

Influência da racionalização e industrialização na construção sustentável

Artur Moura

Mestrando do Programa de Pós-graduação em Engenharia Civil.
Universidade Federal do Rio Grande do Norte
E-mail: arturmoura@yahoo.com.br

Maria das Vitórias V. A. de Sá

Professora Doutora do Programa de Pós-graduação em Engenharia Civil.
Universidade Federal do Rio Grande do Norte
E-mail: vitoria@ct.ufrn.br

ENVIO EM: Setembro de 2013

ACEITE EM: Outubro de 2013

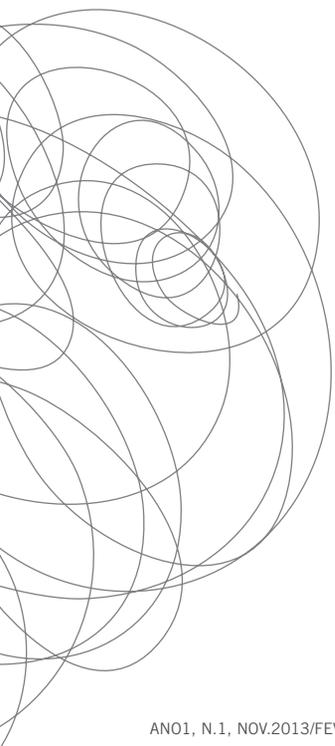
Resumo: A construção sustentável tem-se tornado indispensável à sobrevivência da indústria da construção. Indicadores de desperdícios apontam para números alarmantes de ineficiência do setor, ao mesmo tempo evidenciam processos críticos a serem atacados. A racionalização e a industrialização da construção são apontadas como a chave para reformulação dos métodos construtivos. O ponto central de sua funcionalidade passa a ser a mudança de cultura do setor, através de filosofias, como o Lean e o Green Construction, de apoio à gestão da produção.

Palavras-chave: Racionalização. Industrialização. Lean Construction. Sustentabilidade.

INFLUENCE OF RATIONAL AND SUSTAINABLE CONSTRUCTION IN INDUSTRIALIZATION

Abstract: Sustainable construction has become indispensable to the survival of the construction industry. Waste indicators point to an alarming number of inefficiencies in the sector, while critical evidence to be attacked processes. The rationalization and industrialization of construction are identified as the key to reshaping the construction methods. The central point of its functionality becomes the culture change the industry through philosophies like Lean and Green Construction, to support production management.

Keywords: Rationalization. Industrialization. Lean Construction. Sustainability.



1 INTRODUÇÃO

A partida é dada em 1987, quando da publicação do Relatório Nosso Futuro Comum, ou Relatório de Brundtland (Organização das Nações Unidas - ONU), em que os efeitos do uso inadequado dos recursos naturais e as preocupações com a manutenção do globo passam a serem motivações para reuniões mundiais.

Sus-ten-ta-bi-li-da-de... Mas o que é Sustentabilidade? O termo nasce junto ao relatório de Brundtland, em que a ideia central para o desenvolvimento sustentável é atender às necessidades do presente sem comprometer a possibilidade de as gerações futuras atenderem às suas.

A construção sustentável não é diferente; é construir evitando desperdícios que prejudiquem a natureza, em outras palavras, ter respeito e compromisso com o meio ambiente, evitar gastos energéticos, a má disposição dos resíduos gerados, clandestinidade em seu destino final, alto consumo de recursos naturais, a ineficiência dos mesmos, o descumprimento das legislações vigentes ao setor, ou seja, atender à demanda habitacional da cidade sem agredir ao meio ambiente (IDHEA, 2008).

Mas, como ser sustentável? Como enxergar a sustentabilidade em nosso canteiro? Que contribuição obtemos, através do uso da racionalização e industrialização nos canteiros? Qual o melhor caminho a seguir?

O primeiro passo é dado por um bom projeto. Fazendo um trocadilho, diz-se que, quando projetamos um “cuscuz”, se bem executado, teremos, no máximo, o melhor “cuscuz”; no entanto, jamais teremos uma “macarronada” ao projetarmos um “cuscuz”. Logo, a qualidade deve estar presente em todas as fases, mas é primordial durante a concepção do projeto para que ele se torne sustentável.

Outro ponto importante é a visualização do processo como um todo. A informalidade não combina com sustentabilidade. Quando tratamos de sustentabilidade ao longo da cadeia produtiva, precisamos garantir que todos estejam alinhados. Portanto, é necessário o conhecimento exato de onde é retirado o recurso natural destinado a sua obra, bem como para onde está indo e de que forma estão sendo tratados os resíduos gerados.

Destaca-se, ainda, a manutenção do sistema de construção sustentável, no qual, a chave para o sucesso ao aperfeiçoamento contínuo é a inovação.

