

Tema: oficial de submissão

## **DESENVOLVIMENTO DE DIRETRIZES PARA PROJETO DE EDIFICAÇÕES PARA FINS DIDÁTICOS COM SISTEMA ESTRUTURAL CONSTRUTIVO MODULAR EM AÇO\***

Maria Emília Penazzi<sup>1</sup>  
Alex Sander Clemente de Souza<sup>2</sup>

### **Resumo**

O presente estudo propõe parâmetros para a adoção de sistema estrutural construtivo modular em aço, permitindo a elaboração de soluções técnicas de modo flexível e adaptável à concepção do edifício, compreendendo também o atendimento ao respectivo programa de necessidades do espaço didático. Valendo-se de uma abordagem teórica, o trabalho apresenta uma revisão bibliográfica sobre conceitos de industrialização e construção industrializada, abordando a situação atual no Brasil, além de confrontar as principais tecnologias industrializadas presentes hoje no segmento da construção civil, permitindo-se com isso, optar pela utilização do sistema modular em aço como opção para o processo de produção de edificações para fins didáticos aqui estudado, com base na fundamentação teórico-metodológica desenvolvida. Na sequência, são caracterizadas duas tipologias de edificações didáticas, em relação ao espaço físico para atender as demandas arquitetônica, porém considerando também aspectos logísticos. Adicionalmente, a pesquisa apresenta caráter aplicativo, pois é motivada pela necessidade de se resolver problemas reais, portanto, com finalidade prática.

**Palavras-chave:** Sistema modular em aço; Industrialização da construção; Racionalização.

## **ARCHITECTURAL PROJECT DEVELOPMENT AND CONSTRUCTIVE STEEL FRAME SYSTEM GUIDELINES FOR TEACHING PURPOSES**

### **Abstract**

This study proposes a set of parameters for the adoption of constructive steel modular structural system which allows the development of technical solutions in a flexible and adaptable way according to the design of the building. It also meets need of the respective

---

<sup>1</sup>Arquiteta e Urbanista (2006). Mestranda pelo Programa de Pós-Graduação em Estruturas e Construção Civil (PPGECiv), da Universidade Federal de São Carlos (UFSCar), bolsista CNPq. Mestrado em andamento com ênfase em industrialização da construção, racionalização do processo construtivo, e sistema estrutural modular em aço. E-mail: [mepenazzi@yahoo.com.br](mailto:mepenazzi@yahoo.com.br)

<sup>2</sup>Professor Associado do Departamento de Engenharia Civil da UFSCar São Carlos – SP. Graduado em Engenharia Civil pela Universidade Federal do Ceará (1994), mestrado em Engenharia Civil (Engenharia de Estruturas) pela Universidade de São Paulo (1998) e doutorado em Engenharia Civil (Engenharia de Estruturas) pela Universidade de São Paulo (2003). E-mail: [alex@ufscar.br](mailto:alex@ufscar.br)

---

\* Contribuição técnica ao **Construmetal 2014** – Congresso Latino-Americano da Construção Metálica – 02 a 04 de setembro de 2014, São Paulo, SP, Brasil.



teaching space program. Based on a theoretical approach, this paper presents a literature review about concepts of industrialization and industrialized construction by addressing the major industrialized technologies present in the construction industry nowadays. Hence it allows the choice to use the modular system of steel as an option for the production of the buildings for teaching purposes, based on the developed theoretical-methodology foundation. Following, two types of educational buildings are characterized, connected to the physical space in order to meet architectural demands, however it also considers the logistic aspects. Furthermore, this research presents feasibility since it is motivated by the need to solve real problems, thus with practical purpose.

**Keywords:** Steel Modular System; Industrialization of construction; Rationalization.

## 1 INTRODUÇÃO

O atual cenário da construção civil no país pode ser considerado favorável à adoção de novas tecnologias. Fatores como o aumento de custo de mão de obra, o aquecimento da economia, a crescente demanda por obras novas, a normatização de critérios e requisitos de desempenho, a abertura do mercado da construção civil com a importação de novos produtos e tecnologias, entre outros, formam um terreno propício para que empresas construtoras busquem na industrialização da construção alternativas viáveis de serem implantadas, tecnicamente e financeiramente. Neste contexto, o conceito de modulação é parte intrínseca aos principais processos industrializados atualmente disponíveis no ramo da construção civil.

Segundo Glass [1], a ideia de se conceber módulos de espaços completos unidos na fábrica que configurem cômodos é denominada construção volumétrica. Algumas tipologias têm adotado de forma crescente este tipo de sistema, como edifícios comerciais, públicos e privados de diversas funcionalidades.

Os sistemas estruturais e construtivos, podem se apresentar sob diferentes formas. Tudo vai depender das variáveis envolvidas no desenvolvimento do projeto, onde uma determinada solução, ou conjunto delas, contribui para a adoção de uma composição específica de elementos que vão formar um sistema. A forma de estabelecimento do desempenho arquitetônico e construtivo, como exposto na NBR 15575-1 [2], é comum e pensada por meio da definição de requisitos qualitativos, critérios quantitativos ou premissas, e métodos de avaliação.

