



**UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA**  
**CENTRO DE TECNOLOGIA**  
**DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL E AMBIENTAL**  
**CURSO DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA CIVIL**

PAULA MARIA PALMA

**A RACIONALIZAÇÃO DOS MÉTODOS CONSTRUTIVOS**

João Pessoa  
2020

PAULA MARIA PALMA

## **A RACIONALIZAÇÃO DOS MÉTODOS CONSTRUTIVOS**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à Coordenação do Curso de Engenharia Civil da Universidade Federal da Paraíba como um dos requisitos para a obtenção do título de Engenheiro Civil.

Orientador: Profa. Dra. Cibelle Guimarães Severo

João Pessoa

2020

**Catálogo na publicação**  
**Seção de Catalogação e Classificação**

P171r Palma, Paula Maria.

A racionalização dos métodos construtivos / Paula Maria  
Palma. - João Pessoa, 2020.

58 f.

Orientação: Cibelle Severo.

Monografia (Graduação) - UFPB/CT.

1. Construção civil. 2. Racionalização construtiva. 3.  
Produtividade. 4. Planejamento. I. Severo, Cibelle. II.  
Título.

UFPB/BC

# FOLHA DE APROVAÇÃO

**Paula Maria Palma**

## **A RACIONALIZAÇÃO DOS MÉTODOS CONSTRUTIVOS**

Trabalho de Conclusão de Curso em 27/07/2020 perante a seguinte Comissão Julgadora:



APROVADO

Cibelle Guimarães Silva Severo

Departamento de Engenharia Civil e Ambiental do  
CT/UFPB



APROVADO

Clóvis Dias

Departamento de Engenharia Civil e Ambiental do  
CT/UFPB



APROVADO

Claudino Lins Nóbrega Junior

Departamento de Engenharia Civil e Ambiental do  
CT/UFPB



Profª. Andrea Brasiliano Silva

Matrícula Siape: 1549557

Coordenadora do Curso de Graduação em Engenharia Civil

Dedico este trabalho à Deus, que me fortalece todos os dias, e à minha família, que sempre me incentiva a correr atrás dos meus sonhos.

## AGRADECIMENTO

Agradeço à Deus pela oportunidade que me foi dada, e por seu amor que me sustenta e conduz.

Agradeço aos meus pais, que são sinônimos de fortaleza, e que me inspiram a ser a melhor versão de mim. Gratidão por todas as oportunidades que me proporcionaram e que permitiram que eu chegasse até aqui. Acima de tudo, obrigada por todo amor, suporte, dedicação e palavras de sabedoria. Agradeço ao meu marido e, em breve, colega de profissão, por todo amor, paciência e parceria, e por partilhar, além de planos, conhecimentos e experiências. Às minhas irmãs, exemplos de mulheres fortes e independentes, que sempre acreditaram em mim e estiveram ao meu lado. Ao meu cunhado, que nunca me negou um pedido de socorro. E aos meus sobrinhos, por serem alegria em minha vida.

Agradeço aos amigos que fiz durante o curso, com os quais compartilhei momentos de aflições e alegrias. Chegar com vocês até aqui foi o maior presente que ganhei ao longo desses anos.

Às amigas de toda uma vida, que sempre me incentivam e que tantas vezes me acalentam.

Aos amigos que fiz durante o período de intercâmbio na França e que se tornaram família.

Por fim, mas não menos importante, a todos os professores que passaram por minha vida. Agradeço pelos conhecimentos, valores e experiências compartilhados, fundamentais para a minha formação. Em especial, agradeço à professora Dr<sup>a</sup>. Cibelle Guimarães, que, com prontidão, serenidade e paciência, me conduziu no desenvolvimento deste trabalho.

## RESUMO

A racionalização dos métodos construtivos tem sido recurso bastante procurado pelas empresas do ramo da construção civil como forma de destacar seus empreendimentos no que diz respeito ao preço de venda e qualidade do produto final, mas levando em consideração, também, o impacto que o setor causa no meio ambiente. Racionalizar os métodos construtivos significa tornar mais eficiente a atividade de construir, tornando-a um processo lógico e ordenado. A implementação de metodologias de racionalização é capaz de reduzir o custo total da obra, através da otimização do tempo, padronização dos processos, aumento da produtividade, diminuição dos retrabalhos e redução do índice de desperdício de materiais. A introdução dos métodos tem como ponto de partida a cultura já existente na empresa, que passará por constante evolução até atingir os resultados esperados, mas só funcionará se vista de forma ampla, atendendo a totalidade do processo de produção. Assim, deve estar presente em cada uma das etapas da obra. Este trabalho, tem como objetivo o estudo teórico de metodologias que podem ser aplicadas na engenharia civil, afim de racionalizar os processos construtivos. São elas: *Lean construction*, logística, industrialização de estruturas de concreto e de armação de ferragens, *benchmarking*, *Scrum* e metodologia BIM.

**Palavras-chave:** Construção civil, racionalização construtiva, produtividade, planejamento.

## ABSTRACT

The rationalization of the constructive methods has been a popular resource among the construction companies as a way to outstand their real estate developments regarding sales price and final product quality, but also taking into consideration the impacts that the sector has on the environment. To rationalize the constructive methods means making building activity more efficient, turning it into a logical and orderly process. The implementation of rationalization methodologies is capable of reduce the total cost of work, throughout time optimization, standardization of processes, increase productivity, decrease reworks and reduce the rate of material waste. The introduction of methods has its starting point the culture that already exists in the company, that will undergo constant evolution until reaching the expected results, but will only work if seen broadly, serving the entire production process. Thus, it must be presented in each of the stages of the work. This work objective is the theoretical study of methodologies that can be applied in civil engineering, to rationalize the construction processes, such as : Lean construction, logistics, industrialization of concrete structures and ironwork, benchmarking, Scrum, and BIM methodology.

**Palavras-chave:** Construction, constructive rationalization, productivity, planning.

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 - Etapas da obra e sua capacidade de influenciar o custo. ....	18
Figura 2 - Os três tipos de racionalização. ....	21
Figura 3 - Método de conversão.....	24
Figura 4 - Modelo de produção da construção enxuta. ....	24
Figura 5 - Logística e valor para o cliente. ....	29
Figura 6 - Ciclo PDCA. ....	38

## **LISTA DE QUADROS**

Quadro 1 – Métodos de racionalização e suas aplicações no ambiente construtivo. 48

## **LISTA DE TABELAS**

Tabela 1 – Valor adicionado bruto (Construção Civil). .....	12
Tabela 2 – Participação da indústria da construção na população ocupada.....	13

## SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO .....	11
1.1 Justificativa .....	12
1.2 Objetivos .....	14
1.2.1 Objetivos Gerais .....	14
1.2.2 Objetivos Específicos .....	14
1.3 Metodologia .....	15
2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA .....	15
2.1 Conceitos preliminares .....	15
2.1.1 Racionalização dos métodos construtivos .....	15
2.1.2 Desperdícios na construção civil .....	16
2.2 A racionalização aplicada à construção civil .....	17
2.2.1 Construtibilidade .....	19
2.3 Métodos de racionalização .....	20
2.4 A racionalização do processo de produção .....	21
2.4.1 <i>Lean Construction</i> .....	23
2.4.2 <i>Logística</i> .....	26
2.4.3 Novas tecnologias .....	30
2.4.3.1 <i>Estruturas de concreto pré-fabricadas</i> .....	31
2.4.3.2 <i>Industrialização da armação de ferragens</i> .....	33
2.5 A racionalização da gestão .....	35
2.5.1 Ciclo PDCA .....	37
2.5.2 <i>Benchmarking</i> .....	39
2.5.3 <i>Scrum</i> .....	40
2.6 A racionalização das limitações inerentes à indústria da construção civil .....	43
2.6.1 A metodologia BIM .....	44
2.7 A racionalização nas etapas de uma obra .....	46

3 CONSIDERAÇÕES FINAIS .....	50
REFERÊNCIAS .....	51

## 1 INTRODUÇÃO

Para chegar em sua concepção atual, a Construção Civil passou por longas e importantes transformações. Na pré-história, tinha o objetivo de proteger o homem do ataque de animais. Com a evolução das pequenas comunidades, passou a proteger o homem de rivais igualmente humanos. Com o surgimento das primeiras cidades, havia toda uma questão de proteção de ataques externos através de barreiras físicas: as muralhas. As técnicas foram sendo aprimoradas durante toda a antiguidade. As pirâmides egípcias, os grandes aquedutos romanos, os refinados templos religiosos espalhados pelo mundo. Dessa forma, nasce a concepção estética, além da ideia de grandiosidade. Na Idade Média, mesmo com o conhecimento ainda genérico, baseado em experiências (boas ou ruins) anteriores, houveram inovações na construção de igrejas e castelos. Por volta do século XV, no período Renascentista, é possível perceber uma separação entre projeto e obra. (SHARMA, 2019)

Mas é a partir da Revolução Industrial, com o desenvolvimento das técnicas de construção, da criação de novos métodos e a descoberta de novos materiais, que surge a Construção Civil como se conhece hoje.

FRANCO (2004) afirma que a constante busca por soluções para o aumento da competitividade na indústria da construção civil tem sido recorrente objeto de estudo por parte de empresas do ramo, a fim de destacar seus empreendimentos no que diz respeito ao preço de venda e qualidade do produto final. Dessa maneira, a racionalização dos métodos construtivos das edificações tem sido recurso bastante utilizado, uma vez que sua aplicação pode ser superposta à filosofia e organização já existentes na empresa.

A racionalização na construção civil estuda processos de transformação, de fluxo e de dinheiro, visando aperfeiçoar a atividade de construir. Por ter um significado amplo, e ser facilmente confundida com ações de menor impacto, se faz fundamental definir o conceito de racionalizar os métodos construtivos, para que, ao ser implantada, tenha os efeitos esperados.

“Racionalização, na construção, consiste no esforço para tornar mais eficiente a atividade de construir, na busca da melhor solução para os diversos problemas da edificação” (BARROS, 1996).

De modo geral, os benefícios observados ao adotar-se a racionalização, na construção civil, são: elevado índice de qualidade, baixo índice de desperdício, otimização de recursos e tempo, diminuição de acidentes de trabalho e redução de resíduos. Mas qual seria a maneira correta de aplicá-la? O trabalho busca apresentar e discutir metodologias que, aliadas aos processos construtivos, tornam a produção, a gestão e as limitações inerentes à indústria da construção civil mais proveitosas.

### 1.1 Justificativa

A indústria da construção civil representa significativa parcela de contribuição no Produto Interno Bruto – PIB do país. Dados do IBGE (2019) apontam que, mesmo diante de uma variação negativa em volume percentual na contribuição de valor adicionado bruto desde 2014 (tabela 1), em 2016 o setor era responsável pela ocupação de 8.033.881 pessoas, valor que corresponde a 8% da parcela total de pessoas empregadas (tabela 2).

Tabela 1 – Valor adicionado bruto (Construção Civil).

<b>Ano</b>	<b>Variação em volume (%)</b>
2001	-1,6
2002	4,8
2003	-8,9
2004	10,7
2005	-2,1
2006	0,3
2007	9,2
2008	4,9
2009	7
2010	13,1
2011	8,2
2012	3,2
2013	4,5
2014	-2,1
2015	-9

2016	-10
2017	-7,5
2018	-2,5

Fonte: IBGE, Diretoria de Pesquisas, Coordenação de Contas Nacionais (2019).

Tabela 2– Participação da indústria da construção na população ocupada.

Ano	Pessoas Ocupadas		Participação Relativa da Construção Civil na População Ocupada Total (%)
	Brasil	Construção Civil	
2000	78.744.515	<b>5.579.533</b>	7,09
2001	79.340.589	<b>5.603.994</b>	7,06
2002	82.416.557	<b>5.851.946</b>	7,1
2003	83.770.062	<b>5.652.633</b>	6,75
2004	87.942.470	<b>5.862.069</b>	6,67
2005	90.538.826	<b>6.135.556</b>	6,78
2006	93.049.796	<b>6.201.572</b>	6,66
2007	94.551.694	<b>6.514.359</b>	6,89
2008	95.720.196	<b>6.833.562</b>	7,14
2009	96.559.173	<b>7.229.909</b>	7,49
2010	98.116.218	<b>7.844.451</b>	8
2011	99.560.157	<b>8.099.182</b>	8,13
2012	100.960.268	<b>8.578.192</b>	8,5
2013	102.537.398	<b>8.808.155</b>	8,59
2014	105.472.678	<b>9.149.114</b>	8,67
2015	101.955.076	<b>8.639.884</b>	8,47
2016	100.362.394	<b>8.033.881</b>	8

Fonte: IBGE, Diretoria de Pesquisas, Coordenação de Contas Nacionais (2019).

Essa grande responsabilidade da indústria da construção civil no PIB tem consequências. Estima-se que a construção civil consome em torno de 20 e 50% do total dos recursos naturais consumidos pela sociedade. (COSTA, 2003)

É perceptível a importância do setor no âmbito social, econômico e ambiental. Entretanto, diante de um cenário econômico desanimador, a construção civil, muitas vezes caracterizada por processos financeiramente custosos, emprego de mão de obra não qualificada e alto impacto na natureza, parece estar estagnada.

Dessa forma, pensar na racionalização dos métodos construtivos, visando diminuir tempo de obra, desperdício de materiais, acidentes de trabalho e, por fim, custo total do processo, torna-se uma alternativa viável, uma vez que “a definição de uma estratégia de atuação das empresas, voltada à racionalização do processo produtivo, constitui um ponto fundamental para que o setor da construção evolua, tornando-se mais competitivo”. (BARROS, 1996)

Ao racionalizar-se os processos construtivos, há uma colaboração com os gestores da indústria da construção civil, já que permite uma evolução contínua, mas que tem como ponto de partida a cultura já existente da empresa.

