



6 a 8 de outubro de 2010 - Canela RS

**ENTAC 2010**

XIII Encontro Nacional de Tecnologia  
do Ambiente Construído

## **CADEIA DE SUPRIMENTOS DE COMPONENTES PRÉ-FABRICADOS NA CONSTRUÇÃO CIVIL: ESTUDO DAS PORTAS PRONTAS DE MADEIRA**

**Reymard Sávio Sampaio de Melo (1); Thaís da Costa Lago Alves (2)**

(1) Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil: Estruturas e Construção Civil – Universidade Federal do Ceará, Brasil – e-mail: reymardsavio@yahoo.com.br

(2) J.R. Filanc Construction Engineering and Management Program, Department of Civil, Construction, and Environmental Engineering, San Diego State University, EUA – e-mail: talves@mail.sdsu.edu

### **RESUMO**

Este artigo tem como objetivo propor soluções a cadeia de suprimentos de portas prontas de madeira com base na mentalidade enxuta aplicada à indústria da construção civil. Apesar de a literatura nacional apresentar estudos sobre o mapeamento de cadeias de suprimento na construção civil, poucos estudos abordam o tema para cadeias de suprimento localizadas na região Nordeste do país. Essa cadeia de suprimento foi selecionada inicialmente com base em pesquisas realizadas pelo Grupo de Pesquisa e Assessoria em Gerenciamento na Construção Civil (GERCON) em que as esquadrias de madeira de empreendimentos habitacionais de interesse social foram apontadas como um produto problemático. Partindo dessas pesquisas e buscando entender e solucionar os problemas por elas encontrados, este artigo tem como foco as portas prontas de madeira que se apresentam como uma alternativa às portas convencionais montadas na obra. As portas prontas de madeira têm todos os seus componentes pré-montados pelo fornecedor, o que teoricamente reduz a quantidade de atividades realizadas no canteiro de obras e, conseqüentemente, o tempo de instalação das mesmas. Foram conduzidos estudos de casos em um empreendimento residencial e em um empreendimento comercial que adotavam o sistema de portas prontas. Evidências sugerem que as vantagens dos elementos pré-fabricados foram perdidas devido à falta de integração entre os empreiteiros e fornecedores. A falta de troca de informações entre os dois lados impediu uma utilização mais eficiente dos elementos pré-fabricados e a falta de padronização da espessura das paredes de alvenaria e tolerâncias resultou em uma série de soluções de qualidade inferior durante a fase de instalação.

Palavras-chave: cadeia de suprimentos, madeira, portas prontas.

# 1 INTRODUÇÃO

A pesquisa acadêmica sobre gerenciamento da cadeia de suprimentos (GCS, ou SCM, do inglês *Supply Chain Management*) segue em ritmo avançado com inúmeros e diversificados estudos sobre o tema. Teixeira e Lacerda (2009) realizaram uma análise dos principais tópicos estudados em 150 artigos sobre GCS publicados nos principais periódicos acadêmicos internacionais entre 2004 e 2006. Os resultados mostram que os artigos focam, principalmente, na coordenação e a troca de informações entre empresas, na configuração da produção, no design e o desempenho da cadeia de suprimentos.

Outro conjunto de pesquisas está direcionado para estudos de casos de cadeia dos mais variados componentes e subsistemas de obras de construção civil, tais como: suportes de tubulações, elevadores, vergalhões, esquadrias de alumínio, dutos de ar condicionado, etc. Um ponto em comum para todos esses estudos é o emprego das chamadas Novas Filosofias de Produção (KOSKELA, 1992) e do Pensamento Enxuto (WOMACK E JONES, 1998) como base teórica para análise e proposição de melhorias para essas cadeias.

Em estudos anteriores realizados pelo Grupo de Pesquisa e Assessoria em Gerenciamento na Construção Civil (GERCON) na cidade de Fortaleza, as esquadrias de madeira foram apontadas por construtoras e fiscais de obras de empreendimentos de interesse social como um produto problemático. Embora os problemas identificados nesses estudos preliminares estejam relacionados às portas e janelas de madeira em geral, o estudo da cadeia de portas prontas de madeira permite investigar um dos focos do gerenciamento de cadeias de suprimento da construção civil (GCSCC) indicados pela literatura.

Vrijhoef e Koskela (2000) indicam que o GCSCC tem quatro focos. Um deles diz respeito à transferência de atividades do canteiro para estágios iniciais da cadeia de suprimentos com a justificativa de tirar proveito de ambientes com melhores condições de controle de qualidade.

Este foco assume que fabricantes estão em melhor posição para executar determinadas tarefas e oferecer melhores produtos que podem ser instalados mais rapidamente no canteiro, visto que as atividades que seriam realizadas em condições subótimas no canteiro são realizadas no ambiente controlado das fábricas. Esta foi uma hipótese de trabalho utilizada para desenvolver a pesquisa.

Assim, o estudo está focado em portas de madeira e sua cadeia de suprimentos, mais especificamente nas portas prontas, que têm todos os seus componentes pré-montados pelo fornecedor. Baseado nisso, outra hipótese de trabalho foi definida: portas prontas têm menor tempo de fornecimento (*lead time*) para a fabricação e instalação no canteiro e apresentam menos problemas quando comparadas com portas de madeira utilizadas em empreendimentos habitacionais de interesse social.

