

1

PCC5975 – Inovação Tecnológica e Industrialização na Construção Civil
Prof. Fabiano Corrêa

Industrialização na Construção Civil

1

2

Conteúdo da aula

- Indústria da manufatura e as revoluções industriais;
- Construção modular;
- Japão: Um estudo de caso;
- Inovação: *Plugin houses* (Prof. Masa Noguchi)
- Automação e Robótica na Construção;

2

3

Produtividade

The graph plots Yen man-hours on the y-axis (ranging from 2,000 to 5,000) against years on the x-axis (1990 to 2010). Three data series are shown: Manufacturing Industry (black line with squares), Industry as a whole (grey line with circles), and Construction Industry (orange line with triangles). Key data points are marked: 3,714 (1991), 3,551 (1992), 3,449 (1993), 2,817 (2009), and 5,023 (2010).

Year	Manufacturing Industry	Industry as a whole	Construction Industry
1991	3,714		
1992	3,551		
1993	3,449		
2009			2,817
2010			

3

4

Consumo de matéria-prima

The graph plots consumption in millions of tons on the y-axis (0 to 3,500) against years on the x-axis (1900 to 1995). Five data series are shown: Construction Materials (orange), Industrial Materials (grey), Metals (black), Non-renewable Organic (light blue), and Agricultural & Forestry Products (dark blue). Historical events are marked with vertical arrows: WW I (1914-1918), Great Depression (1929-1939), WW II (1939-1945), Oil Crisis (1973-1974), and Recession (1980-1982).

4

5

Are construction sites and manufacturing facilities the same? (2002)

- Enfatiza a produção de produtos x gerenciar o processo;
- Diversos centros de custo x um centro de custo;
- Altamente integrada e concorrente, trabalhos variados a cada dia x sequencial, essencialmente constante;
- Entrada (horas de trabalho)/ unidades de saída (quantidades) x equacionado pela produção;
- Mudanças no ambiente ao longo do dia x ambiente de trabalho controlado;

5

6

Are construction sites and manufacturing facilities the same? (2002)

- instável (intempéries, erros de projeto, quebra de equipamento, falta de material) x estável;
- Muito diversa (considerar ao montar as equipes de trabalho e atribuir tarefas) x mínima diversidade;
- Necessidade de recursos:
 - Materiais: entregue no canteiro diariamente x agendamento de entregas apertado;
 - Equipamentos: múltiplos propósitos, várias equipes x estacionário, uma equipe;
 - Informação: pranchas, desenhos e especificações x detalhamento do pedido;
 - Mão de obra: força de trabalho cresce gradualmente e há um pico entre 50-70% do término x estável;

6

8

Empire State – “Mass Construction” (1929-1930)

- Adoção de gerenciamento científico com controles monitorados (Taylorismo);
- Alto volume na produção de componentes padronizadas com alta taxa de produção;
- Processos decompostos em pequenos fragmentos;
- Mecanização de tarefas padronizadas com alto volume;
- Criação de uma linha de montagem móvel e ininterrupta;

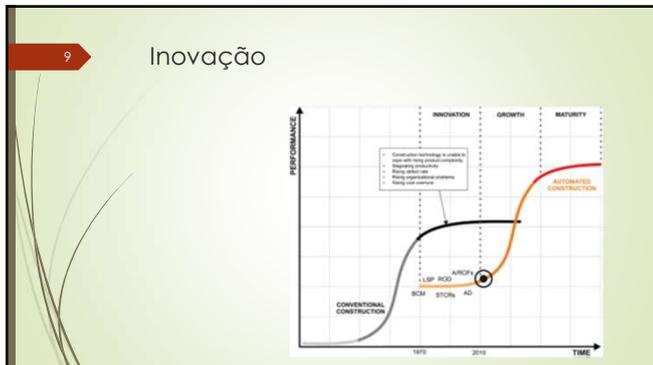
7

8

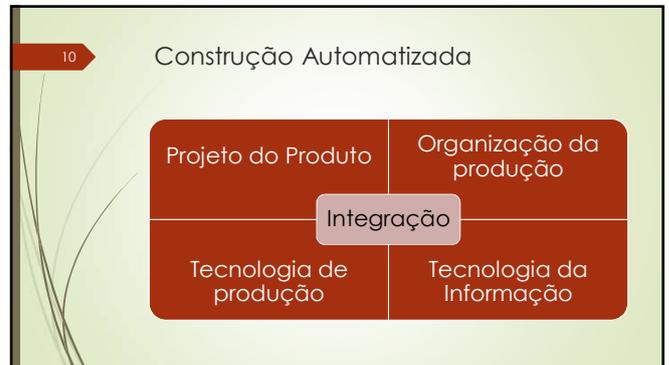
Definição de Sistemas Construtivos (Sabbatini - 1989)

- Processo construtivo de:
 - Elevados níveis de industrialização (**tecnologia de produção**) e de organização (**organização de produção**);
 - Constituído por um conjunto de elementos e componentes inter-relacionados completamente integrados pelo processo (**Design**);

8



9



10

- 11 Projeto do produto: Modularização
- Desde o início do século XX, arquitetos como Le Corbusier, Walter Gropius, Bemis e Buckminster Fuller acreditavam na ideia de mecanização e industrialização da Construção: padronização, pré-fabricação e sistemas construtivos;
 - Organizar o produto em partes a serem montadas;
 - Projeto de interfaces e conexões;
 - Base para a personalização;
 - Módulo principal que percorre a linha de montagem, recebendo componentes (Frame & Infill);

11



12

13

Tecnologia da informação

- CIC: Computer Integrated Construction x CIM: Computer Integrated Manufacturing;
- Bastante dependente do sistema CAD 3D:
 - projeto do produto;
 - planejamento da produção;
 - monitoramento em tempo real do processo de construção;
 - controle do equipamento de transporte na fase de execução;
 - sistema de comunicação para gerenciamento do canteiro conectado à internet;