Falhas na escolha do sistema estrutural e construtivo, para NBR 15575-1 [2], podem surgir por falta diretrizes no desenvolvimento de projeto, emprego de materiais, na elaboração de especificações, e detalhamentos no desenvolvimento do projeto, que acabam por levar a improvisações no momento da execução, abrindo margem para o surgimento de futuros problemas, dificultando a eficiência da edificação, e consequentemente, diminuindo a qualidade para o usuário, assim como a vida útil do mesmo e da edificação como um todo.

A atividade da construção de edifícios tem grande importância para a movimentação da economia do país. De acordo com Melhado [3], a temática da qualidade no setor da construção civil vem ganhando importância tanto no meio acadêmico como empresarial, com forte crítica ao desempenho, sobretudo quanto ao desperdício de material e mão de obra.



Dentro destas colocações, o intuito deste trabalho é agregar conhecimento relativo à melhoria da qualidade de projetos para ocupações com fins didáticos, propondo parâmetros para a adoção de sistema estrutural construtivo modular em aço, de modo a permitir a elaboração de soluções técnicas de modo flexível e adaptável à concepção do edifício, compreendendo também o atendimento ao respectivo programa de necessidades do espaço didático. Nesta lacuna esta pesquisa irá contribuir para atenuar a escassez de informações idôneas sobre o assunto.

### 1.1 Processo construtivo industrializado

Para Mamede [4], o processo construtivo na industrialização apresenta caráter repetitivo, bem representado pelo sistema de pré-fabricados, que reduz os desperdícios, o que reflete diretamente na produtividade da mão de obra. No entanto, antes de se tornarem tarefas muito repetitivas, os procedimentos e os processos devem ser altamente coerentes, para não se correr o risco de reproduzirem, em larga escala, também os erros.

Ainda de acordo com o autor, o grande diferencial dos processos construtivos industrializados é verificado 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. A partir daí foram criados sistemas de pré-fabricação dos elementos para obras e desenvolvidos equipamentos para executar a montagem desses elementos na construção de edificações. De modo que tais sistemas possam construir edifícios no menor espaço de tempo com custos reduzidos e oferecendo os benefícios da padronização, qualidade e racionalização.

A cada dia surgem novos produtos pré-fabricados ditos inovadores, para atender à crescente demanda de industrialização no canteiro de obra, o que pode ser positivo sob os aspectos de racionalização das construções para fins didáticos.

### 1.2 Desempenho e qualidade: instrumentos para projeto

Dentre os aspectos construtivos do espaço físico educativo, merecem destaque o conforto ambiental, conjunto de situações térmica, acústica, visual, segurança, entre outras, que propicia sensação de bem-estar aos usuários de um ambiente, no caso alunos e professores em geral. A inobservância dessas condições, para Santos [5], constitui a principal causa de sintomas diversos e desagradáveis, como: a fadiga, desconcentração, desânimo, entre outros.

Desse modo, entre os problemas relativos à implantação de salas de aula, existem as questões de conforto ambiental, que interferem diretamente no desempenho e qualidade da edificação. Sendo assim, por exemplo, a baixa qualidade do ar é um potencial fator desencadeador de doenças, que ausentam os alunos do local de ensino, prejudicando o desempenho de aprendizagem. Alguns efeitos da má qualidade do ar, tais como: irritação nos olhos, infecções nas vias aéreas superiores, náusea, fadiga ou sonolência, dor de cabeça e vertigem. São sintomas definidos pela Organização Mundial da Saúde (OMS), como Síndrome do Edifício Doente (SED), na língua inglesa classificada "*sick building syndrome*" pela Environmental Protection Agency.

Portanto, o desempenho dos projetos de edifícios para fins didáticos, é o componente prioritário na qualidade do local de aprendizagem, pois está diretamente relacionado às

características de sua utilização, que por sua vez determinarão o grau de satisfação dos usuários final, docentes e discentes.

De forma análoga, para os autores Medeiros e Melhado [6], grande parte das decisões tomadas na fase de concepção do projeto podem afetar o ciclo de vida do empreendimento até a fase de operação e manutenção, de forma que o projeto tem um papel importante como síntese do conhecimento gerado pela equipe projetista.

Neste contexto, devido à importância da etapa projeto, é necessário considerar os instrumentos utilizados como recursos de projetos. Assim, as Normas Técnicas Brasileiras em vigência, possuem grande importância para a concepção do edifício em estudo, agrupando-se em quatro categorias: Conforto Térmico, Conforto Acústico, Conforto Luminoso e Desempenho (Quadro 1). Elas servem de referência para os procedimentos a serem adotados para organização, dimensionamento e verificação dos espaços e sistemas projetados, além de apresentarem critérios para as avaliações a serem realizadas na execução de projetos.

**Quadro 1 – Importância e descrição das normas técnicas**

Importância	Descrição
Conforto Térmico	Alguns dos principais problemas de implantação das salas de aula se relacionam às questões de conforto ambiental, entre eles pode-se citar, o desconforto térmico.
Conforto Acústico	É recomendável proporcionar conforto sonoro em ambientes destinados ao ensino, com baixos níveis de ruído de fundo, pois favorecem a concentração no trabalho intelectual, e a boa condição sonora também beneficia a comunicação verbal.
Conforto Luminoso	É compreendido como a existência de um conjunto de condições em determinado ambiente, no qual o ser humano pode desenvolver suas tarefas visuais com o máximo de perspicácia, e precisão visual.
Desempenho	Esta Norma busca contemplar o conforto, estabilidade, e vida útil adequada para edificação e usuário final.

