

# V!RUS

Sistema.System | Revista do Nomads.usp - Nomads.usp journal - issn 2175-974x | sem 01-10

## ***Mash-ups* de sistemas: ofícios emergentes e abordagens baseadas em regras para *design* e construção**

**Dermott McMeel**

Arquiteto, professor da escola de Arquitetura e Planejamento da University of Auckland, Nova Zelândia. Desenvolve pesquisas relacionadas a interações entre arquitetura, robótica, ciências da informação e arte.

COMO CITAR ESSE TEXTO: MCMEEL, D. ***Mash-ups de sistemas: ofícios emergentes e abordagens baseadas em regras para design e construção***. Trad. Fábio Queiroz, Talita Martins. In V!RUS. N. 3. São Carlos: Nomads.usp, 2010. Disponível em: <http://www.nomads.usp.br/virus/virus03/submitted/layout.php?item=3&lang=pt>.  
Acessado em: DD/MM/YYYY

## Resumo

Este artigo irá revisar a história recente do *design* e construção, examinando, em paralelo, concepções de sistematização e técnicas arquitetônicas. Em projeto e construção, a tecnologia é mais comumente aplicada para padronizar processos, mais particularmente predominante no âmbito dos procedimentos de gestão. Vamos rastrear esse domínio desde Vitruvius até a construção moderna. Trazemos evidências que justificam que a técnica continua sendo um componente-chave, especialmente em nossa condição contemporânea, na qual a tecnologia é barata, acessível e ajustável. Observando exemplos nos quais a habilidade se manifesta como a manipulação de um conjunto específico de interações entre os sistemas de computação e *software*, este artigo visa fornecer evidências observacionais que convidam a refletir sobre um retorno à condição pré-iluminista do arquiteto como "*homo universalis*". Onde a influência da tecnologia vai além da sistematização do projeto e construção, ou onde a capacidade de mesclar sistemas e *software* diferentes torna-se um componente chave do processo do *designer*. Primeiramente, revemos a história recente de uma abordagem baseada em regras para a construção, a partir dos escritos iniciais de Vitruvius até as mudanças mais recentes. Isso incluirá os desenvolvimentos econômicos e tecnológicos que influenciaram a forma atual de construção. Em segundo lugar, vamos olhar algumas iniciativas recentes que têm sido implementadas para responder às alterações no modelo de negócio e da execução da construção. Isso incluirá métodos de realização e Métodos Modernos de Construção (MMC), como a construção pré-fabricada ou modular. Revisamos alguns recentes desenvolvimentos tecnológicos e de colaboração no processo de projeto/produção que têm sido estimulados pela tecnologia e especulamos quanto à sua relevância no *design* e na produção. Os resultados questionam modelos existentes para concepção e construção, nos quais a tecnologia é limitada à gestão organizacional ou à fabricação digital, e chamam a atenção para a influência da tecnologia sobre os processos mais misteriosos da prática criativa.

Palavras-chave: Digital, *Design*, *Mash-ups*

## História recente

A discussão da sistematização do projeto e da construção começa com Vitruvius. Segundo McEwen, Vitruvius foi, até o século XVIII, referenciado em praticamente todos os outros textos oficiais em arquitetura. [\[1\]](#) Dentro do contexto histórico do projeto e da

construção, o que interessa é como Vitruvius aborda projeto e construção, no prefácio do livro Um da obra *Dez Livros de Arquitetura*.

"Tenho elaborado regras precisas para permitir que você, ao observá-los, tenha conhecimento pessoal da qualidade tanto dos edifícios existentes quanto daqueles que ainda estão para ser construídos. Nos livros seguintes, eu revelei todos os princípios da arte." [2]

Vitruvius sugere, na abertura do prefácio – do que era considerado a fonte oficial para o projeto e construção de edifícios públicos – que a qualidade das edificações pode ser contida em regras. Os Dez Livros sobre Arquitetura são exaustivos em estabelecer regras para a orientação, as portas, a harmonia, o clima, as cores e a influência celestial nos edifícios. Segundo McEwen, Vitruvius e esse manuscrito continuaram sendo bastante influentes em projeto e construção ainda no século XVIII. Para além do século XVIII, McMordie e Rawlins identificaram a propensão para uma construção baseada em regras que se seguiu no século XX, quando comerciantes usavam extensivamente livros de modelos. [3] Esses livros continham padrões definidos para reboco e cantaria que poderiam ser reproduzidos como desejado pelos clientes.

O século XX trouxe consigo uma revolução no projeto e na teoria de arquitetura. As ciências do espaço e o corpo podiam estabelecer regras que determinariam o tamanho das janelas necessário para iluminar e ventilar adequadamente um quarto. O modernismo proporcionou uma filosofia minimalista que reagiu às tendências precedentes em *design* e construção. Vitruvius não era mais uma autoridade dominante. No entanto, mesmo na estética radical de Le Corbusier e seus influentes escritos em *Vers Une Architecture*, [4] encontramos no *Le Modulor* o embasamento Vitruviano da organização baseada em regras. Pérez-Gómez poderia atribuir ao Iluminismo essa dominância moderna da organização baseada em regras dentro da arquitetura, referenciando-se na ruptura entre arte e ciência, depois da qual a arquitetura tornou-se dominada pela ciência e sua fundamentação de relações causais sistemáticas e previsíveis. [5] Assim, não é surpreendente que a sistematização tenha evoluído para apoiar numerosas práticas contemporâneas de projeto e construção.

### **Organização baseada em regras no projeto e na construção**

Quando Le Corbusier cunhou a expressão "máquina de morar" [6], estava se referindo às características metafóricas de pureza da máquina, dos componentes funcionais existindo numa harmonia eficiente. No entanto, a eficiência e clareza da máquina praticada pelos

arquitetos como políticas projetuais desses edifícios – como a Casa Schröder – não se refletia na clareza de sua construção. Na verdade, a construção da Casa Schröder – como de muitas desse período [7] – era tradicionalmente de tijolos e argamassa, feita para parecer concreto. Certamente isto enfraquece o caráter funcional e sistêmico que esses projetos estavam tentando estabelecer, e pode-se argumentar que as casas geminadas (Figura 1) encontradas ao lado da Casa Schröder são mais verdadeiras para a política da máquina, em sua construção, em termos de uma economia de escala e da honestidade do material. [8] A Casa Schröder e muitos outros edifícios naquele estilo eram muitas vezes mais difíceis e menos eficientes de construir do que os estilos tradicionais. Isto demonstra como a adoção de regras, no caso com propósitos de organização e estética, não necessariamente se traduz diretamente em eficiência na construção de um edifício.



Figura 1: Schröder House no contexto das casas geminadas tradicionais [9]

Ainda assim, mesmo Le Corbusier não poderia ter previsto que o caráter de sua máquina de morar seria tão transformado. Na segunda metade da década de 1900, a indústria da construção civil especulativa desenvolveu uma eficiência de máquina na produção de casas

praticamente idênticas. À luz dos edifícios industriais padronizados da indústria da construção especulativa, as preocupações de Ruskin sobre a industrialização ser desumanizadora parecem ser bem fundamentadas, como são suas críticas à arquitetura adotando princípios industriais e criando edifícios padronizados. [\[10\]](#) Eficiência e eficácia de custos na forma de aumento de lucros ou edifícios mais acessíveis são típicos agentes de mudanças no setor da construção.

Continuando com o tema da eficiência, a indústria da construção civil parece ter se inspirado na padronização e na sistematização que estava ocorrendo na indústria automobilística, [\[11\]](#) que consistiu na racionalização da construção dos automóveis em eficientes linhas de produção de pré-fabricação e montagem. Ao fazê-lo – particularmente a *Ford Motor Company* –, alcançava um crescimento nos lucros e criava produtos a preços acessíveis. Inspirando-se no processo de pré-fabricação e montagem do Ford Modelo T, a indústria da construção buscou concorrer com o sucesso do setor automotivo, [\[12\]](#) e em pouco tempo estava aplicando a pré-fabricação e montagem ao processo de construção.

A transferência da pré-fabricação e montagem, do ambiente controlado da fábrica automotiva para o canteiro de obras, menos previsível e menos controlado, não foi uma transição simples. Isso foi tragicamente ilustrado em Ronan Point, Reino Unido, no ano de 1968, quando uma explosão de gás doméstico no último andar de uma torre residencial causou um catastrófico colapso [\[13\]](#). As lajes dos pisos sofreram falha estrutural conforme as lajes superiores desabavam sobre elas, resultando num efeito cascata e falha estrutural do último ao primeiro andar. A queda em cascata dos andares em Ronan Point foi atribuída a erros no processo de pré-fabricação e montagem, que provaram ser muito mais difíceis de monitorar num canteiro de obras do que num ambiente controlado de fábrica.

