



**OS BENEFÍCIOS DA *LEAN CONSTRUCTION* NA SUSTENTABILIDADE DA
CONSTRUÇÃO CIVIL**

CURITIBA

2012



JULIANNA PEDROSO MENDES
PATRICIA COMPARIN

OS BENEFÍCIOS DA *LEAN CONSTRUCTION* NA SUSTENTABILIDADE DA CONSTRUÇÃO CIVIL

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Instituto
IDD como exigência parcial para obtenção do grau de
especialista em Gerenciamento e Execução de Obras.

Orientador: Prof. Maurício Bianchini, Msc.

CURITIBA

2012

AGRADECIMENTOS

Todas as palavras aqui presentes não são suficientes para expressar a imensa gratidão que temos a todos que colaboraram conscientemente e muitos inconscientes para que mais esta missão fosse concluída com sucesso.

As nossas vidas são feitas de escolhas, de momentos de realização, de imensa felicidade, e também de momentos que não são muito prazerosos e felizes, mas que com toda a certeza nos fortalecem e nos permitem visualizar o quanto Deus nos ama e sempre está ao nosso lado.

Dedicamos esta missão concluída a duas pessoas muito importantes que já cumpriram as suas “grandiosas missões” e hoje desfrutam de um maravilhoso descanso eterno. A Nelson Mendes Neto (*in memorian*), o irmão-amigo, confidente, cúmplice, que esteve sempre presente de todas as formas possíveis fortalecendo uma estrutura que muitas vezes se abalava e ameaçava desabar. Amor e saudades que nenhuma palavra, sentimento, atitude e agradecimento conseguem descrever. Tenho a certeza que deste lugar maravilhoso onde se encontra hoje, está me acompanhando e muito feliz por mais essa vitória. Amo você imensamente e eternamente.

Ao amigo especialíssimo André Luiz Lira de Oliveira (*in memorian*), que iniciou conosco essa missão e que pelos motivos de nosso Pai maior solicitou a sua maravilhosa e alegre companhia antes do término da etapa.

Às nossas famílias que tiveram entendimento, compreensão, paciência em todo esse período de renúncia necessária para a elaboração desse trabalho. Um abraço muito carinhoso e do tamanho do imenso amor que sentimos por cada um de vocês.

Ao nosso professor, orientador, mestre e amigo Maurício Bianchini, Msc., pela paciência, pelo incentivo, encorajamento, compreensão nos momentos difíceis, por compartilhar conosco todo seu conhecimento, por despertar em nós a vontade de sempre buscar o aperfeiçoamento, a sabedoria e ética. E por disponibilizar seu precioso tempo para estar sempre presente em toda essa trajetória, tornando-se para nós um personagem principal desta maravilhosa conquista. Muito obrigada ainda é pouco, pode contar sempre conosco.

E a todos os professores que também renunciaram de seus afazeres, família e descanso em todos os finais de semana para transmitir seus valiosos conhecimentos. À diretoria e a todos os funcionários do Instituto IDD, que tornaram o sonho de obter um grau de especialista uma feliz realidade.

E por fim, aos nossos amigos e colegas que nos proporcionaram momentos de descontração sempre com palavras incentivadoras. Amizades recentes que levaremos para o resto de nossas vidas.

"Não importa o momento, o lugar, nem mesmo as circunstâncias, as pessoas que nos são especiais estarão para sempre em nossos corações!"

(Autor desconhecido)

“Durante toda minha vida, muitas pessoas passaram por mim, dia após dia. Mas somente algumas dessas pessoas, ficarão para sempre em minha memória.

Essas pessoas são ditas amigas, e as levarei para sempre em meu coração, às vezes pelo simples fato de terem cruzado meu caminho, às vezes pelo simples fato de terem dito uma única palavra de conforto quando eu precisei.

Às vezes por ter me dado um minuto de sua atenção, e me ouvido falar de minhas angústias, medos, vitórias, derrotas...

Às vezes por terem confiado em mim, e me contado também seus problemas, angústias, vitórias, derrotas...

Isso é ser amigo: é ouvir, é confiar, é amar. E amigos de verdade, ficam para sempre em nossos corações!”

(Natália Alves)

FOLHA DE APROVAÇÃO

OS BENEFÍCIOS DA *LEAN CONSTRUCTION* NA SUSTENTABILIDADE DA CONSTRUÇÃO CIVIL

Por

JULIANNA PEDROSO MENDES

PATRICIA COMPARIN

TRABALHO APROVADO COMO REQUISITO PARCIAL PARA A OBTENÇÃO
DO TÍTULO DE ESPECIALISTA EM PATOLOGIA NAS OBRAS CIVIS, DO
INSTITUTO IDD, PELA COMISSÃO FORMADA PELOS PROFESSORES A
SEGUIR MENCIONADOS.

Curitiba (PR) ____ de _____ de _____.

Msc. Maurício Bianchini

Eng.º Kirke Andrew Wrubel Moreira

Patrícia Ribeiro Brandão

RESUMO

A indústria da construção civil é reconhecida pela sua importância no desenvolvimento econômico e social, porém, suas atividades geram grande impacto ao meio ambiente, tanto pelo grande volume de resíduos gerados quanto pelo consumo excessivo de recursos naturais. O processo produtivo inerente ao setor contribui negativamente nesta questão, pois na maior parte dos empreendimentos não existe formalização do mesmo, e problemas como alterações do projeto, erros de execução, especificação inadequada de materiais e principalmente a falta de planejamento acabam por agravar ainda mais o problema. Em uma era onde a Sustentabilidade é uma preocupação constante da sociedade, a adoção de práticas sustentáveis, programas de redução de perdas e de sistemas de gestão da qualidade tornou-se uma questão essencial para as empresas do setor. Neste contexto, as práticas propostas pela *Lean Construction*, ou Construção Enxuta, podem apresentar grandes benefícios, pois seu objetivo principal é controlar e eliminar os desperdícios da construção. Uma vez que ambos os conceitos – *Lean Construction* e Sustentabilidade – apresentam ideologias semelhantes, este trabalho busca analisar a relação entre eles, com o objetivo de identificar os benefícios obtidos através da interação das duas filosofias. Através de uma ampla pesquisa bibliográfica, em um primeiro momento buscou-se entender as características da construção civil, as causas da geração dos resíduos e as particularidades que envolvem a aplicação de cada conceito, para posteriormente, identificar junto ao mercado *cases* de sucesso na aplicação da *Lean Construction* e de práticas sustentáveis, com o objetivo de identificar os benefícios obtidos na interação dos dois conceitos. Através dos resultados obtidos nesta pesquisa, fica evidente que a interação entre os dois conceitos apresenta inúmeros benefícios, tanto às empresas do setor da construção civil, através da redução de custos e desperdícios, melhorias no sistema produtivo e valorização junto ao mercado, quanto aos usuários dos empreendimentos e principalmente ao meio ambiente, contribuindo para o desenvolvimento sustentável nas esferas econômica, social e ambiental.

Palavras-chave: Desenvolvimento Sustentável. Construção Enxuta. Redução de Resíduos.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Modelo tradicional da construção civil.....	37
Figura 2 – Modelo de processo <i>Lean Construction</i>	38
Figura 3 – Processo seletivo de resíduos dentro do canteiro	47
Figura 4 – Descarga de material em paletes.....	47
Figura 5 – Estoque de materiais	48
Figura 6 – Material armazenado em paletes	48
Figura 7 – Estoque de esquadrias	49
Figura 8 – Painel de especificação de materiais	50
Figura 9 – Utilização de paletes e transpaletes.....	53
Figura 10 – Utilização de paletes e transpaletes.....	54
Figura 11 – Vista aérea do <i>Kaohsiung National Stadium</i>	57
Figura 12 – Fachada do <i>World Games Stadium</i>	58
Figura 13 – Placas solares do <i>World Games Stadium</i>	58
Figura 14 – Perspectiva do Paço das Águas	62
Figura 15 – Perspectiva da área de lazer do Paço das Águas	62
Figura 16 – Tecnologias Verdes do Paço das Águas.....	63
Figura 17 – Metodologia 5S.....	66
Figura 18 – Divisão de ambientes com estrutura em telas.....	67
Figura 19 – Personalização do Paço das Águas.....	67
Figura 20 – Espaço online para customização do Paço das Águas	68
Figura 21 – Acionamento do <i>Andon</i>	69
Figura 22 – Gerenciamento visual de produção - <i>Andon</i>	70
Figura 23 – Tecnologia BIM	71
Figura 24 – Aplicação da tecnologia BIM.....	71
Figura 25 – Aplicação da tecnologia BIM.....	72
Figura 26 – Programa de alfabetização para os colaboradores	73
Figura 27 – Lazer no canteiro de obras	74
Figura 28 – Programa de vacinação dos colaboradores	74

Figura 29 – Área para descanso dos colaboradores.....	74
Figura 30 – Assistência odontológica aos colaboradores.....	75
Figura 31 – Relatório de insumos	77

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Perdas de materiais em processos construtivos convencionais, conforme pesquisa nacional em 12 estados e pesquisas anteriores.....	20
Tabela 2 – Origens e causas da geração de resíduos de construção	22
Tabela 3 – Redução dos desperdícios na padronização do assentamento de azulejos	52

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
AQUA	<i>Alta Qualidade Ambiental</i>
BDI	Benefícios e Despesas Indiretas
BIM	<i>Building Information Modeling</i>
BREEAM	<i>Building Research Establishment Environmental Assessment Method</i>
BVQI	<i>Bureau Veritas Quality International</i>
CBCS	Conselho Brasileiro de Construção Sustentável
CBIC	Câmara Brasileira da Indústria da Construção
CERF	<i>Civil Engineering Research Foundation</i>
CONAMA	Conselho Nacional do Meio Ambiente
EUA	Estados Unidos da América
GBCB	<i>Green Building Council</i> Brasil
HQE	<i>Haute Qualité Environment</i>
IDHEA	Instituto para o Desenvolvimento da Habitação Ecológica
ITQC	Instituto Brasileiro de Tecnologia e Qualidade na Construção Civil
KWh	Quilowatt-hora
LED	<i>Light-Emitting Diode</i>
LEED	<i>Leadership in Energy and Environment Design</i>
PIB	Produto Interno Bruto
PROCEL	Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica
RCC	Resíduos da Construção Civil
SiMaC	Sistema de Qualificação de Materiais, Componentes e Sistemas Construtivos
SINAPI	Sistema Nacional de Pesquisa de Custos e Índices da Construção Civil
TCPO	Tabela de Composição de Preços para Orçamentos
TI	Tecnologia de Informação
USGBC	<i>U.S. Green Building Council</i>

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	12
1.1. PROBLEMA DE PESQUISA	13
1.2. OBJETIVOS	13
1.2.1. Objetivo geral	13
1.2.2. Objetivos específicos	13
1.3. HIPÓTESES	13
1.4. JUSTIFICATIVAS	14
1.4.1. Tecnológicas	14
1.4.2. Econômicas	15
1.4.3. Ecológicas	16
1.4.4. Sociais	17
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	18
2.1. RESÍDUOS SÓLIDOS NA CONSTRUÇÃO CIVIL	18
2.1.1. Caracterização e classificação dos resíduos	18
2.1.2. Redução da geração de resíduos	21
2.2. SUSTENTABILIDADE	25
2.2.1. Sustentabilidade na Construção Civil	26
2.2.2. Práticas Sustentáveis	29
2.2.3. Materiais Sustentáveis	31
2.3. LEAN CONSTRUCTION	36
2.2.1. Histórico	36
2.2.2. Conceitos	37
3. METODOLOGIA	44
4. ESTUDOS DE CASO: <i>LEAN CONSTRUCTION</i> X SUSTENTABILIDADE	45
5. ANÁLISE DOS RESULTADOS	79
6. CONSIDERAÇÕES FINAIS	83
7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	85

1. INTRODUÇÃO

A indústria da construção civil é reconhecida como uma das mais importantes atividades para o desenvolvimento econômico e social, porém, é também responsável pela geração de grandes impactos ambientais, seja pelo consumo de recursos naturais ou pela quantidade de resíduos gerados durante a execução de seus empreendimentos (CARVALHO *et al.*, 2008).

De uma maneira geral, a construção civil sempre foi alvo de críticas em decorrência principalmente dos altos custos e da baixa produtividade obtida. Tornou-se um setor caracterizado por produzir através de processos obsoletos, improdutivos e geradores de desperdícios e resíduos. Ao longo dos anos, estabeleceu-se a idéia de que estes resíduos eram inerentes ao processo construtivo e pouco foi feito para amenizar os impactos causados ao meio ambiente.

Em 1987, a Comissão Mundial do Ambiente e do Desenvolvimento apresenta, no relatório *Brundtland* intitulado “*Our Common Future*”, a primeira definição de desenvolvimento sustentável como sendo o “desenvolvimento que satisfaz as necessidades do presente, sem comprometer a capacidade das gerações futuras de atingirem as suas próprias necessidades” (UN, 1987). Este documento faz parte de uma série de iniciativas que sustentam uma visão crítica do modelo de desenvolvimento adotado pelos países industrializados e reproduzido pelas nações em desenvolvimento. O relatório aponta para a incompatibilidade entre desenvolvimento sustentável e os padrões de produção e consumo vigentes.

Esta nova visão despertou todos os setores de atividade para a necessidade de introduzir os princípios de sustentabilidade e desenvolvimento sustentável, exigindo das empresas um novo olhar sobre suas formas de produção. Estas passaram a buscar novas práticas para otimizar seus processos construtivos, reduzir a geração de resíduos e diminuir os impactos causados ao meio ambiente.

Paralelamente, a indústria de manufatura já havia obtido mudanças significativas a partir da adoção de conceitos e técnicas da *Lean Production* ou Produção Enxuta, conseguindo a redução de perdas e desperdícios e, conseqüentemente, a diminuição de custos. Mais tarde, esta nova técnica de gestão foi aplicada ao setor da construção com o nome de *Lean Construction*, ou Construção Enxuta.

Em geral, o objetivo desse novo método de gestão é “enxugar” o processo produtivo das empresas para tentar produzir somente o que tem valor para os clientes, eliminando sistematicamente os desperdícios, porque eles indicam a existência de problemas no processo e aumentam os custos de produção. Conseqüentemente, a implantação destes conceitos pode contribuir ainda para uma melhor organização do

canteiro de obras, melhoria nos fluxos, redução dos tempos improdutivos (espera e retrabalhos) e minimização dos resíduos gerados na obra.

O presente estudo tem como objetivo estabelecer uma relação entre a filosofia da *Lean Construction* e a Sustentabilidade, buscando identificar como a aplicação dos princípios da Construção Enxuta pode beneficiar, direta ou indiretamente, nas questões pertinentes ao desenvolvimento sustentável. Dessa maneira, buscamos expor diretrizes que possam contribuir para o desenvolvimento e a melhoria contínua das empresas, otimizar os processos em obra, reduzir desperdícios e evitar erros recorrentes, visando também, minimizar os impactos ambientais hoje gerados pela construção civil.

1.1. PROBLEMA DE PESQUISA

Como os conceitos da *Lean Construction* podem agregar positivamente nos índices de sustentabilidade da construção civil?

1.2. OBJETIVOS

1.2.1. Objetivo Geral

Expor diretrizes baseadas na interação dos conceitos da *Lean Construction* e da Sustentabilidade que contribuem para o desenvolvimento de práticas sustentáveis para a construção civil.

1.2.2. Objetivos Específicos

Propor práticas para a melhoria do processo construtivo visando reduzir desperdícios e minimizar os impactos ambientais, através da interação entre os conceitos da construção enxuta e de sustentabilidade.

1.3. HIPÓTESES

a) A aplicação de alguns conceitos da *Lean Construction* pode reduzir significativamente os desperdícios e a quantidade de resíduos sólidos gerados na obra, diminuindo os impactos ambientais causados pela construção civil.

b) A redução dos desperdícios no processo, a otimização do transporte e armazenamento dos materiais e a incorporação de melhoria contínua no processo de produção podem contribuir para práticas mais sustentáveis na construção civil.

1.4. JUSTIFICATIVAS

1.4.1. Tecnológicas

A construção civil tem contribuído muito para a produção de resíduos sólidos nas cidades, seja pela falta de eficiência na gestão das obras ou pelas técnicas construtivas empregadas. As características construtivas desta indústria já possuem uma grande tendência ao desperdício, pois suas atividades são baseadas em modelos de conversão, e não de montagem como na indústria automobilística.

Outras características que diferenciam a construção civil das indústrias de produção seriada são: a produção é fragmentada; há a participação de diversos profissionais, que nem sempre compõem uma equipe homogênea; na maioria dos casos não há interação entre estes profissionais; em grande parte do processo uma etapa depende da finalização da etapa anterior para ser iniciada; a mão de obra empregada nem sempre possui a qualificação necessária (FABRÍCIO, 2009).

Seu processo produtivo é, portanto, complexo e não existe uma formalização do mesmo. A falta de conhecimento de suas características agrava ainda mais o problema, resultando em elevadas taxas de desperdícios e resíduos gerados em cada empreendimento.

Em estudo publicado em 2009, Jaillon *et al.* afirmam que, de acordo com entrevista realizada com profissionais da área, os processos construtivos que mais geram resíduos são (em ordem decrescente):

- Forma;
- Embalagem e proteção dos materiais;
- Finalização das diversas etapas;
- Levantamento de alvenaria;
- Montagem de andaimes;
- Trabalhos com concreto;
- Manuseio de materiais;
- Armazenamento de materiais.

Fica evidente que o método construtivo aplicado influencia diretamente no volume de resíduos gerados em uma obra. Os métodos construtivos tradicionais não levam este problema em consideração e uma mudança torna-se difícil muitas vezes, pois são técnicas que já fazem parte da cultura de muitos países.

Segundo Ribeiro (2008), o volume de perdas pode variar de acordo com o estágio de desenvolvimento da indústria da construção local. Um processo de execução pouco qualificado e a falta de cuidado do colaborador, aliados à fragilidade dos materiais

promovem grandes desperdícios, o que pode ser minimizado através da qualificação da mão de obra.

Portanto, ações como adoção de programas de redução de perdas e de sistemas de gestão da qualidade, otimização das técnicas construtivas empregadas e investimentos em qualidade da mão de obra tem grande importância na redução dos desperdícios e resíduos gerados em obra, e são fundamentais para conduzir a construção civil a um desenvolvimento sustentável consciente, mais produtivo e menos agressivo ao meio ambiente.

1.4.2. Econômicas

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 (CARNEIRO *et al.*, 2001).

Segundo Souza (2005), desperdício, consumo excessivo de produtos, uso de materiais não renováveis e entulho são fatores discutidos com exaustão pelas construtoras no cenário atual. Entretanto esta indústria ainda é tida como ineficiente, descontrolada e com altos níveis de perdas de materiais.

Podemos perceber que, além dos problemas ambientais, os resíduos da construção civil geram gastos e investimentos muitas vezes desnecessários. Os desperdícios de materiais são hoje contabilizados pelas empresas em seus orçamentos, reduzindo assim os lucros obtidos. O poder público investe tempo e dinheiro tentando amenizar os problemas gerados pela deposição indevida dos resíduos e, muitas vezes, o potencial desses materiais acaba sendo desperdiçado.

Para que a sociedade alcance o desenvolvimento sustentável, a construção civil terá que passar por profundas transformações. Várias empresas estão se especializando no desenvolvimento sustentável, com projetos bem ousados. Entre elas destacam-se empresas que prestam serviços de projetos e consultoria, e construtoras que praticam a construção sustentável e vendem seus produtos com esta marca ambiental.

É importante ressaltar que com a implantação das práticas da construção enxuta as construtoras podem agregar várias melhorias, como o atendimento aos quesitos legais, redução dos acidentes de trabalho, melhoria na limpeza e organização do canteiro, redução do gasto de recursos naturais e por fim redução de resíduos gerados nas obras. Com a redução dos resíduos ocorre também a diminuição do custo da obra; de forma direta, pela redução dos containeres de resíduos planejados para a obra, ou indireta, por meio de maior produção em um ambiente mais limpo e organizado. Além disso, a empresa dá um passo para a conscientização ambiental sempre visando o desenvolvimento sustentável. Esta

conscientização traz um grande benefício à imagem da empresa e contribui para um incremento no seu valor econômico. O mercado entende e valoriza estas práticas, ou seja, todo investimento neste assunto tem retorno.

1.4.3. Ecológicas

A construção civil representa uma das mais importantes indústrias no cenário nacional, sendo considerada o termômetro do crescimento e propulsora do desenvolvimento econômico e social. Ao mesmo passo é uma grande geradora de impactos ambientais, seja pelo consumo de recursos naturais, pela transformação de paisagens ou pela geração de resíduos (CARVALHO *et al.*, 2008).

Durante décadas os aterros sanitários foram uma alternativa conveniente para os desperdícios deste setor da indústria (TAM *et al.*, 2010). Estes resíduos formam um grande volume de material que, freqüentemente, são depositados sem nenhum cuidado ou consideração causando diversos problemas e proporcionando a deposição ilegal de outros tipos de resíduos no local (KARTAM *et al.*, 2004).

Como afirma Schneider (2003), os principais impactos sanitários e ambientais relacionados aos resíduos da construção civil (RCC) talvez sejam aqueles associados às deposições irregulares, uma vez que, os resíduos da construção civil podem apresentar resquícios de óleo de maquinários utilizados na construção, pinturas e asbestos de telhas de cimento amianto, por exemplo, que são considerados resíduos perigosos. Em muitos municípios, os resíduos ainda são destinados em bota-foras ilegais, nas margens de riachos ou em terrenos baldios. O destino incorreto implica no entupimento de esgotos e de bueiros. Isto provoca enchentes e a degradação dos grandes centros urbanos. Além disso, o acúmulo dos RCC em lugar inadequado pode atrair resíduos não inertes, tornando o local nicho ecológico de muitas espécies de vetores de doenças, como ratos, baratas, moscas, vermes, bactérias, fungos e vírus.

Os impactos negativos causados pela elevada extração de matéria-prima também são enormes. Em todo o mundo, a mineração e o processamento de minerais desempenham um significativo papel no aparecimento de problemas no meio ambiente como o desmatamento, a erosão do solo e a poluição do ar e da água. Globalmente, o setor de mineração é um dos maiores usuários de energia, contribuindo, assim, para a poluição do ar e o aquecimento global (SCHNEIDER, 2003).

