



6 a 8 de outubro de 2010 - Canela RS

ENTAC 2010

XIII Encontro Nacional de Tecnologia
do Ambiente Construído

A ALVENARIA ESTRUTURAL COMO UM PROCESSO CONSTRUTIVO POTENCIALMENTE ENXUTO – UMA VISÃO A PARTIR DA LEAN CONSTRUCTION

**José Márcio F. Monteiro (1); Thiago J. B. P. Nogueira. (2) Luiz Fernando M. Heineck
(3); Alexandre A. Bertini (4); Davi Ramalho. R. Andrade (5)**

- (1) Departamento de Engenharia Estrutural e Construção Civil – Centro de Tecnologia –
Universidade Federal do Ceará, Brasil – e-mail: marciocap@gmail.com
- (2) Departamento de Engenharia Estrutural e Construção Civil – Centro de Tecnologia –
Universidade Federal do Ceará, Brasil – e-mail: thiagobomfim86@yahoo.com.br
- (3) Departamento de Engenharia Mecânica e de Produção– Centro de Tecnologia – Universidade
Federal do Ceará, Brasil – e-mail: Freitas8@terra.com.br
- (4) Departamento de Engenharia Estrutural e Construção Civil – Centro de Tecnologia –
Universidade Federal do Ceará, Brasil – e-mail: alexandre.bertini@gmail.com.
- (5) Departamento de Engenharia Estrutural e Construção Civil – Centro de Tecnologia –
Universidade Federal do Ceará, Brasil – e-mail: daviramalho@yahoo.com.br

RESUMO

O trabalho parte de uma discussão das principais áreas de concentração dos esforços *lean*, partindo da visão pioneira de Womack e Jones (fluxo, valor, produção puxada e melhoria contínua), alargando-os para os 11 princípios de Koskella de 1992 e sumariando-os na teoria Transformação, Fluxo e Valor de 2000, para, a partir disto, criar uma categorização baseada na visão de Ciclo, Fluxo, Coordenação dos Processos, Valor, Melhoria Contínua e Qualidade de Vida no Trabalho, baseada em Machado e Heineck. O objetivo é mostrar como a alvenaria estrutural propicia a aplicação imediata destas áreas de ênfase gerencial. Para tanto, adotou-se como metodologia a pesquisa bibliográfica e a realização de visitas extensivas a obras com o intuito de se efetuar a comparação das práticas gerenciais adotadas nas mesmas com as da *lean construction* e verificar a aplicação desta no citado sistema construtivo. O trabalho também ilustra os princípios e práticas da construção enxuta e exemplos de como estes podem ser explorados na execução de alvenaria estrutural. Conclui-se pela necessidade de intensificar a aplicação dos conceitos da filosofia *lean* na Alvenaria Estrutural a fim de extrair deste sistema construtivo todo o seu potencial de racionalização e economia e pela busca de operacionalizar a aplicação destes conceitos em duas áreas ainda menos exploradas, que são o aumento de valor para o cliente e a melhoria da qualidade de vida para os operários durante o processo de execução das edificações em alvenaria estrutural.

Palavras-chave: Alvenaria Estrutural; Construção Enxuta; Sistemas Construtivos.

1 INTRODUÇÃO

Nos últimos anos, o aumento da competitividade entre as empresas da construção civil vem sendo sentido de maneira mais intensa na economia brasileira. Atualmente os consumidores exigem cada vez mais produtos e serviços de melhor qualidade e menor custo, o que aumenta a competição na conquista de clientes pelas construtoras (DAVIS et. al., 2001). Pode-se afirmar que uma das formas de uma empresa da construção tornar-se mais competitiva é o uso de sistemas construtivos que possuam características de racionalidade e sejam favoráveis às boas práticas de gestão. Dentre os sistemas construtivos mais presentes na construção civil pode-se citar a alvenaria estrutural. Este sistema tem se mostrado aplicável para a construção de habitações residenciais de múltiplos pavimentos, principalmente no que se refere a construções para famílias de baixo e médio poder aquisitivo, pois, para consumidores de alto padrão, a flexibilidade arquitetônica apresenta-se como um possível limitador do sistema. Clientes com elevado poder aquisitivo exigem amplos espaços (aumento de vãos) e flexibilidade quase que total.