Nesse sentido, Corrêa (2009) confirma que são três as pré-condições para um empreendimento sustentável:

- Um projeto de sustentabilidade tem que ter qualidade;
- Sustentabilidade não combina com informalidade;
- Busca constante pela inovação.

Como se vê, a sustentabilidade é algo que requer uma postura equilibrada e racional de conjunção de aspectos sociais, econômicos e ambientais no trato da produção de bens e infraestrutura para melhoria da qualidade de vida de nossas comunidades (HELENE, 2012).

Diante das considerações supracitadas, este artigo objetiva apresentar, de forma transparente, algumas justificativas para adoção da racionalização e industrialização em canteiros de obras, como, também, demonstrar aspectos relevantes nos diversos processos construtivos, na concepção de projetos, no uso de materiais e ferramentas, até na forma de gestão a ser adotada.

2 JUSTIFICATIVAS PARA ADOÇÃO DA RACIONALIZAÇÃO E INDUSTRIALIZAÇÃO EM CANTEIROS DE OBRAS

A construção civil é uma das indústrias que mais cresceu nos últimos anos. Tal representatividade já era notada através de Sousa (2005): “A indústria da construção civil é de suma importância para o país, representando 15% do PIB, gerando, direta ou indiretamente, aproximadamente, 15 milhões de empregos”

Por outro lado, como reflexo do crescimento desestruturado, é possível enxergar números alarmantes no uso dos recursos, quando do relato de Carneiro et al (2001): “A cadeia da construção civil é uma das maiores consumidoras de matérias primas naturais. Estima-se que a construção civil utilize em torno de 20 a 50% do total de recursos naturais consumidos pela sociedade”.

Neste sentido, considerada como o “patinho feio” das indústrias na geração de resíduos, passou a ter o rótulo de: desperdiçar 01 (uma) edificação e cada 03 (três) construídas. Mito ou verdade? Até onde podemos afirmar?

Para se chegar a números palpáveis, em termos comparativos, Souza (2005) realizou um estudo quanto à massa de material consumido para fabricação de produtos entre a indústria da construção e a indústria automobilística. Apontou, inicialmente, que: “A quantidade de materiais consumidos pela Construção gira em torno de 1.000 kg por metro quadrado construído; portanto, uma casa de 100 metros quadrados de área construída demanda 100 toneladas de materiais”.

Souza (2005), também, realizou a equivalência de 1m² (metro quadrado) de construção a 01 (um) veículo de passeio. Na qual, ambos apresentaram um consumo de 1t (tonelada) de material em seu processo de fabricação.

Posteriormente, comparou a produção anual das duas indústrias, verificando que a construção mantém um elevado índice de metros quadrados edificado em relação ao número de automóveis produzidos no mesmo ano, estimando cerca de 100 a 200 vezes a mais.

Destaca-se, também, que o alto índice de desperdício da construção pode ser mensurado através da contabilização da geração de resíduos sólidos. Visto que, segundo Novaes e Mourão (2008), “os resíduos resultante da construção, manutenção e demolição de casas e edifícios representam de 40 a 60% em massa do resíduo sólido urbano das grandes cidades”.

Esse número, igualmente, pode ser visto através da tabela abaixo, na qual, é representado o percentual de Resíduos da Construção Civil (RCC) dentro dos resíduos sólidos urbanos gerados na cidade de Belo Horizonte/MG, entre os anos de 2000 a 2004.

Tabela 1 – Participação do entulho na massa de resíduos sólidos recebidos diariamente pela empresa de limpeza urbana de Belo Horizonte (Ton./dia)

Tipo/Ano	2000	2001	2002	2003	2004
Resíduos Sólidos Urbanos	4.554,00	4.009,00	4.337,00	4.919,00	4.255,00
Resíduos da Construção Civil	2.325,00	1.676,00	1.829,00	1.352,00	1.795,00
Participação do RCC em %	51,00	41,00	42,20	33,00	42,20

Fonte: Cartilha de Gerenciamento de Resíduos Sólidos para a Construção Civil em Belo Horizonte (2005).

No que diz respeito à geração de resíduos para obras novas, temos: nos países desenvolvidos, a média de resíduos produzidos em novas obras permanece abaixo de

100 kg/m², enquanto, no Brasil, esse índice pode alcançar até 300 kg/m² (NOVAES; MOURÃO, 2008).

E quanto se gera de resíduos em nossas obras?

Figura 1 – Desperdício revestimento cerâmico



Fonte: Arquivo pessoal (2004).

