

UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ
COORDENAÇÃO DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO
CURSO DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DE PRODUÇÃO

SABRINA DA SILVA SANTOS

**OTIMIZAÇÃO DE PROCESSO DA CONSTRUÇÃO CIVIL:
COMPARATIVO ENTRE O MÉTODO CONSTRUTIVO TRADICIONAL
E O MÉTODO CONSTRUTIVO DE BLOCOS PORTANTES**

TRABALHO DE DIPLOMAÇÃO

MEDIANEIRA

2016

SABRINA DA SILVA SANTOS

**OTIMIZAÇÃO DE PROCESSO DA CONSTRUÇÃO CIVIL:
COMPARATIVO ENTRE O MÉTODO CONSTRUTIVO TRADICIONAL
E O MÉTODO CONSTRUTIVO DE BLOCOS PORTANTES**

TRABALHO DE DIPLOMAÇÃO

Trabalho de conclusão de curso apresentado ao Curso de Graduação, em Engenharia de Produção, da Universidade Tecnológica Federal do Paraná, como requisito parcial à disciplina de TCC2.

Orientador(a): Prof(a). Me. Carine Cristine Machado Urbim Pasa

Co-Orientador: Prof. Me. Peterson Diego Kunh

MEDIANEIRA

2016



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO
PARANÁ
CAMPUS MEDIANEIRA

Diretoria de Graduação
Coordenação de Engenharia de Produção
Curso de Graduação em Engenharia de Produção



TERMO DE APROVAÇÃO

OTIMIZAÇÃO DE PROCESSO DA CONSTRUÇÃO CIVIL: COMPARATIVO ENTRE O MÉTODO CONSTRUTIVO TRADICIONAL E O MÉTODO CONSTRUTIVO DE BLOCOS PORTANTES

Por

SABRINA DA SILVA SANTOS

Este trabalho de conclusão de curso foi apresentado às 08:20 h do dia 17 de junho de 2016 como requisito parcial para aprovação na disciplina de TCC2, da Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Campus Medianeira. O candidato foi arguido pela Banca Examinadora composta pelos professores abaixo assinados. Após deliberação, a Banca Examinadora considerou o de trabalho de diplomação aprovado.

Prof(a). Me. Carine C. M. U. Pasa
UTFPR

Prof. Me. Peterson Diego Kunh
UTFPR

Prof. Me. Neron Alipio Cortes Berghauser
UTFPR

Prof. Me. Cidmar Ortiz dos Santos
UTFPR

A Deus, a minha mãe, ao meu noivo,
as minhas irmãs e aos meus amigos...
companheiros de todas as horas...

AGRADECIMENTOS

Primeiramente gostaria de agradecer a Deus, que me sustentou me deu paciência e perseverança. Em meio a muitas crises posso dizer que já sou vitoriosa por ter chegado até aqui.

A minha mãe, Rosely Carlos da Silva, meu maior exemplo de mulher, de caráter e força, eu agradeço pelas suas orações , pois elas me ajudam todos os dias.

As minhas irmãs, Simone, Soraia e Sara e cunhados Cristian e Julio que sempre acreditaram em mim e me motivaram, eu amo vocês.

Ao meu sogro Neiton dos Santos, meu professor de todos os dias e meu criador de perspectivas. A minha sogra Mariles Perin meu anjo de luz que me fez sorrir mesmo em dias difíceis.

Os meus orientadores Prof.(a). Me. Carine Cristine M. U. Pasa e Prof. Me. Peterson Diego Kunh, que me auxiliaram em todas as etapas deste trabalho.

As minhas amigas Julia Gama, Thais Minosso e Isadora Antonioli, minhas irmãs de coração que me suportaram durante todos esses anos e sei que vou levar para o resto da minha vida, obrigada por tudo.

A todos os meus colegas e professores, vocês fazem parte da minha história.

E por último, quero agradecer ao meu noivo Leandro Perin dos Santos, por ter me apoiado, me orientado durante todos esses anos. Em meio a tantas dificuldades posso dizer que nós conseguimos, eu me sinto extremamente realizada por ter alguém como você ao meu lado. Gostaria de ressaltar que esse sonho só está começando e eu vejo muitos caminhos de realizações para nós. Eu te amo.

"Ainda que a minha mente e o meu corpo enfraqueçam,
Deus é a minha força, Ele é tudo o que eu sempre preciso."

Salmo (73:26), Bíblia Sagrada

RESUMO

SILVA, Sabrina. **Otimização de Processos da Construção Civil**: comparativo entre o método construtivo tradicional e o método construtivo de blocos portantes. 2016. Monografia (Bacharel em Engenharia de Produção) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Medianeira 2015.

Com o aumento da demanda no setor da construção civil e com o desenvolvimento de novas tecnologias aplicadas ao setor, viu-se a necessidade da implementação de métodos que tornem o processo mais ágil. Observa-se que este setor apresenta perdas consideráveis que se reduzidas ou erradicadas, tornará a obra mais econômica. Um modo de produção que vem sendo utilizado e que supre essas necessidades é o processo construtivo por meio de blocos portantes, esse processo visa minimizar vários fatores que estão ligados diretamente aos custos da obra, mas principalmente eliminar desperdícios de materiais e o desperdício de tempo. Em contrapartida esse método necessita de mão de obra especializada, sendo que não é a realidade em que o setor se enquadra, pois o mesmo é um dos setores que mais emprega mão de obra desqualificada. Logo para a dissipação desse novo processo faz-se necessário investir no treinamento dos trabalhadores que atuam na área, além da aceitação do novo método construtivo pelos mesmos. Levando-se em conta os grandes ganhos que o processo por meio de blocos portantes proporciona, esse estudo teve a intenção de proporcionar um comparativo em relação a produtividade dos processos construtivos convencional e estrutural. A partir de uma coleta de dados por meio da cronoanálise ocorreu à avaliação dos métodos construtivos tradicional e de blocos portantes. No estudo foi possível identificar a superioridade dos blocos portantes sobre os blocos cerâmicos convencionais, os resultados obtidos mediante o comparativo demonstrou que os resultados foram satisfatórios apenas para os blocos modulares.

Palavras-chave: Blocos portantes. Construção estrutural. Produção enxuta. Cronoanálise.

ABSTRACT

SILVA, Sabrina. **Process Optimization in Civil Construction:** comparing the traditional construction method and construction method of bearing blocks. 2016. Monografia (Bacharel em Engenharia de Produção) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná.

With increasing demand in the civil engineering construction sector, and the development of new technologies applied to said sector, there was a need to implement methods that would create a more agile processes. The construction sector presents considerable losses which, if reduced or eradicated, would make the construction much less expensive. A way of production, which is already being used, though it is not widely used in popular buildings, is the construction process through bearing blocks, this process aims to minimize several factors that are linked directly to the project costs, but mostly eliminate waste of both material and time. On the other hand this method requires skilled labor, and construction faces the fact that it is the sector that most employs disqualified operators. Therefore, for the dissipation of this new process, it is necessary an investment in the training of most of the employees working in the area, besides the acceptance of the new working method from employees. Taking into account the large gains to the process provided by bearing blocks, this study intends to provide viability from a data collection, which will evaluate time of construction for both the traditional construction method and constructive method using bearing blocks.

Key-words: Bearing blocks. Structural construction. Lean production. Chrono-analysis.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Taxa de variação dos setores e da construção civil	18
Figura 2 – Participação da indústria da Construção na população ocupada.....	19
Figura 3 – Madeiramento do sistema convencional	50
Figura 4 – Bloco convencional cerâmico	52
Figura 5 – Fluxograma do assentamento dos blocos cerâmicos.....	54
Figura 6 – Folha de observação dos blocos cerâmicos	56
Figura 7 – Distribuição do canteiro de obra da construção modular	61
Figura 8 – Módulo da construção modular	62
Figura 9 – Distribuição dos blocos de concreto sobre os paletes.....	64
Figura 10 – Blocos canaletas	65
Figura 11 – Argamassa utilizada na construção modular.....	66
Figura 12 – Palheta ferramenta que distribui a argamassa	66
Figura 13 – Armadura da construção estrutural	68
Figura 14 – Fluxograma do assentamento dos blocos modulares	69
Figura 15 – Folha de observação dos blocos modulares	71

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Valor das tolerâncias no processo convencional	36
Tabela 2 – Tempo padrão de operação no processo convencional	36
Tabela 3 – Valor das tolerâncias estabelecidas no processo modular	39
Tabela 4 – Tempo padrão de operação no processo modular	43

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Vantagens e desvantagens da alvenaria estrutural	36
Quadro 2 – Definições básicas do processo estrutural	36
Quadro 3 – Descrição dos equipamentos utilizados no processo da cronoanálise ..	39
Quadro 4 – Valores típicos para a tolerância T	43
Quadro 5 – Coeficiente de distribuição normal	45
Quadro 6 – Coeficiente de variação e desvio padrão.....	58
Quadro 7 – Coeficiente de variação e desvio padrão	72
Quadro 8 – Comparativo descritivo dos métodos construtivos convencionais e modular	75
Quadro 9 – Comparativo das principais características dos blocos convencionais e de concreto	76
Quadro 10 – Resultados dos modelos de construção a partir do comparativo mediante a ferramenta cronoanálise	78

LISTA DE SIGLAS

ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
ABCIC	Associação Brasileira da Construção Industrializada de Concreto
ABCI	Associação Brasileira de Construção Industrializada.
a.C.	Antes de Cristo
AQUA	Alta Qualidade Ambiental
BNDES	Banco Nacional do Desenvolvimento
BREEAM	<i>Building Research Establishment Environmental Assessment Methodology</i>
CBIC	Câmara Brasileira da Indústria da Construção
d.C	Depois de Cristo
HQE	<i>Hign environmental Quality</i>
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
NBR	Norma Brasileira
NR	Norma Regulamentadora
PBI	Produto Interno Bruto
PVC	Policloreto de Vinila
USP	Universidade de São Paulo

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	13
2 REVISÃO DE LITERATURA	16
2.1 CONSTRUÇÃO CIVIL	16
2.2 PRODUÇÃO ENXUTA	22
2.2.1 Origem da Produção Enxuta	22
2.2.2 Construção Enxuta	25
2.3 OTIMIZAÇÃO DE PROCESSOS NA CONSTRUÇÃO	28
2.4 ALVENARIAS	29
2.4.1 Alvenaria Estrutural	30
2.4.2 Características Básicas	33
2.4.3 Definições Básicas do Sistema	35
2.5 CRONOANÁLISE	36
2.5.1 Equipamentos para o estudo de tempos	38
2.5.2 Estudo dos Métodos	38
2.5.3 Estudos de Tempos	39
2.5.4 Relação entre os Tempos	40
2.5.5 Número de Ciclos de Medida	43
3 MATERIAIS E MÉTODOS	45
3.1 PROCEDIMENTOS TÉCNICOS DA PESQUISA	45
3.2 NATUREZA DA PESQUISA	46
3.3 DO PONTO DE VISTA DOS OBJETIVOS	46
3.4 FORMA DE ABORDAGEM AO PROBLEMA	47
3.5 COLETA DE DADOS	47
4 PROCESSO DE ASSENTAMENTO DE BLOCOS CERÂMICOS CONVENCIONAIS	49
4.1 DESCRIÇÃO DO PROCESSO	51
4.2 COMPONENTES E FERRAMENTAS	51
4.2.1 Blocos Cerâmicos de Vedação	52
4.2.2 Argamassa	53
4.3 FLUXOGRAMA DO PROCESSO DE ASSENTAMENTO DOS BLOCOS CERÂMICOS	53
4.3.1 Divisão das Etapas	55
4.3.2 Cronoanálise do Processo Construtivo Convencional	55
4.3.3 Determinação dos tempos	56
4.3.4 Número de Medidas	58
5 PROCESSO DE ASSENTAMENTO DE BLOCOS portantes	60
5.1 DESCRIÇÃO DO PROCESSO	61
5.2 COMPONENTES E FERRAMENTAS	62
5.2.1 Blocos de Concreto Estrutural	63
5.2.2 Bloco Canaleta	64
5.2.3 Argamassa	65
5.2.4 Grout	67
5.2.5 Armadura	67
5.3 FLUXOGRAMA DO ASSENTAMENTO DOS BLOCOS DE MODULARES	68
5.3.1 Divisão das Etapas	69
5.3.2 Cronoanálise do Processo Construtivo Modular	70
5.3.3 Determinação dos Tempos	71

5.3.4 Número de Medidas do Processo de Assentamento dos Blocos Portantes.....	72
6 RESULTADOS E DISCUSSÃO	75
7 CONSIDERAÇÕES FINAIS E SUGESTÕES	79
REFERÊNCIAS.....	81
APÊNDICE (A).....	85

1 INTRODUÇÃO

A indústria da construção civil exerce um papel importante para o desenvolvimento de um país. A sua representatividade é de 7% no Produto Interno Bruto (PIB) do Brasil, logo o desenvolvimento do setor pode vir a indicar diversos fatores: o nível de desenvolvimento do país, crescimento demográfico, aumento na economia, investimento e giro no capital valorizando ainda mais o setor, além disso, gera de empregos e melhora a qualidade de vida dos trabalhadores que dependem essencialmente do setor da construção civil.