## 2 GERENCIAMENTO DA CADEIA DE SUPRIMENTOS

### 2.1 Conceito de Cadeia de Suprimentos

Mentzer et al. (2001) definem cadeia de suprimentos (CS) como um conjunto de três ou mais entidades (organizações ou indivíduos) diretamente envolvidas nos fluxos a montante e a jusante de produtos, serviços, finanças e informação de uma fonte para um cliente. Isatto (2005), por sua vez, define CS de um empreendimento como um sistema composto por múltiplas empresas conectadas através de ligações comerciais com o propósito de realizar o empreendimento. O conceito adotado neste estudo para o termo CS é compreendido como o conjunto de atividades relacionadas com o fluxo e transformação de mercadorias desde o estágio da matéria-prima (extração) até o usuário final, bem como os respectivos fluxos de informação (BALLOU, 2006).

O GCS é um conceito que encontrou suas origens na distribuição física e transporte, e recentemente concentrou-se em relações mais estreitas entre as partes envolvidas no fluxo de mercadorias do fornecedor para o usuário final (BRISCOE et al, 2001). Segundo Tan (2001) o termo GCS é usado de várias maneiras, mas três denominações distintas predominam na literatura. Em primeiro lugar, o GCS pode ser usado como sinônimo para descrever as atividades de aquisição e fornecimento dos fabricantes. Em segundo lugar, pode ser usado para descrever a função de transporte e logística dos comerciantes e varejistas. Finalmente, pode ser usado para descrever todas as atividades que agregam valor desde o extrator de matérias-primas até os usuários finais, incluindo a reciclagem.

## 2.2 Cadeias de Suprimentos na Construção Civil

As principais características das cadeias de suprimentos da construção civil relacionam-se com as peculiaridades desse setor: fragmentação, sistema de produção por projetos, projetos únicos (KOSKELA, 1992). Diante desse contexto da indústria da construção civil, Vrijhoef e Koskela (2000) caracterizam as cadeias de suprimentos dessa indústria como: convergentes, temporárias e do tipo “*make-to-order*” (produtos feitos a partir de uma solicitação).

A primeira característica (convergente) refere-se ao fato dos suprimentos serem direcionados a um só local (canteiro de obras) onde são montados. A segunda característica (temporária) vem do fato de as construções serem organizações temporárias formadas para suprir e construir um projeto único. Instabilidade, fragmentação e separação entre projeto e execução são as principais consequências dessa característica. Por fim, a explicação para a terceira característica é consequência do fato de que cada projeto cria um novo produto ou protótipo.

De modo a contribuir para a compreensão da estrutura e do funcionamento das cadeias de suprimentos da construção civil e ilustrar como as mesmas interagem com o canteiro de obras, Vrijhoef e Koskela (2000) propõem quatro focos do GCSCC: (1) Foco na interação entre o canteiro de obras e seus fornecedores; (2) Foco na cadeia que fornece suprimentos ao canteiro de obras; (3) Foco na transferência de atividades do canteiro para outras localidades; (4) Foco no gerenciamento integrado da cadeia de suprimentos com o canteiro de obras.

O primeiro foco tem como meta reduzir os custos e as durações das atividades realizadas no canteiro. A principal preocupação é estabelecer um fluxo contínuo de materiais e mão-de-obra para o canteiro de modo que não haja interrupções no fluxo de trabalho. Esta meta pode ser alcançada através de uma maior atenção na relação entre o canteiro e seus fornecedores diretos. A construtora está na melhor posição de adotar este foco, visto que ela executa as atividades do canteiro.

O segundo foco concentra-se na cadeia de suprimentos propriamente dita e tem como meta reduzir os custos logísticos, o tempo de fornecimento (*lead time*) e os estoques da cadeia. Os fornecedores de materiais e componentes também podem adotar esse foco.

O terceiro foco preocupa-se em transferir atividades do canteiro para estágios iniciais da cadeia de suprimentos com a justificativa de tirar proveito de ambientes com melhores condições de controle de qualidade. A meta novamente é reduzir custos e durações. Fornecedores ou construtoras podem adotar esse foco. Esse terceiro foco tem um especial destaque na presente pesquisa. Mesmo com a adoção desse foco, as empresas construtoras dos estudos de caso realizados não aproveitaram as vantagens advindas com a pré-fabricação para reduzir os custos e as durações das atividades de fabricação e instalação das portas prontas.

O quarto foco é o mais abrangente de todos e tem como meta melhorar o desempenho global da cadeia de suprimentos através da colaboração de todos os participantes da cadeia: fornecedores, empresas construtoras, empreiteiros e clientes.

## 2.3 Modularidade do Produto e Tolerância Dimensional

Tendo-se em vista que as empresas em uma cadeia de suprimento trabalham com inúmeros parceiros, a padronização dimensional é essencial para que os produtos possam ser trabalhados em diferentes estágios da cadeia produtiva sem a ocorrência de perdas. Nesse sentido, os conceitos de tolerância e modularidade são fundamentais, pois tratam da padronização e dos limites dimensionais de um produto.