Com o passar do tempo, as transformações do meio ambiente e sua degradação foram se confundindo com o progresso. Neste cenário, os recursos do meio ambiente eram considerados inesgotáveis.

Nas últimas duas décadas, um grande esforço vem sendo despendido com a implantação de sistemas da gestão da qualidade, de recursos humanos e, mais recentemente, gestão ambiental, pois o cenário mundial e nacional caminham para uma situação onde o alto custo de produtos e serviços, energia e água, será insustentável para todos.

As empresas passam agora a buscar melhores práticas e soluções que permitam conciliar uma atividade produtiva dessa magnitude com as premissas de um desenvolvimento sustentável, menos agressivo ao meio ambiente. Ao aliar-se os conceitos de padronização, gestão de consumos de materiais, de resíduos e o não-conformismo com o desperdício, pode-se então pensar na construção civil como uma atividade capaz de gerar qualidade de vida para a sociedade, sem comprometer o futuro de nossos recursos naturais.

1.4.4. Sociais

O desenvolvimento da sociedade, em razão da falta de limites, ocorreu de forma desordenada, sem o correto planejamento, à custa de níveis crescentes de poluição e degradação ambiental. Tais níveis começaram a causar impactos negativos significantes, comprometendo, com isso, a saúde humana.

A sociedade precisa agora de um novo modelo de desenvolvimento, sempre com foco no aproveitamento total dos recursos, na diminuição dos resíduos gerados, na eficiência energética, na conservação da água, na conservação da biodiversidade e dos recursos naturais, visando principalmente a valorização humana, ao tornar o ambiente de trabalho mais seguro e limpo, e o bem-estar social.

Em 1987, o relatório *Brundtland* “*Our Common Future*” dizia que “o desenvolvimento é sustentável quando satisfaz as necessidades das gerações atuais, sem hipotecar a capacidade das gerações futuras de satisfazer as suas próprias”. (UN, 1987).

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Neste capítulo serão abordados assuntos que esclarecem o tema proposto por esta pesquisa. Serão pontuadas algumas características pertinentes da indústria da construção civil, dados sobre a geração de resíduos sólidos, uma visão sobre a sustentabilidade neste setor, e conceitos da *Lean Construction*, ou construção enxuta, que traz uma nova filosofia de gestão de produção para o setor.

2.1. RESÍDUOS SÓLIDOS DA CONSTRUÇÃO CIVIL

Os resíduos da construção civil (RCC) são aqueles gerados durante a realização de novas construções, reformas e/ou demolições. A indústria da construção civil desempenha um importante papel na geração de oportunidade de emprego, mas ao mesmo tempo esta atividade provoca um grande impacto ao meio ambiente devido à geração de resíduos. Estes resíduos constituem uma grande massa de material que freqüentemente, são depositados em lugares inadequados e sem nenhum cuidado, causando com isso diversos problemas ambientais (NETO, 2005).

Este setor é responsável pela geração de resíduos de diferentes tipos, os quais dependem de fatores como a fase em que se encontra a construção, o tipo da construção e das práticas construtivas empregadas. Hoje a indústria da construção civil é responsável por grande parte dos resíduos sólidos gerados diariamente, em torno de 35% dos resíduos industriais em todo o mundo são derivados deste setor (GUZMÁN *et al.*, 2009). Estima-se que as novas construções geram em torno de 80 kg de resíduos por m² construído, o que equivale a 0,11 m³ por m² (LAGE *et al.*, 2010). A deposição clandestina desse material agrava os impactos ambientais, uma vez que provoca o assoreamento de córregos, o entupimento de redes de drenagem e, como consequência, em alguns casos, as enchentes urbanas. Os aterros ilegais, por sua vez, acabam por se tornar locais atrativos para destinação a baixo custo, agravando o problema (IBGE, 2002).

Atualmente, dispomos de leis e normas regulatórias que apontam diretrizes a serem seguidas pelos profissionais do setor. Em vigor desde 2003, a Resolução nº 307 do Conselho Nacional do Meio Ambiente – CONAMA classifica esses resíduos e estabelece regras quanto ao transporte e destinação adequada dos mesmos (BRASIL, 2004).

2.1.1. Caracterização e Classificação dos Resíduos

A Resolução nº 307 do Conselho Nacional do Meio Ambiente – CONAMA (Brasil, 2004) classifica os resíduos da construção nas seguintes classes:

a) Classe A - são os resíduos reutilizáveis ou recicláveis como agregados, tais como:

- de construção, demolição, reformas e reparos de pavimentação e de outras obras de infraestrutura, inclusive solos provenientes de terraplanagem,
- de construção, demolição, reformas e reparos de edificações: os componentes cerâmicos (tijolos, blocos, telhas, placas de revestimento etc.), a argamassa e o concreto,
- de processo de fabricação e/ou demolição de peças pré-moldadas em concreto (blocos, tubos, meios-fios etc.) produzidas nos canteiros de obras;

b) Classe B - são os resíduos recicláveis para outras destinações, tais como: plásticos, papel, papelão, metais, vidros, madeiras e outros;

c) Classe C - são os resíduos para os quais não foram desenvolvidas tecnologias ou aplicações economicamente viáveis que permitam a sua reciclagem ou recuperação, tais como os produtos que utilizam como base o gesso;

d) Classe D - são os resíduos perigosos oriundos do processo de construção, tais como: tintas, solventes, óleos e outros, ou aqueles contaminados oriundos de demolições, reformas e reparos de clínicas radiológicas, instalações industriais e outros.

Dentro da classe que mais se encaixa na indústria da construção civil, Lima *apud* Carnaúba (2009), elaborou uma classificação dos resíduos da Classe A conforme descrito a seguir:

a) Classe 1 - resíduos de concreto sem impurezas, compostos predominantemente por concreto estrutural, simples ou armado, com teores limitados de alvenaria, argamassa e impurezas, como, por exemplo, gesso, terra, vegetação, vidro, papel, etc.;

b) Classe 2 - resíduos de alvenaria sem impurezas, composto predominantemente por argamassas, alvenaria e concreto, com a presença de outros materiais inertes, como a areia e a pedra britada, com teores limitados de impurezas;

c) Classe 3 - resíduos de alvenaria sem materiais cerâmicos e sem impurezas, composto predominantemente por argamassa, concreto e alvenaria de componentes de concreto, com presença de outros materiais inertes, como a areia, a pedra britada, o fibrocimento, com teores limitados de impurezas;

- d) Classe 4** - resíduos de alvenaria com a presença de terra e vegetação: composto predominantemente pelos mesmos materiais do resíduo da Classe 2, mas admitindo a presença de terra ou vegetação até certa porcentagem, em volume. Um teor de impurezas superior ao das classes acima é tolerado;
- e) Classe 5** - resíduos compostos por terra e vegetação, predominantemente, com teores acima do admitido no resíduo da Classe 4. Essa categoria de resíduos admite a presença de argamassas, alvenarias e concretos, e de outros materiais inertes, como a areia, a pedra britada e fibrocimento. Os teores de impurezas são superiores aos das demais classes;
- f) Classe 6** - resíduos com predominância de material asfáltico, com limitações para outras impurezas, como argamassas, alvenarias, terra, vegetação, gesso, vidros e outros.

Culturalmente, os sistemas construtivos utilizados no Brasil são bastante convencionais e resultam em um volume muito grande de materiais desperdiçados, tanto em novas construções quanto em obras de reforma (CARNAÚBA, 2009). Em 1998, o ITQC (Instituto Brasileiro de Tecnologia e Qualidade na Construção Civil), através da pesquisa nacional Alternativas para a Redução do Desperdício de Materiais em Canteiros de Obras, apresentou valores referentes às perdas de materiais que ocorrem nos processos convencionais de construção. A Tabela 1 mostra estes resultados e também valores obtidos em pesquisas anteriores. Os resultados apresentados por Pinto na Tabela 1 referem-se a uma única obra e ele considerou como perda a quantidade de material sobre utilizada em relação às especificações de projeto, ficando esta quantidade incorporada à atividade ou transformada em resíduo; Soibelman apresenta uma média de valores de cinco obras e o ITQC apresenta a média obtida após pesquisa em diversos canteiros de obras.

Tabela 1 - Perdas de materiais em processos construtivos convencionais, conforme pesquisa nacional em 12 estados e pesquisas anteriores

Materiais	Pinto (1999)	Soibelman (1993)	ITQC (1998)
Concreto usinado	2%	13%	9%
Aço	26%	19%	11%
Blocos e tijolos	13%	52%	13%
Cimento	33%	83%	56%
Cal	102%	----	36%
Areia	39%	44%	44%

Fonte: Pinto (1999)

Em pesquisa realizada por Chen, Li e Wong (2002), somente com dados obtidos com empreiteiros, afirma-se que dos materiais utilizados em um canteiro de obras, cerca de 10 a 30% tornam-se resíduos. Parte das perdas que são verificadas nas atividades permanecem incorporadas na construção, na forma de componentes, cujas dimensões finais são superiores às aquelas projetadas. Como exemplos disso são as argamassas de revestimentos onde os emboços são executados com maior espessura do que a prevista em projeto a fim de tentar regularizar ou até mesmo esconder erros de assentamento das fiadas de tijolos; e as peças de concreto onde a abertura de fôrmas durante a concretagem aumenta o volume de concreto a ser utilizado.

Os resíduos que são gerados em maior quantidade segundo pesquisas de Cochran *et al.* (2007), são o concreto, asfalto, madeira, metal, gesso, o solo, e pequenas quantidades de materiais de embalagens, como plástico e papel. As quantidades de resíduos gerados estão diretamente ligadas ao nível de desenvolvimento da indústria da construção civil local, e variam em função da qualificação da mão de obra, das técnicas construtivas empregadas, bem como se o canteiro de obras possui um controle de qualidade, entre vários outros fatores que podem influenciar neste volume gerado.

Conforme Ribeiro (2008), os resíduos provenientes de obras de construção e demolição são produzidos por diversos agentes da cadeia da construção civil: empresas construtoras, incorporadores imobiliários, empresas de pequeno e médio porte, prestadoras de serviços de engenharia, órgãos públicos e empreiteiros de obra. Não podemos deixar de considerar que é necessário que os fabricantes de materiais e insumos destinados à construção civil devem ter a responsabilidade com o destino dos resíduos gerados a partir de seus produtos.

Estes diversos dados apresentados nos mostram que ainda há muito que ser alterado nos métodos construtivos e modelos de gestão de canteiros de obras adotados no Brasil.

2.1.2. Redução da Geração de Resíduos

Existem vários fatores que contribuem para o aumento da quantidade de resíduos sólidos gerados dentro do canteiro de obras, dentre eles podemos destacar: falta de formalização do processo construtivo, alterações de projeto durante o andamento da obra, especificação inadequada dos materiais, erros de execução e falta de planejamento. Estes fatores caracterizam hoje o setor da construção civil como um dos maiores geradores de resíduos durante a execução de seus empreendimentos (SHINGO, 1981).

Segundo Kartam *et al.* (2004), nunca se viveu em um mundo onde não haja resíduos e as atividades de construção civil nunca estarão isentas da geração dos mesmos.

Portanto, a redução da geração de resíduos e sua reutilização são metas importantes a serem seguidas por todos os envolvidos na busca por uma construção civil mais sustentável e menos agressiva ao meio ambiente. Arquitetos devem considerar que grande parte dos RCC é decorrente das decisões do projeto; problemas na gestão do empreendimento agravam o problema: falta de atenção às dimensões dos produtos utilizados, falta de informações do projetista, projetistas não familiarizados com a possibilidade de utilização de diferentes produtos, informações sobre os produtos a serem utilizados fornecidas muito tarde e tipos e dimensões de produtos que não se enquadram no projeto. A Tabela 2 traz uma breve explanação sobre as origens e causas da geração de resíduos da construção.

Tabela 2 – Origens e causas da geração de resíduos de construção

Origem do resíduo	Causa da geração
Contratual	▪ Erros no caderno de encargos; ▪ Documentos incompletos no início do contrato de construção.
Projeto	▪ Alterações de projeto; ▪ Desenho e detalhes complexos; ▪ Erros em desenhos de detalhes da construção; ▪ Especificação inadequada; ▪ Falhas de coordenação e comunicação.
Aquisição de materiais	▪ Erros no pedido de compras (não conformidade com as especificações); ▪ Superestimação das quantidades de materiais; ▪ Erros do fornecedor.
Transporte	▪ Danos causados durante o transporte; ▪ Dificuldade de acesso ao local da construção por parte dos veículos; ▪ Proteção deficiente dos materiais durante a descarga dos mesmos; ▪ Métodos ineficientes de descarga.
Gestão e planejamento do canteiro	▪ Falta de um plano de gestão de resíduos no local; ▪ Planejamento indevido para as quantidades de materiais necessárias; ▪ Atraso no repasse de informações sobre as dimensões e quantidades dos materiais a serem utilizados; ▪ Falta de controle do material no canteiro de obras; ▪ Falta de fiscalização.
Armazenamento de material	▪ Local inadequado para armazenamento levando a danos ou deterioração; ▪ Método impróprio de armazenamento; ▪ Materiais armazenados distantes do ponto de aplicação.

Tabela 2 – Origens e causas da geração de resíduos de construção (continuação)

Manuseio de materiais	▪ Materiais fornecidos sem embalagem; ▪ Método de armazenamento inadequado, exigindo o transporte até o ponto de aplicação; ▪ Manipulação inadequada do material.
Operação do canteiro de obras	▪ Acidentes devido à negligência; ▪ Materiais e produtos não utilizados; ▪ Mau funcionamento de equipamentos; ▪ Falta de habilidade profissional; ▪ Utilização de materiais errados, resultando em sua eliminação; ▪ Pressão para cumprir o cronograma da obra; ▪ Falta de ética no trabalho.
Resíduos	▪ Resíduos provenientes de processos de aplicação, como superdimensionamento da quantidade de argamassa; ▪ Sobras após o corte de materiais; ▪ Resíduos provenientes do corte de formas específicas; ▪ Acondicionamento inadequado.
Outros	▪ Tempo; ▪ Vandalismo; ▪ Roubo.

Fonte: Osmani *et al.* (2008)

A crescente conscientização dos problemas de gestão de RCC levou ao desenvolvimento da gestão de resíduos como uma importante ferramenta para o gerenciamento de projetos de construção (TAM, 2008). No entanto, a gestão de resíduos não é considerada uma atividade de alta prioridade, principalmente quando há restrições financeiras envolvidas no processo. Coffey (1999) sugeriu que, se a gestão de resíduos for implementada como parte integrante do gerenciamento de projetos, a redução da geração de resíduos pode ser efetivamente alcançada.

É necessário então determinar as razões da geração dos resíduos, só assim poderão ser traçados planos de gerenciamento dos mesmos. Um ponto importante a ser considerado é a estimativa de que grande parte dos resíduos gerados é consequência de problemas na fase de concepção do projeto. Pesquisadores apontam que projetos mal concebidos podem ser responsáveis por cerca de 33% dos resíduos gerados em canteiros de obras, especialmente quando são feitas alterações no projeto no decorrer de sua execução.

Segundo Osmani *et al.* (2008) as causas para as mudanças no projeto quando este já se encontra em fase de construção são:

- Alterações de última hora solicitadas pelo cliente, resultando na necessidade de se refazer alguns processos;

- Falta de experiência por parte dos projetistas no que diz respeito à avaliação dos métodos construtivos e da sequência de operações no canteiro de obras, conduzindo a erros que irão requerer alterações no projeto ou desconsiderar trabalhos que já se encontravam completos;
- Aumento da complexidade dos projetos, produzindo sobras após cortes de material;
- Falta de informações detalhadas no projeto, conduzindo a interpretações feitas pelo empreiteiro que poderá resultar no pedido desnecessário de mais material;
- Não previsão das reais condições do solo, conduzindo ao desperdício de solo;
- Projetos elaborados para serem executados em longos períodos de tempo, permitindo que o mesmo sofra várias modificações para se ajustar ao mercado e/ou legislações.

Para que haja a redução da geração de resíduos, algumas estratégias podem ser implantadas. Crie *apud* Osmani *et al.* (2008) sugere que a primeira ação diz respeito às cláusulas contratuais, devendo ser incorporado no contrato cláusulas específicas que tragam orientações quanto à redução da geração de resíduos.

A segunda etapa seria combater o desperdício gerado devido às mudanças de última hora. Estas mudanças alteram o tipo e quantidade de materiais requeridos durante o processo construtivo (COVENTRY *et al.* *apud* OSMANI *et al.*, 2008). De acordo com Osmani *et al.* (2008), a padronização de projetos pode aumentar a facilidade com que um projeto é executado e reduzir o desperdício gerado pelas sobras originadas no corte de materiais. Como terceira etapa, pode ser citada o uso de técnicas mais eficientes para a confecção de fôrmas, quantidade padronizada de materiais e a inserção de componentes pré-fabricados nos projetos. A última ação seria a conscientização dos clientes sobre os benefícios da redução da geração de resíduos. É necessário mostrar aos responsáveis pela execução das obras que pensar na gestão dos resíduos nas diversas fases do processo construtivo pode se tornar uma oportunidade de efetivamente reduzir sua geração e evitar problemas relativos à sua disposição final (KOFOWOROLA e GHEEWALA, 2009).

Em seu estudo, CARNAÚBA (2009) aponta necessidades de melhorias na qualidade do sistema construtivo, como:

- Correção de falhas;
- Introdução de projetos flexíveis e modulares;
- Incentivo ao processo de montagem e desmontagem;
- Aumento da vida física da construção, através da introdução de elementos pré-fabricados e concretos pré-misturados;

- Adoção de modificações técnicas que reduzam a geração de resíduo;
- Especificação de materiais recicláveis;
- Investimento maciço em mão-de-obra;
- Aperfeiçoamento no controle dos serviços executados.

Mas para conseguir implantar essas melhorias, Ribeiro Jr (2009) afirma ser necessário adquirir um completo domínio sobre o processo construtivo utilizado na execução dos serviços e ter indicadores quanto à utilização dos diversos tipos de materiais. Estes indicadores serviriam para que intervenções rápidas fossem feitas, quando necessárias, nas etapas executivas da obra. O autor ressalta também que as empresas deveriam seguir um padrão e incorporar estas práticas à sua cultura.

Devemos avaliar também os processos construtivos empregados. Em estudo realizado em Hong Kong, onde as construções ainda seguem as técnicas tradicionais, foi constatado que alguns serviços, como a execução de formas, são responsáveis por cerca de 30% dos resíduos gerados em uma obra (JAILLON *et al.*, 2009).

Como os processos construtivos tradicionais são repetitivos e seguem uma determinada seqüência, poderia ser efetuada uma padronização para a realização de determinadas tarefas, reduzindo assim as improvisações que são responsáveis por grande parte da quantidade de resíduos gerados. Para cada ciclo das diversas fases da obra devem ser introduzidos processos racionalizados que resultam, no final, na redução de desperdício (CARNAÚBA, 2009).

Jaillon *et al.* (2009) aponta a utilização de componentes pré-fabricados como uma boa alternativa para este intuito. O autor afirma que a utilização deste tipo de material em substituição aos métodos construtivos convencionais proporcionou uma redução de 52% na geração de resíduos, seguido de uma redução de 70% da utilização de fôrmas para moldagem de peças.

Padronizar os sistemas construtivos é, portanto, um dos meios para a redução dos resíduos, caminho este que já está sendo seguido por construtoras inovadoras e cientes da importância do desenvolvimento sustentável.

2.2. SUSTENTABILIDADE

O termo sustentabilidade aplicado à causa ambiental surgiu como um conceito tangível na década de 1980 por Lester Brown, fundador do *Worldwatch Institute*. A definição que se tornou um padrão seguido mundialmente com pequenas variações representa o seguinte: diz-se que uma comunidade é sustentável quando satisfaz plenamente suas necessidades de forma a preservar as condições para que as gerações futuras também o façam. Da mesma forma, as atividades processadas por agrupamentos humanos não

podem interferir prejudicialmente nos ciclos de renovação da natureza e nem destruir esses recursos de forma a privar as gerações futuras de sua assistência (ABREU, 2008).

Até a década de 50, as empresas buscavam atingir seus lucros sem se importar com o dano que elas causariam à sociedade. Esse pensamento mudou uma vez que as empresas passaram a entender a importância de se tornarem ecologicamente corretas, agregando valor aos seus produtos, garantindo uma imagem positiva na sociedade e mantendo uma vantagem competitiva com relação a seus concorrentes (YEMAL *et al.*, 2010). Atualmente o cenário que se apresenta para a construção civil é de uma época promissora no que diz respeito a aumento de ganhos, valorização dos profissionais e expansão do mercado. Mas, como em qualquer setor, as empresas precisam estar atentas às demandas da sociedade na qual está inserida. Questões ambientais tem sido preocupação crescente, seja em países desenvolvidos ou não, e a quantidade de resíduos deixados por construções tornou-se um dos centros das discussões da sustentabilidade. Como se pode perceber, uma postura consciente nas mais diversas etapas da construção civil, além de financeiramente viável, demonstra a preocupação da empresa com a situação do meio ambiente junto ao público (YEMAL *et al.*, 2010).

2.2.1. Sustentabilidade na Construção Civil

Para falamos de sustentabilidade na construção civil, é preciso contextualizá-la a partir de algumas perspectivas. Uma delas é a social. No Brasil, o setor é o termômetro do desenvolvimento do país e gera, atualmente, segundo a Câmara Brasileira da Indústria da Construção (CBIC), mais de 2,6 milhões de empregos diretos. Na perspectiva econômica, sua cadeia produtiva é responsável por cerca de 15% do nosso PIB (ANTUNES, 2011).

Já no contexto da administração, Antunes (2011) afirma que o modelo a ser buscado é o de sustentabilidade corporativa. Neste caso, a gestão se dá da mesma forma que qualquer empresa de outro setor onde os processos são estruturados de forma sustentável: marketing, finanças, recursos humanos, comunicação, TI, entre outros. O desafio aqui é o de mobilizar e engajar funcionários a aplicarem o conceito de sustentabilidade em suas atividades diárias.

E há ainda o contexto do produto final, que na construção civil é de grande importância pelos impactos causados ao meio ambiente. Antunes (2011) afirma que, segundo a *Civil Engineering Research Foundation* (CERF), atualmente, o setor é responsável pelo consumo de cerca de 50% dos recursos naturais do planeta, a maioria recursos não renováveis. E falando especificamente do Brasil, a falta de investimento em políticas públicas orientadas para sustentabilidade dificulta o processo e impacta no custo de uma construção sustentável. Mas algumas iniciativas já despontam no setor.