### **Sub-contratação: o modelo da Nike**

A Figura 2 ilustra um fenômeno inesperado: a produtividade na construção civil (indicado como AEC constante para o setor da Arquitetura, Engenharia e Construção) caiu à medida que os princípios industriais de pré-fabricação e montagem foram sendo implementados, entre os anos 1970 e 2000. Enquanto o setor industrial crescia regularmente a partir da implementação dessas mudanças, o setor da construção civil não crescia. Da forma como foram aplicados ao setor da construção, os princípios não tiveram os mesmos efeitos previstos que estavam tendo no setor industrial. Mudanças similares, que produzem diferentes resultados nos setores da construção e da indústria, sugerem, talvez, uma diferença fundamental entre construção e indústria. Se esse era o caso, isso contestaria as

contínuas tentativas de comparar e mapear processos da fabricação à construção.

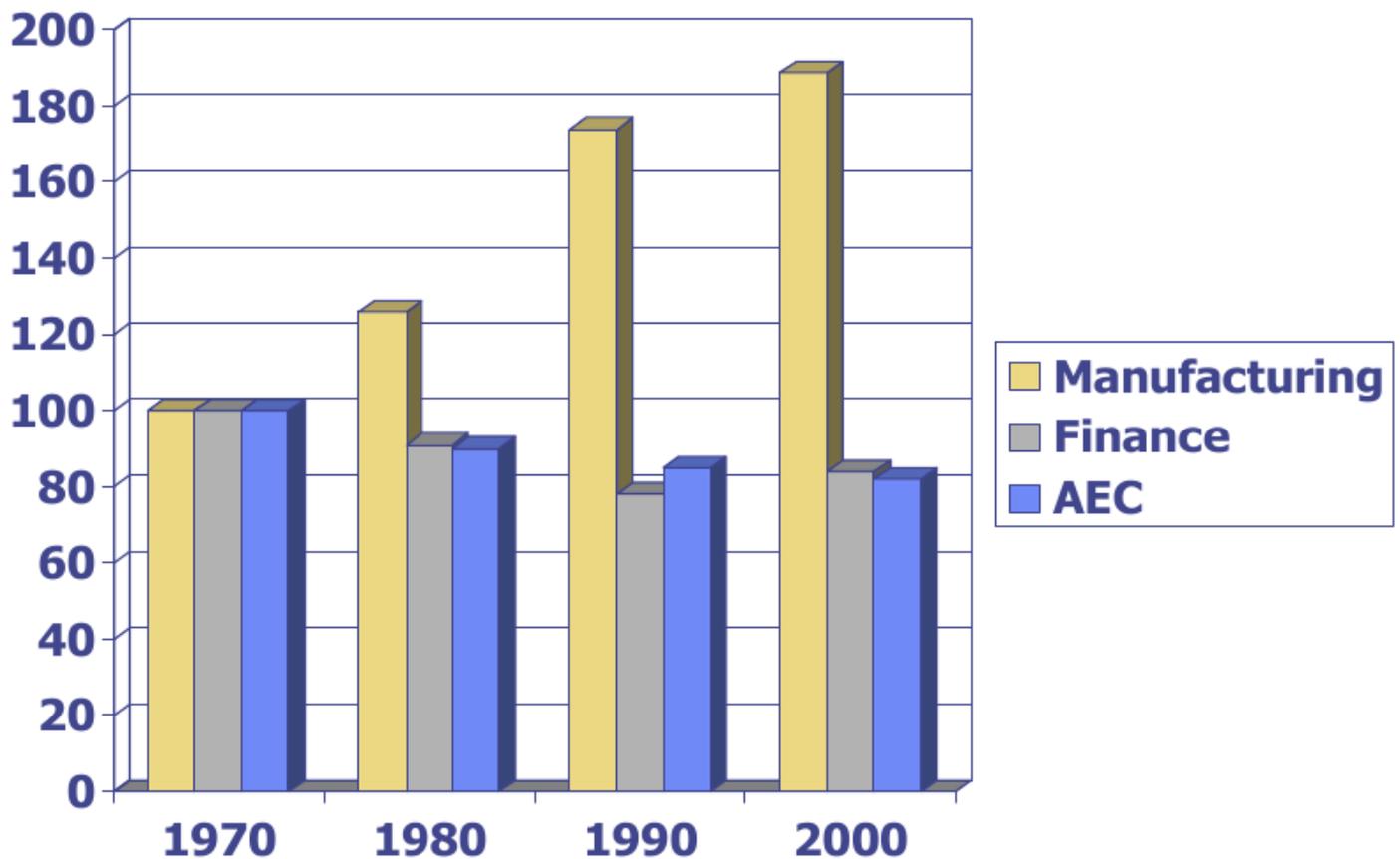


Figura 2: Índice de produtividade dos Setores nos Estados Unidos (direitos autorais AIA 03/Abril) mostrando queda na produtividade do setor AEC

A prática de sub-contratação intensiva tem mais recentemente sido chamada de modelo Nike, em referência à companhia de produtos atléticos que produz calçados e roupas. A Nike não inventou a prática da sub-contratação, mas a desenvolveu em níveis sem precedentes [\[14\]](#), razão pela qual merece uma breve discussão dentro do contexto deste artigo. Os setores industrial e financeiro poderiam sub-contratar componentes do trabalho em outros lugares. [\[15\]](#) Como consequência dos baixos custos de mão-de-obra dessa sub-contratação, estes setores estavam tornando-se mais e mais produtivos, conforme os números dos custos e de emprego direto caíam [\[16\]](#).



Figura 3: Típica distribuição da organização da mão-de-obra na construção civil mostrando que o trabalho direto somente somava 1/3 dos empregados (na legenda, em azul se traduz como trabalho direito; em vermelho, gerenciamento; em amarelo, administração e em verde, vendas e *marketing*)

A construção tem sido direcionada para o aumento da eficiência, focando na adoção de estruturas de gerenciamento similares às do setor industrial, empregando o mínimo de mão-de-obra direta e sub-contratando em outras organizações uma máxima porcentagem de trabalho. A distribuição de mão-de-obra numa organização de médio porte no Reino Unido é ilustrada na Figura 3. Ela revela que, aproximadamente, apenas um terço dos empregados estão ocupados em trabalho direto no local. A mão-de-obra direta compreende, principalmente, os cargos de funcionários intersticiais para funções de direção e trabalhos gerais, etc.. Isso difere de outro terço da equipe, ocupada com o gerenciamento dos componentes sub-contratados da construção: engenheiros de projeto e obra. Os funcionários restantes, tais como contadores e orçamentistas, estão envolvidos na administração dos projetos de construção, com uma pequena porcentagem dedicada à venda e *marketing* dos projetos.

### **O problemático alinhamento da construção civil e da indústria**

Partindo de um modelo industrial, uma organização típica da construção civil subdividirá um projeto de construção em componentes individuais sub-contratados, como as fundações, esquadrias, revestimentos, etc.. Licitando competitivamente esses componentes eles podem, então, alcançar baixos custos construtivos, evitar grandes despesas financeiras e – como havíamos identificado na seção anterior – empregar somente um mínimo de trabalho direto quando é necessário, e consequentemente diminui

despesas. Entretanto, a Figura 2 ilustra que essas mudanças na estrutura organizacional da construção civil não têm produzido os mesmos benefícios quantitativos quando medidos em comparação aos setores industrial e financeiro.

Como havíamos discutido, paralelos são comumente delineados entre a construção civil e outros setores que têm atingido sucesso através da adoção de princípios industriais. Ao adotar princípios similares, organizações na construção civil tentam emular aquele sucesso. O fracasso em atingir aquele sucesso chama atenção para as diferenças – ao invés de similaridades – entre construção civil e indústria. Apesar de tanto a indústria quanto a construção se locarem em um sitio específico e cada uma reúne componentes que foram produzidos em outros lugares, a diferença crítica, como ilustrado no colapso de Ronan Point, é que o ambiente de canteiro de obras na construção civil não pode ser controlado na mesma medida que um ambiente de linha de montagem. Por exemplo, canteiros de obra podem ser radicalmente alterados pelo clima; geralmente são limitados às horas de claridade natural e os sub-contratados podem ter métodos particulares de construção que conflitam com outros. A automação da pré-fabricação e montagem encontrada no setor industrial se torna problemática no ruído e furor do canteiro de obras.

Para o crítico social Marx, este processo de automação trata menos da prosperidade potencial que ele poderia facilitar na forma de maior eficiência nos custos de produtos, ao contrário, ele argumenta que automação “transforma as operações do trabalhador cada vez mais em operações mecânicas, para que assim, num certo momento, o mecanismo possa tomar seu lugar” [17]. A construção de um edifício é frequentemente abordada como sendo um processo funcional prescrito; conseqüentemente certas atividades na construção civil podem ser inadvertidamente desvalorizadas conforme outras são trazidas à tona através desse processo de remodelação. Participantes, processos e comunicação se fragmentam enquanto o setor da construção adota este paradigma industrial, tecnologias de comunicação como telefones celulares surgem para compensar e criar novas possibilidades de comunicação que ainda estão para serem totalmente exploradas.

Pode-se argumentar que tocar um piano é uma repetição de toques em teclas e que tocar de um banjo é um repetitivo dedilhar de cordas. Um canteiro de obras é talvez como uma peça musical, num estado dinamicamente fluido de fluxo, já que ele muda tanto temporal quanto experiencialmente. Entretanto, o foco no cerimonial inaugural no início da construção e de seu término, quando os participantes se reúnem para celebrar a finalização [18], é talvez uma outra sugestão de que o setor da construção civil investe pouco valor no processo de construção, tendo um foco maior no produto finalizado.