Considerando uma pesquisa realizada entre os anos de 2007 a 2009 em empreendimentos na cidade do Natal/RN, verifica-se, conforme tabela abaixo, que o índice de geração de Resíduos de Construção e Demolição (RCD) está de acordo com a média nacional proposta por Picchi (1993), na qual, gira em torno de 0,10 m³/m².

Tabela 2 – Resumo do monitoramento no empreendimento 1 – Natal-RN

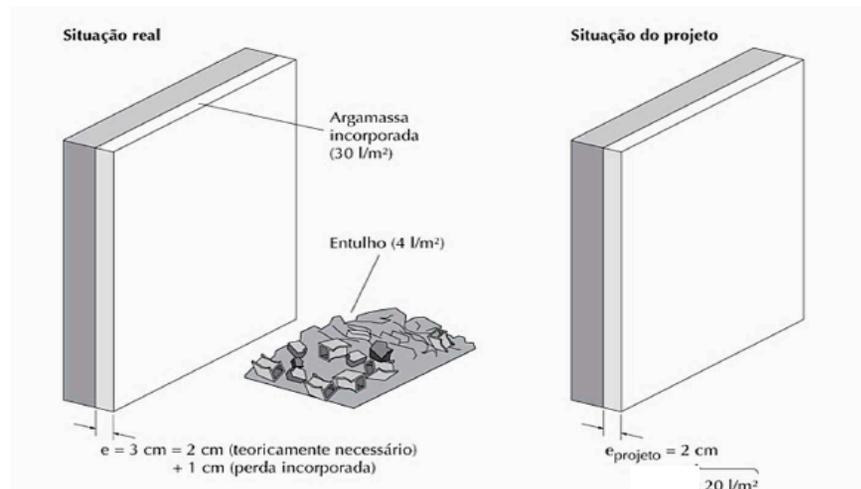
Resumo do monitoramento no empreendimento 1	
Volume RCD total (m ³)	2.425,00
Estimativa da massa RCD total (t)	2.910,00
Custo para remoção total das caçambas (R\$)	36.375,00
Custo / Unid. de área construída (R\$/m ²)	1,62
Índice geração RCD em massa (t/m ²)	0,1299
Índice geração RCD em volume (m ³ /m ²)	0,1083
Área construída (m ²)	22.400,00
Consideração para Massa Unitária do RCD (t/m ³)*	1,20

Fonte: (CRUZ ; MONTE, 2011).

Na verdade, as perdas não podem ser resumidas às quantidades de resíduos retirados de uma obra. Elas vão além da geração. Podendo ser oriundas do projeto, quando provenientes da incompatibilidade de dimensões de componentes com as dimensões do produto, da falta de coordenação do trabalho nos diversos projetos e, principalmente, de concepções pouco pensadas. Oriundas, também, da seleção dos materiais

e/ou fornecedores a serem empregados, como, por exemplo, através da redução do consumo de argamassa e blocos cerâmicos, quando da escolha de elementos de dimensões maiores. Ou oriundas do processo de transporte de materiais, devido ao uso de equipamento de transporte inadequado ou falha no acondicionamento. Ou, sobretudo, oriundas do processo de produção, por falta ou inadequação de procedimento de execução, pela baixa qualificação da mão de obra e pela ausência e/ou negligência de fiscalização. E, por fim, as oriundas da eficiência do projeto e ineficiência da produção: em que é demonstrada a perda incorporada ao produto.

Figura 2 – Resultante da eficiência de projeto e ineficiência da produção

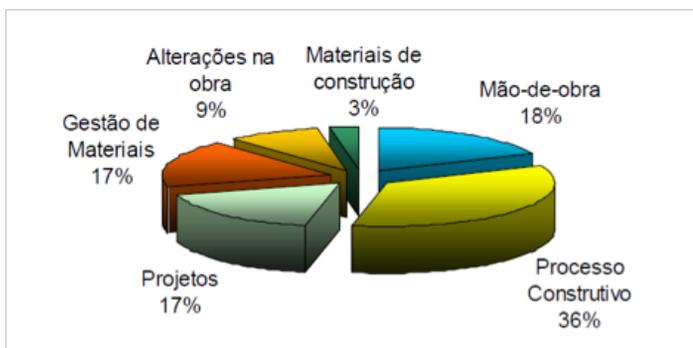


Fonte: (SOUZA, 2005).

Conforme figura, temos uma situação real e comum em obra, na qual, o acréscimo de 1 cm de espessura (perda incorporada) mais as perdas por geração de resíduos (entulho) resultam em um consumo 34 l/m² de argamassa para execução do revestimento, quando o projetado contemplava apenas o consumo de 20 l/m². Se contabilizado, percentualmente, têm-se: 50% de perda incorporada e 20% de perda por entulho, totalizando 70% de perda, se comparado ao projetado.