Fonte: Elaborado pelo autor, 2014.

### **1.3 Alguns sistemas construtivos industrializados e a escolha adotada na pesquisa**

Em tempos de economia aquecida, construtoras concorrem por obras públicas de infraestrutura, e o aumento na demanda por empregados especializados pressiona os custos de contratação. Como resultado, o Índice Nacional de Custo da Construção (INCC) sobe, a margem de lucro dos empreendimentos fica achatada, e encarecem os imóveis para o consumidor final.

Neste contexto, os sistemas industrializados da construção, por exemplo, os pré-moldados e os pré-fabricados, racionalizam recursos humanos, e são executivamente muito mais rápidos.

Desta forma, diferente da construção convencional, onde todas as tarefas das obras são executadas através do elemento humano, a construção industrializada utiliza equipamentos automatizados para fabricação e montagem dos seus componentes ou elementos construtivos. Oferecem vantagens como organização de processos executivos, qualidade, controle tecnológico, segurança e agilidade muito superior.



Para tanto, no Quadro 2, são expostos alguns métodos construtivos industrializados, abordando suas vantagens e desvantagens.

**Quadro 2 – Alguns métodos construtivos industrializados**

Sistema	Vantagens	Desvantagens
<i>Wood Frame</i>	Possui comportamento estrutural superior ao da alvenaria estrutural em resistência; conforto térmico; conforto acústico.	No Brasil, esse sistema ainda é muito pouco conhecido e utilizado, por falta de conhecimento técnico, por preconceito associado a má utilização da madeira como material de construção e por falta de normalização.
<i>Steel Frame</i>	Baixos preços; qualidade homogênea; alto desempenho estrutural; baixo peso; produção em massa; facilidade de pré-fabricação.	Pode considerar que é um produto tecnológico novo no país; foge ao tradicional ou convencional e desperta sentimentos de suspeita e insegurança.
<i>Containers</i>	Econômicos e flexíveis; Possuem baixo custo de construção; Estruturalmente sólidas; fácil transporte; flexibilidade construtiva; reutilização de containers em desuso; curto prazo de construção.	Exige acabamentos e revestimentos para garantir o conforto do usuário; Necessita de equipamento especializado, como empilhadeiras e guindastes, para transportar e auxiliar na montagem.
<b>Modular em aço</b>	Módulos flexíveis a vários espaços; adequado e adaptável a uma variedade de necessidades; baixo custo de construção; estruturalmente sólidas; fácil transporte; flexibilidade construtiva; menos desperdícios com erros de execução; rapidez na montagem; maior nível industrialização.	Necessita de equipamento especializado, como empilhadeiras e guindastes, para transportar, movimentar e auxiliar na montagem.
Pré-fabricados de concreto	Rapidez; limpeza da obra; garantia da construção; possibilidade de combinação de materiais diferentes.	O preço relativamente alto; necessidade do projeto ser modular; possibilidade de fissuras na junção entre placas e a dificuldade de reformar a edificação.

Fonte: Elaborado pelo autor, 2014.

Tais informações balizaram a escolha adotada para o desenvolvimento do projeto nesta pesquisa, no caso, o sistema modular em aço. Tal sistema possui características importantes, para as principais interfaces do trabalho em questão, contribuindo com a qualidade do produto final: diretrizes de projeto para fins didáticos, que atendam às Normas Brasileiras em vigência, conjugando desempenho e flexibilidade projetual.

Ainda neste contexto, serão exemplificados alguns sistemas semelhantes ao adotado na presente pesquisa, como os casos apresentados por Lawson e Ogden [7]. Trata-se de projetos executados no Reino Unido, que têm demonstrado os benefícios das tecnologias de construção de pré-fabricados, como o premiado projeto *Murray Grove* em Hackney, Londres, concluído em 1999, que utilizou módulos prontos nas dimensão 8,00m de comprimento, por 3,00m de largura, com 3,20m de pé direito. Mais recentemente, o projeto *Lillie Road*, em Fulham, oeste de Londres, concluída em 2003, usou estruturas de aço leve, banheiros

modulares para este edifício de uso misto. Em ambos os projetos, o cliente foi *The Peabody Trust*, que teve um forte interesse em realizar o valor benéfico destas tecnologias relativamente novas. Esses projetos são ilustrados na Figura 1.

**Figura 1-** *Royal Northern College of Music*, em Manchester, composto por 900 módulos de aço empilhados, e instalação de unidades modulares em *Murray Grove*, Hackney, Londres



Fonte: LAWSON e OGDEN, 2008

Nas duas situações, conforme Figura 2, Lawson e Ogden [7], destaca os sistemas construtivos volumétricos fabricados a partir de painéis em estrutura de aço leve, cujos módulos são montados fora do empreendimento, e transportados para o canteiro de obras, apenas para montagem.