## **1.2 Objetivos**

### 1.2.1 Objetivos Gerais

O trabalho tem como objetivo geral realizar uma revisão da literatura sobre estudos envolvendo a racionalização dos métodos construtivos.

### 1.2.2 Objetivos Específicos

Os objetivos específicos são:

- Apresentar e discutir conceitos relacionados à racionalização da construção civil;
- Buscar compreender e explicar a racionalização aplicada à engenharia civil;
- Apresentar métodos de racionalização que podem ser usados na indústria da construção civil.

### 1.3 Metodologia

Essa pesquisa tem caráter exploratório, explicativo e descritivo, com base em livros, teses, dissertações, monografias, artigos e materiais disponíveis para consulta.

Será realizada uma revisão bibliográfica acerca dos métodos de racionalização da indústria da construção civil, confrontando as informações obtidas, expondo os antigos e novos conceitos e fazendo o levantamento de novos meios e tecnologias que possam auxiliar esse processo de racionalização.

## 2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

### 2.1 Conceitos preliminares

#### 2.1.1 Racionalização dos métodos construtivos

A fim de melhor conceituar os pontos neste trabalho estudados, faz-se fundamental definir o que de fato significa racionalizar os métodos construtivos.

Segundo VIARO (2015), etimólogo do dicionário online “Michaelis”, o termo “*racionalizar*” pode ser entendido por: 1. Tornar algo mais racional; 2. Procurar entender ou explicar algo de modo racional ou coerente; 3. Planejar um método de trabalho, tornando-o mais eficiente e produtivo.

Já o substantivo “*método*”, pode ser definido como: 1. Emprego de procedimentos ou meios para a realização de algo, seguido um planejamento; rumo; 2. Processo lógico e ordenado de pesquisa ou de aquisição de conhecimento; 3. Modo de agir; meio. (VIÁRIO, 2015)

Por fim, o adjetivo “*construtivo*” significa: 1. Relativo à construção; que constrói; 2. Que é destinado ou próprio para construir. (VIÁRIO, 2015)

Dessa forma, em uma primeira perspectiva, a “racionalização dos métodos construtivos” faz menção a tornar o ato de construir um processo lógico e ordenado mais eficiente e produtivo.

Para BARROS (1996), “pode-se entender a racionalização como o esforço para tornar mais eficiente a atividade de construir, o esforço para se buscar a solução ótima para os problemas da construção.”

SABBATINI (1989) define a racionalização construtiva como um processo composto pelo conjunto de todas as ações que tenham por objetivo otimizar o uso dos recursos materiais, humanos, organizacionais, energéticos, tecnológicos, temporais e financeiros disponíveis na construção em todas as suas fases.

Ainda, segundo GEHBAUER (2004), a racionalização na construção civil é analisar metodicamente as estruturas e processos existentes, com a finalidade de descobrir pontos fracos, como exemplo, tempos de espera desnecessários, falhas na preparação e transmissão de informações, estoques intermediários evitáveis e percursos de transporte demasiadamente longos. O autor acrescenta que, depois, a racionalização é perceber as possibilidades de melhoria, analisá-las e introduzi-las para assim testá-las e serem aceitas pelos envolvidos.

Assim, durante todo o desenvolvimento deste trabalho, pensaremos na racionalização dos métodos construtivos como algo que abrange não só a otimização do tempo e dos recursos financeiros, mas como um processo que otimiza todo o sistema construtivo, desde as relações pessoais até a gestão de materiais e resíduos, durante todas as etapas da obra.

### 2.1.2 Desperdícios na construção civil

“O conceito de perdas na construção civil é, com frequência, associado unicamente aos desperdícios de materiais. No entanto, as perdas estendem-se além deste conceito e devem ser entendidas como qualquer ineficiência que se reflita no uso de equipamentos, materiais, mão de obra e capital em quantidades superiores àquelas necessárias à produção da edificação.” (FORMOSO *et al*, 1996)

É o que afirmam COLOMBO e BAZZO (1999) ao proporem que desperdício não pode ser visto apenas como o material refogado no canteiro (rejeitos), mas sim como toda e qualquer perda durante o processo. Portanto, qualquer utilização de recursos além do necessário à produção de determinado produto é caracterizada como desperdício classificado conforme: seu controle, sua natureza e sua origem. Conforme a origem, as perdas podem ocorrer no próprio processo produtivo, como nos que o antecedem, como fabricação de materiais, preparação dos recursos humanos, projetos, planejamento e suprimentos.

OHNO (1978, apud. ROSA 2001) propõe a classificação das perdas em sete categorias:

- **Perdas por superprodução:** podem ser de duas naturezas distintas, superprodução quantitativa e superprodução por antecipação.
- **Perdas por transporte:** são consideradas todas as atividades de movimentação de materiais que geram custo e não adicionam valor e que podem ser eliminados imediatamente ou em um prazo curto definido.
- **Perdas no processamento em si:** são decorrentes das atividades de processamento desnecessárias para que o produto adquira suas características de qualidade.
- **Perda por fabricação de produtos defeituosos:** são consideradas todas as produções de peças, componentes ou produtos acabados que não atendam às especificações de qualidade do projeto.
- **Perdas no movimento:** são relacionadas aos movimentos desnecessários dos trabalhadores quando esses estão executando suas operações.
- **Perdas por espera:** são consideradas as perdas associadas a tempos nos quais trabalhadores ou máquinas não estão sendo utilizados produtivamente (mas seus custos horários continuam sendo despendidos).
- **Perdas por estoque:** são perdas que resultam de estoque de matéria-prima, material em processamento e produtos acabados, que acarretam elevados custos financeiros.

Apesar disso, as perdas de material são destaque quando se trata de desperdício na construção civil, por ser a parcela visível e também porque o consumo desnecessário de material resulta numa alta produção de resíduos, causa transtornos nas cidades, reduz a disponibilidade futura de materiais e energia e provoca uma demanda desnecessária no sistema de transporte, além da alta participação dos materiais na composição do custo unitário básico (CUB). (COLOMBO e BAZZO, 1999)

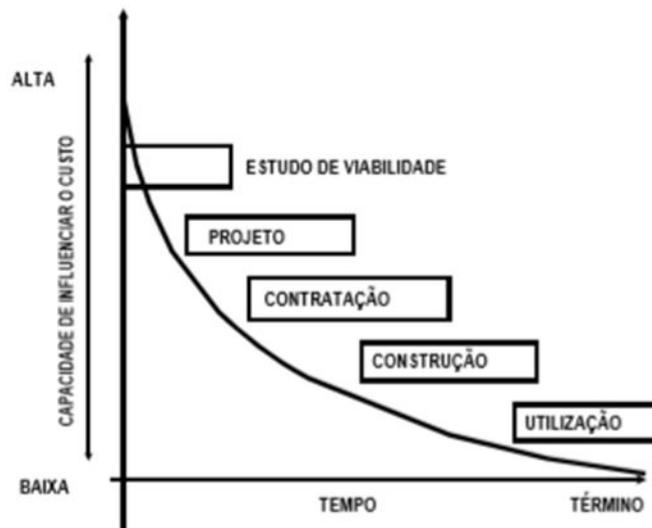
## **2.2 A racionalização aplicada à construção civil**

FRANCO (2004) afirma que a racionalização construtiva é a ação mais procurada pelas empresas para solucionar o problema do não aumento da competitividade das empresas da área, “pois permite uma evolução constante, a partir da própria cultura da empresa, e possui grande sinergismo com outras iniciativas, como, por exemplo, a implantação de sistemas da qualidade.”

Este pensamento segue a mesma linha de raciocínio de BARROS (1996), que diz que a implantação de tecnologias construtivas racionalizadas, desde que seja incorporada à cultura da empresa, pode ser um importante instrumento para a evolução do processo de produção. Contudo, implantar tecnologias construtivas de racionalização em uma empresa não consiste basicamente na utilização de uma nova tecnologia. Para a citada autora, “implantar” significa consolidar a nova tecnologia no sistema produtivo da empresa, através de princípios que permitam a sua constante evolução.

Durante o processo produtivo, algumas etapas podem influenciar mais no custo total de uma obra do que outras. Essa relação é bem representada na figura 1 abaixo, idealizada por O’CONNOR e DAVIES (1988):

Figura 1 – Etapas da obra e sua capacidade de influenciar o custo.



Fonte: O’Connor e Davies (1988).

Interpretando-a, é possível constatar que a etapa de projeto tem maior influência no custo do que a etapa de construção, por exemplo. Para FRANCO (2004), o projeto merece especial destaque, uma vez que é o principal articulador e indutor de todas as ações, organizando e garantindo o emprego eficiente da tecnologia.

E é justamente isso que afirma FERREIRA (s.d.): “o projeto é o carro-chefe de qualquer racionalização. É o ponto onde se deve parar para analisar uma série de características do processo, de forma a obter sucesso pleno”.

No sentido de evitar erros e prejuízos que já sejam provenientes das primeiras etapas do processo construtivo, aplica-se o conceito de construtibilidade.

### 2.2.1 Construtibilidade

Construtibilidade, segundo OLIVEIRA (1995), é definida como a habilidade ou facilidade de se construir o que está em projeto.

O *Construction Industry Institute – CII*, define construtibilidade como o uso ótimo do conhecimento e da experiência em construção no planejamento, projeto, contratação e trabalho no canteiro, para atingir os objetivos globais do empreendimento. (apud. 1987 MATTOS, 2018).

Já GRIFFITH e SIDWELL (1995) definem a construtibilidade no projeto como a consideração detalhada dos elementos de projeto para atender os requerimentos técnicos e financeiros do empreendimento, considerando quando possível a relação projeto-construção para melhorar a efetividade do projeto e com isto subsidiar o processo de construção no canteiro.

Nesse sentido, para FERREIRA (s.d.), “a construtibilidade é atingida através da aplicação de algumas premissas gerais, que posteriormente são agrupados em dezessete princípios básicos que agem como um roteiro para aplicação da metodologia”. Dentre os dezessete princípios, pode-se citar:

- 1) **Integração:** a construtibilidade deve fazer parte de forma integral de todo o planejamento do empreendimento.
- 2) **Conhecimento de construção:** o planejamento do projeto deve envolver ativamente o conhecimento e experiência de construção.
- 3) **Habilidade da equipe:** a experiência, habilidade e composição da equipe do empreendimento devem ser apropriadas para o mesmo.
- 4) **Recursos disponíveis:** a tecnologia da solução de projeto deve ser compatível com a habilidade e recursos disponíveis.
- 5) **Fatores externos:** fatores externos podem afetar o custo e/ou o programa do empreendimento.
- 6) **Programa:** a totalidade do programa do empreendimento deve ser realista e adequado à construção, devendo ter a concordância da equipe do empreendimento.
- 7) **Metodologia construtiva:** o projeto deve considerar a metodologia construtiva.

8) **Acessibilidade:** a construtibilidade será aumentada se a acessibilidade da construção for considerada no projeto e nos estágios de construção do empreendimento.

9) **Inovação:** o emprego de técnicas inovadoras durante a construção vai aumentar a construtibilidade.

10) **Retroalimentação:** a retroalimentação significa o acúmulo de conhecimento e procedimentos que geraram benefícios e o levantamento de soluções que evitem os problemas encontrados durante o processo construtivo. A construtibilidade pode ser aumentada, para futuros empreendimentos similares, se uma análise pós-construção for realizada pela equipe do empreendimento.

Dessa forma, a construtibilidade vem como uma análise que visa prevenir os contratemplos já intrínsecos nos processos de construção civil. “Daí a importância de repensar o projeto desde sua concepção, reanalisar suas especificações a luz da capacidade de realizar o que está sendo projetado, enquanto está sendo projetado.” (FERREIRA, s.d.).

### 2.3 Métodos de racionalização

MIRANDA (1985) diz que simplificar o trabalho é racionalizar a estrutura da entidade, empregando ou utilizando meios, instrumentos, máquinas e ferramentas de forma a tornar as tarefas mais fáceis, mais econômicas, mais proveitosas, visando obter maior comodidade e produtividade, e por fim, empregar a menor quantidade possível de pessoal, material e recursos financeiros, na menor área, atendendo à maior clientela no menor tempo.

Segundo GEHBAUER (2004), são estabelecidos três tipos de racionalização a fim de melhorar a eficácia do sistema. O primeiro tipo (R1) é a racionalização que visa a redução dos custos no fluxo de material, na minimização das distâncias de transporte, na otimização das máquinas empregadas e na melhoria do fluxo de informações e da capacitação das pessoas envolvidas levando como fatores, a qualidade e o tempo que colocam efetivamente o processo da produção e do canteiro de obras no centro das atenções.

O segundo tipo (R2) diz respeito a estudos na área da gerência da empresa em que as ineficiências são mais transparentes e o seu tratamento exige um procedimento mais complexo.

Já o terceiro tipo (R3) abrange as limitações inerentes à indústria da construção civil de influenciar os fornecedores da cadeia produtiva para que cooperem na perspectiva de uma otimização do produto. Nesse caso, podem ser inseridos os arquitetos e projetistas.

Os três tipos de racionalização estão representados na Figura 2.



Fonte: Adaptado de Gehbauer (2004).

Seguindo essa definição, serão apresentados métodos para cada um dos três tipos de racionalização citados a cima.

Contudo, faz-se importante ressaltar que, conforme afirma BARROS (1996), a aplicação da metodologia proposta não resultará no sucesso automático da implantação da tecnologia construtiva de racionalização e empresas construtoras. É indispensável que a estrutura organizacional da empresa seja repensada e que se empreenda uma mudança cultural, com persistência e insistência no objetivo, fazendo uso de uma metodologia adequada para essa introdução.