Paralelamente ao surgimento de novas tecnologias construtivas, as novas filosofias gerenciais no setor da construção, principalmente a proveniente do Sistema Toyota de Produção (STP), também têm experimentado um aumento de interesse por parte dos construtores modernos, influenciados pelos acadêmicos estudiosos do assunto. A nova filosofia de produção derivada das fábricas da Toyota é denominada de *Lean Manufacturing* (Produção Enxuta) que, quando aplicada à construção civil, recebe o nome de *Lean Construction* (Construção Enxuta).

Nascida no chão das fábricas japonesas devido à necessidade de redução de custos, aumento da produtividade, redução de defeitos, entre outros motivos, a *Lean Manufacturing* se utiliza de diversos princípios e métodos de gerenciamento de produção que a tornam mais eficiente do que a, até então, filosofia de produção dominante: a Produção em Massa. Esta, proveniente das montadoras automotivas norte americanas.

Neste contexto, o uso de novas tecnologias construtivas e a adoção deste novo sistema de gestão da produção são de primordial importância para o aumento da competitividade das empresas do setor, o que torna necessário compatibilizar essas novas tecnologias com o sistema de gestão desejado.

É óbvia a afirmação de que cada processo construtivo apresenta características diferentes, assim como cada filosofia de gestão. Saber se os dois podem ser usados de maneira integrada é um ponto necessário de ser conhecido para a tomada de decisão.

No que diz respeito ao sistema de alvenaria estrutural, apenas a substituição da estrutura convencional de concreto armado por este sistema tem mantido o assunto somente na ótica da engenharia de estruturas. A interface com os outros subsistemas da edificação, a melhoria da construtibilidade da obra e os estudos dos processos de produção, permanecem ainda em segundo plano. Assim, os benefícios econômicos da correta utilização do sistema têm sido subaproveitados, se comparados a toda sua possível potencialidade (MANZIONE, 2004).

Deste modo, este trabalho se propõe a analisar a compatibilidade do sistema construtivo Alvenaria Estrutural com a filosofia de gestão da Construção Enxuta. Tentar-se-á verificar se a alvenaria estrutural pode atender naturalmente aos princípios do Sistema Toyota de Produção.

1.1 Alvenaria Estrutural: Características gerais e contexto no estado do Ceará.

Por conta da demanda crescente por materiais de construção que permitam uma melhor racionalização da construção há um esforço para que seja possível a produção de blocos cerâmicos que apresentem melhores características de modulação e conectividade com os demais subsistemas construtivos presentes nas obras. Isto se verifica, principalmente, na produção de tijolos para alvenaria estrutural, que são fabricados em “famílias”, onde cada elemento desempenha uma função específica na elevação da parede. Há blocos de tamanhos variados que permitem um melhor sistema de modulação. Há também os elementos ditos “blocos-calha” usados na confecção de vergas, contra-vergas e cintas para fundação e de coroamento. Além disso, os blocos estruturais, por apresentarem furação vertical, permitem a passagem de tubulações elétricas em seu interior, evitando assim que haja quebras posteriores nas alvenarias para que os tubos sejam embutidos.

No estado do Ceará, em grande parte, a incorporação destas características para alvenaria nas obras vem sendo impulsionada pelas construtoras da cidade de Fortaleza que, ao adotarem sistemas de gestão que procuram minimizar as perdas no canteiro de obras, tendem a demandar por sistemas construtivos mais “limpos” e racionais, como é o caso da alvenaria estrutural. Outro ponto forte de incentivo da produção de tijolos estruturais foi o PAR (Programa de Arrendamento Residencial) da Caixa Econômica Federal. Este programa possibilitou a construção em Fortaleza de diversos condomínios de edifícios de quatro pavimentos, nos quais o sistema construtivo utilizado foi, em sua maior parte, o de alvenaria estrutural. Também o programa “Minha casa, minha vida” é outro forte fator de aumento da produção de moradias e, conseqüentemente, da utilização da alvenaria estrutural. Inclusive, boa parte dos edifícios deste programa na capital cearense também será construída neste sistema.

Com o crescimento da procura por tijolos cerâmicos e a exigência de sua produção em famílias de blocos ou com detalhes que favoreçam à racionalização da obra, as empresas produtoras de blocos estruturais do estado se viram obrigadas a adaptar seu maquinário de produção para atender a esta demanda. Todo este quadro veio a provocar inovações nos sistemas em alvenaria no Ceará, despertando o interesse de pesquisadores, técnicos, órgãos financiadores e do meio industrial para o aperfeiçoamento da produção dos blocos e de sua aplicação em obra.