Os conceitos de modularidade do produto surgiram na década de 1960 (LAU ET AL., 2010). A modularidade é um conceito fragmentado e não pertence a uma área específica do conhecimento. Mesmo diante da complexidade de definição, a modularidade deve ser definida como a intercambialidade de peças alternativas de um produto (STAR, 2010).

De acordo com Greven e Baldauf (2007), para que os objetivos da cadeia produtiva da construção civil brasileira (aumento de produtividade, redução do custo dos insumos e a conformidade com as normas

vigentes) sejam alcançados é necessário que: os insumos estejam em conformidade com as normas regulamentadoras, os conceitos de Coordenação Modular estejam contemplados nessas normas e que esses conceitos estejam incorporados nas práticas dos outros membros da cadeia. A modulação e pré-fabricação de componentes têm fornecido uma base para a compatibilidade entre os elementos e subsistemas de uma edificação. A fabricação fora do canteiro é uma parte importante da pré-montagem e pela sua própria natureza, busca padronizar as atividades de projeto e montagem (PASQUIRE e CONNOLLY, 2003).

As diferenças entre as dimensões especificadas e as dimensões reais dos componentes pré-fabricados e da construção final acabam sendo inevitáveis devido à falta de atenção dada a esse problema. As variações ocorrem tanto na fábrica quanto no canteiro de obras. Porém essas variações devem ser examinadas desde o início do projeto preliminar e discutidas o mais cedo possível com os fabricantes de componentes pré-fabricados.

Milberg e Tommelein (2003) ressaltam que as variações não são vistas como um problema porque elas raramente são medidas e as causas e efeitos dos problemas oriundos da falta de atenção às tolerâncias dimensionais não são bem compreendidos e muitas vezes permanecem invisíveis. Esses mesmos autores apontam quatro motivos pelos quais profissionais da construção civil dão pouca atenção às tolerâncias: (1) falta de dados sobre a variação geométrica nos processos construtivos; (2) falta de clareza sobre quem é responsável por gerenciar as tolerâncias. A tendência é “empurrar” a responsabilidade, culpar o outro e confiar na mão-de-obra qualificada que acaba resolvendo os problemas relacionados à tolerância dimensional e retrabalho; (3) As práticas de contabilidade de custos usualmente utilizadas para absorver as variações geométricas; (4) A dificuldade em visualizar e descrever as variações geométricas e suas respectivas acumulações.

De acordo com Milberg (2007), as variações na definição das tolerâncias geométricas são mais uma forma de variabilidade. Se as tolerâncias não são devidamente gerenciadas no âmbito do sistema de produção, problemas (procedimentos não padronizados, modificações de campo, partes não-padronizadas, fabricação sob encomenda, desajustes que não atendem às especificações do projeto, etc.) vão surgir durante as etapas de fabricação e construção. Problemas como esses levam à baixa qualidade final do produto, retrabalho e grandes variações no fluxo de trabalho, ou seja, redução de valor e aumento de desperdício.

## **2.4 Mapeamento de fluxo de valor**

O Mapeamento de fluxo de valor (MFV) é uma ferramenta que ajuda a enxergar e entender o fluxo de material e informações na medida em que o produto segue o fluxo de valor. Além disso, pode ser uma ferramenta de comunicação, uma ferramenta de planejamento de negócios e uma ferramenta para gerenciar o processo de mudança (ROTHER e SHOOK, 1999).

Arbulu e Tommelein (2002) utilizaram essa ferramenta não da mesma forma prescrita por Rother e Shook (1999) com o objetivo de ilustrar como funciona o fluxo ao longo das fases de projeto, aquisição e fabricação de suportes de tubulação. Os autores apresentaram propostas para a eliminação de perdas, a fim de reduzir o *lead time* total de entrega de suportes de tubulação e, assim, melhorar a configuração da cadeia de suprimento. Yu et al. (2009) desenvolveram um modelo enxuto para construção de casas através do MFV para alcançar melhorias no processo construtivo. A partir do mapeamento do estado atual, os autores identificaram um longo tempo de atravessamento da etapa de fundação (causado pelo alto nível de variabilidade) e variação no tempo de ciclo de produção. Algumas das melhorias alcançadas com a utilização da ferramenta e o uso de conceitos do pensamento enxuto foram: a redução de 27 dias úteis do tempo de execução, a redução da percentagem do tempo de espera de 76% para 65% e o aumento da taxa de agregação de valor de 17 % para 26%.

## **3 METODOLOGIA**

Diante do objetivo principal dessa pesquisa, adotou-se o estudo de caso como estratégia de pesquisa. De acordo com Yin (2001), essa estratégia de pesquisa é utilizada quando o pesquisador almeja lidar com condições contextuais que sejam relevantes ao seu fenômeno de estudo. Qualquer descoberta ou conclusão em um estudo de caso provavelmente será muito mais convincente e acurada quando é baseada em várias fontes distintas de informação. A utilização de várias fontes de evidências permite a

triangulação de dados fazendo com que o problema em estudo seja observado por diferentes ângulos (YIN, 2001).

A observação direta foi utilizada como fonte de evidência na condução dos estudos de caso. Foram realizadas observações do processo de fabricação das portas (visitas semanais à fábrica do fornecedor de portas prontas) e do processo de instalação das portas no canteiro de obras.

