

## XVI ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO

Desafios e Perspectivas da Internacionalização da Construção  
São Paulo, 21 a 23 de Setembro de 2016

### DIRETRIZES PARA A CONCEPÇÃO DE SISTEMA DE FLUXO DE MATERIAIS<sup>1</sup>

**SILVA JÚNIOR, Carlos André Vieira (1); SANTOS, Antônio Vitor de Melo (2);  
VASCONCELOS, David Uchoa Branco (3); TEIXEIRA, Anthony Heliodoro (4); WEBER,  
Adriana de Oliveira Santos (5); WEBER, Ismael (6)**

(1) UFAL, e-mail: cavsjunior94@gmail.com; (2) UFAL, e-mail: antoniovitor.eng@gmail.com; (3) UFAL, e-mail: davidu.vasconcelos@gmail.com; (4) UFAL, e-mail: antonyth1@hotmail.com; (5) UFAL, e-mail: os.adriana@gmail.com; (6) UFAL, e-mail: isma.weber@gmail.com

#### RESUMO

O fluxo de insumos que alimentam os processos na indústria da construção civil é uma atividade que não agrega valor, entretanto é essencial para a execução dos mesmos. É importante que as construtoras possuam sistemas de fluxos de insumos de fácil implantação, que permitam previsibilidade das ações e controle de processos e materiais. Por isso, o trabalho visa propor diretrizes para a concepção de sistema de fluxo de materiais para as atividades do subsetor edificações. Foi realizado um diagnóstico do fluxo de insumos para a atividade de alvenaria de vedação e definidos, entre os pesquisadores e a equipe gestora da obra, critérios para a concepção de sistema viável e eficaz. A pesquisa é uma experiência prática e utiliza a pesquisa construtiva como estratégia. Como resultado, foram definidos os seguintes critérios para a concepção do sistema: a) facilidade de implantação; b) previsibilidade na solicitação de materiais, principalmente dos que necessitam de processamento in loco; c) gestão visual do processo e d) controle de desempenho.

**Palavras-chave:** Concepção. Fluxo de materiais. Otimização.

#### ABSTRACT

*The flow of incomes that feed the processes in the construction industry is an activity that do not add value, however it is essential for the activity. It is important that construction companies have income flows systems with an easy deployment, allowing predictability of actions and control of processes and materials. Therefore, the work aims to propose guidelines for the design of material flow system for the construction activities. Was established a diagnosis of the supply flow for sealing masonry activity and defined, between the researchers and the production team, criteria for the design of viable and effective system. This paper is a practical experience and uses the constructive research strategy. As a result, the following criteria were defined for the system design: a) ease deployment; b) predictability in the material request, especially those who need on-the-spot processing; c) visual management process and d) performance control.*

**Keywords:** Design. Material flow. Optimization.

---

<sup>1</sup>SILVA JÚNIOR, C.A.V.; SANTOS, A.V.M.; VASCONCELOS, D.U.B.; TEIXEIRA, A.H.; WEBER, A.O.S.; WEBER, I. Diretrizes para a concepção de sistema de fluxo de materiais. In: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 16. 2016, São Paulo. **Anais**. Porto Alegre: ENTAC, 2016.

## 1 INTRODUÇÃO

Para Andery (2004), a construção do conhecimento científico se dá através de métodos de pesquisa, os quais consistem em um conjunto de regras e procedimentos aceitos pela comunidade acadêmica. Um bom entendimento do mundo é moldado por métodos de pesquisa, portanto, é necessário possuir um amplo repertório de métodos científicos para possibilitar a construção do conhecimento e avanço teórico em determinada área (BENBASAT; WEBER, 1996).

Em âmbito internacional, certos métodos de pesquisa adotados na área de gestão de operações podem ser destacados, como a predominância do paradigma positivista e empirista; a estabilização da pesquisa envolvendo modelagem e simulação; crescimento das pesquisas de cunho interpretativo (CRAIGHEAD; MEREDITH, 2008). Já no Brasil, é possível destacar a predominância dos estudos de caso e estudos empíricos (NAKANO, 2010).

A ferramenta *Last Planner System* sugere a elaboração de planos pré-projeto, antagonizando com o tradicional controle de projetos com foco no estudo de variações *after-the-fact*, aquelas que ocorrem após a execução do objeto estudado. Previamente testada, o *Last Planner System* obteve êxito especialmente em empresas do ramo construtivo, já que estas possuem responsabilidade direta sobre o controle produtivo. Ao focar no controle e gestão de projetos e contratos durante a execução, é possível obter uma alta produtividade, pré-requisito histórico para tais empresas (BALLARD, 2000).