As alvenarias, como um todo, são sistemas construtivos de grande relevância em obras de construção civil. No montante total de gastos numa obra o custo da alvenaria não está dentre os maiores. Porém, pelo fato da mesma estar interligada a outros sistemas importantes da construção, sua qualidade e seu grau de racionalização passam a exercer influência direta sobre várias fases da obra e acabam contribuindo também no sucesso da execução de sistemas prediais que têm maior custo.

As paredes de alvenaria são os elementos mais frequentemente e tradicionalmente empregados na construção de edifícios. Considerando-se apenas o custo das paredes de vedação – pode alcançar até 6% do custo total da obra – a racionalização parece não ser tão importante. No entanto, levando-se em consideração as suas inter-relações com o conjunto das esquadrias, das instalações elétricas e hidro-sanitárias e dos revestimentos, os quais estão vinculados à concepção e à execução da própria alvenaria, não seria exagero pensar que este conjunto pode atingir até 40% do custo total dos edifícios.(LORDSLEEM JR., 2000).

A alvenaria estrutural se caracteriza, pois, como um sistema construtivo que pode proporcionar, à medida que seja bem estudado e aplicado, melhorias na qualidade de execução das obras e diminuição em seu custo final. Sobre suas características construtivas Prudêncio Jr. *et al* (2002, p. 13), define “A alvenaria estrutural é um tipo de estrutura em que as paredes são elementos portantes compostos por unidades de alvenaria, unidas por juntas de argamassa capazes de resistirem a outras cargas além de seu peso próprio. Essas paredes são dimensionadas por meio de cálculos racionais, diferindo-se, assim, da alvenaria resistente que é calculada empiricamente.”

Na Região Metropolitana de Fortaleza o sistema construtivo mais utilizado na atualidade para a construção das edificações chamadas “térreo mais três” é o de alvenaria estrutural. Mas o uso deste sistema tem também se estendido para edifícios de até oito andares destinados à classe média, como se pode ver na Figura 1.



Figura 1. Edifício de oito pavimentos em alvenaria estrutural em execução na cidade de Fortaleza. MEHIS.

1.2 *Lean Construction* e Alvenaria Estrutural

O *Lean Manufacturing* surgiu da necessidade da Toyota, fábrica japonesa de automóveis, tornar-se mais competitiva no mercado internacional. Segundo Heineck *et al.* (2009, p 23) “O pensamento enxuto é derivado fundamentalmente da observação que autores dos Estados Unidos fizeram sobre a realidade industrial japonesa, quando comparada com o eventual declínio de competitividade das empresas ocidentais”. Esse estudo pode ser encontrado no livro *A máquina que mudou o Mundo* de J. Womack e D. Jones. Baseado em uma série de princípios, o Sistema Toyota de Produção pode ser adaptado para a construção civil. Novamente segundo Heineck *et al.* (2009) impulsionado pelas idéias desses autores, referentes ao STP, em 1992 o pesquisador finlandês Lauri Koskela emitiu um relatório que se tornou clássico para a construção civil, enumerando 11 princípios da construção enxuta. Esses princípios serão explorados em subitem posterior do trabalho.

Ainda segundo Heineck *et al.* (2009, p 27) “Em termos práticos, podemos dizer que o *lean* é definido por entender o processo, fazê-lo fluir e puxá-lo”. Quando o autor se refere a puxá-lo, ele se baseia na filosofia JIT (Just In Time), utilizada no Sistema Toyota de Produção.

Alguns dos conceitos mais importantes da produção enxuta são discutidos a seguir:

Heijunka: Trata-se do nivelamento da produção, buscando-se obter um fluxo contínuo da mesma. Tenta-se conseguir uma programação nivelada com o sequenciamento dos pedidos em um padrão repetitivo, obtendo-se o aumento do número de ciclos e a redução do tamanho dos pacotes.

Kaizen: Melhoria contínua. Na Toyota, a busca incessante pela perfeição faz com que todos tentem melhorar continuamente. Trata-se de pequenas modificações que somadas trazem a melhora do sistema. Com melhorias incrementais, é possível diminuir as perdas e aumentar o valor agregado para o cliente.

Just-in-Time: Significa que cada processo deve ser suprido com os itens certos, no momento certo, na quantidade certa e no local certo. Isto leva a quase que total eliminação de estoques, reduzindo a praticamente zero as perdas da produção. Enquanto nas fábricas norte americanas encontravam-se estoques para meses de trabalho, nas fábricas da Toyota no Japão os estoques só eram suficientes para algumas horas, reduzindo custos financeiros e a necessidade de grandes áreas de estocagem. Vale ressaltar que o objetivo do *Just-in-Time* é a eliminação de perdas, permitindo um fluxo contínuo da produção.