Outra fonte de evidência utilizada ao longo da pesquisa foi a entrevista. É muito comum que as entrevistas, para o estudo de caso, sejam conduzidas de forma espontânea, permitindo assim que o pesquisador tanto indague respondentes-chave sobre os fatos quanto peça a opinião deles sobre determinados eventos (YIN, 2001). Foram realizadas entrevistas em diferentes momentos e com diversos profissionais envolvidos na cadeia em estudo.

Esta pesquisa está dividida em três etapas. A primeira etapa da pesquisa envolveu uma investigação preliminar em um Empreendimento Habitacional de Interesse Social (EHIS). A segunda etapa da pesquisa correspondeu à condução do estudo de caso I entre agosto e dezembro de 2009. Ao longo deste período foi possível acompanhar o processo de fabricação no fornecedor e instalação das portas prontas no canteiro de obras. Por fim, a terceira etapa da pesquisa correspondeu a condução do estudo de caso II.

## **4 ANÁLISE DE RESULTADOS**

### **4.1 Estudo Preliminar**

Este estudo foi conduzido nos meses de novembro e dezembro de 2008 em um EHIS destinado à construção de 1057 casas e 750 apartamentos. Além de fazer parte de um projeto final da disciplina do curso de mestrado, esse estudo teve o objetivo de realizar uma investigação preliminar sobre a cadeia de suprimento de esquadrias de madeira (portas e janelas do tipo ficha alta de madeira mista). Procurou-se identificar os atores da cadeia de suprimento de esquadrias de madeira os quais são descritos abaixo: o comerciante varejista, o atacadista e o construtor. O estudo não contempla todos os atores da cadeia, pois o pesquisador não teve contato direto com nenhum fabricante das folhas de portas tipo ficha dado a distância geográfica das empresas responsáveis pelos processos de extração e beneficiamento da madeira.

Os principais problemas encontrados neste estudo preliminar foram: apresentação de imperfeições como brocas e rachaduras; madeira não apresentava estado satisfatório (madeira “verde”, fabricação fora de esquadro, empenadas); armazenamento inadequado; falta de tratamento da madeira; diferentes tipos de madeira em uma mesma peça; peças com tamanhos variados.

Foi constatado que muito embora exista um procedimento no recebimento das esquadrias, a simples inspeção visual esconde defeitos que logo aparecem na etapa de instalação. Segundo o responsável pela instalação das esquadrias, muitas vezes eram necessários cortes e ajustes na dimensão das esquadrias para garantir o encaixe adequado nos vãos das portas e janelas.

Uma possível explicação para essa variação dimensional podia estar no teor de umidade das esquadrias entregues na obra. Na grande maioria das vezes, as esquadrias eram entregues no canteiro com a madeira ainda “verde”, isto é, sem estar completamente seca. A madeira é um material higroscópico, ou seja, absorve ou expõe água dependendo do ambiente em que se encontra. Durante o intervalo de tempo entre o recebimento e a instalação das esquadrias, a madeira perde peso e volume (contração) provocando alterações na suas características dimensionais, físicas e mecânicas.

Isso provocava atraso e paralisações na instalação das esquadrias e conseqüentemente no cronograma da obra com um todo que já se encontrava dez meses atrasada, isto gerava um maior manuseio do material e movimentação dos operários da equipe de instalação. Além disso, essa variabilidade dimensional influenciava tanto no aumento do tempo de estoque das esquadrias no canteiro quanto na realização de atividades subseqüentes ao processo de instalação.

### **4.2 Estudo de Caso I**

Com o intuito de realizar um estudo mais aprofundado da cadeia de esquadrias de madeira em que se pudesse analisar mais de um agente participante, foi conduzido um estudo de caso entre agosto e

dezembro de 2009. Ao longo deste período foi possível acompanhar o processo de fabricação no fornecedor e instalação das portas prontas no canteiro de obras. A empresa construtora envolvida nesta fase da pesquisa era de médio porte, atuava há 40 anos no segmento de obras residenciais, comerciais, industriais, obras especiais e instalações em geral e atuava em todo o Brasil, principalmente nas regiões Norte e Nordeste. A empresa possuía certificação com base na NBR ISO 9001:2000 e PBQP-H nível A.

O estudo foi realizado em um empreendimento comercial com uma área construída de 26.771 m<sup>2</sup> sendo composto por dois subsolos, térreo, mezanino, cinco pavimentos de garagem, 18 pavimentos tipo e cobertura, contendo um total de 170 salas comerciais. O fornecedor de portas da construtora é uma empresa madeireira com sede no município de Caucaia distante 27 km da obra e ficou responsável pela fabricação, transporte e instalação de 160 portas prontas de 60 x 210 x 3,5 cm do tipo Paraná. Esse foi o lote de trabalho que foi acompanhando para elaboração do mapa de fluxo de valor do estado atual do processo de fabricação (Figura 1). O referido processo é composto por nove atividades que não são descritas aqui por limitações de espaço, mas que podem ser encontradas em MELO (2010).