13

14

From the American System to Mass Production, 1800-1932

- Busca por intercâmbio de peças e mecanização;
- Uso de padrão, fixação e gabaritos;
- Sistema de produção em massa, com Henry Ford, em 1913 (linha de montagem);

14

15

Desenvolvimento da indústrias de manufatura

- 1ª Revolução industrial (~1760-1840): Mecanização da produção, Emprego de água e vapor como formas de energia para movimentar ou acionar as máquinas, Exemplo: em 1804, primeiro moinho de pólvora instalado às margens do rio Brandywine em Wilmington, Del., da DuPont.
- 2ª Revolução Industrial: Linhas de montagem, Produção em massa, Uso da energia elétrica;
- 3ª Revolução Industrial (~1950-2014): Computadores e internet, Manufatura aditiva;
- 4ª Revolução Industrial (2014-...): Também chamada de Indústria 4.0, Internet das coisas, Computação em nuvem, Big Data, Sistemas cibernéticos;

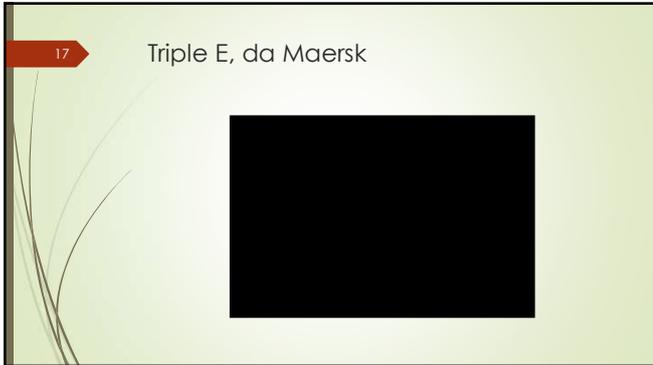
15

16

Indústria de manufatura

- Outras indústrias guardam semelhança com a indústria da construção, em termos da complexidade do produto produzida:
 - Automotiva;
 - Aviação;
 - Naval;
- Layout das fábricas;
- Equipamentos, máquinas e robôs;
- Softwares;

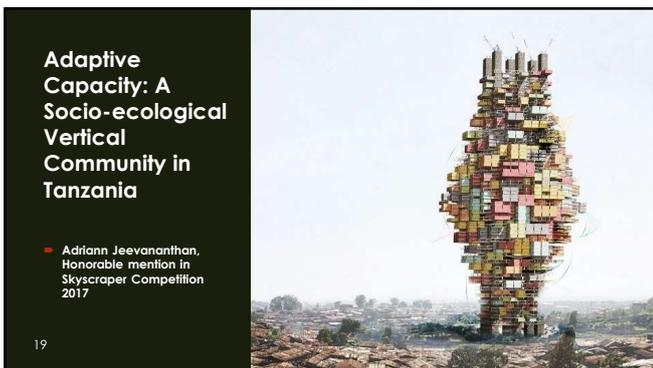
16



17



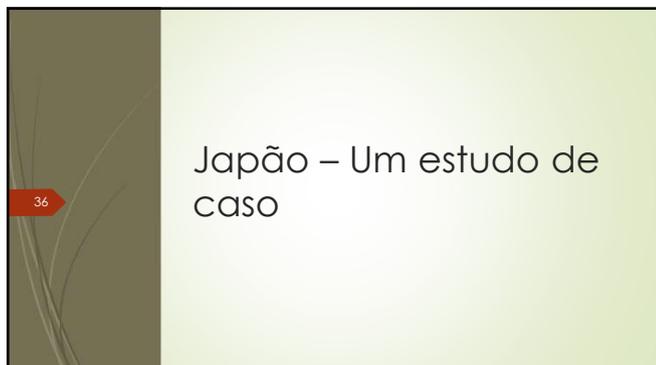
18



19



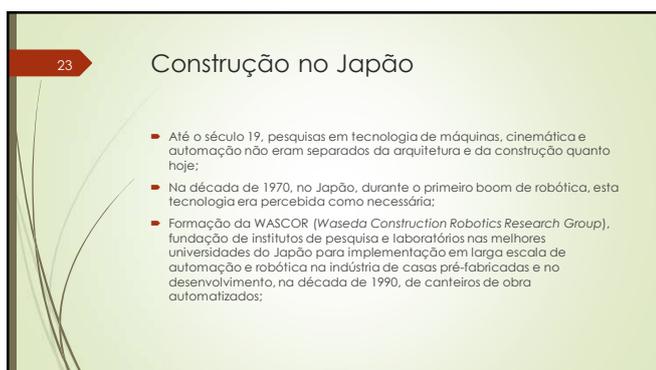
20



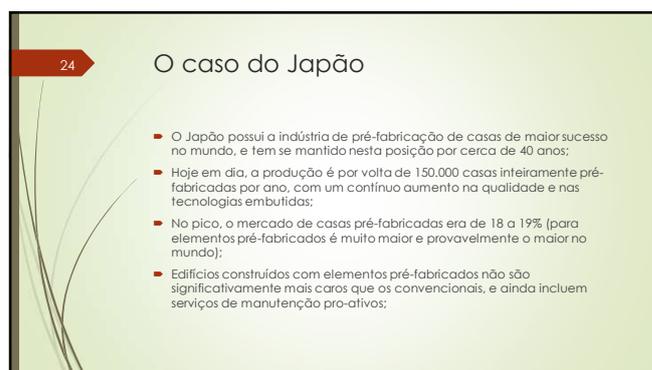
21



22



23



24

25

O caso do Japão

- Para prover esta qualidade impressionante, quase todos os fabricantes empregam máquinas automáticas ou sistemas robotizados em suas fábricas e organizam os meios de produção em torno de uma cadeia ou linha de produção;
- Os salários médios dos empregados das empresas de pré-fabricação estão entre os maiores da indústria no geral;
- A maior parte das empresas de pré-fabricação não tem uma raiz muito forte na indústria da construção – vieram de empresas multinacionais químicas, eletrônicas ou automotivas;

25

26

Construção no Japão

- Building component manufacturing (BCM);**
- Building module manufacturing;**
- Large-scale prefabrication (LSP);**
 - Reduction of task variability;
 - Amount of necessary assembly operations;
 - Organizational complexity;
 - Lead times;
 - Increases significantly the possibility to automate.