Jidoka: No português chamamos de “Autonomação” ou automação com a contribuição humana. Isto consiste basicamente em permitir ao operador ou à máquina que decida se a linha de montagem deve parar, sempre que for detectada qualquer anomalia. Com isso, consegue-se o “defeito zero”, ou seja, não se permite que, quando um defeito seja encontrado, a linha continue processando. Isso contradiz a política da produção em massa, que possuía os ajustadores, profissionais para corrigir esse tipo de defeito no final do processo. Indo mais além do que esta simples autonomia de parar a montagem, o STP não permite que a mesma volte a operar sem que a causa raiz do defeito tenha sido encontrada para que o mesmo não se repita.

No que diz respeito à Alvenaria Estrutural, existem diversos estudos sobre este sistema construtivo que avaliam as vantagens técnicas e econômicas do mesmo, assim como seu elevado grau de racionalização. Partindo da definição de sistema construtivo, afirma Sabbatini (1989) *apud* Manzione, (2004, p. 13) “Sistema construtivo é um processo construtivo de elevados níveis de industrialização e de organização, constituído por um conjunto de elementos e componentes inter-relacionados e completamente integrados pelo processo”. Com isso, conclui Manzione (2004, p. 13) “A alvenaria estrutural pode ser, então, entendida como um sistema construtivo completo, com alto grau de racionalidade, que suporta e organiza os outros subsistemas da edificação”.

É imediato pensar que a filosofia *lean* se molda facilmente à Alvenaria Estrutural, devido à mesma ser um processo extremamente racionalizado. Baseando-se na técnica da Coordenação Modular, a característica mais importante da Alvenaria Estrutural racionalizada, é que se determina que as dimensões da edificação devam ser múltiplas de um módulo padrão, tornando racional o processo construtivo. Novamente segundo Ramalho *et al* (2003, p. 13) “A modulação é um procedimento

absolutamente fundamental para que uma edificação em alvenaria estrutural possa resultar econômica e racional”. Muitos autores ao tentarem explicar porque a alvenaria estrutural é um processo construtivo tão racional, chegam a compará-la ao brinquedo LEGO, este tendo como característica o encaixe perfeito das peças para montagem da forma final.

Durante o levantamento bibliográfico, não foram encontrados textos que relacionem os dois assuntos estudados, alvenaria estrutural e construção enxuta, o que torna o assunto de caráter inovador.

2 OBJETIVO

O objetivo deste artigo é mostrar como a *lean construction* encontra aplicação imediata no sistema construtivo alvenaria estrutural e como esta tecnologia construtiva e essa filosofia gerencial se complementam na busca da execução altamente racionalizada de edificações.

3 METODOLOGIA

O trabalho está baseado em duas ações principais:

- Pesquisa Bibliográfica: Em livros, catálogos técnicos, manuais e artigos científicos que tenham como foco a alvenaria estrutural e a construção enxuta;
- Visita a Obras: Acompanhamento extensivo de 10 obras na cidade de Fortaleza e em sua região metropolitana que empregam a alvenaria estrutural como principal sistema construtivo, com o registro de imagens e a análise das práticas gerenciais, comparando-as às práticas da *lean construction* e sondando a possibilidade e a adequação da aplicação desta filosofia nas construções.

4 CRUZANDO AS CARACTERÍSTICAS DA CONSTRUÇÃO ENXUTA COM AS DA ALVENARIA ESTRUTURAL.

Nesta parte do trabalho, serão enumerados os princípios da construção enxuta de Koskela para que se possa discutir, em cada um deles, sua aplicabilidade em alvenaria estrutural. Além disso, serão discutidas algumas características *lean* presentes na coletânea Edificar Lean de Heineck *et al.*

4.1 Os 11 Princípios de Koskela

No que tange aos 11 princípios de Koskela para a construção enxuta, discute-se a seguir a possibilidade de aplicação dos mesmos na alvenaria estrutural.

Aumentar o valor para o cliente mediante a consideração dos seus requisitos: Basicamente o princípio é auto-explicativo, porém vale ressaltar que o cliente não é apenas o consumidor final do produto e sim todos os que receberão o mesmo durante o processo de produção. Em alvenaria estrutural é possível produzir com vistas aos requisitos dos clientes. Uma possível limitação é o fato da flexibilidade arquitetônica não ser elevada nesse sistema construtivo. Porém, como citado anteriormente, para famílias de médio e baixo poder aquisitivo essa flexibilidade perde um pouco a importância, pois em unidades pequenas a flexibilidade é naturalmente limitada.