Em uma entrevista realizada durante a primeira visita ao canteiro de obras, o engenheiro disse que já tinha tido vários problemas com fornecedores de portas de madeira em obras anteriores. Por conta disso e pelo fato de ser a primeira vez que a empresa trabalha com o fornecedor, o engenheiro autorizou o pedido de compra com a condição que um funcionário da empresa construtora pudesse acompanhar o momento em que as contracapas de compensados são coladas ao núcleo de cada uma das 160 portas.

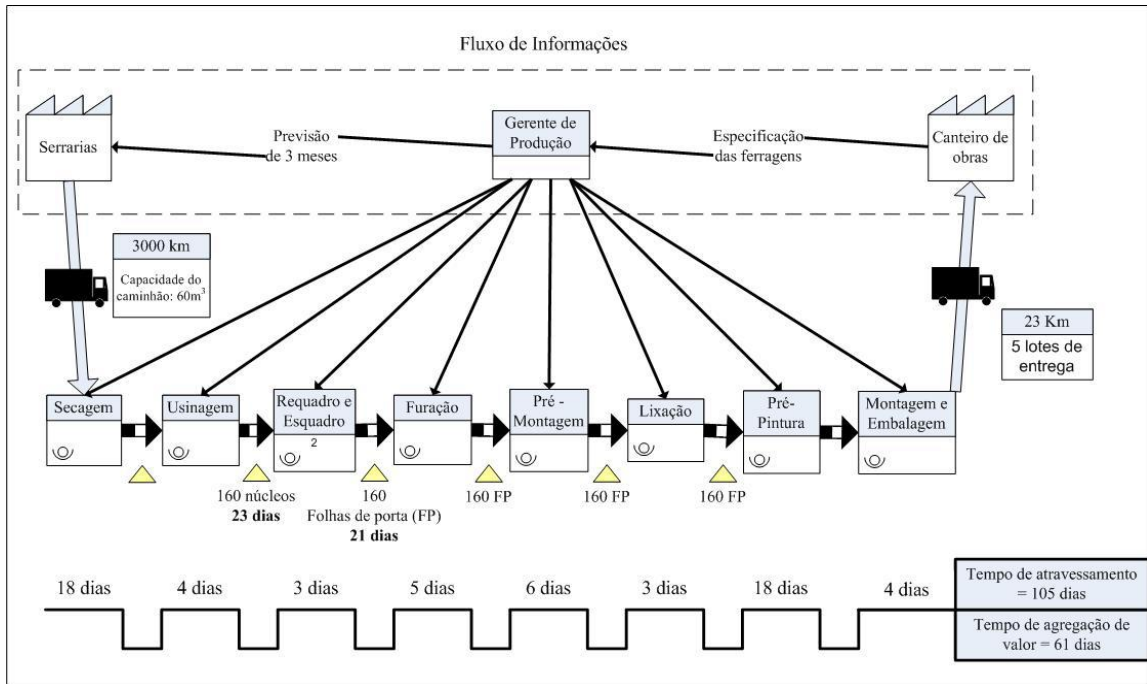
A maioria dos problemas enfrentados pelo engenheiro em obras anteriores estava relacionada com a baixa qualidade do núcleo das portas, popularmente conhecido como “miolo”. Segundo o engenheiro, muitas madeireiras fecham o contrato com a construtora com a garantia de que elas vão entregar uma porta conforme as especificações. A construtora só percebe a não conformidade das especificações da porta durante a fase de uso, em que muitos clientes ligam para a construtora pedindo a troca da portas devido ao empenamento.

Ainda segundo o engenheiro, a origem desse problema estava na qualidade do núcleo das portas. Ele relatou que muitas madeireiras com o intuito de reduzir custos de produção, acabam produzindo um núcleo diferente do que foi especificado no contrato. Pelo fato do núcleo ser um componente interno da porta, não pode ser visualizado no momento da entrega das portas no canteiro. Além disso, o almoxarife da obra tem como prática conferir apenas a quantidade e as dimensões da porta.

Ao aceitar a condição imposta pelo engenheiro, o fornecedor ficou com um estoque em processo por 23 dias aguardando a visita deste funcionário da obra. Uma possível explicação para esse longo período de espera enfrentado pela madeireira estaria no atraso na tomada de decisão pelo engenheiro, visto que ele era o único responsável por selecionar um funcionário e autorizar sua visita à madeireira para inspeção.