A construção civil brasileira apresenta um atraso muito grande quando comparado aos outros setores da economia, principalmente pelo método de produção e os produtos tradicionais que se tornaram ultrapassados quando contrastados com os países desenvolvidos (KATO, 2002)

O Estudo do Panorama Setorial da Construção Civil (2009), evidencia que o setor de construção civil é o que mais emprega mão de obra desqualificada, sendo que o fator de confiabilidade que exige ao trabalhador são os anos de experiência que o mesmo tem. Fator esse que será ressaltado ao longo do trabalho.

Segundo uma pesquisa realizada na Universidade de São Paulo USP a construção civil apresenta um desperdício médio: 56% de cimento, 44% de areia 30% de gesso, 27% de condutores elétricos e 15% de tubos de policloreto de vinila (PVC).

O presente estudo tem como foco a otimização de processos na construção, assim como a análise de custos envolvidos nos processos a serem investigados. Trata-se de estudo de caráter comparativo, em que se analisará o processo construtivo da alvenaria tradicional e da alvenaria estrutural. A fim de estruturar a comparação será realizado a cronoanálise de uma etapa específica do processo, com o intuito de evidenciar qual processo se torna mais otimizado.

Pretende-se apresentar a possibilidade de padronização de processos e a utilização de novas tecnologias no setor, alternativas estas sempre apontadas pelos diversos estudos acerca da filosofia *lean*.

Sendo que o objetivo principal da pesquisa é avaliar os ganhos em produtividade e vantagens do uso de sistemas produtivos com blocos portantes em relação ao sistema construtivo tradicional. A partir disso foram especificados

objetivos de categorias menores para que por fim atinja-se o objetivo maior, sendo eles representados a seguir:

- a) Executar levantamento quantitativo do processo de assentamento dos blocos para os dois modelos estudados.
- b) Realizar comparativo de produtividade e quantidade de materiais utilizados entre os dois métodos para o projeto modelo.
- c) Descrever o método construtivo tradicional e o método construtivo de blocos portantes.
- d) Realizar por meio da cronoanálise um parâmetro de comparação entre os métodos abordados na pesquisa.
- e) Promover um diagnóstico de capacidade entre os métodos construtivos perante os dados recolhidos.

A presente pesquisa ressalta a importância de alguns pontos que serão mencionados a seguir e definidos ao longo da pesquisa, sendo que os mesmos destacam-se por possuir grande relevância para o desenvolvimento do setor da construção civil, consolidando assim o interesse da pesquisa.

Com o crescimento da demanda no setor da construção civil, nota-se que apresenta vantagens em relação a investimento, pois trata-se de um ambiente que nos últimos anos apresentou grande movimentação de capital, gerando boas expectativas para os investidores. A crise que atingiu toda a economia do país e reduziu os investimentos para o setor, e obteve como consequência à estagnação de muitas obras, no entanto o setor aos poucos vem tentando se sustentar no mercado. Com a existência da crise aumenta ainda mais o interesse em se aplicar as ferramentas da engenharia de produção, com os diagnósticos dos benéficos mediante a implementação desses novos métodos e ferramenta de produção seria possível modificar conceitos tradicionais e torná-los mais econômicos.

O estudo torna-se ainda mais relevante quando está voltado para o mercado de trabalho, de acordo com a abordagem da pesquisa, com a crise muitas empresas estão tendo que diminuir seu quadro de funcionários e o fato que em sua grande maioria possuir mão de obra desqualificada aumenta ainda mais essa hipótese, logo muitas pessoas estão correndo grande risco de perderem seus empregos. Entretanto com a implementação desses novos métodos, ajudaria as

empresas a traçar novos caminhos e oportunidades para superar a crise, investindo na qualificação de seus funcionários em virtude disso melhorando seu *marketing* de negócio.

Uma oportunidade que surge no mercado da construção civil são as novas tecnologias que estão sendo incorporadas no setor, por meio dos quais os investidores estão se beneficiando, apresentando medidas alternativas, oferecendo praticidade e economia na construção, proporcionando assim vantagens competitivas de mercado. A partir dos resultados dos dados estudados pretende-se divulgar a pesquisa tanto para alunos, consumidores e investidores do setor.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 CONSTRUÇÃO CIVIL

A alvenaria vem sendo utilizada na construção e nas mais diversas áreas ao longo de séculos, possuindo valores imensuráveis para a sociedade, visto que seus conceitos e técnicas vêm sendo desenvolvidos e seus princípios se perpetuam até hoje, além do mais, é a principal técnica construtiva empregada até o início do século XX (ROMAN, 1994).

Roman (1994), ressalta que desde os primórdios da construção civil até início do século XX não existiam parâmetros ou padrões construtivos, as obras eram construídas empiricamente e todo conhecimento que se possuía era das experiências que foram sendo adquiridas e aperfeiçoadas ao longo de várias gerações.

Mediante todo esse contexto histórico resultou-se em várias construções superdimensionadas (excesso de material), um bom exemplo é o edifício Monadnock em Chicago de 1981. Mas foi a partir da metade do século XX, que estudiosos evidenciaram o potencial que o setor obtinha, e a partir de então começaram ser desenvolvidos estudos científicos que quantificavam os materiais necessários para cada operação, surgindo assim os primeiros conceitos que substituíram o empirismo por métodos de cálculos racionais (ROMAN, 1994).

A indústria da construção civil desempenha um papel muito importante na economia nacional, sua participação corresponde com cerca de 7% do PIB. Sua importância se estende ainda mais porque o setor desempenha um papel social amenizando o déficit habitacional. Logo a construção civil é parte fundamental para o desenvolvimento nacional, pois para que um país cresça obras são necessárias, e com elas é acompanhada toda a cadeia produtiva, refletindo diretamente na intensa geração de empregos (MASCARÓ *et al*, 1981). Em contra partida um levantamento realizado no dia 23 de agosto de 2012 pela CBIC aponta que a representatividade econômica do setor está equivalente a 5,8% do PIB nacional.

A representatividade do segmento indica que o desenvolvimento desta parcela interfere diretamente no desenvolvimento da economia de todo o país, que

por sua vez reflete no crescimento demográfico, nos investimentos para o setor, giro de capital, sendo assim auxilia na geração de empregos e na melhoria da qualidade de vida dos trabalhadores que dependem essencialmente da construção civil. De acordo com O Estudo do Panorama Setorial da Construção Civil (2009), o seguimento em questão é o que mais emprega mão de obra desqualificada, sendo os anos de experiência o fator de confiabilidade que se exige na hora da contratação.

De acordo com a Revista Exame (2015), a construção civil no Brasil vive uma crise sem precedentes. Segundo o levantamento da matéria Melhores e Maiores, a rentabilidade do setor caiu de 11,2% em 2013 para 2,3% em 2014. Os especialistas afirmam que a recuperação será lenta, e a expectativa para um quadro significativo será apenas em 2017.

A Figura 1 apresenta as variações que os setores vêm sofrendo decorrente da crise. É possível ver o crescimento considerável que o setor da construção civil atingiu entre os anos de 2009 e 2011, período esse que houve um benefício muito grande por meio do Governo onde foram realizados centenas de investimento em casas populares, desde então a demanda começou a decair, mas se manteve com saldo positivo até o ano de 2013, e foi a partir do ano de 2014 que o setor apresentou déficit no crescimento (CBIC, 2015).

Na continuidade da matéria da revista Exame (2015), demonstra que a crise no setor é decorrente a dois fatores, o excesso de oferta que proporcionou uma procura por investimento muito grande no mercado e o escândalos políticos, desde então reduziu-se os investimentos internos e externos ao Brasil contribuindo para a decadência econômica do país. A crise esta provocando um efeito dominó que afeta toda a economia, logo a representatividade do setor pode vir a ser um grande problema visto que a construção civil emprega diretamente, mais de três milhões de pessoas.

TAXA DE VARIAÇÃO - SETORES E CONSTRUÇÃO CIVIL*

Em relação ao mesmo trimestre do ano anterior e Acumulada em 4 trimestres

	em (%)					
TRIMESTRE	Indústria	Construção Civil	Agropecuária	Serviços	VAB pb	PIB pm
2009						
1º TRIMESTRE	(11,0)	(0,2)	(1,6)	0,9	(2,4)	(2,6)
2º TRIMESTRE	(8,1)	5,4	(5,6)	0,5	(2,2)	(2,3)
3º TRIMESTRE	(5,8)	7,6	(7,5)	1,2	(1,2)	(1,3)
4º TRIMESTRE	5,7	16,6	1,2	5,0	5,0	5,3
ACUM. 4 TRIM.	(4,8)	7,5	(3,8)	1,9	(0,2)	(0,2)
2010						
1º TRIMESTRE	15,5	19,7	7,0	6,1	8,4	9,2
2º TRIMESTRE	13,3	18,0	10,2	6,0	8,1	8,6
3º TRIMESTRE	8,5	9,3	5,6	5,7	6,4	7,0
4º TRIMESTRE	5,5	7,4	3,1	5,4	5,3	5,8
ACUM. 4 TRIM.	10,4	13,1	6,8	5,8	7,0	7,6
2011						
1º TRIMESTRE	5,6	8,7	5,3	4,7	4,9	5,2
2º TRIMESTRE	4,9	7,4	0,6	4,3	4,2	4,6
3º TRIMESTRE	3,9	9,4	7,7	2,7	3,3	3,4
4º TRIMESTRE	2,1	7,6	11,2	1,8	2,4	2,5
ACUM. 4 TRIM.	4,1	8,3	5,6	3,4	3,7	3,9
2012						
1º TRIMESTRE	3,2	8,4	(10,7)	1,7	1,4	1,6
2º TRIMESTRE	(2,2)	1,4	0,5	1,8	0,7	0,8
3º TRIMESTRE	0,5	2,4	5,4	2,7	2,2	2,3
4º TRIMESTRE	(0,9)	(0,5)	(5,6)	3,3	1,7	2,3
ACUM. 4 TRIM.	0,1	2,8	(2,5)	2,4	1,5	1,8
2013						
1º TRIMESTRE	(1,5)	1,0	21,4	2,5	2,5	2,6
2º TRIMESTRE	3,8	7,9	9,7	3,2	3,8	3,9
3º TRIMESTRE	2,2	5,8	(3,3)	2,5	2,1	2,4
4º TRIMESTRE	2,4	3,8	3,4	2,0	2,1	2,1
ACUM. 4 TRIM.	1,8	4,7	7,9	2,5	2,6	2,7
2014						
1º TRIMESTRE	3,0	3,5	3,4	2,4	2,7	2,7
2º TRIMESTRE	(3,6)	(5,6)	(1,5)	(0,2)	(1,1)	(1,2)
3º TRIMESTRE	(1,9)	(5,3)	(1,4)	0,3	(0,4)	(0,6)
4º TRIMESTRE	(1,9)	(2,3)	1,2	0,4	(0,2)	(0,2)
ACUM. 4 TRIM.	(1,2)	(2,6)	0,4	0,7	0,2	0,1
2015						
1º TRIMESTRE	(3,0)	(2,9)	4,0	(1,2)	(1,2)	(1,6)
2º TRIMESTRE	(5,2)	(8,2)	1,8	(1,4)	(2,1)	(2,6)
3º TRIMESTRE						
4º TRIMESTRE						
ACUM. 4 TRIM.	(2,9)	(4,7)	1,6	(0,5)	(1,0)	(1,2)

Fonte: IBGE - Diretoria de Pesquisas. Coordenação de Contas Nacionais.