Diminuir a parcela que não reúne valor no processo produtivo: Na alvenaria estrutural um exemplo marcante é a quase que total eliminação de fôrmas. A atividade de produção de fôrmas não agrega valor ao produto, o que torna desejável a sua eliminação. Da mesma forma o material gasto para a confecção das mesmas é eliminado, reduzindo o consumo e a geração de entulho. A Figura 2 mostra a execução de uma cinta de coroamento em alvenaria estrutural utilizando o próprio bloco cerâmico.



Figura 2. Na alvenaria estrutural o uso de formas para lajes e cintas é eliminado.

Banco de Imagens MEHIS.

Simplificar o processo produtivo: A simplificação, no caso da alvenaria estrutural, se dá, entre outros fatores, pelo uso de um conjunto de peças que incorporam em si elementos construtivos que em outros sistemas estão presentes quantitativamente de forma bem intensa, como é o caso das vergas e contra-vergas. Também a possibilidade de se ter blocos elétricos que já são assentados com as caixas elétricas embutidas e a de se permitir a introdução de eletrodutos em paralelo à elevação da parede, elimina etapas posteriores, que, inclusive, nos sistemas de alvenaria tradicionais, gerariam a quebra das paredes para a introdução dos tubos e mesmo das caixas. As Figuras 3 e 4 mostram como a alvenaria estrutural conecta-se ao sistema elétrico e realiza a intercambialidade com vergas e contra-vergas, com vista à simplificação do processo construtivo.



Figura 3. Eletrodutos e caixas elétricas assentadas em paralelo à elevação da alvenaria.

Fonte: Banco de Imagens MEHIS.



Figura 4. Vergas e contra-vergas que utilizam os próprios blocos cerâmicos na elevação da alvenaria.

Fonte: Banco de Imagens MEHIS.

Devido às características naturais do sistema alvenaria estrutural, a consideração da construtibilidade com vistas à modulação já é uma realidade. A adoção deste sistema estrutural simplifica bastante o

processo produtivo. Porém, deve-se lembrar de que não basta substituir o concreto armado e a alvenaria comum pela alvenaria estrutural, deve-se considerar o sistema como um todo, explorando todas as suas potencialidades de simplificação para que se possa usufruir da totalidade de seus benefícios.

Reduzir o tempo de ciclo: A definição de tempo de ciclo refere-se ao tempo transcorrido desde o início até o término de um elemento da construção. Como exemplo, temos o caso de uma parede que primeiramente deve ser marcada (1ª fiada), em seguida deve ser feita a elevação e por final o encunhamento. Mesmo assim a parede não se apresenta concluída, restando ainda a necessidade de acabamento final. Para tal, faltam o emestramento, o reboco e a pintura, desconsiderando as instalações. Todos estes serviços somados formam o tempo de ciclo da parede. No sistema estrutural de alvenaria o tempo de ciclo é condensado, à medida que há paralelismo de execução de subsistemas, como o já citado caso do embutimento e execução das instalações elétricas ao longo da elevação das paredes.

Diminuir a variabilidade: Este princípio estimula a padronização dos serviços, tornando possível, mesmo a produtos diferentes, apresentarem componentes iguais, de forma a estabilizar a produção. Dentre os meios de se conseguir a redução da variabilidade pode-se citar a padronização de projetos, seleção de mão de obra com produtividade homogênea e oferecimento de boas condições de trabalho para os operários. O sistema em estudo, portanto, apresenta estas características, à medida que elimina, por exemplo, as fases de fabricação de fôrmas para cintas, vigas ou pilares e a necessidade da etapa de encunhamento. A própria característica de modulação da alvenaria torna a variabilidade menor devido a conexão das peças obedecer um sistema dimensional pré-estabelecido, não deixando espaço para a introdução de elementos de improviso, sendo que a detecção de um procedimento como este é imediata, por estar se trabalhando com uma malha modular.

Aumentar a transparência: Este princípio determina que a informação deve estar facilmente acessível para, a qualquer momento, o operário poder puxá-la para os devidos esclarecimentos. A mesma também deve estar graficada, pois a simplicidade é uma das características do sistema *lean*. A transparência, pois, na alvenaria estrutural é inerente ao próprio sistema, já que este tem no controle dimensional modular uma característica fundamental. Estando a malha modular como que lançada tridimensionalmente no espaço de produção, a transparência da execução é percebida de imediato pelo setor operacional e pelo gerenciamento da obra. O fato de as plantas das fiadas iniciais, os desenhos das elevações com todos os detalhes de instalações, grautes, vãos e demais subsistemas estarem disponíveis para o operário no momento da execução de cada parede é outro forte fator de transparência na alvenaria estrutural.