No ano de 1992, Koskela propõe o termo *Lean Construction*, ou Construção Enxuta, com a premissa que os problemas vividos na produção de manufaturas também estão presentes na área da construção civil. Principalmente em atividades de fluxo, as atividades que não agregam valor geram muitas perdas. Portanto, eliminando ao máximo tais atividades, é possível atingir o objetivo maior da construção enxuta, que é o de diminuir e, se possível, extinguir as perdas. Um processo altamente produtivo e constante necessita essencialmente de um fluxo de insumos eficiente. O fluxo de materiais, atividade inerente ao canteiro de obras, não agrega valor, porém pode ser lapidado para minimização das perdas (ISATTO; FORMOSO, 1998).

Para Carvalho (2002), a logística faz uma gestão eficiente e econômica no armazenamento e transporte da matéria prima até que seja processada, está inserida no contexto do gerenciamento de cadeia de abastecimento e pode ser dividida em dois tipos:

- Principais: transporte, gerenciador de estoques e processamentos de pedidos;

- Secundárias: armazenagem, manuseio de materiais, embalagem, compras, programação de produtos e sistemas de informação.

No canteiro de obras da construção civil, os insumos devem ser levados para o local de processamento, o que caracteriza o *layout* fixo, um dificultador para a gestão de produção. Este obstáculo pode ser vencido com um estudo aprofundado do canteiro de obras e toda sua logística interna de materiais (LOPES, 1996). Para a racionalização dos processos e ganhos da empresa, a logística no canteiro de obras e os princípios *Lean* devem cooperar em sintonia para o aprimoramento dos fluxos de materiais e insumos (CRUZ, 2002).

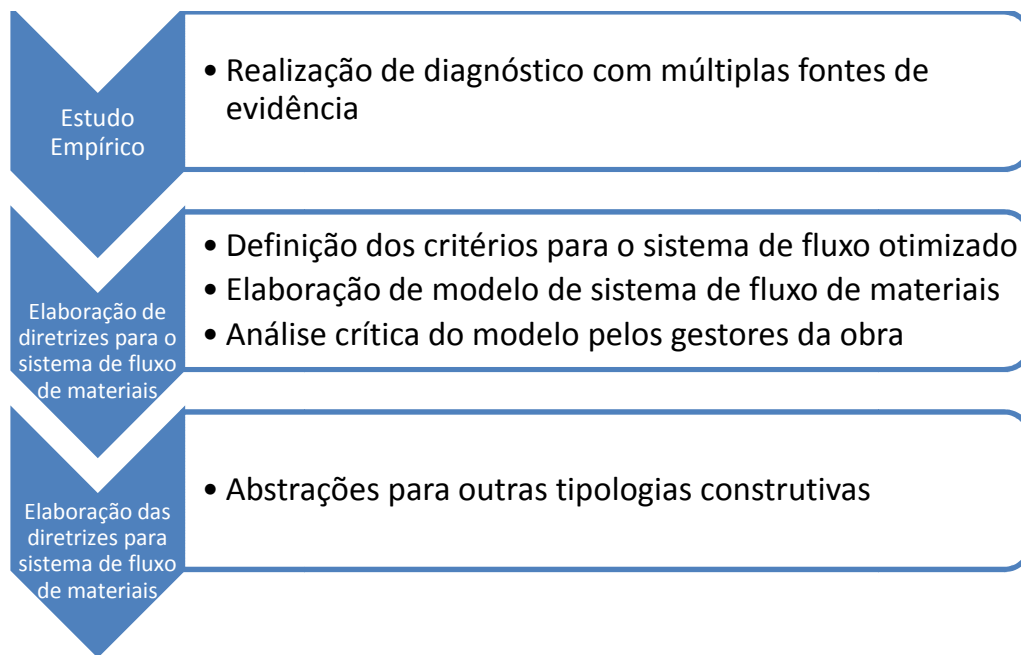
Operando em um sistema *pull*, ou de puxada, o Kanban indica quando produzir e o que produzir, atendendo às necessidades de um sistema previamente programado. Esta ferramenta propõe que cada linha de produção seja puxada apenas no momento certo em que apenas as quantidades e tipos de insumos inerentes ao processo sejam requisitados. Ao simplificar o planejamento e ajustar a produção, esta ferramenta atende às necessidades do cliente, reduzindo o tempo de espera ao acelerar o fluxo do processo. Um conceito frequentemente associado com a produção enxuta é o pensamento *just-in-time* (JIT): insumos não são entregues até que sejam necessários, o que reduz desperdício e minimiza os custos de armazenamento (MONDEN, 1993).

