptação

Será elaborado um fluxograma e posteriormente um mapa dos processos que ocorrem dentro da indústria. Em adicional será sugerido um arranjo físico esquemático inicial para a indústria em questão, que deverá ser complementado em trabalhos futuros.

<b>CRONOGRAMA</b>					
<b>Atividade</b>	<b>Mês 1</b>	<b>Mês 2</b>	<b>Mês 3</b>	<b>Mês 4</b>	<b>Mês 5</b>
Referencial Teórico	X	X			
Fluxograma		X	X		
Mapa de Processos			X		
Quantitativos Indústria			X	X	
Layout Esquemático				X	X

Figura 21. Procedimentos Metodológicos

Fonte: O Autor, 2014

## 4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

### 4.1.1 CAPACIDADE PRODUTIVA

Para estimativa da capacidade produtiva, foram desenvolvidos 3 tipos de produtos:

- Standard – baixo padrão e habitações de interesse social, voltadas principalmente para o Programa Minha, Casa Minha Vida;
- Special: edifícios populares de até 5 pavimentos;
- Premium: casas de alto padrão.

O plano pré-operacional foi planejado para atuar em duas (2) linhas de produção (LP).

- LP1: produção das linhas (Standard e Premium);
- LP2 produção da linha Special.

Esses elementos se refletem no dimensionamento da planta; quadro de funcionários; e características do tipo de equipamento demandado pela operação. A produção dos módulos é feita com base em equipamentos simples e de dimensões reduzidas, operados em sua maioria por um único colaborador.

Considerando as limitações físicas e estruturais impostas pelo cronograma de expansão, a capacidade de produção, na primeira etapa, foi determinada para cada um dos segmentos a serem atendidos.

<b>Segmento</b>	<i>Premium</i>	<i>Special</i>	<i>Standard</i>
<b>Produto</b>	Casa Alto Padrão (+ 80 m <sup>2</sup> )	Edifício Popular <b>(1)</b>	HIS (40m <sup>2</sup> ) <b>(2)</b>
<b>Capacidade de Produtiva mensal (3) (4) (5)</b>	LP1 = 160 m <sup>2</sup>	LP2 = 960 m <sup>2</sup> ( <i>lead time</i> do produto: 2,5 meses)	LP1 = 280m <sup>2</sup>

Tabela 2. Produtos e Capacidade Produtiva das Linhas de Produção.

Fonte: O Autor, 2014

**Observações:**

- (1) Edifício de quatro andares, com quatro apartamentos por andar, com área privativa de 60 m<sup>2</sup>.
- (2) HIS – Habitação de Interesse Social, sendo atendido através do Projeto de Responsabilidade Socioambiental "HABITE-SE".
- (3) Foi considerada a produção de 440 m<sup>2</sup>/mês, para cada linha de produção.
- (4) Capacidade relativa as duas linhas de produção da primeira fase da implantação da operação.
- (5) Flexibilizações "top down" (para baixo) da capacidade produtiva são obtidas, em primeiro momento, pela variação da disponibilidade de mão de obra.

#### 4.1.2 MÁQUINAS E EQUIPAMENTOS

A instalação do parque fabril se dará com duas linhas colocadas em operação simultaneamente, a lista de equipamentos atende essa necessidade é:

<b>Descrição</b>	<b>Valor Total (R\$)</b>
Pórtico/Ponte Rolante (1)	100.000,00
Serra circular para aço	5.000,00
Serra circular para WCB	5.000,00
Esmerilhadeira	1.000,00
Máquina de solda	5.000,00
Furadeira	5.000,00
Parafusadeira	5.000,00
Compressor para pintura	5.000,00
Ferramentas manuais	10.000,00
Guindauto (1)	150.000,00
Empilhadeira	50.000,00
Veículos (2)	200.000,00
Exaustores, ventiladores e condicionadores de ar	20.000,00
Turbina eólica	50.000,00
Mobiliário, notebooks, tablets e softwares	50.000,00
<b>Total</b>	<b>661.000,00</b>

Tabela 3. Lista de Equipamentos de uma Linha de Produção.

Fonte: O Autor, 2014

#### 4.1.3 NECESSIDADE DE MÃO DE OBRA

O quadro abaixo representa a necessidade de mão de obra para cada linha de produção. Como as linhas produzirão produtos diferentes – LP1 (Premium e Standard) e LP2 (Special) - as duas equipes serão necessárias no início do empreendimento, considerando o uso de sua capacidade máxima. Em suma, também aqui é possível uma adequação para o atendimento das baixas demandas do início da operação. Também foi estimada a equipe de montagem, que fará a alocação dos módulos no terreno, essa equipe também atende a uma linha de produção, mas no presente trabalho não será considerada, pois seu serviço é executado fora da indústria.

<b>Pessoal – por linha de produção</b>	<b>Qtde.</b>
Profissional – Mestre de Obras	1
Profissional – Gesseiro	2
Profissional – Carpinteiro	1
Profissional – Pedreiro	1
Profissional – Pintor	1
Profissional – Encanador	1
Profissional – Eletricista	1

Montador	3
<b>Total por linha</b>	<b>11 pessoas</b>

Tabela 4. Profissionais em uma Linha de Produção.

Fonte: O Autor, 2014

<b>Pessoal – Montagem</b>	<b>Qtde.</b>
Profissional – Mestre de Obras	1
Profissional – Gesseiro	1
Profissional – Carpinteiro	1
Profissional – Pedreiro	1
Profissional – Pintor	1
Profissional – Encanador	1
Profissional – Eletricista	1
Auxiliar – Servente	2
<b>Total por linha</b>	<b>9 pessoas</b>

Tabela 5. Profissionais de Montagem.

Fonte: O Autor, 2014.

#### 4.1.4 POLÍTICA DE GESTÃO DE QUALIDADE

A organização busca a certificação no Programa Brasileiro da Qualidade e Produtividade do Habitat (PBQP-H). O programa é pré-requisito para as empresas construtoras aprovarem projetos junto à Caixa Econômica Federal (CEF) para participarem do programa “Minha Casa, Minha Vida” (MCMV) e necessário também para diversas linhas de financiamentos junto à Caixa Econômica Federal e outras instituições de crédito privadas.

O sistema construtivo também será testado para obtenção do DATec (Documento de Aprovação Técnica), emitido pelo SINAT (Sistema Nacional de Avaliações Técnicas). Com esse documento, o sistema passa pela Homologação junto ao Ministério das Cidades, que permite o financiamento das construção através da CEF (Caixa Econômica Federal).

#### 4.1.5 OPERAÇÃO SUSTENTÁVEL

Além de oferecer um produto sustentável, a operação como um todo se preocupa com a questão da ecoeficiência. O negócio é baseado na gestão sistêmica das 5 dimensões básicas da sustentabilidade.



Figura 22. Dimensões da Sustentabilidade

Fonte: O Autor, 2014

#### 4.1.6 MATÉRIA-PRIMA

Apesar de trabalhar com 3 linhas de produtos, a matéria prima principal das duas linhas de produção é basicamente a mesma (figuras 23 e 24). O que muda são os acabamentos, que foram descritos nas Figuras 23 e 24 como produtos genéricos e sem especificação.

Os materiais e insumos que compõe os produtos em sua grande maioria encontrados em território nacional e em mais de um fornecedor, o que traz segurança e robustez para a operação. Atendendo a princípios de Sustentabilidade, os fornecedores foram devidamente selecionados e homologados, buscando melhor qualidade de produto, custo benefício, legalidade e proximidade da planta industrial.

Descritivo	Quantidade
<b>Argamassa</b>	
Argamassa colante interna tipo AC I	400kg
Argamassa para rejuntamento colorida flexível	4kg
Argamassa para rejunte colorida flexível	14kg
<b>Azulejo</b>	
Azulejo RV Rafia Beje Acetinado Fit	5,5m
Azulejo RV Nórdico Snow Acetinado Fit	10,4m <sup>2</sup>
Cerâmica Alfenas Puro Grês Fit	40m <sup>2</sup>
<b>Chapas OSB</b>	
OSB23 - Paineis de placas de tiras de madeira orientadas entre placas de fibrocimento	12ud
OSB11 - Chapas fibras orientadas	12ud
OSB15 - Chapas fibras orientadas	12ud
OSB18 - Chapas fibras orientadas	12ud
MHP105 - Membrana hidrofugante de polietileno/polipropileno	33m
<b>Calhas e Rufos</b>	
CGP540 - Calha galvanizada pré-pintada	4ud
RGP150 - Rufo galvanizada pintada	12ud
RGP200 - Rufo galvanizada pintada	11ud
RGP300 - Rufo galvanizada pintada	4ud
<b>Cola branca pva extra para madeira</b>	
Cola branca pva extra para madeira	2,2kg
<b>Banda Acústica</b>	
BA48 - Banda acústica	660m
<b>Esquadrias</b>	
PA1D - Porta Alumínio 1FL eixo vertical	1ud
JA1 - Janela alumínio 1FL projetante deslizante	1ud
JA2 - Janela alumínio 1FL fixa 1FL fixa deslizante	3ud
PM2 - Porta semioca laminada	4ud
<b>Guarnições</b>	
Fechadura banheiro	1ud
Fechadura interna	2ud
Fechadura externa	1ud
<b>Gesso Acartonado</b>	
GA12ST - Chapa de gesso acartonado	40ud
MPR30 - Massa pronta para rejunte	33kg
FMR50- Fita microperfurada para rejunte	150m
<b>Impermeabilizações</b>	
MAV3 - Manta asfáltica tipo IIC	
MAV3 - Manta asfáltica tipo IIC	11m <sup>2</sup>
MAP4 - Manta asfáltica tipo IIIA	13m <sup>2</sup>
<b>Light Steel Frame</b>	
GUE92 - Guia estrutural galvanizada U 92mm x 38mm x 0,8mm x 2995mm	54ud
MUE90 - Montante estrutural galvanizado Ue 90mm x 40mm x 10mm x 0,8mm x 2990mm	110ud
ME90 - Montante estrutural galvanizado Ue 90mm x 40mm x 10mm x 0,95mm x 2990mm	110ud
MUE48 - Montante estrutural galvanizado Ue 46mm x 36mm x 9mm x 0,5mm x 2990mm	24ud
MUE140 - Montante estrutural galvanizado Ue 140mm x 40mm x 12mm x 1,25mm x 2990mm	48ud
GUE142 - Guia estrutural galvanizada U 142mm x 38mm x 0,95mm x 2990mm	12ud
GUE48 - Guia estrutural galvanizada U 48mm x 29mm x 0,5mm x 2995mm	8ud

Figura 23. Matéria Prima da Indústria.