**Figura 1 –** Construção mista (comercial e residencial) em Wilmslow Road, Manchester, com 1.400 módulos em estrutura de aço, e o projeto modular em Lillie Road, Fulham, em Londres



Fonte: LAWSON e OGDEN [7]

Exemplo atual, localizado em Nova Iorque, temos o edifício conhecido como A Pilha, na língua inglesa, *“The Stack”*. Localizado na parte superior de Manhattan, o projeto foi realizado por associados Jeffrey M. Brown, mais associados e arquitetos *Gluck*. Trata-se de um edifício residencial (Figura 2), sendo que seu projeto possui 28 unidades de ocupação, em sete pisos, composto de 56 módulos pré-fabricados, empilhados em 19 dias, com um grupo de oito trabalhadores experientes em construção com aço, operador de guindaste, e seis assistentes. Demorou alguns meses para preparar o local e construir a fundação, base do edifício, enquanto uma equipe acompanhava a construção dos módulos em uma fábrica localizada na Pensilvânia.



**Figura 2 - Montagem dos módulos e edifício pronto**

Fonte: <http://gluckplus.com/project/the-stack> - acesso em 05/02/2014

O projeto deste edifício residencial, apresenta a praticidade e viabilidade da construção pré-fabrica modular. No interior, existem diferentes combinações de unidades, que fornecem integridade estrutural, bem como uma variada nos tipos de *layouts* para os moradores.

No Brasil, estamos no início do desenvolvimento da indústria da construção com módulos para edifícios de diversos usos, enquanto nos Estados Unidos há bastante experiência na produção de construções modulares, parte construída em uma fábrica, transportada e montada no local.

Destarte, Guarnier [8] sugere que arquitetos, engenheiros e profissionais ligados à construção devam manter suas bases informacionais e tecnológicas atualizadas, de forma a estarem familiarizados com conceitos inovadores, para assegurar a inserção de construções de excelência ao mercado nacional, elevando o nível da qualidade de nossas edificações, com opções racionalizadas e inovações tecnológicas.

Exemplos de estudos correlacionados com o tema proposto nesta pesquisa como Caiado [9], Rezende e Gouveia [10], Lawson e Ogden [7] e Van Der Laan [11], constataam a importância atual de trabalhos correlacionados a construções modulares, industrialização e racionalização no processo construtivo, com a utilização de estruturas metálicas, complementando e dando sequencia em estudos e materiais já existentes, dentro do fluxo de continuísmo inerente ao processo científico.

## 2 MATERIAIS E MÉTODOS

Para a fundamentação teórico-metodológica do trabalho, serão utilizados meios bibliográficos, através de pesquisas relativas ao tema em material científico publicado em livros, teses, dissertações, artigos científicos, revistas, *sites da internet*.

Inicialmente, o levantamento bibliográfico foi desenvolvido visando à caracterização das principais tipologias, em consonância com princípios de arquitetura de ensino superior. Na sequencia, a pesquisa bibliográfica teve continuidade abordando sistema estrutural construtivo, abordando seus conceitos, requisitos e critérios.

Dentro deste levantamento bibliográfico, foi estudado o programa básico de necessidades (PBN) do Edifício de Aulas Teóricas 7 (AT7), localizado na UFSCar Campus São Carlos. Paralelamente, com base no material levantado relativo aos sistemas construtivos industrializados disponíveis, e de comparações de suas características, foi escolhido o sistema estrutural construtivo modular em aço, para o desenvolvimento das tipologias modelo de edificações de salas de aula, mantendo-se as características dimensionais do edifício, visto que



o AT7 é adotado como modelo padrão dentro da UFSCar para edifícios de salas de aula. Nesta etapa, são apresentadas diretrizes que embasaram as escolhas relativas à concepção e detalhamento do sistema estrutural adotado.

Para o desenvolvimento da pesquisa, será utilizado algumas ferramentas de trabalho, tais como, para realizar análise tridimensional das estruturas será aplicado *softwareSAP2000*<sup>®</sup>, para executar os projetos e detalhes construtivos será utilizado programa *AutoCAD*<sup>®</sup>, para elaborar as maquetes e renderizar as imagens o *softwareSketchUp*<sup>®</sup>, e para tabular as informações necessárias será aplicado o *software Excel*<sup>®</sup>.

A necessidade do desenvolvimento de uma pesquisa exploratória se dá devido ao tema proposto: “Desenvolvimento de diretrizes para projeto de edificações para fins didáticos com sistema estrutural construtivo modular em aço”. Este, devido a sua complexidade e amplitude, exige uma observação multidisciplinar dos acontecimentos, que envolve conhecimentos de engenharia, arquitetura e gestão, por exemplo.

### 3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Para a adoção dos parâmetros do sistema construtivo adotado nesta pesquisa, iniciou-se pela concepção arquitetônica, avaliando as características das estruturas em aço ao iniciar as diretrizes de projeto, procurando a modulação adequada, para que os custos finais fossem menores. Desse modo, as premissas para o desenvolvimento do projeto central do presente trabalho estão sintetizadas no Quadro 3.