Através da identificação de critérios, juntamente com a possibilidade da concepção de um sistema próprio embasado na literatura existente, o presente trabalho propõe diretrizes para sistema de fluxo de materiais, com foco no insumo argamassa, inserido no subsetor de edificações.

## 2 MÉTODO

Esta pesquisa é parte de estudo empírico que visa a otimização da produtividade de alvenaria de vedação em um empreendimento vertical, sob a supervisão de uma construtora de médio porte, na cidade de Maceió, Alagoas, e utiliza a pesquisa construtiva como estratégia. A pesquisa construtiva foca no desenvolvimento de artefatos para encontrar uma solução para classes de problemas. Segundo Lukka (2003), a pesquisa construtiva pode ser definida como um modo de produção de conhecimento científico que alinha o desenvolvimento de inovação para a resolução de problemas reais com a contribuição teórica na área de trabalho. A figura 1 mostra o delineamento da pesquisa.

Figura 1 - Delineamento da pesquisa



Fonte: Os autores

Segundo o que a pesquisa construtiva propõe, antes de realizar qualquer intervenção em algum ambiente, se faz necessário que se entenda as especificidades do mesmo. Na construção civil, dada a heterogeneidade de construtoras e tipologias construtivas, o estudo empírico é fundamental para a elaboração de solução eficaz. Nesse sentido, os pesquisadores realizaram diagnóstico com várias fontes de evidências qualitativas e quantitativas, como: técnica de amostragem de trabalho (com o objetivo de mensurar as parcelas de tempos produtivos, improdutivos e auxiliares); produtividade das equipes; entrevistas não estruturadas com os envolvidos na produção; acompanhamento da produção e de reuniões da equipe gestora sobre o tema. Essas etapas tiveram duração de duas semanas (sendo realizadas em todos os turnos) para que se pudesse ter rigor estatístico dos dados quantitativos.

Na técnica de amostragem de trabalho, as atividades foram divididas em produtivas (assentamento dos blocos cerâmicos, por exemplo), auxiliares (transporte de argamassa para o pavimento, por exemplo) e improdutivas (quebra de blocos para modulação, por exemplo) e os pesquisadores acompanhavam a equipe durante todo o turno de trabalho, identificando e registrando, a cada cinco minutos, qual categoria as atividades correspondiam, totalizando uma quantidade de amostras que fornecesse aos pesquisadores uma probabilidade de erro máximo de 5%. No final da coleta com cada equipe, essas amostras eram processadas e os resultados analisados. No que se refere à RUP eram medidos a quantidade de metros

quadrados produzidos pela equipe no turno, bem como registrados quantos colaboradores trabalhavam e por quantas horas esse trabalho acontecia, após isso, era calculada a produtividade de cada equipe e os resultados eram analisados.

As entrevistas não estruturadas foram realizadas pelos pesquisadores com os colaboradores de cada equipe, totalizando doze entrevistas com esse público e seu foco era nos principais problemas que eles identificavam no atingimento de metas de produtividade. Foram também realizadas entrevistas com o mestre-de-obras do empreendimento em estudo, na qual o objetivo era descobrir quais os problemas na produção de alvenaria e quais medidas ele estava tomando para solucioná-las, também foram realizadas perguntas com o objetivo de entender como acontecia e qual o panorama da comunicação dele com os colaboradores e a equipe gestora da obra. Realizou-se também, entrevistas com a equipe gestora da obra, cujo foco estava em analisar como era a coleta e processamento dos dados de produtividade e qualidade na atividade de alvenaria e como estes atuavam no desenvolvimento de soluções para os problemas detectados, foram realizadas entrevistas com o engenheiro responsável pela torre analisada e com dois estagiários desta.