Fonte: O Autor

Descritivo	Quantidade
<b>Parafusos</b>	
PFB13 - Parafuso auto atarraxante zincado cabeça flangeada baixa ponta broca	2300ud
PTEB25 - Parafuso auto atarraxante duraseal cabeça trombeta escariante ponta broca	1200ud
PTB25 - Parafuso auto atarraxante duraseal cabeça trombeta escariante ponta broca	1080ud
PFB1478 - Parafuso auto perfurante duraseal cabeça	210ud
PFB12212 - Parafuso auto perfurante duraseal	290ud
PTEB38 - Parafuso auto atarraxante duraseal cabeça trombeta escariante ponta broca	410ud
Prego aço baixo carbono eletrosoldado anelado	177ud
<b>Lãs Acústicas</b>	
FLV75 - Feltro de lã de vidro aglomerado	75m
FLV50 - Feltro de lã de vidro aglomerado	30m
<b>Rodapés</b>	
Rodapé 15mm x 80mm pintura ou lâmina na cor das portas	44m
<b>Steel Frame</b>	
CEQ100 - Chapa estrutural quadrada 100mm x 100mm x 6,35mm AÇO ASTM A36	8kg
PERFIS estruturais simples dobrado de chapa UDC 100mm x 50mm x 3mm AÇO ASTM A36	375kg
PERFIS estruturais simples dobrado de chapa UDC 100mm x 50mm x 3mm AÇO ASTM A36	116kg
PERFIS estruturais simples dobrado de chapa UDC 90mm x 45mm x 3mm AÇO ASTM A36	103kg
UCD93 - Perfil estrutural simples dobrado de chapa UDC 93mm x 30mm x 2mm AÇO ASTM	415kg
UCD93 - Perfil estrutural simples dobrado de chapa UDC 93mm x 30mm x 2mm AÇO ASTM	101kg
UCD93 - Perfil estrutural simples UDC 93mm x 30mm x 2mm AÇO ASTM A36	101kg
UCD100 - Perfil estrutural simples UDC 100mm x 40mm x 2,25mm AÇO ASTM A36	591kg
CAI50 - Cantoneiras de abas iguais 50mm x 50mm x 3mm AÇO ASTM A36	108kg
<b>Telhas</b>	
TAT40980 - Telha aço termoacústica trapezoidal	15ud
TAT40980 - Telha aço termoacústica trapezoidal	15ud
TFO - Telha de fibrocimento ondulada 1100mm x 3050mm x 6mm	12ud
<b>Tintas</b>	
Selador acrílico pva	10L
Fundo selador base acrílica	59kg
Massa acrílica para textura	355kg
Tinta látex acrílico pva fosca	9L
Tinta esmalte sintético acetinado	7L
Solvente aguarrás	2L
Selador elástico monocomponente de poliuretano cinza	4L
Massa acrílica pva	110kg
Fundo de junta em polietileno expandido de células fechadas d=10mm	60m
<b>Placa Cimentícia</b>	
PLC12 - Placa de liga cimentícia, perlita e fibra de vidro	41ud
PLC10 - Placa de liga cimentícia, perlita e fibra de vidro	41ud
PLC8 - Placa de liga cimentícia, perlita e fibra de vidro	41ud
MLC20 - Massa base liga cimentícia, agregados minerais, resina, aditivos químicos e	260kg
FFV10 - Fita de rejunte em tela	160m
TFV100 - Tela de reforço	130m
<b>Forro</b>	
FPVC8 - Forro pvc duplo liso	30ud
Rodaforro arremate U 8mm x 6000mm branco acetinado	8ud
Perfil arremate de canto externo	4m
Perfil arremate de canto meia parede	30m
<b>Acessórios Sanitários</b>	
Bacia sanitária com caixa acoplada duplo acionamento	1ud
Lavatório com coluna	1ud
Piso box em poliéster reforçado com fibra de vidro	1ud
Tanque de lavar roupas em pvc/polipropileno/poliéster	1ud
Bancada de resina para pia de cozinha	1ud
Torneira de bancada para lavatório manopla em cruzeta cromada	1ud
Torneira de parede bica móvel para cozinha manopla em cruzeta cromada	1ud
Torneira de parede para tanque com saída para máquina de lavar	1ud

Figura 25: Matéria Prima da Indústria

Fonte: O Autor, 2014.

## 4.2 FLUXOGRAMAS

Os resultados do trabalho foram baseados na etapa de prototipação das primeiras habitações do Sistema Construtivo, sua montagem ocorreu em ambiente controlado e propício para testes.

Levando em conta a indústria proposta pelo estudo, foram elaborados os fluxogramas das principais etapas montadas dentro da fábrica:

- Superestrutura
- Paredes
- Piso/Pavimentação
- Cobertura
- Hidráulica
- Elétrica

essas etapas tem relação direta com o arranjo físico a ser proposto.

A etapa de Montagem, realizada no canteiro de obras que corresponde à:

- Preparação do Terreno
- Fundações
- Alocação dos Módulos
- Esquadrias
- Acabamentos Finais
- Pintura e Textura

Não será considerada no presente trabalho, pois seu serviço é executado fora da indústria.

### 4.2.1 SUPERESTRUTURA

A primeira etapa de montagem *indoor* é a parte estrutural sustentada pelas vigas treliçadas, quadros e tubos estruturais das casas, também denominada Superestrutura ou Steel Frame.

Como as linhas de montagem trabalham com produtos com a mesmas medida, foram realizados gabaritos para agilizar a montagem das vigas e posterior conferencia. Esses gabaritos são executados com as sobras dos perfis metálicos e tem vida útil longa.

Os perfis UDC (U Dobrados de Chapas) são entregues em barras de 6 metros e espessura variável conforme utilização. São cortados com disco de corte para aço e unidos com solda MIG (Metal Inert Gas).

Os aços utilizados nessa etapa de montagem (perfis, cantoneiras, tubos) são da classe ASTM A36 e após conclusão das recebem pintura anticorrosiva de cor escura.

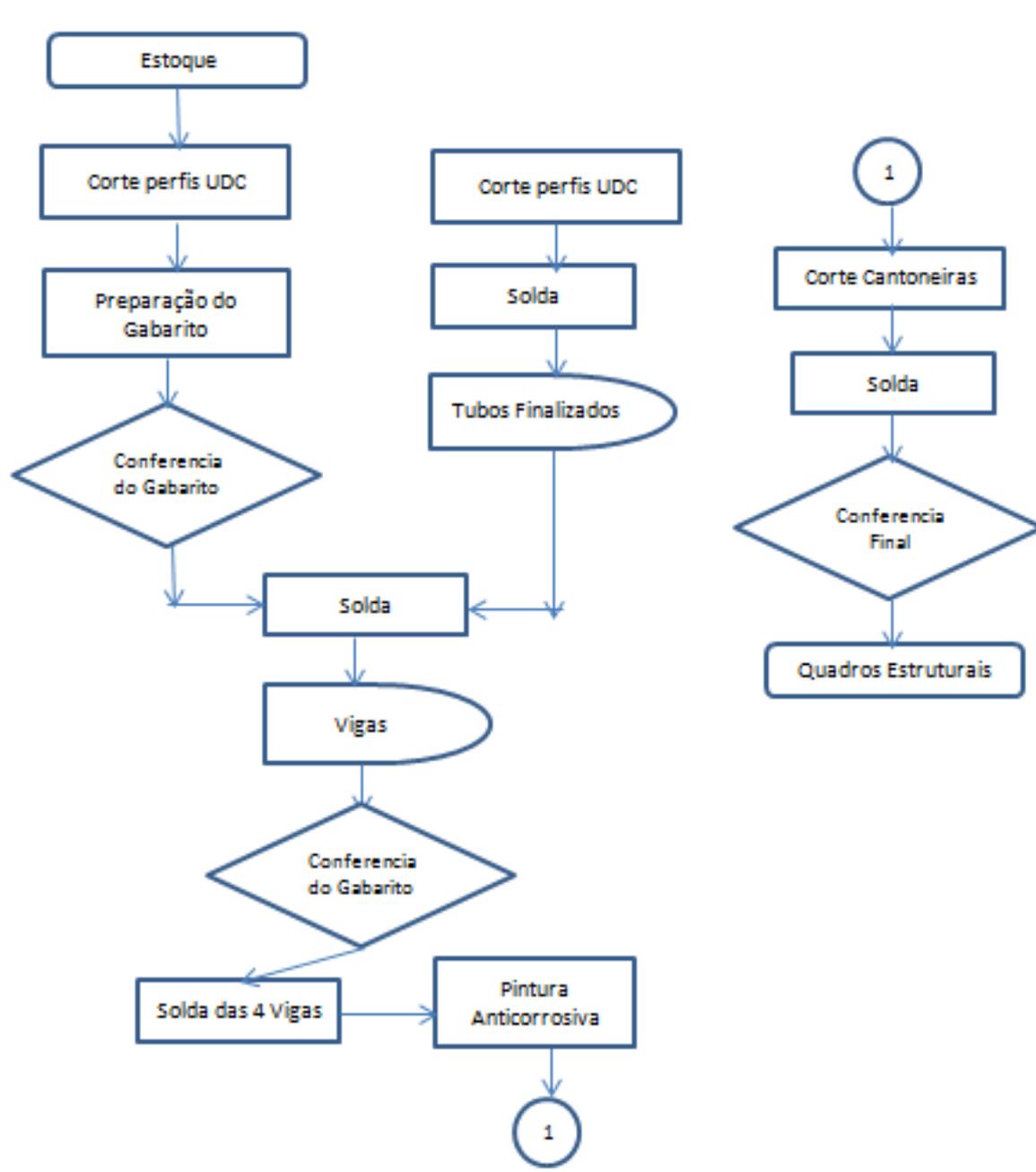


Figura 26: Fluxograma da Superestrutura.