De alguns anos para cá as certificações voltadas para a construção sustentável se tornaram cada vez mais freqüentes (ANTUNES, 2009). Esse tipo de certificado orienta e atesta o comprometimento dos princípios da sustentabilidade na construção civil, antes, durante e depois de sua obra concluída. Entre as principais podemos citar a americana LEED (*Leadership in Energy and Environment Design*), selo de maior reconhecimento internacional e o mais utilizado no mundo, a inglesa BREEAM (*Building Research Establishment Environmental Assessment Method*), uma das mais rigorosas em termos de exigências ambientais, e a francesa HQE (*Haute Qualité Environment*), entre outras. Há, ainda, a brasileira AQUA (*Alta Qualidade Ambiental*), baseada na HQE, e que vem a ser o primeiro referencial técnico para construções sustentáveis adaptado à nossa realidade (ANTUNES, 2009). Segundo Fonseca (2011) cada uma delas tem suas características específicas e normas, porém com o mesmo objetivo, tornar a edificação mais eficiente em sua totalidade, obedecendo alguns critérios de avaliação:

- Relação do edifício com seu entorno;
- Escolha integrada de produtos, sistemas e processos construtivos;
- Canteiro de obras com baixo impacto ambiental;
- Gestão da energia e da água;
- Gestão dos resíduos de uso e operação do edifício e sua manutenção;
- Conforto acústico, visual, olfativo e higrotérmico (temperatura e umidade);
- Qualidade sanitária dos ambientes, do ar e da água.

Criado em 2000, pelo USGBC – *U.S. Green Building Council* (Conselho de Construção Sustentável dos EUA), o LEED orienta e atesta o comprometimento de uma edificação com os princípios da sustentabilidade para a construção civil - antes, durante e depois de suas obras (GBCB, 2012).

Emitido em mais de 130 países de todo o mundo, o selo é considerado, hoje, a principal certificação de construção sustentável para os empreendimentos do Brasil, onde é representado oficialmente pelo GBCB – *Green Building Council* Brasil (Conselho de Construção Sustentável do Brasil), que foi criado no país em 2007.

As edificações interessadas em conquistar o selo LEED devem entrar com pedido de certificação na Plataforma LEED Online, referente ao seu tipo de empreendimento. No Brasil, existem oito selos diferentes:

- LEED NC, para novas construções ou grandes projetos de renovação;
- LEED ND, para projetos de desenvolvimento de bairro;
- LEED CS, para projetos na envoltória e parte central do edifício;
- LEED *Retail* NC e CI, para lojas de varejo;
- LEED *Healthcare*, para unidades de saúde;
- LEED EB_OM, para projetos de manutenção de edifícios já existentes;

- LEED *Schools*, para escolas;
- LEED *CI*, para projetos de interior ou edifícios comerciais.

Em seguida, a edificação cadastrada passa pelo processo de avaliação do GBCB que, no Brasil, leva em conta sete quesitos (GBCB, 2012):

- Uso racional da água;
- Eficiência energética;
- Redução, reutilização e reciclagem de materiais e recursos;
- Qualidade dos ambientes internos da edificação;
- Espaço sustentável;
- Inovação e tecnologia;
- Atendimento a necessidades locais, definidas pelos próprios profissionais da GBCB, que variam de empreendimento para empreendimento.

Cada quesito tem um peso diferente na avaliação - a categoria Eficiência Energética, por exemplo, vale 37 pontos, enquanto a categoria Qualidade dos Ambientes Internos vale 17. O empreendimento avaliado pode conseguir até 110 pontos, sendo que, para receber a certificação LEED, é preciso ter pontuação superior a 40. Quanto maior a pontuação da edificação, melhor será o nível do selo conquistado (GBCB, 2012). Existem quatro tipos:

- Selo LEED, conferido a empreendimentos que tiveram mais de 40 pontos;
- Selo LEED *Silver*, para edificações com mais de 50 pontos;
- Selo LEED *Gold*, para empreendimentos com pontuação superior a 60;
- Selo LEED *Platinum*, para edificações que conquistaram mais de 80 pontos.

Segundo dados da própria GBCB (2012), atualmente no Brasil já existem 51 empreendimentos que possuem o certificado LEED, entre eles hospitais, bancos, escolas, supermercados e prédios residenciais e comerciais, e mais de 500 empreendimentos estão em processo de certificação. Em números, perdemos apenas para Estados Unidos, Emirados Árabes Unidos e China.

No Brasil, além da certificação brasileira AQUA, foi criado em agosto de 2007 o CBCS, Conselho Brasileiro de Construção Sustentável, que tem como objetivo induzir o setor da construção a utilizar práticas mais sustentáveis, melhorando a qualidade de vida dos usuários, dos trabalhadores e do entorno das edificações. O CBCS é composto por diversos comitês que tratam de assuntos específicos relacionados à sustentabilidade no setor, como materiais e finanças, além de água e energia (ANTUNES, 2009).

Para Antunes (2011), mais do que um simples diferencial mercadológico, saber que um prédio possui um selo LEED, BREEAM, HQE ou AQUA é a garantia de eficiência energética, de uso racional da água, de qualidade ambiental interna e no entorno. É também a garantia que, devido a essa eficiência, mesmo que haja um custo maior no preço da

construção, ele se paga com o tempo. Mas, acima de tudo, é importante para a sociedade e para o planeta, pois é mais um esforço em criar um paradigma, uma referência para a construção sustentável e impulsionar o desenvolvimento de novos produtos e fornecedores para a construção sustentável no Brasil (ANTUNES, 2011).

2.2.2. Práticas Sustentáveis

É preciso citar que um projeto para ser sustentável deve ir além do reaproveitamento de água, ventilação e iluminação natural e do uso da energia solar. Para receber a credencial de empreendimento sustentável, o projeto precisa ser ecologicamente correto, economicamente viável, socialmente justo e culturalmente aceito FONSECA (2011).

Podemos entender que o projeto é ecologicamente correto quando ele utiliza os recursos do meio ambiente de uma forma racional, minimizando os impactos ecológicos e potencializando os aspectos positivos sobre todas as etapas do projeto, obra, entrega e posteriormente na manutenção. Para ser economicamente viável ele deve, com o tempo, trazer um retorno justo aos seus investidores em curto, médio e longo prazo. E quando há o compromisso em respeitar a comunidade local e sua cultura, implantar sistemas sustentáveis no projeto e contribuir para o crescimento das pessoas envolvidas, este se torna socialmente justo e culturalmente correto FONSECA (2011).

Com o objetivo de colaborar com o desenvolvimento sustentável da sociedade, inúmeras entidades, tanto do setor da construção civil como das áreas de pesquisa e educação, economia, entre outras, têm buscado idéias inovadoras em gestão, produtos e serviços que respondam aos desafios da nossa época. Assim, surgiram no mercado inúmeros guias e manuais com informações e diretrizes de boas práticas a serem seguidos por todos os profissionais da construção civil, auxiliando-os a planejar e construir seus empreendimentos de maneira mais sustentável, buscando sempre atingir bons resultados tanto para as empresas, para a sociedade como também para o meio ambiente.

O Guia de Boas Práticas para a Construção Civil elaborado pelo Grupo Santander (2012) apresenta aspectos relevantes a serem considerados pelos profissionais durante as diversas fases do empreendimento, desde o planejamento, concepção e durante a construção de cada obra. São eles:

❖ Planejamento

Na fase de planejamento, deve ser feito um levantamento dos aspectos e impactos socioambientais e econômicos relativos ao seu empreendimento, de forma a garantir a segurança e evitar ou mitigar possíveis riscos operacionais. Alguns aspectos

ambientais devem ser incluídos no planejamento do empreendimento a fim de evitar custos e transtornos desnecessários (SANTANDER, 2012):

- a) verificação de necessidades dos públicos envolvidos;
- b) capacitação dos agentes envolvidos e difusão das boas práticas socioambientais;
- c) estudo de viabilidade socioambiental:
 - investigação de áreas contaminadas,
 - análise da infraestrutura do entorno,
 - ações de melhoria social e valorização do entorno,
 - avaliação das características físicas do terreno,
 - avaliação dos aspectos naturais,
 - identificação de restrições legais e regulamentares,
 - buscar informações sobre a necessidade de realização da Avaliação de Impacto Ambiental.

❖ Concepção

É nesta etapa onde se definem as diretrizes de implantação e partido arquitetônico do empreendimento, através da reflexão sobre todos os dados obtidos na fase de planejamento, como a análise da infraestrutura do entorno, avaliação das características físicas do terreno e avaliação de aspectos naturais. O empreendimento deve se adaptar às necessidades de uso, produção e consumo humano sem que haja esgotamento de recursos naturais, ficando preservados para as gerações futuras (SANTANDER, 2012).

Nesta fase, selecionam-se materiais, componentes, equipamentos e sistemas construtivos. É uma tarefa extremamente importante, pois as decisões aqui tomadas também podem gerar benefícios econômicos, como reduções significativas na operação e manutenção da edificação, além de ganhos de produtividade para seus ocupantes devido ao conforto ambiental (SANTANDER, 2012).

Aspectos a serem considerados pelos projetistas (SANTANDER, 2012):

- a) eficiência energética;
- b) conforto ambiental do edifício:
 - conforto térmico,
 - desenvolvimento racional de fachadas e coberturas,
 - ventilação natural,
 - conforto luminoso,
 - iluminação natural,
 - iluminação artificial,

- conforto acústico;
- c) conservação da água:
 - consumo eficiente,
 - aproveitamento de águas servidas,
 - aproveitamento de águas pluviais,
 - sistemas de retenção de água de chuva;
- d) seleção de materiais:
 - procedência,
 - características do material,
 - processos construtivos e aplicação em canteiros de obras;
- e) saúde e bem-estar do usuário:
 - saúde,
 - conforto;
- f) qualidade do empreendimento:
 - recomendações para a operação e a manutenção do empreendimento.

❖ Construção

Na fase de construção do empreendimento surgem os primeiros impactos diretos ao meio ambiente. A modificação da paisagem local, as atividades de preparação do terreno e as demolições das construções preexistentes são as primeiras tarefas a serem controladas. É também nesta etapa que aparecem as primeiras consequências decorrentes do processo seletivo de materiais e sistemas construtivos, realizado na fase de concepção.

Alguns aspectos devem ser verificados nesta etapa (SANTANDER, 2012):

- a) recomendações quanto à demolição;
- b) logística e segurança nos canteiros de obras;
- c) gestão de resíduos sólidos e efluentes;
- d) comunicação com a comunidade do entorno do empreendimento;
- e) relacionamento com funcionários;
- f) relacionamento com fornecedores e parceiros.

2.2.3. Materiais Sustentáveis

A busca pela minimização dos efeitos das construções no meio ambiente tem levado ao surgimento de indústrias produtoras de materiais sustentáveis para edificações. O setor vem investindo em produtos com novas composições para garantir um desenvolvimento mais sustentável e atender a uma demanda crescente por produtos com

diferenciais ambientais. Além do apelo sustentável, este tema oferece também às companhias oportunidade de competitividade (BRASIL ECONÔMICO, 2012).

Atualmente já é possível encontrar alguns desses materiais com facilidade: materiais que ajudam na economia de água e energia, materiais para acabamento, revestimentos, tijolos e madeiras são alguns exemplos de produtos produzidos com a preocupação em preservar os recursos naturais e ao mesmo tempo trazer mais agilidade e qualidade para as construções. No entanto, é fundamental lembrar que materiais e produtos que se auto-intitulam “verdes”, ecológicos e ambientalmente responsáveis, devem ser questionados. A melhor maneira de fazer esta verificação é por meio da certificação de algum órgão ou entidade responsável por análises de padrões confiáveis (ECO'D, 2012).

Como exemplos de produtos e materiais sustentáveis podemos citar:

❖ Equipamentos Sanitários de Baixo Consumo e Automáticos

Pias e vasos sanitários costumam ocasionar um grande desperdício de água, por falta de regulação e manutenção ou por uso incorreto pelos usuários. Para sanar este problema foram criados sistemas reguladores de consumo, como torneiras com sensor de presença que libera apenas a quantidade necessária para cada uso, proporcionando aproximadamente 70% de economia, e descargas com duplo acionamento, com meia descarga para líquidos e vazão completa para sólidos. Alguns modelos mais simples limitam a vazão de seis litros mesmo com o botão sendo apertado insistentemente (ECO'D, 2012).

❖ Lâmpadas de Alta Eficiência Energética

A diversidade de lâmpadas eficientes existente no mercado é grande e algumas prometem revolucionar a iluminação em edifícios. As mais comuns são as lâmpadas fluorescentes compactas, que aquecem menos o ambiente, representam uma economia de até 80% de energia e a sua durabilidade é 10 vezes maior que as lâmpadas convencionais. A maior promessa no setor de iluminação são os LEDs, que em inglês significam Diodo Emissor de Luz. Possuem inúmeras vantagens: desperdiçam pouquíssima energia, não aquecem o ambiente e são mais compactas que a fluorescente, no entanto, são pouco difundidas devido ao seu preço ainda elevado (ECO'D, 2012).

❖ Tintas Naturais

Muitos materiais utilizados no acabamento de uma obra podem ser danosos a saúde e ao meio ambiente por conter substâncias tóxicas, como resina, tinta, cola, selador

entre outros. Materiais derivados do petróleo e compostos voláteis são muito poluentes quando entram em contato com córregos e lençóis freáticos. No mercado atual existem algumas tintas a base de água, ceras e óleos vegetais, resinas naturais, com pigmentações minerais, muito mais recomendáveis para um equilíbrio sustentável nos ambientes, pois não têm odor e não utilizam metais pesados (ECO'D, 2012).

❖ Solo Cimento

O solo cimento é um material homogêneo resultante da mistura de solo, cimento e água, ideal para construções de pequeno porte e bastante utilizado em meios rurais pela disponibilidade da matéria-prima. O solo usado é composto por uma parte maior de areia e outra menor de argila. A proporção de cimento e solo em geral é de uma parte de cimento e doze partes de solo. Seu uso é adequado para revestimentos de pisos e paredes devido à elasticidade, assim como em muros de arrimo, pavimentação e na fabricação de telhas e tijolos sem que haja uma queima prévia (ECO'D, 2012).

❖ Concreto Reciclado

Tradicionalmente, o concreto é composto por cimento, areia, água, compostos britados (brita, cascalho e ou pedregulho) e eventualmente materiais ligantes como colas, fibras e outros aditivos. Já o concreto reciclável possui inúmeras fórmulas e combinações possíveis. Algumas versões encontradas no mercado utilizam escória de alto forno, material resultante na fabricação de cimento e em usinas metalúrgicas e que originalmente era refugado. Outros utilizam sobras de minérios e asfalto, recolhidos em demolições e entulhos. O uso do concreto reciclado tem despertado uma maior consciência quanto ao reaproveitamento de materiais comumente descartados, como restos de tijolos e telhas, abrindo espaço para empresas que separam e comercializam materiais que sobram nos canteiros de obras e nas demolições (ECO'D, 2012).

❖ Adobe

Ainda muito utilizado em várias partes do mundo, inclusive no Brasil, especialmente em regiões que possuem solos argilosos e clima seco. Usado na confecção de tijolos, adquirem alta resistência e ótimas propriedades acústicas depois de secos, sendo bastante eficazes na construção de alvenarias estruturais externas. É feito de uma mistura de argila, areia, água e algumas vezes são adicionadas palha ou outras fibras (ECO'D, 2012).

❖ Madeiras Alternativas

Excelente material, a madeira é muito utilizada na construção civil e em projetos de interiores, no entanto, sua extração em larga escala e sem a devida preocupação ambiental dizimou muitas espécies de árvores e inúmeras florestas foram devastadas para abastecer o consumo humano ao longo da história (ECO'D, 2012). Segundo Silveira (2010), é de extrema importância a aplicação de madeiras alternativas cuja origem pode ser comprovada, como:

- a) Reflorestamento** - a madeira de reflorestamento advém de lugares que mantém uma área de floresta original ou replantada, através de manejos sustentáveis de produção. A atividade prevê a preservação dessas matas ao mesmo tempo em que sustenta o ritmo da extração (SILVEIRA, 2010).
- b) Certificadas** - as madeiras certificadas são aquelas que comprovam a origem de sua extração através de selos concedidos por órgãos competentes e avaliadores. Um dos mais conhecidos é o selo verde do *Forest Stewardship Council* (Conselho de Manejo Florestal) presente em mais de 50 países. Há ainda outras certificadoras consideradas confiáveis: IDHEA - Instituto para o Desenvolvimento da Habitação Ecológica; Instituto Falcão Bauer; ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas; Fundação Vanzolini e BVQI - *Bureau Veritas Quality International* (SILVEIRA, 2010).

Existe no mercado também a madeira plástica, produto que vem sendo bastante difundido e utilizado devido às suas características e propriedades ecologicamente corretas. Apesar de se tratar de um material de composição plástica seu acabamento é bastante semelhante com a madeira convencional, porém, é reciclável e apresenta uma boa relação de custo-benefício, pois evita o aparecimento de pragas, como traças, cupim e alguns roedores. Vem sendo bastante utilizada em pisos, revestimentos, na confecção de mobiliário interno e externo, pergolados, decks, gazebos, cachepôs, entre outros (ECO'D, 2012).

❖ Fibras Vegetais

São excelentes materiais que substituem as fibras de vidro e sintéticas. Possuem características físicas e mecânicas, em alguns casos muito melhores do que as não naturais, principalmente quando incorporadas com compostos plásticos. Feitas à base de uma série de plantas e vegetais como a juta, o sisal, o coco, a cana-de-açúcar, algodão entre outras, é utilizada para confecção de uma ampla gama de produtos. Pode ser misturada ao concreto para agregar maior resistência, ou usada para fazer telhas, tapumes, revestimentos acústicos e térmicos, painéis, tecidos, tapetes e carpetes (SILVEIRA, 2010).

❖ Óleos Vegetais

Bastante usados em produtos alimentícios, farmacêuticos e atualmente vinculados ao setor energético na produção de biocombustíveis, os óleos vegetais também são utilizados em vários produtos aplicados na construção civil. Hoje existem tintas, vernizes, impermeabilizantes e solventes à base desses óleos, que descartam o uso de produtos químicos prejudiciais à saúde. São derivadas de inúmeros tipos de vegetais e sementes como girassol, mamona, soja, dendê, cânhamo, milho, palma, amendoim entre muitas outras (SILVEIRA, 2010).

❖ Telhas “Ecológicas”

Cada vez mais utilizadas essas telhas podem ser feitas de placas prensadas de fibras naturais ou de matérias reciclados. As telhas “ecológicas”, como são conhecidas, possuem características mecânicas melhores do que as das telhas de fibra de vidro e amianto, são mais leves e ainda não prejudicam a saúde e o meio ambiente. Uma particularidade interessante das telhas recicladas com embalagens tetrapak é que por conterem uma porcentagem de alumínio, refletem a luz solar garantindo uma excelente condição térmica nos ambientes usados (SILVEIRA, 2010).

❖ Piso Intertravado

O piso intertravado é composto por peças de concreto modulares, com diversas formas e cores, que são assentadas como um quebra cabeça, por isso o nome. Muito resistentes são usados em calçadas, parques e grandes extensões de pisos externos. A vantagem para o meio ambiente é que ao contrário do que vemos por aí, os pisos intertravados possibilitam que a água da chuva permeie entre as juntas e encontre o solo, facilitando a drenagem (SILVEIRA, 2010).

A imensa variedade de produtos lançados nos últimos anos demonstra o trabalho intenso das empresas para se manter a frente das tendências do mercado e encontrar soluções inteligentes e sustentáveis para contribuir com os desafios do mundo atual. E esta gama de opções é ampliada a cada dia, através de novos materiais que são lançados, novas técnicas a ser implantadas e a possibilidade de outros usos para materiais já existentes. No entanto, mais do que um produto, processo ou gestão, sustentabilidade é na verdade uma mudança de valores e de postura; tem a ver com pessoas e uma nova maneira de pensar a vida (SILVEIRA, 2010).

2.3. LEAN CONSTRUCTION

Lean Construction, ou construção enxuta, é uma filosofia de gestão de produção relativamente nova, voltada à construção civil. Surgiu através da adaptação dos conceitos de fluxo e geração de valor presentes no pensamento enxuto (*Lean Thinking*) à construção civil.

2.3.1. Histórico

Womack, Ross e Jones (1992) descrevem a evolução histórica da indústria desde o artesanato até o *Lean Thinking*. No artesanato, a mão-de-obra era altamente qualificada e o resultado eram produtos individualizados, ferramentas simples e flexíveis. A produção era requisitada sob encomenda e seus custos não diminuía com o aumento do volume encomendado, não existindo um padrão de qualidade. Na sequência surge o *Taylorismo*, onde os atos de pensar (projetar) e fazer (produzir) são separados, e a busca pela padronização das etapas e dos custos visa aumentar a produtividade.

Após a Primeira Guerra Mundial, Alfred Sloan (presidente da *General Motors*) e Henry Ford conduziram a produção industrial automobilística artesanal para a produção em massa. Ford padronizou peças de automóvel e técnicas de montagem, permitindo que mão-de-obra pouco qualificada e máquinas especializadas produzissem em massa de forma econômica.

Com o término da Segunda Guerra Mundial, os japoneses decidem criar sua indústria automobilística baseados nos conceitos de Ford. No entanto havia a necessidade de adaptação às condições do mercado, bem menor e com pouco capital, onde não se conhecia a demanda e os clientes exigiam qualidade nos produtos. Surge então a *Toyota Motor Company* e sua nova concepção de sistema de produção, desenvolvida pelo fundador Sakichi Toyoda, seu filho Kiichiro Toyoda e pelo engenheiro Taiichi Ohno, designada Sistema Toyota de Produção. Ao contrário da produção em massa desenvolvida por Henry Ford, esse sistema visa diminuir os lotes de produção e obter uma maior variedade de produtos, focando sempre no aumento dos lucros através da redução do custo de produção e da eliminação dos desperdícios, como os excessos de estoques e as atividades desnecessárias.

Em 1990, através da publicação do livro “*The Machine That Changed the World*”, James P. Womack descreve o conceito *Lean* ou Enxuto com base no sistema de produção da Toyota, e desenvolve assim o tema *Lean Production* ou Produção Enxuta.