Após a análise do diagnóstico foi realizada uma reunião com a equipe gestora onde os dados coletados e processados foram apresentados. Nesse momento, houve uma discussão das causas raiz dos problemas e se identificou que a ineficiência no fluxo de materiais era o principal gargalo que impactava negativamente a produtividade. Os pesquisadores buscaram na bibliografia da área trabalhos que versassem sobre a dinâmica do fluxo de materiais e propuseram um modelo de sistema de fluxo baseado nos critérios elencados. A partir desse sistema e com algumas abstrações foi possível definir diretrizes para a concepção de sistemas de fluxo de materiais.

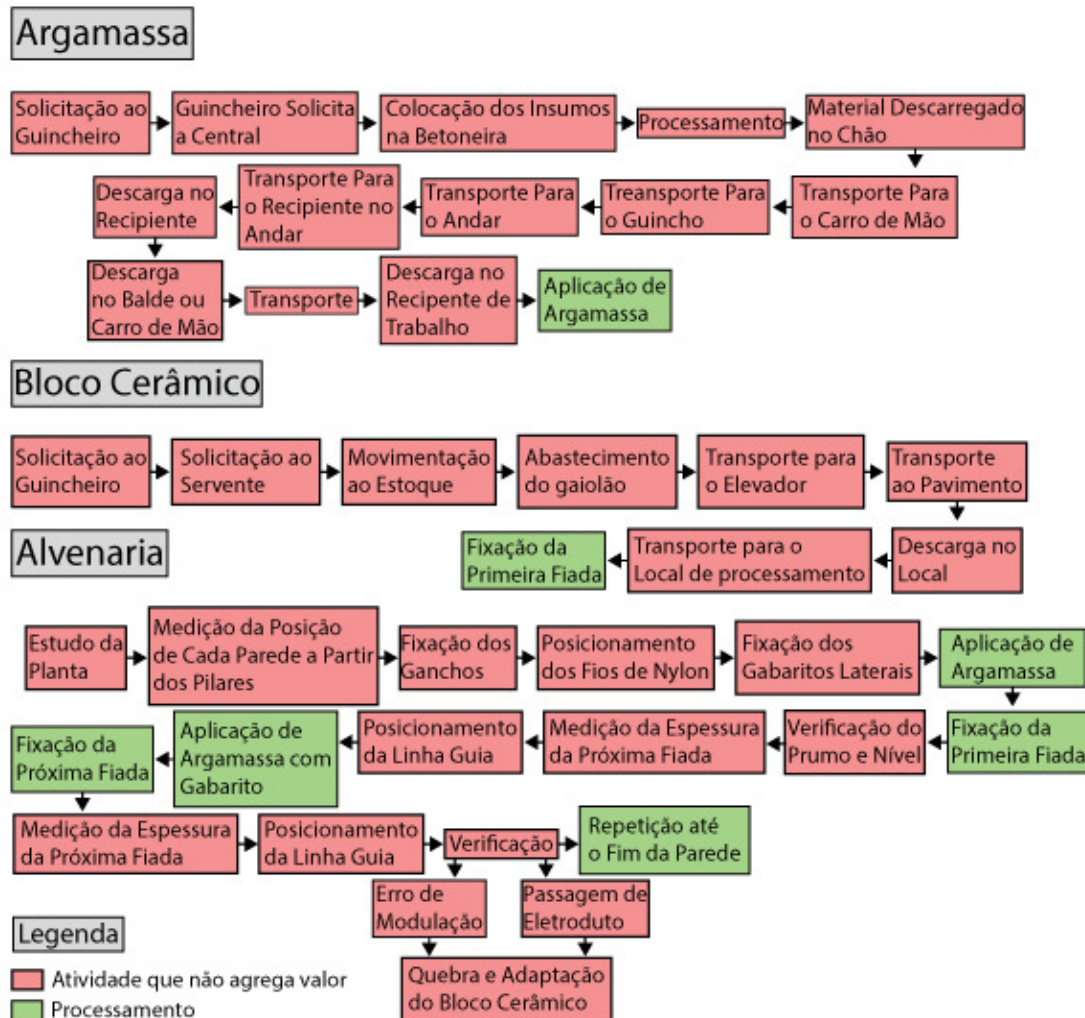
### **3 RESULTADOS**

#### **3.1 Resultados do diagnóstico**

De acordo com o exposto, foi realizado um diagnóstico para que se tivesse panorama geral do processo de alvenaria de vedação. Através dele, se constatou que o principal problema era o fluxo de materiais para o serviço (figura 2). Não havia nenhuma sistematização pré-definida que tivesse sido passada pela equipe gestora da obra e isso gerava imprecisão, variabilidade no processo de solicitação e parcialidade por partes dos fornecedores internos destes materiais. Além disso, não havia nenhuma ferramenta de controle integrada com o fluxo destes materiais,

impossibilitando a mensuração otimizada da demanda de materiais e integrando com as informações de produtividade com vistas à produção de indicadores confiáveis para o processo. A tabela 1 mostra os resultados da técnica de amostragem de trabalho, bem como da produtividade das equipes.