Fonte: O Autor, 2014.

A Figura 26 apresenta o Fluxograma da etapa da Superestrutura realizada dentro da linha de produção e a Figura 27 mostra a execução das vigas.



Figura 27: Montagem das Vigas

Fonte: O Autor, 2014.

Figura 28: Quadros Estruturais Finalizados

Fonte: O Autor, 2014.

#### 4.2.2 PAREDES

A próxima etapa a ser montada dentro da fábrica compõe os painéis verticais, composto por paredes externas, externas e seus acabamentos. Esses painéis usam os princípios do Light Steel Frame, citados no capítulo 2.

É possível dividir essa etapa em:

- Paredes Externas
- Paredes Internas

As paredes externas sempre estarão em contato com intempéries e precisam de tratamento e materiais adequados, a sua sequência de montagem é: montagem dos quadros metálicos de aço leve (LSF), fixação

das chapas OSB para contraventamento, fixação da membrana hidrofugante, colocação das lãs acústicas (vidro) e fixação das chapas cimentícias.

As paredes internas são compostas com mesma estrutura metálica, mas com outros materiais de acabamento. Sua sequência é: as lãs acústicas são dispostas nos vãos dos perfis pela parte interna da parede e o fechamento é feito com chapas de gesso acartonado que recebem tratamento propício.

Tanto as paredes internas como as externas são fixadas entre os tubos metálicos que fazem a função da coluna na sustentação dos módulos. Essa etapa pode ser melhor observada nas Figuras 29 e 30.

As paredes não são estruturais, mas como são içadas precisam de perfis robustos. Apesar disso, elas podem ser removidas a qualquer momento, permitindo uma grande flexibilidade à edificação.

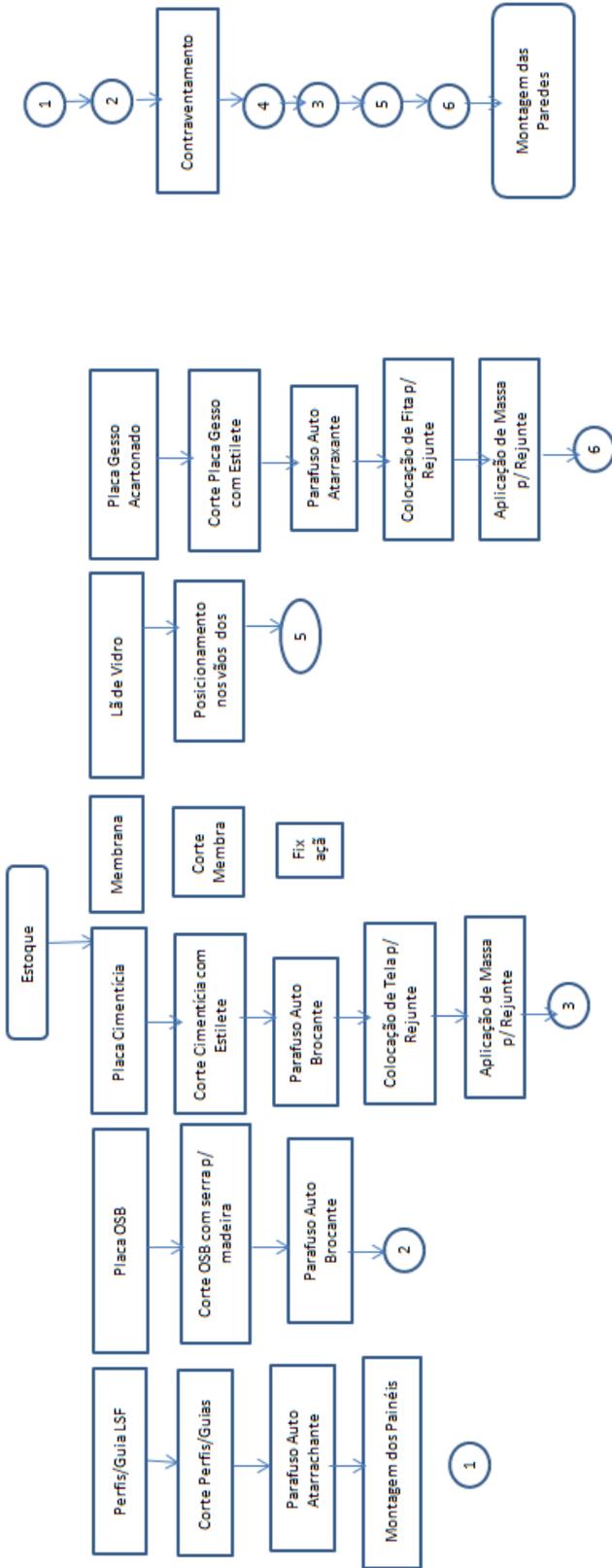


Figura 28: Fluxograma das Paredes

Fonte: O Autor, 2014.



Figura 29: Içamento das Paredes externas

Fonte: O Autor, 2014.



Figura 30: Fixação da Parede na Estrutura do Módulo

Fonte: O Autor, 2014.

#### 4.2.3 PISO/PAVIMENTAÇÃO

A próxima etapa a ser montada dentro da fábrica compõe os painéis horizontais do piso, esses painéis também usam os princípios do Light Steel Frame, citados no capítulo 2.

Os perfis de aço leve galvanizado são cortados e montados conforme projeto, em seguida o painel wall (composto de miolo de madeira maciça, laminada ou sarrafeada, contraplacado em ambas as faces por lâminas de madeira e externamente por placas cimentícias) é fixado sobre a estrutura de aço.

Na Figura 31 podemos analisar o Fluxograma completo da etapa de Pavimentação.

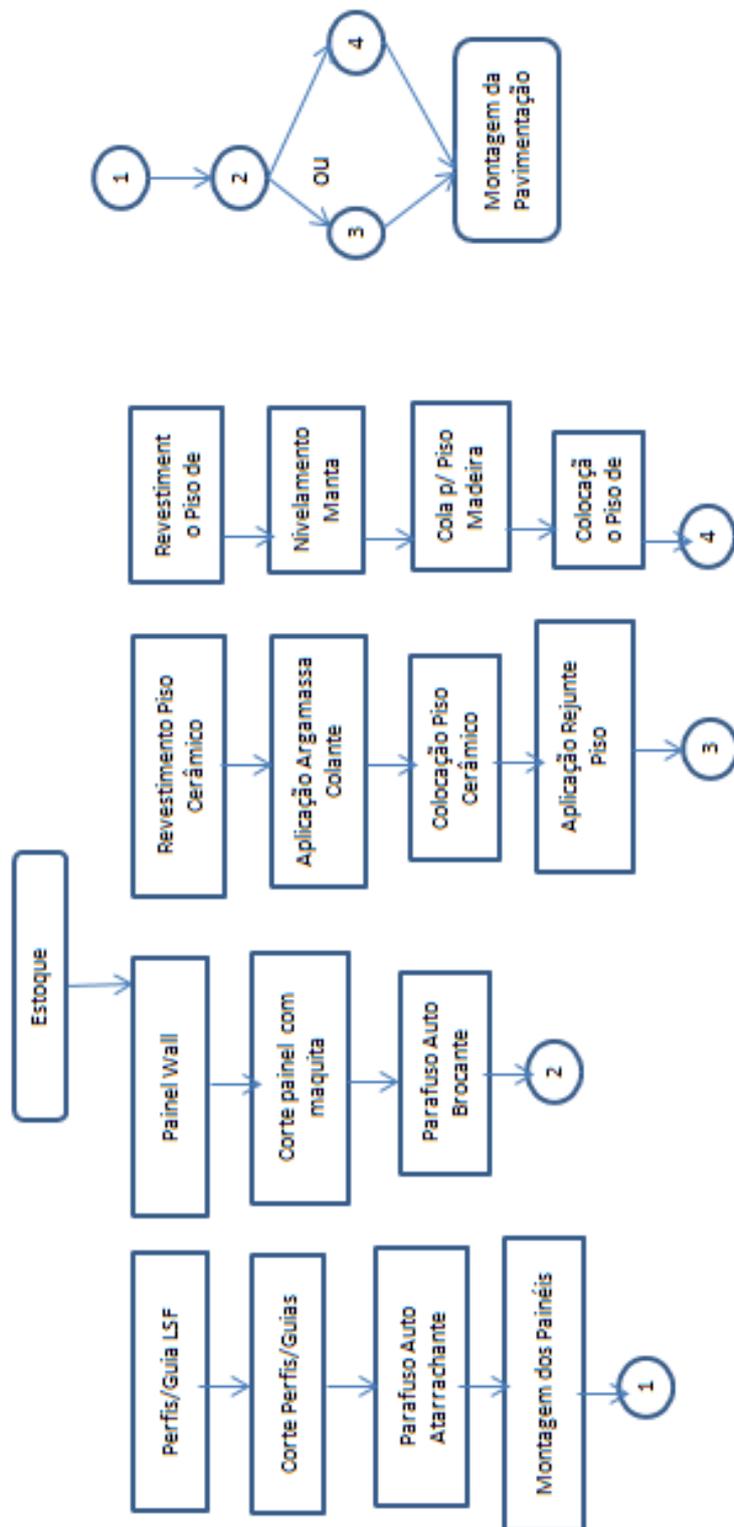


Figura 31: Fluxograma da Pavimentação

Fonte: O Autor, 2014.

Após fixação do painel wall o piso é apoiado dentro dos quadros estruturais da Superestrutura, como mostra a Figura 32.