26

27

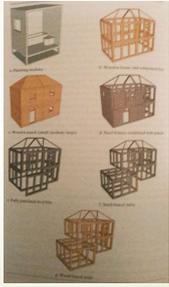
LSP (Large-Scale Pre-fabrication)

- Materiais trabalhados:
 - Avenaria e componentes cerâmicos;
 - Aço: 80% steel-based building kits;
 - Concreto: 5% concrete-based building kits;
 - Madeira: 15% wood-based building kits;

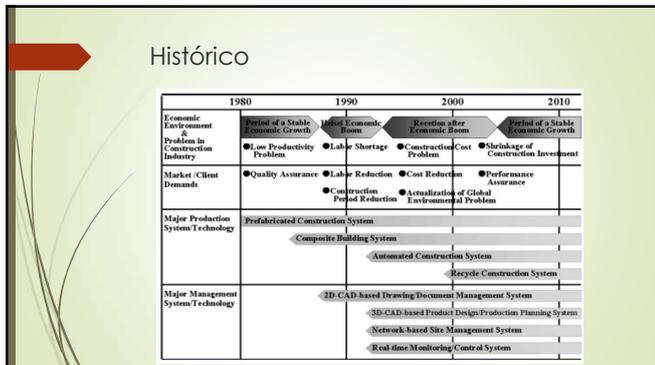
27

28

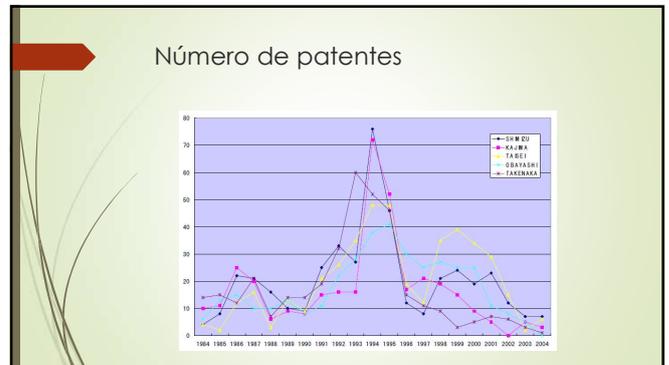
LSP (Large-Scale Pre-fabrication)



28



29



30



31

- ### Estudo de caso: Sekisui Heim
- A Sekisui Heim é uma divisão da Sekisui Chemical;
 - Produz casas pré-fabricadas desde 1970;
 - Possui 6 fábricas no Japão;
 - Produz cerca de 15.000 casas por ano;

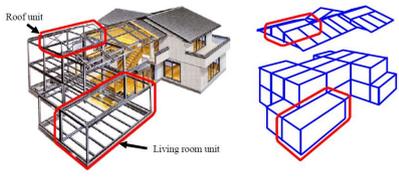
32

Casas da Sekisui Heim

- 150 m² ao custo US\$ 69.000 (US\$ 460 / m²);
- Casa pronta para ser ocupada em dois meses, da assinatura do contrato com a planta na mão;
- 80% da construção é feita fora do canteiro;
- Equipe de trabalho de 5 pessoas;
- 40 dias são alocados para trabalho no canteiro;



33



Casas da Sekisui Heim

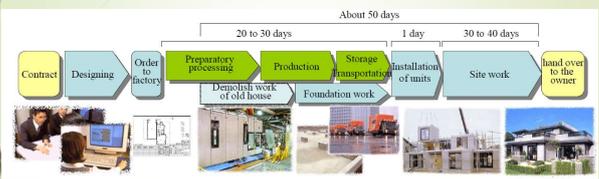
34

casas da sekisui heim

- 70 tipos de "unidades" (módulos em steel frame);
- 40 = 10 (comprimento) x 2 (largura) x 2 (altura) paralelogramos;
- Demais, 30 com geometrias diferentes: por exemplo, trapezoide;
- Casas formadas com 30.000 partes de um total de 300.000 possíveis;
- 135 unidades por dia, 1 unidade a cada 3 minutos (produção anual de 13.000 unidades) – dados de 2006!;

35

Fluxo de trabalho – Sekisui Heim



36

37

Sekisui Heim – ERP Systems

- HAPPS – Heim Automated Parts Pickup System;
- Inovação da década de 80;
- Seleciona cerca de 30.000 partes dentre 300.000 possíveis;

37

Sistema computacional

- Erros de 30% iniciais eram estabilizados em 5% antes do uso de um sistema computacional;
- Sekisui adquiriu, em 1984, uma companhia ISAC para desenvolvimento do sistema especialista (K-PROLOG):
 - ferramenta CAD inteligente (primórdios do BIM japonês);
 - sistema de layout de ambientes para ajudar nas vendas;
 - controle da produção para ajudar na fabricação das unidades;
- HAPPS (steel-frame), TAPPS (wood-frame) e MAPPS (high-rise);

38

Sistema HAPPS

- Heim Automated Part Pick-up System;
- Transformação da planta nas partes demora cerca de 1h-1h30 dependendo do tamanho da casa;
- 70% desta informação é por parte da HAPPS;
- No total, gasta-se de 5h a 6h;
- Novo programa por mês: em 2005 houve 223 erros em 13.000 casas produzidas (0,017 erros/casa);