#### 2.4 A racionalização do processo de produção

ZAMBERLAN *et al* (2006) afirma que há pelo menos três décadas, as empresas tem a preocupação de melhorar o fluxo de seus processos de forma a organiza-los e automatizá-los com o objetivo de reduzir custos e ganhar maior agilidade.

Para MAXIMIANO (2008), é por meio de processos (conjunto ou sequência de atividades interligadas) que a organização transforma os recursos para produzir os

resultados. No entanto, produção é uma palavra genérica, que indica todos os tipos de operações de fornecimento de produtos e serviços.

A busca pela melhoria dos processos de fabricação vem desde o fim do século XIX, quando Frederick Winslow Taylor propôs um sistema de gerência que criasse, através de métodos de experimentação do trabalho, regras e maneiras padrões de executar o trabalho. Uma gerência capaz de pré-planejar e pré-calcular todos os elementos do processo de trabalho. (RIBEIRO, 2015). Esse modo de organização ficou conhecido como Taylorismo e visava alcançar a fragmentação máxima do trabalho, de forma a minimizar os movimentos e tarefas supérfluas, bem como o aprendizado dos trabalhadores.

Assim como o Taylorismo, o Fordismo também enfatiza basicamente os princípios de produção. O Fordismo foi desenvolvido por Henry Ford em 1908. Esse modo de organização seguia o princípio do Taylorismo, mas com a adição da esteira rolante, que permitiu um ritmo mais dinâmico ao ambiente da fábrica. O ritmo mais dinâmico propiciou uma diminuição no tempo e no custo de produção, contudo, acarreta também na desqualificação dos seus funcionários. Ford percebe que seus funcionários são também seus consumidores, portanto, diminui a carga horária de trabalho para 8 horas diárias e aumenta o salário dos empregados. (BEZERRA, s.d.)

Já em meados do século XX surge o Toyotismo, desenvolvido por Taiichi Ohno, na montadora japonesa Toyota, como solução para a crise do capital ocorrida em 1970 dentro das fábricas de automóveis. Tal sistema conseguiu fundamentar um método de produção e entrega mais rápido e preciso que os preexistentes, “uma vez que a rede de empresas toyotista se fortalece pela focalização das firmas no núcleo principal dos seus negócios, gerando desverticalização e terceirização” (PINTO, 2012). Isso se deu pelo uso da força de trabalho, a partir de uma organização dos processos de produção que atribui a cada trabalhador várias tarefas diversificadas, o que não aconteceu na introdução do Taylorismo-Fordismo, onde o trabalhador tinha, na maioria das vezes, uma única função específica.

Segundo BORGES *et al* (2011), o modelo toyotista tentava potencializar o rendimento do trabalho através da união de todos em equipe estabelecendo a competição. Nesse sistema, articulavam habilidades cognitivas e comportamentais obtendo assim a automação flexível. De acordo com ANTUNES (2001), no Toyotismo a produção é muito vinculada à demanda; ela é variada e muito heterogênea; fundamenta-se no trabalho operário em equipe, com multivariabilidade de funções; tem

como princípio o just in time (o melhor aproveitamento possível do tempo de produção) e funciona segundo o sistema de Kanban (placas ou senhas de comando para reposição de peças de estoques).

O Sistema Toyota de Produção é, para MAXIMIANO (2008), baseado em dois fatores: a eliminação de desperdícios e a fabricação com qualidade. Seguindo o princípio de eliminação de desperdícios, nasce o sistema de produção enxuta (Lean Production), que se torna uma ferramenta de racionalização de processos na construção civil e recebe o nome de construção enxuta (Lean Constuction).

#### 2.4.1 *Lean Construction*

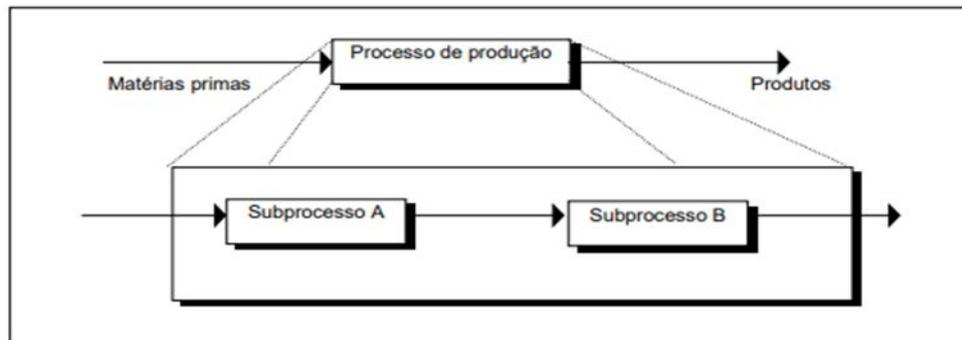
Devido à necessidade de inteirar a baixa eficiência e alcançar uma melhor gestão produtiva, o finlandês Koskela, em 1992, realizou estudos que resultaram no surgimento do modelo para gestão da produção na construção civil chamado *Lean Construction*, traduzido para o português, Construção Enxuta. Tal modelo de gestão é oriundo da Produção Enxuta (Lean Production). (LORENZON e MARTINS, 2006).

A principal diferença entre o método da *lean construction* e o método tradicional está no processo de produção. Ao aplicarmos o pensamento enxuto no gerenciamento de uma obra, por exemplo, estamos buscando minimizar os desperdícios já intrínsecos à construção civil, e, dessa forma, reduzir os custos totais do processo. Assim, o foco é priorizar as atividades que agregam valor no processo de produção. Ou seja, com foco na eliminação de qualquer tipo de trabalho que seja considerado desnecessário na produção de um determinado produto, sempre a fim de se alcançar aumento de produtividade. É o que aponta FORMOSO (2002):

“O modelo conceitual dominante na construção civil costuma definir a produção como um conjunto de atividades de conversão, que transformam os insumos (materiais, informação) em produtos intermediários (por exemplo, alvenaria, estrutura, revestimentos) ou final (edificação)”, e esse processo fica conhecido por “método de conversão”.

Esse processo é ilustrado na Figura 3.

Figura 3 - Método de conversão.



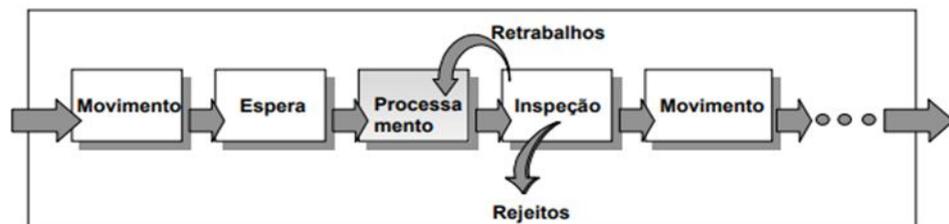
Fonte: Formoso (2002).

Observa-se que, no método de conversão, o processo de produção é dividido em subprocessos de conversão. Assim, quando queremos diminuir o valor de um determinado produto, focamos em diminuir os custos desses subprocessos, mas não levamos em consideração outras atividades que fazem parte da produção (como retrabalhos, espera por materiais, transporte de materiais e do produto final, etc).

ISATTO *et al* (2000) aponta as principais deficiências deste modelo, que apresenta uma parcela de atividades que compõem os fluxos físicos entre as atividades de conversão, as quais não são consideradas de forma explícita. Diferentemente das atividades de conversão, estas não agregam valor.

Para KOSKELA (1992), na *Lean Construction* o ambiente produtivo é constituído por atividades de conversão e de fluxo (de materiais, mão de obra e informações). O modelo pode ser representado pelo fluxograma da figura 4.

Figura 4 - Modelo de produção da construção enxuta.



Fonte: Koskela (1992).

O gerenciamento das atividades de fluxo é uma fase fundamental na procura do aumento da produtividade e eficiência da obra. Para o citado autor, KOSKELA (1992, apud. PÁDUA, 2014), a construção enxuta possui os seguintes princípios:

- Redução da parcela de atividades que não agregam valor ao produto final. Isto significa reduzir as perdas e melhorar a eficiência das atividades de conversão e fluxo, e também eliminar as atividades de fluxo que existem no processo, mas não agregam valor ao produto final. Por exemplo, eliminar processos de transporte de materiais em uma cadeia produtiva. Contudo, deve-se atentar que muitos processos de fluxo são necessários para a produção. Portanto, não se deve aplicar esse princípio sem critérios.

- Aumentar o valor do produto através da consideração das necessidades dos clientes. Devem ser identificadas as necessidades dos clientes (internos e externos) e essas são levadas em consideração na concepção do projeto e na gestão da cadeia produtiva, para cada etapa do projeto.

- Redução da variabilidade do produto. Essa redução de variabilidade, diretamente ligada à variabilidade do processo, resulta em um produto com mais uniformidade, que gera mais satisfação ao cliente final, já que a qualidade do produto corresponde às especificações previamente estabelecidas.

- Redução do tempo de ciclo dos processos. Tempo de ciclo é a soma de todas as durações das etapas de execução de um processo (transporte, espera, processamento e inspeção). Este princípio força a diminuição dos prazos de execução dos serviços, forçando também a eliminação das atividades de fluxo. Além disso, a redução dos tempos de fluxo contribui para a entrega mais rápida do produto para os clientes, o controle dos processos fica mais fácil, o efeito aprendizagem (melhoria de processos repetitivos em ciclos subsequentes) tende a aumentar, estimativas de futuras demandas por parte dos clientes são mais precisas e, principalmente, o sistema de trabalho tende a se tornar menos susceptível a mudanças de demanda.

- Aumento da flexibilidade de saída dos produtos finais. Essa flexibilidade está ligada à possibilidade de alterar o produto final de acordo com a necessidade do cliente, sem aumento significativo dos custos.

- Aumento da transparência dos processos. A transparência dos processos torna mais fácil a identificação de erros em qualquer etapa, aumenta a disponibilidade de informações necessárias para a execução dos serviços, tornando o trabalho mais fácil de ser executado. Além disso, aumenta o envolvimento da mão de obra no desenvolvimento de sugestões e melhorias do processo.

Dessa maneira, diante de um mercado cada vez mais competitivo, a aplicação do método da construção enxuta torna-se uma importante ferramenta de otimização

de processos e custos, podendo ser uma vantagem para a empresa que decide adotá-la.

### 2.4.2 Logística

Diante da necessidade de otimizar o processo de produção, aplica-se, também, conceitos da Logística. Logística, segundo SLACK (2002), deriva da palavra francesa “*logistique*”, que diz respeito à parte da arte militar relativa ao planejamento, transporte e suprimento de tropas em operações; é também a denominação dada pelos gregos à arte de calcular ou aritmética aplicada.

O Conselho de Profissionais de Gerenciamento da Cadeia de Suprimentos (Council of Supply Chain Management Professionals – CSCMP), citado por NASCIMENTO (2014), diz que:

“A logística é a parte da gestão da cadeia de suprimentos que planeja, implementa e controla os fluxos direto e reverso e a armazenagem eficiente e eficaz de bens, serviços e informações relacionadas, do seu ponto de origem até o seu ponto de consumo, de maneira a atender as necessidades dos clientes.”

De acordo com BALLOU (2006), a gestão logística é a arte de administrar o fluxo de materiais e produtos da fonte até os usuários, já que gerencia e supervisiona todas as atividades envolvidas na movimentação de bens como o transporte de materiais, pessoas e recursos para o lugar certo no momento certo.

Para DIAS (2005), a logística é o processo de planejar, implementar e controlar, de forma eficiente e econômica, o fluxo de suprimentos e produtos, a armazenagem e o fluxo de informações correspondentes a todo o sistema desde a origem ao destino final, objetivando o atendimento às necessidades dos clientes.

BALLOU (2006) divide as atividades da cadeia logística em atividades primárias e atividades de apoio. As atividades primárias são assim chamadas porque ou influem diretamente na maior parcela do custo total da logística, ou são essenciais para a coordenação e cumprimento da tarefa logística. Essas atividades estão presentes em todos os subsistemas logísticos. São elas:

- **Transporte:** Envolve decisões quanto aos métodos, roteiros e utilização da capacidade do veículo escolhido. O transporte adiciona valor de lugar ao produto. (AGUIAR, 2016)

- **Manutenção de estoques:** Elemento regulador entre a oferta e a demanda, pois nem sempre é possível nem viável providenciar uma entrega ou produção instantânea. Esta atividade adiciona valor de tempo ao produto. (AGUIAR, 2016)

- **Processamento de pedidos:** Envolve decisões relacionadas às atividades de coleta, verificação e transmissão de informações sobre vendas. Possui custo pequeno em relação a outras atividades primárias. É vital, pois inicializa a movimentação dos produtos e a entrega dos serviços. É crítico em termos do tempo para levar bens e serviços aos clientes. (AGUIAR, 2016)

Já as atividades de apoio da cadeia logística servem de suporte às atividades primárias. São elas: armazenagem, manuseio de materiais, empacotamento, obtenção, programação do produto, manutenção de produto. (BALLOU, 2006)

Atualmente, a logística está empregada nos mais diversos setores empresariais, inclusive na construção civil. A introdução da logística na construção civil pode ser efetivada de uma forma bastante similar ao seu emprego numa indústria de manufatura, dada analogia existente entre um canteiro de obras e uma unidade fabril. Em uma unidade fabril, ao longo de uma cadeia de suprimentos, existe uma sucessão de serviços, manuseios, movimentações e armazenagens. Pode-se, assim, fazer uma comparação com um canteiro de obras, onde este seria a unidade fabril com suas diversas organizações internas interdependentes (relação de continuidade) e intervenientes (relação de qualidade). (BARBOSA, MUNIZ e SANTOS, 2007)

AGUIAR (2016) afirma que a logística na construção é o “processo multidisciplinar aplicado nas obras, que visa garantir a aquisição, o armazenamento, o processamento e a disponibilização de recursos e materiais nas frentes de trabalho”. Para o autor, a logística aplicada às empresas de construção pode ser subdividida em:

- **Logística de suprimentos (externa):** Tem o intuito de gerir a cadeia de suprimentos dos recursos ligados à produção de edifícios. Entre suas tarefas, estão: planejamento e especificação de necessidades de recursos materiais; emissão e transmissão de pedidos de compra; transporte dos recursos até a obra; recebimento e inspeção dos materiais; manutenção do suprimento de recursos previstos no planejamento.