O revestimento do piso varia conforme a área da edificação, em áreas molhadas é utilizado piso cerâmico ou porcelanato e em áreas secas pode ser usado piso de madeira, laminado ou semelhante. Ambos revestimentos são finalizados no canteiro de obras e tem sua aplicação idêntica a de uma obra convencional. Exemplo disso acontece na Figura 34.



Figura 32: Apoio do Piso no Quadro Estrutural

Fonte: O Autor, 2014.



Figura 33: Colocação do Piso Cerâmico

Fonte: O Autor, 2014

#### 4.2.4 COBERTURA

Em seguida são montados os painéis horizontais da cobertura, eles também usam os princípios do Light Steel Frame, citados no capítulo 2.

Primeiro é montada a estrutura de LSF para sustentação e apoio da cobertura. Em seguidas as telhas, que podem ser metálicas ou de fibrocimento são recortadas e parafusadas sobre a estrutura em aço leve. A parte interna da cobertura ou o forro usa o mesmo princípio do gesso acartonado.

A Figura 34 exemplifica o Fluxograma da etapa de Cobertura.

Figura 34: Fluxograma da Cobertura

Fonte: O Autor, 2014.

Após a estrutura de cobertura finalizada, ela é encaixada dentro dos quadros estruturais superiores que já apresentam o caimento necessário para o escoamento da água. Calhas e rufos são colocados no canteiro de obras, portanto não são considerados aqui. A Figura 35 mostra a cobertura finalizada.

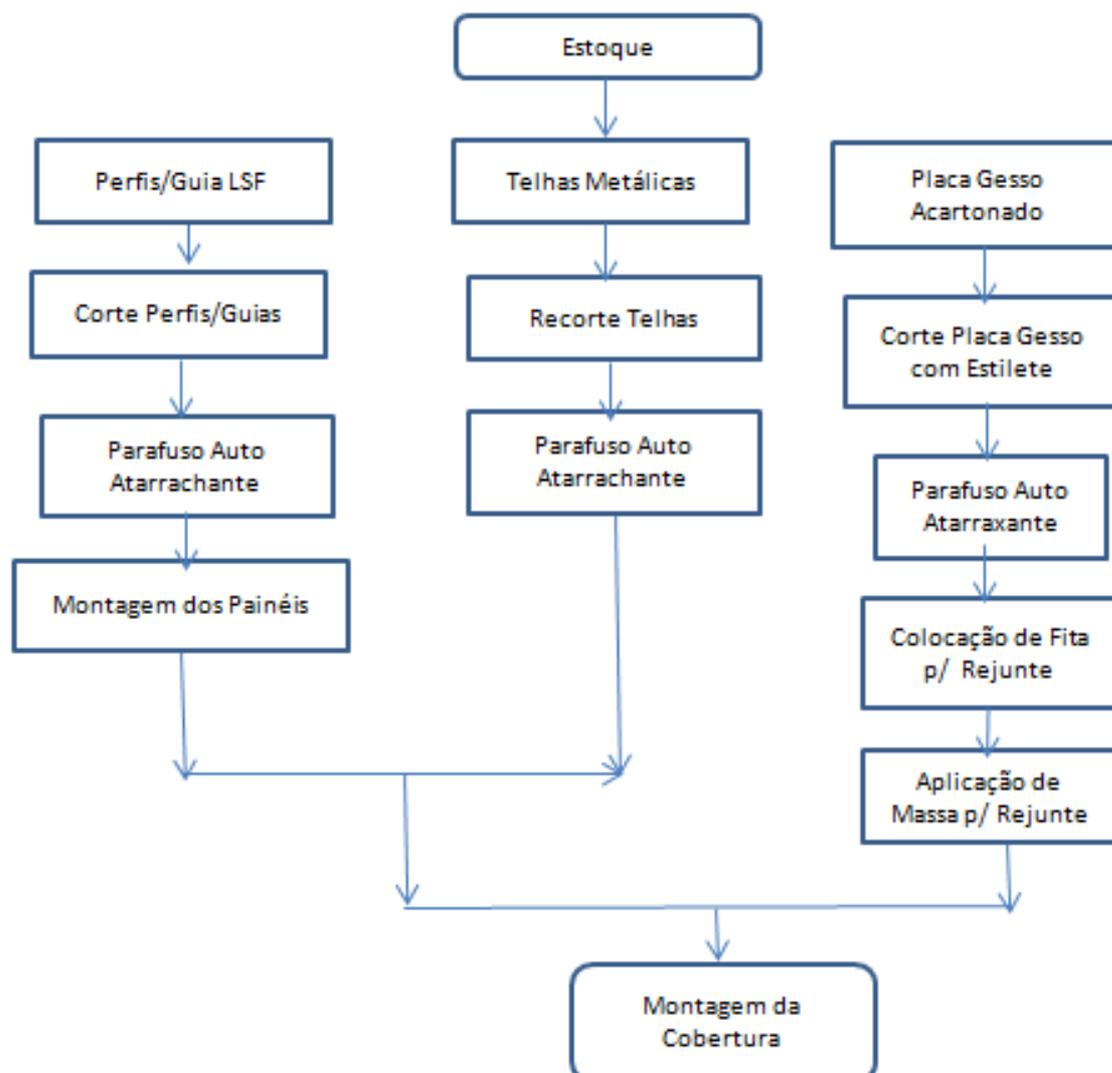




Figura 35: Cobertura finalizada

Fonte: O Autor, 2014

#### 4.2.5 HIDRÁULICA

Para evitar transtornos, re-trabalho e geração de resíduos na etapa de montagem no canteiro de obras, o sistema hidráulico já vai embutido e com as esperadas fixas no interior das paredes e lajes.

Uma das opções hidráulicas para construções em Light Steel Frame é o PEX (Tubo de Polietileno Reticulado), que além de usar tubos flexíveis aceita tubulação para água quente e fria, simplificando processos, métodos e materiais.

O Fluxograma descrito na Figura 36 relata o passo a passo da instalação do PEX tradicional até a etapa das esperas para aparelhos sanitários e entrada de água, essa etapa será realizada no canteiro de obras e por isso é desconsiderada aqui.

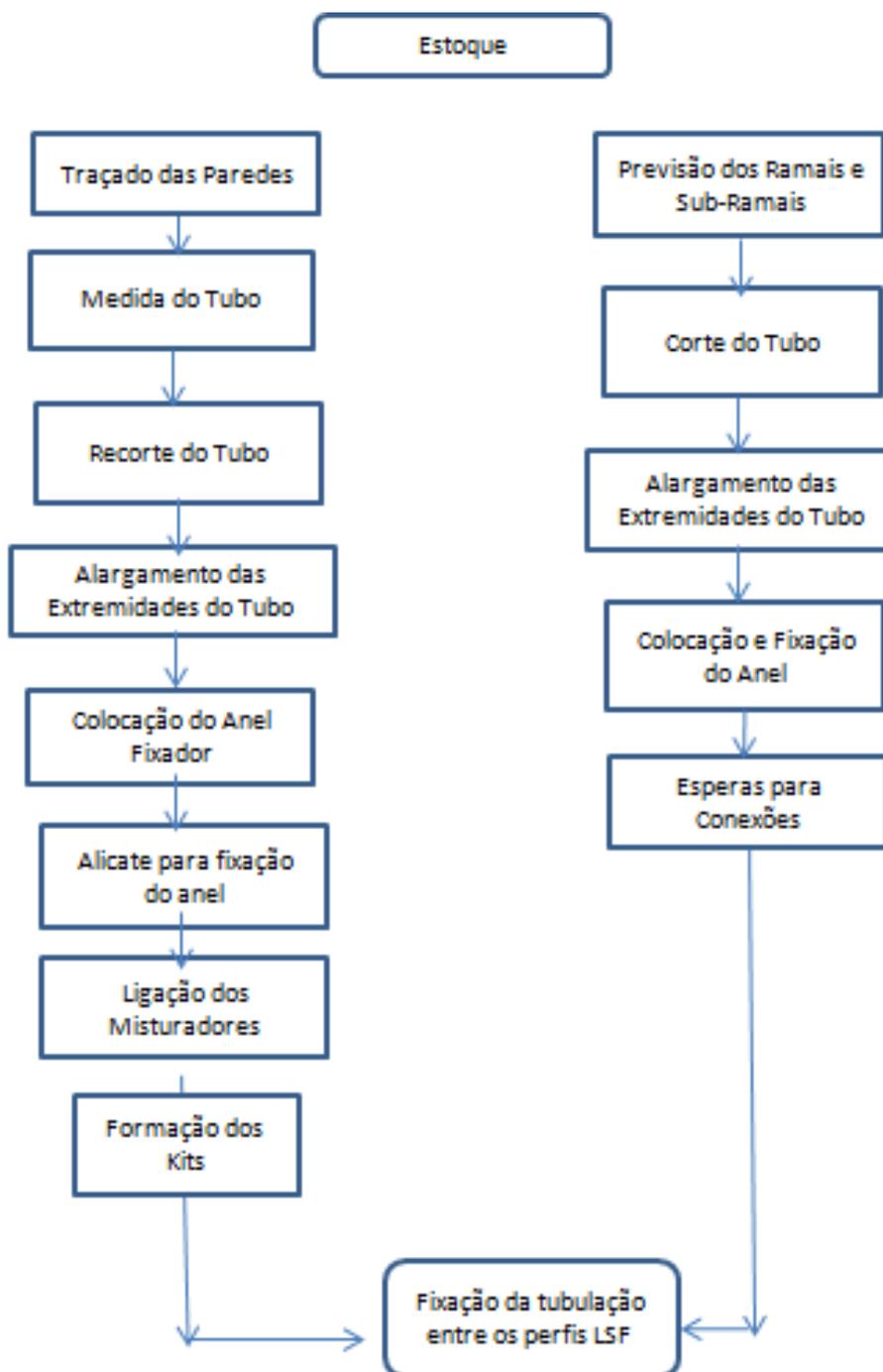


Figura 36: Fluxograma das Instalações Hidráulicas

Fonte: O Autor, 2014.