39

explosão de partes

Item	Code
Exterior wall	Q
Roof	Y
Balcony	B
I	I

40

45

	Since	Business volume/year	Output (thousands)/year	Employees	Range of products	Price range	Factories
Sekisui House	1960	15.064	48.071	15.302	Steel/Wooden	55-85 50-80	5
Daiwa House	1955	10.987	41.004	13.592	Steel/Wooden	55-85 55-80	10
Pana Home	1963	2.467	10.753	4.264	Steel	50-80	2
Sanyo Homes	1969	361	1.010	668	Steel	55-65	1
Asahi Kasei - Hebel House	1972	4.447	16.231	5.366	Steel	70-80	2
Misawa Homes - Assembly	1967	3.724	12.353	694	Steel/Wooden	60-80 45-90	12
Mitsui	1974	2.133	5.230	2.326	Wooden	50-80	7
Tama Home	1998	1.512	9.216	2.784	Wooden	30-50	1
Muji	1989	-	-	50	Wooden	55-80	-
Sekisui Heim	1947	4.417	10.200	8.820	Steel/Wooden	60-85 60-80	6
Toyota Home	1975	1.297	4.142	3.402	Steel	45-80	3

45

46

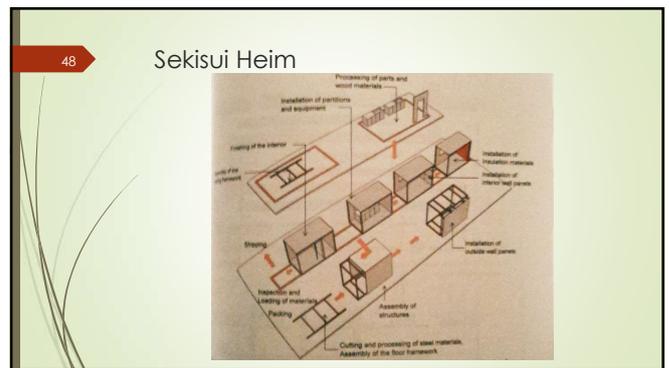
Sekisui Heim

- Casas são compostas por unidades tridimensionais feitas de aço (15 unidades para formar uma casa);
- Layout de fabricação organizada ao longo de uma linha de montagem;
- Fluxo de material ininterrupto, subfábricas e fornecedores fornecem partes, perfis, componentes e eletrodomésticos JIT ou em um pequeno buffer;
- Montagem no canteiro: cerca de 20% do trabalho contínua sendo no canteiro:
 - Posicionamento das unidades é feito por uma grua em 1 ou 2 dias;
 - 4 ou 5 trabalhadores necessários no canteiro para o posicionamento;

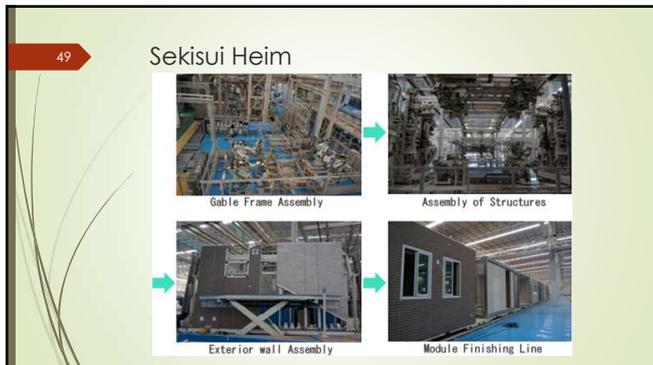
46



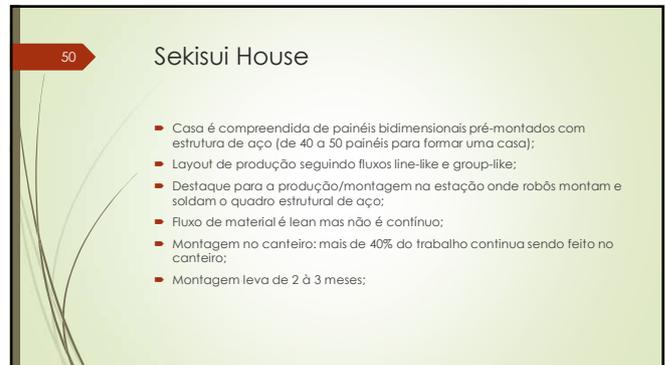
47



48



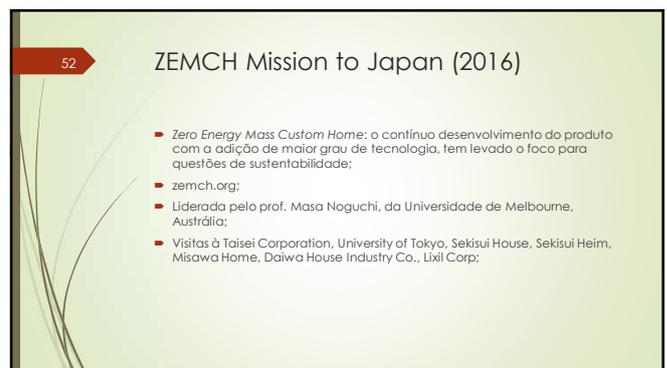
49



50

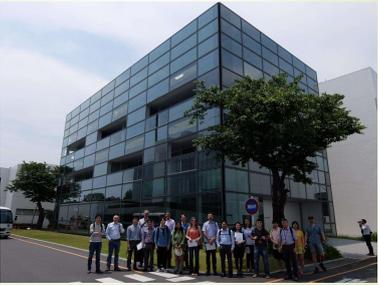


51



52

53 ZEMCH Mission to Japan (2016)



53

John Habraken – Open Building Architecture



Ideia de 54

54

Kisho Kurokawa

Movimento Metabolismo;



55

55

56 Avri Friedman – The Grow Home



56

57



Alejandro Aravena
Prêmio Pritzker 2016;