Enfatizando a importância na redução dos índices relacionados a perdas e causas da geração de resíduos na construção, verificam-se, por meio do gráfico seguinte, que o processo construtivo lidera com 36%, seguido pelas causas originárias na mão-de-obra (18%), projetos (17%), gestão de materiais 17% e outros (12%), norteando os próximos passos na busca da construção sustentável.

Gráfico 1 – Principais causas da geração de resíduos



Fonte: (LIMA et al, 2007).

3 RACIONALIZAÇÃO EM CANTEIROS DE OBRAS SUSTENTÁVEIS

A racionalização, na construção, estuda os processos de transformação, fluxo e valor, visando ao aperfeiçoamento de determinada atividade. Ou seja, analisa um processo existente, apontando possíveis pontos fracos, suprindo informações desnecessárias, eliminando tempos de espera, estoques intermediários e introduzindo melhorias, de forma eficiente, para acelerar a produção. Reforçando essa informação, temos que: “Racionalização, na construção, consiste no esforço para tornar mais eficiente a atividade de construir, na busca da melhor solução para os diversos problemas da edificação” (BARROS, 1996). “A racionalização trata da implementação de novos métodos executivos para acelerar a produção, mas mantendo a base tradicional de construir” (DONIAK, 2012). “Racionalizar é eliminar desperdícios” (SABBATINI, 1989).

Em função da imagem de agressividade ao meio ambiente, visto a grande quantidade de geração de resíduos sólidos produzidos, a racionalização passa a ser um dos fatores preponderantes para o sucesso da indústria da construção.

Para Gehbauer (2004), o procedimento geral que deve ser adotado para a racionalização da construção é: observar, medir, registrar, pensar e corrigir.

Ainda segundo o mesmo autor, são três os tipos de racionalização e passos a serem implementados:

A do tipo 1 é a racionalização que visa à redução dos custos no fluxo de material, na minimização das distâncias de transporte, na otimização das máquinas empregadas e na melhoria do fluxo de informações e da capacitação das pessoas envolvidas, levando como fatores a qualidade e o tempo que colocam, efetivamente, o processo da produção e do canteiro de obras no centro das atenções. A do tipo 2 são estudos na área da gerência da empresa em que as ineficiências são mais transparentes e o seu tratamento exige um procedimento mais complexo. A do tipo 3 são as limitações inerentes à indústria da construção civil de influenciar os fornecedores da cadeia produtiva para que cooperem na perspectiva de uma otimização do produto, nesse caso, podem ser inserido, os arquitetos e projetistas (GEHBAUER, 2004).

Na construção de edifícios, tem-se dado acuidade, no processo de racionalização, à influência do projeto e planejamento, visto que ambos são referenciais durante toda etapa de construção. Exemplos simplórios podem marcar essa etapa, como:

- A elaboração de projetos voltados à produção com teor executivo para alvenaria de vedação, em que são detalhados e dimensionados os blocos e passagens para instalações, reduzindo a geração de resíduos provenientes do quebra-quebra de blocos na execução; ou projetos de paginação de revestimento cerâmico e caixas de elétricas, em que se visa ao máximo de redução na quantidade de trinchos (pontas de cerâmica) durante a execução.
- Uso de divisórias internas sobre o piso cerâmico, proporcionando a postergação dessa etapa e obtendo, como consequência, espaços (vãos) internos maiores durante as etapas de contra piso, revestimento argamassado nas paredes e revestimento cerâmico de piso, levando, assim, a um maior ganho de produtividade, eliminação de desperdícios (exemplo dos trinchos cerâmicos) e postergação no desembolso financeiro.
- A modificação do sistema de fixação das bancadas, eliminando rasgos nas paredes para uso, engastamento através de apoios (mão francesa parafusada) e sistema de colagem.
- O uso de sistemas hidráulicos de alimentação dos vasos sanitários e lavatórios externos às alvenarias, possibilitando maior flexibilidade de manutenção e eliminando a geração de resíduos pelo corte das alvenarias e revestimentos durante a execução.
- A mudança de conceitos e substituição de materiais durante a especificação do produto, tais como: louças e metais sanitários de baixo consumo; instalação de medidores individualizados de água e gás; aquecimento de água através de energia solar; utilização de lâmpadas de LED para área de uso comum; implantação de sistemas de reaproveitamento de águas pluviais e irrigação automatizada; uso de sensores de presença; e geração de energia eólica e fotovoltaica.

Notadamente, é visto um crescimento considerável na área de concepção das edificações, em que a busca pela realidade está, cada vez mais, tangível, através da modelagem da informação, com o uso de ferramentas, como o Building Information Modeling (BIM). Essa ferramenta, antes, era vista somente nas indústrias automotiva e aeroespacial. As representações digitais do processo de construção facilitam a troca e a interoperabilidade de informações, reduzindo o tempo de construção e as prováveis incompatibilidades geradoras de resíduos durante a execução da obra.