O sistema de esgoto não foi descrito no trabalho por apresentar dificuldades de logística de montagem dentro da fábrica (por utilizar tubos e conexões rígidas). Ele será montado no canteiro de obras em espaços já delimitados e shafts definidos com tecnologia igual ao sistema convencional.

#### 4.2.6 ELÉTRICA

De forma semelhante ao sistema hidráulico, o sistema elétrico também vai embutido em paredes, pisos e forro para facilitar o trabalho no canteiro de obras.

Os eletrodutos utilizados na parede e forro são do tipo mangueira flexível e as caixas de energia, passagem, quadros de distribuição, condutores e esperas para circuitos terminais também saem da fábrica embutidas nos módulos.

O Fluxograma representado na Figura 37 representa a parte elétrica realizada dentro da fábrica. A ligação de energia, pontos terminais e aterramento não são aqui descritos por se realizarem no terreno.

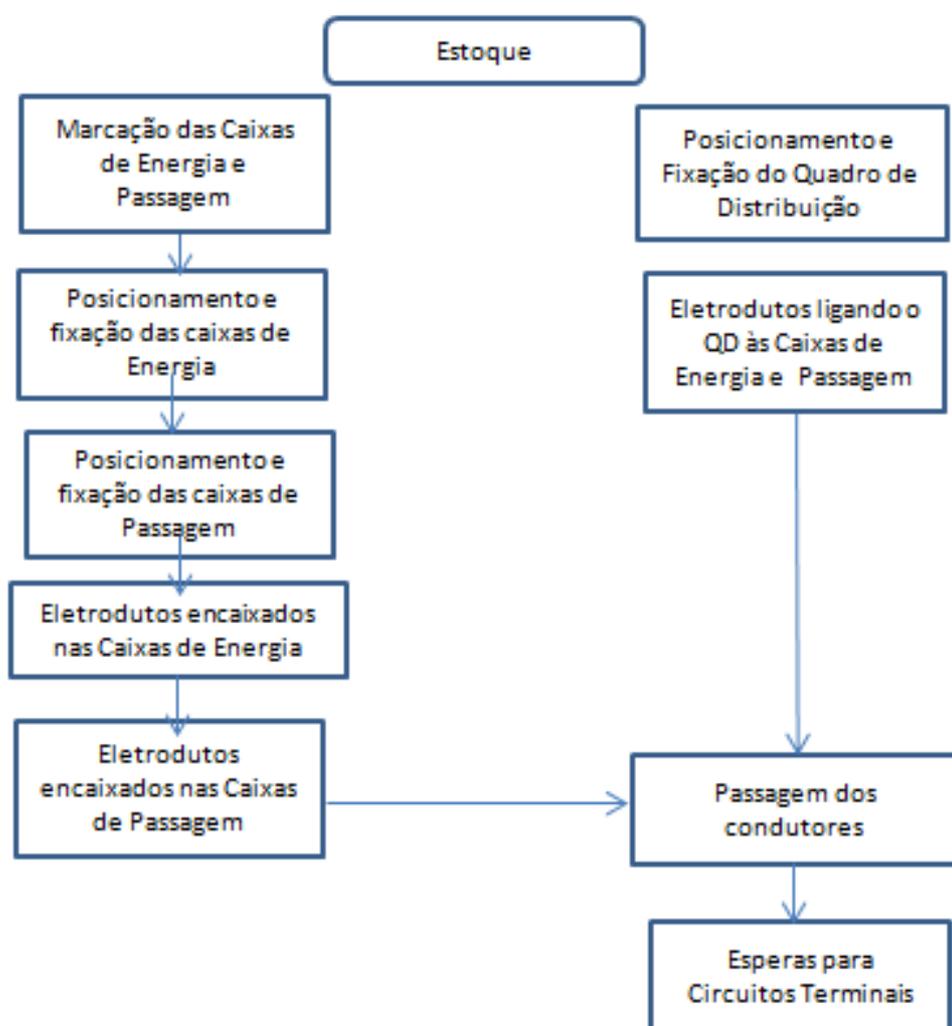


Figura 37: Fluxograma da Elétrica

Fonte: O Autor, 2014.

### 4.3 MAPAS DE PROCESSOS

Levando em consideração os Fluxogramas e os Resultados das etapas de montagem, foi preciso desenvolver Mapas de Processos para as etapas realizadas dentro da indústria. Esse é o resultado final do trabalho.

A metodologia utilizada foi a de Quadros de Processos, definindo os processos, seus responsáveis, tempo de duração em minutos, distância percorrida e simbologia de atividade (operação, transporte, inspeção, espera ou armazenagem).

#### 4.3.1 SUPERESTRUTURA

O primeiro processo de montagem realizado é a Superestrutura, com base no seu Fluxograma (Figura 26), foi montado o Mapa representado na Imagem 38.

Os dados de entrada do processo são: perfis metálicos pesados

Os dados de saída são: vigas, tubos e quadros estruturais.

Foi considerada uma equipe de 5 montadores (A, B, C, F, K), que ao longo do processo realizam mais de uma operação e tem conhecimentos variados conforme treinamento e responsabilidades. Nessa etapa eles são divididos em:

- A: Mestre de Produção
- B: Montador responsável pelo corte
- C: Soldador
- F: Responsável pelo Estoque e alocação dos produtos na LP
- K: Pintor

Os tempos foram estimados com base na produtividade dos protótipos e na produção esperada, eles estão em minutos e refletem a produção de um módulo de quase 10m<sup>2</sup> (3,20m x 3,20m x 2,60m) e peso médio de 700 kg.

O tempo máximo de produção é de 235 minutos ou 3,9 horas se os processos fossem todos dependentes. Como isso não acontece, foi estimado o tempo máximo com base no tempo de maior serviço do Operador mais lento e um adicional de 50% nesse tempo.

- Operador B = 75 minutos totais x 1,5 (coeficiente) = 112,5 minutos  
Aproximando o valor, chega-se ao máximo de 120 minutos para a produção da Superestrutura de 1 módulo.

DESCRIÇÃO DAS ATIVIDADES	Operador	Tempo (min)	Dist	SIMBOLO			
Separação dos perfis e posicionamento na estação de trabalho	F	5		○	↑		▽
Corte perfis UDC com serra para aço	B	30		●	↑		▽
Preparação do Gabarito	F	10		○	↑		▽
Conferência visual do gabarito	B	5		○	↑		▽
Conferência métrica do gabarito	F	5		○	↑		▽
Corte perfis UDC	B	30		●	↑		▽
Solda MIG nos perfis - tubos	C	20		●	↑		▽
Produto semi-acabado (tubos)	A			○	↑		▽
Solda MIG de ligação (tubos com perfis estruturados)	C	20		●	↑		▽
Profuto semi-acabado (vigas)	A			○	↑		▽
Conferência métrica do gabarito dos quadros	F	5		○	↑		▽
Solda MIG nas 4 vigas	C	20		●	↑		▽
Pintura anti-corrosiva	K	45		●	↑		▽
Corte das cantoneiras	B	10		●	↑		▽
Solda MIG das cantoneiras respeitando nivelamento	C	20		●	↑		▽
Conferência visual do quadro estrutural	F	5		○	↑		▽
Conferência métrica do quadro estrutural	F	5		○	↑		▽
Quadro Estrutural finalizado fica armazenado em Local apropriado	A, B, C, F, K	235		○	↑		▽
				operação	transporte	inspeção	espera
							armazen

Figura 38: Mapa de Processos da Superestrutura  
 Fonte: O Autor, 2015

Por ser a etapa mais “bruta” com utilização de equipamentos pesados, que demandam funcionários sindicalizados e equipamentos, existe a opção de terceirização da Superestrutura por uma metalúrgica. Essa possibilidade não foi considerada nesse trabalho.

#### 4.3.2 PAREDES

O segundo processo de montagem é, totalmente independente do primeiro compõe às paredes verticais (externas,internas e acabamentos). Por se tratar de um processo com diversas etapas e materiais construtivos, precisamos de mais profissionais e mais tempo.

Os dados de entrada do processo são: perfis metálicos leves, chapas OSB, gesso acartonado, lãs acústicas e placas cimentícias.

Os dados de saída são: paredes internas e externas na forma de painéis.

Foi considerada uma equipe de 6 funcionários (A, B, D, E, F, G), divididos em:

- A: Mestre de Produção
- B: Montador responsável pelo corte
- D: Corte fino (estilete) e multi-funcional
- E: Gesseiro
- F: Responsável pelo Estoque e alocação dos produtos na LP
- G: Montador

Os tempos refletem a produção das 4 paredes que compõe um módulo de quase 10m<sup>2</sup> (3,20m x 3,20m x 2,60m). Considerando em média 2 paredes externas e 2 paredes internas, o peso total das paredes de 1 módulo é de 500kg.

O tempo máximo de produção é de 745 minutos ou 12,4 horas se os processos fossem todos dependentes. Usando a mesma metodologia do item anterior para definição do tempo máximo:

- Operador E = 260 minutos totais x 1,5 (coeficiente) = 390 minutos

Aproximando o valor, chega-se ao máximo de 390 minutos (6,5 horas) para a produção de todas as Paredes de 1 módulo.