- **Logística de canteiro (interna):** É a gestão dos fluxos físicos e fluxos de informações vinculados à execução da obra. As principais tarefas da logística de

canteiro são: gestão dos fluxos físicos ligados à execução, quem englobam o conhecimento das datas de início e término de serviços, o ritmo e a sequência, o detalhamento dos fluxos que serão realizados na execução de cada serviço e seus mecanismos de controle; gestão de toda a informação necessária; gestão física das áreas de trabalho, incluindo a definição e implantação dos elementos de canteiro, como por exemplo áreas de estoques, área dos equipamentos de segurança coletiva, etc.

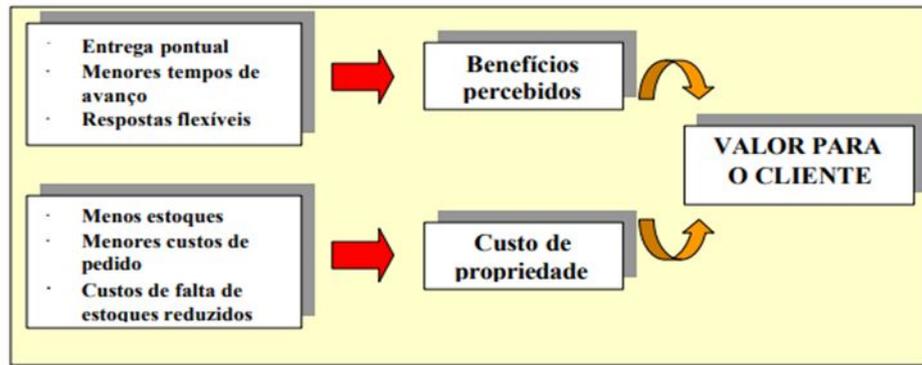
Segundo LAMBERT *et al* (1998, apud CRUZ, 2002), os valores agregados pela logística aos produtos, além daquele agregado pela produção, são lugar, tempo e propriedade. As atividades logísticas providenciam lugar e tempo enquanto o marketing providencia a propriedade, e o gerenciamento está preocupado com o valor agregado pela logística, porque melhorias em lugar e tempo, em última análise refletem no lucro da empresa. Economia de custos em logística ou uma forte posição no mercado devido a melhorias no sistema logístico pode refletir em melhorias no desempenho na linha de produção. Em empresas nas quais a logística contribui com uma parcela significativa para o valor agregado do produto, o gerenciamento logístico é particularmente importante.

Podemos definir os valores agregados citados por LAMBERT *et al* (1998) como:

- a) **Utilidade de lugar:** É o valor criado ou agregado ao produto tornando-o disponível para compra ou consumo no lugar correto.
- b) **Utilidade de tempo:** É o valor criado tornando o produto disponível no tempo correto. Produtos não são valorizados pelos clientes se eles não estiverem disponíveis quando eles são necessários.
- c) **Utilidade de propriedade:** É o valor agregado ao produto por permitir o cliente ter a posse do item desejado.

Seguindo a mesma linha de raciocínio, podemos observar o fluxograma de CHRISTOPHER (1999) que representa o valor da logística para o cliente (figura 5).

Figura 5- Logística e valor para o cliente.



Fonte: Christopher (1999).

Percebe-se que a aplicação da logística no sentido de redução de tempo, respostas rápidas e flexíveis, menores estoques e menores custos de pedidos influem diretamente no valor de serviço e produto para o cliente.

"Devido à crescente competição presente tanto nos mercados internos quanto nos externos, fruto da globalização, as organizações têm demonstrado uma maior preocupação em relação à manutenção das vantagens competitivas que determinam suas estratégias, a criação de oportunidades que lhes permitam atingir mercados cada vez maiores e à adição de valor aos negócios existentes." (BARBOSA, MUNIZ e SANTOS, 2007)

Neste contexto, observa-se uma grande preocupação com a sustentabilidade dentro do mercado da construção civil, já que seus processos de produção (e todo o material residual desse processo) têm grande potencial de impacto no meio ambiente.

Assim, a aplicação do conceito da logística reversa também se torna um diferencial às empresas que decidem adotá-la. Logística reversa, segundo LEITE (2005), é a área da logística empresarial que planeja, opera e controla o fluxo e as informações logísticas correspondentes, do retorno dos bens de pós-venda e de pós-consumo ao ciclo de negócios ou ao ciclo produtivo, por meio dos canais de distribuições reversos, agregando-lhes valor de diversas naturezas: econômico, ecológico, legal, logístico, de imagem corporativa, entre outros.

Para BARBOSA, MUNIZ e SANTOS (2007), a logística reversa estabelece uma política de disposição final, reutilização, reciclagem, reforma, reparo (reaproveitamento) para um determinado produto. Seu estudo em qualquer segmento produtivo se justifica. Para a indústria da construção civil, em específico, podemos citar os seguintes fatores de importância:

- Os processos industriais da cadeia produtiva da Construção Civil gerarem resíduos industriais de característica diversas e em alto volume e massa, os quais causam expressivos impactos ambientais;
- As atividades de logística reversa já existentes na cadeia configurarem-se por meio de iniciativas isoladas, e não possuem o grau de organização necessário para serem reproduzidas e ampliadas;
- O desenvolvimento sustentável do ambiente construído ser condição primordial para a sustentabilidade do planeta.

Portanto, além de estabelecer um fluxo de materiais e produtos, a logística (no seu conceito reverso) pode também adicionar valor ao serviço ofertado pela empresa, uma vez que sua visão de responsabilidade sobre todo o ciclo de produção demonstra comprometimento para com toda a sociedade.

#### 2.4.3 Novas tecnologias

Compreender o uso das tecnologias na construção civil é entender que nos últimos anos ocorreram grandes inovações e aprimoramentos em produtos e serviços que passaram a viabilizar e apresentar soluções para as empresas do setor da construção no sentido de reduzir custos e tempo com a aplicação de medidas que visam qualidade e segurança. (POTT, EICH e ROJAS, 2017).

SABBATINI (1989) define inovação tecnológica, no campo da tecnologia da construção de edifícios, como sendo:

“Um novo produto, método, processo ou sistema construtivo introduzido no mercado, constituindo-se em uma inovação tecnológica na construção de edifícios quando incorporar uma nova ideia e representar um sensível avanço na tecnologia existente em termos de: desempenho, qualidade ou custo do edifício, ou de sua parte.”  
(SABBATINI, 1989)

Nesse sentido, diante de um cenário onde novas tecnologias surgem todos os dias, as técnicas construtivas passam por um constante processo de modernização. Segundo VAZ (2014), as inovações tecnológicas vêm com a intenção de aproximar os processos construtivos a modelos logísticos padronizados com operações repetitivas e automatizadas; esses processos construtivos são classificados como racionalizados em função do seu grau de industrialização. Para SABBATINI (1989),

estes processos se diferenciam dos tradicionais pelo seu nível organizacional, traduzido por uma centralização e planejamento das decisões.

Para DONIAK (2012), “a industrialização da construção civil significa a efetiva adoção dos sistemas industrializados, ou seja, produzidos na indústria”. Dessa maneira, MOURA e SÁ (2013) citam alguns exemplos de industrialização dentro dos canteiros de obra. São eles:

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

Entre os benefícios da industrialização do setor, podemos citar: padronização, velocidade na execução, menores índices de retrabalho, a conseqüente melhora na produtividade, menores índices de desperdícios, e, assim, menor geração de resíduos.

#### *2.4.3.1 Estruturas de concreto pré-fabricadas*

ACKER (2002) aponta que o uso de concreto pré-moldado em edificações está amplamente relacionado a uma forma de construir econômica, durável, estruturalmente segura e com versatilidade arquitetônica. A indústria de pré fabricados está continuamente fazendo esforços para atender as demandas da sociedade como economia, eficiência, desempenho técnico, segurança, condições favoráveis de trabalho e de sustentabilidade.

Para VASCONCELLOS (2002), não se pode datar exatamente o surgimento da pré-moldagem. O próprio nascimento do concreto armado ocorreu com a pré-moldagem, fora do local de seu uso. Dessa maneira, pode-se afirmar que a pré-moldagem começou com a invenção do concreto armado.

A ABNT (1985), através da norma NBR 9062 - Projeto e Execução de Estruturas de Concreto Pré Moldado, define estrutura pré-fabricada como elemento pré-moldado executado industrialmente, mesmo em instalações temporárias em canteiros de obra, ou em instalações permanentes de empresa destinada para este fim que atende aos requisitos mínimos de mão-de-obra qualificada; a matéria-prima dos elementos pré-fabricados deve ser ensaiada e testada quando no recebimento pela empresa e previamente à sua utilização.

ORDÓNEZ e DONIAK (2010) afirmam que a industrialização é interessante na medida em que é um meio para harmonizar a construção, a indústria e o resultado final da obra construída. O uso eficiente dos materiais deve ser combinado com uma utilização estrutural que assegure a durabilidade das habitações. O concreto é um material que apresenta inúmeras vantagens para as construções habitacionais: sua maior durabilidade implica menor custo de manutenção; seu bom desempenho térmico pode ser associado à sua função estrutural; sem contar também o bom acabamento possibilitado pela tecnologia.

Dessa maneira, o processo construtivo se torna mais ágil, além de possibilitar maior controle tecnológico e qualidade dos materiais utilizados, elementos que permitem a execução de edifícios cada vez mais altos e esbeltos.

No entanto, faz-se importante estudar a viabilidade desse sistema construtivo a cada novo projeto.

“Analisando as perspectivas do concreto pré-moldado para uma determinada obra, conclui-se que o sistema é viável quando os elementos estruturais com dimensões similares são produzidos várias vezes, quando há necessidade de peças com alto padrão de qualidade e, ainda, quando o cronograma se torna uma restrição considerável para o gerenciamento da obra (ou seja, a execução desta deve ser em um menor tempo possível). Após verificar que o sistema é economicamente viável, faz-se um estudo do trajeto – distância e curvas – a fim de definir se o pré-moldado será totalmente ou parcialmente produzido em fábrica ou no canteiro de obras. Em alguns casos, por exemplo, o caminhão carregado com a peça não consegue percorrer as curvas deste percurso. Então, opta-se por construir um pátio no canteiro de obras.” (MAIA *et al*, 2015)

### 2.4.3.2 Industrialização da armação de ferragens

Segundo FILHO (2010), até o final dos anos 70, os serviços de corte e dobra no Brasil eram executados de forma artesanal. As usinas siderúrgicas entregavam o aço ao consumidor em forma de rolos de 2 toneladas ou em barras de 12 metros, exigindo improvisações para as necessidades da obra, que, na época, contava com poucos recursos tecnológicos. Entretanto, na Europa, os níveis de industrialização e automatização dos serviços de corte e dobra de aço para construção civil já eram considerados bastante avançados. Dessa maneira, em 1989, um imigrante polonês trouxe ao país a primeira filial de sua prestadora de serviços de corte e dobra de aços para a construção civil.

LOPES (1992) observa que o aço estrutural ocupa lugar de destaque dentre os insumos que apresentam elevada intensidade de perda verificada. Para PRAÇA e NETO (2001), isto se trata de um processo irracional, bastando para tanto analisar a forma de manuseio das armaduras das peças de concreto armado das edificações. O material que chega ao canteiro de obras é fornecido aos profissionais responsáveis, no caso os armadores, sem qualquer orientação, que o moldam sem que haja qualquer preocupação com o planejamento desta etapa, visto que envolve operações de corte e dobramento de barras em tamanhos diversos. Como resultado, tem-se uma enorme pilha de barras de aço retorcidas e enferrujadas aguardando para serem recolhidas e transportadas para depósitos ou sucatas, ocupando grandes espaços nos canteiros de obras.

A Norma NBR 7480 (2007) trata do aço para armadura de estruturas de concreto armado. Seu objetivo é “fixar as condições exigíveis na encomenda, fabricação e fornecimento de barras e fios de aço destinados a armaduras para concreto armado”. Comercialmente, as barras e fios de aço são chamados de “vergalhão”. A norma especifica as condições de fornecimento: as barras e fios são fornecidos em peças, feixes, rolos ou conforme acordo mútuo entre fornecedor e comprador, registrado no ato da encomenda.

NETO (2009) afirma que o aço pode ser fornecido nas seguintes formas:

- **Aço fornecido em barras:** Este fornecimento é específico para aqueles que pretendem cortar, dobrar e montar os elementos estruturais seja no próprio canteiro de obras ou em uma central de armação. É a forma mais conhecida e, por isso, mais utilizada até hoje. Suas principais vantagens são: menor espaço para

estocagem do aço (aço armazenado em baias) e rapidez na conferência do aço (podendo ser conferido pela pesagem do caminhão). Contudo, a maior desvantagem é deste tipo de fornecimento é a possibilidade de haver um alto índice de perdas, se comparado aos demais tipos de fornecimentos.