Qualquer técnica que ocorra entre esses dois cerimoniais simbólicos não é apreciada, pelo menos não da mesma maneira que uma peça musical deveria ser.

## **Iniciativas recentes e mudança**

Nesta seção, iremos rever algumas iniciativas recentes e as mudanças que elas trouxeram para a construção civil. Primeiro estudaremos iniciativas importantes do governo do Reino Unido sob a forma de *The Legacy of The Latham and Egan Reports* (Legado dos Relatórios Latham e Egan). O Governo encomendou estes dois relatórios abrangentes a fim de propor recomendações para melhorar o processo de construção. Começaremos esta seção discutindo o legado desses relatórios e seus efeitos sobre o processo de construção. Em segundo lugar, iremos rever as iniciativas de reestruturação no sector da construção, a implementação de estruturas de gestão de parcerias que surgiram a partir desses relatórios e, também, discutir a influência dos métodos modernos de construção (MMC). Há um recente ressurgimento da pré-fabricação, atualmente mais referida como MMC. Isso inclui a construção panelizada, onde painéis são fabricados fora do local e entregues para montagem na obra. Também inclui a construção volumétrica, na qual uma habitação é conceituada como uma série de volumes padronizados que podem facilmente caber em um caminhão articulado padrão. Estes volumes são construídos fora da obra, sob condições controladas de fábrica, e então levados ao local e montados. Em terceiro lugar, iremos rever iniciativas na forma de intervenções tecnológicas no processo de projeto e de construção, antes de finalmente discutir as tendências recentes de incorporação da programação, matemática e eletrônica no processo de projeto.

Históricamente, a construção civil evoluiu para acomodar seu panorama sócio-político e adotar novas tecnologias que tornavam-se disponíveis para projetistas e empreiteiros. Ao longo dos anos 1980 e 1990, o rápido desenvolvimento de software e hardware reforçaram o projeto, a construção e o gerenciamento no setor. [\[19\]](#) A partir dos anos 1990 o *software CAD (Computer Aided Design)* estava amadurecendo para além do simples *Computer Aided Drafting* com a integração das funcionalidades mais sofisticadas, agora ajudando a gestão e coordenação do projeto durante o projeto e a construção. Enquanto há uma fascinação com as tecnologias sofisticadas, é interessante notar que durante o mesmo período, os celulares foram clandestinamente encontrando seu caminho no projeto e na construção. No entanto, foi somente nos últimos cinco anos que iniciativas como COMIT [\[20\]](#) (Construction opportunities for Mobile IT) estão começando a explorar as possibilidades oferecidas por telefones móveis no processo de projeto e de construção.

## O legado de Egan e Lathan

Ambos os relatórios referem-se ao setor da indústria, seja para sugerir que lições podem ser aprendidas a partir da sistematização e automação que aumentaram a eficiência da produção ou para sugerir que a construção pode se inspirar no maior nível de coordenação e nas relações mais estreitas que existem entre os vários participantes na indústria. De acordo com dados do governo, a construção civil absorve uma quantia substancial de dinheiro [\[21\]](#), em 1993 mais de 60% dessa quantia [\[22\]](#) foi na forma de contratos nomeados pelo governo. Há claros incentivos financeiros do governo para melhorar os meios pelos quais os projetos de construção são adquiridos e, se possível, para melhorar a eficiência do processo de construção. O Relatório de Latham, publicado em 1994 e o Relatório de Egan, publicado em 1998, exploraram formas de melhorar a produtividade dentro da construção, nas palavras do relatório Latham, "ajudando clientes a adquirir os projetos de alta qualidade que eles desejam."

As especificidades de cada relatório variavam, o Relatório Latham focou nos contratos e aspectos contratuais destinados a "aumentar o desempenho em uma atmosfera mais saudável" [\[23\]](#) na construção. Visava contribuir para relações de trabalho mais estreitas. O ponto alto do relatório foi uma lista de recomendações, que incluía propostas de sistemas para manter as melhores e mais consistentes relações de trabalho, tais como Co-ordinated Project Information [\[24\]](#) (Informação de projeto co-ordenada) e Main Contractor e Sub-Contractor Lists [\[25\]](#) (Listas de Contratante Principal e Sub-Empreiteiro). A proposta destas recomendações tem-se revelado mais fácil do que sua implementação [\[26\]](#). Por exemplo, apesar de Latham propor parcerias – o que será discutido mais adiante neste capítulo – como uma via de aquisições que contribuiria para as relações de trabalho mais próximas, foi somente após o Relatório Egan que isso passou a ser amplamente aplicado.

No seu Sumário Executivo, o Relatório Egan identifica as cinco alavancas da construção como sendo:

Liderança empenhada, foco no cliente, processos e equipes integrados, uma agenda orientada para a qualidade e compromisso com as pessoas, como chave para o plano do governo de melhorar a qualidade e a eficiência [\[27\]](#).

Mais recentemente, investigação de Amaratunga continua citando a eficiência como uma ferramenta importante para a mudança na construção [\[28\]](#). Com metas anuais do governo para reduzir os custos de construção e tempo em 10% e falhas de projeto em 20% [\[29\]](#), o Relatório Egan defendeu a parceria, entre outros princípios, para atingir este

objectivo. Ao contrário de ser uma receita de sucesso para a construção - embora tenha sido amplamente adotado como um método de intervenção na construção - Taylor e outros críticos argumentam que a parceria tem produzido resultados mistos [\[30\]](#).

### **Reestruturação: parceria e MMC**

Novos métodos de intervenção, tais como parceria, sob a forma de PFI e PPP e métodos de construção alternativos, como MMC, fornecem uma variedade de estruturas diferentes, cuja construção pode ser executada com êxito. PPP (Public Private Partnering) (Parcerias Público-Privadas) e PFI (Private Finance Initiative) (Iniciativa de Financiamento Privado) eram formas de parceria propostas por Egan e Latham e defendidas pelo governo como meios de alcançar melhorias na qualidade e na eficiência da indústria da construção através de relações mais estreitas. PPP é um acordo contratual para proporcionar aos participantes uma estrutura baseada numa equipe mais integrada, facilitando assim uma relação mais estreita ao longo de um projeto de construção. Isto foi previsto particularmente para grandes contratos públicos, quando um órgão público cliente faria parceria com uma empresa de construção por um período de vigência, como nos projetos *Pathfinder* [\[31\]](#), onde as autarquias locais estiveram em parceria com empresas de construção para a reforma de edifícios de habitação social. Este arranjo deveria afastar-se da "comunicação e documentação formais entre os parceiros do projeto para uma comunicação bem estruturada, porém mais aberta e informal" [\[32\]](#). Egan cita vários exemplos [\[33\]](#), incluindo Tesco, que economizou 20%, e outras empresas privadas que economizaram até 30-40% das despesas de capital através da implementação de uma estratégia de parcerias com empresas de construção. No entanto, têm havido debates em relação a retornos substanciais obtidos por investidores privados nesses acordos e a sugestão de que o custo dos imóveis arrançados desta forma poderiam na verdade ser mais altos para o governo e, portanto, para o contribuinte que nos métodos tradicionais de arranjo contratual [\[34\]](#).

O PIF também incentiva o financiamento privado de projetos de obras públicas, aliviando o governo dos encargos financeiros. Isto também tem produzido resultados mistos. Enquanto o governo reconheceu que isso proporciona "uma maior segurança no cronograma e no custo" [\[35\]](#), Weaver lança dúvidas sobre haver melhorias tangíveis, quer no processo de construção ou a qualidade do produto acabado [\[36\]](#). Um relatório da Câmara dos Deputados, em 2003, reflete a preocupação de que os retornos para um investidor privado - quando participa neste tipo de arranjo contratual - são excessivamente elevados. Ele também sugere que em 20% dos casos a funcionalidade dos

edifícios não cumpre o estipulado em seu projeto [\[37\]](#).

As críticas ao PFI são geralmente focadas em questões monetárias, tanto se preocupam que o investidor privado está obtendo retornos desproporcionais sobre o projeto, quanto que o projeto custe mais no PFI do que em financiamento tradicional do governo. No entanto, o relatório da Câmara dos Deputados também sugere que ambas as formas de acordo contratual, PPP e PFI, estão produzindo edifícios que exigem modificação logo após a conclusão. Isto põe em questão a adequabilidade destes tipos de acordos contratuais para atender às demandas de projeto e para produzir edifícios funcionalmente satisfatórios. O PPP também não está imune a outras críticas e os profissionais de projeto são frequentemente sonoros em relação à diminuição de seu papel. [\[38\]](#) Projetistas são frequentemente obrigados por contrato na estrutura do PPP a abdicar da sua autoria sobre o desenho numa conjuntura acordada no projeto. Embora estas novas disposições têm tido um efeito sobre o processo de construção e de qualidade de construção, não está claro pelas evidências de que tenha sido – colocando na balança – um efeito positivo. Uma pesquisa atual feita por Jones e Kaluarachchi sugere que a ausência - e a necessidade - de confiança é um dos principais obstáculos a estes métodos de contratação [\[39\]](#).