DESCRIÇÃO DAS ATIVIDADES	Operador	Tempo (min)	Dist	SIMBOLO			
Separação das Guias e Montantes	F	10		○	↑	□	▽
Corte das Guias e Montantes	B	60		●	↑	□	▽
União das Guias e Montantes	G	60		●	↑	□	▽
Fixação com Parafuso Auto atarrachante	G	30		●	↑	□	▽
Montagem do Painel	F	20		●	↑	□	▽
Conferência do Painel	A	5		○	↑	□	▽
Separação das Placas OSB	F	5		○	↑	□	▽
Corte da OSB com serra para madeira	B	60		●	↑	□	▽
Conferência da visual da placa OSB no painel	A	5		○	↑	□	▽
Fixação com Parafuso Auto brocante	G	30		●	↑	□	▽
Separação da Membrana Hidrofugante	F	10		○	↑	□	▽
Corte da Membrana com Estilete	D	30		●	↑	□	▽
Fixação da membrana no OSB com grampos de pressão	G	20		●	↑	□	▽
Separação da Placa Cimentícia	F	10		○	↑	□	▽
Recorte da Placa Cimentícia com Estilete	D	45		●	↑	□	▽
Fixação da Placa Cimentícia com Parafuso Auto brocante	G	30		●	↑	□	▽
Conferência visual do painel	A	5		○	↑	□	▽
Aplicação da Tela para Rejunte nas Juntas da Placa Cimentícia	E	60		●	↑	□	▽
Aplicação da Massa para Rejunte nas Juntas da Placa Cimentícia	E	60		●	↑	□	▽
Deixar painel próximo a linha de montagem para secar a Massa de R	F			○	↑	□	▽
Separar a lã de vidro ou pet	F	10		○	↑	□	▽
Posicionar o painel de lã nos vãos entre os montantes (internamente)	E	25		●	↑	□	▽
Separar a placa de gesso acartonado	E	10		○	↑	□	▽
Recorte da Placa de Gesso com Estilete	E	45		●	↑	□	▽
Posicionamento e fixação com parafusos auto atarrachantes da placa nos montantes	G	30		●	↑	□	▽
Conferência do Painel	A	10		○	↑	□	▽
Colocação da Fita para Rejunte nas Juntas das placas	E	30		●	↑	□	▽
Aplicação da Massa para Rejunte nas Juntas das placas	E	30		●	↑	□	▽
Armazenar Painel no Estoque Adequado	F			○	↑	□	▽
	A,B,D,E,F,G	745		○	↑	□	▽
				○	↑	□	armazen

Figura 39: Mapa de Processos das Paredes

Fonte: O Autor, 2015.

#### 4.3.3 PISO/PAVIMENTAÇÕES

Na sequência de montagem são feitos os pisos ou pavimentações.

Os dados de entrada do processo são: perfis metálicos leves, chapas painel Wall, gesso acartonado, e acabamentos para piso (cerâmico ou madeira).

Os dados de saída são: pavimentações na forma de painéis.

Foi considerada uma equipe de 5 funcionários (A, B, C, F, G), divididos em:

- A: Mestre de Produção
- B: Montador responsável pelo corte
- C: Pedreiro/Azulejista
- F: Responsável pelo Estoque e alocação dos produtos na LP
- G: Montador

Os tempos refletem a produção de um piso de um módulo de quase 10m<sup>2</sup> (3,20m x 3,20m x 2,60m), com peso médio de 200kg.

O tempo máximo de produção é de 425 minutos ou 7,1 horas se os processos fossem todos dependentes. Usando a mesma metodologia do item anterior para definição do tempo máximo:

- Operador C = 130 minutos totais x 1,5 (coeficiente) = 195 minutos

Aproximando o valor, chega-se ao máximo de 200 minutos (3,3 horas) para a produção das Pavimentações de 1 módulo.

DESCRIÇÃO DAS ATIVIDADES	Operador	Tempo (min)	Dist	SIMBOLO			
Separação das Guias e Montantes	F	10		○	↑	⤵	▽
Corte das Guias e Montantes	B	60		●	↑	⤵	▽
União das Guias e Montantes	G	60		●	↑	⤵	▽
Fixação com Parafuso Auto atarrachante	G	30		●	↑	⤵	▽
Montagem do Painel do Piso	F	20		●	↑	⤵	▽
Conferência do Painel do Piso	A	5		○	↑	⤵	▽
Produto semi-acabado (estrutura do piso)	A			○	↑	⤵	▶
Separação do Painel Wall	F	10		○	↑	⤵	▽
Recorte do painel wall com maquina	B	60		●	↑	⤵	▽
Fixação do Painel Wall na estrutura com parafuso auto brocante	G	30		●	↑	⤵	▽
Deixar painel próximo a linha de montagem antes do acabamento	F			○	↑	⤵	▶
Separação do Piso Cerâmico (porcelanato ou azulejo)	F	10		○	↑	⤵	▽
Aplicação da Argamassa Colante e esscarificação	C	30		●	↑	⤵	▽
Posicionamento e fixação do piso	C	20		●	↑	⤵	▽
Deixar o piso próximo a linha de produção para secar a argamassa				○	↑	⤵	▶
Nivelamento do piso com manta de polipropileno	C	15		●	↑	⤵	▽
Aplicação da Cola de piso para madeira	C	20		●	↑	⤵	▽
Aplicação do piso de madeira	C	45		●	↑	⤵	▽
Armazenar Piso no Estoque Adequado	F			○	↑	⤵	▶
	A,B,C,F,G	425		operação	transporte	inspeção	espera armazen

Figura 40: Mapa de Processos da Pavimentação

Fonte: O Autor, 2015.

#### 4.3.4 COBERTURAS

Com a Superestrutura, painéis verticais e horizontais prontos, chega a etapa de Cobertura. Sua estrutura usa os princípios do LSF e de telhas modulares como metálicas ou de fibrocimento.

Os dados de entrada do processo são: perfis metálicos leves, gesso acartonado, e as telhas.

Os dados de saída são: estrutura e coberturas na forma de painéis.

Foi considerada uma equipe de 5 funcionários (A, B, E, F, G, H), divididos em:

- A: Mestre de Produção
- B: Montador responsável pelo corte
- E: Gesseiro
- F: Responsável pelo Estoque e alocação dos produtos na LP
- G: Montador
- H: Pedreiro responsável pela cobertura e auxílio nas outras funções.

Os tempos refletem a produção de uma cobertura (metálica) de um módulo de quase 10m<sup>2</sup> (3,20m x 3,20m x 2,60m), com peso médio de 170kg.

O tempo máximo de produção é de 415 minutos ou 6,9 horas se os processos fossem todos dependentes. Usando a mesma metodologia do item anterior para definição do tempo máximo:

- Operador E = 115 minutos totais x 1,5 (coeficiente) = 173 minutos

Aproximando o valor, chega-se ao máximo de 180 minutos (3 horas) para a produção da Cobertura de 1 módulo.

DESCRIÇÃO DAS ATIVIDADES	Operador	Tempo (min)	Dist	SIMBOLO			
Separação das Guias e Montantes	F	10		○	↑	⤴	▽
Corte das Guias e Montantes	B	60		●	↑	⤴	▽
União das Guias e Montantes	G	60		●	↑	⤴	▽
Fixação com Parafuso Auto atarrachante	G	30		●	↑	⤴	▽
Montagem do Painel do Forro	F	20		●	↑	⤴	▽
Conferência do Painel do Piso	A	10		○	↑	⤴	▽
Produto semi-acabado (estrutura do forro)	A			○	↑	⤴	▶
Separação das Telhas Metálicas	H	10		○	↑	⤴	▽
Posicionamento das telhas metálicas nos vãos dos módulos	H	30		○	↑	⤴	▽
Fixação das Telhas Metálicas na estrutura com parafuso auto atarrachante	F	30		●	↑	⤴	▽
Separar a placa de gesso acartonado	E	10		○	↑	⤴	▽
Recorte da Placa de Gesso com Estilete	E	45		●	↑	⤴	▽
Posicionamento e fixação com parafusos auto atarrachantes da placa nos montantes	G	30		●	↑	⤴	▽
Conferência do Painel	A	10		○	↑	⤴	▽
Colocação da Fita para Rejunte nas Juntas das placas	E	30		●	↑	⤴	▽
Aplicação da Massa para Rejunte nas Juntas das placas	E	30		●	↑	⤴	▽
Armazenar Piso no Estoque Adequado	A,B,E,F,G,H	415		○	↑	⤴	▶
				operação	transporte	inspeção	armazen

Figura 41: Mapa de Processos da Cobertura

Fonte: O Autor, 2015.

#### 4.3.5 HIDRÁULICA

Apesar das instalações hidráulicas serem embutidas nas paredes, sua ligação é feita somente no canteiro de obras. Por esse motivo tempo e equipes são reduzidos.

Os dados de entrada do processo são: tubos, conexões e acessórios do PEX.

Os dados de saída são: estrutura embutida nos painéis de parede.

Foi considerada uma equipe de 5 funcionários (F, H, J), divididos em:

- F: Responsável pelo Estoque e alocação dos produtos na LP
- H: Montador responsável pelo recorte dos tubos
- J: Encanador responsável

Os tempos refletem a produção dos kits hidráulicos para um módulo de quase 10m<sup>2</sup> (3,20m x 3,20m x 2,60m).

O tempo máximo de produção é de 235 minutos ou 3,9 horas se os processos fossem todos dependentes. Usando a mesma metodologia do item anterior para definição do tempo máximo:

- Operador J = 190 minutos totais x 1,5 (coeficiente) = 285 minutos

Aproximando o valor, chega-se ao máximo de 290 minutos (4,5 horas) para a instalação hidráulica de 1 módulo. Como não são todos os módulos que contém esses tipos de instalação, esse tempo tende a ser dividido na edificação quando pronta.

DESCRIÇÃO DAS ATIVIDADES	Operador	Tempo (min)	Dist	SIMBOLO			
Separação dos Tubos PEX, conexões e acessórios	F	15		○	↑	⤵	▽
Recorte dos Tubos com tesoura apropriada	H	30		●	↑	⤵	▽
Alargamento das Extremidades do Tubo com chanfrador	J	5		●	↑	⤵	▽
Colocação do Anel Fixador	J	10		●	↑	⤵	▽
Utilização do alicate para fixação do Anel Fixador	J	10		●	↑	⤵	▽
Ligação das Conexões e Misturadores	J	30		●	↑	⤵	▽
Produto semi-acabado (Kits Hidrossanitários)	J			○	↑	⤵	▶
Previsão dos Ramais e Sub-Ramais conforme projeto	J	20		○	↑	⤵	▽
Recorte dos Tubos	J	30		●	↑	⤵	▽
Colocação e fixação do Anel	J	20		●	↑	⤵	▽
Esperas para conexões	J	20		○	↑	⤵	▽
Fixação dos Kits e Tubulações entre os perfis de LSF	J	45		○	↑	⤵	▶
	F, H, J	235		operação	transporte	inspeção	armazen

Figura 42: Mapa de Processos da Hidráulica

Fonte: O Autor, 2015.