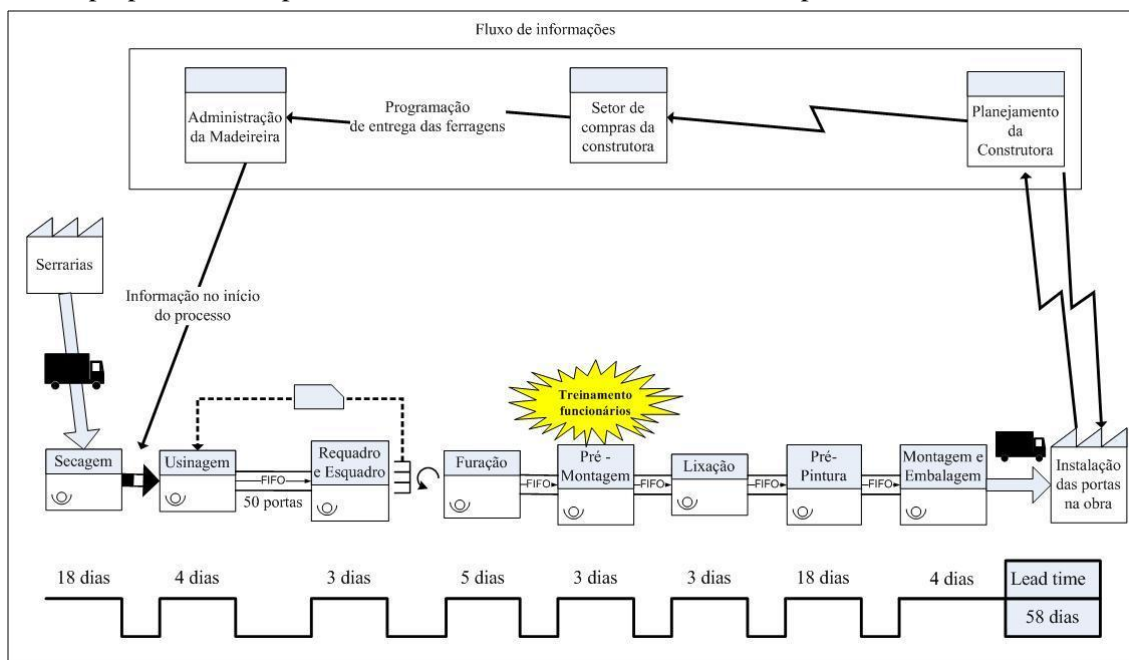
Na etapa seguinte do processo de produção (furação) a madeireira solicitou as referências do modelo de ferragens (dobradiças e fechadura) a serem utilizados nas portas à construtora antes de dar início à produção das portas. Na época da solicitação, a construtora já havia realizado o pedido de compra das ferragens, mas ainda não havia recebido o pedido. Por conta desse atraso no envio das ferragens, as portas permaneceram novamente como estoque em processo na fábrica da madeireira por mais 21 dias.

O processo de instalação das portas foi realizado por duas equipes: uma da madeireira e outra da construtora. A equipe da madeireira realizava apenas as duas primeiras etapas do processo de instalação: fixação provisória e fixação permanente. A etapa seguinte em que a folga é preenchida com argamassa (acabamento) era realizada pela equipe da empresa construtora. Durante esta etapa, os funcionários da obra desparafusavam as dobradiças removendo assim a folha de porta para o preenchimento da folga com argamassa. Em outras palavras, a porta pronta era desmontada para realização do ajuste com a argamassa. Isso era realizado para evitar sujar a superfície da folha de porta com resquícios de argamassa. Essa prática vai de encontro às vantagens fornecidas pelo sistema porta pronta que tem como um de seus objetivos a redução das etapas do processo de instalação. Além disso, era uma atividade que aumentava o tempo de instalação.



**Figura 1-** Mapa de fluxo de valor do estado atual do processo de fabricação das portas  
 Fonte: Própria

A Figura 2 mostra três sugestões de melhoria no fluxo de valor do processo em estudo feitas a partir da análise do mapa do estado atual. Primeiramente, sugere-se manter o sistema empurrado entre o processo de secagem e usinagem, pois a estufa utilizada para reduzir o teor de umidade da madeira opera apenas em sua capacidade máxima. Em segundo lugar, sugere-se que se estabeleça uma linha FIFO (*first in, first out*, primeiro a entrar, primeiro a sair) entre o processo de usinagem e o processo de requadro/esquadro com o objetivo de manter um fluxo entre eles. Quando a linha estiver cheia (atingir a o estoque de 50 portas), o processo fornecedor (usinagem) deve parar de produzir portas para serem prensadas. Por fim, sugere-se a realização de *kaizen* no processo de pré-montagem para reduzir o tempo de ciclo deste processo resultante da falta de treinamento de funcionários. Diante das melhorias propostas, o tempo de atravessamento seria reduzido de 105 para 58 dias.



**Figura 2-** Mapa de fluxo de valor do estado futuro do processo de fabricação das portas  
 Fonte: Própria

### 4.3 Estudo de Caso II

O segundo estudo de caso foi conduzido entre novembro e dezembro de 2009. A empresa construtora selecionada possuía certificação com base na NBR ISO 9001:2000 e atuava há 40 anos no segmento de obras residenciais e comerciais nos estados de São Paulo, Maranhão e Ceará. O estudo foi realizado em um empreendimento residencial de 22 andares sendo 2 subsolos, 1 pilotis, 1 mezanino e 18 pavimentos-tipo e 70% das portas prontas já haviam sido instaladas à época do estudo.

A construtora adotou o sistema porta pronta para a obra do estudo de caso e 70% das portas prontas já haviam sido instaladas à época do estudo. O fornecedor das portas prontas da construtora realizou a entrega em dois lotes. O empreendimento era composto por 18 pavimentos tipos, sendo dois apartamentos por andar e as portas solicitadas eram para uso interno (quartos e WC). As portas prontas eram do tipo Paraná com núcleo formado por células de produtos derivados da madeira (colméia de papel kraft). A quantidade de portas prontas por pavimento tipo era variada, pois o cliente tinha duas opções de planta baixa. Nessa obra, foi acompanhado o processo de instalação das portas internas de dois pavimentos do empreendimento através de visitas semanais à obra durante os meses de novembro e dezembro de 2009.