Elaboração: Banco de Dados-CBIC.

OBS.: * Nova Série das Contas Nacionais - Referência 2010.

Figura 1- Taxa de variação dos setores e da construção civil
Fonte: IBGE, 2015.

Mesmo em meio à crise o setor de construção civil, ainda que em um ritmo inferior aos dos últimos anos, vem se desenvolvendo. É possível notar que no período em que se obteve uma liberação maior de crédito o mercado da construção

vivenciou um aumento bastante significativo em relação aos anos posteriores, sendo que o sonho de obter sua casa própria é algo vigente para todos brasileiros.

No ano de 2009 com a liberação do crédito imobiliário com o programa do governo minha casa, minha vida, o setor cresceu 5%. Barbosa (2009) ressalta que com o aumento da competitividade no setor as empresas de médio e grande porte visam à ampliação de suas unidades e a expansão de sua atuação, mas estão essencialmente focadas no planejamento de suas obras, controle da produção e qualidade dos bens e serviços que estão sendo oferecidos, sendo que os mesmos têm se tornado fatores primordiais para a permanência dessas empresas no mercado.

Ano	Pessoas Ocupadas ¹		Participação Relativa da Construção Civil na População Ocupada Total (%)
	Brasil	Construção Civil	
2000	77.946,314	5.579,533	7,16
2001	78.568,898	5.603,994	7,13
2002	81.628,779	5.851,946	7,17
2003	82.965,817	5.652,633	6,81
2004	87.080,317	5.862,069	6,73
2005	89.659,878	6.135,556	6,84
2006	92.191,234	6.201,572	6,73
2007	93.732,291	6.514,359	6,95
2008	94.902,552	6.833,562	7,20
2009	95.758,123	7.229,909	7,55
2010	98.116,218	7.844,451	8,00
2011	99.560,157	8.099,182	8,13

Figura 2 - Participação da indústria da construção na população ocupada

Fonte: IBGE, Diretoria de pesquisa, Coordenação de Contas Nacionais.

Elaboração: Banco de Dados-CBIC

(1)Em mil pessoas

A partir dos dados do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) os levantamentos estatísticos que estão presentes na Figura 2 são referentes a uma pesquisa realizada pela Câmara Brasileira da Indústria da Construção (CBIC) (2015), pode-se notar que os índices ocupacionais vêm aumentando ao longo dos anos e com reciprocidade os índices da construção civil.

A procura por imóveis ainda ocorre, mesmo que de maneira mais sutil que nos últimos anos, onde se confirma que o interesse da casa própria supera a crise.

Ainda com todo o crescimento e o desenvolvimento tecnológico referente à construção civil, nota-se que o setor demonstra uma série de dificuldades a respeito do desperdício e dos resíduos provenientes da construção.

Segundo uma pesquisa realizada na Universidade de São Paulo (USP), a construção civil apresenta um desperdício médio: 56% de cimento, 44% de areia, 30% de gesso, 27% de condutores elétricos e 15% de tubos de Policloreto de Vinila, mais conhecido como PVC.

Os desperdícios ocorrem principalmente por erros no desenvolvimento dos projetos, uso inadequado dos materiais e a falta do planejamento e controle no desenvolvimento das etapas obra. A falta de planejamento acaba por se tornar subjetivo, apresentando uma grande diferença entre a quantidade de material previsto no orçamento e o que efetivamente é gasto durante todo o projeto.

Toda construção que não possui um planejamento detalhado e um acompanhamento das etapas por um profissional qualificado corre grandes riscos de desperdício, ineficiência e agressão ao meio ambiente.

Além de toda perda com o custo mal distribuído ao longo na obra, o setor possui reflexos negativos a respeito do impacto ambiental, sendo que todas as construções correspondem a 40% de toda a matéria-prima disponível no Brasil.

De toda madeira extraída no Brasil 60% é destinada ao setor, vale ressaltar que a madeira utilizada como molde ou para o enquadramento é descartada como resíduo, pois quando são destinadas para essas especificidades as mesmas não possui valor agregado para a construção são apenas custos do projeto, 50% de toda energia consumida e 34% de toda a água potável. Todo esse diagnóstico foi levantado pela Universidade de São Paulo.

Em virtude do impacto ambiental que a construção tem proporcionando, estudos e aplicação de novos modelos de construções limpas tornem-se ainda mais participativos para o setor. A busca de novos conceitos e tecnologia, que visam o crescimento da informação e da aplicação de novos métodos para solucionar os problemas mais corriqueiros que o setor apresenta, vem surtindo resultados que refletem diretamente no desenvolvimento ambiental, social e econômico.

Para Filha *et al* (2015), quando se busca o desenvolvimento e ressalta o quão importante é a utilização adequada dos processos ou até mesmo a troca por

modelos similares auto-sustentáveis, pode-se obter benefício para o meio ambiente e a sociedade em geral.

A recente conscientização sobre a sustentabilidade leva a novas exigências por parte dos clientes, públicos e privados, determinando a criação de requerimentos e regulamentos, tanto em âmbito nacional como na União Européia. Já existem dois sistemas de certificação de construções na Europa: um de origem inglesa, o Building Research Establishment Environmental Assessment (Breeam), cuja avaliação esta baseada em critérios e benchmarks, e o francês Haute Qualité Environnementale (HQE), cujo modelo já foi adaptado ao Brasil com o selo Aqua (Alta Qualidade Ambiental). (FILHA, 2010-2013, p. 307).

De acordo com Filha (2015), uma pesquisa realizada pelo Banco Nacional do Desenvolvimento (BNDES) voltada para Construção Civil, ressalta a existência de outro fator que oferece uma pressão ainda maior no setor, diz respeito aos novos padrões de saúde e segurança nos processos construtivos, o que exige a alteração e o aperfeiçoamento dos processos existentes, assim como a busca por maior eficiência, observada nas seguintes iniciativas:

- a) Utilização de tecnologias da informação em materiais e edificações (prédios inteligentes);
- b) Comunicação com os clientes e associados nos empreendimentos;
- c) Controle das atividades, materiais e equipamentos;
- d) Suprimento de materiais e equipamentos com o e-business;
- e) Utilização de equipamentos de inteligência virtual;
- f) Projeto e construção.

A indústria da construção civil também utiliza certas técnicas, como a *lean construction* e a de elementos pré-fabricados, que permitem minimizar erros e reduzir custos e prazos. De modo geral, pode-se dizer que só existe melhoria na qualidade quando se tem um planejamento do projeto e das etapas da construção contemplando a disponibilidade de materiais, equipamentos e mão de obra.

A implementação desses métodos construtivos requer que os trabalhadores sejam qualificados, o que não é um impasse para as grandes empresas do seguimento da Construção Civil que constantemente estão buscando qualificação e especialização, visto que não encontram dificuldades já que estão equipadas economicamente para suprir essa demanda. Porém, para as pequenas e

medias empresas, existe uma escassez de mão de obra qualificada, haja vista que elas não têm as habilidades e os recursos necessários para desenvolvê-la.

2.2 PRODUÇÃO ENXUTA

Santos (2003), menciona que a produção enxuta originou-se devido a problemas com desperdícios. Com a consolidação da produção enxuta procura-se minimizar os desperdícios em relação ao tempo de processamento, otimizar o trabalho em processo, erradicar os desperdícios provenientes de erros no processo que caracterizam o produto como rejeito e a busca da otimização nas áreas que não agregam valor à cadeia produtiva. O conceito da Produção Enxuta pode ser retratado em todas as áreas e setores de uma empresa, ressaltando que todo processo da origem a algum tipo de desperdício. A partir de uma política empresarial bem consistente e proveniente do conceito de Produção Enxuta, pode-se identificar as falhas e solucioná-las, para a melhoria da eficiência. Como resultado tem-se a redução dos custos e simultaneamente a melhoria da produção, em conjunto com a garantia da qualidade.

Para Koskela (1992), a melhoria do raciocínio é a base da nova filosofia de produção, que visa comprimir o tempo de ciclo, ocasionando a redução da inspeção e minimizando o tempo de espera.

2.2.1 Origem da Produção Enxuta

Antigamente a produção era vista de maneira subjetiva, até o século XVIII quando a agricultura em conjunto com algumas formas simples de manufatura, introduziu a idéia de conversão, onde na entrada há matéria-prima e no processo sofre-se a conversão originando o produto. Este se estabilizou na economia difundindo-se por vários campos de aplicação, inclusive na engenharia, pelo modo de produzir da época ter basicamente poucas etapas da conversão, de acordo com Kato (2002 apud. KOSKELA, 1992).

A produção artesanal, desde o princípio do desenvolvimento da manufatura, lançava mão, de trabalhadores altamente qualificados e ferramentas simples, mas altamente flexíveis, para produzir o que o cliente mais desejava: um item por vez, na maioria das vezes o cliente exigia exclusividade do produto. Essa forma de produção garantia a qualidade e ao mesmo tempo a sofisticação do produto, no entanto fazia com que o produto se tornasse cada vez mais caro, chegando ao ponto de tornar-se inviável a sua comercialização (WOMACK et. al., 1992).

Como relata Womack (1990), mais uma vez a indústria automobilística participou da vanguarda, quando se diz respeito da mudança na forma de produzir. Essas transformações foram originadas a partir de várias inovações desenvolvidas pela Toyota, empresa japonesa fabricante de automóveis, que vinha desenvolvendo conceitos de produção enxuta desde a metade da década de 1950. Koskela (1992), ressalta que a idéia básica da Toyota com um sistema de produção é a eliminação de estoques e outros resíduos através de pequenos lotes de produção, com os tempos de preparação reduzidos, máquinas semi-autônomas, a cooperação com os fornecedores, e outras técnicas, por meio de uma filosofia de produção.

De acordo com Koskela (1992), as questões da qualidade foram atendidas pela indústria japonesa. A Filosofia da qualidade evoluiu de um método estatístico de garantia da qualidade para uma abordagem mais ampla, incluindo círculos da qualidade e outros ferramentas para o desenvolvimento de toda a empresa.

Dalla e Moraes (2006), na produção em massa, utilizavam-se de profissionais altamente especializados para projetar seus produtos que eram manufaturados por trabalhadores sem qualificação ou semi-qualificados, em máquinas especializadas em apenas uma tarefa, que eram inúteis quando havia alterações de processos ou produtos.

“A produção em massa jamais funcionaria no Japão. Desse início experimental nasceu o que a Toyota veio a chamar de Sistema de Produção Toyota e, finalmente, a produção enxuta” (WOMACK *et al*, 1992, p.40).