57

58

Kasita

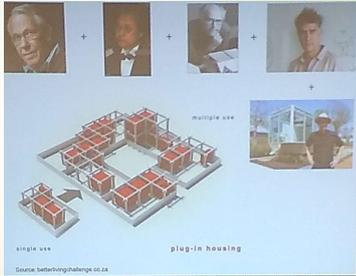


faircompanies.com

58

Plugin House by prof. Masa Noguchi

Conexões horizontais e verticais;



single use multiple use plug-in housing

Source: betterlivingchallenge.co.za

59

Robôs na Construção

- Após o sucesso do uso da robótica nas linhas de produção / montagem de casas pré-fabricadas em larga escala no Japão, passou-se a desenvolver robôs que pudessem atuar no canteiro de obra, numa tarefa específica;
- Embora a produtividade deles seja bem superior ao dos trabalhadores humanos:
 - Atrapalham os trabalhos em paralelo nas proximidades;
 - Não estão integrados e isto reduz os benefícios;
 - Mão de obra especializada;
 - Tempo de setup e transporte do robô até o local de trabalho;

60

SAM – assenta blocos



- Assenta 3.000 blocos por dia (média humana 500);
- Custo de US\$ 600.000 (ROI em três anos);
- Seis unidades disponíveis para aluguel no mercado: US\$20.000 / mês;

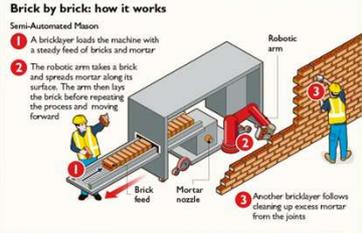
61

Funcionamento do SAM

Brick by brick: how it works

Semi-Automated Mason

- 1 A bricklayer loads the machine with a steady feed of bricks and mortar
- 2 The robotic arm takes a brick and spreads mortar along its surface. The arm then lays the brick before repeating the process and moving forward
- 3 Another bricklayer follows cleaning up excess mortar from the joints.



62

SAM

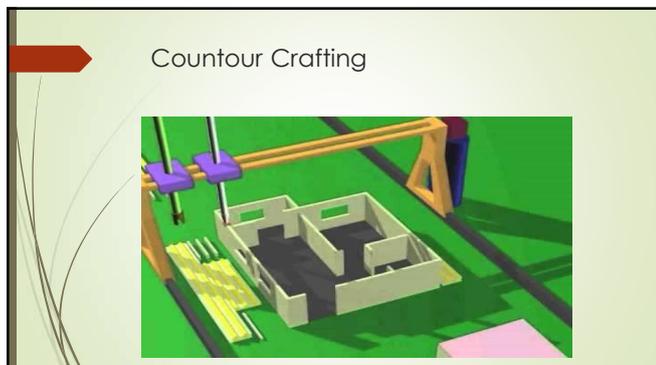


63

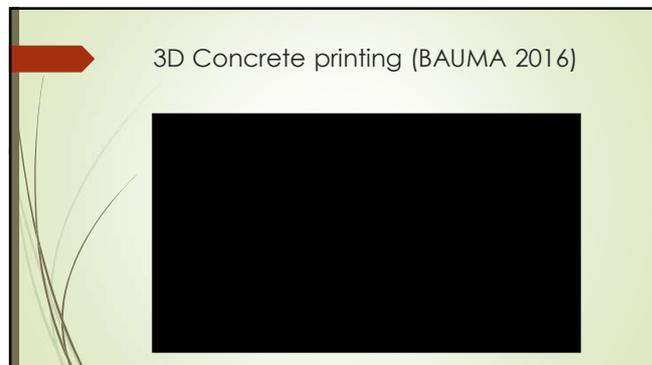
Solução do media lab do MIT



64



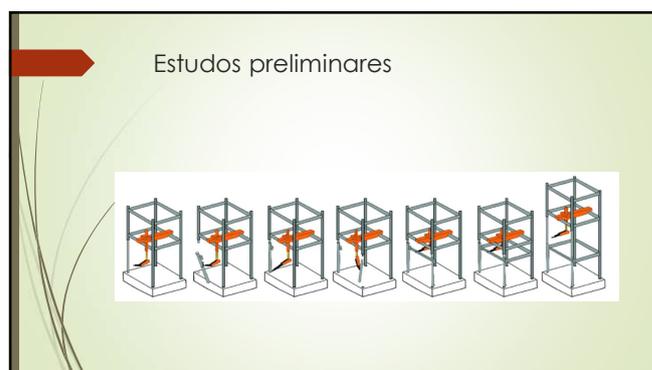
65



66



67



68

Tipos: Sky Factories

- Moving upwards – supported by building:
 - Vedam completamente o ambiente de trabalho, reduzindo até o ruído produzido na montagem / construção;
 - A fábrica se eleva apoiando na estrutura dos pavimentos recém construídos:
 - Diretamente nos pilares;
 - Em vigas (beams and girders);
 - Alguns empregam a ideia de uma Ground Factory (GF) para montar componentes de baixo nível de complexidade, e componentes com níveis de complexidade maior;
 - Outros focam em diretamente içar os componentes dos caminhões de transporte;

69

Tipos: Sky Factories

- Moving upwards – supported by building (cont.):
 - Poucos manipuladores pesados, ou muitos manipuladores pequenos e flexíveis;
 - Usam shafts para favorecer a logística do transporte vertical, ficam protegidas pelo ambiente criado pela fábrica;
 - Provê plataformas de trabalho para fora da fachada;

70

Tipos: Sky Factories

- Moving upwards on stilts – suportam a si mesmas:
 - Não ceda completamente o ambiente contra intempéries, provendo apenas um teto;
 - Mais independente da compatibilidade com a estrutura do edifício: escopo maior de aplicação (ex: Big Canopy poderia ser aplicado em 80% dos altos edifícios de concreto armado), emprega-se mais vezes o sistema;
 - Sistema simplificado, menor investimento;

71

Sky Factory



Beam Assembly System

Primary Bolt Tightening

72

Obayashi

- **ABCS (Automated Building Construction System):** elevado uso de sistematização e automação, para edifícios do tipo *steel frame*;
- **Hybrid-ABCS:** combinação de construção convencional com ABS, usado para edifícios de *steel frame*;
- **Big Canopy:** variação e recombinação das tecnologias ABCS, para edifícios de concreto armado;
- Uso desvinculado dos subsistemas do ABCS (ex: Tokyo Skytree);

73

ABCS

An aerial photograph of a modern building complex. The buildings are tall and rectangular, with a mix of glass and concrete facades. The ABCS logo is visible on one of the buildings. The surrounding area includes trees and a paved area.