**Quadro 3 – Resumo da escolha dos sistemas construtivos**

Sistema	Descrição
Fundação	Convencional tipo radier
Estrutura	Perfis comerciais de chapa de aço formados a frio
Vedação horizontal laje / piso	Painel OBS
Vedação vertical externa	Painel pré-fabricado de concreto
Vedação vertical interna	Sistema <i>Dry-Wall</i> e painel removível
Cobertura	Telhas metálicas

Fonte: Elaborado pelo autor, 2013.

No sistema estrutural modular em aço, serão utilizados perfis comerciais de chapa de aço formados a frio, e suas ligações serão preferencialmente parafusadas para facilitar a montagem, por tanto, no projeto serão utilizados produtos disponíveis na indústria nacional, que atendem às Normas Técnicas em vigência.

Após a definição do sistema construtivo modular, será apresentado na sequência o desenvolvimento de duas propostas de projetos para a tipologia dos módulos, no caso, tipologia 01 e tipologia 02. Tais propostas diferenciar-se-ão no que se refere às dimensões do módulo. Provando desse modo, que o projeto modular em aço pode se adaptar a vários programas de necessidades, e com diversas formas geométricas arquitetônicas.



Pensando na interface do processo global de fabricação, deve-se considerar que o módulo virá pronto de fábrica para instalação na obra, acarretando transporte especial na zona urbana. Foram consideradas as dimensões máximas de transporte através de caminhões sem restrições de tráfego segundo o ANTT (Agência Nacional de Transporte Terrestre), que são: 18,15 m (comprimento); 2,60 m (largura); 4,40 m (altura).

Estudou-se uma relação métrica na qual fosse possível tirar o máximo do aproveitamento em relação a flexibilidade construtiva e estética voltado para o espaço didático. Com isso definiu-se o módulo parcialmente montado (tipologia 01) com: 10,00m (comprimento); 5,00m (largura); 3,55m (altura).

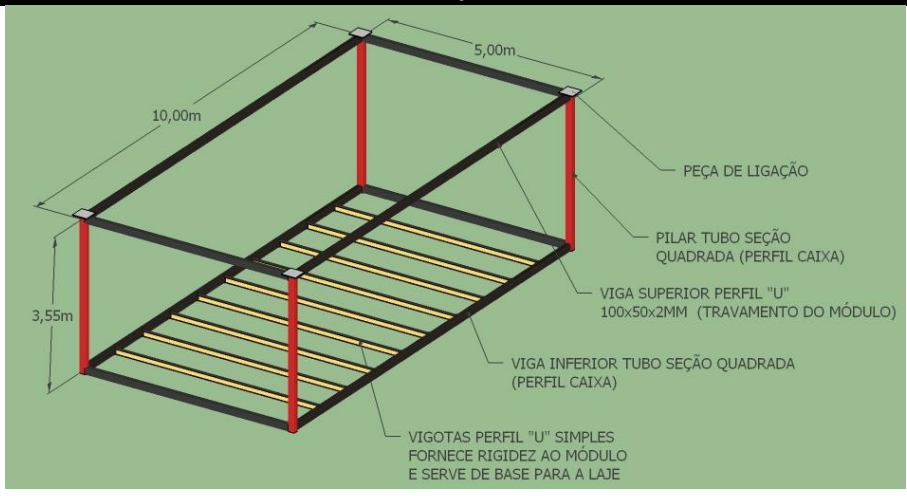
Com essas dimensões seu transporte não ficaria viável sobre caminhões de médio porte, com capacidade de locomoção no perímetro urbano, portanto, para a tipologia 01, o módulo chegaria a obra parcialmente montado, devendo ser finalizado no local.

Desse modo, estudou-se outra relação métrica, onde favorecesse o transporte do módulo pronto, aproveitando a flexibilidade construtiva sem interferir no espaço didático. Com isso definiu-se o módulo pronto (tipologia 02) com: 8,00m (comprimento); 2,40m (largura); 3,55m (altura).