Ao fim da Primeira Guerra Mundial a Europa liderava a produção artesanal, em conjunto, Alfred Sloan da General Motors e Henry Ford da Ford Motors, dentre outros, conduziam-se para a chamada Era da Produção em Massa. Sendo que até o momento em questão, esse sistema de produção era utilizado

pelas indústrias automobilísticas norte americanas, logo depois o conceito difundiu-se pelas indústrias europeias. O que se pode dizer é que os europeus não realizaram um estudo aprofundado sobre o processo, não identificaram se esses conceitos trariam algum benefício significativo, ou ainda mais importante, se esse conceito seria vantajoso economicamente, enquadrando-o como uma réplica do sistema norte americano que espalhou-se por toda a Europa (WOMACK *et al*, 1992).

Ao contrario dos europeus, os japoneses tiveram a preocupação de estudar o sistema antes de implantá-lo em seu país, visando os benefícios e até onde conseguiria atender as suas necessidades. O jovem engenheiro Eiji Toyoda, esteve durante um tempo nos Estados Unidos na cidade de Detroit, estudando o processo de maneira crítica, e viu que era possível melhorar o sistema de produção norte americano (DALLA E MORAES, 2006).

Ao configurar um novo ambiente produtivo e concorrencial faz-se com que a empresa busque medidas que garantam a sua competitividade no mercado. Podendo ser através de novos produtos, processos e praticas organizacionais, que lhes garantam vantagens competitivas, e também de sua adaptação à seleção econômica que o mercado exige.

Toyoda teve a percepção da potencialidade da sua empresa familiar, e percebeu que se implementasse um novo método para a fabricação de seus automóveis conseguiria que a Toyota passasse a ser competitiva no mercado. No entanto, o ambiente exigia cautela, por causa da situação do Japão não ser nada favorável ao fim da Segunda Guerra Mundial. Sendo assim, esse novo método teria que ser seguro, evitar desperdícios, atender a necessidade da comunidade japonesa e a fabricação teria que ser em larga escala (WOMACK *et al*, 1992).

Na medida em que se aplica o método da Produção Enxuta torna-se possível analisar outras dimensões como o comportamento dos trabalhadores, o próprio relacionamento com os fornecedores, a partir da rotatividade de tarefas que envolvem a força de trabalho pode-se também obter resultados em motivação que pode ser medida pelo número de sugestões e absenteísmo, cujos indicadores para as montadoras japonesas são muito superiores às das norte-americanas e europeias. Ainda analisando parâmetros no âmbito comportamental, o relacionamento que as montadoras exercem com os seus fornecedores é o mais próximo possível, o que os tornam cooperadores. No momento em que se logra

êxito através de ferramentas gerenciais podem se resultar em menores custos de produção e menor esforço de gerenciamento das operações.

2.2.2 Construção Enxuta

A Construção Enxuta é uma aplicação que parte do conceito de Produção Enxuta, que tem como objetivo aumentar a eficiência da produção pela eliminação consistente e completa de desperdícios. O que se procura fazer é analisar a linha do processo produtivo desde o momento em que o cliente paga até o recebimento do bem. Deste modo, o objetivo central deste sistema é reduzir drasticamente o tempo de produção e os desperdícios oriundos de um processo inadequado, no caso eliminar o que não acrescenta valor (SANTOS E FILHO, 1998).

A Construção Enxuta é uma das principais ferramentas que contribui para o avanço da construção civil e pode ser compreendida por possuir uma filosofia que se desenvolve a partir dos problemas que são encontrados nos processo construtivos. A aplicação da ferramenta age nas causas dos problemas, indicando possíveis melhorias no processo a fim de evitar futuros erros, que devem ser observados desde a etapa inicial do desenvolvimento da atividade. (FILHO, 2009).

Considera-se que a capacidade de produção seja igual ao trabalho real necessário para executar a atividade acrescida do desperdício que ocorre a execução da atividade, ou seja,

$$\text{Capacidade de produção} = \text{trabalho} + \text{desperdício} \quad (1)$$

Segundo Ohno (1997), para que se obtenha uma melhoria na eficiência deve-se produzir com zero de desperdício. Para que isso ocorra é preciso identificar os desperdícios por completo. Entre os tipos mais comuns destacam-se: a) desperdício de superprodução; b) desperdício de tempo disponível (espera); c) desperdício em transporte; d) desperdício do processo em si; e) desperdício de estoque disponível (estoque); f) desperdício de movimento; g) desperdício de produzir produtos defeituosos.

Com a eliminação completa desses desperdícios é possível aumentar a eficiência e reduzir os custos consideravelmente.

A realidade vista, na maioria das obras de construção civil, nos remete a uma série de fatores, que estão longe de um processo ideal, onde ocorre desperdício exagerado na execução das atividades. Devido a esse fato, Slack (2009), acredita que quando aplicada de forma estratégica, a ferramenta *Lean* ajuda na otimização do processo, atendendo aos prazos, melhorando a qualidade e desperdiçando menos tempo e material das obras executadas.

Os problemas começam pelo tradicionalismo que resiste as propostas de mudanças do setor, onde as falhas mais recorrentes são: a falta de mão de obra especializada, movimentação excessiva nos canteiros de obras, desperdício de material, atraso nas entregas e nos cumprimentos dos prazos, equipamentos ociosos ou ligados sem necessidade, baixa produtividade, desorganização nos canteiros de obras, falta de conscientização por parte dos trabalhadores, espera de material, ausência de comunicação entre os funcionários, falha de planejamento para sequenciar a obra conforme o projeto, retrabalho nos processos, entre outras dificuldades envolvidas.

A aplicação da filosofia *Lean*, não é uma atividade fácil, porém seu desenvolvimento acarreta uma série de vantagens para o setor, com o diferencial competitivo. Nesse contexto, existem diversas soluções que podem ser implementadas para melhoria e avanço da construção civil, como exemplo, a utilização dos pré-moldados, que facilitam na hora da execução da obra. (NUNES, 2010).

Alguns conceitos foram desenvolvidos por Koskela (1992), com enfoque nos aspectos para aplicação na construção civil. Dentre eles, sugeriu a redução das atividades que não agregam valor ao processo, verificação das necessidades dos clientes, redução da variabilidade e tempo de ciclo, aumento da flexibilidade, simplificação do processo, redução da movimentação e desperdício de materiais.

Para Gonçalves (2009), a filosofia *Lean*, quando bem aplicada, gera excelentes resultados que podem ser comprovados a partir de diversos estudos que já foram desenvolvidos na construção civil. Por isso Bernardes (2010), define que a forma mais adequada para alcançar alguma melhoria, é primeiramente identificar e eliminar todas as perdas do processo que provêm dos diversos desperdícios que acontecem nas obras.

A identificação e eliminação das tarefas que não agregam valor ao processo acabam causando interrupções no fluxo das atividades, gerando desperdícios e até mesmo o retrabalho de parte da construção. Segundo Coelho (2009), para ter uma construção enxuta estas interrupções devem ser mínimas.

Para Reis (2004), além da análise e eliminação das atividades que não contribuem para o andamento do processo, é preciso buscar a melhoria das demais tarefas envolvidas, como também o aprimoramento dos serviços realizados para a execução correta das obras.

Uma certificação de sistema de gestão da qualidade para uma construtora resulta no aumento da credibilidade de seus serviços prestados, podendo se tornar um diferencial para a empresa se destacar no mercado.

Segundo a ABNT NBR ISO 9001:2008 (*International Organization for Standardization*), tem como idealização a padronização e qualidade nos serviços e produtos. Como foi visto anteriormente estes requisitos são exatamente os princípios cobrados pela Construção *Lean*, que contribuem para a melhoria do sistema em busca da mais qualidade, maior lucro e menor desperdício.

Para Kurek (2005), lista algumas soluções que contribuem para o crescimento e avanço desse setor são:

- a) Produção descentralizada, a empresa deveria ter um leque de produtos, para não se tornar refém do mercado com um único produto.
- b) Não ser resistente a mudanças, deixar a mentalidade tradicionalista e pensar sempre naquilo que o cliente deseja;
- c) Mão de obra qualificada, com programas para motivar os funcionários no trabalho, oferecendo oportunidades para possíveis promoções;
- d) Ter as propostas da obra bem claras para que todos possam entender por completo o serviço que estão prestando;
- e) Criar um quadro de responsabilidades bem definido, para que cada funcionário saiba seu papel e seu desempenho dentro da obra.

Outras sugestões para melhoria no setor feitas por Koskela (1992), que enfatiza as atividades que não agregam valor e a melhoria contínua para otimização do processo:

Movimentação excessiva dos funcionários, onde deve ser reduzido o número de viagens feitas pelos operadores, devido aos altos custos e perda de tempo que isso gera no processo final.

O canteiro de obras deve estar organizado de tal forma que simplifique o trabalho dos colaboradores, realizando movimentações produtivas e seguras.

Execução correta dos serviços, para evitar que qualquer defeito seja encontrado na produção, gerando o retrabalho das atividades. Esse fator gera custo adicional para a empresa, que não serão pagos pelo cliente, além do desperdício de tempo, afetando o prazo na entrega final do serviço.

Comprometimento com os prazos previstos no planejamento da obra. Atrasos no cronograma afetam negativamente a imagem da empresa e a sequência no desenvolvimento das atividades posteriores, acarretando custos adicionais.

Produção contínua das tarefas, minimizando os tempos de espera de material e equipamento. Esse fator é um dos mais comuns nos canteiros de obras.

Análise das capacidades produtivas dos setores. Definir corretamente a sequência de atividades que serão executadas no decorrer da obra, para não gerar excesso de estoque (acumulo de materiais), interrompendo o ciclo de produção. As tarefas devem possuir certa sincronia entre elas, para serem melhores executadas e trazerem melhores resultados.

Trabalhar com um nível de estoque ideal, pois estoque gera custo no processo e ocupa espaço importante no canteiro de obras, impedindo a movimentação dos operadores, assim como a organização geral do ambiente.

Utilizar espaços menores para a produção dos materiais, agregando maior valor final a obra executada e gerando menores custos para a empresa.

2.3 OTIMIZAÇÃO DE PROCESSOS NA CONSTRUÇÃO

Andrade (2009), comenta que, um fator importante que pode prejudicar a qualidade do gerenciamento e da tomada de decisão é o tempo. Por causa da urgência de uma solução o administrador tende a tomar uma decisão sem conhecer a fundo os dados do problema.

Na utilização dos custos para auxílio à tomada de decisões, a previsão ou o planejamento do lucro de empresa é ponto importante. Um conjunto de procedimentos, denominados análise de custo-volume-lucro, determina a influência no lucro provocada por alterações nas quantidades vendidas e nos custos. Na verdade, os fundamentos da análise de custo-volume-lucro estão intimamente relacionados ao uso de sistemas de custos para o auxílio a tomada de decisão de curto prazo (BORNIA, 2009, p.54).

Otimizar os custos em relação ao tempo é o foco e a perspectiva principal do assunto que se estuda, porque no momento em que se deseja empreender espera-se obter maior rentabilidade com o menor investimento possível. A busca por esse custo ideal parte do princípio de beneficiar ambos os lados, o da lucratividade da empresa e a satisfação do cliente com o produto que esta sendo oferecido, necessitando que todos os parâmetros sejam cumpridos, como a garantia da qualidade do produto, o cumprimento das datas determinadas, que vincula diretamente o fornecedor, para que não ocorra a variação no preço esperado. (KOLLING et. al., 2012).

A vontade de minimizar o tempo de execução, custo total do projeto, está relacionando diretamente com a otimização dos custos envolvidos e o tempo disponível ou esperado para que a obra seja concluída com a obtenção de lucro a quem esta realizando a construção, por exemplo, uma construtora. Sabe-se que a construção implica gastos consideráveis, por isso, a necessidade da realização de um projeto minucioso e conhecer o orçamento disponível é indispensável para as empresas.