O método de contratação 'projetar e construir' também desafia iniciativas que visam aumentar o rigor da concepção e construção. Nessa estrutura o processo de construção avança iterativamente, as partes do edifício como as fundações deveriam ser projetadas e construídas apenas quando fossem necessárias para que as paredes fossem projetadas e construídas. Foi previsto como um método muito mais rápido de construção, já que projeto e obra progrediam em paralelo. Ele também é favorecido por pessoas que desejam a auto-construção, abandonar um empreiteiro principal e gerir os processos de projeto e construção também permite maior controle pessoal do prédio acabado [\[40\]](#). Também aparenta ter maiores credenciais em sustentabilidade ambiental. [\[41\]](#)

Também temos motivos para reconsiderar as estruturas tradicionais de construção, à luz das técnicas MMC, como construção volumétrica ou panelizada. Com ambos os métodos parte considerável da construção ocorre fora da obra, a construção no local torna-se um processo de montagem. Graças competições de projeto de alto nível [\[42\]](#), demonstrando o potencial de projeto quando construindo com MMC, preconceitos sobre a pré-fabricação e o legado de Ronan Point têm sido amplamente esquecidos. No entanto, existem preocupações de que a velocidade [\[43\]](#) oferecida por esses métodos de construção se dá à custa da flexibilidade e da facilitação de modificações de projeto durante as atividades na obra. Não presumimos defender uma estratégia particular, antes visamos ilustrar que

dependendo da circunstância particular da construção e o valor dado à velocidade, ao custo e ao controle pessoal, existem muitas estruturas alternativas com as quais a construção pode ser bem sucedida.

Conforme as estruturas de comunicação formais e processos de construção prescritivos evoluem, também o faz o informal. Neste contexto, a atual apropriação dos telefones celulares – até agora, pelo menos – parece destinada a ser considerada como um expediente de comunicação não-oficial, que é usado dentro dessas estruturas oficiais de comunicação. Dentro deste quadro, os telefones celulares normalmente ganham destaque quando eles se tornam problemáticos. No entanto, é improvável que a sua influência seja limitada a serem exclusivamente problemáticos. É igualmente provável que exerçam influência positiva no processo de construção, ainda que quando os telefones celulares não conseguem criar um problema eles passam despercebidos. É inconclusivo se a reestruturação dos sistemas oficiais de comunicação e processos – como já discutimos – têm produzido resultados positivos. Isto sugere que canais de comunicação não oficiais e intervenções tecnológicas, tais como telefones celulares, podem produzir contribuições profundas e influentes para uma comunicação eficaz e, assim, para um processo de construção bem sucedido e eficiente.

### **Intervenções tecnológicas: 'virtualmente' modelos *seamless***

Foi o relatório Latham que deu destaque para a coordenação de informações durante um projeto de construção. O desenvolvimento do CAD e, em particular, a noção de modelo virtual do edifício, que tem emergido ao longo de duas décadas, parece ressoar com a visão de Latham sobre informações coordenadas do projeto. Como os projetos continuam a se fragmentar [\[44\]](#) mais em componentes especializados sub-contratados, *software* e tecnologias emergentes têm potencial para auxiliar na tarefa cada vez mais complexa e difícil de coordenar as informações fragmentadas e os diferentes participantes.

O setor da construção continua a defender a tecnologia que aumenta a coordenação, por ora esses desenvolvimentos tecnológicos parecem ter convergido no que é amplamente descrito na indústria da construção como BIMs (*Building Information Models*). BIMs são os mais recentes em uma série de desenvolvimentos de *software* que visam auxiliar na coordenação dos diferentes participantes de um projeto de construção, se é provido com os dados apropriados. No início de 1990 o *software* ArchiCAD da Graphisoft já tinha evoluído para além de desenho auxiliado por computador e podia gerar documentação, tal como cortes, elevações e os plantas a partir de um modelo virtual tridimensional do edifício. As alterações posteriores do modelo virtual seriam, então, automaticamente

refletidas na documentação. Para obter esses benefícios, na prática, foi necessário investir mais tempo na criação do modelo virtual. Embora isso fosse possível, não era necessariamente economicamente viável. No final dos anos 1990, a funcionalidade da equipe estava surgindo e ajudando na coordenação da distribuição do trabalho. Diferentes partes de um edifício poderiam agora ser atribuídas a pessoal diferente e o *software* CAD deveria garantir que os diferentes participantes não interferissem no trabalho um do outro. Essas mudanças individuais então seriam integradas no modelo virtual global.

Desenvolvimentos mais recentes têm sido focados na informação ao invés de documentação e os BIMs têm evoluído prometendo coordenar informações de engenheiros, arquitetos e ornamentistas de maneira holística. O setor da construção está claramente animado com esse potencial, porém a metodologia BIM também tem seus críticos. Chris Yessos, o CEO da *auto•des•sys* tem criticado a limitação dos BIMs e sugere que eles limitam a liberdade de concepção. Sua crítica é que, na sua forma atual, a metodologia BIM só pode ser aplicada a projetos que são simples em sua forma geométrica, portanto, empregar tais sistemas no processo de *design* poderia restringir a concepção [45]. A implicação é que, mesmo que BIMs atenda às expectativas e nos livrar de tarefas rotineiras em projeto e construção, esse alívio é, potencialmente, em detrimento do processo criativo de projeto e construção.

Ao tentar copiar a indústria o setor da construção continuou a lutar por estruturas e sistematização mais rígidas no projeto e construção. No entanto, levantamentos estatísticos não fornecem provas conclusivas de que os projetos de construção que implementam essas mudanças melhorem a sua produtividade ou eficiência. Estruturas contratuais, tais como PFI e PPP, criam mais fragmentação da equipe de projeto e construção e do processo. Conseqüentemente o processo exige uma coordenação mais complexa e aqueles encarregados da coordenação resistem em desviar do processo estabelecido. Entretanto, técnicas como 'projetar e construir' e MMC demonstram que uma variedade de estruturas para a construção existe, adequando-se a diferentes necessidades programáticas que colocam valores diferentes sobre a liberdade de concepção, velocidade e custo. *Software* de modelagem virtual tem resultado em descrições de projeto mais elaboradas e num aumento no volume de informações de construção. A tendência no desenvolvimento tecnológico de continuar aumentando a rigidez durante o projeto e construção tem levado Yessos a argumentar que alcançar estes objetivos organizacionais e de gestão podem se dar à custa da liberdade criativa nas práticas de trabalho de projeto e construção [46].

## ***Design como mash-up***

As práticas de projeto e construção não parecem imunes de exibirem o comportamento descrito atualmente como '*mash-ups*.' Este é o processo de tomar de uma ou mais faixas de música e 'esmagá-las' junto, a metáfora evoca uma metodologia mais *ad-hoc* e rude do que 'misturar'. Rudez e aproximação são sinônimos das fases iniciais de inovação tecnológica e mecânica. O protótipo desajeitado é altamente romantizado na cultura popular, no popular filme Iron Man, a primeira armadura do homem de ferro construída em uma caverna com ferramentas brutas é talvez um exemplo por excelência. Como a tecnologia penetra mais profundamente nas práticas de projeto e de construção, vemos benefícios do projeto de polinização cruzada entre a inovação tecnológica e projeto. Uma manifestação disso são arquitetos experimentando e inovando com programação crua, técnicas industriais ou da engenharia. Uma prova *ad-hoc* do conceito que mais tarde evolui para uma proposição arquitetônica requintada e robusta. O Falkirk Wheel Boatlift na Escócia é talvez um exemplo, no qual o mecanismo foi prototipado pelo arquiteto com Lego para demonstrar o conceito para o cliente.

Cada vez mais a programação está aparecendo na arquitetura, sendo O Cubo D'água de Pequim um arquétipo que se baseia no mosaico matemático "voronoi". Voronoi é um processo matemático que subdivide espaços 2D ou 3D em áreas menores, usando pontos dentro desse espaço. Os pontos são usados para gerar linhas afim de dividir espaço em 2D e, em espaço 3D, as linhas são usadas para criar superfícies para subdividir o espaço. Embora a geometria resultante - como na estrutura do Cubo D'água - possa parecer aleatória ou orgânica, ela é baseada num robusto processo matemático. Ao invés de ser inacessível este processo pode ser facilitado por *software* amplamente disponível. O exemplo a seguir foi utilizado em um dia aberto ao público, em arquitetura, na Auckland University, para demonstrar o uso da informática em projeto e em construção. As figuras 4 e 5 são fotos da tela do popular *software* CAD Rhino; um *script* disponível gratuitamente tipo "voronoi" [47] foi usado para dividir a forma básica e gerar a geometria complexa. Esta foi, então, transferida para outro *software* para - neste caso - criar recortes de papel (Figura 6) antes de ser finalmente recomposta (Figura 7). Esse fluxo de trabalho é baseado no trabalho de *design* de Josh Stewart, Patrick Loo e Sebastian Hamilton enquanto na Auckland University, e aponta para a inovação apesar da sensibilidade para seletiva e criticamente considerar os processos de *hardware* e *software*, ou '*mash-ups*', em seu processo de projeto/construção.