Apesar da grande adesão por parte dos diversos setores industriais a esta nova filosofia, o setor da construção civil, por ser bastante complexo e diversificado, não

acompanhou essa expansão. Dessa forma, em 1992, o pesquisador finlandês Lauri Koskela, através do seu Relatório Técnico nº. 72 – *Application of the New Production Philosophy to Construction*, desafia os profissionais da construção civil a implementar as técnicas e princípios da mentalidade enxuta, lançando as bases dessa nova filosofia chamada *Lean Construction* ou Construção Enxuta.

2.3.2. Conceitos

O processo de gerenciamento tradicional, chamado de modelo de conversão, resume-se em transformar insumos em produtos intermediários ou finais. As atividades são organizadas de acordo com a sequência de execução do empreendimento (Figura 1). É dividido em três principais conceitos, são eles (KOSKELA,1992):

- O processo de produção, ou conversão, pode ser subdividido em sub-processos;
- Para se minimizar o custo total do processo, deve-se observar os sub-processos separadamente, visando diminuir os valores em cada sub-conversão;
- O valor total de um produto está diretamente relacionado com o custo dos insumos utilizados no processo.

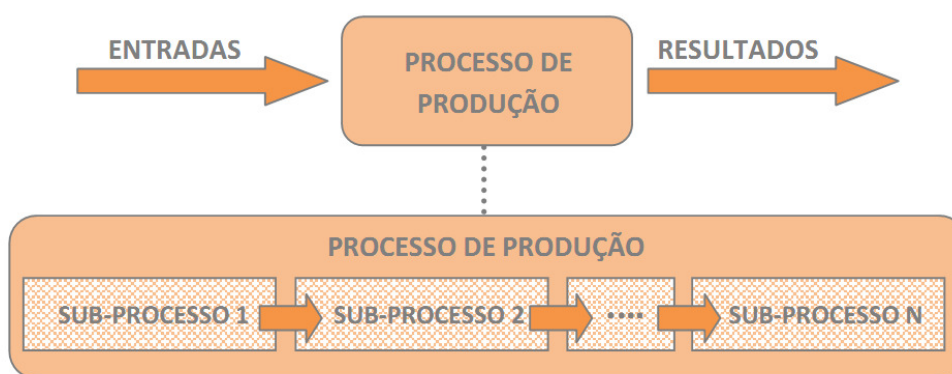


Figura 1 - Modelo tradicional da construção civil

Fonte: Adaptado de Machado e Heineck (2011)

Para posteriormente podermos expor as vantagens do conceito *Lean Construction*, vamos agora pontuar algumas deficiências do processo tradicional: as atividades que compõe os fluxos físicos, como por exemplo, o fluxo de materiais e insumos, retrabalho e transporte, são consideradas atividades que não agregam valor ao processo, e

onde estão concentrados a maior parte dos custos; as propostas de melhorias estão focadas apenas nos sub-processos, deixando de lado a atenção no processo como um todo, o que traria uma eficácia muito maior; não considerar os requisitos dos clientes traz uma desvalorização ao produto final, pois o mesmo não atenderá às reais necessidades dos potenciais compradores.

A filosofia *Lean* tem como foco principal a melhoria da produtividade e redução de custos através da diminuição de perdas no sistema produtivo, sejam elas relacionadas a materiais, mão de obra, capital e/ou equipamentos (OLIVEIRA, 2001). Segundo Pinch (2005), os desperdícios na produção podem ser divididos em: defeitos, atrasos devido à espera pelo término de atividades para que se possa iniciar a atividade seguinte, superprodução, superprocessamento, manutenção de estoques em excesso, transporte desnecessário de materiais e movimentação desnecessária de pessoas. Ao contrário do modelo de gestão tradicional, a filosofia enxuta se concentra no fato de como uma atividade afeta a outra, tendo como foco o todo e não apenas suas partes (Figura 2).

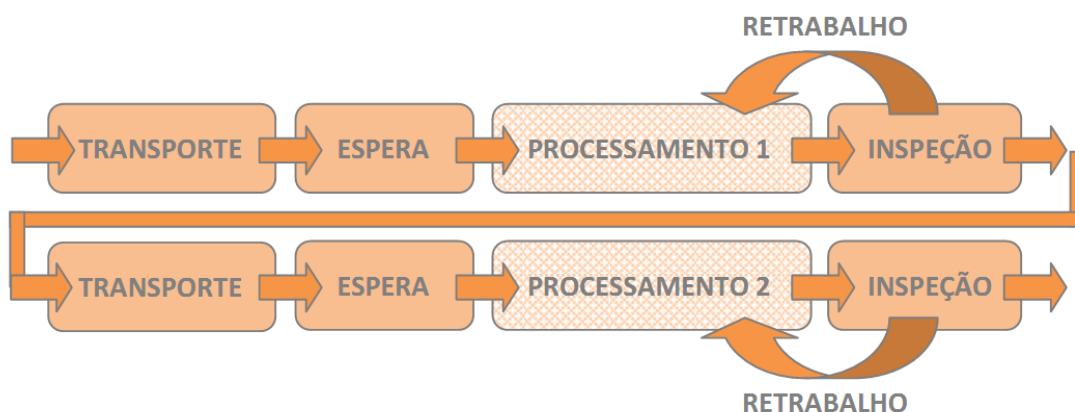


Figura 2 - Modelo de processo *Lean Construction*

Fonte: Adaptado de Machado e Heineck (2011)

Pinch (2005) aponta alguns conceitos da construção enxuta:

- Estabelecer equipes integradas de proprietários, arquitetos, usuários, empreiteiros e fornecedores;
- Unir nos projetos o design do produto e seu processo de produção;
- Parar a produção ao invés de lançar um trabalho ou produto com defeito para o processo de produção;
- Descentralizar a tomada de decisões, capacitando os participantes do projeto e tornando o processo transparente para toda a equipe;

- Exigir uma entrega simples e direta entre as tarefas no fluxo de trabalho, com uma forma clara de solicitar uma ação e receber uma resposta, eliminando obstruções entre as fases do projeto.

Dentro da visão da *Lean Construction*, entende-se que um processo consiste em um fluxo de materiais que é constituído por atividades de transporte, espera, processamento ou conversão, e inspeção. Algumas dessas atividades não agregam valor ao produto final, como por exemplo, transporte, espera e inspeção, e são denominadas atividades de fluxo. Assim, podemos dizer que o processo produtivo pode ser dividido em atividades de conversão e atividades de fluxo. Para elevar os índices de desempenho, é essencial então gerenciar as atividades de fluxo, que não agregam valor ao produto final (AZEVEDO; BARROS NETO e NUNES, 2010).

Segundo afirmam Shen e Chua (2008), a teoria do pensamento enxuto amplia a visão sobre a construção, pois o processo construtivo passa a ser visto por três perspectivas: a transformação (conversão de entrada e saída), o fluxo (recursos transportados e processados) e o valor (maximização das atividades que agregam valor e minimização das que não agregam). Já o modelo tradicional de gestão leva em consideração apenas as atividades de conversão, negligenciando os processos de fluxo e dificultando a melhora do desempenho da produção.

Em seguida são apresentados os 11 princípios da *Lean Construction* propostos por Koskela (1992).

1) Reduzir as parcelas de atividades que não agregam valor;

Melhorar a eficiência do processo através do foco nas atividades de conversão e fluxo. Um bom exemplo é começar pela pontuação das atividades de fluxo, ou seja, aquelas que não agregam valor ao produto, visando administrá-las e se possível eliminá-las evitando desperdício (ISATTO *et al.*, 2000).

2) Aumentar o valor do produto através da consideração das necessidades dos clientes;

Em primeiro lugar devem-se levantar as necessidades tanto dos clientes finais, quanto dos intermediários (fase de obra), visando eliminar possíveis retrabalhos (KOSKELA, 1992).

3) Reduzir variabilidade;

Em todo o processo podemos considerar três estágios de variabilidade: a variabilidade resultante de processos anteriores, por exemplo, os fornecedores; a variabilidade durante o próprio processo, ou seja, na execução de uma atividade que pode

ser dividida entre vários ciclos; e finalmente a variabilidade de demanda, onde são consideradas as necessidades dos possíveis clientes (ISATTO *et al.*, 2000).

Existem dois pontos principais que devem ser observados durante o processo visando à diminuição da variabilidade: em primeiro lugar planejar bem o processo antes de partir para a execução buscando uma uniformidade nas atividades, pois está diretamente ligada à qualidade do produto final; em segundo lugar, a variabilidade tende a aumentar as atividades que não agregam valor ao processo e podem demandar mais tempo para a realização da mesma (BERNARDES, 2003).

4) Reduzir o tempo de ciclo;

O tempo de um processo é resultante da soma do tempo de execução de todas as etapas envolvidas para a realização de uma atividade. É considerado desde a chegada do material, inspeção, transporte, processamento até a finalização do ciclo. Deve-se sempre buscar a redução das atividades de fluxo (atividades que não agregam valor), pois os tempos de execução são pré-estabelecidos, em cronogramas, e nossos produtos estão sujeitos a muitas condicionantes variáveis, que não dependem diretamente de nossa supervisão (BERNARDES, 2003).

Outras vantagens podem ser observadas, como por exemplo, uma entrega antecipada ao cliente, o que pode trazer mais competitividade para a empresa (ISATTO *et al.*, 2000). Um exemplo seria focar as equipes em finalizar uma etapa, para posteriormente iniciar a subsequente. A gestão do tempo de ciclos também pode tornar a gestão dos processos mais fácil, pois atividades inacabadas elevam o número de frentes de trabalhos em andamento, o que resulta em vários tipos de materiais e insumos chegando à obra, tornando o processo mais complexo, exigindo mais atenção das pessoas envolvidas.

Outro ponto muito positivo fica evidente, o efeito aprendizado. A padronização das unidades favorece o desenvolvimento do produto, pois a execução das primeiras unidades facilita as posteriores (ISATTO *et al.*, 2000). O sistema de produção pode ficar muito mais estável quando se divide os lotes de produção em partes menores, pois o tempo para a execução será também menor, trazendo à empresa uma estimativa de futuras demandas mais precisa. Essas observações trazem, ao processo como um todo, uma maior flexibilidade visando o atendimento à demanda, sem elevar os custos e admitindo uma menor vulnerabilidade às alterações de demanda ao longo do ciclo (BERNARDES, 2003).

5) Simplificar através da redução do número de passos ou partes;

A quantidade de componentes dentro de um processo está diretamente relacionada com o número de atividades a serem desenvolvidas, bem como a quantidade de insumos, materiais e profissionais envolvidos (BERNARDES, 2003). E este número elevado

de atividades que podem surgir, além de não agregar valor ao produto, aumenta a variabilidade e causa interferência entre equipes, desequilibrando o processo em sua totalidade (ISATTO *et al.*, 2000).

6) Aumentar a flexibilidade de saída;

Refere-se à possibilidade de alterar as características dos produtos entregues aos clientes, sem elevar os custos, quando observados os itens descritos anteriormente, como: reduzir variabilidade antes e durante o processo, reduzir o tempo do ciclo e introduzir uma padronização visando o efeito aprendizado (ISATTO *et al.*, 2000).

7) Aumentar a transparência do processo;

A transparência no processo traz uma visibilidade maior aos ciclos, deixando mais evidentes possíveis erros de execução permitindo com isso uma rapidez e agilidade na correção dos mesmos. Permite também uma facilidade na observação das informações necessárias para a execução das tarefas, introduzindo uma confiabilidade maior ao trabalho (KOSKELA, 1992). Este conceito também pode ser utilizado como uma ferramenta para aumentar o envolvimento da mão de obra na implantação e desenvolvimento de melhorias no processo.

8) Focar o controle no processo global;

É necessário que a gestão foque o processo em sua totalidade, possibilitando a identificação de resultados positivos e assim propor melhorias eficazes (BERNARDES, 2003).

9) Introduzir melhorias contínuas no processo;

Estar aberto para receber ou buscar informações relevantes para agregar valor ao processo. Estes conceitos podem ser introduzidos através de treinamento para os funcionários, aquisição de equipamentos modernos, bem como a motivação dos trabalhadores, envolvendo-os de maneira que os maiores conhecedores da realização das atividades dentro do canteiro de obra possam propor melhorias para o processo (POZZOBON *et al.*, 2004).

10) Equilibrar as melhorias de fluxo e conversão;

Devem-se observar os processos analisando as melhorias necessárias quanto aos fluxos e conversões. Uma opção para se diminuir o tempo de execução das atividades é utilizar mecanismos que atuem neste propósito. Como exemplo, podemos considerar conceitos de logística dentro do canteiro de obras, como a chegada de materiais paletizados

e sua distribuição diretamente ao local onde serão realizadas as conversões, entre outros (ISATTO *et al.*, 2000).

11) Benchmarking;

Realizar a análise de mercado a fim de identificar as melhores práticas, comparando as diversas formas de execução de uma mesma atividade a fim de trazer inovações às pequenas empresas (ISATTO *et al.*, 2000).

Para Isatto *et al.* (2000) é importante pontuar algumas questões necessárias para se implantar os conceitos *Lean* e obter resultados positivos, como:

- Produção estabilizada;
- Condições para a realização dos empreendimentos;
- Confiabilidade, pontualidade e padronização na aquisição;
- Políticas e estratégias de produção claras;
- Maior integração entre projeto e produção;
- Projetos com escopo melhor definidos antes do início da produção;
- Comprometimento de todos;
- Amplo treinamento em todos os níveis;
- Campanha de fidelização dos trabalhadores;
- Comunicação clara.

Machado e Heineck (2011) afirmam ainda a necessidade de focar o processo como um todo para obter a correta implementação da filosofia, pois, segundo os autores, o processo tradicional não enxerga os fluxos existentes entre as atividades, o que resulta em uma gerência incapaz de promover as melhorias necessárias.

Roudebush (2007) afirma que esta nova filosofia é uma mudança importante de paradigma na construção civil, mas que, apesar da maioria das empresas de execução de empreendimentos estarem cientes de sua existência, seus gestores ainda são céticos sobre adotá-las em seus projetos.

Para Machado e Heineck (2011), a construção civil apresenta algumas características que a diferenciam de outras indústrias, e estas podem se tornar uma limitação para a aplicação dos conceitos *Lean*. Barros Neto e Alves (2008) apontam algumas dessas características:

- Na construção civil as fábricas são nômades e a produção muda de local a cada novo empreendimento;
- As organizações dos projetos são consideradas temporárias;
- A equipe que desenvolve e abastece os projetos muda a cada empreendimento;

- Os projetos são únicos ou têm baixo nível de repetitividade quando comparados com a indústria manufatureira;
- O produto é fixo e os trabalhadores e os postos de trabalho são móveis.

De acordo com Salem e Zimmer (2005), as características que mais dificultam a aplicação dos conceitos *Lean* são o comportamento arbitrário e o elevado grau de incerteza presentes na construção civil. Höök e Stehn (2008) afirmam que “a cultura enraizada na construção civil tem se mostrado como uma barreira para a aplicação dos princípios *Lean*” e os resultados obtidos em sua pesquisa revelam que os trabalhadores preferem consertar os erros assim que estes são cometidos ao invés de buscar a causa do erro e investir na melhoria contínua do processo.

Segundo Machado e Heineck (2011), a grande variabilidade e os elevados índices de desperdício de recursos nos canteiros de obras mostram que, para se obter melhorias significativas nos processos, estes precisam ser racionalizados, buscando otimizar os fluxos existentes entre as atividades antes de tentar promover “complexas e onerosas implementações de soluções baseadas em alterações dos processos via adoção de novas tecnologias”. Estes fluxos frequentemente geram resíduos, o que deve ser evitado, pois é algo que não gera valor para o cliente e gera custos. Porém, quando se restringe o foco apenas nos resíduos corre-se o risco de se concentrar sobre o que não se quer, podendo perder de vista o valor, que é o que o usuário final quer.

A maior parte das implementações da construção enxuta feitas até o momento tem se mostrado bastante fragmentadas, concentrando-se na busca de melhores desempenhos através da aplicação de novas ferramentas e metodologias, porém, negligenciando questões humanas e organizacionais (SALEM *et al.*, 2005). Para Picchi (2003) o motivo da implementação parcial está na má compreensão da filosofia, o que resulta na aplicação de apenas algumas ferramentas isoladas. Já para Barros Neto e Alves (2008), as empresas construtoras não têm idéia clara do real esforço necessário para a implementação dos conceitos, não possuem visão em longo prazo e não estabelecem uma ligação da filosofia com a estratégia da empresa.

3. METODOLOGIA

Neste capítulo será apresentada a metodologia utilizada para alcançar os objetivos propostos por esta pesquisa.

Após a realização do levantamento bibliográfico sobre os assuntos relevantes ao tema, onde se buscou entender as características da construção civil, as causas da geração dos resíduos, as práticas sustentáveis para o setor e os conceitos sobre a Construção Enxuta, foi iniciada uma pesquisa aprofundada sobre o tema.

Assim, foi realizada uma análise da aplicação dos onze conceitos da *Lean Construction* propostos por Koskela (1992), onde foram pontuados os objetivos de cada conceito, as práticas e as ações necessárias para a implantação dos mesmos e os resultados positivos que se pode obter com cada prática, especialmente os benefícios em relação à sustentabilidade na construção civil.

Nesta etapa, foram pesquisadas *cases* de sucesso na aplicação da *Lean Construction* e de práticas sustentáveis, sendo identificadas algumas obras e empresas que podem ser utilizadas como referência ao desenvolvimento sustentável, buscando assim determinar a relação existente entre a filosofia Enxuta e a Sustentabilidade e quais os benefícios que resultam dessa relação.

As últimas interações consistiram na análise de todas as informações e conhecimentos adquiridos sobre o tema e em sua reflexão para encontrar idéias e diretrizes que possam ser utilizadas pelos profissionais da área, visando identificar práticas ligadas à interação dos dois conceitos – *Lean Construction* e Sustentabilidade, que possam contribuir para o desenvolvimento sustentável, tanto na esfera econômica, quanto social e ambiental.

4. ESTUDOS DE CASO: LEAN CONSTRUCTION X SUSTENTABILIDADE

Neste capítulo serão confrontadas todas as informações absorvidas até agora. Após a exposição dos conceitos e práticas dos temas envolvidos neste estudo, serão pontuadas agora as melhorias e ganhos para o mercado da construção civil quando leva em consideração e envolve os conceitos *Lean* e a sustentabilidade não só dentro do seu canteiro de obras, mas considerando o processo como um todo, ou seja, desde a fase de planejamento, onde se bem planejada antecipadamente, reduz desde o gasto de energia elétrica, papel, tinta de impressoras até as horas de trabalho do funcionário dentro do ambiente de trabalho. Portanto, será considerado tudo que possa ser reduzido com a aplicação dos conceitos *Lean* aliados à sustentabilidade.

É necessário pontuar que para um projeto ser considerado sustentável precisa atender não somente na questão do reaproveitamento da água da chuva, uso de energia solar, usufruir de ventilação natural, mas precisa ser ecologicamente correto, economicamente viável, socialmente justo e culturalmente aceito. Um projeto ecologicamente correto significa utilizar racionalmente os recursos proporcionados pelo meio ambiente, minimizando os impactos ecológicos negativos e potencializando os positivos no processo como um todo. Trazer o retorno aos investidores em curto, médio e longo prazo traduz ser economicamente viável. E para ser socialmente justo e culturalmente aceito deve respeitar as pessoas que já habitavam o local anterior a implantação do empreendimento, bem como dos futuros moradores.

Abaixo seguem listados os 11 conceitos da *Lean Construction*, seus objetivos na teoria, considerações de autores realizadas através de pesquisas científicas, planos de aulas e publicações, sugestões e exemplos de aplicação dos conceitos *Lean* no setor.

1) Reduzir as parcelas de atividades que não agregam valor;

Tem como objetivo melhorar a eficiência do processo através do foco nas atividades de conversão e fluxo. Um bom exemplo é começar pela pontuação das atividades de fluxo, ou seja, aquelas que não agregam valor ao produto, visando administrá-las e se possível eliminá-las evitando desperdício.

Nestas atividades é onde podemos verificar a maior quantidade de resíduos gerados dentro de todo o processo, pois nelas se encaixam as atividades que consomem tempo, recursos e espaço sem agregar valor, como por exemplo, transporte de materiais e armazenamento para depois serem distribuídos até os locais onde serão efetuadas as conversões. Este conceito visa diminuir ou até mesmo eliminá-las do processo evitando, por exemplo, a quebra excessiva de blocos ou tijolos cerâmicos, perda de aço, bem como a

estocagem incorreta de alguns insumos onde os fabricantes solicitam uma condição especial de armazenamento, exemplo as esquadrias de alumínio.

Uma alternativa para minimizar a ocorrência destas atividades seria exercer um supervisionamento constante dentro do canteiro de obras, capacitando melhor o almoxarifado, ou até mesmo colocando uma pessoa a frente do controle dessas atividades com uma visão logística para o canteiro de obras. Um supervisionamento constante atuaria de forma positiva também para diminuir as perdas por descaso e por superprodução, no sentido de controlar a espessura de argamassa correta em assentamento de alvenaria, revestimento e assim por diante. E também com relação ao retrabalho.

A fase onde o volume de resíduos gerados possui seu ápice é justamente a fase inicial da obra, ou seja, a fase de preparação do terreno. Nela ocorrem a demolição de construções existentes e um alto grau de modificação da paisagem. Portanto devemos aplicar ao máximo os conceitos sustentáveis nesta etapa monitorando todas as tarefas a serem executadas.

É nesta etapa que o processo seletivo de materiais é indispensável, alguns resíduos decorrentes desse processo podem ser separados (Figura 3) e posteriormente reaproveitados na própria obra como a brita, que pode ser reutilizada em locais de pavimentação que não exigem elevada resistência, ou a reutilização do agregado reciclado como base ou sub-base de pavimentação.

Outro ponto simples e que se levado em consideração pode diminuir muito o volume de resíduos gerados é a escolha de produtos e insumos que contenham menos embalagens, e hoje muitos fabricantes recolhem as embalagens de seus produtos após a utilização dos mesmos, caso você não encontre uma destinação correta para esses resíduos.

Essas pequenas ações que são realizadas aos poucos no dia a dia do canteiro de obras têm uma significativa redução na utilização de materiais nobres e no impacto causado pelo transporte e destinação dos resíduos descartados, pontuando positivamente nas atividades que não agregam valor ao produto final.