- **Aço fornecido cortado e dobrado:** Neste tipo de fornecimento, o aço é encomendado conforme detalhamento estrutural e é entregue para o cliente que recebe o aço cortado e dobrado de acordo com o pedido inicial, necessitando apenas estocar e montar a armadura. Para o autor, as vantagens deste tipo de fornecimento são o grau de industrialização alto, pois o serviço de corte e dobra do aço é feito em fábricas de corte e dobra, e a diminuição nas perdas de aço, pois ele é entregue no formato desejado, não precisando realizar cortes e dobras.

- **Aço fornecido pré armado:** Nesse sistema o aço é cortado e dobrado e em seguida montado em uma fábrica, chegando pronto para ser colocado nas fôrmas. As vantagens deste tipo de fornecimento são o maior grau de industrialização, devido ao material ser montado em fábrica; extingue-se a grande parte do processo de armação em obra; elimina-se a perda de aço, pois ele chega pronto para ser colocado nas fôrmas antes da concretagem. Contudo, o aço pré-armado exige alguns cuidados especiais em relação a movimentação da armadura durante o seu transporte. A pré-armação precisa estar amarrada corretamente para evitar que as peças da armadura saiam de suas posições originais e, se a armadura tiver uma massa muito elevada, necessita-se estudar o caso.

- **Aço fornecido em telas soldadas:** A produção de telas soldadas é regida pela norma NBR 7481 (1990). Esta norma define o material como “armadura pré fabricada, destinada a armar o concreto, em forma de rede de malhas retangulares, constituída de fios de aço longitudinais e transversais, sobrepostos e soldados em todos os pontos de contato, por resistência elétrica”.

Em sua pesquisa, PRAÇA e NETO (2001) constatam uma diferença orçamentária significativa entre o sistema tradicional de fornecimento de aço e o sistema industrializado de fornecimento, onde as barras de aço já vêm cortadas e dobradas. O sistema tradicional apresentou um custo unitário de R\$ 1,94 por Kg de aço, enquanto o sistema industrializado apresentou um custo unitário de R\$ 1,63 por kg de aço, portanto uma diferença de R\$ 0,31 em cada Kg de aço. Em termos percentuais, esta diferença representa uma economia de 19%.

Dessa maneira, nota-se que, apesar da necessidade de mais atenção na hora de sua movimentação, o fornecimento industrializado de aço apresenta mais vantagens em relação a custos e perdas de materiais que o fornecimento tradicional. Além disso, pode-se acrescentar a melhoria nas condições de trabalho dentro do canteiro de obras, uma vez que os colaboradores não ficam mais expostos às intempéries que várias vezes as atividades de corte e dobra exigem.

É o que afirma ARAÚJO (2013). Para ele, as vantagens da utilização do vergalhão cortado e dobrado industrialmente, no que se refere à economia, qualidade e praticidade, são, entre outras: eliminação de perdas por sobra de pontas; eliminação também das bancadas, equipamentos e ferramentas improdutivas; entregas programadas (fornecimento de acordo com necessidade do cliente) ocasionando redução do capital de giro; possibilidades de redução no cronograma da obra; redução nos custos administrativos e com mão de obra; melhor gestão dos estoques; menor espaço de armazenamento; e mitigação dos riscos de acidentes de trabalho nas obras.

## **2.5 A racionalização da gestão**

A racionalização do tipo 2, conforme já citado anteriormente, diz respeito a estudos na área da gerência da empresa em que as ineficiências são mais transparentes e o seu tratamento exige um procedimento mais complexo.

COSTA e TOMASI (2014) afirmam que, na racionalização no setor de construções, o planejamento da obra assume uma importância considerável, e há um maior investimento no planejamento das atividades dos trabalhadores em função de prazos, de qualidade e através da ampliação da subcontratação. De modo semelhante ao que acontece em outros setores industriais, os procedimentos de racionalização na construção civil ocorrem através do aumento do controle do processo de trabalho que, no setor, sempre foi de domínio do trabalhador, devido à dependência histórica que a construção teve da estrutura dos ofícios.

De acordo com FEIGENBAUM (1994), as condições de competitividade induzem os gestores de negócios a melhorar a qualidade de muitos produtos, ao mesmo tempo em que devem reduzir substancialmente os custos para manter a qualidade. Para isso, o autor sugere a adoção do conceito de Total Quality Control – TQC (Controle da Qualidade Total). Evoluindo o conceito do TQC, surge o Total

Quality Management – TQM, o que leva a um conceito mais abrangente. JURAN e GRZYNA (1991) definem o TQM como uma “extensão do planejamento dos negócios da empresa que inclui o planejamento estratégico da qualidade”.

Para MAIN (1994, apud. BAIOTTO, 1999), “TQM é uma forma de gerenciar uma empresa ou organização, concentrando seus esforços de forma sistemática e disciplinada na melhoria contínua da qualidade de tudo o que se faz.” Conclui-se, deste modo, que TQM não é uma ferramenta gerencial a ser adicionada a outras, mas uma forma geral de gerência.

HAKSEVER (1996) aponta três razões para a adoção da melhoria da qualidade como estratégia competitiva: competição, qualificação e inovação. A primeira razão, resulta da competitividade necessária para a empresa manter-se no mercado. A segunda, dos níveis de exigência cada vez maiores por parte dos clientes, para qualificar as empresas como suas fornecedoras, utilizando critérios de custos, prazos e qualidade, como padrão de seleção. A terceira, é consequência dos novos critérios qualificadores e de competitividade que emergiram no mercado devido a intensa competição.

SLACK (1993) afirma que a qualidade é a base de qualquer outra estratégia e que aliada a outros objetivos de desempenho como flexibilidade, confiabilidade e velocidade, reduzem os custos diretos e indiretos da empresa. Ou seja, qualidade não custa dinheiro, qualidade poupa dinheiro.

A maneira mais adotada pelas empresas para guiar a implantação de um Sistema de Gestão da Qualidade – SGQ – e evidenciar externamente estas ações é através da certificação segundo normas específicas, em especial a ISO 9000 e, no caso da indústria da construção civil no Brasil, o PBQP-H. (SANTOS, 2016)

Como explica RODRIGUES (s.d.), ISO 9000 é um conjunto composto pelas normas ISO 9000, 9001, 9004, 19011. Elas podem ser aplicadas em diversos tipos de organização: indústrias, empresas, instituições e afins e se referem apenas a qualidade dos processos da organização e não dos produtos ou serviços. Esse grupo de normas descreve regras relacionadas à implantação, desenvolvimento, avaliação e continuidade do Sistema de Gestão da Qualidade. Elas se tornaram oficiais a partir do ano de 1987, baseada em normas britânicas e desde então vem sofrendo revisões. Empresas que aplicam as normas ISO 9000 tem uma vantagem adicional, ao contrário das outras, pois tem maior credibilidade frente aos seus clientes e concorrentes.

Já o PBPQ-H, como explica SANTOS (2016), é um programa do governo federal que tem como objetivo organizar o setor da construção civil de modo a obter a melhoria da qualidade e modernização da produção, utilizando para isso a qualificação de todos os envolvidos: construtoras, mão de obra, fornecedores de serviços e materiais etc. A adesão ao programa possibilita a conquista de financiamento perante instituições de créditos públicas ou privadas, sendo a certificação pré-requisito para liberação de recursos. O PBPQ-H é exclusivo para construção civil e é regido pela portaria nº 582 de 05 de dezembro de 2012. É um Sistema de Gestão da Qualidade que segue os princípios exigidos pela ISO 9001.

A fim de colocar em prática sistemas de gerenciamento de qualidade, pode-se fazer uso de ferramentas e métodos como o ciclo PDCA, o *benchmarking* e o *Scrum*.

### 2.5.1 Ciclo PDCA

O ciclo PDCA (Plan, Do, Check, Action) é uma metodologia para solução de problemas baseada na melhoria contínua, possibilitando que as diretrizes traçadas pelo planejamento estratégico sejam viabilizadas na empresa, sendo de extrema importância o alinhamento de todos os colaboradores da organização com o método. Este ciclo é ininterrupto e visa a melhoria contínua, pois, usando o que foi aprendido em uma aplicação do ciclo PDCA, pode-se começar outro ciclo, em uma tentativa mais complexa e, assim, sucessivamente. Com isso, o último ponto sobre o ciclo PDCA se torna o mais importante, em que o ciclo assumirá um novo começo (FALCONI, 2014).

É o que mostra a teoria de MATTOS (2010) quando diz que o método PDCA trata didaticamente o processo de melhoria contínua como uma sequência de três passos em um ciclo: aproveitado o máximo dos dados disponíveis para seu desenvolvimento sendo eles de equipes, de orçamento, planos de atuação, tendo a certeza de um planejamento como um compromisso geral e não como missão de uma área técnica; procurando uma execução de uma obra como planejamento, pois nem sempre seu cronograma de obras tem seus objetivos alcançados, tornando necessária uma nova aferição do que foi realizado. Com isso pode ser apropriado índices de campo e propriedade das equipes avaliando seus desvios inerentes a seu planejamento; e por fim uma revisão do seu planejamento dando a ele um novo direcionamento fazendo o gerente retomar sua obra a seu eixo.

ROTHER (2010) afirma que, a fim de obter a melhoria contínua, o PDCA precisa ser usado de forma iterativa quanto às suas quatro etapas, que consistem em:

- **Planejar (*Plan*):** Essa fase consiste em definir as ações necessárias, dimensionar os recursos e condições, identificar as dependências e as implicações, atribuir às responsabilidades e especificar o processo de medição do desempenho e dos resultados esperados. Esta fase é considerada concluída quando um plano suficientemente detalhado para suportar a execução está proposto e aprovado para implantação. (COSTA, 2007)

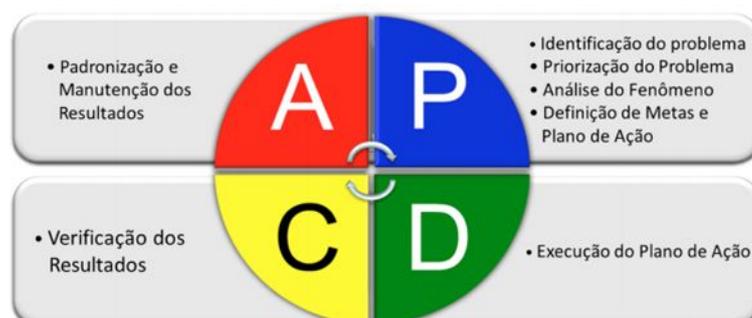
- **Executar (*Do*):** Execução das ações determinadas no plano, desde a obtenção de recursos e condições até a implantação do processo de medição e controle. Seu resultado é um conjunto de sistemas, processos, equipamentos ou que mais tenha sido objetivado no plano, devidamente implementado e em condições de ser operado e de produzir os efeitos desejados. (COSTA, 2007)

- **Verificar ou controlar (*Check*):** Mais do que medir, implica assegurar que o processo tenha sido executado mediante observação cuidadosa de seu desempenho planejado na fase *Plan*. (COSTA, 2007)

- **Atuar (*Act*):** Esta fase consiste da utilização prática dos resultados do processo, bons ou maus, para serem introjetados na cultura e nos métodos e sistemas da organização. Assim, da fase anterior (*check*) duas conclusões básicas podem decorrer: ou tudo correu bem, ou houve problemas. Na primeira hipótese, mais favorável, o processo delineado experimentalmente no planejamento e que foi bem sucedido deve ser institucionalizado e transformado em padrão para o futuro. (COSTA, 2007).

O ciclo PDCA está resumido na Figura 6.

Figura 6– Ciclo PDCA.



Fonte: SILVA et al (2017).

Para SANTOS (2016), chegar ao fim do ciclo PCDA significa obter padronização dos processos e aumento organizacional. Tem-se que quando a melhoria acontece o método deve ser adotado ou caso contrário, volta-se ao padrão inicial e recomeça o ciclo.

### 2.5.2 *Benchmarking*

De acordo como Tribunal de Contas da União (2000), o *benchmarking* pode ser definido como uma técnica voltada para a identificação e implementação de boas práticas de gestão, com o propósito de estabelecer, a partir de comparações de desempenho e de boas práticas, se é possível ou não melhorar o trabalho desenvolvido em uma organização, podendo ajudar na identificação de oportunidades de melhorar a eficiência e proporcionar economia.

Para CAMP (1993), *benchmarking* é a pesquisa industrial ou coleta de informações que permite a um gerente comparar o desempenho da sua função com o desempenho das mesmas funções em outras empresas. O *benchmarking* identifica práticas gerenciais que a função deveria utilizar para conseguir superioridade.

Nesse contexto, essa técnica organizacional se evidencia por direcionar as empresas e organizações a uma qualidade superior, promovendo grandes melhorias, pois o esse processo também pode auxiliar na execução dos indicadores de desempenho, permitindo a avaliação da empresa em relação aos padrões atingidos por outras empresas e a definição de novos desafios para a melhoria contínua. (DIBELLA, NEVIS e GOULD, 1996)

DUARTE (2011) cita uma classificação de indicadores ligada à realização de *benchmarking*, levada a indicadores utilizados por empresas de construção civil, considerando a necessidade de avaliar o desempenho não só da empresa, mas também de seus empreendimentos:

- Indicadores de resultados - na tentativa de avaliar o nível de sucesso atingido pelo empreendimento;
- Indicadores de processo - objetivando medir o desempenho dos processos mais importantes da empresa e do empreendimento;
- Indicadores variáveis - indicando decisões estratégicas, e também que não são referentes aos processos, mas que afetam o desempenho da empresa ou

do empreendimento.