Focar o controle no processo como um todo: Para que se possa aplicar todas as ideias do *Lean Thinking*, como fazem as montadoras japonesas, várias melhorias devem ser feitas, não só nas empresas construtoras, mas também nos seus fornecedores. Um bom exemplo para ilustrar é o fato de que para se praticar *Just-in-Time* deve-se ter uma sólida parceria com os fornecedores, permitindo que o sistema flua continuamente. Na Toyota, por exemplo, a cadeia de suprimentos entrega as peças direto na linha de montagem, o que elimina quase que totalmente a necessidade de estoques. No caso do sistema abordado neste trabalho, uma relação de fornecimento de insumos para a alvenaria que permita a entrega da família de blocos em lotes com as quantidades especificadas de acordo com o uso em obra e na medida certa em que a produção flui ao longo do tempo, é essencial para que os estoques da obra não ocupem espaços além daqueles projetados para a acumulação de peças a serem usadas em cada trecho trabalhado no canteiro, ou mesmo para a busca da minimização do estoque. A Figura 5 mostra uma empresa cerâmica que fornece blocos estruturais paletizados nas dimensões e no período requerido pela construtora.

A questão da necessidade do fornecimento de elementos de outros subsistemas que sejam modulados e com isso permitam o encaixe perfeito ao sistema de alvenaria também é primordial. Esquadrias, peças cerâmicas de revestimento, eletrodutos e caixas elétricas, peças pré-moldadas para *shafts* e bancadas para as áreas laváveis são exemplos de elementos construtivos que necessitam de um prévio acordo de fornecimento sob medida, tanto no que tange ao fator dimensional quanto no que diz respeito ao período certo de entrega na obra.



Figura 5. Empresa que fornece blocos cerâmicos estruturais paletizados. Fonte: Banco de Imagens MEHIS.

Alternar esforços de melhoria de conversão e de fluxo: Melhorar o fluxo significa melhorar o processo, enquanto melhorar a conversão significa melhorar o posto de trabalho para que seja fabricado um produto de melhor qualidade. Na alvenaria estrutural a melhoria do fluxo se dá à medida que ela exige do setor operacional um dinamismo capaz de disponibilizar os componentes certos no local exato de sua aplicação. Para isto toda a logística da obra deve se mobilizar no sentido de fornecer os blocos cerâmicos para os pedreiros conforme a necessidade de execução em sua quantidade certa e nos diversos tipos (blocos para elevação diferenciados conforme a paginação das paredes, blocos calha ou em “u” para cintas e vergas, blocos para instalações, etc.). Também o fornecimento de argamassas e de *kits* elétricos, hidro-sanitários e de peças cerâmicas, são importantíssimos na melhoria das operações de fluxo. Já a melhoria do posto de trabalho acontece a partir do fornecimento de todas as ferramentas e equipamentos necessários para a execução das tarefas. Também a disponibilização de equipamentos de segurança corretos e das plantas necessárias à execução dos panos de alvenaria devem ser situações bem presentes nas obras em que se executa alvenaria estrutural. O uso de pré-lajes também facilita o fluxo, já que elimina atividades que exigem intensa movimentação no canteiro, como é o caso das concretagens *in loco*.

Fazer Benchmarking: *Benchmarking* é ato de buscar as melhores práticas em outras empresas, sejam elas do setor da construção civil ou não. Fala-se de empresas montadoras que adaptaram seu sistema de limpeza a partir de exemplos colhidos em hospitais. No caso da alvenaria estrutural, a observação de melhores práticas nas diversas empresas que utilizam o sistema e sua apropriação e reaplicação nas obras têm um potencial de grande sucesso, devido ser sempre possível neste sistema o uso da criatividade e do poder de adaptação e reelaboração de processos, com o incremento de novas formas de execução que busquem maximizar a intercambialidade de componentes construtivos.

Praticar o Kaizen: Melhoria contínua. Trata-se de pequenas modificações que somadas trazem a melhora do sistema. Assim como em diversos sistemas construtivos, é totalmente possível aplicar aqui a melhoria contínua. Pode-se perceber que o sistema utilizado no mercado já apresenta diversas melhorias incrementais, como o uso de escantilhões entre outras ferramentas simples utilizadas na alvenaria estrutural. A melhoria contínua também se dá à medida que são permitidas e de fácil adaptação a implementação de melhorias colhidas com o uso do de *benchmarking*, já que, como o sistema tem como base a pouca variabilidade, é fácil a adaptação de boas práticas de uma obra para outra.