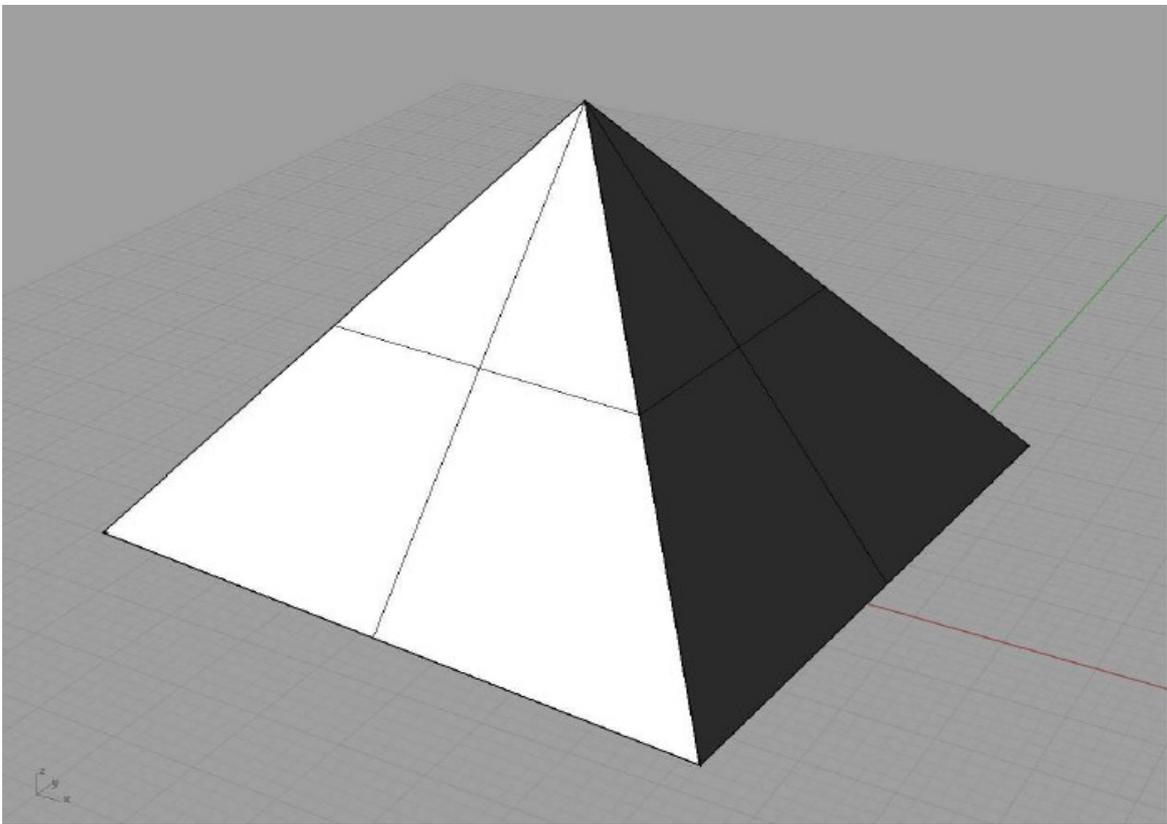


Figura 4: Forma inalterada no *software* Rhino

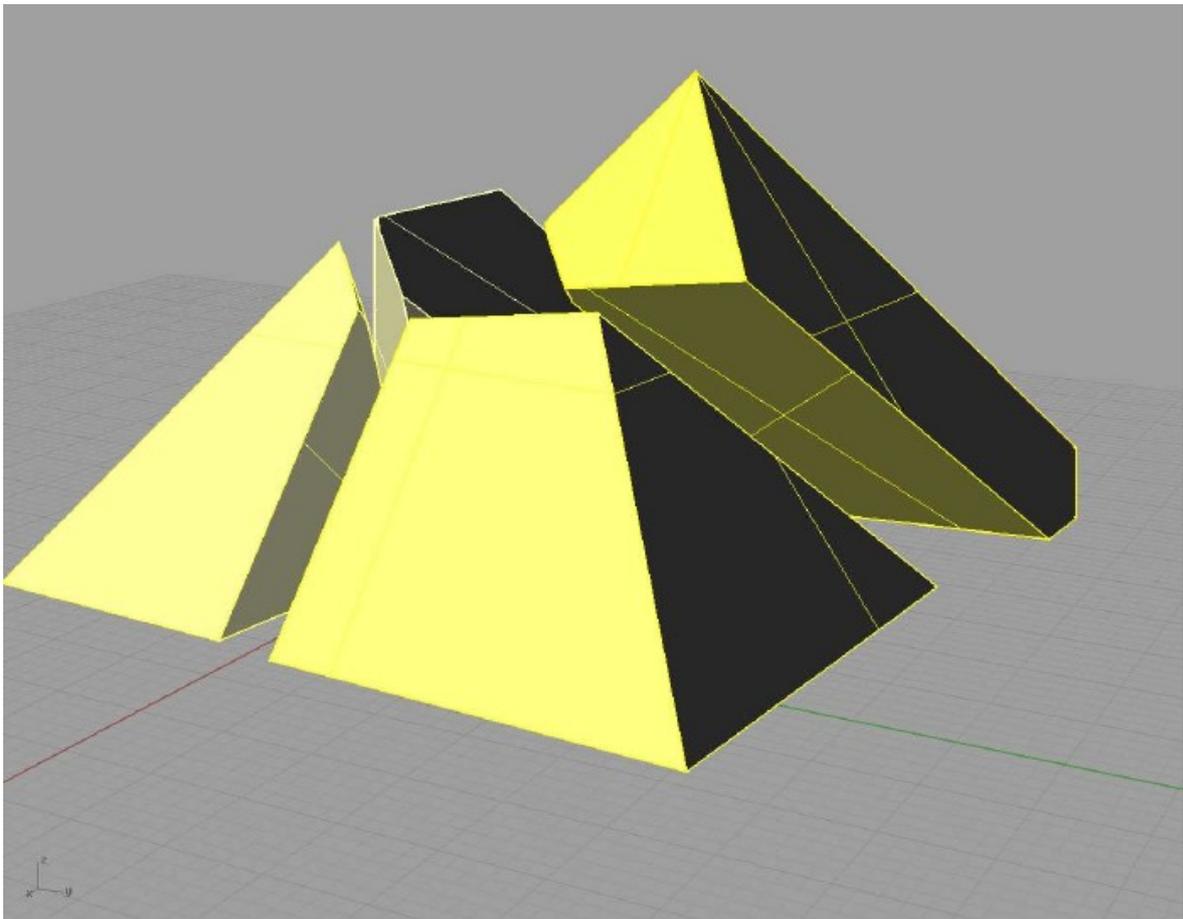


Figura 5: Forma após aplicação da linguagem Voronoi

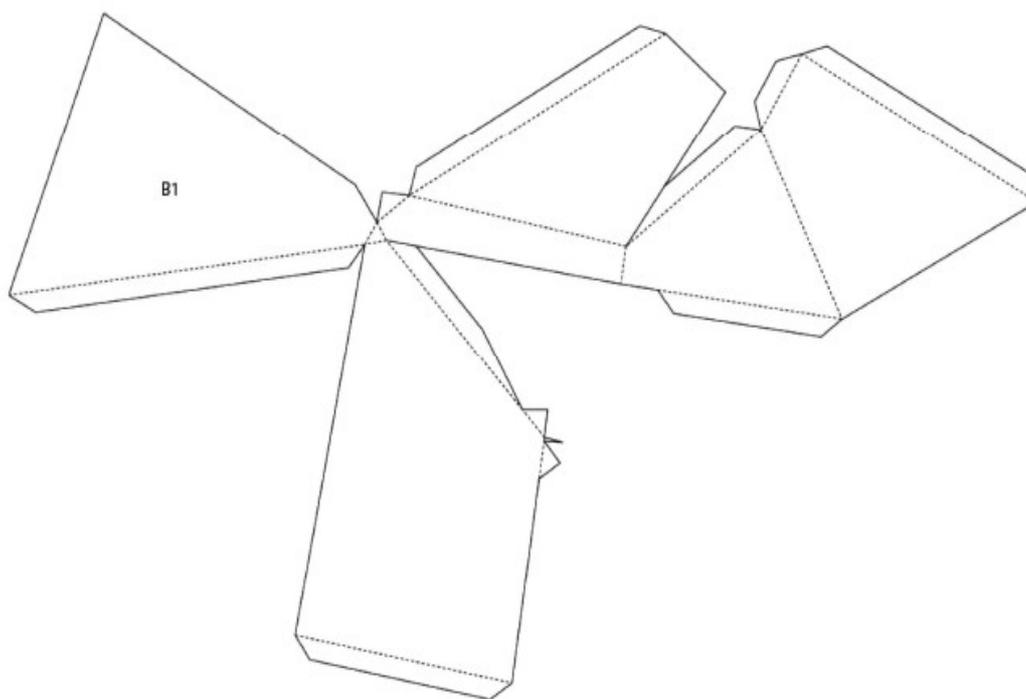


Figura 6: Forma após ter sido processada e "desdobrada"