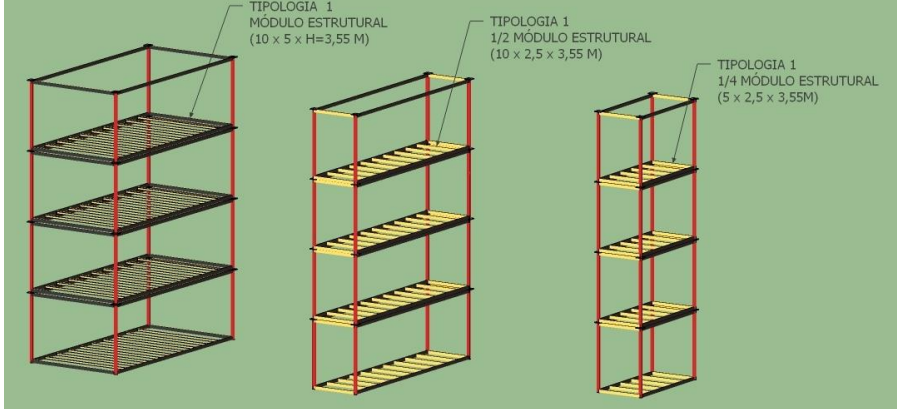
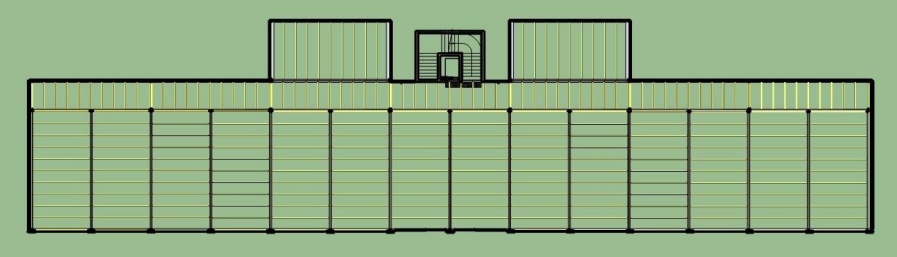
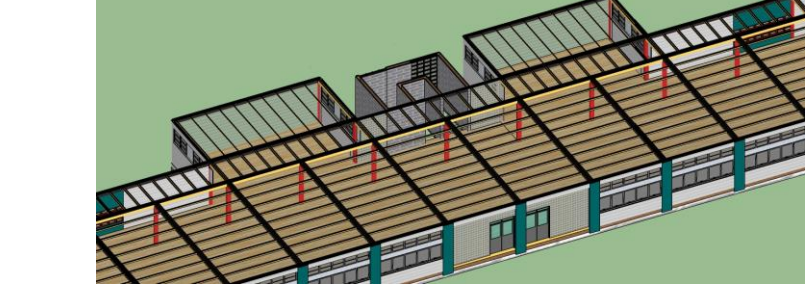

Estas medidas favorecem o transporte horizontal, sobre caminhões de médio porte, com 2 ou 3 eixos, não acarretando grandes dificuldades relacionadas à logística dentro da malha urbana das cidades.

Essas análises realizadas no Quadro 4, fortificam que a relação métrica de ambas modulações, tipologia 01 e 02, favorecem a disposição dos módulos, podendo assim desenvolver um jogo de formas, além de auxiliar o sistema estrutural.

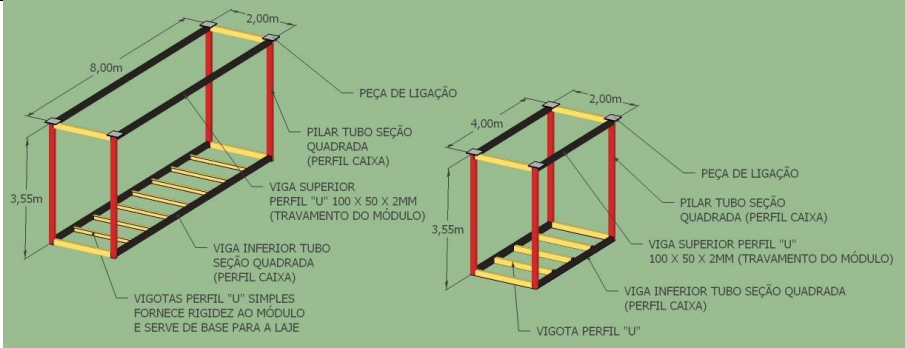
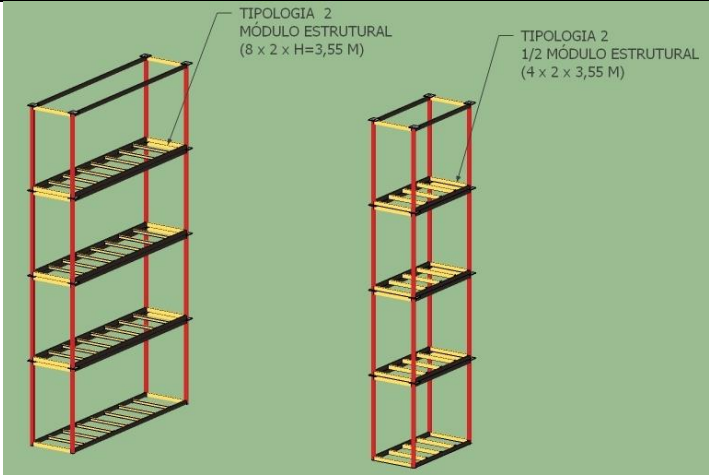
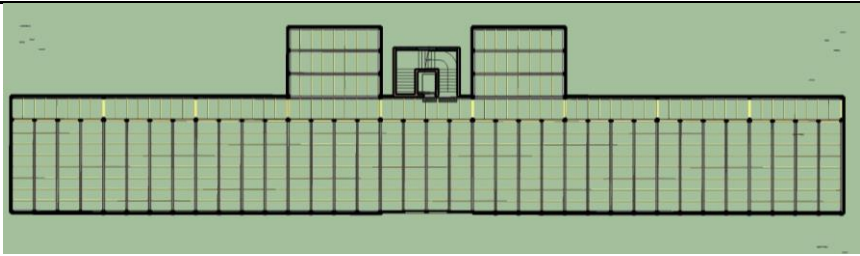
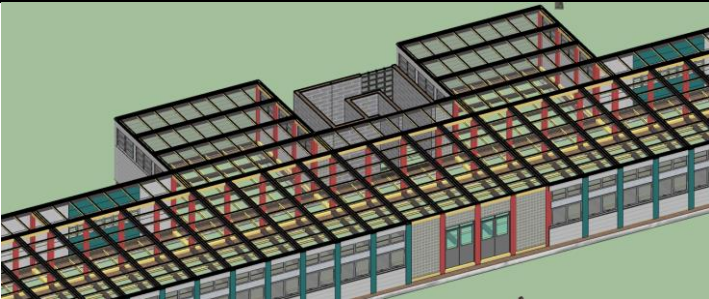
#### Quadro 4 – Projeto modular em aço para edifícios didáticos: estudo e concepção