O processo de instalação das portas prontas no apartamento gerou mais problemas em vãos de parede de alvenaria do que em paredes de chapas de gesso acartonado. As paredes internas do apartamento que delimitavam as suítes e sala eram de chapas de gesso acartonado que tinham espessuras compatíveis com as espessuras das portas prontas. Essa compatibilidade é oriunda do fato do gesso acartonado ser parte de um sistema de vedação pré-fabricado e montado na obra. Isso garante uma maior precisão dimensional do que os blocos cerâmicos que além da sua própria imprecisão contam com a imprecisão do tamanho das juntas durante o processo de elevação da alvenaria.

Por outro lado, a falta de precisão na execução dos vãos de paredes em alvenaria comprometia o processo de instalação. A maioria das paredes de alvenaria apresentou espessura diferente do que estava no projeto. A variação estava presente muitas vezes em paredes de um mesmo pavimento tipo e em outros pavimentos tipos.

Quando a espessura do vão era menor do que a espessura da porta pronta, o instalador serrava o marco na medida da espessura do vão. Quando a espessura do vão era maior do que a espessura da porta pronta, ele fazia um ajuste com a sobra do marco da porta do caso anterior.

As paredes de alvenaria foram recebidas sem a verificação dos requisitos do processo seguinte (instalação de portas) e sem se verificar se esses requisitos atendiam às necessidades do processo seguinte. Ou seja, ao utilizar produtos pré-fabricados é necessário entender os requisitos desses produtos que são fabricados com maior precisão para serem adotados em um ambiente que não presta muita atenção às questões da tolerância dimensional.

A descrição do pedido foi realizada pela representante da empresa fornecedora das portas prontas. Ela realizou uma visita na obra em que mediu pessoalmente as dimensões de cada um dos vãos de porta do apartamento do primeiro pavimento tipo e encaminhou o pedido para a empresa fornecedora de portas prontas presumindo a padronização de execução dos vãos nos demais pavimentos do empreendimento.

O fornecedor de portas prontas teve a preocupação em medir os vãos com antecedência (puxou as medidas reais antes da fabricação), mas a construtora não assegurou a padronização das medidas. Isso causou a geração de passos desnecessários no fluxo de valor que além de consumirem mais recursos e aumentarem o tempo de produção podem diminuir o valor de saída para o cliente.

Apesar dos ajustes feitos nas dimensões da porta ser uma medida aparentemente mais barata do que executar vãos com maior precisão, existe um desperdício de material, tempo e uma possível perda de qualidade do material. Além disso, os vãos poderiam ter sua espessura padronizada com o uso de um escantilhão durante a produção da alvenaria (medida proativa) ou recebidos com o uso de um padrão para atestar que o tamanho final do vão era compatível com as portas (medida reativa de inspeção).



## 5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este artigo apresenta uma contribuição para a indústria da construção civil, em especial para as cadeias de suprimentos da região nordeste que ainda são pouco estudadas. A partir dos resultados do estudo de caso I pôde-se concluir que os problemas entre a empresa construtora e seu fornecedor de portas prontas estavam relacionados com: A baixa qualidade do núcleo das portas. A empresa do estudo de caso I estava habituada a fechar contratos com empresas madeireiras que não entregavam as folhas de porta conforme as especificações. A empresa construtora só percebia a não conformidade das especificações da porta durante a fase de uso.

A falta de confiança e de um relacionamento de longo prazo entre a empresa construtora e o fornecedor de portas aumentou o tempo de produção das portas e gerou custos: Primeiramente, o custo de manter um funcionário da obra dentro da fábrica da madeireira. Segundo, os custos gerados pelo tempo que as portas não puderam ser concluídas permanecendo na fábrica como estoque em processo e ocupando espaço. Por fim, o custo da madeireira em concluir o pedido da construtora.

A partir dos resultados do estudo de caso II pôde-se concluir que os problemas entre a empresa construtora e seu fornecedor de portas prontas estavam relacionados com: A pouca atenção às tolerâncias dimensionais. O fornecedor de portas prontas “puxou” as medidas reais dos vãos das paredes antes da fabricação das portas prontas, mas a empresa não assegurou a padronização das medidas. Isso causou a geração de passos desnecessários no fluxo de valor que além de consumirem mais recursos e aumentarem o tempo de produção podem diminuir o valor de saída para o cliente.

A hipótese de que os fabricantes estão em melhor posição para executar determinadas tarefas e oferecer melhores produtos que podem ser instalados mais rapidamente no canteiro não foi confirmada devido a falta de sincronização dos fluxos de material e informação entre a empresa e seu fornecedor de portas prontas.

De uma forma geral, as vantagens advindas da transferência de atividades do canteiro para estágios iniciais da cadeia de suprimentos só são devidamente alcançadas com um comportamento cooperativo entre os atores da cadeia.