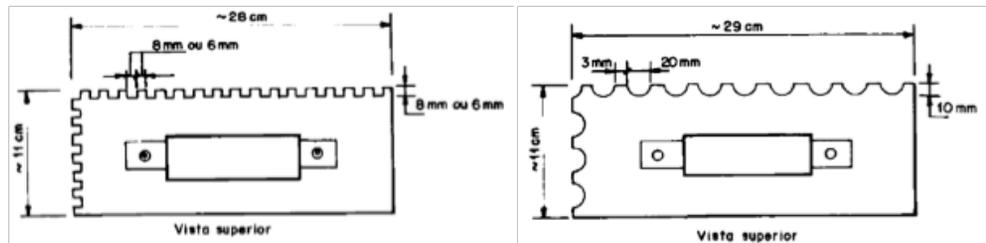
Não menos importantes e mais ligadas ao processo de produção, temos a substituição, modernização e/ou o uso de ferramentas adequadas durante o processo executivo. Todas dando relativos ganhos de produtividade. Exemplo disso é a:

- Substituição da antiga torquês para armação de ferragem por máquinas manuais automáticas, que grimpam o aço em alta velocidade.
- Substituição parcial da velha colher de pedreiro por colheres tipo meia-cana, paleta, ou, até mesmo, por bisnagas e pistolas, durante o processo de elevação de alvenaria.
- Substituição da desempenadeira de madeira por desempenadeiras tipo rodo, circular e de canto côncavo ou convexo.

E, de maneira especial, as ferramentas, temos o uso de desempenadeiras de aço dentada com raio 10 mm, em substituição às de 8 mm, para assentamento de re-

vestimento cerâmico com área da peça igual ou superior a 900 cm², que, apesar de normatizada há algum tempo, é pouco utilizada no mercado regional, em função da falta de fornecedores.

Figura 3 – Desempenadeiras de aço dentada 8 mm ou 6 mm e de raio 10 mm



Fonte: NBR 13753:1996 - Revestimento de piso interno ou externo - com placas cerâmicas e com utilização de argamassa colante.

Realizado um estudo comparativo, quando da não obrigatoriedade da utilização da argamassa de assentamento, tanto na base quanto no tardo, para peças acima 900 cm², assentadas com desempenadeiras de raio 10 mm em relação às com dente 8 mm, temos, para o consumo de argamassa, uma redução de 15%, e, para o consumo de mão-de-obra, uma redução de 50% do tempo gasto com aplicação da argamassa.

Outra grande evolução, voltada para o aprimoramento dos processos produtivos, está relacionada ao avanço tecnológico dos materiais, máquinas e equipamentos, como a execução de contra piso com argamassa autonivelante, a execução de revestimentos argamassados através de projetores ou máquinas de reboco pronto, a preparação de superfícies para pintura através de lixamento mecanizado e a própria pintura através de pistolas de ar comprimido.

Diante do apresentado e visualizando o cenário atual da construção, em que a concorrência domina o mercado imobiliário brasileiro e os recursos, principalmente de mão-de-obra, são limitados, faz-se necessário o uso máximo na racionalização dos projetos e atividades produtivas, de forma a criar um ambiente propício ao sucesso do empreendimento. E sendo este último construído com base em estratégias, com menores dispêndios de recursos, a custos mais favoráveis e com altos índices de produtividade e qualidade, orientados por um ambiente de trabalho seguro.

4 A INDUSTRIALIZAÇÃO NA CONSTRUÇÃO DE EDIFÍCIOS SUSTENTÁVEIS

Devido à relevância de se construir o maior número de habitações apoiadas por grandes obras de infraestrutura e aceleradas por uma economia favorável, em um curto período, torna-se evidente o uso da industrialização dentro dos processos de produção, tendo seu alvo na modularidade e padronização do produto.

E o que seria industrialização na construção? Segundo autores: “Industrialização da Construção é o emprego de forma racional e mecanizada de materiais, meios de transporte e técnicas construtivas para conseguir uma maior produtividade” (ORDONEZ et al, 1974). “A industrialização da construção civil significa a efetiva adoção dos sistemas industrializados, ou seja, produzidos na indústria” (DONIAK, 2012).