Figura 3 – Processo seletivo de resíduos dentro do canteiro
Fonte: Guia de Boas Práticas na Construção Civil (2011)

A fim de exemplificar o conteúdo descrito acima segue os registros que foram feitos na obra do Edifício Residencial *Monde Champagnat*, da Incorporadora Gafisa, onde foram verificados alguns problemas de logística e organização do canteiro de obras. Se os insumos chegassem à obra paletizados diminuiria a perda excessiva de material, pois evitaria três fluxos desnecessários, ou seja, a chegada dos materiais, a estocagem, e mais tarde o transporte dos mesmos até o local da conversão (Figuras 4 e 5).



Figura 4 – Descarga de material em paletes
Fonte: Equipe (2012)



Figura 5 – Estoque de materiais

Fonte: Equipe (2012)

Como podemos verificar na Figura 6, os blocos de concreto e os tijolos cerâmicos já chegam à obra paletizados, facilitando com isso o transporte dentro do canteiro. Existe mais um fator que pode agregar positivamente no menor desperdício de materiais e insumos que é a organização do canteiro de obra e o estudo da logística anterior a implantação das atividades preliminares no terreno.



Figura 6 – Material armazenado em paletes

Fonte: Equipe (2012)

Na figura 7, podemos constatar o correto armazenamento das esquadrias de alumínio. Elas foram armazenadas próximas à grua e em um local fora do fluxo constante da obra, e onde não necessitará de relocação, evitando com isso a perda de unidades até o período de instalação das mesmas.



Figura 7 – Estoque de esquadrias

Fonte: Equipe (2012)

2) Aumentar o valor do produto através da consideração das necessidades dos clientes;

Para cada etapa da obra podemos considerar diferentes expectativas geradas dos clientes e devemos, portanto, listá-las de acordo com cada uma das etapas visando eliminar possíveis retrabalhos, pois elas ocasionaram um maior custo ao produto final.

Segundo Koskela (1992), o valor não é uma qualidade inerente ao processo de conversão, mas é gerado como consequência do atendimento aos requisitos do cliente. O cliente pode ser o consumidor final ou da próxima atividade no processo de produção. A aproximação prática a este princípio passa por sistematizar a projeção para os fluxos, onde o cliente é definido para cada estágio e suas necessidades analisadas.

Atualmente o que ocorre no mercado imobiliário é exatamente o contrário do segundo conceito *Lean*, ou seja, hoje o produto tem sido especificado pela empresa, a partir do que a empresa considera um bom produto, a um bom preço, para um determinado mercado. Essa mentalidade tem levado muitas empresas ao fracasso, pois ao invés de tentarem entender o porquê da queda das suas vendas, elas “culpam” o mercado por não comprar o seu produto. A empresa com uma visão *Lean* oferece aos clientes o que eles

necessitam, o que eles idealizam, elencando todas as atividades necessárias para a execução do produto, considerando desde o pedido até a entrega do produto final aos clientes, julgando cada etapa necessária ou não, identificando três tipologias de ações: ações que agregam valor, ações que não agregam valor, mas que na etapa são consideradas inevitáveis, e ações que não agregam valor e devem ser evitadas, o que consideramos como desperdícios (WOMACK e JONES, 1998).

Podemos observar na Figura 8 um exemplo utilizado pela construtora C. Rolim Engenharia, localizada em Fortaleza-CE, onde ela elabora um painel objetivo, disponibilizando de forma simples à vista do cliente final as possibilidades de especificação de materiais a serem instaladas dentro do seu canteiro de obras.



Figura 8 – Painel de especificação de materiais

Fonte: C. Rolim Engenharia (2012)

Esta empresa possui uma filosofia voltada para os conceitos do *Lean Construction* e para a sustentabilidade no setor. Pioneira na aplicação dos conceitos *Lean*, certificada com o ISO 9001, possui o selo “*Green Buildings*” de prédios ecologicamente corretos. A fim de exemplificar a aplicação dos conceitos *Lean* aliados à sustentabilidade do setor, no decorrer dos conceitos iremos pontuando práticas exemplares adotadas pela empresa em questão.

3) Reduzir variabilidade;

Em todo o processo podemos considerar três estágios de variabilidade: a variabilidade resultante de processos anteriores, por exemplo, os fornecedores; a

variabilidade durante o próprio processo, ou seja, na execução de uma atividade que pode ser dividida entre vários ciclos; e finalmente a variabilidade de demanda, onde são consideradas as necessidades dos possíveis clientes. Existem dois pontos principais que devem ser observados durante o processo visando à diminuição da variabilidade, em primeiro lugar planejar bem o processo antes de partir para a execução, buscando uma uniformidade nas atividades, pois está diretamente ligada à qualidade do produto final. E em segundo lugar, a variabilidade tende a aumentar as atividades que não agregam valor ao processo e pode demandar mais tempo para a realização das mesmas.

A fim de concretizar este conceito, podemos utilizar os princípios do processo de padronização. Este processo alcança os seus objetivos finais de redução de desperdícios de materiais e recursos humanos através da redução da variabilidade dos processos envolvidos no setor da construção civil. Mas pode-se considerar que os resultados estão diretamente relacionados com a qualidade dos padrões elaborados, com a sua adequada utilização e com a perfeita integração entre os diversos padrões de uma empresa. Uma questão imprescindível que deverá ser observada é que além da capacitação e orientação das pessoas para a elaboração do documento em questão, as mesmas estejam cientes e habilitadas da forma de execução desse processo, e tenham o real conhecimento da importância da sua colaboração e consequentemente dos ganhos que serão obtidos através do real comprometimento. O foco no treinamento dos colaboradores é essencial na etapa de preparação dos mesmos nesta nova sistemática de trabalho (CAMPOS, 1992).

Algumas ações são necessárias, como a utilização mais freqüente de produtos elaborados fora do canteiro de obra e materiais com maior índice de aproveitamento. Nesse sentido, a padronização desempenha um papel significativo na busca da redução deste tipo de desperdício. É através da padronização que os projetistas podem definir na fase de projeto, um aproveitamento “máximo”, por exemplo, da cerâmica de piso e dos blocos de alvenaria. Isto pode ser feito através da modulação dos ambientes em função das dimensões dos materiais a serem empregados. Já a colaboração dos fabricantes seria a de assegurar um produto dentro dos padrões estabelecidos pelas normas técnicas. Mas o reaproveitando, tão mencionado até então, será garantido se as pessoas responsáveis pela execução das obras tenham definido um processo de trabalho único e integrado para todos, ou seja, é necessário que haja uma padronização das atividades afinada com as diversas etapas construtivas e com o projeto.

Araújo e Meira (1996) apresentam um exemplo em que a padronização contribuiu para a redução do desperdício de entulho, onde processos padronizados aplicados às atividades de assentamento de azulejos levaram a uma redução do consumo de material em aproximadamente 4% (Tabela 3). O excedente de material anteriormente

empregado era entulho gerado por um processo não racionalizado, que não disciplinava o corte dos trinchos nem a aplicação do revestimento.

Tabela 3 – Redução dos desperdícios na padronização do assentamento de azulejos

Insumo	Unidade	Consumo Inicial	Consumo após a Padronização	Redução (%)
Azulejo	m ²	1,05	1,01	3,81
Cola	Kg	0,90	0,89	1,11
Rejunte	Kg	0,25	0,25	0

Fonte: Araújo e Meira (1996)

Podemos verificar também os desperdícios que se incorporam à obra, como o excesso de contrapiso empregado para a regularização das lajes de um edifício e o excesso de argamassa empregado no alinhamento das paredes, entre outros. Muitas vezes a causa desses desperdícios está relacionada com o emprego de equipamentos inadequados à precisão dos serviços, a especificação de insumos em desacordo com as suas necessidades e o desempenho insatisfatório da mão de obra desqualificada. Portanto, a definição de padrões para a execução de cada atividade é imprescindível para a redução do percentual de desperdícios oriundos da ausência de padronização.

4) Reduzir o tempo de ciclo;

O tempo de um ciclo é a soma do tempo de execução de todas as etapas envolvidas para a realização de uma atividade. É considerado desde a chegada do material, inspeção, transporte, processamento, até a finalização do ciclo. Reduzir o tempo de um ciclo pode relacionar-se com o princípio do *Just in Time* utilizado na *Lean Production*, que significa “no momento certo”. Segundo este conceito, cada processo deverá ser abastecido no momento certo evitando a geração de estoques na obra ou no canteiro. Suas vantagens são: entrega mais rápida ao cliente, maior rapidez na gestão de processos, o efeito de aprendizagem tende a aumentar, a estimativa de futuras demandas são mais precisas e o sistema de produção torna-se menos vulnerável.

Outra questão que pode ser considerada eficaz para a redução do tempo de um ciclo é na realidade uma medida de prevenção que seria realizada na etapa de planejamento do produto, ou seja, a compatibilização de projetos que traz inúmeros benefícios na redução de custos, redução de prazos e consequentemente um produto final dentro dos padrões necessários ao cliente.

Ao evitar erros devido à interferência entre projetos estamos minimizando o retrabalho e reduzindo prazos de execução, e a inferência disso seria a baixa taxa de desperdício de materiais. Como exemplo seria a análise conjunta do projeto arquitetônico com o projeto elétrico, a fim de evitar que se quebrem paredes recém feitas para a passagem de fios.

A C. Rolim Engenharia utiliza dentro da filosofia *Lean* toda a estocagem de materiais em paletes, separados em quantidade calculada para a execução por trechos evitando com isso que os insumos fiquem estocados nas rotas de grande fluxo, o que consequentemente irá danificar os materiais, dificultando também a eficácia dos mesmos. Para o transporte desses *kits* de insumos são utilizados os transpaletes (Figura 9), onde o volume estocado encaixa corretamente no equipamento, sem a necessidade do colaborador colocar unidade por unidade, evitando com isso a quebra de material.



Figura 9 – Utilização de paletes e transpaletes

Fonte: C. Rolim Engenharia (2012)

Outro ponto positivo que podemos verificar é o cuidado não somente com o material empregado no canteiro de obras, mas também a preocupação com a qualidade de vida do funcionário, ou seja, esse transporte realizado através dos transpaletes não exige um grande esforço para carregar o equipamento, pois sua ergonomia permite o encaixe correto no palete (Figura 10).



Figura 10 – Utilização de paletes e transpaletes

Fonte: C. Rolim Engenharia (2012)

5) Simplificar através da redução do número de passos ou partes;

A quantidade de componentes dentro de um processo está diretamente relacionada com o número de atividades a serem desenvolvidas, bem como a quantidade de insumos, materiais e também profissionais envolvidos (ISATTO *et al.*, 2000). Este número elevado de atividades que podem surgir, além de não agregar valor ao produto, aumenta a variabilidade e causa interferência entre equipes, desequilibrando o processo em sua totalidade.

O setor da construção civil possui características que o diferenciam do setor industrial de produção em série: é considerada uma empresa nômade; geralmente seus produtos são únicos; possui grande dificuldade para a produção em cadeia, pois a estrutura produtiva movimenta-se em torno do produto; conta com um alto grau de rotatividade de mão de obra; apresenta elevado número de materiais, insumos e componentes; existência de grande tolerância quanto à precisão de orçamento, dados de projetos e planejamento, tornando o sistema flexível demais. Após pontuar essas características é possível observar que a simplificação e redução de ciclos e etapas desnecessárias trariam benefícios ao setor.

Iremos citar então algumas ações implantadas que provavelmente agreguem de maneira positiva, bem como sugestões de autores visando sanar estes pontos negativos dentro do setor, como: utilização de elementos pré-fabricados; o uso de equipes multidisciplinares; o planejamento eficaz do processo de produção, buscando eliminar interdependências e agregar pequenas tarefas em atividades maiores; e a disponibilização dos materiais, equipamentos e ferramentas em locais adequados visando minimizar a movimentação desnecessária.

Bernardes (2003) apresenta a implementação destes princípios através do planejamento e controle da produção, na medida em que se consegue estabelecer zonas de trabalho similares durante a etapa de preparação do processo de planejamento e desenvolvimento da produção. Isso pode garantir certa repetitividade ao processo facilitando a identificação de possíveis simplificações.

Na prática deste conceito temos um grande aliado, o pré-moldado. Possui muitos pontos positivos, traz rapidez à execução, qualidade no resultado final, coordenação modular, diminuição de improvisos e consequentemente a queda da porcentagem de desperdícios. Existem alguns elementos pré-moldados leves e constantemente utilizados que trazem agilidade, simplificação e diminuição dos desperdícios, como: bloco de concreto, contramarcos, vergas, escadas e peças que tem como função o ajuste dimensional. As vantagens de se utilizar, por exemplo, uma escada pré-moldada, são: facilidade de manuseio e compatibilidade com o espaço a ser fixado pela característica de padronização das peças, rapidez e simplificação na execução além de diminuir significativamente os transtornos com fluxo, pois o acesso fica livre em um menor espaço de tempo. Os blocos de concreto que constituem as paredes executadas com sistema construtivo em alvenaria estrutural podem reduzir o custo de 20 a 40%, em edificações com até 10 pavimentos. As vergas pré-moldadas além de agregarem na estrutura também promovem o ajuste dimensional nas aberturas das portas e não quebram o ritmo da produção, pois no processo tradicional as vergas são executadas por blocos de canaletas, o que exige que um funcionário interrompa a elevação da alvenaria.

Os contramarcos permitem a regularização dos vãos das aberturas, dando um melhor acabamento ao serviço e melhorando o desempenho quanto a estanqueidade das esquadrias. Já as peças de ajuste dimensional promovem a coordenação modular entre componentes com dimensões incompatíveis, dispensando a utilização de enchimentos; com a diminuição do número de materiais utilizados estamos reduzindo o desperdício de materiais, e ao mesmo tempo trazendo racionalização ao processo.

Uma definição importante para este conceito é a coordenação modular, que se resume em um instrumento para organizar as dimensões dos componentes produzidos como unidades independentes e tem como objetivo principal a racionalização da construção considerando desde a fase de concepção do projeto até a fase de execução. Possui vantagens significativas como: simplificação na elaboração dos projetos; otimização das dimensões com redução do número de formatos dos componentes; diminuição do número de problemas entre componentes e subsistemas; padronização dos detalhes e precisão dimensional; racionalização e simplificação na execução da obra, facilitando com isso a montagem e a consequente redução da quebra de materiais e significativa queda nos desperdícios.

6) Aumentar a flexibilidade de saída;

Este princípio refere-se à possibilidade de alterar as características dos produtos entregues aos clientes (produto final), sem elevar os custos quando observados os itens descritos anteriormente, como: reduzir variabilidade antes e durante o processo, reduzir o tempo do ciclo, e introduzir uma padronização visando o efeito aprendido.

À primeira vista isto parece contraditório com a simplificação do número de passos ou partes, mas podemos considerá-los conceitos complementares. O projeto de produtos ou componentes modulares pode ser combinado com redução do tempo dos ciclos e maior transparência (KOSKELA, 1992).

Segundo Isatto *et al.* (2000), o aumento de flexibilidade de saída está também vinculado ao conceito de processo, como gerador de valor, e refere-se à possibilidade de alterar as características dos produtos entregues aos clientes, sem aumentar substancialmente os custos dos mesmos. A aplicação desse princípio pode ocorrer na redução do tamanho dos lotes, no uso de mão-de-obra polivalente, na customização do produto, no tempo mais tarde possível, e na utilização de processos construtivos, que permitam a flexibilidade do produto sem grande ônus para a produção, ou seja, a flexibilidade permitida e planejada (ISATTO *et al.*, 2000).

Uma opção para minimizar o prazo de escolha de itens por parte do cliente, sem retirar este direito, seria a elaboração de duas possibilidades de escolha, ou seja, duas marcas ou entre duas linhas diferentes de bacia sanitária, cubas para cozinha, uma retangular e outra redonda por exemplo. Pois com isso já se tem detalhada a execução do processo nos dois produtos, garante-se com isso que o cliente possa escolher a melhor opção considerando suas necessidades e a empresa lucra com esta oportunidade sem trazer custos a mais e sem gerar espera na instalação de elementos posteriores a estes no quesito acabamento.

Existem práticas dentro da sustentabilidade que além de preservar o meio onde se está sendo inserido o empreendimento, poderá ser um diferencial perante aos concorrentes, como a conservação da água, eficiência energética das edificações, melhoria da qualidade do ar interior e proteção à saúde, durabilidade dos materiais. A consideração dessas práticas beneficiará também os futuros moradores seja quanto à saúde, à qualidade de vida e até mesmo quanto à geração de benefício econômicos como redução significativa nos valores de operação e manutenção da edificação, ou seja, posteriormente o valor de condomínio. Existem casos de reduções de até 30% do valor de condomínio, servindo de grande argumento nos estandes de venda.

Na busca energética o foco seria optar por sistemas que reduzam o consumo e desperdício, adotando alternativas energéticas que produzam um impacto reduzido ao meio ambiente. Existem soluções que pretendem minimizar a utilização de equipamentos de

condicionamento de ar, ventilação e exaustão forçada, iluminação artificial, chuveiros e aquecedores elétricos, entre outros. A escolha de equipamentos e acessórios com alto rendimento e baixo consumo, além da setorização do ambiente e estudo luminotécnico eficientes, são fundamentais para a melhoria da eficiência energética, e esta escolha depende diretamente da disponibilidade do local, clima e quantidade de unidades a serem atendidas. Quando mencionamos eficiência energética podemos considerar o aquecimento solar, a especificação correta dos elevadores considerando o dimensionamento e o funcionamento inteligente. Desde 1993, o Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica (PROCEL) instituiu o Selo PROCEL de Economia de Energia que indica ao consumidor os produtos que apresentam os melhores níveis de eficiência energética, visando assim estimular a fabricação de produtos mais eficientes, contribuindo para o desenvolvimento tecnológico e a redução de impactos ambientais.

A automação predial é também uma grande aliada ao baixo consumo de energia, pois sensores estrategicamente posicionados acionam as lâmpadas somente quando existe a real necessidade de utilização. Quando não se pode dispensar a utilização da iluminação artificial, temos um controle de dimerização onde é possível controlar a intensidade da mesma. Uma forma de geração de energia é através de placas fotovoltaicas que estão disponíveis em forma de telhas, laminados flexíveis ou placas semitransparentes, e esta variedade de apresentações no mercado possibilita a aplicação dos painéis fotovoltaicos às edificações com o mínimo de impacto arquitetônico.

Um exemplo de projeto sustentável é o estádio *Kaohsiung National Stadium*, construído na cidade de Kaohsiung em Taiwan pelo escritório de arquitetura Toyo Ito, com capacidade para até 40 mil pessoas (Figura 11).



Figura 11 – Vista aérea do Kaohsiung National Stadium

Fonte: Ciclo Vivo (2012)

O projeto arquitetônico do estádio é inovador. Ao invés de fachadas inteiramente fechadas o *World Games Stadium*, como é chamado, é aberto oferecendo uma cordial saudação aos visitantes (Figura 12). A direção em que ele foi construído também fornece maior conforto e abrigo em relação ao sol e ao vento, tanto aos atletas quanto aos torcedores.



Figura 12 – Fachada do *World Games Stadium*

Fonte: Ciclo Vivo (2012)

A preocupação com o meio ambiente pode ser vista em diversos pontos do complexo esportivo. Através de suas 8.844 placas fotovoltaicas o estádio poderá gerar até 1,14 milhões de kWh de eletricidade por ano, impedindo assim que 660 toneladas de gás carbônico sejam liberadas na natureza (Figura 13). Todas as matérias-primas usadas no estádio são 100% reutilizáveis e locais, demonstrando mais uma vez os cuidados com a sustentabilidade.



Figura 13 – Placas solares do *World Games Stadium*

Fonte: Ciclo Vivo (2012)

Existem várias tecnologias quanto à conservação da água, deve-se nas fases preliminares do empreendimento verificar a viabilidade da implantação de sistemas de reuso da água e de tecnologias para fazer o equilíbrio do consumo evitando o desperdício. Os ganhos podem ser verificados desde benefícios pontuados para o meio ambiente até mesmo em benefícios econômicos para os condomínios. A redução pode chegar a 40% no consumo de água se implantada medidas simples como a instalação de registros reguladores de vazão nas prumadas de bacias e lavatórios, por exemplo. O consumo eficiente não começa com a diminuição do consumo efetivamente, mas com extinção de vazamentos e ineficiência do sistema, após tomadas essas medidas é imprescindível a adoção de equipamentos hidráulicos e componentes economizadores como restritores de vazão e/ou controladores de tempo de uso, bacias sanitárias de volume reduzidas, arejadores e torneiras de acesso restrito.

Água servida pode ser considerada aquele efluente proveniente dos equipamentos sanitários. Com isso existem medidas de reutilização desses efluentes, chamado de aproveitamento de águas servidas. Essas medidas ocorrem através da implantação de pequenas estações de tratamento e armazenamento da água cinza, posteriormente podendo ser utilizada em locais que não exijam água potável, como por exemplo, as bacias sanitárias, ou para lavagem de áreas comuns, regas de jardins, entre outros. Deve-se atentar para que esses sistemas de reuso de água não estejam interligados com a rede de água tratada.

Já o aproveitamento de águas pluviais consiste no armazenamento, transporte, descarte, gradeamento, reservatório, tratamento e desinfecção, recalque e distribuição dessas águas. Também devem ser consumidas em pontos que não exijam potabilidade da mesma, como sistemas de irrigação, bacias sanitárias e torneiras de lavagem. Caso o empreendimento opte por utilizar os dois sistemas (sistema de aproveitamento de água servida e de água pluvial), a distribuição dos mesmos pode ser conjunta, mas evidentemente separado da distribuição de água potável.

A fim de reter a água da chuva, hoje temos vários sistemas para fazê-lo, através de soluções como pavimentos permeáveis, valas de infiltração, poços de infiltração, planos de infiltração, coberturas e tetos verdes ou até técnicas de paisagismo com baixo impacto como: jardins de chuva, lagoas pluviais, alagados construídos e biovaletas (valetas de biorretenção vegetadas).