Figura 2 – Fluxogramas obtidos a partir do estudo empírico



Fonte:

Os autores

Tabela 1 – Resultados da amostragem de trabalho e produtividade

Alvenaria externa				
	Atividade produtiva	Atividade auxiliar	Atividade improdutiva	Produtividade (m²/HH)
Pedreiro	222	143	57	1,55
Servente	-	-	-	
Alvenaria poços				
	Atividade produtiva	Atividade auxiliar	Atividade improdutiva	Produtividade (m²/HH)
Pedreiro	110	67	32	1,01
Servente	-	-	-	

Alvenaria interna				
	Atividade produtiva	Atividade auxiliar	Atividade improdutiva	Produtividade (m²/HH)
Pedreiro	287	122	86	1,65
Servente	144	32	101	
Alvenaria marcação				
	Atividade produtiva	Atividade auxiliar	Atividade improdutiva	Produtividade (m/HH)
Pedreiro	47	33	36	4,3
Servente	15	13	31	

Fonte: Os autores

Outro problema identificado foi a falta de gestão visual e transparência do processo, fator que contribui para a desmotivação dos colaboradores que atuam no processo e impede que se detecte variações e imprecisões do sistema. Também foi constatado através das entrevistas realizadas com a equipe gestora que essa não realiza análise crítica dos indicadores de produtividade nas reuniões de produção, tendo que se realizar reuniões extraordinárias com as equipes quando os indicadores estão muito abaixo da meta elencada.

Segundo os colaboradores e mestre-de-obras entrevistados utiliza-se grande parte do tempo de produção para solicitação e espera de argamassa, não sendo identificado padrão nas solicitações e ordem de priorização da produção de argamassa para as equipes. E isso corrobora com o fato constatado pelos pesquisadores que é o estoque excessivo de argamassa nas frentes de trabalho das equipes de alvenaria, considerando-se o tempo de pega, a equipe precisa colocar água e vibrar o material para que este não perca trabalhabilidade. Outro aspecto ligado à argamassa é o tempo de espera das equipes de produção por este material. Isso se dá pelo fato das equipes solicitarem argamassa apenas quando esta acaba no pavimento. Percebeu-se que, a partir da solicitação do material, necessita-se de cerca de trinta minutos para que ele chegue à equipe. Foi observado que o fluxo de argamassa era crítico para o processo. Entretanto, foram observados problemas em relação à modulação dos blocos cerâmicos, tendo em vista que não são solicitadas e esta modulação é realizada durante o processamento, o que diminui a produtividade. Isso ocorre também pela falta de projeto de modulação para alvenaria.

### **3.2 Diretrizes para a concepção do sistema de fluxo de materiais**

Após o diagnóstico, foi definido entre a equipe gestora e os pesquisadores que o principal problema do processo de alvenaria era o fluxo de suprimentos para a produção, principalmente o de argamassa. Após essa

reunião, os pesquisadores propuseram um modelo de sistema para esse fluxo, baseado no *kanban* (ferramenta do *Lean Construction*). Essa proposta foi analisada pela equipe de produção da obra, que adaptou as adaptações do *kanban* para a facilitação da implantação do sistema na obra. Essas adaptações foram realizadas e o modelo foi finalizado. O sistema foi concebido de acordo com os seguintes critérios:

a) Previsibilidade da produção: é essencial que o betoneiro (ou almoxarife) saiba com antecedência às demandas das equipes de produção para que consiga atendê-las no tempo certo e evitar espera na produção ou excesso de material próximo às equipes (desperdício). Por isso, é necessário que o sistema permita a solicitação do material antes de sua utilização pela equipe de produção;