Quando se trata de industrialização em canteiros de obras, é possível detectar ganhos concretos em suas diversas fases, como, por exemplo:

- A industrialização da estrutura de concreto armado - as peças já chegam concretadas ao local para montagem, sendo, hoje, trabalhada em escala para edifícios residenciais.
- A industrialização da armação das ferragens - os fornecedores entregam o aço cortado e dobrado e, até mesmo, armado.
- A industrialização de paredes e painéis - edifícios estão sendo fabricados por inteiro fora dos canteiros para posterior montagem, inclusive com instalações embutidas.
- A industrialização das argamassas e concretos - é possível a aquisição dos mais variados tipos para cada uso específico.
- A industrialização das esquadrias e fachadas em pele de vidro e painéis - o ganho com a modularidade dos vãos passa a ser essencial e expressivo.
- E, ainda, a industrialização das instalações, fossa séptica, sumidouros e estações de tratamento - o produto ou kit já vem de fábrica direto para aplicação.

Vários são os benefícios da industrialização, como: facilidades de controle e segurança; elevado nível de qualidade na produção; baixo índice de desperdício; redução do número de operários; modulação, uniformidade e padronização; velocidade de execução; e, principalmente, redução na geração de resíduos. Frutos de um sistema caracterizado por um ambiente controlado, em que as perdas são eliminadas, os resíduos são reduzidos e, acima de tudo, em que há a maximização da produtividade e qualidade final do produto. Sendo esta apontada como futuro certo da evolução da construção.

5 LEAN CONSTRUCTION E A SUSTENTABILIDADE DOS CANTEIROS

E o que é Lean Construction? Qual a relação do lean com a racionalização e industrialização na busca pela sustentabilidade?

A evolução das técnicas e os meios como são empregadas para a melhoria na produção vêm sendo buscados ao longo de séculos. Desde o Taylorismo, quando já se denotava a departamentalização, propondo a separação entre pensar e fazer (projetar / produzir), tentando-se padronizar o trabalho e seus custos, com foco na pontualidade das etapas do processo para aumentar a produtividade. Passando por Henry Ford, que trouxe o conceito de produção em massa (linha de montagem), já conseguindo enxergar o processo como um todo, obtendo reduções de tempo, através da imposição do ritmo à produção. Seguido pelo Toyotismo (STP-Sistema Toyota de Produção) do Taiichi Ohno, que, na década de 50, mais uma vez desafiado pelo Kiichiro Toyoda, detentor da indústria automobilística Toyota Motor Company, a aumentar a produção da fabricação de automóveis em dez vezes mais que as indústrias americanas, começou a pensar em novas formas de gerenciar, quebrando paradigmas da administração da produção, levantando ideias simples e inovadoras com o objetivo de aumentar a eficiência da produção fabril, pela eliminação consistente e completa de desperdícios. Sendo este apresentado ao mundo, em 1990, pelos americanos James P. Womack, Daniel T. Jones e Daniel Rool, que publicaram o livro *A Máquina que mudou o Mundo*, o qual era baseado em um relatório do projeto de pesquisa do International Motor Vehicle Program - IMVP, emitido em 1985, pelo renomado MIT – Massachusetts Ins-

titude of Technology nos EUA, no qual, eram apresentadas as causas do sucesso da indústria automobilística japonesa, batizando-o de Lean Production (Produção Enxuta).

Motivado pelas características da Construção Civil: altos indicadores de desperdício; produtos com baixa qualidade e a grande quantidade de patologias construtivas existentes, em 1992, o pesquisador finlandês Lauri Koskela construiu uma teoria, adaptando os conceitos da Lean Production à Construção Civil. Nesta, diferentemente da filosofia tradicional de produção, os processos consistem em atividades de transformação de matérias-primas (inputs) em produtos (outputs). A teoria considera que a produção é composta por atividades de conversão, que agregam valor ao produto final, e atividades que não agregam valor ao produto final, mas que são essenciais ao processo. Chamou-a de Lean Construction (Construção Enxuta).

Para Koskela (1992), a construção enxuta representa uma mudança de paradigma na gestão da produção, em que a essência da mudança está na forma de pensar a produção e não nos conceitos.

Essa nova filosofia de produção, embora pouco utilizada pela indústria da construção, apresenta-se como uma solução adequada para os problemas do setor. Isso se deve à sua característica de baixa utilização de tecnologias de hardware e software, em termos de máquinas, robôs, sistemas computacionais de gestão ou de automação, que são substituídas por soluções tecnológicas mais simples, baseadas no envolvimento da mão-de-obra (HEINECK; MACHADO, 2001).