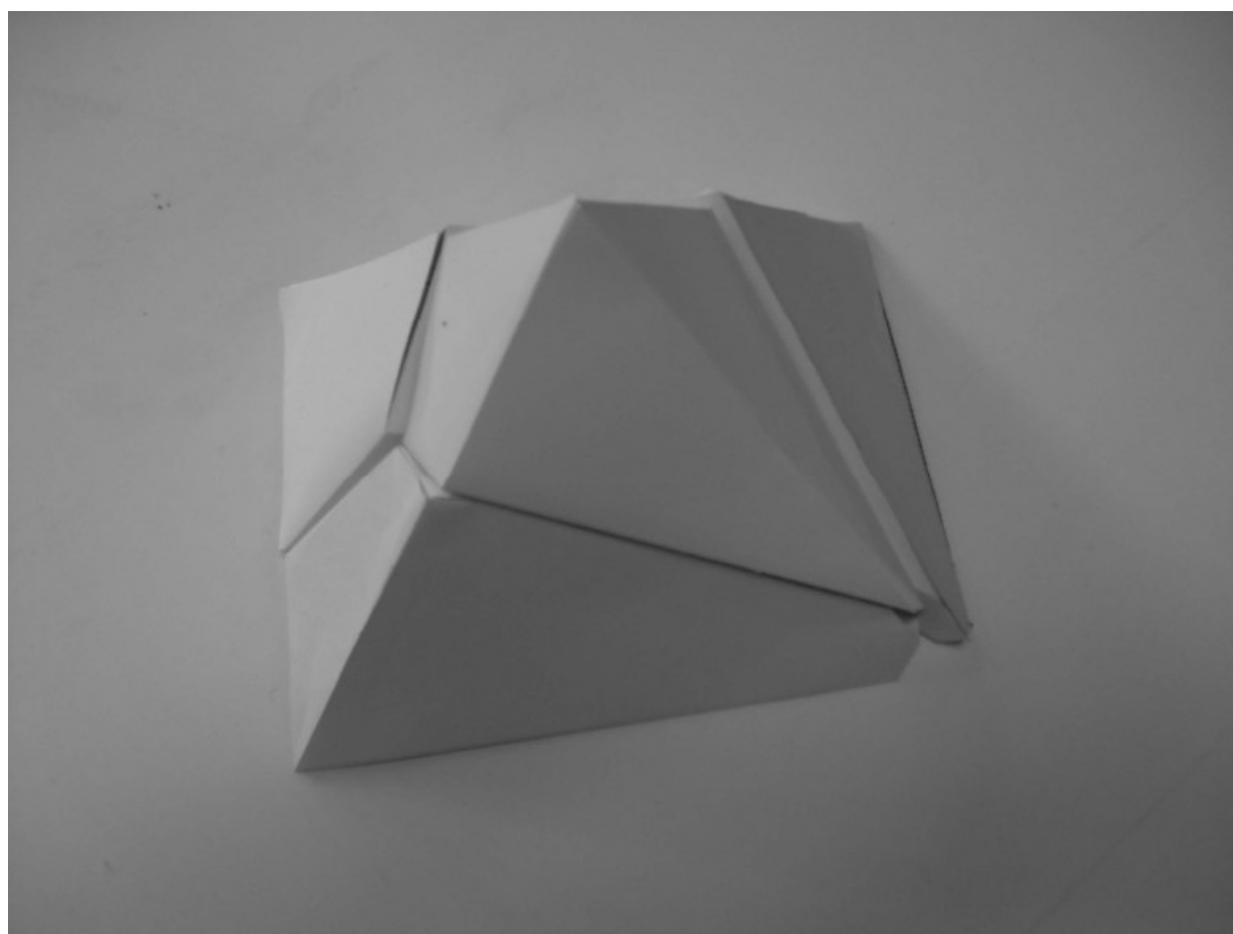


Figura 7: Forma depois de redobrada

Assim como *software* e *hardware* se tornam cada vez mais acessíveis, assim também acontece com equipamento industrial. *Kits* podem ser adquiridos com a promessa de que possam ser montados em “do it yourself” (DIY), o que sugere que nenhum conhecimento especializado é particularmente necessário para a montagem. Sugerindo que tais dispositivos estão dentro do alcance do indivíduo comum, seja *designer* ou arquiteto. Pelo menos um roteador de controle de computador numérico (CNC) DIY está disponível [48], assim como vários *kits* de impressão 3D [49], tornando a construção, desenvolvimento e fabricação de idéias de projeto inovadores mais fáceis e inflamando uma cultura de ‘garagem’ de projetar e fazer em arquitetura. Isso continua a acelerar com micro-controladores baratos e intuitivos, como o Arduino, comunidades de código aberto que geram recursos consideráveis e eventos globais como o ‘makerfaire’, que estimula a inovação DIY.

Da mesma maneira o *desktop* CAD habilitou pequenos escritórios para competir com os seus concorrentes muito maiores, em meados dos anos noventa (Coyne et al., 1996, p.125) [50]. O acesso a essas tecnologias DIY está desafiando a noção de que a inovação de ponta só ocorre nos escritórios de projeto multi-nacionais, como Foster Associates, e está trazendo a pesquisa em projeto e inovação de volta para o projetista/empresário individual.

### **Resumo: sistematização, tecnologia e ofício**

O objetivo deste trabalho é aumentar a nossa compreensão da construção contemporânea, visualizando-a através de uma lente histórica. Para fazer isso, analisamos o legado de uma abordagem baseada em regras para a construção e vimos que as iniciativas recentes têm promovido alterações na construção. O contexto histórico de concepção e construção tem promovido o desenvolvimento de sistemas baseados em regras de organização e execução. Provavelmente, o próprio processo de construção e ordenação do meio ambiente seja uma forma de sistematização, por isso talvez seja natural este tema dominar. A sistematização foi apresentada como sendo estreitamente associada com as noções de qualidade e, dentro do setor da construção, a tecnologia tem apresentado oportunidades novas para isso. Enquanto exploramos a evolução da construção encontramos sistemas baseados em regras apropriados como meios para garantir a qualidade ao longo de sua história; desde as antigas regras de Vitruvius até os livros de modelos dos séculos XVIII e XIX até os sistemas de *software* atuais. Os desenvolvimentos mais recentes dos últimos cem anos vêm que a sistematização e padronização continuam a ter uma grande importância para o desenvolvimento do projeto e do setor de

construção. Atualmente tecnologias computacionais como as BIMs fornecem a base sobre a qual os novos métodos de sistematização de processos de construção estão sendo erguidas, e os MMC também continuam a aumentar a rigidez nos processo de projeto e construção de processos.

Não é novidade que Vitruvius não faz distinção entre a ciência da construção baseada em regras e da arte do processo [\[51\]](#), como as vertentes artística/científica de projeto e construção só começaram a divergir consideravelmente após o Iluminismo dos séculos XVII e XVIII. Os entalhadores e pedreiros a quem nos referimos, assim como reproduziam também improvisavam e modificavam seus padrões quando as circunstâncias exigiam. Embora os temas da sistematização e padronização sejam claramente dominantes nas descrições históricas e contemporâneas de construção, a técnica - embora ofuscada - também passa por elas.

A descrição contemporânea dominante da construção é aquela em que a arte no processo de construção é ofuscada pela sistematização. A construção é predominantemente descrita em termos funcionais de fabricação e montagem. Este aspecto artístico está ausente na descrição atual da construção e, embora a noção de construção como *techne* [\[52\]](#) tenha sido ofuscada pela de construção como técnica, alegamos que enquanto os aspectos artísticos da produção têm sido diminuídos na descrição dominante da construção contemporânea eles continuam presentes e são intrínsecos ao processo.

A descrição da construção contemporânea tem se revelado como aquela na qual dominam aspectos funcionais de fabricação, montagem e coordenação, e são marginalizados os misteriosos aspectos de arte e criatividade. A tecnologia se apresenta neste quadro funcional e a influência das intervenções tecnológicas é considerada em termos de usabilidade. Pouca consideração é dada à influência exercida sobre as relações misteriosas e outros aspectos não-funcionais dos processos de projeto e de construção através da apropriação das novas tecnologias. O setor da construção enxerga a construção como processos lineares de projeto seguidos pela execução. Acredita-se que o aumento da rigidez desses processos irá aumentar a eficiência do processo. Se subscrevermos a lógica dos setores da construção, então aumentar a sistematização irá aumentar a qualidade e, dentro desta descrição contemporânea, tecnologia computacional é considerada quase exclusivamente como uma ferramenta para aumentar a rigidez e sistematização. Embora os telefones celulares pareçam ser uma tecnologia influente e amplamente utilizada na construção, este trabalho comprova que eles não aparecem tão frequentemente quanto se deveria esperar na literatura atual. Mesmo o modesto plano de projeto e construção de

Josh Stewart, Patrick Loo e Sebastian questiona a eficácia dos atuais modelos para representar o relacionamento entre os participantes, tecnologia e processos de projeto/construção. Isso acrescenta valor às proposições de McCarthy e Wright, que requerem modelos mais ricos para entender a interação homem-computador [53].