2.4 ALVENARIAS

A alvenaria possui a função de estabelecer a separação dos ambientes entre si, e da edificação como um todo como a área externa para o ambiente interno que cumpre esta função e deverá atuar sempre como freio, barreira e filtro seletivo, controlando uma série de ações relacionada à temporalidade do ambiente e movimentos complexos quase sempre muito heterogêneos (NASCIMENTO, 2004).

Nascimento ressalta que a alvenaria possui determinadas propriedades, sendo elas:

- a) Resistência à umidade e aos movimentos térmicos;
- b) Resistência a pressão do vento;
- c) Isolamento acústico e térmico;
- d) Resistência a infiltrações de água pluvial;
- e) Controle da migração de vapor de água e regulação da condensação;
- f) Base ou substrato para revestimentos em geral;
- g) Segurança para o usuário e ocupantes;
- h) Adequar e dividir ambientes.

No que se diz respeito à estruturação Nascimento (2004), aponta que pode-se dividir em grupos que distinguem-se entre a utilização e a função, bem como a sua estrutura adotada para absorver esforços e cargas previamente definidas em projetos, ou somente de vedação, tais estruturas diferem-se principalmente entre “Alvenarias auto-portantes” e “Alvenarias de vedação”.

As alvenarias auto-portantes são denominadas nesta maneira pelo fato de serem destinadas a absorver cargas das lajes e sobrecargas do restante da construção, sendo necessária para o seu dimensionamento a utilização da NBR 10837 e NBR 8798.

De acordo com Nascimento (2004), são denominadas alvenarias de vedação as montagens de elementos destinados às separações entre os ambientes, são consideradas de vedação por trabalhar no fechamento de áreas sob estruturas, sendo necessários apenas cuidados básicos para o seu dimensionamento e estabilidade.

2.4.1 Alvenaria Estrutural

A alvenaria estrutural, também conhecida como construção modular ou alvenaria auto-portante, é um processo construtivo que utiliza as paredes de alvenaria e as lajes enrijecedoras que possuem a função de uma estrutura em substituição aos pilares e vigas, mais utilizados nos processos construtivos tradicionais, sendo dimensionado segundo métodos de cálculos com confiabilidade

determinável (ROMAN, 1994).

No processo estrutural, as paredes possuem tanto a função estrutural quanto a de vedação, de modo que facilita as etapas construtivas quando comparado com as etapas do processo da construção convencional.

De acordo com Roman (1994), a alvenaria estrutural vem ganhando espaço no mercado mundial no setor de construção civil, devido às vantagens como flexibilidade construtiva, economia e rapidez na construção. Mas o que faz as atenções voltarem ainda mais para esse processo deve-se ao seu potencial de racionalização e produtividade, o que torna possível a obtenção de construções com bom desenvolvimento tecnológico aliado a altos índices de qualidade e economia.

A variabilidade tende a ser vista por alguns analistas, como uma condicionante técnica absoluta da atividade de construção. É preciso destacar, no entanto, que, embora a variabilidade seja um aspecto intrínseco à produção habitacional, esta se manifesta de em graus bastante diferenciados, em razão de condicionantes não-técnicas (FARAH, 1996, p. 86).

A partir da década de 70 consolidou-se no Brasil a busca da racionalização da construção, para o setor da construção civil. Este conceito é tido como algo intermediário entre a maneira tradicional de se construir. Procura-se, portanto, reduzir a ocorrência de erros, minimizar as perdas e tempos ociosos, aumento da produtividade, através da antecipação das atividades nas fases de projeto e planejamento (FARAH,1996).

Nesse contexto de racionalização, a construção modular encaixa-se perfeitamente porque ela apresenta facilidade na aplicação de medidas de racionalização para o processo, como a utilização de elementos pré-fabricados diminuindo o tempo de processo. Porém para que estas medidas surtam efeito, a aplicação dos conceitos devem ser implementado em todas as etapas do empreendimento, desde a concepção, a elaboração do projeto até a hora de construir (FRANCO E AGOPYAN,1994).

De acordo com Kalil (2007), a alvenaria estrutural é um sistema construtivo que vem sendo utilizado a milhões de anos. Onde suas técnicas foram sendo aperfeiçoadas gradativamente, visto que as primeiras construções eram extremamente simples quando comparadas com construções atuais, possuíam uma

concepção de empilhamento dos blocos um sobre o outro. Inicialmente fazia-se uso de blocos de rochas, mas a partir do ano 4000 a.C a argila passou a ser trabalhada possibilitando a produção de tijolos. E os vãos eram executados a partir de peças auxiliares como vigas de madeiras ou de pedra.

O tijolo é o produto manufaturado para construção mais antigo, em escavações realizadas onde fora a cidade de Jericó existem evidências de construções feitas com blocos há 6000 a.C. A facilidade da sua produção e a demanda pelo mesmo auxilia a sua permanência até os dias atuais (BROCK, 1994).

Schneider e Dickey (1994), ressaltam que desde as primeiras construções de tijolos já era possível notar características estruturais.

As primeiras referências escritas sobre a utilização de tijolos aparecem na Bíblia em Gênesis 11, onde descendentes de Noah, estão a caminho para nova terra, dizem: “Venham, vamos fazer tijolos e queimá-los”. A prática de se queimar tijolos foi proveniente da observação, pois os tijolos que ficavam mais próximos aos fornos eram mais resistentes (BROCK, 1994).

Com o passar do tempo as construções começaram a evoluir e passaram a tornar-se cada vez mais complexas, a partir dessas mudanças foram utilizadas alternativas para a execução dos vãos: os arcos. Caracterizando assim as primeiras obras de caráter estrutural, que é o caso do Parthenon, na Grécia que foi construído entre 480 a.C e 323 a.C e a Muralha da China, construída no período entre 1368 a 1644 (KALIL, 2007).

Brock (1994), menciona que os tijolos tinham a vantagens porque eram mais leves do que as pedras, mas a sua aceitação perante a sociedade só veio a acontecer em 532 d.C. onde um dos maiores engenheiros da época, Anthemius of Tralles, foi escolhido para realizar o projeto de reconstrução da Hagia de Sophia, em Constantinopla. Nas suas colunas utilizou-se granito, mas necessitava-se de um material mais leve para vencer o vão de 34 e 66 metros de altura da abóboda, utilizando-se então o tijolo queimado.

A alvenaria estrutural passa a ser empregada com maior frequência a partir do século XIX na Europa, os tijolos passaram a se tornar uma característica das construções européias. Nesse mesmo século os tijolos passaram a ter importância própria, pois mediante a evolução das construções era possível analisar todo processo de industrialização da época. Inicia-se então o processo de padronização, onde pouco a pouco, abandonavam as antigas proporções

quadradas, iniciando a unificação de formas e tamanhos até estabelecer-se o código de Madri, onde foi possível obter uma normalização para a construção com a proporção do comprimento igual ao dobro da largura (ARGILÉS, 1994).

De acordo com Kalil (2007), as primeiras obras construídas no Brasil que caracterizavam-se com parâmetros de alvenaria estrutural possuíam em média quatro pavimentos, um exemplo é o Conjunto Habitacional “Central Parque da Lapa” que foi construído entre 1964 e 1966, uma construção de alvenaria armada de blocos de concreto.

Roman (1996), ressalta que a década de 70 época que retrata o surgimento da alvenaria estrutural moderna, foi possível notar a evolução da construção civil com edificações habitacionais principalmente em São Paulo, onde vários de prédios com até dezesseis pavimentos foram construídos. No entanto Kalil (2007), ressalta que o auge da alvenaria estrutural no Brasil ocorreu em meados da década de 80, devido ao seu grande desempenho em reduzir desperdícios.

Atualmente no Brasil existe uma procura muito grande pela alvenaria estrutural, sendo que a mesma trouxe varias vantagens econômicas quando comparada com o sistema construtivo convencional, levando construtoras a buscarem soluções para os problemas mais corriqueiros das obras.

Varias unidades fabris foram abertas, aumentando o desenvolvimento e pesquisa mediante parcerias com empresas do ramo da construção, de cerâmica e concreto, possibilitando ainda mais investimento para a perpetuação desse método construtivo (KALIL, 2007).

2.4.2 Características Básicas

As paredes da alvenaria estrutural devem apresentar as seguintes funcionalidades: resistir às cargas verticais; resistir às cargas de vento; resistir a impactos e cargas de ocupação; isolar acústica e termicamente os ambientes; promover estanqueidade a água da chuva e ao ar; apresentar bom desempenho a ação do fogo. (KATO, 2002)

Roman (1990), especifica que a principal vantagem da alvenaria estrutural está no fato de que o mesmo elemento pode responder por diversas

funções, como:

a) Simplificação dos procedimentos de execução, redução do número de etapas, da diversidade de materiais e mão-de-obra, que implicam diretamente na facilidade de controle do processo e de treinamento dos operários.

b) Eliminação de interferências através da compatibilidade de todos os projetos e facilidade com outros subsistemas;

c) A alvenaria estrutural não permite as improvisações que são frequentemente praticadas nas construções convencionais, normalmente utilizadas na etapa de acabamento, que por fim encarecem o custo da obra;

d) O processo produtivo proporciona boa flexibilidade de planejamento, implicando em grande facilidade de organização;

Tais vantagens só serão concretizadas mediante uma coordenação na elaboração dos projetos, na utilização de materiais, mão-de-obra qualificada e correta organização, planejamento e desenvolvimento da obra (ROMAN, 1990).

Cabe ressaltar que todo projeto arquitetônico esta subordinado ao processo estrutural, de maneira que a arquitetura e a estrutura se tornam um de maneira geral. Tal modo permitirá atingir um aproveitamento melhor da capacidade resistente que a alvenaria estrutural proporciona.

Roman E Mohamad (1999), citam as desvantagens do sistema construtivo quando utiliza-se a alvenaria estrutural:

a) Ausência ou deficiência do ensino em relação ao processo modular, sendo que se faz necessário uma capacitação para entender como se trabalha a alvenaria estrutural.

b) A resistência a compressão usada no projeto de paredes em alvenaria é geralmente menor do que as usadas para aço ou concreto armado, fazendo com que seja necessária uma maior área da seção de parede;

c) Quando existem grandes aberturas, vigas de concreto ou aço são geralmente mais econômicos.

Kalil (2007), ressalta ainda outras desvantagens da alvenaria estrutural, e a autora as cita sendo como as maiores desvantagens, como:

- a) As paredes portantes não podem ser removidas sem substituição por outro elemento equivalente a mesma função;
- b) Impossibilidade de efetuar modificações na disposição arquitetônica original;
- c) Juntas de controle de dilatação a cada 15 metros.

VANTAGENS	DESvantagens
Redução da utilização de madeira e, conseqüentemente, o custo da obra e a atuação da função de carpinteiro.	Dificuldade de se adaptar arquiteturas para um novo uso.
A obra é mais limpa (sem entulho).	
Maior qualidade sem a necessidade de equipamentos caros.	Interferência entre projetos de arquitetura/estruturas/instalações.
Maior velocidade na conclusão da obra (com blocos faz-se um andar de quatro apartamentos de 6 a 10 dias).	
Padronização e nivelamento da obra com menores desvios.	Necessidade de uma mão-de-obra bem qualificada.
Menor custo na instalação elétrica e hidráulica (não há necessidade de quebrar paredes para fazer estas instalações).	
Diminuição da quantidade de armadura (não há vigas e pilares) e, conseqüentemente, de mão-de-obra.	Mudança no tipo de utilização do edifício (retrofit de utilização).
Aumenta a produtividade do pedreiro e de outros profissionais envolvidos no processo devido a padronização e repetição dos serviços.	
Redução significativa nos revestimentos.	