Estratégia de execução: No sistema implantado, a equipe de alvenaria, avisava, por meio de cartão sinalizador, que a argamassa estava acabando em sua frente de trabalho e que precisariam de reposição (também avisavam a quantidade de traços que iriam demandar). Eles foram orientados a solicitar, quando faltar cerca de 30 minutos para a argamassa acabar, com isso, garantiu-se que não haveria interrupção da produção pela escassez de argamassa. Vale salientar a importância dos colaboradores que estão na produção para que estes solicitem a argamassa no momento adequado, evitando a geração de estoque excessivo e falta de material.

b) Sequenciamento e ordem de priorização: é necessário que haja definição na sequência de produção e/ou transporte dos materiais solicitados. Quando a previsibilidade for comprometida por alguma causa estranha ao sistema é necessário que se tenha ordem de priorização para o atendimento às solicitações e os critérios para a priorização devem estar claros e serem compartilhados com todas as equipes para assegurar a impessoalidade ao fluxo;

Estratégia de execução: Quando a argamassa estiver acabado na frente de trabalho da equipe solicitante, esta altera a cor do cartão de solicitação de amarelo para vermelho e isso indica que a equipe de produção de argamassa deve dar prioridade absoluta para a equipe, entregando dentro de poucos minutos o que foi solicitado. Isso impede que se tenha grandes tempos de espera devido à falta de material na produção. Entretanto, os colaboradores devem estar atentos à regra e só utilizá-la quando for realmente necessário para não comprometer o critério "previsibilidade da produção".

c) Transparência e imparcialidade no processo: a falta de transparência e imparcialidade no fluxo de materiais foi elencado como o principal motivo



da desmotivação das equipes de produção, afetando diretamente a sua produtividade. Se faz necessário que o sistema possua transparência (através da gestão visual, por exemplo) e imparcialidade (na elaboração de critérios para a priorização, por exemplo) para que a equipe possa trabalhar satisfeita;

Estratégia de execução: O sistema tem sua comunicação realizada por quadros e cartões que ficam expostos na produção, além disso, a utilização de cores representativas proporciona a identificação da situação por parte dos envolvidos no processo de fluxo de materiais. Isso também auxilia na imparcialidade das equipes responsáveis pela produção de insumos que agora possui critérios claros para a priorização e qualquer tentativa de burlá-lo pode ser identificada por qualquer colaborador que recebeu o treinamento do sistema.

d) Capacidade de gerar indicadores de desempenho: indicadores de desempenho são estratégicos para o acompanhamento dos processos e são *inputs* para o planejamento, entretanto é necessário que esses indicadores sejam coletados, processados e analisados de forma rápida e eficaz. Por isso, o sistema deve conter ferramentas que facilitem a geração desses indicadores (quantidade de material solicitado por atividade, por exemplo);

Estratégia de execução: Como as equipes quantificam suas demandas por argamassa no momento da solicitação, é possível que, no final de cada turno, colete-se o total de argamassa utilizada e se meça indicadores como: Quantidade de argamassa utilizada por equipe e quantidade de cimento utilizado (para controlar o estoque, por exemplo).

f) Fluxo contínuo: o fluxo de materiais na produção deve ocorrer de maneira contínua, sem interrupções e desvios, da forma mais eficiente possível. Portanto, se faz necessário estudo para a definição da logística do armazenamento, transporte e processamento (se necessário) do material a ser solicitado pelas equipes de produção, bem como da capacidade produtiva das equipes, de modo a se ter sempre estoque mínimo para proteção do processo.

Estratégia de execução: No presente estudo foi identificado que o tempo máximo gasto desde a demanda de argamassa até sua entrega à equipe era de 30 minutos, por isso foi definido que quando faltasse cerca de 30 minutos para o fim da argamassa na frente de trabalho as equipes fariam a solicitação.

g) Facilidade de implantação: é essencial que o sistema proposto seja de fácil utilização por todos os envolvidos no processo. Por isso, é interessante

que o sistema utilize cores para identificação de *status* da produção, por exemplo, bem como ferramentas de fácil e rápido manuseio. Orienta-se que seja realizado *workshop* com os envolvidos no fluxo do material para que se apresente o sistema, bem como se simule seu funcionamento.

Estratégia de execução: Foram utilizados cartões com dimensões de permitissem o fácil manuseio (10x15 cm) e cores para que facilitasse a visualização e a identificação do *status* do material na produção. Também foi limitada a quantidade de regras para a utilização do sistema para que este pudesse ser implantado sem maiores dificuldades.

h) Melhoria contínua: o sistema deve ser analisado periodicamente para a verificação da melhoria do mesmo, bem como de oportunidades de melhorias dele. Orienta-se que se faça entrevistas semiestruturadas periódicas com a equipes de produção.