Tipologia	Projeto
01	 <p>Perspectiva isométrica do módulo inteiro</p>

**Quadro 4 – Projeto modular em aço para edifícios didáticos: estudo e concepção (Cont.)**

Tipologia	Projeto
01	 <p>Perspectiva isométrica dos módulos empilhados: módulos inteiros; ½ módulo e ¼ de módulo</p>
01	 <p>Edificação pronta com modulação: planta baixa</p>
01	 <p>Edificação com modulação: estrutura</p>
01	 <p>Edificação pronta com modulação: vista aérea</p>

**Quadro 4 – Projeto modular em aço para edifícios didáticos: estudo e concepção (Cont.)**

Tipologia	Projeto
02	 <p>Perspectiva isométrica do módulo inteiro e ½ módulo</p>
02	 <p>Perspectiva isométrica dos módulos empilhados: módulos inteiros e ½ módulo</p>
02	 <p>Perspectiva isométrica do módulo inteiro</p>
02	 <p>Edificação com modulação: estrutura</p>

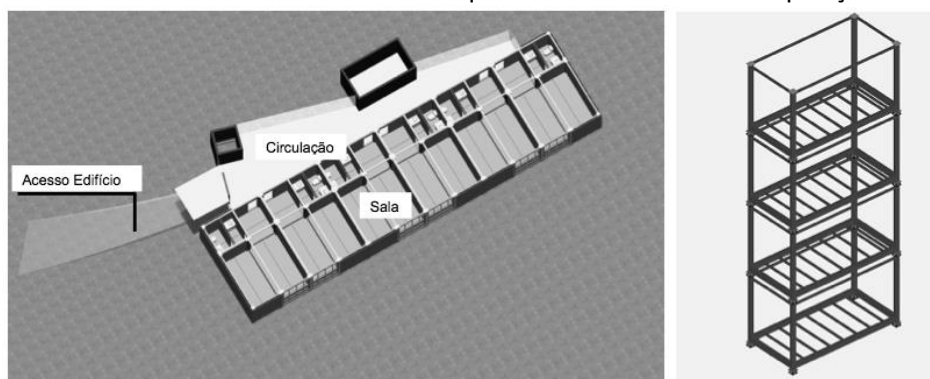
**Quadro 4 – Projeto modular em aço para edifícios didáticos: estudo e concepção (Cont.)**

Tipologia	Projeto
02	 <p data-bbox="596 730 1149 759">Edificação pronta com modulação: vista aérea</p>

Fonte: Elaborado pelo autor, 2014.

Seguindo a linha de pesquisa deste trabalho, temos como referência o estudo de Caiado [9], que apresenta solução modular em aço para edifícios de escritórios (Figura 3). Este trabalho segue as premissas da industrialização onde deverá ser confeccionado dentro da planta física fabril, para maior controle de qualidade com relação às dimensões e materiais do módulo modelo.

**Figura 3**– Planta baixa do edifício modelo e esquema isométrico da sobreposição dos módulos



Fonte: Caiado, 2005

Com relação ao projeto arquitetônico, analisando o edifício modelo de Caiado [9], é possível observar que o mesmo foi desenvolvido dentro dos preceitos explanados neste trabalho, adotando-se o projeto de produto, a coordenação modular, a construtibilidade e a racionalização dos elementos construtivos. Constatou-se que na confecção desse edifício modelo, foram apresentadas inúmeras vantagens produtivas em comparação ao sistema tradicional de construção. Resumidamente o citado trabalho apresentou algumas vantagens em comparação ao sistema tradicional de construção, tais como:

- utilização de um número mínimo de componentes;
- utilização de materiais disponíveis no mercado, com tamanhos e configurações padronizados;
- utilização materiais e componentes fáceis de serem conectados;





- padroniza os meios de ação;
- utilização de uma sequência rítmica executiva;
- segmentação os projetos em pacotes construtivos;
- uniformidade modular; e
- redução de precedências.

Entretanto, este trabalho de Caiado [9] não esgota todos os aspectos relevantes sobre a tecnologia de sistema modular para a construção de civil, dada a complexidade do assunto. Por isso, foi sugerido por aquele autor alguns outros temas para a continuidade da pesquisa, como análise do sistema quanto ao desempenho e conforto, desenvolvimento do mesmo conceito para edificações de residências, avaliação de um modelo real quanto a sua utilização, desenvolvimento e avaliação da questão de ampliações e versatilidade no processo de montagem e desmontagem do sistema, logística no processo de construção de edifícios em módulo pré-fabricados estruturados em aço, análise de custos econômicos da construção de edifícios em módulo pré-fabricados estruturados em aço.