A segunda hipótese de trabalho que as portas prontas têm menor tempo de atravessamento para a fabricação e instalação no canteiro e apresentam menos problemas quando comparadas com portas de madeira utilizadas em empreendimentos habitacionais de interesse social também não foi confirmada. As portas prontas utilizadas nas obras do estudo de caso I e II não apresentam o mesmo tipo de problemas encontrados nas portas tipo ficha utilizadas na obra do estudo preliminar, mas a quantidade não é necessariamente menor.

## 6 REFERÊNCIAS

ARBULU, J. R.; TOMMELEIN, D. I. Value stream analysis of construction supply chains: case study on pipe supports used in power plants. In: CONFERENCE OF THE INTERNATIONAL GROUP FOR LEAN CONSTRUCTION, 10, 2002, Gramado. **Proceedings...** Gramado: IGLC, 2002

BALLOU, R. H. **Gerenciamento da cadeia de suprimentos/Logística Empresarial**. 5. ed. Porto alegre: Bookman, 2006.

BRISCOE, G.; DAINTY, A.R.J.; MILLETT, S. Construction supply chain partnerships: skills, knowledge and attitudinal requirements. **European Journal of Purchasing and Supply Management**, v. 7, n.2, p.243-55, 2001.

GREVEN, H. A.; BALDAUF, A. S. F. **Introdução à coordenação modular da construção no Brasil**: Uma abordagem atualizada. 1 ed. Porto Alegre: ANTAC, 2007.

ISATTO, E. L. **Proposição de um modelo teórico-descritivo para a coordenação inter-organizacional de cadeias de suprimentos de empreendimentos de construção**. 2005. 305 p. Tese (Pós-graduação em Engenharia Civil) - Escola de Engenharia, UFRGS, Porto Alegre, 2005.

KOSKELA, L. **Application of the new production philosophy to construction**. Stanford University, CIFE Technical Report # 72, 1992.

LAU, A. K. W.; YAM, R. C. M.; TANG, E. P. Y. Supply chain integration and product modularity: An empirical study of product performance for selected Hong Kong manufacturing industries. **International Journal of Operations & Production Management** v. 30 n. 1, p. 20-56, 2010.

MELO, R.S.S. **Estudo da cadeia de suprimento de portas prontas de madeira**. 2010. 109 f. Dissertação (Programa de Pós-graduação em Engenharia Civil: Estrutura e Construção Civil) - Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2010.

MENTZER, J.; DEWITT, W.; KEEBLER, J. S.; MIN, S.; NIX, N. W.; SMITH, C. D.; ZACHARIA, Z. G., Defining supply chain management. **Journal of Business Logistics**, v.22, n.2, p.1-25, 2001.

MILBERG, C.; TOMMELEIN, I. D. Application of tolerance analysis and allocation in work structuring: partition wall case. In: CONFERENCE OF THE INTERNATIONAL GROUP FOR LEAN CONSTRUCTION, 11, 2003, Blacksburg, VA , USA. **Proceedings...** Blacksburg: IGLC, 2003.

MILBERG, C. Tolerance considerations in work structuring. In: CONFERENCE OF THE INTERNATIONAL GROUP FOR LEAN CONSTRUCTION, 15, 2007, Michigan , USA. **Proceedings...** Michigan: IGLC, 2007.

PASQUIRE, C. L.; CONNOLLY, G. E. Design for manufacture and assembly. In: CONFERENCE OF THE INTERNATIONAL GROUP FOR LEAN CONSTRUCTION, 11, 2003, Blacksburg, VA , USA. **Proceedings...** Blacksburg: IGLC, 2003.

ROTHER, M.; SHOOK, J. **Aprendendo a enxergar**. São Paulo: Lean Enterprise Institute, 1999.

STAR, M. K. Modular production – a 45-year-old concept. **International Journal of Operations & Production Management**. v. 30 n. 1, p. 7-19, 2010.

TAN, K.C. A framework of supply chain management literature. **European Journal of Purchasing & Supply Management**. v. 7 n.1, p.39-48, 2001.

TEIXEIRA, R.; LACERDA, D. P. Gestão da Cadeia de Suprimentos: Análise dos Artigos Publicados nos Principais Periódicos Acadêmicos Internacionais entre os Anos de 2004 e 2006. In: ENCONTRO DA ASSOCIAÇÃO NACIONAL DE PÓS-GRADUAÇÃO E PESQUISA EM ADMINISTRAÇÃO, 33, São Paulo, 2009. **Anais...** São Paulo: ANPAD, 2009.

VRIJHOEF, R.; KOSKELA, L. The Four roles of supply chain management in construction. **European Journal of Purchasing & Supply Management**, n. 6, p. 169-178, 2000.

WOMACK, J.P.; JONES, D.T., **A mentalidade enxuta nas empresas**: Elimine o desperdício e crie riqueza. 5ª Edição, Rio de Janeiro, Campus, 1998

YIN, R.K. **Estudo de caso**: Planejamento e métodos. 2 ed. Porto Alegre: Bookman, 2001.

YU, H., TWEED, T.; AL-HUSSEIN, M.; NASSERI, R. Development of Lean Model for House Construction Using Value Stream Mapping. **Journal of Construction Engineering and Management**, v.135, n.8, p. 782-790, 2009.

## 7 AGRADECIMENTOS

Os autores gostariam de agradecer ao CNPQ pela concessão de uma bolsa de mestrado e as empresas que colaboraram com o estudo.