Estratégia de execução: Os pesquisadores orientaram a equipe gestora da obra a realizar reuniões periódicas (a cada seis meses) de avaliação do sistema implantado e que nela estejam presentes todos os envolvidos na produção para que possam explanar sugestões de melhoria e adaptações para otimizar os resultados das equipes e melhorar as suas condições de trabalho.

#### 4 CONCLUSÕES

De acordo com os resultados expostos, pode-se afirmar que o objetivo da pesquisa foi atingido, pois foram propostas diretrizes para a concepção e implantação de sistema de fluxo de materiais.

De acordo com o diagnóstico realizado, foi percebido que o fluxo de insumos era o gargalo que mais afetava a produtividade das equipes de alvenaria, principalmente o fluxo de argamassa (devido à necessidade de processamento do material). Portanto foi desenvolvido um sistema de fluxo de argamassa que atendesse a critérios elencados pelos pesquisadores (baseados na literatura do *kanban* na construção civil) juntamente com a equipe gestora da obra.

Esses critérios garantem um processo de fluxo de materiais transparente, eficaz, claro e padronizado, aumentando a confiabilidade dos envolvidos na produção, a produtividade e a redução de atividades que não agregam valor, sendo, ainda, de fácil implantação e manutenção na atividade de alvenaria de vedação para obras verticais.

O sistema atende a todos os critérios elencados em menor ou maior grau e ainda pode ser otimizado com a inserção de novas utilizações para o mesmo. Como sugestão para a linha de pesquisa, os pesquisadores

propõem que se utilize as diretrizes deste trabalho para a concepção de sistemas de fluxo de materiais e informações para outros materiais, tipologias construtivas e construtoras.

## REFERÊNCIAS

ANDERY, M. A. et al. **Para compreender a ciência: uma perspectiva histórica**. Rio de Janeiro: Editora EDUC, 2004.

BALLARD, H. G. *The Last Planner System of Production Control*. The University of Birmingham, 2000.

BENBASAT, I.; WEBER, R. **Research Commentary: Rethinking Diversity' in Information Systems Research**. Information Systems Research, 1996. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1287/isre.7.4.389>

CARVALHO, J.C. **Logística**. 3ª Edição, p. 37. Lisboa: Edições Sílabo, 2002.

CRAIGHEAD, C. W.; MEREDITH, J. M. **Operations management research: evolution and alternative future paths**, International Journal of Operations & Production Management, 2008. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1108/01443570810888625>

CRUZ, A. L. G. **Uma contribuição metodológica para o estudo do comportamento do fluxo material em processos construtivos, em obras de edificações, na indústria da construção civil. Uma abordagem logística**. 2002. Tese (Doutorado em Engenharia de Produção) – Engenharia de Produção, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2002.

ISATTO, E. L.; FORMOSO, C. T. **A nova filosofia de produção e a redução de perdas na construção civil**. In: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 1998, Florianópolis. Anais... Florianópolis, 1998, 10p.

KOSKELA, L. **Application of the new production philosophy to construction**. Technical Report 72, 1992, 75p.

LOPES, L. C. A. **Proposta de Layout para canteiro de obras verticais**. 1996. Monografia (Especialização em Engenharia Civil), Universidade Federal de Ceará, Fortaleza, 1996.

LUKKA, K. **The Constructive Research Approach** (L. Ojala, O.-P. Hilmola, Eds.) In: Case study research in logistics. Anais...Turku: Turku School of Economics and Business Administration, 2003

MONDEN, Y. (1993). *Toyota Production System An Integrated Approach to Just-InTime*, 2ª ed. Institute of Industrial Engineers. USA.

NAKANO, D. **Métodos de Pesquisa Adotados na Engenharia de Produção e Gestão de Operações**. In: MIGUEL, P. A. C. et al. Metodologia de Pesquisa em Engenharia de Produção e Gestão de Operações, 2010.

VAN AKEN, J. E. **Management Research Based on the Paradigm of the Design Sciences: The Quest for Field- Tested and Grounded Technological Rules**. Journal of

Management Studies, 2004. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1111/j.1467-6486.2004.00430.x>