Hoje, bastante difundida no Brasil, a Lean Construction é apontada como uma forte alternativa na gestão da produção, sendo vários os benefícios observados no gembu (chão de fábrica/canteiro de obra), que a levam a uma trajetória de sucesso na busca pela sustentabilidade, tanto que já existem alguns pesquisadores adeptos da corrente Lean e Green, que:

Considera que essa nova corrente visa obter uma integração das filosofias na busca, não somente, pela eficácia dos métodos de produção, mas, também, na utilização sustentável dos recursos naturais e energéticos, procurando reduzir ou eliminar as falhas, tanto no processo de produção, quanto no consumo e descarte de recursos e energia para a edificação, unindo as expressões 'desperdício zero na produção' a 'construção ecológica', na obtenção da análise sistêmica completa do ciclo de vida do produto edificação, 'do nascimento ao descarte' (LANES; FARIAS 2004 apud FORMOSO ,2010).

Sem perder o foco na construção enxuta, partindo dos princípios estabelecidos por Koskela, em 1992, pode-se agregar valor à construção, complementando-a com conceitos e técnicas sustentáveis, como:

- O uso de pesquisas para diagnóstico de mercado, em que se denota a importância dada pelo cliente a questões, como: uso, acabamento e durabilidade das edificações, bem como a manutenção de áreas verdes, baixo consumo e eficiência energética, fazendo uso do princípio do aumento do valor para o cliente, mediante a consideração de seus requisitos.
- A eliminação de atividades e tempos de espera durante a fase de projeto, planejamento, até a execução e pós-obra. Em contrapartida, incentivando ações que possuam valor, como a inclusão de conceitos que utilizem a energia renovável, aplicando, assim, o princípio da diminuição da parcela que não reúne valor no processo produtivo.

- O uso de portas prontas e elementos pré-moldados, em que, através da aplicação direta, é reduzido o número de atividades na execução do serviço, evitando, assim, os desperdícios e retrabalhos, denotando o princípio da simplificação do processo produtivo, através da redução do número de passos, partes e ligações.
- O uso de técnicas e ferramentas de planejamento e controle da produção, como a linha de balanço e o Last Planne, em que é facilitada a visualização dos tempos de ciclo das atividades, reduzindo possíveis tempos de espera. Bem como a industrialização de insumos, como o aço cortado e dobrado, evitando que haja desperdício durante a produção no canteiro e reduzindo a geração de resíduos e em conformidade ao já planejado, diminuindo possíveis tempos de ciclo, através da aplicação do princípio da redução do tempo de ciclo.
- Fazendo uso de projetos para paginação de alvenaria de vedação e revestimento cerâmico, que, em função das condições características da obra e pelas incertezas de caráter de um produto único, são alcançados números significativos de relação de resíduos pelo emprego da padronização. Princípio este que trata da diminuição da variabilidade.
- Reduzindo o desperdício de materiais durante o transporte e armazenamento, através do uso de vias de acesso e passarelas no canteiro. Bem como a implementação de programas de incentivo à redução da geração de resíduos, que tornam mais fácil a visualização dos erros e facilitam e envolvimento de todos, através do princípio do aumento da transparência.
- O aumento de conscientização de todos os envolvidos no processo, a exemplo da paletização de blocos cerâmicos, em que é enxergada a redução de desperdício, de forma que seja observado o engajamento sistêmico da cadeia de suprimentos, no âmbito externo a obra, trazendo, assim, a visão do princípio de focar no controle do processo como um todo.
- O equilíbrio entre as atividades de fluxo e conversão, que é fundamental para a evolução do Lean e Green, causando alternância dos esforços de melhoria de conversão e de fluxo.
- Como as duas correntes possuem forte interação, é fundamental a busca de experiências e aprendizados já conquistados em outras empresas e mercados, fazendo uso da realização de benchmarking.
- Tanto o Lean quanto o Green baseiam-se em conceitos inovadores de melhoria contínua, que fluem na busca incansável pela perfeição, trazendo, assim, o princípio do praticar o kazen (melhoria contínua).
- E a customização das unidades habitacionais durante a fase de planejamento, em que são alteradas as características do imóvel de acordo com a preferência do usuário, sem novos incrementos no custo, evitando, assim, demolição e retrabalhos futuros, além de adquirir vantagens competitivas perante o mercado, através do uso do princípio do aumento de flexibilidade na saída.

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Ao longo deste trabalho, foi enfatizada a influencia da racionalização e industrialização na construção sustentável, como forma de melhoria da produtividade e consequente sobrevivência das empresas da indústria da construção civil.

Ressalta-se que, apesar da grande evolução e representatividade da indústria da construção na economia do país nos últimos anos, ainda são apontados vários demonstrativos de consumo exagerado, perdas excessivas e ineficiência produtiva. Isso nos leva a verdadeiras justificativas à adoção de “novos” conceitos construtivos.

Durante a condução deste estudo, buscou-se analisar os processos construtivos de maior representatividade, em se tratando de desperdícios e geração de resíduos, apontando diretrizes, com base em um referencial teórico, de forma a propor reduções e eliminações de perdas.