CAMP (1993) sugere cinco “Passos Chave” para utilização do processo de *benchmarking*. São eles:

- **Planejamento:** planejar as investigações de modo a responder perguntas básicas como: a) O que deve ser usado como marco de referência? b) Com quem ou o que iremos comparar? c) Como serão coletados os dados?
- **Análise:** consiste em analisar cuidadosamente as práticas dos concorrentes e compará-las com os seus processos. Se procura uma compreensão dos motivos que fazem o produto/ processo do concorrente superior ao seu para adaptar ou incorporar as práticas. Para isso é importante entender e pormenorizar todas as etapas do seu processo.
- **Integração:** nesse passo há a fixação de metas operacionais de mudança. Muitas vezes a aceitação de mudanças geram conflitos. É necessário ganhar a aceitação operacional e gerencial embasado em dados concretos, como ganho de produção, redução de tempo de serviço, aumento de lucro etc.
- **Ação:** as descobertas e princípios devem ser postos em prática e acompanhados periodicamente.
- **Maturidade:** nesse momento as práticas já estão plenamente incorporadas aos processos. Nessa fase o *benchmarking* torna-se uma prática permanente, essencial e automática no processo gerencial.

O *benchmarking* é, portanto, uma ferramenta variável, pois pode ser aplicado em diferentes ocasiões, tanto no ambiente interno, abrangendo os próprios setores e funcionários da organização, quanto na atmosfera externa, através da colaboração e investigação de empresas parceiras. (LIMA e OLIVEIRA, 2018)

### 2.5.3 Scrum

Segundo PRESSMAN (2006), o *Scrum* (nome derivado de uma atividade que ocorre durante um jogo de rugby) é um modelo ágil de processo que foi desenvolvido por Jeff Sutherland e por sua equipe no início da década de 1990. Originalmente, o *Scrum* foi desenvolvido para ser implementado em equipes de desenvolvimento de produtos de software. Porém, como afirma SILVA *et al* (2010), pode ser utilizado por

qualquer empresa que necessite implementar processos de gerenciamento de projetos, tais como agências de publicidade, projetos de arquitetura, bancos etc.

Para SOUMYADIPTA e SINGH (2012), a ideia central do *Scrum*, de forma prática, é quebrar o projeto em várias interações de tempos relativamente curtos. Em cada um desses períodos denominados Sprints, que devem durar menos do que um mês, a equipe do projeto planeja, analisa os requisitos do projeto, executa, testa o que foi feito e ao final apresenta para o cliente para obter feedback. Não é esperado que o produto seja completamente entregue, mas sim que ele seja incrementado a cada fase até que atinja sua completude. Dessa forma, o projeto se torna o resultado dessas múltiplas interações. Isso minimiza o risco de a entrega final ser inadequada, já que é possível identificar o desenvolvimento do produto passo a passo.

SUTHERLAND (2014), cocriador do método, em seu livro “*Scrum: A Arte de fazer o dobro do trabalho na metade do tempo*”, resume os passos para aplicar a metodologia. São eles:

1. **Escolher um *Product Owner*:** Essa será a pessoa é quem tem a visão do que a equipe do projeto fará, produzirá ou realizará e deve levar em consideração os riscos, recompensas envolvidas nas escolhas de priorização durante o projeto.

2. **Selecionar a equipe do projeto:** A equipe é a responsável por concretizar a visão do *Product Owner* e por isso, deve ter as habilidades necessárias para tal. Os grupos devem ser relativamente pequenos, de três a nove pessoas.

3. **Definir um *Scrum Master*:** Esse é o responsável por treinar a equipe na estrutura do *Scrum*. O *Scrum Master* tem também o papel de garantir que equipe cumpra as práticas da metodologia e respeite seus valores.

4. **Criar um *backlog* do produto e priorizá-lo:** O *backlog* é o mapa do produto e contém visão de “tudo que a equipe poderia realizar” em ordem de prioridade. É papel do *Product Owner* escolher como priorizar as tarefas durante todo o projeto. Para tal, devem ser consultadas todas as partes interessadas e equilibrar o que deve ser feito com o que é possível ser feito. A equipe dá um grau de dificuldade a cada tarefa, de acordo com sua experiência.

5. **Redefinir e estimar o *backlog* do produto:** Os itens a serem desenvolvidos na lista do *backlog* devem estar em constante análise. Só deve permanecer o que de fato trouxe valor para o projeto e for factível de ser realizado. De acordo com a experiência a equipe deve também modificar a graduação de dificuldade de cada atividade.

6. **Planejar o *Sprint*:** O planejamento do primeiro *Sprint* é a reunião inicial do *Scrum*. Nela, a equipe, o *Product Owner* e o *Scrum Master* devem consultar o *backlog* e prever quantas atividades será capaz de fazer no tempo determinado para o *Sprint*. Após a realização de alguns ciclos, o grupo deve verificar o número de pontos que realizou no *Sprint* anterior. Essa pontuação é a velocidade do time e esse número, o objetivo é que ela aumente a cada fase.

7. **Tornar o trabalho visível:** A maneira mais utilizada é a criação de um “Quadro *Scrum*” que deixe visível as três colunas: A fazer, fazendo e feito.

8. **Realizar a reunião diária ou *Scrum* diário:** Todo dia deve ser realizada uma reunião com no máximo quinze minutos onde a equipe e o *Scrum Master* se reúnem e respondem a três perguntas: “O que você fez ontem para ajudar a equipe a concluir o *Sprint*?”, “O que você fará hoje para ajudar a equipe a concluir o *Sprint*? ” E “Há algum obstáculo impedindo o alcance da meta do *Sprint*?”

9. **Revisar o *Sprint*:** Reunião para a equipe demonstrar para todas as partes interessadas do projeto o que foi realizado durante o ciclo de execução.

10. **Retrospectiva do *Sprint*:** Análise do feedback das partes interessadas para identificar possíveis falhas e corrigi-las nos Sprints futuros.

Como mostra ROVARIS (2019), para entender como essa metodologia funcionaria em uma obra, para começar, é importante adaptar os papéis da equipe dentro da construtora ou incorporadora. No caso de uma obra, o Dono do Produto pode ser o engenheiro responsável, já que ele tem maior conhecimento técnico do empreendimento. Qualquer colaborador devidamente treinado pode ser o *Scrum Master*, mas esse papel talvez fique bem alinhado com as tarefas normais do gestor da obra. E a Equipe *Scrum* é multidisciplinar, já que depende muito do objetivo do *Sprint* e das tarefas que o projeto vai priorizar. Aplicar o *Scrum* no canteiro de obras é entender todo o seu potencial e suas aplicações práticas por estudar o que já tem sido feito no mercado. Por exemplo, é possível usar a metodologia para planejar fases da obra, realizar estudos de viabilidade e organizar a logística de equipamentos e materiais. Por último, mas não menos importante, é fundamental que o profissional que vai atuar como Dono do Produto, possivelmente o engenheiro ou o gestor da obra, defina a lista de pendências. Afinal, é isso que vai servir de base para a análise de planejamento preliminar e como ponto de partida do *sprint*.

## 2.6 A racionalização das limitações inerentes à indústria da construção civil

A racionalização do tipo 3 abrange as limitações inerentes à indústria da construção civil de influenciar os fornecedores da cadeia produtiva para que cooperem na perspectiva de uma otimização do produto. Nesse caso, podem ser inseridos os arquitetos e projetistas.

É através da falta de integração entre os projetos e projetistas, como apontam MENEGARO e PICCININI (2017), que surge o aumento de incompatibilidades entre os projetos. Estas incompatibilidades acabam acarretando atrasos, retrabalhos e surgimento de custos além do previsto. De acordo com CALLEGARI (2007), a atividade de compatibilização tem grande influência na eficiência do projeto, ela compõe-se em uma atividade de gerenciar e integrar os projetos, minimizando conflitos, simplificando a execução, reduzindo tempo e mão de obra.

O processo atual de compatibilização nacional atravessa uma fase de inovação, passando de uma metodologia bidimensional para uma tridimensional mais completa. Esse processo é dificultado muitas vezes pelo desconhecimento dos profissionais, que se sentem mais confortáveis utilizando um método já conhecido e amplamente dominado pelos projetistas. Contudo, a utilização da tecnologia de informação pode verificar interferências com mais precisão e facilidade que os métodos tradicionais de desenho 2D. Como é utilizado um banco de dados central da modelagem do edifício, este é utilizado por todas as disciplinas, minimizando erros e consequente tempo de projeto, além de que os desenhos em 3D são bem mais claros. (MONTEIRO, 2012 apud COSTA, 2013)

CALLEGARI (2007) afirma que a integração entre os projetos é inviável em um ambiente 2D CAD, porém é possível com a utilização da tecnologia BIM (*building information modeling*) ou MIC (Modelagem da Informação da Construção). BIM é uma metodologia que visa integrar os projetos e projetistas, contribuindo por fim na redução de custos gerados nas obras. A metodologia se aplica a cada etapa do empreendimento, contribuindo de diversas formas para tornar mais eficaz o desenvolvimento de suas etapas.

### 2.6.1 A metodologia BIM

MENEGARO e PICCININI (2017) definem a metodologia BIM como uma metodologia que visa integrar os projetos e projetistas contribuindo, por fim, na redução de custos gerados nas obras. A metodologia se aplica a cada etapa do empreendimento, contribuindo de diversas formas para tornar mais eficaz o desenvolvimento de suas etapas.

Para AZHAR (2011), *Building Information Modeling* (BIM), em português Modelagem de Informações da Construção, é um recurso promissor na área de engenharia e arquitetura que integra diversas disciplinas de um projeto em uma modelagem virtual, identificando incompatibilidades e informações potenciais para o próprio projeto.

“A modelagem BIM permite ao projetista construir o empreendimento em um mundo virtual antes deste ser construído no mundo real. Ele o cria utilizando componentes virtuais inteligentes, cada um deles sendo perfeitamente análogo a um componente real no mundo físico.” (CROTTY, 2012)

RACE (2013) levanta uma discussão interessante acerca da letra “M” presente na sigla desse tipo de modelagem. O “M” pode significar *model* (modelo) ou *management* (gerenciamento), trazendo uma nova perspectiva à sigla. Neste contexto, “como modelo, nos dá uma gama de possibilidades, deste estático até dinâmico, o que é aceitável quando pensamos em informação no ciclo de vida de um projeto”. Já tomando o “M” como *Management*:

“Nos dá uma perspectiva muito mais potente e abrangente do que o acrônimo tenta de fato representar. Implica em planejamento, organização, controle de recursos e informações não só do projeto, mas de quem o criou de forma combinada com a finalidade de construir o empreendimento como ele foi visionado.” (RACE, 2013)

O sistema BIM possui algumas camadas de informação, chamadas de dimensões. Um modelo pode ser 4D, 5D, 6D, 7D, até nD, conforme o contexto da utilização. CALVERT (2013, apud. MASOTTI, 2014), classifica as principais dimensões:

- **2D: Representações gráficas** - são as dimensões do plano, onde estão representadas graficamente as plantas do empreendimento.

- **3D: Estudos volumétricos** - adiciona a dimensão espacial ao plano, onde é possível visualizar os objetos dinamicamente.
- **4D: Planejamento** - adiciona a dimensão tempo ao modelo, definindo quando cada elemento será comprado, armazenado, preparado, instalado, utilizado. Organiza também a disposição do canteiro de obras, a manutenção e movimentação das equipes, os equipamentos utilizados e outros aspectos que estão cronologicamente relacionados.
- **5D: Orçamento** - adiciona a dimensão custo ao modelo, determinando quanto cada parte da obra vai custar, a alocação de recursos a cada fase do projeto e seu impacto no orçamento, o controle de metas da obra de acordo com os custos.
- **6D: Sustentabilidade** - adiciona a dimensão energia ao modelo, quantificando e qualificando a energia utilizada na construção, a energia a ser consumida no seu ciclo de vida e seu custo, em paralelo a 5º dimensão. A energia, neste caso, pode estar diretamente relacionada ao impacto físico do projeto no meio em que este está inserido.
- **7D: Gestão de Instalações** - adiciona a dimensão de operação ao modelo, onde o usuário final pode extrair informações de como o empreendimento como um todo funciona, suas particularidades, quais os procedimentos de manutenção em caso de falhas ou defeitos.

Como afirma CARDOSO *et al* (2012), os BIM vieram abrir o caminho para uma comunicação mais fácil, completa e concisa entre os vários especialistas envolvidos num projeto (arquitetos, engenheiros, empreiteiros, proprietários...). Para AZHAR (2011), a importância da Modelagem de Informações da Construção (conceito BIM) consiste no fato de diminuir o custo do projeto, aumentar a produtividade e qualidade, reduzir o tempo de entrega, reduzir retrabalhos e evitar desperdícios. Em outras palavras, a Modelagem de Informações da Construção vem para auxiliar o processo de racionalização de todo o processo construtivo.

Contudo, NASCIMENTO e SANTOS (2003) afirmam que:

“A indústria da construção ainda está bastante atrasada em relação a outros setores industriais no uso das novas tecnologias de informação e comunicação. A globalização e o novo panorama mundial, bem como o atual cenário nacional, desestatizado e com escassez de financiamento, requer da construção civil urgente melhora de produtividade e competitividade. A inovação em seus produtos e processos, particularmente com a ajuda da Tecnologia da Informação

(TI), pode conduzir o setor a trilhar novos rumos” (NASCIMENTO e SANTOS, 2003).

Desta forma, MASOTTI (2014) conclui pontuando que é possível visualizar que uma alternativa é necessária, e é necessário que esta alternativa abrace todos as fases do empreendimento, desde a concepção, o projeto, a gestão, a comunicação, a execução e a operação. E esta alternativa é o BIM.