Aumentar a flexibilidade de saída: Para que se possa considerar os requisitos dos clientes, o aumento da flexibilidade é um fator decisivo. Porém, isto não significa dar liberdade total aos mesmos, pois para tal seriam elevados bastante os custos e não seria atendido o princípio da redução de variabilidade. Neste caso o sistema de alvenaria estrutural tem um fator regulador, que é a presença da coordenação modular. Esta faz com que a variabilidade de saída possa estar presente, mas regulada pelas dimensões pré-estabelecidas em projeto.

4.2 Características *Lean* aplicadas à Alvenaria Estrutural

Heijunka:

Trata-se do nivelamento da produção, buscando-se obter um fluxo contínuo da mesma. Em alvenaria estrutural é totalmente possível a aplicação deste princípio. Tenta-se conseguir uma programação nivelada com o sequenciamento dos pedidos em um padrão repetitivo, obtendo-se o aumento do número de ciclos e a redução do tamanho dos pacotes. A aplicação deste princípio na alvenaria

estrutural é feita de forma natural, pois a sequência de atividades e a precedência de tarefas relacionadas aos demais subsistemas são bem definidas, não sendo possível o aumento excessivo da velocidade de produção.

Just-in-Time:

A aplicação de produção puxada é facilitada pela alvenaria estrutural. Com um correto sistema de solicitação de materiais pode-se disponibilizar os mesmos no posto de trabalho na hora certa, minimizando-se, assim, os estoques. Outro fator que pode contribuir para a diminuição de estoques, é o da adoção da produção dos blocos no próprio canteiro (no caso dos blocos de concreto) o que elimina a necessidade de grandes entregas de blocos na obra.

Jidoka:

Como exposto anteriormente, esta prática consiste basicamente em permitir ao operador que decida se a linha de montagem deve ser interrompida, sempre que for detectada qualquer anomalia. Em alvenaria também é possível dotar o operário de poderes para parar a produção. A facilidade de se perceber erros também é alta devido à modulação, o que reduz a possibilidade de um erro passar despercebido. Diferentemente de uma estrutura de concreto, em que o prumo é verificado antes da concretagem e a ação do vento ou o próprio ato de se concretar podem desaprumar a estrutura, na alvenaria estrutural a verificação de prumo pode ser feita de fiada em fiada, o que reduz quase a zero a possibilidade de desaprumo.

Trabalho Padronizado:

Método efetivo e organizado de produzir sem perdas (GHINATO, 2000). É inerente deste sistema a condição de trabalhar de maneira padronizada. A redução do número de atividades facilita a padronização. A padronização já é uma característica intrínseca ao sistema e um de seus pontos mais fortes, pois fortalece a possibilidade de intercambialidade com outros sistemas prediais e o trabalho sistemático pelas equipes de operários.

Alargamento do trabalho:

Sendo uma das características da produção enxuta, o alargamento do trabalho consiste em aumentar o número de atividades de mesma complexidade em um serviço, de forma que as habilidades exigidas sejam similares às da tarefa original, não alterando a natureza do trabalho (BOUCHER 1998 *apud* MELLO, ano desconhecido). Na alvenaria estrutural é intensa a aplicação desta ideia, pois uma das principais características do sistema construtivo é o embutimento das instalações não-fluidas e outros elementos dentro das paredes, o que torna necessária a polivalência das equipes de trabalho. Esta polivalência, com a presença de operários de diversas especialidades, caracteriza a formação de células mais completas em potencial de produção. Podendo a equipe e, em alguns casos, um mesmo operário desempenhar diferentes funções, por exemplo: marcação e elevação da alvenaria, colocação dos tubos e caixas elétricas, assentamento de *shafts* para tubulações hidro-sanitárias, etc., a construção ganha maior dinâmica, sendo que não há elevada estratificação de serviços e sua excessiva distribuição, mas um agrupamento de vários destes sob a responsabilidade de equipes mais abrangentes em termos de realização de atividades na obra, o que gera a redução da interferência entre equipes, com a conseqüente redução do tempo de espera e assim a redução do tempo de ciclo global do processo.