Um ponto muito importante para se obter uma edificação com ótimas qualidades de utilização em toda a sua vida útil é garantir um ótimo desempenho ambiental que engloba três componentes: desempenho térmico, luminoso e acústico. Mas também devemos considerar o conforto ambiental nas fases de execução do empreendimento, pois segundo Hartkopf (2007), ao aumentar a ventilação nas áreas onde as pessoas circulam, a

produtividade pode crescer até 15%. Nas escolas, a iluminação natural tem capacidade de aumentar em cerca de 30% a capacidade de aprendizado dos alunos (HARTKOPF, Volker. Revista Exame, 2007.)

A seguir serão pontuadas algumas definições e práticas quanto ao conforto das edificações em várias fases da obra. Para promover o conforto térmico aos usuários deve-se atentar desde a especificação dos materiais até a concepção arquitetônica dos espaços com a finalidade de garantir o máximo de ventilação natural, com isso alcançará uma economia quanto à aplicação de condicionamento artificial. Quanto à ventilação natural existem algumas pontuações importantes a fim de garantir o conforto térmico, são: ventilação cruzada, uso de peitoris ventilados, ventilação subterrânea, ventilação pela cobertura (zenital), fachada dupla ventilada, efeito chaminé, que é a localização estratégica de aberturas ao final do pé direito das edificações considerando que o ar quente tende a se acumular nas partes mais elevadas no interior das edificações, e assim cria-se um fluxo de ar ascendente. Ao estipular um pé direito mínimo de 2,80m garante-se uma ótima condição de ventilação natural no ambiente (RGEU, 1951).

Com o objetivo de redução do gasto com energia elétrica e principalmente com a preocupação em oferecer ótima qualidade ao usuário, deve-se promover também o conforto luminoso da edificação, pois com isso garante-se um maior índice de produtividade e a diminuição da utilização dos recursos da iluminação artificial. Entende-se por iluminação natural a iluminação produzida pelo sol, que pode ser direta, quando o fluxo de luz incide diretamente sobre a superfície a ser iluminada, e indireta, quando o fluxo é direcionado para outra superfície refletora. Existem diversas maneiras de potencializar o uso da iluminação natural, como a instalação de brises e superfícies refletoras, aberturas laterais e zenitais posicionadas de maneira estratégicas e devidamente protegidas quanto ao excesso de luminosidade.

Já a iluminação artificial é a iluminação produzida por fonte de luz artificial, ou seja, através da energia elétrica com lâmpadas, também dividida da mesma forma em direta e indireta, dependendo do efeito desejado no interior do ambiente. Existem algumas considerações a fim de evitar desperdícios de energia elétrica, dentre elas podemos destacar: a utilização de sensores de presença em áreas comuns do edifício, racionalização no dimensionamento dos circuitos dando sempre preferência à composição de circuitos independentes e especificação de lâmpadas e luminárias de alto desempenho, que emitem pouca energia na forma de calor.

O conforto acústico existe quando o ambiente proporciona boa inteligibilidade da fala (ou clareza musical) e ausência de sons indesejáveis no ambiente, criando uma sensação de paz e bem-estar. O desconforto acústico tem uma enorme influência sobre a

nossa capacidade de concentração, condicionando conseqüentemente a nossa produtividade, portanto, devemos adotar medidas que minimizem esse efeito na edificação.

Existem muitas formas de promover o máximo de conforto acústico, através da aplicação de materiais e componentes adequados, da forma e disposição dos elementos arquitetônicos e de acordo com o tipo de atividade do espaço, garantindo o conforto do usuário e também a sua produtividade.

Os materiais construtivos e de acabamento, a mobília e até mesmo as pessoas presentes exercem influência significativa sobre a acústica de um ambiente. O forro é o elemento que mais contribui para a qualidade da acústica em áreas internas e sua finalidade é absorver os sons e eliminar a reverberação (eco). Os materiais podem ser divididos em convencionais, que são de vedação de uso comum dentro da construção civil como: blocos cerâmicos, bloco de concreto/concreto celular, bloco de sílico calcário, madeira, vidro, etc.; e os não convencionais, que são materiais desenvolvidos especialmente para isolar acusticamente diferentes ambientes. Geralmente, estes materiais também possuem algumas vantagens térmicas, a exemplo da lã de vidro, lã de rocha, vermiculita, espumas elastoméricas, fibra de coco (inovação ecológica), etc.

Quando consideramos a área externa da edificação também é possível, através da composição de paisagismo, trazer à mesma uma considerável redução de níveis de ruídos produzidos pela movimentação de pessoas e veículos nas vias adjacentes ao terreno, através da criação de barreiras sonoras com a elaboração de perfis de árvores e arbustos de grande e médio porte.

A C. Rolim Engenharia está executando um empreendimento que contém o selo *Green Building* e o *Compromisso Verde*, por utilizar sistemas sustentáveis. O empreendimento, chamado Paço das Águas (Figuras 14 e 15), possui aquecimento de água à gás, reaproveitamento de águas pluviais, sistema de irrigação automatizado, sensores de presença, medidores de água e gás individualizados, louças e metais de baixo consumo, selo PROCEL de eficiência energética, coleta seletiva de lixo, automação da iluminação nas áreas comuns, automação e reenergização dos elevadores e poço profundo.



Figura 14 – Perspectiva do Paço das Águas

Fonte: C. Rolim Engenharia (2012)



Figura 15 – Perspectiva da área de lazer do Paço das Águas

Fonte: C. Rolim Engenharia (2012)

A empresa conta com as mais modernas tecnologias verdes (Figura 16), planejando uma eficiente diminuição do impacto ambiental da obra e redução das taxas condominiais. E para ter o selo de Compromisso Verde, a construtora de Fortaleza se compromete a compensar a emissão de gases poluentes de cada metro quadrado dos seus

empreendimentos, através do plantio de árvores em locais públicos. Crescimento sustentável é uma marca de evolução contínua da C. Rolim Engenharia.



Figura 16 – Tecnologias Verdes do Paço das Águas

Fonte: C. Rolim Engenharia (2012)

Na busca por melhoria da qualidade do ar interior e proteção à saúde, devemos na fase de especificação dos materiais priorizar os que não possuam produtos tóxicos em sua composição ou fabricação, ou até mesmo materiais que possam liberar gases tóxicos durante a sua aplicação, visando assim a saúde dos colaboradores dentro do canteiro de obras.

Hoje o mercado da construção civil dispõe de uma ampla gama de produtos e fornecedores. Assim, uma prática simples que pode ser adotada dentro dos princípios da sustentabilidade é eleger materiais e insumos que possuam uma vida útil superior aos similares, visando à diminuição dos desperdícios não somente na fase de execução da obra, mas em todo seu ciclo de vida. A seleção de materiais influencia diretamente no desempenho do conforto ambiental do edifício ao longo de seu uso e operação. A conformidade dos materiais induz à eficiência em termos ambientais, uma vez que age na durabilidade e na eficiência dos sistemas construtivos, reduzindo perdas. É lamentável que a quantidade de produtos que possuem uma certificação de procedência e que atendam ao bom desempenho ainda é limitada. Para se elevar o número de certificações é necessário que nós consumidores destes insumos exijamos essa garantia por órgãos competentes. Existe um sistema de certificação chamado SiMaC – Sistema de Qualificação de Materiais, Componentes e Sistemas Construtivos, que testa a conformidade dos produtos e insumos. Como exemplos de materiais sustentáveis, podemos citar as novas tecnologias de pisos drenantes feitos de fibra de coco e concreto, e o piso intertravado de borracha, feito através da reciclagem de pneus. Já existem no mercado tintas que tiveram os produtos tóxicos da sua composição substituídos por outros menos agressivos, como terra e minerais, e as que não possuem verniz, como os esmaltes, e as tintas à base de água.

Na hora da especificação de materiais para uma obra sustentável, é importante observar dois quesitos: procedência e características dos materiais. Quanto à procedência, devem ser priorizados os materiais e componentes que provêm de fábricas preocupadas com questões socioambientais, materiais procedentes de fontes renováveis ou que contenham componentes reciclados ou reutilizados; optar pelo uso de materiais locais, diminuindo o transporte; utilizar madeira manejada, certificada ou em condições de reutilização, como em formas para concreto, barreira de pedestres, painéis compensados, pisos e acabamentos de construções temporárias e bandejões. E por fim, um bom planejamento com a finalidade de reduzir a quantidade de material e insumo consumido, priorizando materiais que possuam menos embalagens ou fornecedores que recolham as embalagens inutilizadas. Quanto às características dos materiais, preferencialmente optar pelos reutilizáveis, recicláveis e biodegradáveis, que causem o menor impacto possível ao meio ambiente, e escolher os que possibilitam um maior reaproveitamento e reutilização.

No que diz respeito ao processo construtivo a ser adotado aconselha-se utilizar sistemas construtivos modulares e de montagem evitando ao máximo a perda nas conversões, objetivando um processo produtivo mais limpo e sistemas que necessitem de um baixo consumo de energia e água. Quando ao estoque, selecionar materiais considerando o transporte, entrega, estocagem, aplicação, volume e resíduos gerados após a conversão.

7) Aumentar a transparência do processo;

A transparência no processo traz uma visibilidade maior aos ciclos, ajuda a melhorar e facilitar o trabalho tornando mais fácil a visualização de um erro no processo. Permite também uma facilidade da observação das informações necessárias para a execução das tarefas, introduzindo uma confiabilidade maior ao trabalho (KOSKELA, 1992).

Este conceito também pode ser utilizado como uma ferramenta para aumentar o envolvimento da mão de obra na implantação e desenvolvimento de melhorias no processo.

Para Koskela (1992) a identificação desses problemas é facilitada, normalmente, pela disposição de meios físicos, dispositivos e indicadores, que podem contribuir para uma melhor disponibilização da informação nos postos de trabalho. Pouca transparência no processo incrementa propensão ao erro e diminui a motivação para melhorias.

Visando o aumento da transparência no processo algumas atitudes podem ser tomadas, como: a remoção de obstáculos visuais, tais como divisórias e tapumes; utilização de dispositivos visuais, como cartazes, sinalização e demarcação de áreas; emprego de indicadores de desempenho, que tornam visíveis atributos do processo e a aplicação de programas de melhorias da organização e limpeza do canteiro como os 5S (ISATTO *et al.*, 2000).

O termo 5S vem das iniciais de 5 palavras japonesas: **Seiri** (utilização) que tem como conceito separar o necessário do desnecessário, tendo como objetivo eliminar do espaço de trabalho o que seja inútil; **Seiton** (ordenação) visa colocar cada coisa em seu devido lugar com o objetivo de organizar o espaço de trabalho de forma eficaz; **Seiso** (limpeza) inclui limpar e cuidar do ambiente de trabalho com objetivo de melhorar o nível de limpeza; **Seiketsu** (higiene) visa tornar saudável o ambiente de trabalho com o objetivo de prevenir o aparecimento de supérfluos e a desordem; e **Shitsuke** (autodisciplina) onde o conceito seria de rotinizar e padronizar a aplicação dos S anteriores tendo como objetivo incentivar os esforços de aprimoramento (Figura 17).

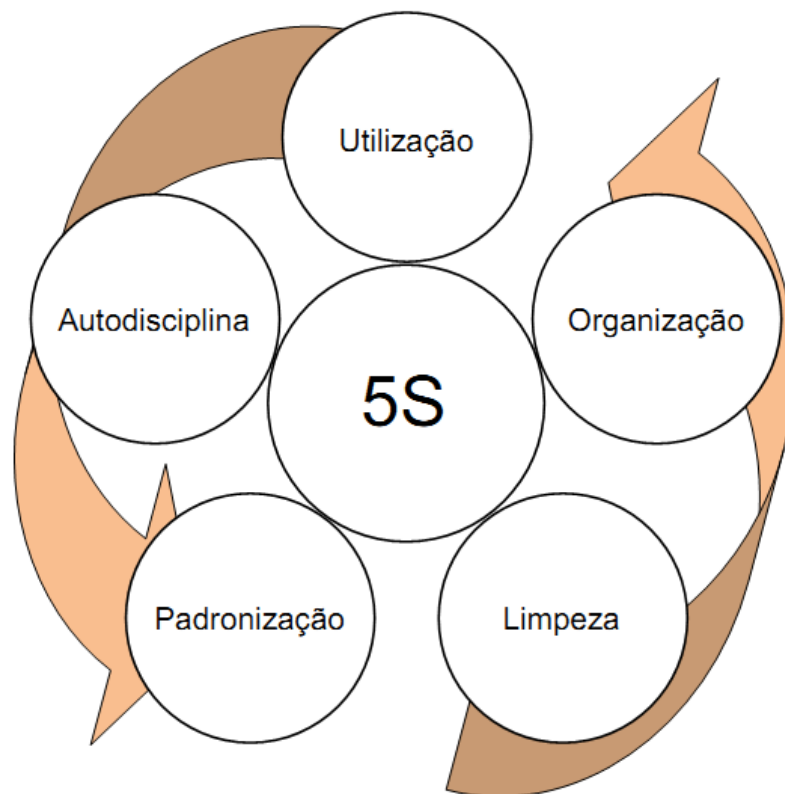


Figura 17 – Metodologia 5S
Fonte: Adaptado de Vieira (2011)

O programa 5S tem como objetivo mobilizar, motivar e conscientizar toda a empresa para a Qualidade Total, através da organização e da disciplina no local de trabalho. Os principais benefícios da metodologia 5S são:

- a) maior produtividade pela redução da perda de tempo procurando por objetos. Só ficam no ambiente os objetos necessários e ao alcance da mão;
- b) redução de despesas e melhor aproveitamento de materiais. A acumulação excessiva de materiais tende à degeneração;
- c) melhoria da qualidade de produtos e serviços;
- d) menos acidentes do trabalho;
- e) maior satisfação das pessoas com o trabalho.

Quanto à transparência do processo podemos considerar não somente a questão de permeabilidade visual dentro do canteiro de obras (Figura 18), ou a exposição de comunicação entre os colaboradores, mas também incorporação do cliente no processo, permitindo o acompanhamento das fases da obra, e a intervenção em momentos pré estabelecidos a fim de fazer a customização de sua aquisição no momento oportuno, evitando mais tarde alterações não previstas tendo como consequência o atraso da obra, um custo maior com as mudanças e um desperdício de material que pode ser evitado se este laço de troca for estabelecido entre as partes de interesse.



Figura 18 – Divisão de ambientes com estrutura em tela

Fonte: C. Rolim Engenharia (2012)

Visando alcançar este propósito, a empresa C. Rolim Engenharia criou uma relação direta com seus clientes, disponibilizando em seus empreendimentos um espaço *online* reservado ao comprador com oportunidade de customização do imóvel adquirido (Figuras 19 e 20).

Paço das Águas / 151m² | 167m²

No Paço das Águas, tudo foi pensado para colocar você e sua família em contato direto com uma vida transbordante de emoções. Grandes expoentes brasileiros da arquitetura, do paisagismo e da decoração colocaram seus talentos na concepção deste projeto futurístico que privilegia o bem-estar e a sofisticação, em um dos locais mais valorizados da cidade. Com todos os apartamentos voltados para o nascente, o Paço das Águas proporciona uma ótima ventilação em todos os meses do ano, além de espaços de convivência coletiva verdadeiramente acolhedores. E tudo isso sob a bênção sagrada das águas que, espalhadas de forma harmônica por toda parte, energizam os ambientes e transformam cada olhar num momento único de deslumbramento.

[CLIQUE AQUI PARA PERSONALIZAR SEU APARTAMENTO.](#)

Figura 19 – Personalização do Paço das Águas

Fonte: C. Rolim Engenharia (2012)

The image shows a web interface for 'C. ROLIM ENGENHARIA' with the tagline 'Evolução contínua'. The main heading is 'CUSTOMIZACOES ED. PACO DAS AGUAS'. Below this is a 'LOGIN' form. The form includes a text input for 'CPF / CNPJ: (somente numeros)' with a 'Buscar' button. Below that are three fields: 'Cliente:', 'Contrato:' (with a dropdown arrow), and 'Unidade:'. At the bottom of the form is a text input for 'Informe o Codigo de acesso:' and a 'Confirmar' button.

Figura 20 – Espaço *online* para customização do Paço das Águas
Fonte: C. Rolim Engenharia (2012)

8) Focar o controle no processo global;

É necessário que a gestão foque o processo em sua totalidade, possibilitando a identificação de resultados positivos e assim propor melhorias eficazes, deixando bem claro quem são os responsáveis pelo serviço e pelo seu controle.

Esse controle abrangendo a totalidade do processo possibilita a identificação e a correção de possíveis desvios que venham a interferir no prazo de entrega da obra (BERNARDES, 2003).

Para Isatto *et al.* (2000), um grande risco dos esforços de melhorar um subprocesso é sub-otimizar essa atividade específica, dentro de um processo, com um impacto reduzido (ou até negativo) de desempenho global. De acordo com os autores, esse princípio pode ser aplicado na medida em que haja mudança de postura, por parte dos envolvidos na produção, no que tange à preocupação sistêmica dos problemas. Nesse caso, a integração entre os diferentes níveis de planejamento (longo, médio e curto prazo) pode facilitar a implantação desse princípio (BERNARDES, 2003).

Um sistema que se encaixa perfeitamente neste conceito *Lean* é o *Andon*, que em japonês significa lâmpada. *Andon* é um dispositivo de controle visual sob a forma de um quadro, que possibilita acompanhar o andamento dos processos de trabalho informando sobre possíveis problemas e pedidos de intervenção, dispositivo relevante na busca pela

redução dos desperdícios na construção. Ao identificar as falhas ocorridas permite que as devidas providências sejam tomadas, evitando-se novos erros e otimizando o processo produtivo. Tem como função identificar a real situação das estações de trabalho bem como os seus níveis de produção; servir como instrumento de indicação de metas a serem superadas, problemas facilmente e instantaneamente pontuados permitindo que ações corretivas sejam aplicadas de imediato. Funciona através do controle, por parte dos operários, de um interruptor de três seções que acendem lâmpadas em um quadro localizado na sala da administração da obra. Cada seção do interruptor apresenta uma cor diferente a qual representa o andamento do trabalho que está sendo realizado por uma determinada equipe. A cor verde indica que o serviço está sendo realizado normalmente. A cor amarela indica a existência de algum problema que pode ocasionar a parada da produção e a vermelha representa a parada da equipe por falta de condições de realizar o trabalho. Esses interruptores são localizados em cada pavimento da obra, possibilitando à administração fácil comunicação com as equipes de trabalho e identificação das falhas ocorridas, proporcionando agilidade na busca por soluções (Figura 21). Cada equipe ao iniciar seu trabalho deve acionar a seção do interruptor correspondente ao seu status e toda vez que houver alguma mudança de cor, uma campainha (localizada próxima ao *Andon*) deve ser tocada, chamando a atenção para o ocorrido. No caso do acionamento da luz amarela o engenheiro ou mestre de obras tem até 30 minutos para solucionar o problema, caso contrário, a luz amarela é substituída pela vermelha.



Figura 21 – Acionamento do *Andon*

Fonte: Fibra Engenharia (2012)

Além dos *Andons* dispostos em cada pavimento, a Fibra Engenharia utiliza os *Andons* de sinalização para controlar visualmente a quantidade dos principais materiais da

obra. Os *Andons* de sinalização também empregam a variação de cores para identificar as diferentes disponibilidades dos materiais. A cor verde identifica os materiais que apresentam quantidade superior à mínima necessária. A amarela indica quantidade igual ou inferior à quantidade mínima. A cor vermelha informa a falta do material. A C. Rolim Engenharia, empresa pioneira na aplicação do *Lean* no Brasil, também utiliza esse sistema para evitar desperdício de materiais (Figura 22).



Figura 22 – Gerenciamento visual de produção - Andon

Fonte: C. Rolim Engenharia (2012)

Atualmente surgiu uma forma de gerenciar o processo em sua totalidade como objetivo não de correção de ações, mas de prevenção das mesmas. O BIM (*Building Information Modeling*) é um conjunto de informações geradas e mantidas durante todo o ciclo de vida de um edifício. Consiste em uma representação digital do processo de uma construção para facilitar o intercâmbio e a interoperabilidade de informações em formato digital. Este sistema abrange geometria, relações espaciais, informações geográficas, as quantidades e as propriedades construtivas de componentes com a finalidade de demonstrar todo o ciclo de vida da construção, incluindo os processos construtivos e fases de instalação. Em um BIM, a informação encontra-se interligada por via de relações paramétricas, o que significa que as alterações são processadas em tempo real em todo o modelo com a alteração instantânea em todas as representações, evitando a propagação de erros e dinamizando os processos de atualização. O BIM engloba várias especialidades da construção, fazendo a compatibilização dos projetos arquitetônico, elétrico, hidráulico, estrutural, entre outros (Figura 23). Empresas desenvolveram aplicações que visam sincronizar os vários modelos de modo a centralizar a informação e permitir a sobreposição de projetos com vista à detecção de erros, possibilitando uma compatibilização dos

elementos, a identificação de erros e omissões, a produção de vistas e pormenores complexos e a extração de quantidades globais (Figuras 24 e 25).