Compreensivelmente, sempre foi um pré-requisito que o arquiteto tenha sensibilidade para muitas disciplinas a fim de garantir a construção de um edifício. Um arquiteto pode não ser totalmente qualificado na marcenaria, em orçamentação, em alvenaria ou em engenharia elétrica e mecânica, mas tem um conhecimento básico de tudo isso. No entanto, essa ampla base de conhecimentos e de competências tem incluído, cada vez mais, informática e habilidades de programação, que ainda não foram adotadas como legítimos constituintes arquitetônicos. Arquitetos como Gehry e Eisenmann são ocasionalmente citados como exemplos do arquiteto *designer* da forma purista, pois técnicos e poderosas tecnologias os liberam do processo de "colocar as mãos na massa" da construção de edifícios. No entanto, esse modelo de projetista parece estar retrocedendo e o arquiteto como um "*hacker* que coloca as mãos na massa" ou *homo universalis* parece estar avançando. Com competências em vários domínios, os arquitetos continuam a testar limites e possibilidades, usando a programação para informar a geração da forma, usando idéias arquitetônicas para conduzir novas colaborações e formas de espaço.

## **Agradecimentos**

Gostaria de agradecer a Josh Stewart, que me apresentou à matemática Voronoi e sugeriu a atividade do dia aberto, analisada no ítem 2.4. Essa atividade foi baseada no trabalho de projeto realizado por Josh, Sebastian Hamilton e Patrick Loo, que também merecem agradecimentos e que estimularam alguns dos temas explorados neste trabalho.

## **Referências**

Three die as tower block collapses. BBC. Available at:

[http://news.bbc.co.uk/onthisday/hi/dates/may/16/newsid\\_2514000/2514277.stm](http://news.bbc.co.uk/onthisday/hi/dates/may/16/newsid_2514000/2514277.stm)

(2003) PFI Construction Performance. London, House of Commons Committee of Public Accounts.

(2007a) *Design for Manufacturer Competition*. English Partnerships.

(2007b) Nike to Cease Manufacturing Products. The Onion. Available at:

<http://www.theonion.com/content/node/39276>

(2008) Dwell Home *Design* Competition. archiCentral. Available at:  
<http://www.archicentral.com/dwell-home-design-competition-1684>

AMARATUNGA, D., BALDRY, D. & SARSHAR, M. (2001) Process improvement through performance measurement: the balanced scorecard methodology. *Work Study*, 50, 179-188.

ANDERSON, C. (2010) In the Next Industrial Revolution, Atoms Are the New Bits. WIRED.

BOWDEN, S., DORR, A., THROPE, T. & ANUMBA, C. (2006) Mobile ICT support for construction process improvement. *Automation in Construction*, 664-676.

BRESNEN, M. & MARSHALL, N. (2000) Partnering in construction: a critical review of issues, problems and dilemmas. *Construction Management and Economics*, 18, 229-237.

BROADBENT, G. (1969) Meaning into Architecture. IN CHARLES, J. & BAIRD, G. (Eds.) *Meaning in Architecture*. London, Barrie and Rockcliff.

BULLOCK, N. (2007) You assemble a Lorry, but you build a House: Noisy-le-Sec and the French Debate on Industrialised Building 1944-49. *Construction History*, 22, 75-95.

COMIT (2003) Current Status of Mobile IT.

CORBUSIER, L. (1987) *Vers une architecture*, Oxford, Architectural Press.

COYNE, R., NEWTON, S., MCLAUGHLIN, S., JUMANI, A., SUDWEEKS, F. & HAYNES, D. (1996) *Computers in Practice*. Edinburgh, University of Edinburgh.

EGAN, S. J. (1998) *Rethinking Construction: The Report of the Construction Task Force*. London, Department of Trade and Industry.

FLETCHER, B. (1956) *A History of Architecture on the comparative method: for students, craftsmen & amateurs*, London, Batsford.

GARRIGAN, K. O. (1973) *Ruskin on Architecture*, Wisconsin, The University of Wisconsin Press.

HILL, C. (2001) Latham's legacy. *Building*.

INGIRIGE, B. & SEXTON, M. (2007) Intranets in large construction organisations: exploring advancements, capabilities and barriers. *ITCon*.

- JONES, K. & KALUARACHCHI, Y. (2007) Operational factors affecting strategic partnering in UK social housing. *Engineering, Construction and Architectural Management*, 14, 334-345.
- JONES, K. & YAMUNA, D. K. (2007) Monitoring of a strategic partnering process: the Amphion experience. *Construction Management and Economics*, 25, 1053-1061.
- KOSKELA, L. & VRIJHOEF, R. (2007) Is the current theory of construction a hindrance to innovation. *Building and Research Information*, 29, 197-207.
- LAEDRE, O. & HANGEN, T. I. (2001) Use of Project Partnering in Construction. *Construction Economics and Organization*. Gothenburg, Chalmers.
- LATHAM, S. M. (1994) Constructing the team: final report. London, H.M.S.O.
- LOCKE, R. M. & SITEMAN, A. J. The Promise and Perils of Globalization: The Case of Nike.
- MARX, K. (1977) Grundrisse. IN MCCLELLAN, D. (Ed.) *Karl Marx: Selected Writings*. Oxford, Oxford University Press.
- MCCARTHY, J. & WRIGHT, P. (2004) *Technology as Experience*, Cambridge, Massachusetts, MIT Press.
- MCEWEN, I. (2003) *Vitruvius: writing the body of architecture*, London, England, The MIT Press.
- MCMORDIE, M. (1975) Picturesque Pattern Books and Pre-Victorian *Designer*. *Architectural History*, 18, 43-59 & 109-112.
- METS, M. (2010) Portable wooden CNC machine. Make:.
- PARRY, R. (2007) Episteme and Techne. Stanford Encyclopedia of Philosophy.
- PATHIRAGE, C. P., AMARATUNGA, D. G. & HAIGH, R. P. (2007) Tacit Knowledge and organisational performance: construction industry perspective. *Journal of Knowledge Management*, 11, 115-126.
- PÉREZ-GÓMEZ, A. (1983) *Architecture and the Crisis of Modern Science*, Cambridge, MIT Press.
- POLLIO, V. (1960) *The Ten Books of Architecture*, New York, Dover Publications, Inc.

POTTIER, F. & ACHUR, J. (2007) Construction Statistics Annual 2007. IN REFORM, D. F. B. E. R. (Ed.). London.

RAWLINS, T. (1768) *Familiar architecture; consisting of original designs of houses for gentlemen and tradesmen, parsonages and summer retreats.*

RORYRORY (2008) Gerritt Rietveld- Schroder House, 1923-24. Flickr.

SMEDRESMAN, G. (2007) 3D Voronoi Script. SEVENSIXFIVE.

TAYLOR, D. (2003) Partnering will tear us apart. *Building.*

WEAVER, M. (2005) Government admits problems with PFI home repairs. *Guardian.* Harrogate.

WOOLLEY, T. (2006) *Natural building : a guide to materials and techniques*, Ramsbury, Crowood.

YESSOS, C. (2006) The Singularity of *Design Creativity*. *eCAADe: Communicating Spaces*. Volos, Greece, Xourafas.

## **Notas**

[1] De acordo com McEwen, existe evidência de outro texto oficial do século XVI. Entretanto, foi o texto de Vitruvius que exerceu maior influência. Para mais informações veja MCEWEN, I. (2003) *Vitruvius: writing the body of architecture*, London, England, The MIT Press.

[2] Para saber mais sobre esse tema, veja POLLIO, V. (1960) *The Ten Books of Architecture*, New York, Dover Publications, Inc.

[3] Para saber mais sobre esse tema, veja MCMORDIE, M. (1975) *Picturesque Pattern Books and Pre-Victorian Designer*. *Architectural History*, 18, 43-59 & 109-112. Veja também RAWLINS, T. (1768) *Familiar architecture; consisting of original designs of houses for gentlemen and tradesmen, parsonages and summer retreats.*

[4] CORBUSIER, L. (1987) *Vers une architecture*, Oxford, Architectural Press.

[5] Esse posicionamento foi criticamente discutido por Pérez-Gómez. Para saber mais sobre este tema, veja PÉREZ-GÓMEZ, A. (1983) *Architecture and the Crisis of Modern Science*, Cambridge, MIT Press.

[6] CORBUSIER, L. (1987) *Vers une architecture*, Oxford, Architectural Press.

[7] As casas privadas modernas no Reino Unido começaram com esforços como os de Le Château em Silver End por T.S. Tait (com Frederick MacManus) (1927-8). Foram finalizados com uma mão de reboco por cima da estrutura de tijolos, tentando emular a aparência do concreto. Para saber mais sobre este tema, veja FLETCHER, B. (1956) *A History of Architecture on the comparative method: for students, craftsmen & amateurs*, London, Batsford.