Portanto, são várias as tipologias de projetos industrializados disponíveis para estudo, e que poderiam ser aqui citadas. Todavia, cabe salientar as mais relacionadas com o tema central do presente trabalho.

Este artigo retrata uma parte da pesquisa de mestrado em andamento, dentro do Departamento de Engenharia Civil da Universidade Federal de São Carlos, SP. Quanto às próximas etapas da pesquisa, terão como delineamento as seguintes fases: definir a tipologia do edifício modelo entre as tipologias pesquisadas; realizar pré-dimensionamento dos elementos e a estabilidade da estrutura quando os módulos forem empilhados; elaborar diretrizes de projeto para edifícios com finalidade didática, e sua concepção estrutural modular em aço; executar projeto e detalhes, incluindo maquetes eletrônicas; elaborar resultados e considerações finais.

#### 4 CONCLUSÃO

O presente trabalho desenvolveu duas propostas de projeto com o conceito de modulação, dentro do sistema estrutural construtivo em aço, considerando, além da concepção estrutural, fatores extremamente relevantes, como logística, concepção voltada a instalações didáticas e subsistemas de baixo custo, dentro da proposta trabalhada.

Os estudos e análise da literatura forneceram subsídios para auxiliar a confirmação da hipótese de que o processo de projeto de edifícios deve ser otimizado e qualificado pela introdução das premissas da industrialização da construção, mas devem ser adaptadas ao ambiente do setor da construção civil, e às necessidades e possibilidades particulares de cada empreendimento.

A visão sistêmica inserida no conceito da elaboração dos projetos voltados para o sistema construtivo modular em aço, deve ter início anteriormente à concepção do empreendimento, de modo que as decisões relativas à sua execução sejam analisadas em conjunto, visando

solucionar, o quanto antes, todas as interfaces com as demais disciplinas de projeto, com a fábrica e com as tarefas de logística e montagem, que serão realizadas no canteiro de obra.

## Agradecimentos

Ao CNPq e à FINEP, projeto CANTECHIS, pelo apoio recebido.

## REFERÊNCIAS

- 1 GLASS, J. **The future for precast concrete in low-rise housing**. Leicester, UK: British Precast Concrete Federation, 2000. Disponível em: <https://web41.securesecure.co.uk/britishprecast.org/publications/bpcfbrochure.pdf>. Acesso em 22/09/2013.
- 2 ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR-15575-1: Desempenho de edifícios habitacionais de até 5 pavimentos – Desempenho - Parte 1: Requisitos Gerais**. Rio de Janeiro, 2013.
- 3 MELHADO, S. B. **Qualidade do Projeto na Construção de Edifícios**: Aplicação ao Caso das Empresas de Incorporação e Construção. Tese apresentada à Escola Politécnica da Universidade de São Paulo para obtenção do título de Doutor em Engenharia. São Paulo, 1994.
- 4 MAMEDE, F. C. **Utilização de pré-moldados em Edifícios de Alvenaria Estrutural**. 204f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Estruturas). Universidade de São Paulo. São Carlos: EESC, 2001.
- 5 SANTOS, J. P. *et al.* **Conforto Ambiental no Centro de Tecnologia da Universidade Federal de Santa Maria**. Artigo: Encontro Nacional do Ambiente Construído, Florianópolis, 1998.
- 6 MEDEIROS, M. C. I. e MELHADO, S. B. **Gestão do conhecimentos aplicado ao processo de projeto na construção civil**: estudos de caso em construtoras. O Boletim Técnico é uma publicação da Escola Politécnica da USP/ Departamento de Engenharia de Construção Civil, fruto de pesquisas realizadas por docentes e pós-graduados desta Universidade – BT/PCC/581. São Paulo: USP, 2013.
- 7 LAWSON, R. M.; OGDEN, R. G. **'Hybrid' light steel panel and modular systems**. Article info: Light steel modular demonstration building testing, 18 April 2008.
- 8 GUARNIER, C. R. F. **Metodologias de detalhamento de estruturas metálicas**. Dissertação apresentada à Universidade Federal de Ouro Preto - Escola de Minas Departamento de Engenharia Civil Programa de Pós-Graduação para obtenção de título de Mestre em Engenharia. Ouro Preto - MG, 2009.





- 9 CAIADO, K. F. **Estudo e Concepção de Edifícios em Módulos Pré-Fabricados Estruturados em Aço**. Dissertação apresentada à Universidade Federal de Ouro Preto - Escola de Minas Departamento de Engenharia Civil Programa de Pós-Graduação para obtenção de título de Mestre em Engenharia. Ouro Preto - MG, 2005.
- 10 REZENDE, E. M. e GOUVEIA, A. M. C. **Sistemas de estacionamento vertical modulado em estrutura metálica**. REM – Revista Escola de Minas. Ouro Preto, 59 (3): 279-284, 2006.
- 11 VAN DER LAAN, B.; GONÇALVES, M.; POLIDORI, M. C. **Obtenção e aplicação de uma célula arquitetônica modular a partir de sistemas construtivos modulares**. Artigo: XIX - ENPOS Congresso de Iniciação Científica, Pelotas - RS, 2010.