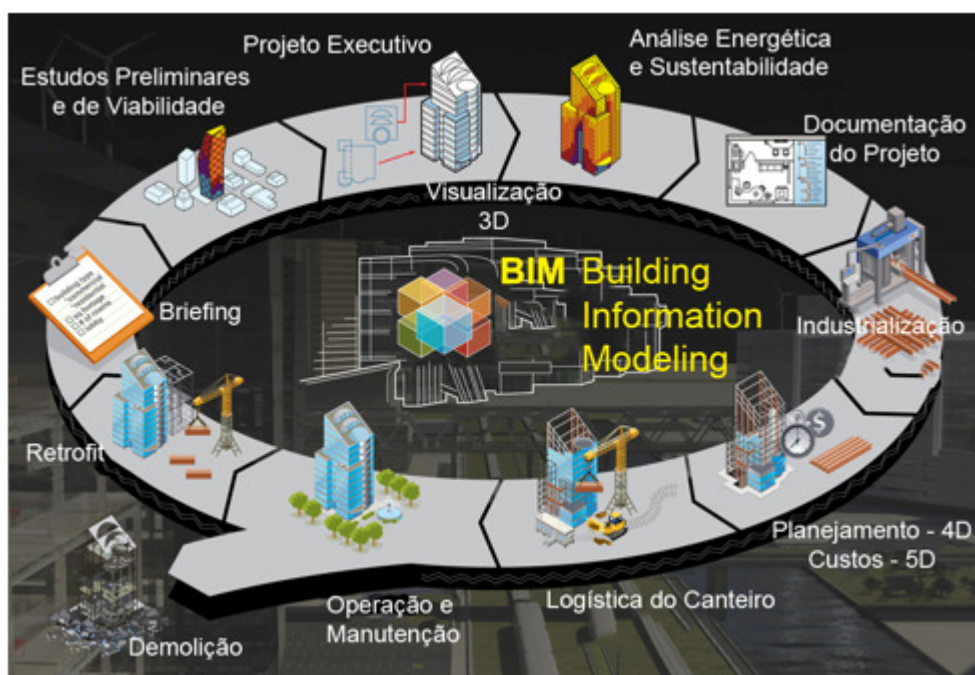


Figura 23 – Tecnologia BIM

Fonte: CCL Consultoria (2012)

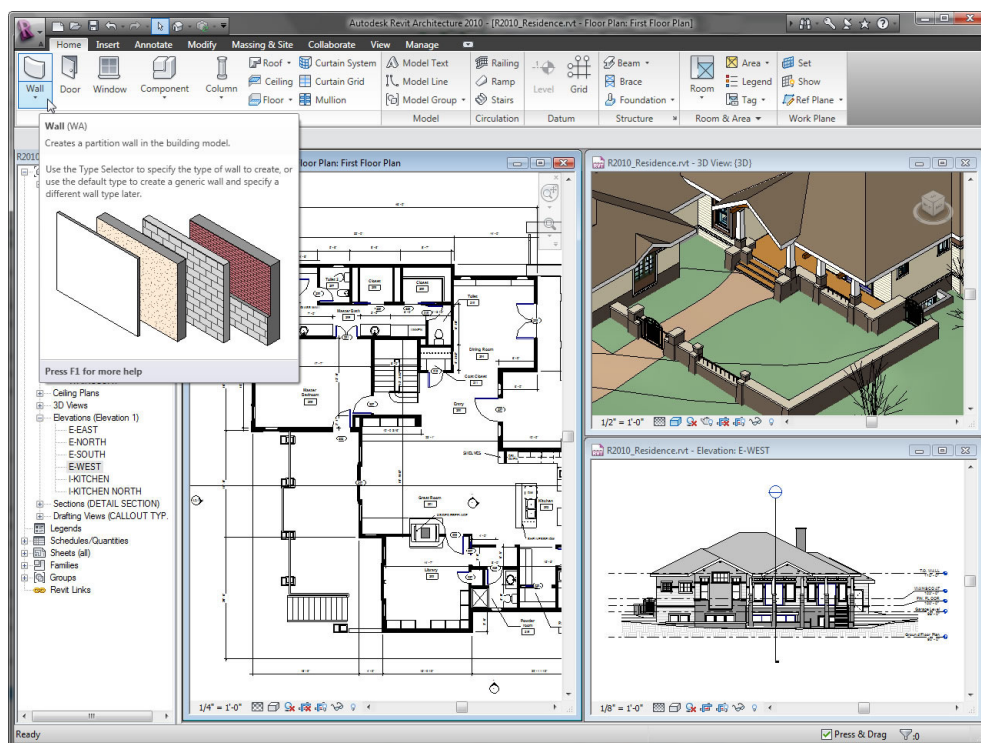


Figura 24 – Aplicação da tecnologia BIM

Fonte: Revit – Autodesk (2012)

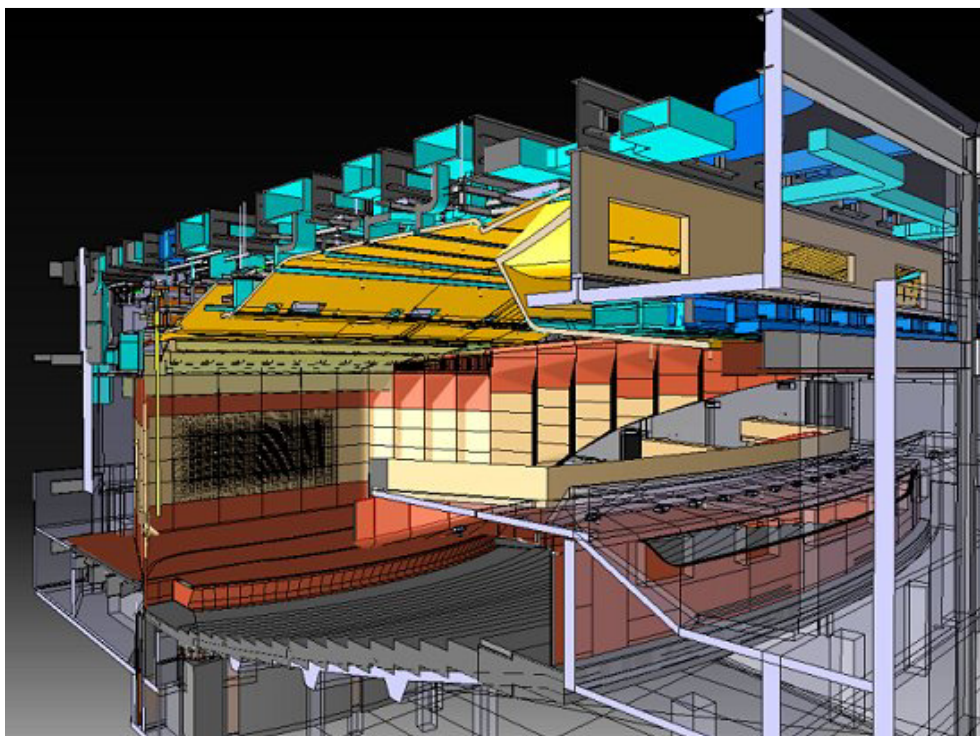


Figura 25 – Aplicação da tecnologia BIM
Fonte: Total CAD - Softwares técnicos (2012)

9) Introduzir melhorias contínuas no processo;

Estar aberto para receber ou buscar informações relevantes para agregar valor ao processo. Estes conceitos podem ser introduzidos através de treinamento para os funcionários, aquisição de equipamentos modernos, bem como a motivação dos trabalhadores, envolvendo-os de maneira que os maiores conhecedores da realização das atividades dentro do canteiro de obra possam propor melhorias para o processo.

Segundo Koskela (2002), os esforços para a redução do desperdício e do aumento do valor do produto devem ocorrer de maneira contínua na empresa. O princípio de melhoria contínua pode ser alcançado na medida em que os demais vão sendo cumpridos.

Uma forma indireta de melhorar o processo como um todo seria lançar iniciativas de apoio e dignificações da mão-de-obra. Pode-se destacar a utilização da caixa de sugestões, a premiação pelo cumprimento de tarefas e metas, o estabelecimento dos planos de carreira, a adoção das medalhas por distinção, entre outros (POZZOBON *et al.*, 2004).

Para Isatto *et al.* (2000), o trabalho em equipe e a gestão participativa constituem os requisitos essenciais para a introdução de melhoria contínua no processo. Esse princípio pode ser implementado através do processo de planejamento e controle da produção na

medida em que são analisadas as decisões tomadas, para a correção de desvios oriundos da coleta de dados do plano de curto prazo (BERNARDES, 2003).

Neste conceito são várias as formas de se aplicar a sustentabilidade visando o meio ambiente onde será inserida, bem como trazer à população mais próxima novas oportunidades, analisando a possibilidade de contratação de mão de obra local. Realizar consulta pública, divulgando o que será feito no local, colocando em discussão os horários de funcionamento do canteiro, benefícios e transtornos previstos, bem como diálogo com a população local. É fundamental que a sociedade tenha um canal de comunicação disponível, claramente divulgado, para se manifestar. Recomenda-se a realização de parceria com instituições ou comunidades que atuam na região para dar andamento a programas locais que possam vir ao encontro do empreendimento, como o estabelecimento de um programa de coleta seletiva de lixo (a prefeitura ou subprefeitura local também pode fornecer dados sobre planos e programas instaurados). A capacitação dos funcionários também deve ser aberta à comunidade, criando assim um vínculo entre as partes.

A construtora C. Rolim Engenharia aplica esses conceitos em seus empreendimentos através de uma política de responsabilidade social onde ela investe no desenvolvimento profissional de seus colaboradores e proporciona uma melhor qualidade de vida para os que possuem baixa renda e baixo nível educacional. A empresa utiliza programas de alfabetização, acompanhamento periódico de saúde e acuidade visual, assistência odontológica, treinamentos de segurança no trabalho, palestras, programas de incentivo com distribuição de prêmios, programas de vacinação e o programa de menor aprendiz (Figuras 26 a 30).



Figura 26 – Programa de alfabetização para os colaboradores

Fonte: C. Rolim Engenharia (2012)



Figura 27 – Lazer no canteiro de obras
Fonte: C. Rolim Engenharia (2012)



Figura 28 – Programa de vacinação dos colaboradores
Fonte: C. Rolim Engenharia (2012)



Figura 29 – Área para descanso dos colaboradores
Fonte: C. Rolim Engenharia (2012)



Figura 30 – Assistência odontológica aos colaboradores

Fonte: C. Rolim Engenharia (2012)

10) Equilibrar as melhorias de fluxo e conversão;

Devem-se observar os processos analisando as melhorias necessárias quanto aos fluxos e conversões. Uma opção para se diminuir o tempo de execução das atividades é utilizar mecanismos que atuem neste propósito, como por exemplo, considerar conceitos de logística dentro do canteiro de obras, como a chegada de materiais paletizados e a distribuição direta ao local onde serão realizadas as conversões, entre outros.

Para Koskela (1992), no processo de produção há diferenças de potencial de melhoria em conversões e fluxos. Em geral, quanto maior a complexidade do processo de produção, maior é o impacto das melhorias e quanto maiores os desperdícios inerentes ao processo de produção, mais proveitosos os benefícios nas melhoras do fluxo, em comparação com as melhorias na conversão. O autor ainda complementa que a questão central é que melhorias no fluxo e na conversão estão intimamente interligadas:

- a) melhores fluxos requerem menor capacidade de conversão e, portanto menores investimentos em equipamentos;
- b) fluxos mais controlados facilitam à implementação de novas tecnologias na conversão;
- c) novas tecnologias na conversão podem acarretar menor variabilidade e, assim, benefícios no fluxo.

Nesse contexto é necessário que exista um equilíbrio entre ambas. Isatto *et al.* (2000) sugere, para a aplicação deste princípio, uma consciência por parte da gerência de produção de que é necessário atuar em ambas as frentes. Primeiramente, eliminar perdas nas atividades de transporte, inspeção e estoque de um determinado processo e, apenas posteriormente, avaliar a possibilidade de introduzir uma inovação tecnológica. Para o autor,

é um processo de aprendizado a partir das práticas adotadas em outras empresas, tipicamente consideradas líderes num determinado segmento ou aspectos específicos. Já para Bernardes (2003), esse princípio deve ser observado durante a etapa de projeto, bem como ao longo da formulação da estratégia de ataque à obra.

Vale ressaltar que para a aplicação deste princípio devem-se conhecer os processos próprios da empresa, identificar boas práticas em outras empresas similares, entender os princípios e adaptar as boas práticas encontradas à realidade da empresa.

Um quesito muito importante quando se pretende trazer melhorias de fluxo e conversão é manter os processos equilibrados. Os conceitos de logísticas agregam de maneira positiva, pois para melhorar fluxo e conversão é necessário que seja realizado em primeiro lugar um bom planejamento.

A logística é a função sistêmica de otimização do fluxo de materiais e informações de uma organização. Integra duas ou mais atividades gerenciais e operacionais, planejando e implementando o fluxo de materiais e informações. É a área funcional presente nas organizações que integra o fluxo de informações e de materiais na busca da eficiência e eficácia das operações.

Segue alguns pontos que devem ser observados: prever local e horários adequados para entrada e saída de veículos; prever local para carga e descarga de materiais, colocação de caçambas e estacionamento de veículos; construir local adequado para a estocagem de produtos químicos inflamáveis ou que gerem resíduos perigosos.

11) Benchmarking;

Esse conceito consiste em realizar a análise de mercado a fim de identificar as melhores práticas, comparando as diversas formas de execução de uma mesma atividade com o objetivo de trazer inovações às pequenas empresas.

Benchmarking é um processo contínuo de comparação dos produtos, serviços e práticas empresariais entre os mais fortes concorrentes ou empresas reconhecidas como líderes de mercado, com o objetivo de identificar o melhor entre os melhores e alcançar um nível de superioridade ou vantagem competitiva. Surgiu pela necessidade de informações e o desejo de aprender depressa como corrigir um problema empresarial. Com o aumento da competitividade, as empresas estão se obrigando a buscar um constante aprimoramento visando oferecer alta qualidade com baixo custo. Levando-se em consideração uma das características do setor da construção civil, o de estar preso em seus paradigmas, na maioria das vezes o aprimoramento exigido ultrapassa a capacidade das pessoas. O *Benchmarking* vem para agregar positivamente neste vácuo do setor, tornando-se um índice confiável que está em constante aprimoramento.

Na aplicação do *Benchmarking* é preciso respeitar e seguir algumas regras e procedimentos para que os objetivos sejam alcançados e exista uma constante melhoria do mesmo. Neste processo existe um controle constante desde sua implantação (plano do processo) até a sua implementação (ação do processo). A empresa interessada em implantar o processo deve analisar alguns fatores, como o ramo, objetivo, amplitude, diferenças organizacionais e de custos, antes de definir ou aplicar o melhor método, pois cada empresa individualmente tem as suas necessidades que devem ser avaliadas antecipadamente à sua aplicação.

É necessário que as organizações que buscam o *benchmarking* como uma ferramenta de melhoria assumam uma postura de "organização que deseja aprender com os outros" para que possa justificar o esforço investido no processo, pois essa busca das melhores práticas é um trabalho intensivo, consumidor de tempo e que requer disciplina. Portanto, *benchmarking* é uma escola onde se aprende a aprender.

A aplicação deste processo no dia a dia pode ser verificada em programas que oferecem composições de preços como a tabela SINAPI – Sistema Nacional de Pesquisa de Custos e Índices da Construção Civil da Caixa Econômica Federal, que é um sistema de pesquisa mensal que informa os custos e índices do setor da construção civil. As planilhas de custos e índices do SINAPI divulgadas mensalmente referem-se ao custo do metro quadrado de construção, considerando-se os materiais, equipamentos e a mão de obra com os encargos sociais. Não estão incluídos nos cálculos os Benefícios e Despesas Indiretas (BDI), as despesas com projetos em geral, licenças, seguros, administração, financiamentos, e equipamentos mecânicos como elevadores, compactadores, exaustores e ar condicionado. A Figura 31 mostra um exemplo do relatório de insumos do mês de Outubro de 2012.

		PREÇOS DE INSUMOS		Página: 84 / 105	
Mês de Coleta: 10/2012		Pesquisa: IBGE			
Localidade: RIO BRANCO		Encargos Sociais (%): 165,90			
Código	Descrição do Insumo	Unid	Preço Mediano (R\$)		
	SOLUÇÃO ASFÁLTICA ELASTOMÉRICA IMPERMEABILIZANTE, APLICAÇÃO A FRIO - VITLASTIC 70 VIAPOL OU EQUIVALENTE				
00011609	SOLUÇÃO ASFÁLTICA ELASTOMÉRICA PARA IMPRIMAÇÃO, APLICAÇÃO À QUENTE OU FRIO - VITLASTIC 50 VIAPOL OU EQUIVALENTE	KG	8,83		
00010483	SOLUÇÃO DE SILICONE HIDRORREPELENTE PARA APLICAÇÃO EM TIJOLOS E CONCRETOS APARENTES	L	16,99		
00010484	SOLUÇÃO DE SILICONE HIDRORREPELENTE PARA SER APLICADO EM CONCRETOS E TIJOLOS APARENTES	GL	61,15		
00020083	SOLUCAO LIMPADORA FRASCO PLASTICO C/ 1000CM3	UN	31,98		
00020082	SOLUCAO LIMPADORA FRASCO PLASTICO C/ 200CM3	UN	9,61		
00005318	SOLVENTE DILUENTE A BASE DE AGUARRAS	L	8,03		
00010691	SOLVENTE P/ COLA FORMICA EMB 1/4 GL	UN	6,82		
00014020	SONDA PERCUSSAO EQUIP P/ ENSAIOS (D=3 A 10")	UN	15.213,04		
00006173	SONDADOR	H	16,78		

Figura 31 – Relatório de insumos

Fonte: Caixa Econômica Federal (2012)

Outra fonte de dados sobre composições entre material e mão de obra na construção civil é da editora PINI, realizada por uma equipe de engenharia da própria editora em várias regiões do país. O valor dos serviços é resultante das composições de custos baseadas em uma de suas publicações, a Tabela de Composição de Preços para Orçamentos (TCPO), com a aplicação de taxas de leis sociais com porcentagem variando de região para região, mas sem o valor de BDI. Já na composição dos valores correspondente à mão de obra não são incluídos os valores de leis sociais somente para mensalistas e horistas. As tabelas são de atualização mensal.

Portanto, existem inúmeras fontes que fornecem dados atualizados, e este cuidado que se deveria ter na concepção do projeto previne além de gastos excessivos, garantindo com isso uma eficiência econômica, até o consumo indevido de materiais desnecessários, reduzindo o impacto ao meio ambiente e garantindo total qualidade em todas as fases de projeto.

5. ANÁLISE DE RESULTADOS

Ao analisar as informações e dados obtidos nesta pesquisa, fica evidente que a interação entre os conceitos da *Lean Construction* e as práticas da sustentabilidade dentro do canteiro de obras é realmente muito positiva quando se trata da diminuição do volume de desperdícios e da economia tanto de materiais quanto do prazo de execução das várias fases do empreendimento. Foram identificados fortes indícios de que a *Lean Construction* contribui para um aumento do desempenho sustentável e traz muitos benefícios ao setor da construção civil e ao meio ambiente.

Pode-se verificar que a fase que mais gera desperdícios é o início da obra, onde ocorrem as demolições e movimentações do terreno. Com a aplicação dos conceitos de logística e da *Lean* juntamente com práticas sustentáveis, como a separação de sobras de materiais proveniente das conversões, tem-se uma considerável redução do volume de material inutilizável, e a seleção dos materiais durante a execução dessas atividades garante que alguns deles possam ser reutilizados em outras finalidades onde não se necessita de alta resistência, como em pisos por exemplo.

O estudo e planejamento da logística dentro do canteiro de obras, como observado no Edifício *Monde Champagnat*, reduz o desperdício considerando que os locais de armazenamento já ficam pré estabelecidos e os materiais chegam paletizados à obra, sendo direcionados no mesmo instante para os locais de conversão. Ou seja, verifica-se menos fluxo de materiais, redução da espera por parte dos colaboradores e consequentemente uma menor perda. Realizar o treinamento da mão de obra, e se possível ter uma pessoa à frente da logística do canteiro integrando a função do almoxarife, mestre e colaboradores traz infinitas vantagens, tanto para reduzir parcelas de atividades que não agregam valor quanto para reduzir o tempo de ciclo, aumentar a transparência do processo e manter o foco de controle na totalidade do processo, permitindo a introdução de melhorias contínuas no processo e também mantendo os fluxos e conversões sempre equilibrados.

Fica evidente que hoje a maior parte das empresas não considera as necessidades e desejos dos clientes, não há um planejamento generalizado do processo, as fases vão se sobrepondo e vão sendo finalizadas em atraso e muitas vezes de maneira insatisfatória do ponto de vista qualitativo pelo encerramento do prazo. Se houvesse essa preocupação por parte das empresas é evidente que os resíduos diminuiriam e que elas faturariam mais com seu produto. O exemplo da empresa C. Rolim Engenharia deixa claro o sucesso da aplicação dos conceitos *Lean* em conformidade com a sustentabilidade, como exemplo, o “painel objetivo” que aproxima o cliente induzindo a participação no processo através da personalização de seu apartamento, criando assim um laço benéfico para ambas

as partes, evitando conflitos na pós-venda, conforme se tem verificado em grande escala nos dias de hoje onde são grandes os pontos de discórdia.

O emprego da padronização nos canteiros de obras realmente é conveniente considerando que elimina processos e materiais, no entanto, fica muito claro que somente essa prática não é suficiente, pois ela deve estar aliada a dois pontos: na fase de projeto conceber os espaços ajustando a modulação de acordo com a especificação dos materiais, evitando assim recortes desnecessários, e um bom treinamento e fiscalização, que permitem colaborar com a finalização dentro dos padrões esperados.

Focar a redução do tempo de um ciclo na teoria de receber os materiais somente próximos das conversões está considerando partes isoladas do processo, pois conforme comprovado no primeiro conceito *Lean*, as questões de logística somente apresentam ganhos quando considerada a totalidade do processo. Para se reduzir o tempo de ciclo deve-se considerar como medidas mais importantes e eficazes um bom planejamento, fazendo a compatibilização dos projetos, a fim de identificar antecipadamente erros do mesmo. Deve-se ainda ajustar os cronogramas estudando bem as estratégias, e somente após equilibrar todo esse planejamento parte-se para a execução, pois isso sem dúvida economizará tempo e verbas disponibilizadas.

Levando em consideração as características do setor da construção civil, a questão da racionalização é imprescindível. Quando reduzimos o número de passos e partes estamos reduzindo quantidade de materiais, hora de mão de obra, treinamento para a correta execução da nova tipologia e consequentemente reduzindo tempo de ciclo e diminuindo a geração de resíduos, pois o efeito aprendido é comprovado neste processo. Mas devemos considerar que todas essas ações não são válidas se não houver um comprometimento de todas as partes envolvidas no processo, o que pode ser obtido também através do treinamento, pois as conversões são constituídas em cadeias, somente com a finalização adequada de uma dá subsequência à outra.

Muitos pontos positivos podem ser observados quando se pretende aumentar a flexibilidade de saída de um produto. O primeiro ponto extremamente importante é o estabelecimento de uma aliança com o cliente permitindo que ele participe do processo concebendo sua própria especificação (logicamente dentro de padrões previamente estabelecidos), isso garante a satisfação e traz confiabilidade ao processo. Outra maneira é quando se aliam práticas sustentáveis, que além de agregar valor ao produto, trazem à empresa um dinamismo e confiabilidade para com o cliente, e ao mesmo tempo redução de gastos e desperdícios. Conforto acústico, térmico, luminoso, reuso da água e eficiência energética são quesitos que elevam o status do empreendimento junto ao mercado, proporcionando qualidade de vida ao funcionário durante a execução e ao morador das

unidades em questão, sem mencionar na economia para ambos e o imenso ganho para o meio ambiente.