Conclui-se que a racionalização e a industrialização, através do desenvolvimento de projetos e utilização de tecnologias que contribuam para não geração de resíduos, bem como a seleção de materiais e inovação dos métodos construtivos, são essenciais para a redução dos desperdícios e perdas no canteiro, além de aumentar a eficiência da produção na busca pela construção sustentável.

Destacam-se o Lean e Green como filosofias de apoio à gestão da produção, apontando para um futuro de verdadeiras quebras de paradigmas no canteiro de obras; o principal instrumento de racionalização e industrialização pela busca da sustentabilidade passa a ser a forma de geri-lo.

REFERÊNCIAS

ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (Ed.). **NBR 13753:1996** - Revestimento de piso interno ou externo - com placas cerâmicas e com utilização de argamassa colante. São Paulo, 1996.

BARROS, M. M. S. B. **Metodologia para implantação de tecnologias construtivas racionalizadas na produção de edifícios**. Tese (Doutorado)- Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 1996.

CONTE, Antônio Sérgio Itri. **Seminário Fatores Críticos de Sucesso na Construção Civil: Lean Construction e a Estabilização do Processo Produtivo na Construção Civil**. São Paulo: Lean Construction Institute do Brasil, 2009. v. 1.

DONIAK, Íria Lícia Oliva. A industrialização da construção. **Jornal Informativo de 6ª Edição do Concrete Show South América: Concrete Show New**, Jun.2012.

FERRO, José Roberto. **Lean Institute Brasil: Que Somos**. Disponível em: <<http://www.lean.org.br>>. Acesso em: 22 ago. 2011.

FORMOSO, C. et al. **Termo de referência para o processo de planejamento e controle da produção em empresas construtoras**. NORIE - Núcleo orientado para inovação da edificação. Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 1999.

FORMOSO, Carlos T. et al. **Coletânea Lean – 2004/2010: C. Rolim Engenharia**. Fortaleza - CE: C. Rolim Engenharia, 2010.

HEINECK, L. F. M.; MACHADO R. L. A Geração de cartões de produção na programação enxuta de curto prazo e obra. In: II Simpósio Brasileiro de Gestão da Qualidade e Organização Trabalho no Ambiente Construído -SIBRAGEC, 2, 2001, Fortaleza. **Anais...** Fortaleza: 2001.

HELENE, Paulo Roberto do Lago. Sustentabilidade das estruturas de concreto. **Jornal Informativo de 6ª Edição do Concrete Show South América: Concrete Show New**, Jun/2012.

INSTITUTO PARA O DESENVOLVIMENTO DA HABITAÇÃO ECOLÓGICA. **Materiais ecológicos e tecnologias sustentáveis:** teoria e prática das construções sustentáveis. IDHEA, 2008.

JUNQUEIRA, Luiz Eduardo Lollato. **Aplicação da Lean Construction Para Redução dos Custos de Produção da Casa 1.0.** 2006. 146 f. Dissertação (Especialização) - Curso de Especialização em Gestão e Tecnologia da Produção de Edifícios, Departamento de Engenharia de Produção, Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2006.

KOSKELA, L. **Application of the new production philosophy to construction. Technical Report.** Finlândia. CIFE, 1992.

LIMA, J. A. R. et al. **Manual Resíduos de Construção:** da geração à destinação responsável. Salvador: SENAI-BA, 2007. 20 p.

NOVAES, Marcos de Vasconcelos; MOURÃO, Carlos Alexandre Martiniano do Amaral. **Manual de Gestão Ambiental de Resíduos Sólidos na Construção Civil:** Coopercon – Cooperativa da Construção Civil do Estado do Ceará. Fortaleza - CE: Coopercon - Ce, 2008. 100 p.

MARTICHENKO, Robert O. **Tudo que sei sobre lean aprendi no 1º ano da escola.** São Paulo: Lean Institute Brasil, 2012. 103 p.

ROSSO, T. **Racionalização da construção.** São Paulo: FAU-USP, 1980.

SABBATINI, F. H. **Desenvolvimento de métodos, processos e sistemas construtivos:** formulação e aplicação de uma metodologia. Tese (Doutorado)- Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 1989.

SHIMOKAWA, Koichi; FUJIMOTO, Takahiro. **O Nascimento do Lean.** Porto Alegre: Bookman, 2011. 296 p.

SOUZA, Ubiraci Espinelli Lemes de. **Como Reduzir Perdas nos Canteiros:** manual de gestão do consumo de materiais na construção civil. São Paulo: Pini, 2005.

WOMACK, Jim. **Caminhadas pelo Gemba - Gemba Walks.** São Paulo: Lean Institute Brasil, 2011. 350 p.