74

ABCS: Características

- Desenvolvido para a construção de edifícios com estrutura de aço;
- Instalada acima dos primeiros dois ou três pavimentos;
- Move um pavimento por vez;
- Instalação leva de 3 a 6 semanas;
- Em funcionamento: 2 pavimentos por semana;
- Cobre de quatro a seis pavimentos;
- Em alguns projetos, a estrutura de aço da fábrica é integrada ao topo da edificação ao final;

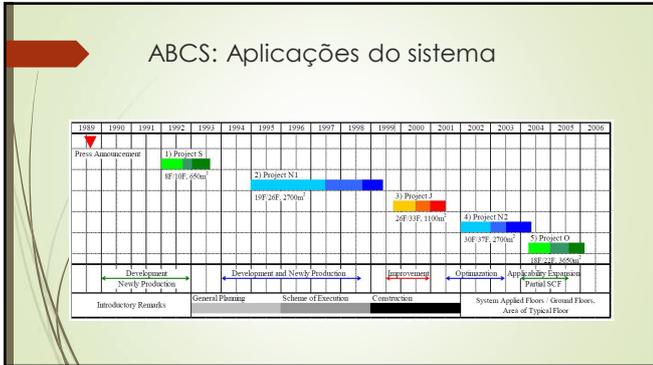
75

ABCS: Atividades

- Levanta a estrutura principal de aço;
- Instalação da fachada e fechamento do envelope;
- Acabamento do interior;

A photograph of a construction site. A large, white, rectangular structure is being lifted into place. The structure is supported by a network of steel beams. The background shows a cityscape and a clear blue sky.

76



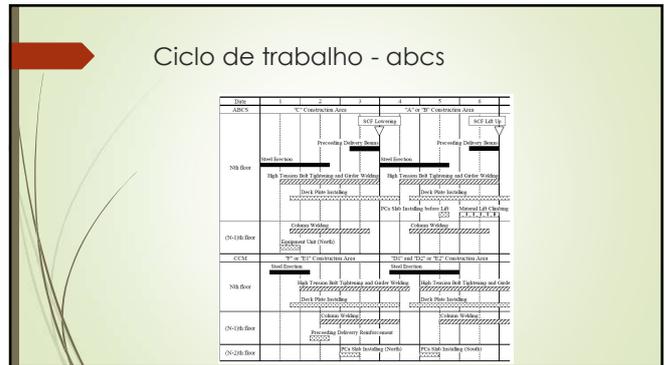
77



78



79



80

ABCS: Subsistemas

- 1) *Factory roof structure:*
 - Cobre completamente o ambiente de trabalho;
 - Cobre sistema de logística vertical;
 - Provê estrutura para a montagem do sistema de trilhos para deslocamento dos manipuladores horizontais;
 - Provê plataformas de trabalho cobertas e seguranças para trabalhos na fachada;
- 2) *Climbing Systems:*
 - Está apoiada sobre os pilares de aço já montados, e são fixados a macacos hidráulicos que suportam o peso e erguem a fábrica;
 - É necessário apenas apoiar-se em metade dos pilares existentes (um sim, outro não) – serve de referência para o alinhamento e precisão;

81

ABCS: Subsistemas

- 3) *Vertical delivery system:*
 - Na maioria dos casos, há mais de um elevador para realizar o transporte vertical (suprimento contínuo), que traz componentes para a SF *just-in-time* e *just-in-sequence*;
 - Pode ser posicionado na parte de fora da edificação ou em um shaft;
- 4) *Horizontal delivery system:*
 - 4 graus de liberdade (GL): pântico que se mover pelos trilhos, efetuator move-se perpendicularmente, rotacional e sobe / desce (alcançam qualquer ponto do ambiente de trabalho);
 - A depender da largura do edifício, pode-se instalar de um a três sistemas de trilhos;

82

abcs: subsistemas

- 5) *Facade element delivery and installation system* (opcional):
 - alivia os outros sistemas de transporte e permite a paralelização das atividades;
- 6) *Welding robot system for columns:* robô móvel que envolve o pilar e realiza a solda simultaneamente dos dois lados;
- 7) *Welding robot system for beams:* o sistema de solda consiste de dois frames, com quatro robôs soldadores, uma ponta de solda cada um;
- 8) *Mobile (horizontal/floor-by-floor operating) logistics robots:*
 - atendem aos pavimentos que já foram cobertos pela SF;
 - estão integrados ao sistema de controle e gerenciamento em tempo real e podem se comunicar com os elevadores para atingir a entrega de material JIT-JIS;

83

ABCS: Subsistemas

- 9) *Alignment and accuracy measurement systems:*
 - sistemas de sensores ópticos: visão estéreo, laser scanning 1D e 2D;
- 10) *Real-time monitoring and management system* – cria uma representação em tempo real das atividades dos equipamentos e do progresso da obra:
 - dados dos sistemas de sensores;
 - dados dos servo-motores / encoders dos manipuladores horizontais e verticais;
 - informações obtidas de câmeras que monitoram as atividades;
 - Sistema de código de barras para representar e otimizar o fluxo de material e identificação dos componentes pelos equipamentos;

84

Efetadores do sistema horizontal de movimento

- Efetadores aproveitam uma mesma arquitetura robótica, e provêm novas funcionalidades:
 - Agarrar, posicionar e ajustar pilares;
 - Entrega horizontal de múltiplas vigas ou perfis em aço;
 - Posicionamento dos elementos de viga;
 - Agarra e posiciona lajes de concreto para o piso;
 - Entrega e posicionamento do sistema de soldagem robótica para vigas;
 - Posicionamento de elementos de fachada pré-fabricados em larga escala;
 - Referências para a entrega de materiais;