Quando se busca aumentar a transparência do processo temos dois pontos importantes a serem fixados: o primeiro é aumentar a transparência com os colaboradores e o segundo com os clientes. Os dois pontos se atendidos conjuntamente, trazem grandes benefícios de qualidade, economia e menor índice de resíduos gerados. Transparência com os colaboradores se verifica através de qualificação, bonificação em programas de ajuda a fim de elevar a qualidade de vida e manter sempre a clareza de informações. Quando se traz para o canteiro de obras soluções como o *Andon* identificado no item 8 deste estudo, que ampliam a difusão dos ideais e metas permitindo a visualização do andamento da totalidade do processo, traz-se ao colaborador o sentimento de que ele é importante para a concretização deste todo, fazendo com que ele se torne cada vez mais comprometido com prazos e qualidade na execução da conversão.

Ferramentas existentes hoje no mercado da construção civil que visam facilitar a interpolação de informações, como o BIM, não foram muito aceitas, ficando evidente mais uma vez a característica do setor de não absorver mudanças tão facilmente. O BIM pode ser considerado um grande aliado na fase de planejamento, pois escancara problemas que poderiam surgir somente na fase de execução, sem contar que os idealizadores têm a real compreensão da totalidade do processo, facilitando a transmissão das informações.

Já com os clientes, a transparência pode ser verificada através do exemplo já citado da empresa C. Rolim, que disponibiliza o “painel objetivo” de especificação de materiais para seu apartamento.

Considerando a pesquisa realizada pode-se concluir que o mais importante não é adotar medidas de correção dos problemas, mas sim pensar de forma antecipada, ou seja, na fase de planejamento e especificação de produtos, na escolha dos sistemas construtivos e no emprego de conceitos que visem evitar esses inconvenientes, pois os mesmos além de pontuarem negativamente nos atrasos do ciclo desmotivam o colaborador pela necessidade de cessar uma atividade por erro na transmissão de informações.

Isatto *et al.* (2000) pontua que o trabalho em equipe e gestão participativa constituem medidas essenciais para a introdução de melhoria contínua no processo. A afirmação se torna verdadeira conforme comprova a empresa C. Rolim que realiza políticas de responsabilidade social investindo no desenvolvimento profissional de seus colaboradores e proporcionando melhor qualidade de vida através de programas de alfabetização, acompanhamento periódico de saúde e acuidade visual, assistência odontológica, treinamentos de segurança no trabalho, palestras, programas de incentivo com distribuição de prêmios, programas de vacinação e o programa de menor aprendiz.

Para se trazer melhorias nas atividades de fluxo e conversão, Koskela (1992) afirma que as mesmas devem estar intimamente ligadas, mas conforme a pesquisa realizada conclui-se que o mais importante é que essas duas atividades estejam equilibradas. Antes de introduzir qualquer idéia, sistema ou conceito de melhoria é necessário conhecer bem a política da própria empresa e conjuntamente buscar atuações exemplares e compatíveis no mercado, confiando assim a positividade da implementação delas em seu canteiro de obras.

O *Benchmarking* é um processo contínuo que agrega positivamente quando se pretende introduzir melhorias nas atividades, mas fica evidente a necessidade de analisar e ter muito claro os objetivos da empresa onde se pretende aplicar essas sugestões. O *Benchmarking* não pode ser considerado e seguido como uma receita de bolo, pois está em constante desenvolvimento e aprimoramento. Deve ser executada uma avaliação interna na empresa quanto ao porte, objetivos, ramo e diferenças organizacionais, que podem mudar o foco da implementação das melhorias. Portanto a execução de uma detalhada investigação é essencial para avaliar a melhor estratégia a ser aplicada.

6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Após está ampla pesquisa sobre a evolução do setor da construção civil, níveis de resíduos gerados sem a menor preocupação em relação ao meio ambiente e sobre o surgimento dos conceitos da sustentabilidade, aliados com os conceitos da *Lean Construction*, pode-se extrair que é possível estabelecer uma conexão entre as características fortes e “engessadas” do setor às práticas sustentáveis, proporcionando benefícios aos usuários dos empreendimentos e ao cidadão que tem seu ambiente influenciado negativamente por certo período de tempo, e em algumas obras, se não levado em consideração a sustentabilidade e os conceitos *Lean*, podem influenciar negativamente de forma permanente este ambiente que outrora se considerava preservado.

Pode-se perceber então que ainda não é notável a conscientização por parte dos indivíduos pertencentes ao setor para o desenvolvimento de uma construção civil sustentável. Verifica-se que existem disponíveis vários recursos, idéias, produtos, fornecedores, bem como indivíduos com designo abraçando esta causa, porém fica evidente que esforços isolados não são eficazes, que para que o processo seja satisfatório do ponto de vista sustentável é necessário que envolva vários setores da sociedade promovendo ações de educação ambiental, conscientizando assim os indivíduos de que suas ações negativas têm um grande impacto nesta luta e que a união de esforços trará resultado em menor tempo e possivelmente mais positivo.

Outro ponto decisivo é a tecnologia em prol da sustentabilidade da construção civil, ou seja, neste trecho pode-se perceber que vivemos hoje a “fama” da sustentabilidade, nunca se falou tanto sobre este tema, e com isso surgem muitas tecnologias. É notável que o valor de uma construção sustentável seja hoje mais elevado que as obras que não se preocupam com essa questão. Mas quanto a isso deixamos uma pergunta: Até que ponto vale aplicar o “mais caro”? Será que a preocupação com o futuro de nossos recursos não vale a pena? É provável que com a união de todos, os materiais e técnicas ficarão mais acessíveis, transformando o que é hoje um “novo conceito” em uma prática habitual e com isso caracterizando uma nova era para a construção civil.

Existe ainda uma questão intrínseca que é o constante desenvolvimento de materiais, conhecimento e novas técnicas, assim, o que hoje é considerado uma ótima solução, amanhã pode ser considerado ultrapassado. Portanto, é importante que os responsáveis diretos com essa transformação do setor devem atentar e julgar sempre as alternativas aplicáveis disponíveis com o objetivo de sanar a necessidade do “hoje” sem inibir possíveis atualizações.

Percebe-se que a junção dos conceitos da *Lean Construction* com as práticas da sustentabilidade dentro do canteiro de obras é realmente muito positiva, e que um

planejamento bem executado é essencial para pontuar positivamente considerando os conceitos da Construção Enxuta. Conclui-se também que as práticas sustentáveis e a forma de aplicação dos conceitos *Lean* no setor da construção civil estão em constante aprimoramento, e que nós profissionais do setor somos os responsáveis diretos da aplicação correta destes conceitos, cabe a nós julgar o melhor, e é nosso o poder de decidir o futuro da construção civil no mundo, visando sempre o equilíbrio ecológico sustentável.

Vamos colocar em prática?

7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABREU, C. **O Conceito de Sustentabilidade em Empreendimentos da Construção Civil.** 2008. Disponível em: <<http://www.atitudessustentaveis.com.br/sustentabilidade/conceito-sustentabilidade-empreendimentos-construcao-civil/>> Acesso em: 28 nov. 2012

ANTUNES, J. **A construção civil e suas perspectivas em relação à sustentabilidade.** 2011. Disponível em: <<http://www.sustentabilidadecorporativa.com/2011/07/construcao-civil-e-suas-perspectivas-em.html>> Acesso em: 28 nov. 2012

ANTUNES, J. **A sustentabilidade na construção civil.** 2009. Disponível em: <<http://www.sustentabilidadecorporativa.com/2009/11/sustentabilidade-na-construcao-civil.html>> Acesso em: 28 nov. 2012

ARAÚJO, N. M. C. de, MEIRA, G. R. **Processo de padronização na construção civil: aplicação de revestimentos internos (azulejos).** In: CONGRESSO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, 16, 1996.

AZEVEDO, M. J.; BARROS NETO, J. P.; NUNES, F. R. M. Análise dos aspectos estratégicos da implantação da *Lean Construction* em duas empresas de construção civil de Fortaleza – CE. In: Simpósio de Administração da Produção, Logística e Operações Internacionais, 13, 2010, São Paulo. **Anais eletrônicos...** FGV: São Paulo, 2010. Disponível em: <http://www.simpoi.fgvsp.br/arquivo/2010/artigos/E2010_T00203_PCN75525.pdf>. Acesso em: 31 out. 2012.

BARROS NETO, J. P.; ALVES, T. C. L. Análise estratégica da implementação da filosofia lean em empresas construtoras. In: Simpósio de Administração da Produção, Logística e Operações Internacionais, 11, 2008, São Paulo. **Anais eletrônicos...** FGV: São Paulo, 2008. Disponível em: <<http://leanconstruction.wordpress.com/2008/09/10/artigo-analise-estrategica-da-implementacao-da-filosofia-lean-em-empresas-construtoras/>>. Acesso em: 28 mai 2012.

Benchmarking Brasil, s.d. Disponível em: <<http://www.benchmarkingbrasil.com.br/>> Acesso em: 28 nov. 2012

BERNARDES, M. M. S. **Planejamento e controle da produção para empresas de construção civil.** Rio de Janeiro: LTC, 2003.

Brasil Econômico, s.d. Disponível em: <<http://www.brasileconomico.com.br/>> Acesso em: 28 nov. 2012

BRASIL. **Resolução CONAMA n°. 307, de 5 de Julho de 2002.** Estabelece diretrizes, critérios e procedimentos para a gestão de resíduos da construção civil. Diário Oficial da União, Brasília, DF, 17 de julho de 2004.

CAMPOS, V. F. **Padronização de empresas**. Belo Horizonte: Fundação Christiano Ottoni, Escola de Engenharia da UFMG, 1992. 122 p.

CARNAÚBA, T. M. G. V. **Proposta de gerenciamento de resíduos sólidos em obras de edificações verticais**. 2009. 118f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) – Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa, 2009.

CARNEIRO, A. P.; BRUM, I. A. S. de; CASSA, J. C. da S.. **Reciclagem de Entulho para Produção de Materiais da Construção**. Salvador: EDUFBA Caixa Econômica Federal, 2001.

CARVALHO, R. C. A. *et al.* **Análise da Gestão Racional de RCD em Canteiros de Obras da Região Metropolitana do Recife, RMR**. In: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 12., Fortaleza, 2008. Anais... Fortaleza: ANTAC, 2008.

CATAI, R.; PENTEADO, A. P.; DALBELLO, P. F. **Materiais, técnicas e processos para isolamento acústico**. In: Congresso Brasileiro de Engenharia e Ciência dos Materiais, 2006, 12p. Disponível em:
<<http://hidro.ufcg.edu.br/twiki/pub/CienciasdoAmbiente/Semestre20101/Isolamentoacustico-materiais.pdf>> Acesso em: 28 nov. 2012

CCL CONSULTORIA, s.d. Disponível em:
<<http://claudiacamposlima.wordpress.com/2011/09/14/curso-de-bim-building-information-modeling/>> Acesso em 06 dez. 2012

CHEN, Z.; LI, H.; WONG, C. T. C. *An application of bar code system for reducing construction wastes*. **Automation in Construction**. n. 11, p. 521 – 533, 2002.

Ciclo Vivo, s.d. Disponível em:
<http://ciclovivo.com.br/noticia.php/2200/estadio_taiwanese_totalmente_coberto_por_placas_fotovoltaicas/> Acesso em 28 nov. 2012

COCHRAN, K.; TOWNSEND, T.; REINHART, D.; HECK, H.. *Estimation of regional building-related C&D debris generation and composition: Case study for Florida, US*. **Waste Management**. n. 27, p. 921–931, 2007.

COFFEY, M. *Cost-effective systems for solid waste management*. **Waterlines**. n. 17, p.23 – 24, 1999.

C. Rolim Engenharia, s.d. Disponível em: <<http://www.crolim.com.br>> Acesso em: 28 nov. 2012

ECO'D - Eco Desenvolvimento, s.d. Disponível em:
<<http://www.ecodesenvolvimento.org/dicas-e-guias/guias/2012/maio/guia-da-construcao-verde-materiais>> Acesso em: 28 nov. 2012

Eletrobrás, s.d. Disponível em:
<<http://www.eletrobras.com/elb/data/Pages/LUMIS0389BBA8PTBRIE.htm>> Acesso em: 28 nov. 2012

FABRÍCIO, M. M. **Desenvolvimento de produtos e inovações produtivas em empresas de construção de edifícios**. Produção & Produção, vol. 10, n. 2, p. 121 – 138, 2009.

FONSECA, J. **Sustentabilidade na construção civil**. 2011. Disponível em:
<<http://www.syene.com.br/blog/index.php/2011/05/23/sustentabilidade-na-construcao-civil/>>
Acesso em: 28 nov. 2012

FORMOSO, C. T. *et al.* **Perdas na construção civil**. Revista Techne Jul/Ago – nº 23 pp 30-32. Ed. Pini.. São Paulo 1996.

GBCB, s.d. Disponível em: <<http://www.gbcbrasil.org.br/?p=certificacao>> Acesso em: 28 nov. 2012

Grupo Santander, s.d. Disponível em:
<http://sustentabilidade.santander.com.br/oquefazemos/produtoseservicos/Documents/os_guia_boas_praticas.pdf> Acesso em: 28 nov. 2012

GUZMÁN, J. S.; MARRERO, M.; DELGADO, M. V. M.; ARELLANO, A. R. de. *A Spanish model for quantification and management of construction waste*. **Waste Management**. n. 29, p. 2542–2548, 2009.

HARTKOPF, V. Entrevista sobre conforto ambiental do edifício. Revista Exame, 2007.

HEINECK, L. F. M. *et al.* **Coletânea Edificar Lean: Construindo com Lean Management**, v.1. Fortaleza: Expressão gráfica Editora, 2009.

HEINECK, L. F. M. *et al.* **Coletânea Edificar Lean: Construindo com Lean Management**, v.2. Fortaleza: Expressão gráfica Editora, 2009.

HEINECK, L. F. M. *et al.* **Proporção do tempo empregado nas obras em atividades produtivas, auxiliares e não produtivas**. In: CONGRESSO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, 15, 1995. São Carlos.

HÖÖK, M.; STEHN, L. *Lean principles in industrialized housing production: the need for a cultural change*. **Lean Construction Journal**. n. 1, p. 20 – 33, 2008.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). Pesquisa anual da indústria da construção (PAIC) de 2002. Disponível em: < [http:// www.ibge.gov.br](http://www.ibge.gov.br)>. Acesso em: 28 nov. 2012

ISATTO, E.L. *et al.* **Lean Construction: diretrizes e ferramentas para o controle de perdas na construção civil**. Porto Alegre, SEBRAE/RS, 2000. Série SEBRAE Construção Civil, Vol. 5.

JAILLON, L.; POON, C. S.; CHIANG, Y. H. **Quantifying the waste reduction potential of using prefabrication in building construction in Hong Kong**. *Waste Management*. n. 29, p. 309–320, 2009.

JUNQUEIRA, L.E.J *et al.* **Aplicação da Lean Construction para Redução dos Custos de Produção da Casa 1.0**; Luiz Eduardo Lollato Junqueira *et al.* São Paulo, 2006. Dissertação (Especialização) Escola Politécnica da Universidade de São Paulo.

KARTAM, N.; AL-MUTAIRI, N.; AL-GHUSAIN, I.; AL-HUMOUD, J. *Environmental management of construction and demolition waste in Kuwait*. **Waste Management**. n. 24, p. 1049 – 1059, 2004.

KOFOWOROLA, O. F.; GHEEWALA, S. H. *Estimation of construction waste generation and management in Thailand*. **Waste Management**. n. 29, p. 731–738, 2009.

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

LAGE, I. M.; ABELLA, F. M.; HERRERO, C. V.; ORDÓÑEZ, J.L. P. *Estimation of the annual production and composition of C&D Debris in Galicia (Spain)*. **Waste Management**. n. 30, p. 636–645, 2010.

MACHADO, R. L.; HEINECK, L. F. **Um novo modelo de PCP para o setor da construção civil**. Disponível em: <http://www2.ucg.br/nupenge/pdf/Ricardo_Machado_II.pdf>. Acesso em: 31 out. 2012.

NETO, J.C.M. *Gestão dos resíduos da construção e demolição no Brasil*. Tese (Doutorado). 2005, 162p. – Universidade de São Paulo, São Carlos, 2005.

NOVAES, M. de V.; MOURÃO, C. A. do A. **Manual de Gestão Ambiental de Resíduos Sólidos na Construção Civil**. Coopercon Cooperativa da Construção Civil do Estado do Ceará, 1ª Ed. 2008: Fortaleza, CE. 100 p.

OLIVEIRA, O. J. *Influências do projeto de produção e do projeto de canteiro no sistema logístico da construção de edifícios*. In: Workshop Nacional: Gestão do Processo de Projeto na Construção de Edifícios, 2001, São Carlos. **Anais eletrônicos...** EESC: São Carlos, 2001. Disponível em: <http://www.lem.ep.usp.br/gpse/es23/anais/INFLUENCIAS_DO_PROJETO_DE_PRODUCAO_NO_SIST_LOGISTICO.pdf>. Acesso em: 31 out. 2012.

OSMANI, M.; GLASS, J.; PRICE, A. D. F. *Architects' perspectives on construction waste reduction by design*. **Waste Management**. n. 28, p. 1147–1158, 2008.

PICCHI, F. A. Oportunidades da aplicação do *lean thinking* na construção. **Ambiente Construído**, n. 1, p. 7 – 23, 2003.

PINCH, L. *Lean construction: eliminating the waste*. **Construction Executive**. p. 34 – 37, 2005. Disponível em: <<http://www.leanconstruction.org/pdf/Constexecabc.pdf>>. Acesso em: 05 out. 2012.

PINTO, T. de P. **Metodologia para a gestão diferenciada de resíduos sólidos da construção urbana**. 1999. 218f. Tese (Doutorado em Engenharia) – Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo 1999.

Portal de Sustentabilidade, s.d. Disponível em:
<http://www.sustentabilidade.org.br/conteudos_sust.asp?categ=5> Acesso em: 28 nov. 2012

POZZOBON, C. E.; HEINECK, L. F. M; FREITAS, M. C. D. **Atualizando o levantamento de inovações tecnológicas simples em obras**. São Paulo, SP. 2004. In: Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído, X, São Paulo, 2004. Anais. 13p.

RIBEIRO JR, R. **Proposta de um manual para gestão de resíduos da construção civil em cidades brasileiras**. 2009. 211f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) – Universidade Estadual Paulista “Julio de Mesquita Filho”, Bauru, 2009.

RIBEIRO, S. **Diagnóstico do gerenciamento dos resíduos da construção civil na região metropolitana de São Paulo**. 2008. 161f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) – Universidade Estadual Paulista “Julio de Mesquita Filho”, Bauru, 2008.

ROUDEBUSH, W. H. *Inclusion of lean construction in construction education*. In: *Annual Conference of the International Group for Lean Construction*, 15, 2007, Michigan. **Anais eletrônicos...** IGLC: Michigan, 2007. Disponível em:
<http://www.iglc.net/conferences/2007/folder.2007-06-29.2095743756/Roudebush_Inclusion%20of%20lean%20construction%20in%20construction%20education.pdf>. Acesso em: 13 out 2012.

SALEM, O.; ZIMMER, E. *Application of lean manufacturing principles to construction*. **Lean Construction Journal**, n. 2, p. 51 – 54, 2005.

SCHNEIDER, D. M. **Deposições Irregulares de Resíduos da Construção Civil na Cidade de São Paulo**. 2003. 130f. Dissertação (Mestrado em Saúde Pública) – Faculdade de Saúde Pública da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2003.

SHEN, L.; CHUA, D. K. H. *An investigation of critical chain and lean project scheduling. In: Annual Conference of the International Group for Lean Construction*, 16, 2008, Manchester. **Anais eletrônicos...** IGLC: Manchester, 2008. Disponível em: <http://www.iglc.net/conferences/2008_Manchester/ConferencePapers/Shen_Chua_An_investigation_of_critical_chain_and_lean_project_scheduling.pdf>. Acesso em: 13 out. 2012.

SHINGO, S. ***A study of Toyota production system from an industrial engineering viewpoint.*** Toquio, Japan Management Association, 1981.

SILVEIRA, P. C. de M. **Construções Sustentáveis.** Santa Catarina: Centro Universitário Leonardo da Vinci – UNIASSELVI, 2010. Disponível em: <http://www.cristianoinfosupport.xpg.com.br/index_arquivos/constr_sustent.pdf> Acesso em: 28 nov. 2012

SINAPI - Caixa Econômica Federal, s.d. Disponível em: <http://www1.caixa.gov.br/gov/gov_social/municipal/programa_des_urbano/SINAPI/relatorio_insumos.asp> Acesso em 28 nov. 2012

SOUZA, L. S.; BRANDSTETTER, M. C. G. de O.; AMARAL, T. G. do. **Construção Enxuta – Guia Prático para trabalhadores da Construção Civil.** Goiânia: FUNAPE, 2010. 36f.: Il.

SOUZA, U. E. L. de. **Como Reduzir Perdas nos Canteiros: manual de gestão do consumo de materiais na construção civil.** São Paulo: Pini, 2005.

TAM, V. W. Y. *On the effectiveness in implementing a waste-management-plan method in construction.* **Waste Management.** n. 28, p. 1072–1080, 2008.

TAM, V. W. Y.; TAM, L.; LE, K. N. *Cross cultural comparison of concrete recycling decision-making and implementation in construction industry.* **Waste Management.** n.30, p. 291 – 297, 2010.

UN - United Nations - ***Report of the World Commission on Environment and Development: Our Common Future (Chapter 2).*** World Commission on Environment and Development. Paris, 1987.

WOMACK, J. P.; JONES, D. T.; ROOS, D. – ***The Machine that Changed the World: The Story of Lean Production.*** New York, HarperPerennial, 1990.

WOMACK, J. P.; JONES, D. T. **A máquina que mudou o mundo.** Rio de Janeiro: Campus, 1996.

YEMAL, J. A.; TEIXEIRA, N. O. V.; NÄÄS, I. A. **Sustentabilidade na Construção Civil.** São Paulo: Universidade Paulista, 2011. Disponível em:

<http://www.advancesincleanerproduction.net/third/files/sexoes/6B/8/Yemal_JA%20-%20Paper%20-%206B8.pdf> Acesso em: 28 nov. 2012