## **2.7 A racionalização nas etapas de uma obra**

Como afirma DANTAS (2018), a racionalização só funciona se vista de forma ampla, não apenas se atendo a uma parte do processo da produção, mas a todos os diversos projetos e a forma como eles interagem entre si.

Dessa maneira, a racionalização deve estar presente em cada uma das etapas da obra, desde a concepção do empreendimento até sua execução, para que seus resultados sejam consolidados e se tornem permanentes dentro da cultura da empresa que deseja implementá-la.

As fases de planejamento e de concepção de projeto serão cruciais para a introdução de metodologias construtivas racionalizadas, e é através delas que essas metodologias permanecerão até a entrega do produto final. De acordo com FRANCO (1998), recursos como planejamento, projeto, sistemas de informação integrando projetistas, que são utilizados desde a concepção, viabilização e projetos dos empreendimentos, têm se mostrado muito mais efetivos e de resultados mais expressivos, que a simples mudança de ferramentas e técnicas no momento da execução. Um projeto bem detalhado e racionalizado, com o conceito de construtibilidade bem aplicado, servirá de base para um bom planejamento e, conseqüentemente, para uma execução também racionalizada, diminuindo desperdícios de materiais e tempo, já que a probabilidade de alteração do produto será menor.

A gestão de suprimentos se faz igualmente importante para o processo, uma vez que se trata de todo o fluxo de matéria prima, materiais, maquinários e acessórios necessários para a execução do projeto. CRUZ (2002) afirma que o fluxo de suprimentos em geral recebe pouca atenção até que surjam problemas com entregas de materiais. Neste caso, em vez de questionar a efetividade da abordagem no gerenciamento geral da empresa, questiona-se a capacidade do funcionamento dos

computadores, o funcionamento dos departamentos e a possibilidade de fazer alterações no quadro de pessoal. Para DANTAS (2018), o gerenciamento do fluxo de suprimentos de vários componentes pode se tornar bastante complexo, devido à quantidade de agentes envolvidos, mas otimizar a coordenação das diversas cadeias é importante para o desenvolvimento de relacionamento de confiança e estabilidade entre compradores e fornecedores, facilitando assim o planejamento de aquisição de componentes.

O sucesso da consolidação das metodologias construtivas racionalizadas também dependerá do controle efetivo do processo de execução. Como afirmam COSTA e TOMASI (2014) e já foi citado anteriormente, de modo semelhante ao que acontece em outros setores industriais, os procedimentos de racionalização na construção civil ocorrem através do aumento do controle do processo de trabalho que, no setor, sempre foi de domínio do trabalhador, devido à dependência histórica que a construção teve da estrutura dos ofícios. PEREIRA *et al* (2004) observa que existe um descompasso entre os encarregados pelo planejamento e os responsáveis pela execução da obra; então os planos podem apresentar incompatibilidades com a situação real da execução. A deficiência do acompanhamento das atividades de produção pode colocar a baixo todo planejamento previamente realizado, trazendo mais gastos para a empresa e diminuindo a confiança do cliente para com a mesma. Dessa forma, manter o controle das fases servirá para alcançar o grau de racionalização desejado, além de acabar com os retrabalhos, atingir a produtividade planejada e a qualidade final do produto.

O processo de produção também é diretamente influenciado pela organização do canteiro de obras. TOMMELEIN (1992) ressalta que, embora seja reconhecido que o planejamento do canteiro desempenha um papel fundamental na eficiência das operações, cumprimento de prazos, custos e qualidade da construção, os gerentes geralmente aprendem a realizar tal atividade somente através da tentativa e erro, ao longo de muitos anos de trabalho. Como LINARD *et al* (2006) coloca, os métodos em processo normalmente surgem de modo espontâneo, sem uma análise mais cuidadosa sobre o melhor local para a central de produção de argamassa, por exemplo, e estoque de agregados e aglomerantes ou até mesmo sobre as formas e caminhos de transporte. Todos acabam pagando um alto preço por esta improvisação. A equipe de produção por esforços adicionais desnecessários no transporte e a empresa como um todo por repassar aos seus preços de comercialização um custo

aumentado por equipes superdimensionadas, desperdícios por estoques intermediários e baixos índices de produtividade.

Dessa maneira, o quadro 1 faz a síntese de cada metodologia que pode auxiliar na racionalização dos métodos construtivos apresentada no trabalho, a fim de citar suas aplicações.

Quadro 1– Métodos de racionalização e suas aplicações no ambiente construtivo.

<b>Método de racionalização</b>	<b>Descrição</b>	<b>Aplicação</b>
<b><i>Lean Construction</i></b>	Modelo de gestão oriundo da produção enxuta que tem como objetivo minimizar os desperdícios intrínsecos à construção civil através da eliminação de atividades que não agregam valor ao produto final (retrabalhos, espera por material, tempo de transporte, etc).	Concepção de projetos Planejamento Gestão da obra Gestão de suprimentos Organização do canteiro de obras Execução da obra
<b>Logística</b>	Processo de planejar, implementar e controlar o fluxo de suprimentos e produtos, a armazenagem e o fluxo de informações.	Planejamento Gestão da obra Gestão de suprimentos Organização do canteiro de obras
<b>Industrialização de estruturas de concreto e de armação de ferragens</b>	Utilização de produtos industrializados, ou seja, produzidos na indústria, objetivando minimizar perdas de materiais, tempo e espaço, além da despadronização do produto.	Concepção de projetos Planejamento Gestão de suprimentos Execução da obra
<b>Ciclo PDCA</b>	Metodologia para solução de problemas baseada na melhoria contínua, que se divide em quatro etapas: planejar, executar, controlar e atuar. É um ciclo ininterrupto.	Planejamento Gestão da obra Execução da obra

<b>Benchmarking</b>	Técnica de pesquisa industrial para a identificação e implementação de boas práticas de gestão, através da comparação de um mesmo serviço fornecido por outra empresa, direcionando as empresas a uma qualidade superior.	Planejamento Gestão da obra
<b>Scrum</b>	Modelo ágil de processo que quebra o projeto em várias interações de tempos relativamente curtos. Em cada um desses períodos a equipe do projeto planeja, analisa os requisitos do projeto, executa, testa o que foi feito e ao final apresenta para o cliente para obter feedback, minimizando o risco de a entrega final ser inadequada.	Concepção de projetos Planejamento Gestão da obra Execução da obra
<b>Metodologia BIM</b>	<i>Building Information Modeling</i> (BIM), em português Modelagem de Informações da Construção, é um recurso que visa integrar os projetos e projetistas, resultando na diminuição do custo do projeto, aumento da produtividade e qualidade, redução o tempo de entrega, de retrabalhos e desperdícios.	Concepção de projetos Planejamento Gestão da obra Gestão de suprimentos Execução da obra

Fonte: Autora (2020).

Observa-se que todos os métodos citados podem ser aplicados em duas ou mais fases da obra. Assim, apesar do presente trabalho enquadrar cada um deles em um “universo” do processo (seja ele de produção, de gestão ou das limitações

inerentes à construção civil), nenhuma metodologia pertence completamente a apenas um universo. Tratam-se, portanto, de metodologias multifacetadas e adaptáveis. Nesse sentido, destacam-se o modelo de *lean construction* e a metodologia BIM, que, dentre todas, são as que têm aplicação em mais etapas.

A *lean construction* busca priorizar as atividades que agregam valor no processo de produção, eliminando qualquer tipo de trabalho que seja considerado desnecessário na execução de determinado produto, tendo como fruto disso o aumento da produtividade. Dessa forma, sua aplicação tem início na concepção de um projeto mais detalhado possível e tem sua consolidação no planejamento, que irá determinar quais atividades podem ser eliminadas sem gerar prejuízos ao processo produtivo. A metodologia também garantirá a eficiência da gestão da obra e de suprimentos, e a organização funcional do canteiro de obras, assegurando a eficácia dos processos e o bom fluxo de materiais, maquinários e acessórios necessários em cada etapa. Por fim, a execução terá seu potencial maximizado, já que essa metodologia exige também um controle eficaz de processos.

A metodologia BIM visa integrar os projetos e projetistas, contribuindo na redução de custos gerados nas obras. Sua aplicação está diretamente ligada à concepção do empreendimento, já que uma de suas dimensões é justamente a representação gráfica do projeto, além de seu estudo volumétrico. Contudo, também tem utilização no planejamento, na gestão de obras e na gestão de suprimentos, adicionando a dimensão de tempo, definindo os materiais necessários para a execução e o momento exato em que esses serão utilizados. Além disso, auxilia na organização do canteiro de obras, manutenção e movimentação das equipes.

Percebe-se, portanto, que as duas metodologias já são suficientemente completas por si só. Entretanto, a aplicação de uma metodologia não exclui a aplicação de outras, uma vez que podem ser usadas em conjunto para garantir uma racionalização ainda mais efetiva.

### **3 CONSIDERAÇÕES FINAIS**

Este trabalho permitiu o estudo de diversas metodologias de racionalização dos métodos construtivos, que podem ser aplicadas a todas as fases de uma construção.

Sabe-se do alto peso que a construção civil tem no setor econômico não só do país, mas também do mundo. Contudo, por ser caracterizada por procedimentos

financeiramente custosos, emprego de mão de obra não especializado e alto impacto ambiental, é uma indústria difícil de se manter a competitividade. É nesse sentido que a racionalização vem como fator diferencial para as empresas.

Como vantagens dessa racionalização, pode-se citar: otimização de tempo, padronização dos processos, aumento da produtividade, diminuição dos retrabalhos, menor índice de desperdício de materiais, menor impacto ao meio ambiente, e, por fim, redução do custo total da obra.

Para a aplicação de qualquer que seja o método escolhido, faz-se necessário compromisso dos gestores, projetistas e colaboradores para que, desde a concepção do empreendimento, as metodologias sejam aplicadas e estejam em constante acompanhamento. Assim, tem-se um produto final em conformidade com aquilo que foi proposto, com toda sua eficiência e sem deixar a desejar no desempenho.

Dessa forma, faz-se importante ressaltar alguns aspectos para a boa aplicação das metodologias: o planejamento detalhado de todas as etapas; projetos contendo as informações necessárias para a execução e especificações de materiais; capacitação de todos os envolvidos no processo construtivo sobre as metodologias que serão aplicadas; boa gestão de suprimentos e fluxo de materiais, pessoas e maquinários; organização funcional do canteiro de obras; compatibilização de projetos; e, por fim, transparência nos processos.

## REFERÊNCIAS

ACKER, A. V. **Manual de sistemas pré-fabricados**. 2002. Tradução de Marcelo de Araújo Ferreira. Disponível em <[http://apoioididatico.iau.usp.br/projeto3/2013/manual\\_prefabricados.pdf](http://apoioididatico.iau.usp.br/projeto3/2013/manual_prefabricados.pdf)>. Acesso em: março de 2020.

AGUIAR, Gustavo do Santos Guimarães de. **Inovação em logística de canteiro de obras na construção de edifícios**. Dissertação (Mestrado). Universidade de São Paulo. São Paulo, 2016.

ANTUNES, R. **Reestruturação Produtiva e Mudanças no Mundo do Trabalho Numa Ordem Neoliberal**. In DOUTORADO, L.F.; PARO, V.H. (Orgs). Políticas Públicas e Educação Básica. São Paulo: Xamã, 2001.

ARAÚJO, L. C. **O papel do corte e dobra de vergalhão para a construção sustentável**. Belo Horizonte, 2013.

AZHAR, S. **Building Information Modeling (BIM): Trends, Benefits, Risks, and Challenges for the AEC Industry**. Leadership and Management in Engineering. p. 241-252, jul, 2011. Disponível em: <<https://ascelibrary.org/doi/pdf/10.1061/%28ASCE%29LM.1943-5630.0000127>> . Acesso em: junho de 2020.

BAIOTTO, A. C. **Implantação de melhorias de qualidade: um estudo de caso em uma microempresa de construção civil**. 190p. Dissertação (Mestrado, em Engenharia Civil) - Programa de Pós-graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis, 1999.

BALLOU, R.H. **Gerenciamento da Cadeia de Suprimentos: planejamento, organização e Logística empresarial**. Porto Alegre: Bookman, 2006.

BARBOSA, A.A. R.; MUNIZ, J.; SANTOS, Â. U. **Contribuição da logística na indústria da construção civil brasileira**. Revista Ciências Exatas – Universidade de Taubaté. (UNITAU) – Brasil – VOL. 2, N. 1, 2007.

BARROS, Mercia M. B. B. **Metodologia Para Implantação De Tecnologias Construtivas Racionalizadas Na Produção De Edifícios**. São Paulo, EPUSP-PCC, 1996. 422p. (Tese de doutorado USP)

BEZERRA, J. **Taylorismo, Fordismo e Toyotismo**. Disponível em: <<https://www.diferenca.com/taylorismo-fordismo-e-toyotismo/>>. Acesso em 28 de março de 2020.

BORGES, A. R.; PEREIRA, K. L. G. M.; COSTA, K. A.; LOPES, P. S. **Toyotismo: Uma Análise do Trabalho e da Educação na Produção Capitalista**. In: Revista Brasileira de Educação e Cultura – ISSN 2237-3098 Centro de Ensino Superior de São Gotardo, Número IV, p. 45-59, Jul-dez 2011.

BRASIL. Tribunal de Contas da União. B823t **Técnicas de Auditoria: Benchmarking** - Brasília: TCU, Coordenadoria de Fiscalização e Controle, 2000.

CALLEGARI, S. **Análise da compatibilização de projetos em três edifícios residenciais multifamiliares**. 2007. 145 f. Dissertação (Mestrado em Arquitetura e Urbanismo) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis.