Quadro 1- vantagens e desvantagens da alvenaria estrutural

Fonte: Adaptado. FREIRE 2007

2.4.3 Definições Básicas do Sistema

De acordo com a NBR 10837/1989 (ABNT, 1989), o Quadro 2 descreve algumas definições básicas para o sistema construtivo estrutural:

DESCRIÇÃO	DEFINIÇÕES BÁSICAS
Material	Constituintes dos componentes da obra.
Componentes	Entre o que compõe os elementos da obra, constituídos material natural ou de fabricação industrial;
Elemento	Parte da obra suficientemente elaborada, constituída da reunião de um ou mais componentes;
Alvenaria estrutural não armada de blocos vazados de concreto	Aquela constituída com blocos vazados de concreto, assentados com argamassa e que contem armaduras com finalidade construtiva ou de amarração, não sendo esta última considerada na absorção de esforços calculados;
Alvenaria estrutural armada de blocos vazados de concreto	Aquela constituída com blocos vazados de concreto, assentados com argamassa, na qual certas cavidades são preenchidas continuamente com graute, contendo armaduras envolvidas o suficiente para absorver os esforços calculados além daquelas com finalidade construtiva ou de amarração;
Estrutura de alvenaria parcialmente armada de blocos vazados de concreto	Aquela que algumas paredes são constituídas, segundo as recomendações da alvenaria armada, com blocos vazados de concreto, assentadas com argamassa, e que contém armadura localizadas em algumas cavidades preenchidas com graute, para resistir aos esforços calculados, sendo as paredes restantes consideradas não armadas.

Quadro 2- Definições básicas do processo estrutural
 Fonte: Adaptado de Freire 2007

2.5 CRONOANÁLISE

Quando se estuda o trabalho com a finalidade de melhorias em relação à redução do tempo, deseja-se obter à melhoria da qualidade, aumento da confiabilidade, otimizar os processos, redução nos custos, melhoria na saúde, segurança e a qualidade de vida no trabalho (SLACK et al. 1997).

A partir desse método ou filosofia é possível observar que o mesmo se relaciona com a ciência, pois se utiliza conceitos científicos para as realizações das tarefas, além da seleção, instrução e treinamentos rigorosos dos trabalhadores, a fim de chegar a uma conclusão de qual dos métodos ao ser se aplicado se tornará mais eficiente (TAYLOR, 1995).

O casal Gilbreth em 1923 realizou estudos de movimentos em uma empresa de construção civil, com o objetivo de eliminar os movimentos realizados em uma obra, no decorrer do estudo percebeu-se que certos movimentos não surtiam valor para o processo, a partir de então buscaram determinar qual seria a melhor sequência de movimentos de forma a atingir uma maior produtividade dos

trabalhadores, diminuindo os riscos de trabalho e a fadiga (BARNES,1997).

Os estudos realizados pelo casal Gilbert foram denominados como os princípios de economia dos movimentos, na qual cita a necessidade de se haver locais próprios para depositar todas as ferramentas e materiais e os quais devem se localizar perto do local de uso, a necessidade de se combinar a ação de duas ou mais ferramentas, entre outros.

Slack (1997), menciona que esse tipo de administração é autoritária e disciplinadora, mas ainda utilizam-se da sua abordagem hoje, pois permite o reexame crítico do projeto do trabalho com grande praticabilidade.

Quando se deseja obter um método melhorado, recomenda-se que seja feita a filmagem do processo e suas etapas, com o objetivo de determinar a padronização (BARNES,1997).

A cronoanálise possui a finalidade de estabelecer padrões para os processos construtivos, com o intuito de planejar a fabricação e avaliar o desempenho, fornecer dados que possibilitam a determinação de custos e que possibilitem fornecer dados para o planejamento da capacidade e o balanceamento da produção.

A cronometragem é um dos métodos mais empregados na indústria para medir o trabalho. Em que pese o fato de o mundo ter sofrido consideráveis modificações desde a época em que F. W. Taylor estruturou a Administração Científica e o estudo de tempos cronometrados, objetivando medir a eficiência individual, essa metodologia continua sendo muito utilizada para que se sejam estabelecidos padrões para a produção e para os custos industriais (MARTINS, et. al., 2005, p. 84).

De acordo com Contador (2003), o ambiente industrial apresenta um ambiente de constantes mudanças, diante disso torna-se necessário estar realizando constantes adaptações, buscando sempre novas estratégias e técnicas operacionais que auxiliem nas situações de mudanças.

A cronoanálise é uma técnica utilizada como ferramenta de definição, manutenção e de melhoria dos processos operados em rede, acaba por se tornar uma ferramenta extremamente estratégica, visto que quando aplicada corretamente obtém-se a conquista e a sustentação das vantagens competitivas, a partir do momento que a organização decide qual será o campo em que se deseja atuar.

2.5.1 Equipamentos para o estudo de tempos

De acordo com Martins (2005), os equipamentos que serão apresentados a seguir são os mais utilizados para o levantamento dos dados e o estudo dos tempos: Cronômetro de hora centesimal, filmadora, folha de observação e prancheta para observações.

No Quadro 3 é possível analisar cada equipamento e suas especificações.

EQUIPAMENTOS	DESCRIÇÃO
CRONÔMETRO DE HORA CENTESIMAL	É o mais utilizado, correspondendo 1/100, equivale dizer que os minutos estão divididos em cem partes, o uso desse tipo de cronometro facilita a cronometragem e auxilia no entendimento do cronometrista no momento de transpassar esses tempos para a folha de observação. No entanto, podem ser utilizados outros tipos de cronômetros, inclusive os comuns.
FILMADORA	Este equipamento torna-se muito útil para o levantamento dos dados, pois a partir do momento em que se filma o processo é possível analisar de forma mais detalhada o material coletado, sem que o analista tenha que permanecer até o período em que se consiga manter um padrão para a cronoanálise, é importante ressaltar que a compreensão de ambos os lados, tanto do analista quanto do operador, para que se consiga uma manter uma velocidade normal da operação.
FOLHA DE OBSERVAÇÃO	É um material pré formatado que auxilia o analista na coleta dos dados e nas informações relevantes a operação, de modo que ambos possam ser registradas de maneira correta.;
PRANCHETA PARA OBSERVAÇÕES	É necessária para que se apóie tanto a folha de observação quanto o cronômetro na hora da análise.

Quadro 3- Descrição dos equipamentos utilizados no processo da cronoanálise.

Fonte: Adaptado de MARTINS 2005

2.5.2 Estudo dos Métodos

Consiste na análise crítica e no registro das atividades de um processo, como meio de realizar melhorias e reduzir custos. (SLACK, 1997)

O estudo de movimentos, introduzido por Frank Gilberth (um dos seguidores de Frederick Taylor no início do século XX), visa ao estudo dos movimentos do corpo humano durante uma operação. São dois objetivos básicos do estudo de movimentos: em primeiro lugar, ele procura eliminar movimentos desnecessários e, em segundo, determinar a melhor sequência de movimentos de forma a se atingir maior produtividade do operário

(MOREIRA, 2011, p. 270).

Como resultado obtém-se um processo mais produtivo, utilizando um número menor de recursos, podendo assim diminuir o custo unitário do produto (CONTADOR, 1998).

2.5.3 Estudos de Tempos

O estudo dos tempos possui a finalidade de medir a eficiência e os tempos padrões de uma produção, estes são influenciados pelo tipo do fluxo de material dentro da empresa, processo escolhido, tecnologia utilizada e características do trabalho que está sendo analisado. Quando se estuda um processo automatizado os tempos são fixos na maioria das vezes e o estudo com tempos para esse tipo de processo não apresentam relevância, no entanto o processo que possui grande influência e intervenção humana quando aplica-se o estudo dos tempos e a determinação do tempo padrão será possível surtir resultados significativos para o processo e conseqüentemente aumentando a eficiência da produção (MARTINS et. al. 2005).

De acordo com que Moreira (2011) relata em seu livro “Administração da Produção e Operação”, que para se chegar ao tempo padrão de uma operação, há dois tipos de tempos que antes devem ser determinados sobre essa mesma operação: o tempo real e o tempo normal.

O tempo real é aquele que decorre realmente quando é feita uma operação. Ele é obtido através da cronometragem do processo, acompanhando o trabalhador em seu espaço de trabalho, esse tempo se diferencia quando comparado com outro operador ou até mesmo entre o mesmo operador quando ocorre algo diferente do que o mesmo está habituado. Por esses motivos, é importante que haja uma quantidade substancial de medidas coletadas para se obter um valor médio do tempo real com certo grau de confiança. Quando se determina o tempo real, são aplicadas sobre ele algumas medidas de correção que resultara no tempo normal (MOREIRA, 2011).

Para Martins (2005), as medias de tempos padrões de produção são

dados importantes para: (a) estabelecer padrões para programas de produção para permitir o planejamento da fábrica, utilizando como eficácia os recursos disponíveis e, também, para avaliar o desempenho de produção em relação ao padrão existente; (b) fornecer os dados para a determinação dos custos padrões, para levantamento de custos de fabricação, determinação de orçamento (ou *budgets*) e estimativa de custo de um produto novo; (c) fornecer dados para o estudo de balanceamento de estruturas de produção, comparar roteiros de fabricação e analisar o planejamento de capacidade.

O tempo normal é o tempo determinado para que um operador realize uma operação completa com velocidade normal. Por sua vez, velocidade normal é aquela que pode ser obtida e mantida por um trabalhador de eficiência média durante um dia típico de trabalho sem fadiga indevida. Se um operador trabalha com velocidade normal pode-se dizer que a sua eficiência (ou ritmo) é de 100%. A eficiência de 100% é determinada para um operador mediano, portanto um operador que realiza sua operação em um tempo menor do que o estipulado pelo tempo normal pode-se dizer que o mesmo apresenta uma eficiência superior a 100% (MOREIRA, 2011).

2.5.4 Relação entre os Tempos

A partir do momento em que obtêm-se o tempo normal, o tempo padrão é aquele determinado para se completar uma operação no momento em que as interrupções e as condições especiais que o operador necessita forem levadas em conta. Portanto, é de costume acrescentar ao tempo normal um percentual de tempo devido à fadiga e às demoras que não dependem da vontade do operador. (MOREIRA, 2008).

Moreira (2008), designa os tempos por: TR= tempo real; TN= tempo normal que está representado pela equação 2; TP= tempo padrão que esta representado pela equação 5, de acordo com que Moreira cita anteriormente:

$$TN=TR \times EF/100 \quad (2)$$

(EF= eficiência do operador em porcentagem)

Para a equação (2) admite-se que o analista assume o um fator de eficiência para o operador, que assume esse valor para toda a tarefa, algumas vezes o analista subdivide as tarefas em elementos. Quando o mesmo assume esse método de análise pode-se assumir uma eficiência para cada elemento que o operador desenvolver. Portanto se a tarefa assumir n elementos, o tempo normal TN_i do elemento i será:

$$TN_i = TR_i \times EFi / 100 \quad (3)$$

Onde TR_i e EF_i são, o tempo real medido por elemento i e a eficiência do operador para esse elemento, respectivamente. Com isso o TN de toda a tarefa será um somatório dos tempos normais de todos os elementos:

$$TN = \sum (TR_i \times EFi) / 100 \quad (4)$$

Para determinação do tempo padrão:

$$TP = TN \times FT / 100 \quad (5)$$

Onde FT = fator de tolerância em porcentagem;

$$FT = 100 + T \quad (6)$$

Sendo T a tolerância (em porcentagem) permitida para uma operação. O Fator de Tolerância FT é atribuído ao tempo padrão porque ele determina as condições de trabalho que o operador está sendo conduzido. Alguns valores que são recorrentes para a tolerância T serão apresentados no quadro 4. O Fator de Tolerância é sempre superior a 100%, porque possui a intenção de apresentar as condições e os efeitos que causam sobre o operador.