[8] Broadbent explorou profundamente a crítica da inconsistência entre forma e significado, veja BROADBENT, G. (1969) *Meaning into Architecture*. IN CHARLES, J. & BAIRD, G. (Eds.) *Meaning in Architecture*. London, Barrie and Rockcliff.

[9] RORYRORY (2008) Gerritt Rietveld- Schroder House, 1923-24. Flickr. Uso unicamente para fins acadêmicos.

[10] Ruskin resistiu e criticou industrialização e padronização e no context corrente desta tese seus argumentos são aceitos. Entretanto seus argumentos não se apresentam sem critica. Veja GARRIGAN, K. O. (1973) *Ruskin on Architecture*, Wisconsin, The University of Wisconsin Press.

[11] Para o discurso atual sobre a influência da indústria de manufaturas e o processo de produção automotiva veja KOSKELA, L. & VRIJHOEF, R. (2007) Is the current theory of construction a hindrance to innovation. *Building and Research Information*, 29, 197-207.

[12] Para uma revisão mais detalhada da pré-fabricação no período pós-guerra veja BULLOCK, N. (2007) You assemble a Lorry, but you build a House: Noisy-le-Sec and the French Debate on Industrialised Building 1944-49. *Construction History*, 22, 75-95.

[13] Três morrem no desabamento das torres. BBC "Um inquérito público sobre o desabamento em agosto de 1968 concluiu que uma explosão de gás provocou o desabamento de um edifício estruturalmente defeituoso. Foi "fabricado sistemicamente" usando painéis de concreto pré-fabricado aparafusados como um conjunto *meccano* gigante." . Mais críticas a pré-frabricados na construção civil podem ser encontradas em KOSKELA, L. & VRIJHOEF, R. (2007) Is the current theory of construction a hindrance to innovation. *Building and Research Information*, 29, 197-207.

[14] (2007b) Nike to Cease Manufacturing Products. The Onion.

[15] Para a industria manufatureira, China se tornou o país escolhido para sub-

contratação e o setor financeiro favorece o subcontinente indiano.

[16] Nike emprega aproximadamente 500,000, mas somente 22,658 diretamente, até o momento da pesquisa. Para saber mais sobre este tema, veja LOCKE, R. M. & SITEMAN, A. J. *The Promise and Perils of Globalization: The Case of Nike*.

[17] Para saber mais sobre este tema, veja MARX, K. (1977) *Grundrisse*. IN MCCLELLAN, D. (Ed.) *Karl Marx: Selected Writings*. Oxford, Oxford University Press.

[18] A cerimonia de encerramento não é necessariamente a finalização do projeto de construção, quando as Torres Petronas na Malaysia foram inauguradas ainda havia muito trabalho a ser completo no interior. A inauguração foi mais como a celebração da finalização da sua aparência externa.

[19] Em 1983 o Conselho Internacional de Pesquisa e Inovação em Edificação e Construção Civil (CIB) foi criado e inicialmente focou em Sistemas de Computer Aided Design (CAD), que desde então têm ampliado sua competência para incluir Tecnologia da Informação (IT) genérica. A Comissão Européia também fundou muitas iniciativas focadas na inovação utilizando IT. Para saber mais sobre este tema, veja BOWDEN, S., DORR, A., THROPE, T. & ANUMBA, C. (2006) Mobile ICT support for construction process improvement. *Automation in Construction*, 664-676.

[20] COMIT (2003) Current Status of Mobile IT.

[21] LATHAM, S. M. (1994) *Constructing the team: final report*. London, H.M.S.O.

[22] Em 1993, o valor da produção da indústria de construção foi £62.8 bilhões, em 2006 foi de £80 bilhões. Para mais estatísticas em produção da industria da construção, veja POTTIER, F. & ACHUR, J. (2007) *Construction Statistics Annual 2007*. IN REFORM, D. F. B. E. R. (Ed.). London.

[23] Ibid.

[24] Ibid.

[25] Ibid.

[26] Para mais discussões sobre a implementação do estudo Latham, veja HILL, C. (2001) *Latham's legacy*. *Building*.

[27] EGAN, S. J. (1998) *Rethinking Construction: The Report of the Construction Task*

Force. London, Department of Trade and Industry.

[28] AMARATUNGA, D., BALDRY, D. & SARSHAR, M. (2001) Process improvement through performance measurement: the balanced scorecard methodology. *Work Study*, 50, 179-188.

[29] EGAN, S. J. (1998) Rethinking Construction: The Report of the Construction Task Force. London, Department of Trade and Industry.

[30] BRESNEN, M. & MARSHALL, N. (2000) Partnering in construction: a critical review of issues, problems and dilemmas. *Construction Management and Economics*, 18, 229-237, TAYLOR, D. (2003) Partnering will tear us apart. *Building*.

[31] Para saber mais sobre este tema, veja WEAVER, M. (2005) Government admits problems with PFI home repairs. *Guardian*. Harrogate.

[32] LAEDRE, O. & HANGEN, T. I. (2001) Use of Project Partnering in Construction. *Construction Economics and Organization*. Gothenburg, Chalmers.

[33] EGAN, S. J. (1998) Rethinking Construction: The Report of the Construction Task Force. London, Department of Trade and Industry.

[34] (2003) PFI Construction Performance. London, House of Commons Committee of Public Accounts.

[35] Ibid.

[36] WEAVER, M. (2005) Government admits problems with PFI home repairs. *Guardian*. Harrogate.

[37] Um estudo da *House of Commons* aponta que alguns anos após finalizados, 20% dos edifícios requerem alterações nas instalações. Para saber mais sobre este tema, veja (2003) PFI Construction Performance. London, House of Commons Committee of Public Accounts.

[38] No caso da parceria uma solução de *design* pode ser passada de um profissional original do projeto para uma empresa construtora ou para seu profissional indicado que, então, iria modificá-lo para ser construído de maneira rentável, sem o consentimento do criador original.

[39] Para saber mais sobre este tema, veja JONES, K. & KALUARACHCHI, Y. (2007)

Operational factors affecting strategic partnering in UK social housing. *Engineering, Construction and Architectural Management*, 14, 334-345. Also see JONES, K. & YAMUNA, D. K. (2007) Monitoring of a strategic partnering process: the Amphion experience. *Construction Management and Economics*, 25, 1053-1061.

[40] *Design* e edificação não é nada sem seus críticos. O popular programa de televisão *Grand Designs* frequentemente ilustra *design* e edificação degenerando-se em eternas mudanças resultando em longos e frustrantes programas de edificação.

[41] Dentro do atual clima financeiro e ambiental, Tom Woolley continua a construir e reportar sobre o valor da metodologia do *design* e edificação. Para saber mais sobre este tema, veja WOOLLEY, T. (2006) *Natural building : a guide to materials and techniques*, Ramsbury, Crowood.

[42] Para saber mais sobre este tema, veja (2007a) *Design for Manufacturer Competition*. English Partnerships. and (2008) *Dwell Home Design Competition*. archiCentral.

[43] O sistema HUF House foi reportada para ser montada e impecável em menos de sete dias. Veja Huf Haus. Huf Haus.

[44] Sobre o discurso atual em fragmentação da construção civil, veja KOSKELA, L. & VRIJHOEF, R. (2007) Is the current theory of construction a hindrance to innovation. *Building and Research Information*, 29, 197-207. Também veja INGIRIGE, B. & SEXTON, M. (2007) Intranets in large construction organisations: exploring advancements, capabilities and barriers. *ITCon*. Também veja PATHIRAGE, C. P., AMARATUNGA, D. G. & HAIGH, R. P. (2007) Tacit Knowledge and organisational performance: construction industry perspective. *Journal of Knowledge Management*, 11, 115-126.

[45] YESSOS, C. (2006) The Singularity of *Design Creativity*. *eCAADe: Communicating Spaces*. Volos, Greece, Xourafas.

[46] Ibid.

[47] SMEDRESMAN, G. (2007) 3D Voronoi Script. SEVENSIXFIVE.

[48] METS, M. (2010) Portable wooden CNC machine. Make:.

[49] ANDERSON, C. (2010) In the Next Industrial Revolution, Atoms Are the New Bits. WIRED.

[50] COYNE, R., NEWTON, S., MCLAUGHLIN, S., JUMANI, A., SUDWEEKS, F. & HAYNES, D. (1996) *Computers in Practice*. Edinburgh, University of Edinburgh.

[51] Antes do iluminismo, existe menos distinção entre arte e ciência. O latim *ars* é a palavra da qual o termo moderno *arte* deriva. Historicamente, *ars* significa arte, habilidade e técnica, a expressão não distingue entre o que nós poderíamos agora referir como arte e ciência. Também a expressão *poiesis*, significando criação, produção e poesia, mistura as noções de arte e produção.

[52] Traduzida tanto como arte ou como técnica. PARRY, R. (2007) *Episteme and Techne*. Stanford Encyclopedia of Philosophy.

[53] MCCARTHY, J. & WRIGHT, P. (2004) *Technology as Experience*, Cambridge, Massachusetts, MIT Press.