85

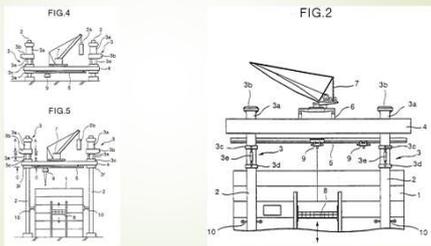
Big Canopy - Obayashi

- Edificação é modular por meio de kits de componentes de concreto;
- Pré-fabricados de concreto de média complexidade (vigas, lajes, pilares, componentes de fachada / sacada);
- Pontes rolantes funcionando na cobertura provida pelo sistema;
- Íçamento automático realiza a logística vertical;



86

Patentes – Obayashi (1995)



87

Big CanoPy - subsistemas

- 1) SF factory roof structure:
 - feito de um sistema steel frame modular ajustado para cada edificação;
 - são instalados trilhos por onde se movem os overhead manipulators (OM);
- 2) Climbing systems:
 - macacos hidráulicos nos stilts para içar a fábrica;
- 3) Vertical delivery system:
 - elevador automático;

88

Big CanoPy - subsistemas

- 4) **Horizontal delivery system:**
 - Tipo 1:** Dois manipuladores guiados por trilhos, com 5 GL (translação ao longo do comprimento e ao longo da largura, rotação, translação do elo principal para frente / trás, e subida / descida do elo final) e efetuidores multifunções;
 - Tipo 2:** Múltiplos guinchos movimentam-se horizontalmente pelo trilho e pelo sistema de pórtico hidráulico central (alta velocidade). Dois pórticos hidráulicos ao lado do central. O sistema central opera até dois guinchos, um retornando da instalação de um componentes, outro carregando um componente a ser instalado;
- 5) **Real-time monitoring & management system:**
 - feramentas de software são usadas para simular e otimizar a sequência operacional e a configuração do sistema;

89

Big Canopy: Oms

Name and Number of Device	Specification
Construction Lift	1 Loading Capacity :6t Winching up Speed :40m/min Control Type :Inverter
Hoist Exchanging Overhead Crane	Operation Type :Manual/Automatic Wireless Remote Control Control Type :Inverter
Delivery Crane	1 Maximum Traveling Speed :40m/min Suspended Capacity :7.5t
Erection Crane	2 Maximum Traveling Speed :30m/min Suspended Capacity :7.5t
Electric Hoist	3 Maximum Traversing Speed :33m/min Suspended Capacity :7.5t
Jyrosopic Suspender	3 Operation Type :Wireless Remote Control Weight:1100kg Rotating Drive:Jyrosopic Moment Inertia Moment of Load:25ton m ²

90

Big Canopy

- Os componentes são otimizados em termos de dimensão, forma e peso para adequarem-se aos OMs;
- 70% do concreto empregado está nos componentes pré-fabricados;
- O edifício foi erguido, incluindo escavação e acabamento final, em cerca de 2 anos (25 meses);
- Foi aplicado do 3º até o 27º pavimento;
- Construíram-se 24 pavimentos em 9 meses (2,7 pavimentos por mês);
- A montagem (e também a desmontagem) do Big Canopy levou um mês;

91

big canopy

- A SF sobe dois pavimentos por vez (6m em menos de uma hora), a uma velocidade de 300 mm/minuto;
- Pesa cerca de 600 toneladas;
- Experimentação com o grau de automação do sistema:
 - Operação manual foi de 5-10% mais rápida;
 - Na versão automática, não há a necessidade de um supervisor e economiza-se em homem/hora;

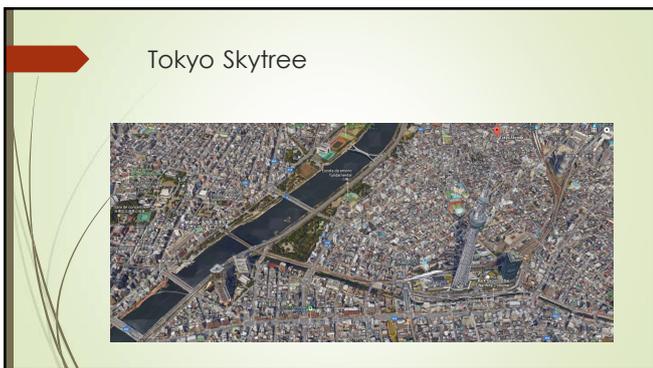
92



93

- ### Resultado – Big Canopy
- Assegura uma boa qualidade do produto final;
 - Melhora as condições de trabalho e ambientais;
 - Reduz o tempo de construção, a quantidade de mão de obra e os desperdícios;
 - Melhora a produtividade em geral;

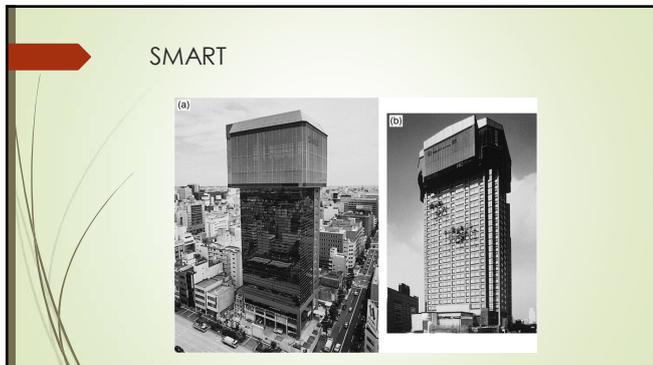
94



95

- ### Shimizu
- SMART – Shimizu Manufacturing System by Advanced Robot Technology;
 - SMART Light;
 - Tower SMART;
 - Hybrid-SMART;
 - Uso desvinculado dos subsistemas SMART;