A equação 6 supõe que a tolerância T há ser determinada seja dada apenas em função do tempo da operação. Em alguns casos a tolerância T pode ser determinada em relação ao dia de trabalho, nesse caso para a expressão para o tempo padrão TP será:

$$TP = TN \times 100 / (100 - T) \quad (7)$$

	Porcentagem
I. Tolerâncias constantes	
1. Tempo Pessoal	5
2. Fadiga básica	4
II. Tolerâncias variáveis	
1. Posição anormal de trabalho	
a. Curvado	2
b. Deitado, esticado	7
2. Uso da força muscular (erguer, empurrar, puxar)	
Peso erguido em libras	
5	0
10	1
15	2
20	3
25	4
30	5
35	7
40	9
45	11
50	13
60	17
70	22
3. Iluminação	
a. Abaixo do recomendado	2
b. Bastante inadequada	5
4. Nível de ruído	
a. Intermitente e alto	2
b. Intermitente e muito alto	5
5. Monotonia	
a. Pequena	0
b. Média	1
c. Alta	4

Quadro 4 – Valores típicos para a tolerância T (em porcentagem)
 Fonte: Adaptado de Moreira 2008

2.5.5 Número de Ciclos de Medida

A operação é um conjunto de elementos, sendo que a mesma recebe o nome de ciclo, pois refere-se à operação completa. Para se determinar a quantidade de mediadas deve-se ser medidas primeiramente recomenda-se analisar três fatores, a variabilidade dos tempos, a precisão desejada e o nível de confiança sobre a medida tomada. Quanto maiores forem a precisão desses fatores maior será o nível de medidas que deverão ser tomadas (MOREIRA, 2011).

O número de medidas pode ser determinado de duas formas distintas.

Para Martins et. al. (2005), a primeira forma é através da prática, para determinar o tempo padrão de uma peça, devem ser realizadas entre 10 e 20 cronometragens. No ponto de vista de Moreira (2011), sendo a primeira forma pela prática ou bom senso do analista, o mesmo coleta as medidas e completa os ciclos a partir do momento em que sente confiança dos resultados obtidos encerra a coleta dos dados, esse método depende muito da experiência do analista.

E a segunda forma por meio de uma análise estatística, que permite a determinação matemática do número de ciclos a cronometrar, logo é coletado uma quantidade de dados e a partir dos levantamentos dos mesmos será possível determinar a quantidade de ciclos de medidas necessitam serem coletadas (MOREIRA, 2011).

A utilização do ciclo de medidas faz com que o estudo seja confiável e torna-se possível concluir a partir dos resultados da cronoanálise a capacidade do operador e quando comparado varias operações, determinar qual se torna a mais eficiente.

Segundo Moreira (2011), para obter o número de medidas, deve-se antes tomar n medidas iniciais, ou seja, uma amostra de medidas, determinando-se a sua média \bar{x} e o seu desvio padrão s. O número N de medidas para um dado elemento é dado pela fórmula:

$$N = \left(\frac{100 \times z \times s}{a \times \bar{x}} \right)^2 \quad (8)$$

onde:

z = números de desvios padrão da normal padronizada, correspondente ao grau de confiança C desejado.

s = desvio padrão da amostra de medidas

a = precisão final desejada, em porcentagem

x = media da amostra de mediadas

Dado um grau de confiança C , o valor de z só poderá ser determinado a partir da curva normal padronizada.

O Quadro 5 apresenta o coeficiente de distribuição normal de acordo com o grau de confiança desejado em porcentagem. Sendo que o quadro 5 é referente aos estudos de Martins (2005).

Probabilidade (%)	90 %	91%	92%	93%	94%	95%
Z	1,65	1,70	1,75	1,81	1,88	1,96

Quadro 5 – Coeficiente de Distribuição Normal.

Adaptado de Administração da Produção. Martins, 2005, p. 88.

3 MATERIAIS E MÉTODOS

Nessa etapa do estudo será apresentada a metodologia utilizada para alcançar os objetivos estabelecidos. O recolhimento dos dados mediante a crononálise ocorreu em uma etapa da construção, apenas no processo de assentamento de blocos, devido o tempo reduzido destinado à pesquisa.

Como parte da estruturação do trabalho realizou-se uma pesquisa de campo onde foi possível compreender o processo construtivo na prática, para descrever posteriormente o desenvolvimento dos tipos de processos construtivos e detalhar as suas particularidades.

Primeiramente houve realização da padronização dos métodos mediante a divisão das etapas do processo, em seguida ocorreu à coleta dos dados por meio da cronoanálise. Com o recolhimento das amostras realizadas tornou-se possível realizar o estudo dos tempos, para obter o tempo real (TR) a partir do tempo da operação, o tempo normal (TN) apresentado na equação 2 e o tempo padrão (TP) apresentado na equação 5.

3.1 PROCEDIMENTOS TÉCNICOS DA PESQUISA

Para o levantamento das informações foi realizada uma pesquisa bibliográfica, sendo que equivale a um estudo aprofundado sobre o assunto pelo fato de tratar de um método de trabalho ainda pouco difundido na região analisada.

Para Gil (1994), do ponto de vista dos procedimentos técnicos uma pesquisa bibliográfica é aquela elaborada a partir de material já existente como livros, artigos, periódicos, internet, etc. Marconi e Lakatos (2009), relatam que a pesquisa bibliográfica também pode ser desenvolvida por meios de comunicações orais como, rádio, gravações em fita magnética, e audiovisuais que classificam-se os filmes e televisões. O estudo voltado para o setor da construção civil foi consolidado por meio de livros, teses, artigos e pesquisas realizadas pelo próprio departamento setorial responsável pela construção civil do país. Fontes como IBGE, CBIC, Anuário ABCIC e revistas foram utilizados para complementar o estudo e

atualizar os dados para tornar o trabalho mais consistente. “A finalidade da pesquisa bibliográfica é colocar o pesquisador em contato direto com tudo o que foi escrito, dito ou filmado sobre determinado assunto” (MARCONI E LAKATOS, 2009, p. 185).

3.2 NATUREZA DA PESQUISA

Do ponto de vista de sua natureza pode-se notar que é uma pesquisa aplicada, segundo Gil (1994), objetiva gerar conhecimentos para aplicações práticas direcionadas a solucionar problemas específicos. Para Kauark et. al. (2010), a pesquisa aplicada é aquela que envolve verdades e interesses locais.

Através da contextualização é possível notar as dificuldades que o setor apresenta, principalmente por ser uma indústria muito antiga e em sua grande maioria aplicam métodos tradicionais, com costumes enraizados dificultando a implantação de um processo racionalizado. A partir de uma filosofia já existe, o estudo visa à possibilidade da implementação de novos métodos de produção que controle a quantidade de material, elimine os desperdícios e otimize o tempo da obra.

3.3 DO PONTO DE VISTA DOS OBJETIVOS

Como já foi mencionado será realizada uma pesquisa de campo, para que na prática possa se entender as dificuldades assim como os benefícios que abrange cada processo.

Mediante aos objetivos a pesquisa se enquadra como exploratória e descritiva. Sendo que Gil (2010), descreve que a pesquisa exploratória tem como proposta trazer maior familiaridade com o problema em questão, tende a tornar a pesquisa mais explícita ou a construir hipótese. Já a pesquisa descritiva tem como objetivo a descrição das características de determinada população.

3.4 FORMA DE ABORDAGEM AO PROBLEMA

A forma que pretendeu-se abordar ao problema quanto a classificação da pesquisa os dados são apontados tanto na forma quantitativa quanto qualitativa.

De acordo com a função da ferramenta cronoanálise os dados quantitativos foram todos recolhidos por intermédio de um cronometro centesimal de minuto e de uma filmadora. Sendo analisada uma das operações da construção, o assentamento de blocos dos dois métodos construtivos mencionados na pesquisa, sendo eles, o processo de assentamento dos blocos cerâmicos convencionais que são utilizados na maioria das construções brasileiras, e o assentamento dos blocos modulares também conhecidos como blocos portantes. Na definição de Gil (1994), considera pesquisa quantitativa como, tudo que pode ser contabilizado, o que significa traduzir opiniões e números em informações que possam ser classificadas e analisadas.

De acordo com os resultados obtidos da ferramenta cronoanálise, dos depoimentos dos trabalhadores e pelo acompanhamento das obras foi executado um comparativo do desenvolvimento das operações. Onde foram descritos de forma a representar como acontece o desdobramento das construções, detalhar as peculiaridades e dificuldades que cada método apresenta. De acordo com Martins (2010), a pesquisa qualitativa é aquela que lida com os fenômenos.

3.5 COLETA DE DADOS

Todas as amostras dos tempos, transformados para o formato centesimal, estão apresentados na folha de observação (Apêndice A), para tornar a pesquisa mais confiável será determinado o ciclo de medidas levando em consideração um grau de confiança de 90% e um erro relativo de 10%, com o resultado obtido de foi possível determinar se o número de medidas coletadas foram suficientes para concluir a pesquisa, sendo o número de medidas suficientes ou não, pode-se ao final definir qual dos métodos melhor se aplicou a ferramenta cronoanálise.

A partir da aplicação do estudo de tempos e métodos possibilitou fazer um levantamento dos dados temporais de uma amostragem, seguindo da determinação da padronização dos processos, que proporcionou a definição da produtividade dos processos estudados. “A amostra é uma parcela convenientemente selecionada do universo (população), é um subconjunto do universo”, (MARCONI; LAKATOS, 2009, p. 165).

Mediante os conceitos da cronoanálise e da construção enxuta elaborou-se um múltiplo estudo de caso, na região oeste do Paraná, sendo analisados dois métodos de assentamentos de blocos em virtude das diferenças que esses processos são desenvolvidos. Gil (2010), define o estudo de caso como um estudo profundo e exaustivo que consiste na análise de um ou poucos objetos, de maneira que permita uma análise aprofundada e detalhada da tarefa estudada. Ainda, Gil (2010), aborda os propósitos do estudo de caso, sendo eles:

Explorar situações da vida real cujos limites não estão claramente definidos;

Preservar o caráter unitário do objeto que esta sendo estudado;

Descrever a situação do contexto em que esta sendo feita determinada investigação;

Formular hipóteses ou desenvolver teorias;

Explicar as variáveis causais de determinado fenômeno em situações muito complexas que não possibilitam a utilização de levantamentos e experimentos.

O estudo visa à comparação entre os processos que já estão sendo aplicados no setor. Marconi (2009), ressalta que o método comparativo é empregado em estudos de largo alcance e de setores concretos, assim como para estudos qualitativos e quantitativos.

4 PROCESSO DE ASSENTAMENTO DE BLOCOS CERÂMICOS CONVENCIONAIS

O processo construtivo da alvenaria de vedação é considerado simples quando comparado com outros métodos construtivos, porém requer alguns cuidados para que a construção não obtenha um aspecto desnivelado, fora de esquadro ou sem resistência mecânica. Por exemplo, a primeira fiada, como é conhecida a primeira linha dos blocos, deve ser realizada com cuidado e por um profissional qualificado, pois é ela quem determina o dimensionamento correto dos cômodos e o alinhamento das paredes.

O campo de aplicação de assentamento dos blocos, por intermédio dos blocos cerâmicos vazados horizontalmente e assentados com argamassa é muito vasto, podendo ser empregados tanto nas fachadas das construções também nomeadas como paredes externas de vedação quanto em paredes internas das construções, podendo ser integrados em platibandas, muros de divisa, etc. Podendo pertencer em paredes assentadas sem revestimentos, que é o caso dos muros.

O método convencional é processo construtivo que mais ocorre desperdício dos recursos. A produtividade e qualidade está diretamente ligada à logística de armazenamento e transporte dos materiais, sendo que quando se aplica a racionalização nesse processo podem resultar em uma medida auxiliadora na otimização do processo e melhor utilização dos recursos.