CAMP, R. C. **Benchmarking: identificando, analisando e adaptando as melhores práticas da administração que levam à maximização da performance empresarial: o caminho da qualidade total**; tradução de Nivaldo Montingelli Júnior. – São Paulo: Pioneira, 1993.

CARDOSO, A.; MAIA, B.; SANTOS, D.; NEVES, J.; MARTINS, M. **BIM: O que é?**. Mestrado integrado em Engenharia Civil. Universidade do Porto, 2012.

CHRISTOPHER, M., **Logística e gerenciamento da cadeia de suprimentos. Estratégia para a redução de custos e melhoria dos serviços**. São Paulo: Pioneira, 1997

COLOMBO, C. R.; BAZZO, W. A. **Desperdício na construção civil e a questão habitacional: um enfoque CTS**. 1999. Disponível em <<https://www.oei.es/historico/salactsi/colombobazzo.htm>>. Acesso em: maio de 2020.

COSTA, E. A. **Gestão estratégica: da empresa que temos da empresa que queremos**. 2. ed. São Paulo: Saraiva. 2007.

COSTA, E. N. **Avaliação da metodologia BIM para a compatibilização de projetos**. 124 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Universidade Federal de Ouro Preto, Ouro Preto, 2013.

COSTA, L. R.; TOMASI, A. P. N. **De peão a colaborador: racionalização e subcontratação na construção civil**. Caderno CRH, Salvador, v. 27, n. 71, p. 347-365, Maio/Ago. 2014

COSTA, N. A. A. **A Reciclagem do RCD: Uma Aplicação da Análise Multivariada**. 2003. Tese (Doutorado), Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção, UFSC, 188 p.

CROTTY, R. **The Impact of Building Information Modelling**. SPON Press. Nova Iorque, 2012.

CRUZ, A. L. G. **Método para o estudo do comportamento do fluxo material em processos construtivos, em obras de edificações, na indústria da construção civil: uma abordagem logística**. 401 f. Tese (Doutorado em Engenharia de Produção) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2002.

DANTAS, J. S. **Metodologias Construtivas Racionalizadas na Construção Civil**. Natal, UFRN, 2018. 73p.

DIBELLA, A. J.; NEVIS, E. C.; GOULD, J. M. **Understanding Organizational Learning Capability**. Journal of Management Studies, Oxford, v. 33, n. 3, p. 3361-379, 1996.

DONIAK, Í. L. O. **A industrialização da construção**. Jornal Informativo de 6ª Edição do Concrete Show South América: Concrete Show New, Jun.2012.

DUARTE, C. M. M. **Desenvolvimento de sistema de indicadores para Benchmarking em empresas de construção civil**. 2011. 202 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil), Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Universidade de Pernambuco, Recife, 2011.

FALCONI, V. **TQC: controle da qualidade total (no estilo japonês)**. 8. ed. Nova Lima, MG: INDG Tecnologia e Serviços Ltda. 256 p, 2014.

FEIGENBAUM, A.V. **Controle da qualidade total**. São Paulo: Makron Books, 1994. v. 2.

FERREIRA, W. J. **Construtibilidade em Projetos de Engenharia**. Disponível em: <[http://www.academia.edu/5401062/CONSTRUTIBILIDADE\\_EM\\_PROJETOS\\_DE\\_ENGENHARIA](http://www.academia.edu/5401062/CONSTRUTIBILIDADE_EM_PROJETOS_DE_ENGENHARIA)> Acesso em 24 de março de 2020.

FORMOSO, C. T. *et al.* **Perdas na construção civil: conceitos, classificações e seu papel na melhoria do setor**. Técnica. São Paulo, n.23, p.30-33, jul - ago 1996.

FORMOSO, C. T. **Lean Construction: princípios básicos e exemplos. Construção Mercado: custos, suprimentos, planejamento e controle de obras**. Porto Alegre, v. 15, 2002.

FRANCO, L. S. **Racionalização Construtiva**. In: José Roberto Alves. (Org.). Partilha do Conhecimento - A Construção Civil na Prática. São José dos Campos: ANCOVAP - Associação das Construtoras do Vale do Paraíba, 2004.

FRANCO, L. S. **O PROJETO DAS VEDAÇÕES VERTICAIS: Características E A Importância Da Racionalização Do Processo De Produção**. In.: Seminário De Tecnologia E Gestão Na Produção De Edifícios: Vedações Verticais, São Paulo, 1998. Anais. São Paulo, EPUSP/PCC, 1998, p.221-36.

GEHBAUER, F. **Racionalização na construção civil**. Recife: Projeto COMPETIR (SENAI, SEBRAE, GTZ), 2004.

GRIFFITH A., SIDWELL T., **Constructability in building and engineering projects**. London, Macmillan, 1995.

HAKSEVER, C. **Total quality management in the small business environment**. Business Horizons. Greenwich, Connecticut: v. 39, n. 2, p. 33-40, Mar./Apr., 1996.

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

JURAN, J. M.; GRZYNA, F. M. **Controle da qualidade – Handbook: conceitos, políticas e filosofia da qualidade**. São Paulo: Makron, McGraw-Hill, 1991. v.1.

KOSKELA, L. **Application of the new production philosophy to construction**. Stanford, EUA, CIFE. 1992. Technical Report No 72.

LAMBERT, D.M. *et al.* **Fundamentals of Logistics Management – Abridged Edition**. New York: McGraw-Hill, 1998.

LEITE, P. R. **Logística Reversa: Meio Ambiente e Competitividade**. São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2005.

LIMA, A. R.; OLIVEIRA, A. S. **O processo de Benchmarking: um estudo em empresas de construção civil no município de João Pessoa**. III SIMPCONT, Recife, 2018.

LINARD, R. S. S. et al. **Racionalização no processo de produção e distribuição de argamassas na construção civil**. XXVI ENEGEP - Fortaleza, CE, Brasil, 2006.

LOPES, A. L. M. **Uma investigação sobre as curvas ABC na construção civil – análise de orçamentos de obras**. Florianópolis, UFSC, 1992. Dissertação de Mestrado

LORENZON, I. A.; MARTINS, R. A. **Discussão sobre a medição de desempenho na lean construction**. In: Simpósio de Engenharia de Produção, 13., 2006, Bauru. Anais. São Carlos: UFSCAR, 2006. p. 1-10.

MAIA, C. S.; REIS, I. A.; LIMA, M. C. V. **Produção em fábrica de concreto pré-moldado e a manufatura enxuta: estudo de caso**. Uberlândia, 2015.

MASOTTI, L. F. C.; **Análise da implementação e do impacto do BIM no Brasil**. Florianópolis, 2014.

MATTOS, A. D. **Planejamento e controle de obras**. São Paulo: Pini. 2010.

MATTOS, A. D. **Análise de Construtibilidade**. 2018. Disponível em: <<https://www.buildin.com.br/analise-de-construtibilidade/>> Acesso em 24 de março de 2020.

MAXIMIANO, Antonio C. Amaru. **Introdução à Administração**. 7ª. Ed. São Paulo: Atlas, 2008.

MENEGARO, B. F.; PICCININI, A. C. **Aplicação da metodologia BIM (*building information modeling*) no processo de projeto, com foco em compatibilização**. Artigo submetido ao curso de Engenharia Civil da UNESC, 2017.

MIRANDA, G. I. M. D. P. **Organização e Métodos**. 6ª ed. São Paulo: Atlas, 1985.

MOURA, A.; SÁ, M. V. V. A. **Influência da racionalização e industrialização na construção sustentável.** Revista Tecnologia & Informação. ANO 1, N. 1. Nov 2013/Fev 2014.

NASCIMENTO, L. A.; SANTOS, E. T.; **A indústria da construção na era da informação.** Revista Ambiente Construído, Porto Alegre, Março 2013.

NASCIMENTO, R. R. **Logística na construção de edifícios – Estudo de caso em grande construtora.** São Paulo, 2014.

NBR 7480 – **Aço destinado a armaduras para estruturas de concreto armado – Especificação.** ABNT, 2007.

NBR 7481 - **Tela de aço soldada - Armadura para concreto.** ABNT, 1990.

NBR 9062 - **Projeto e Execução de Estruturas de Concreto Pré Moldado.** ABNT, 1985

NETO, S. J. J. **Diretrizes de projeto para melhorar a produtividade na montagem de componentes pré-cortados e pré-dobrados de aço para estruturas de concreto armado de edifícios.** Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2009.

O'CONNOR, J. T.; DAVIES, V. S. **Constructability improvement during field operations.** Journal of Construction Engineering and Management, v. 114, n. 4, p.548-64, Dec., 1988.

OLIVEIRA, R. R. **Sistematização e listagem de fatores que afetam a construtibilidade.** In: ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO - ENEGEP, 1995.

ORDÓNEZ, D. F.; DONIAK, I. L. O. **Industrialização em concreto – solução para o desenvolvimento habitacional.** Revista Concreto & Construções. ANO XXXVIII, n. 59, p 21-26, jul.-set. 2010.

PÁDUA, R. C. **Implementação de Práticas de Lean Construction em uma obra residencial em Goiânia – Um estudo de caso.** Goiânia, 2014.

PEREIRA F.J.I., ROCHA R.A., SILVA L.M. **Planejamento e controle da produção na construção civil para gerenciamento de custos.** In: XXIV Encontro Nacional de Engenharia de Produção. Florianópolis, 2004.

PINTO, G. A. **O Toyotismo e a mercantilização do trabalho na indústria automotiva do Brasil.** CADERNO CRH, Salvador, v. 25, n. 66, p. 535-552, Set./Dez. 2012

POTT, L. M.; EICH, M. C.; ROJAS, F. C. **Inovações tecnológicas na construção civil.** XXII Seminário interinstitucional de ensino, pesquisa e extensão. Universidade de Cruz Alta – UNICRUZ. 2017.

PRAÇA, E. R.; NETO, J. P. B. **Estudo comparativo de custos de processo de preparação e execução de armaduras de aço tradicional em relação ao processo de fornecimento industrializado de aço moldado fora do canteiro de obras.** Encontro Nacional da Engenharia de Produção ENEGEP, 2001.

PRESSMAN, R. S. **Engenharia de Software.** 6ª. ed. São Paulo: McGrawHill. 2006

RACE, S. **BIMDEMYSTIFIED.** Riba Publishing Ltd, London 2013. 159 p.

RIBEIRO, A. F. **Taylorismo, Fordismo e Toyotismo.** In: Lutas Sociais, São Paulo, vol.19 n.35, p.65-79, jul./dez. 2015.

RODRIGUES, P. C. N. **Fundamentos da qualidade com base na ISSO 9000 aplicada a governança de TI.** S/d.

ROSA, F. P. **Perdas na construção civil: diretrizes e ferramentas para controle.** Porto Alegre, 2001.

ROTHER, M. **Toyota Kata: Managing People for Improvement, Adaptiveness and Superior Results.** New York: McGraw Hill. 2010.

ROVARIS, R. **Como usar a metodologia Scrum nas obras.** 2019. Disponível em: <<https://www.sienge.com.br/blog/metodologia-scrum/>>. Acesso em: 20 de junho de 2020.

SABBATINI, F. H. **Desenvolvimento de métodos, processos e sistemas construtivos: formulação e aplicação de uma metodologia.** Tese de Doutorado (Engenharia de Construção Civil e Urbana) – Escola Politécnica da USP, São Paulo, 1989.

SANTOS, T. T. N. **Sistema de gestão da qualidade aplicado em obras de edificações multifamiliares.** João Pessoa, UFPB, 2016.

SHARMA, R. **A brief history od engineering, origin of word ‘engineering’, what is engineering.** 2019. Disponível em <<https://2day-india.blogspot.com/2011/11/brief-history-of-engineering-origin-of.html>>. Acesso em: julho de 2020.

SILVA, C. O.; AGOSTINO, I. R. S.; SOUSA, S. R. O.; FROTA, P. C.; OLIVEIRA, R. D. **A utilização do método PDCA para melhoria dos processos: um estudo de caso no carregamento de navios.** Revista Espacios. Vol. 38, n. 27, 2017.

SILVA, M. A. C.; RORIZ F., H.; SILVA, H. F. **Análise do BA durante o Processo Scrum.** XVII Simpósio de Engenharia de Produção. Bauru – SP, Novembro, 2010.

SLACK, N. **Vantagem competitiva em manufatura: atingindo competitividade nas operações industriais.** Tradução Sonia Maria Corrêa. São Paulo, Atlas, 1993, 198 p.

SLACK, N.; CHAMBER, S.; HARDLAND, C.; JOHNSTON, R. **Administração da Produção.** São Paulo: Atlas, 747pags, 2002.

SOUMYADIPTA P., SINGH J. **Be Agile: Project Development with Scrum framework**, Journal of Theoretical and Applied Information Technology, v. 40 n.1. 2012

SUTHERLAND J. **Scrum - A arte de fazer o dobro de trabalho na metade do tempo**. 1 ed. São Paulo, Brasil, LeYa Brasil, 2014.

TOMMELEIN, I.D. **Construction site layout using blackboard reasoning with layered knowledge**. In: ALLEN, Robert H. (Ed.). Expert systems for civil engineers: knowledge representation. New York: ASCE, 1992. p. 214-258.

VASCONCELLOS, A. C. **O Concreto no Brasil: pré-fabricação, monumentos, fundações**. Volume III. Studio Nobel. São Paulo, 2002.

VAZ, P. F. L. **Estudo sobre a racionalização na construção civil**. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Civil) – Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Campo Mourão, 2014

ZAMBERLAN, C. O. et al. **Gerenciamento de processos: o caso da central de cosméticos Ltda**. In: XIII SIMPEP- Bauru, São Paulo, Brasil, 06 a 08 de novembro de 2006.