Aumento do número de vezes que o PDCA é rodado:

O ciclo PDCA consiste basicamente em planejar, executar, controlar e agir corretivamente. Na alvenaria estrutural os erros são mais facilmente percebidos, devido à elevada racionalização do sistema. Como se usa a coordenação modular e se tem como uma das principais características a padronização dos serviços, o aumento de ciclos PDCA é natural. Além disso, o fato de às equipes ser atribuído um maior número de serviços e de a entrega destes ser exigida de forma adequada, força a equipe a policiar-se mais frequentemente quanto à execução de cada etapa da tarefa, e de maneira até intuitiva, imprimir uma freqüência maior de conferências às etapas, sob pena de cada processo posterior apresentar erros que prejudiquem a própria equipe.

Antecipação de atividades:

A antecipação de atividades consiste em preparar com antecedência elementos da produção para que no momento de seu assentamento ou instalação não se perca tempo com pequenas atividades que não agregam valor ao produto final. Esta é outra característica *lean* plenamente aplicável ao sistema em estudo. Além de naturalmente aplicável, essa prática já é largamente utilizada no mercado na construção de edificações em alvenaria estrutural. Alguns exemplos disso são o uso de caixinhas pré-trabalhadas para aplicação de instalações elétricas, a utilização de pré-lajes e de *kits* de materiais com peças pré-encaixadas, ou pré-montadas como os *kits* porta-pronta.

5 CONCLUSÕES

Devido ao seu elevado grau de racionalização, ao seu sistemático processo construtivo e à presença de ferramentas de projeto e execução como a coordenação modular, entre outros fatores descritos no trabalho, a Alvenaria Estrutural se mostra um sistema construtivo totalmente aplicável à construção enxuta, mas não só isso. Ela apresenta-se como um sistema adequado e que, na verdade, exige o uso da *lean construction*, para que se possa alcançar todo o seu potencial. Pode-se afirmar até que as características da *lean* são naturalmente aplicáveis à Alvenaria Estrutural. Neste trabalho foram abordadas várias destas características, porém a análise pode ser ampliada com o cruzamento de outras características ainda não exploradas aqui. Respeitando as devidas limitações no que se refere à flexibilidade arquitetônica e com um acurado estudo das necessidades do cliente é possível aumentar o valor para este em Alvenaria Estrutural. Com a valorização das equipes de trabalho a partir de sua capacitação para serviços que exigem profissionais polivalentes, acrescentando-se o fornecimento de todos os subsídios e o atendimento dos requisitos que proporcionam segurança no trabalho, organização, aumento da produtividade e bom relacionamento entre equipes distintas do mapa de fluxo, certamente há aumento de valor para a qualidade de vida dos trabalhadores que atuam no setor operacional de obras executadas neste sistema.

6 REFERÊNCIAS

- DAVIS, Mark M.; AQUILANO, Nicholas J.; CHASE Richard B. **Fundamentos da Administração da Produção**, 3º edição, Bookman Editora, Porto Alegre, 2001.
- FORMOSO, C. T. **Lean Construction – Princípios básicos e exemplos. Apostila sobre Lean Construction** –UFRGS– Escola de Engenharia- NORIE– Porto Alegre, 2003.
- GHINATO, P. **Elementos Fundamentais do Sistema Toyota de Produção**. In_____. Recife, 2000. Disponível em < <http://www.scribd.com/doc/294131/Fundamentos-do-Sistema-Toyota-de-Producao>.
- HEINECK, L. F. M; ROCHA, F. E. M; PEREIRA, P. E; LEITE, M. O. **Edificar Lean v.1**. Fortaleza: Ed. Expressão Gráfica, 2009.
- LORDSLEEN JÚNIOR, A. C. **Execução e Inspeção de Alvenaria Racionalizada**. São Paulo: O Nome da Rosa, 2000.
- MANZIONE, L. **Projeto e Execução de Alvenaria Estrutural**. São Paulo: Ed. O Nome da Rosa.
- MELLO, P. L. de. **Análise ergonômica de postos de trabalho**. Disponível em: <http://www6.ufrgs.br/epr/upload/artigos/ArtigoErgonomia.doc> Acesso em 30/07/10 às 00:24.
- PRUDÊNCIO JÚNIOR, L. R.; OLIVEIRA, A. L. ; BEDIN, C. A. **Alvenaria Estrutural de Blocos de Concreto**. Florianópolis: [s.n.], 2002.
- OHNO, T. **O Sistema Toyota de Produção - Além da Produção em Larga Escala**. Porto Alegre: Editora Bookman, 1997.
- RAMALHO, M; CORRÊA, MÁRCIO. **Projeto de Edifícios de Alvenaria Estrutural**. São Paulo.