96



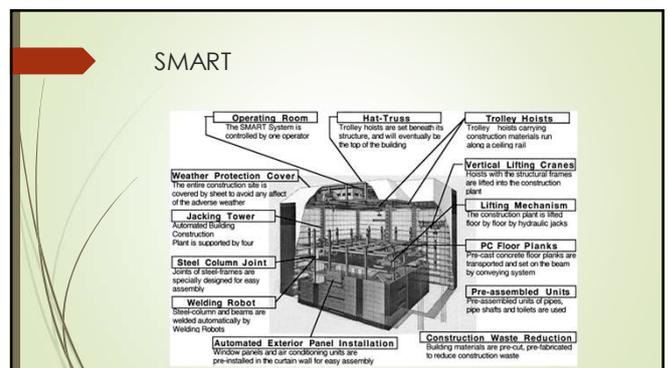
97



98



99



100

SMART - subsistemas

- 1) *Material handling system (ground level):*
 - Espaço que comporte os componentes estocados ou entregues, que serão içados pelo guindaste;
- 2) *Sky factory structure:*
 - Cobre cerca de 3 pavimentos;
 - Provê plataformas para trabalho na fachada;
- 3) *Climbing system:*
 - 4 macacos hidráulicos são posicionados sob a SF e não são apoiados nos pilares do edifício, e sim entre eles;
 - Sobe um pavimento por vez;

101

SMART – Subsistemas

- 4) *Trolley hoist manipulator system:*
 - Até 25 guinchos podem operar em paralelo;
 - Vão do térreo até o pátio da SF, integrando a refrida, entrega vertical e processos de posicionamento;
- 5) *Sky fator horizontal delivery system:*
 - Atingem qualquer ponto do plano x-y;
- 6) *Vertical delivery system:*
 - manipuladores com 4 GL;

102

SMART – Subsistemas

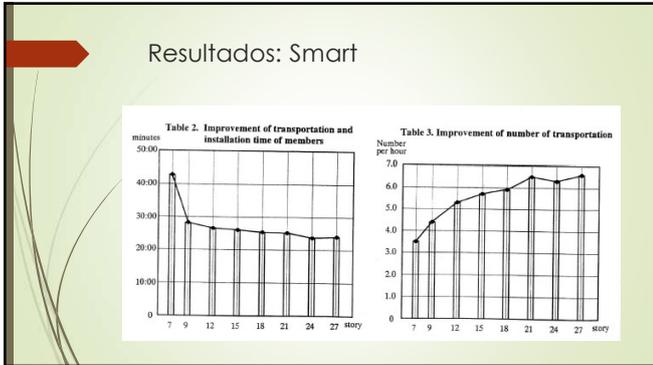
- 7) *Welding robot system:*
 - sistema robótico é compacto e leve;
 - trata-se de um anel que circunda o pilar e guia o robô;
 - O caminho da solda é determinado por sensor laser;
- 8) *Real-time monitoring and management system:*
 - Cada elemento da construção é etiquetado com um código de barra;
 - Um sistema de medição a laser é empregado para o posicionamento preciso dos pilares de aço;
 - Sala de controle para supervisão e monitoramento do processo de manufatura é localizada na estrutura de cobertura da SF;

103

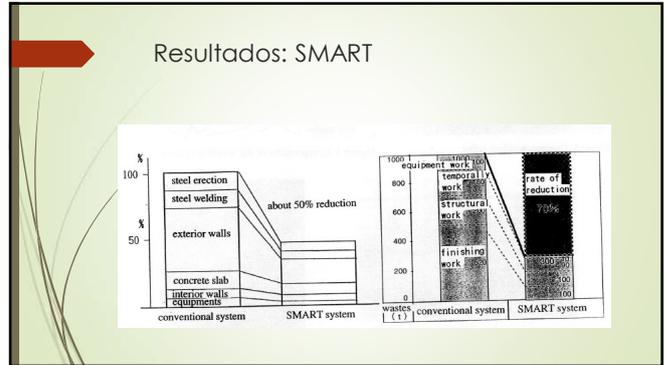
Projetos usando SMART

	Rail City Yokohama Building	Nagaya Janku Busk Building
Outline of building:		
Total Floor Area	75,000 m ²	20,000 m ²
Standard Floor Area	2,100 m ²	750 m ²
Building Height	132 m	88 m
Number of Stories (above ground)	30 stories	20 stories
Shape of Standard Floor		
Equipments:		
Vertical Crane	2 sets	1 sets
Overhead Crane	24 sets	10 sets
Trolley Hoist	10 sets	5 sets
Jacking Tower	4 sets	4 sets
Hydraulic Jack	150 ton × 12 sets	120 ton × 15 sets

104



105



106

SMART - Shimizu

- Operating Room:** The SMART system is controlled by one operator.
- Weather Protection Cover:** The cover is made of PVC and is closed by steel to avoid any other of the system member.
- Jacking Tower:** Plant is assembled by four.
- Steel Column Joint:** Joint of steel column and beam is specially designed for easy assembly.
- Welding Robot:** The robot is used for welding floors.
- Automated Exterior Panel Installation:** Exterior panels are pre-cut, pre-fabricated and pre-installed in the building wall for easy assembly.
- Construction Waste Reduction:** Building materials are pre-cut, pre-fabricated to reduce construction waste.
- Vertical Lifting Cranes:** Hoists with the structural frame are fixed into the construction wall.
- Lifting Mechanism:** The construction plant is lifted floor by floor by hydraulic jacks.
- DC Floor Panels:** The floor panels are pre-cut and pre-assembled and set on the beam by the jacking system.
- Pre-assembled Units:** The pre-cut panels are used for shaft and core.
- Roller Hoists:** Hoists carrying construction materials can move along the rail.
- Hot-Trans:** Hoists are set against the structure and will invertally to the top of the building.

107

Upbrella

108



109

110 Conclusão

- A tecnologia de construção e edifícios pode ser muito diferente do que temos na atualidade, no Brasil;
- É necessária uma mudança integral no produto, na organização, na informação e na tecnologia de produção;
- Diversos protótipos desta tecnologia já existem a décadas: é preciso encontrar os drivers para começarmos a implementá-las no país;

110