#### 4.3.6 Elétrica

Semelhante à Hidráulica, a Instalação Elétrica tem tempo menores equipes reduzidas.

Os dados de entrada do processo são: tubos, conexões e acessórios elétricos.

Os dados de saída são: estrutura embutida nos painéis de parede.

Foi considerada uma equipe de 5 funcionários (F, H, J), divididos em:

- F: Responsável pelo Estoque e alocação dos produtos na LP
- H: Montador responsável pelo recorte dos tubos
- I: Eletricista responsável

Os tempos refletem a produção dos kits elétricos para um módulo de quase 10m<sup>2</sup> (3,20m x 3,20m x 2,60m).

O tempo máximo de produção é de 215 minutos ou 3,6 horas se os processos fossem todos dependentes. Usando a mesma metodologia do item anterior para definição do tempo máximo:

- Operador I = 155 minutos totais x 1,5 (coeficiente) = 232 minutos

Aproximando o valor, chega-se ao máximo de 235 minutos (3,9 horas) para a instalação hidráulica de 1 módulo.

DESCRIÇÃO DAS ATIVIDADES	Operador	Tempo (min)	Dist	SIMBOLO			
Separação dos materiais e acessórios elétricos	F	15		○	↑	⤵	▽
Posicionamento e fixação com parafuso das caixas de energia	G	15		●	↑	⤵	▽
Posicionamento e fixação com parafuso das caixas de passagem	G	30		●	↑	⤵	▽
Recorte dos eletrodutos flexíveis	I	10		●	↑	⤵	▽
Posicionamento e encaixe dos eletrodutos nas caixas de passagem	I	15		●	↑	⤵	▽
Posicionamento e encaixe dos eletrodutos nas caixas de energia	I	15		●	↑	⤵	▽
Posicionamento e fixação do Quadro de Distribuição	I	15		●	↑	⤵	▽
Recorte dos eletrodutos flexíveis	I	15		●	↑	⤵	▽
Posicionamento e ligação dos eletrodutos do QD às caixas	I	30		●	↑	⤵	▽
Passagem dos condutores com guias de arame	I	45		●	↑	⤵	▽
Esperas para circuitos terminais	I	10		○	↑	⤵	▶
	F,G,I	215		operação	transporte	inspeção	armazen

Figura 43: Mapa de Processos da Elétrica

Fonte: O Autor, 2015..

#### 4.4 LAYOUT ESQUEMÁTICO

Foi desenvolvido como resultado adicional a trabalho um arranjo físico esquemático para a indústria de construção civil em questão. O arranjo está em escala (aproximada) de 1:200, mostra 2 linhas de produção alocadas dentro de um mesmo barracão com o estoque compartilhado.

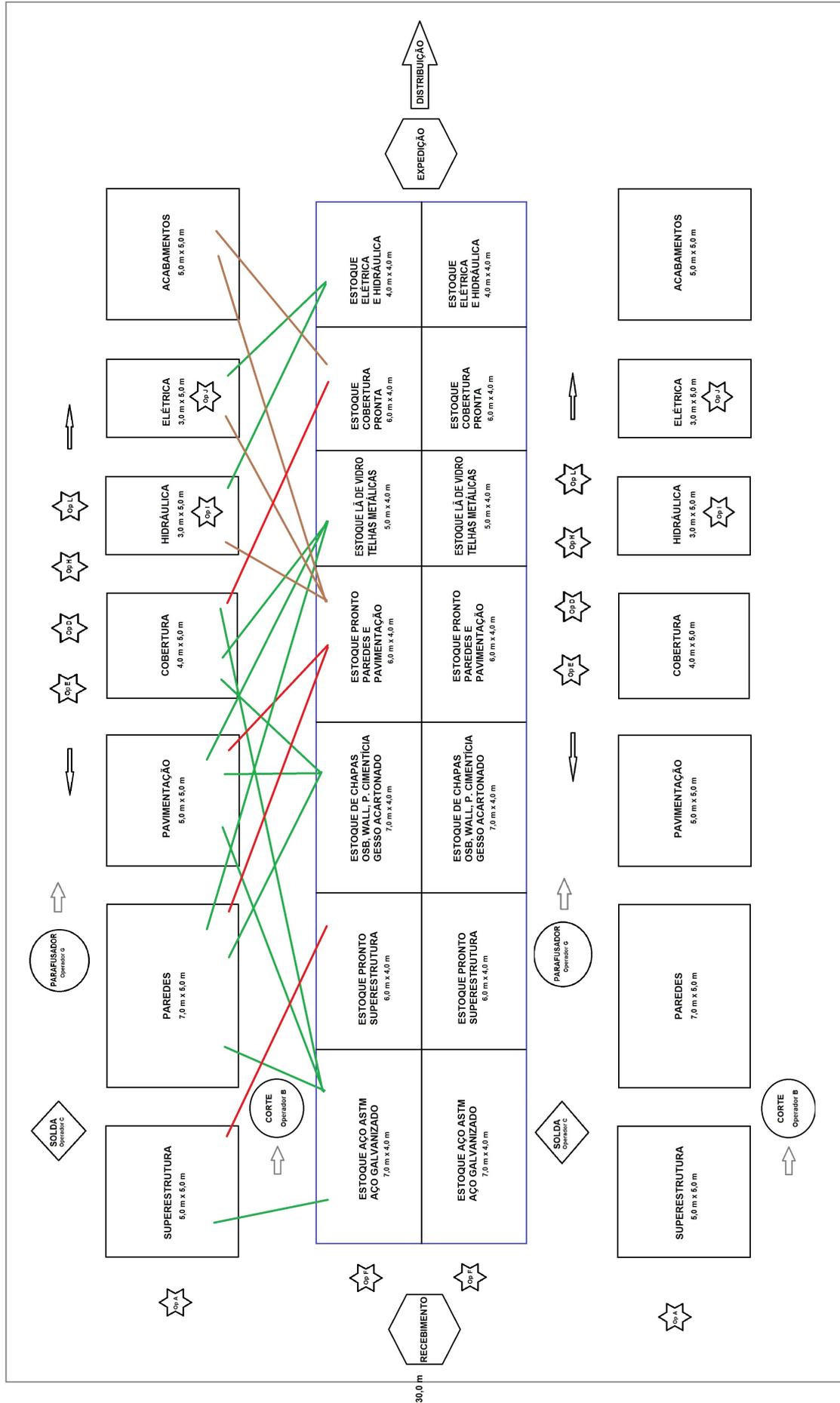
Cada linha de produção é dividida em 7 operações com base nos Fluxogramas e Mapas de Processos descritos anteriormente e estabelecem uma capacidade produtiva média de 440 m<sup>2</sup>/mês. A planta indústria no caso teria 50,00m de comprimento por 30,00m de largura e pé direito mínimo de 6m e é flexível e expansível, podendo ser duplicada em um barracão ao lado e ter uma produção aumentada.

As atividades de Corte e Fixação (Montador) são de responsabilidade de um único operador e executada de maneira móvel, os operadores C, E, D, H, L, A, F realizam mais de uma atividade e circulam pelas estações de trabalho conforme necessidade e atividade executada.

As linhas definem a seguinte legenda:

- Verde: Estoque de Matéria Prima VAI para Estação de Trabalho
- Vermelho: Estoque Acabado (semi) VOLTA para o Estoque
- Marrom: Estoque Acabado (semi) VAI para a Estação de Trabalho

O resultado apresentado na Figura 44 mostra máquinas e processos semelhantes agrupados, com atividades repetidas se movimentando ao longo da linha de produção. Os estoques estão centralizados e separam matéria prima de produto acabado, facilitando a movimentação, alocação. Apesar de respeitar a lógica linear os processos não tem necessariamente uma entrada e uma saída e, muitas vezes são independentes.



## 5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

### 5.1 CONCLUSÕES

Com o objetivo de estudar e mapear os processos de uma Indústria de Sistemas Construtivos Modulares com estrutura híbrida usando steel-frame (SF) e light steel-framing (LSF), têm-se como principais conclusões:

A estrutura metálica contribui para a implementação e a difusão do conceito de pré-fabricação na construção civil pelo mundo. Por ser um material industrializado, o seu manejo influenciou a mudança de todo o processo construtivo (BANDEIRA, 2008). Por trabalhar com estrutura híbrida e metálica, e os fechamentos com chapas e materiais industrializados, é possível montar dentro da fábrica as paredes, lajes, coberturas, estrutura e acabamentos com controle industrial, daí o nome: Construção Industrializada.

Por se tratar de uma indústria diferenciada e com tecnologia própria, as etapas de montagem descritas nos Mapas de Processos podem ser modificadas com o tempo com base na produtividade e adaptação dos montadores. Com um maior investimento os equipamentos utilizados também poderiam ser incrementados, o que adicionaria mais automação às Linhas de Montagem e conseqüente redução de funcionários, aumento de produtividade e menores tempo.

Os valores médios de produção mensal, equipes e tempos foram definidos como parâmetro com base na construção dos protótipos da tecnologia. Essas diretrizes só seriam confirmadas após início oficial da operação.

Olhando para os Mapas de Processos, podemos concluir que a etapa mais demorada ou o gargalo operacional foi a montagem das Paredes, seguidos por Elétrica, Hidráulica, Piso, Cobertura e Superestrutura. Podemos atribuir como responsabilidade os diversos materiais utilizados nessa etapa e o número de funcionários atribuído (que também foi o maior). O peso (massa em kg) não teve tanta influência na determinação dos tempos, afinal a etapa com maior massa foi a Superestrutura, que apareceu como menor tempo de produção com base na metodologia do funcionário mais lento multiplicado por 1,5.

Ao verificar as descrições das etapas e seus símbolos, percebe-se que é preciso diminuir as esperas e acelerar as conferências nas etapas de

Superestrutura, Hidráulica e Elétrica. Esperas significam operadores parados e Conferências também.

Olhando para o layout esquemático, resultado adicional do trabalho, concluiu-se que o mesmo respeita os conceitos de Sistematização de Arranjos Físicos proposto por Olivério (1985) e, pode ser utilizado como premissa para o Projeto de Arranjo Físico.

## 5.2 SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

O presente trabalho possui limitações as quais poderão ser aperfeiçoadas em próximos estudos. A partir do conhecimento adquirido durante o desenvolvimento do trabalho, surgiram algumas sugestões a serem aproveitadas em trabalhos futuros:

- Desenvolver por completo o Planejamento por SLP (Planejamento do Layout Sistemático).
- Propor o arranjo físico ideal para a indústria em questão.
- Aprofundar produtividade, tempos e métodos do presente trabalho.

## REFERÊNCIAS

ANDERSEN, B. **Business process improvement toolbox**. Milwaukee, Wisc., ASQ, 1999.

AMARAL, T. G. **Elaboração e aplicação de um programa de treinamento para trabalhadores da indústria da construção civil**. Dissertação de Mestrado, Universidade Federal de Santa Catarina, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Florianópolis, 1999.

ALTER, S. **Information system: a management perspective**. Addison Wesley Longman, 3a ed., 1999.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 5706**: Coordenação Modular da construção: procedimento. Rio de Janeiro, 1977.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15253**: Perfis de aço formados a frio, com revestimento metálico, para painéis reticulados em edificações: procedimento. Rio de Janeiro, 2005.

BANDEIRA, Adriana Almeida de Castro, Análise do uso de estruturas de aço em edificações habitacionais de interesse social, Monografia para Especialista em Construção Civil, Universidade Federal de Minas Gerais – UFMG, Belo Horizonte, 2008.

BARNES, R. M. **Estudo de movimentos e de tempos**. São Paulo: Edgard Blücher, 6a ed., 1982.

BREGATTO, P. R. (2005). **Coordenação modular: breve história e aspectos importantes**. Editora ULBRA (Eds.). 2005.

BREGATTO, P. R. (2008). **Coordenação modular - Parte I, II e III**. Janeiro, 2011, Disponível em: <http://bregatto.blogspot.com> . Acesso em 20 de março de 2014.

BOOCH, G.; RUMBAUGH, J. & JACOBSON, I. **UML – Guia do Usuário**. Editora Campus, 2000.

CAMPOS, Renata Alves Campos. **Importância para as organizações. UFRRJ.** Rio de Janeiro RJ, 2012. Disponível em: [www.ufrrj.br/codep/materialcursos/projetomapeamento/MapeamentoProcesso.s.pdf](http://www.ufrrj.br/codep/materialcursos/projetomapeamento/MapeamentoProcesso.s.pdf) . Acesso em 18 de Março de 2014.

CAIXA ECONÔMICA FEDERAL - CEF. **Boas práticas para habitação mais sustentável** / coordenadores Vanderley Moacyr John, Racine Tadeu Araújo Prado. São Paulo : Páginas & Letras, 2010.

CHEMILLER, P. (Ed.). (1980). **Industrializacion de la Construccion.** Barcelona: Editores Técnicos Asociados. 1980

CICHINELL, G. **Parede ou vedação.** Revista Técnica, São Paulo: Pini, ano 15, n. 128, p. 52- 57, nov. 2007.

<http://www.cimentoitambe.com.br/construcao-industrializada-quando-usar-2/>

CORRÊA, H. L.; CORRÊA, C. A., **Administração da produção e operações: manufatura e serviços – uma abordagem estratégica**, 2. ed., São Paulo: Atlas, 2006.

CORRÊA (2013). Prof<sup>a</sup>. Maria de Fátima Bianco. **Apostila da Disciplina: projeto de Fábrica e Layout.** Faculdade Machado Sobrinho. Cruzeiro do Sul. MG. 2013

CRASTO, Renata Cristina Moraes. **Arquitetura e Tecnologia em Sistemas Construtivos Industrializados: Light Steel Framing.** Monografia para Pós-Graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal de Ouro Preto – 2005.

CUPERUS, Y. **An introduction to open building.** International Group for Lean Construction Annual Conference, 9a, Singapura, 6-8 agosto 2001. Proceedings... Singapura, 2001. pp.261- 270. 2001

GREVEN, Hélio Adão.. **Introdução à Coordenação Modular da Construção no Brasil**. Coleção HABITARE/FINEP. Porto Alegre. 2007

DAVENPORT, T. H. **Reengenharia de processos**, Rio de Janeiro: Campus, 1994.

DIAS, L. A. de M. Estruturas de aço: conceitos, técnicas e linguagem. São Paulo: Zigurate Editora, 7ª edição, 2009.

ELBERTAGI, E.; HEGAZY, T. M. **Genetic Optimization of Site Layout Planning**. **AACE International Transactions**, p. IT51. 1999.

ESPÍNDOLA, Luciana da Rosa. **COORDENAÇÃO MODULAR EM SISTEMAS LEVES DE MADEIRA E SISTEMAS MISTOS** Mestranda do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil – Universidade Federal de Santa Catarina. 2010

SAUD FILHO, I. C. **A Coordenação modular como uma ferramenta no processo projetual**. Tese de Mestrado, Universidade Luterana do Brasil Rio Grande do Sul, Brasil. 2007

GAFFEY, D.; GAMY, R.; HARVEY, C.; ROTHMAN, J., e SNYDER, S. **Reconstruction Symposium: Modular Building Systems Association**. 2006

GREVEN, H., e BALDAUF, A. (2007). **Introdução à coordenação modular da construção no Brasil: uma abordagem atualizada** Coleção Habitare ed., Vol. 9. Porto Alegre, Brasil: Associação Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído - ANTAC.

GONÇALVES, J. E. L. **Processo, que processo?** RAE – Revista de Administração de Empresas, São Paulo, v.40, n.4, p.8-19, Out/Dez, 2000.

HARRINGTON, J. **Business process improvement workbook: documentation, analysis, design and management of business process improvement**. New York: McGraw-Hill, 1997

HUNT, V. D. **Process Mapping – how to reengineer your business processes**. John Wiley & Sons, Canada. 1996

MASCARÓ, L. E. R. de. **Coordinación modular? Qué es?** Summa, Buenos Aires, n. 103, p. 20-21, ago. 1976.

LOTURCO, B. Chapas cimentícias são alternativa rápida para uso interno ou externo. Revista Técnica, São Paulo: Pini, ano 11, n. 79, p. 62-66, out. 2003.

LOSSO, Marco. GESSO ACARTONADO E ISOLAMENTO ACÚSTICO: TEORIA VERSUS PRÁTICA NO BRASIL. <http://www.labcon.ufsc.br/publicacoes/3.pdf>. Acessado em 29 de setembro de 2014.

<http://michaelis.uol.com.br/> Acessado em 23 de Março de 2013.

METÁLICA. Sistemas Construtivos tipo Light Steel Framing para unidades habitacionais. [www.metalica.com.br/sistemas-construtivos-light-steel-framing-para-unidades-habitacionais](http://www.metalica.com.br/sistemas-construtivos-light-steel-framing-para-unidades-habitacionais). Revista digital semanal de Construção em aço.

MÓDENA, Luciano. [http://www.ccmeng.com.br/publicacao/Construcao\\_Industrializada.pdf](http://www.ccmeng.com.br/publicacao/Construcao_Industrializada.pdf)

MUTHER, Richard. **Planejamento do Layout: Sistema SLP**. São Paulo: Edgard Blucher, 1978.

PATINA, Sérgio Miguel de Almeida. **Construção Modular – Desenvolvimento de uma ideia: Casa Numa Caixa**. Tese de Mestrado. Universidade de Aveiro. Portugal. 2011

PROGRAMA DAS NAÇÕES UNIDAS PARA O MEIO AMBIENTE - PNUMA. **Rumo a uma economia verde: caminhos para o desenvolvimento sustentável e a erradicação da pobreza, síntese para tomadores de decisão**. PNUMA : 2011.

RAMOS, A. T. **Prefab perfection. Essential Lisboa, 20**. 2007

REGO, D. J. M. Estruturas de Edifícios em Light Steel Framing. Dissertação apresentada à Universidade Técnica de Lisboa. Lisboa – Portugal. Novembro de 2012.

RITTO, Cecília; ERTHAL, João Marcello. **A casa do futuro é verde**. Veja : 2012.

ROSSO, T. **Racionalização da construção**. São Paulo: FAUUSP, 1980.

OSTRENGA, M.R.; OZAN, T. R.; MCHATTAN, R. D. & HARWOOD, M, D. **Guia da Ernst & Young para Gestão total dos custos**. Rio de Janeiro: Record, 1993.

SANTIAGO, Alexandre Kokke. **O uso do sistema Light Steel Framing associado a outros sistemas construtivos como fechamento vertical externo não-estrutural**. Dissertação (Mestrado) – Departamento de Engenharia Civil, Universidade Federal de Ouro Preto. Ouro Preto, 2008. 153p.

SLACK, N; CHAMBERS, S; HARLAND, C; HARRISON, A & JOHNSTON, R. **Administração da Produção**. Editora Atlas, SP, 1997.

SLACK, N.; CHAMBERS, S.; JOHNSTON, R. **Administração da produção**, 2. ed. São Paulo: Atlas, 2002.

TORTORELLA, G. L.; Fogliatto, F. S. **Planejamento sistemático de layout com apoio de análise de decisão multicritério**. Produção, v. 18, n. 3, p. 609-624, 2008

SOLIMAN, F. **Optimum level of process mapping and least cost business process re-engineering**. International Journal of Operations Production Management, p.810-816, 1999.

YANG, T.; SU, C.; HSU, Y. **Systematic Layout Planning: a study on semiconductor wafer fabrication facilities**. International Journal of Operations Production Management, v. 20, p. 1359-1371, 2000.

<http://veja.abril.com.br/noticia/ciencia/a-casa-do-futuro> .

Acessado em 20 de Abril de 2012.

ZATT, Gustavo. Fechamento de paredes de vedação: sistema Light Steel Frame utilizando placas cimentícias. UFRG, 2010.