No local de estudo foi comum ver a desordem no canteiro de obra, muitos materiais desperdiçados, principalmente caixaria de madeira, na argamassa de assentamento e quebra dos blocos. É comum haver quebra dos blocos cerâmicos, muitas vezes porque faltam os meios tijolos ou o espaço a ser assentado é inferior ao tamanho do bloco, fazendo com que o operário tenha que dimensionar o bloco de acordo com o que a situação exige. Sendo que muitas vezes o restante do bloco torna-se inutilizável.

Na Figura 3 é possível identificar os desperdícios das caixarias de madeiras, que são utilizadas para originar as estruturas da construção convencional.



Figura 3: Madeiramento do sistema construtivo convencional, 2016.

A análise do processo de assentamento dos blocos convencionais foi realizada na cidade de Foz do Iguaçu no estado do Paraná durante o primeiro período do ano de 2016, a construção se enquadra numa construção residencial.

O tempo de acompanhamento totalizou aproximadamente três horas, a partir de duas visitas em diferentes etapas da obra, a fim de tornar o estudo mais confiável, visto que muitas irregularidades foram encontradas trazendo dificuldades para o desenvolvimento da pesquisa, sendo que a totalidade dessas visitas serviram para sanar as maiores dúvidas que surgiram durante o projeto.

Os surgimentos de barreiras no desenvolvimento da pesquisa ocorreram desde o princípio do acompanhamento da obra. Das quais a maior dificuldade que se obteve no estudo no modelo convencional é que não estabelecimento de um padrão na construção por meio dos operários, dificultando o comparativo no processo do assentamento dos tijolos cerâmicos com o processo de assentamento dos blocos modulares e tornando a utilização da ferramenta cronoanálise menos eficiente que o esperado. Para que fosse possível realizar o comparativo foi necessário ajustar os dados coletados, a fim de tornar os tempos mais próximos do real, mediante essa modificação foi possível estabelecer um padrão ajustado, para assim realizar prosseguir com os objetivos da pesquisa.

4.1 DESCRIÇÃO DO PROCESSO

O processo em questão é referente ao modelo convencional de assentamento de blocos cerâmicos. O procedimento de assentamento e toda parte estrutural foram realizados apenas por um pedreiro e um auxiliar, ambos não possuem curso profissionalizante ou treinamento, todo conhecimento foi adquirido por experiência pelo tempo de trabalho. Sendo responsáveis também, por todo sistemas hidráulico e elétrico, durante o período de acompanhamento da obra apenas o assentamento dos blocos estava sendo realizado e uma parcela da parte hidráulica.

A pesquisa procurou delimitar um espaço específico para haver coerência nos dados quantitativos, foi estabelecido então que o comparativo se limitasse por intermédio dos módulos. Os módulos representativos são as partes que subdividem as partes estruturais (como colunas, vigas e vergas), sendo que as mesmas são as estruturas que limitam o assentamento dos blocos. Os módulos do processo construtivo convencional possuem $7,3\text{m}^2$, sendo 2,6 m de comprimento e 2,8 m de altura, apresentando um valor aproximado 171 blocos por módulos. A espessura da argamassa de assentamento entre as fiadas variam entre 0,5 a 1 centímetro, entre os blocos 0,5 centímetro.

A produtividade dos trabalhadores no processo de assentamento dos blocos cerâmicos gira em torno 8m^2 por operário diariamente, o levantamento desses dados foi realizado por meio dos acompanhamentos na obra e depoimentos dos trabalhadores. No decorrer do acompanhamento da obra foi comum observar muitos reparos no assentamento dos blocos, principalmente pelo mau dimensionamento das fiadas.

4.2 COMPONENTES E FERRAMENTAS

Os principais componentes para o assentamento do método convencional são os blocos cerâmicos e a argamassa. As ferramentas mais comuns para auxiliar o trabalhador em processo de assentamento são: a pá de pedreiro, carrinho de mão,

uma enxada, um esquadro, o prumo e a linha que orienta corretamente o alinhamento dos blocos.

4.2.1 Blocos Cerâmicos de Vedação

São os blocos mais comuns quando comparado com outros blocos presente na construção civil, seu manuseio tende a ser mais simples que os demais, componente mais comum na alvenaria de vedação.

O bloco cerâmico utilizado na construção convencional que foi escolhida para compor a pesquisa apresenta algumas características de descrevem o produto, sendo elas: 6 furos laminado perfurados horizontalmente; suas dimensões são de 9 cm de largura, 14 cm de altura e 24 cm de comprimento; a quantidade de peças por metro quadrado totaliza 26,5; e peso de 2,106 kg, devendo resistir somente ao peso próprio e a pequenas cargas de ocupação.. Na Figura 4 ilustra os bloco cerâmico convencional.



Figura 4- Bloco convencional cerâmico, 2016

Os blocos cerâmicos necessitam de certos cuidados na maneira de armazenagem e na sua distribuição para evitar que os mesmos se quebrem e deixem de se tornar útil para construção, logo e recomendado que os mesmo sejam dispostos sobre paletes, quando maior for o cuidado com os blocos maior se torna a garantia das propriedades e da resistência do produto.

4.2.2 Argamassa

A argamassa utilizada para o assentamento dos blocos cerâmicos na construção convencional do estudo foi uma mistura composta por areia, cimento, cal e água. De acordo com o depoimento do profissional da obra a mistura para a realização da argamassa pode ser feita de varias maneiras, mas a utilizada foi à proporcional três partes de areia, uma parte de cimento e uma parte de cal cem hidratado.

Normalmente essa proporção pode ser feita mediante um carrinho de mão, pode ser feita também por um balde ou até mesmo pela pá de pedreiro, a questão é possuir um recipiente para servir de parâmetro de medida, mas a consistência da argamassa só é obtida após a adição de água.

4.3 FLUXOGRAMA DO PROCESSO DE ASSENTAMENTO DOS BLOCOS CERÂMICOS

O fluxograma indica a sequência que o processo de assentamento dos blocos cerâmicos foi realizado, o fluxo está representado de acordo com a construção escolhida para o estudo. Visto que a obra realizada não se enquadra como grande porte, não se faz uso de tecnologia para auxiliar o trabalho onde praticamente todo o processo é realizado braçalmente.

Para determinar um padrão do processo em questão foi necessário realizar uma análise categórica, visto que não foi possível diagnosticar um padrão

partindo dos trabalhadores que estavam realizando o assentamento dos blocos. Os trabalhadores que realizavam o assentamento não seguiam um padrão, ora realizavam conforme apresentado no fluxo ora alterava a disposição das etapas. Logo a descrição apresentada no fluxograma representa as etapas necessárias para se obter um processo assentamento dos blocos convencionais.

O fluxograma do processo de assentamento dos blocos convencionais está representado na Figura 5.

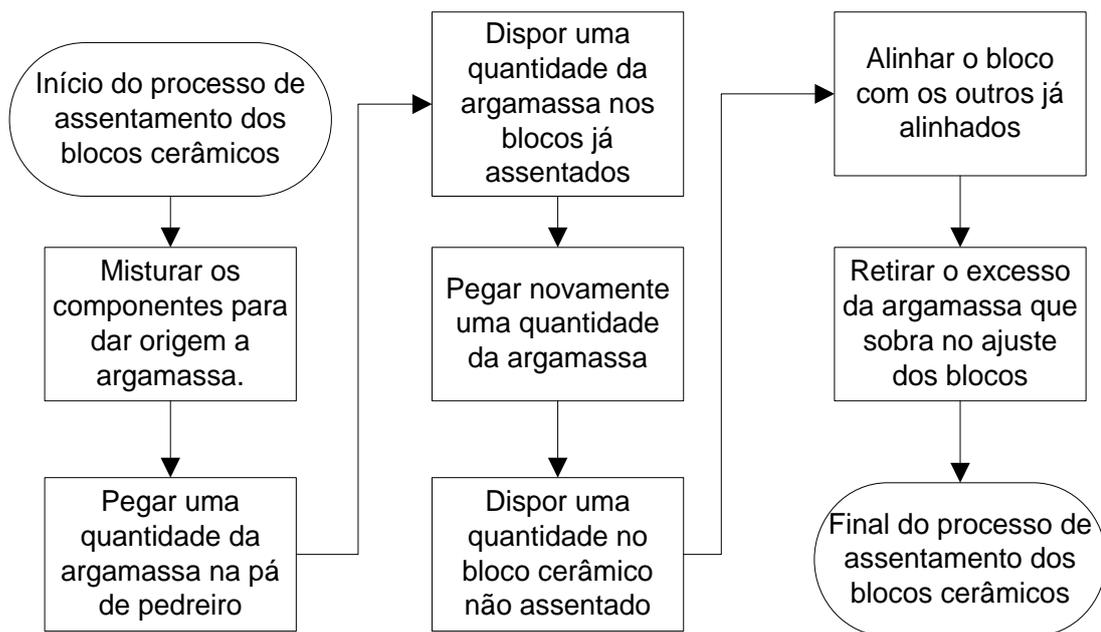


Figura 5– Fluxograma do assentamento dos blocos cerâmicos, 2016

Essa descrição foi realizada de forma generalizada, visto que foram descontados os valores de varias operações que são realizadas para se desenvolver um assentamento correto, como ajuste da linha que proporciona o alinhamento dos blocos, o nivelamento das fiadas realizado pelo prumo e o tempo que os operários desempenham para o desenvolvimento da argamassa, foram descontados também os tempos das etapas que não foram desenvolvidas conforme o fluxograma apresenta, sendo assim apenas o ciclo do processo de assentamento foi considerado para a criação do fluxograma.

4.3.1 Divisão das Etapas

O processo de assentamento dos blocos cerâmicos ocorre de maneira dinâmica e rápida. Sendo possível dividir o processo em apenas três etapas, visto que duas delas, a primeira e a segunda, possuem um tempo médio de duração muito curto, inviabilizando dividi-lo em maiores quantidades, pois isso traria muitos erros na coleta das amostras cronometradas.

1. A primeira etapa compreende do momento em que a argamassa é retirada do carrinho de mão por meio da pá de pedreiro e a mesma é disposta nos blocos cerâmicos já assentados, e termina quando a disposição da argamassa é finalizada.
2. A segunda etapa se limita no momento em que o operário encerra a etapa anterior, até o momento em que se deposita uma nova quantia da argamassa em um bloco cerâmico não assentado, dispondo a argamassa na face lateral do bloco assim chegando ao fim dessa etapa
3. A terceira etapa inicia-se com o fim da antecessora, quando o operário termina de dispor a argamassa na face lateral do bloco cerâmico e se estende até o momento em que ocorre a retirada do excesso da argamassa de assentamento dos blocos e o alinhamento do mesmo, com o fim dessa etapa encerra o ciclo do processo de assentamento dos blocos cerâmicos.

4.3.2 Cronoanálise do Processo Construtivo Convencional

A folha de observação apresenta o modelo utilizado para obter a determinação dos tempos requeridos para o comparativo, onde são apresentados os dados das vinte amostras coletadas em cada uma das três etapas determinadas.

As amostras representadas na cor vermelha indicam que os valores das mesmas são discrepantes, sendo assim eles são eliminados da pesquisa, pois

afetariam de forma negativa, trazendo resultados inconclusivos.

ASSENTAMENTO DOS BLOCOS CERÂMICOS						
Observações	Disponibilizar a argamassa nos blocos assentados		Disponibilizar a quantidade de argamassa em um bloco não assentado		Assentar o bloco e retirar o excesso de argamassa e alinhar	
N.	1	0	2	0	3	
1	9,433333	0	5,8	0	14,16667	
2	6,266667		4,016667		15,6	
3	7,916667		4,633333		15,58333	
4	26,73333		6,433333		26,43333	
5	9,816667		4,466667		35,3	
6	12,21667		12,35		32,35	
7	18,01667		3,683333		23,21667	
8	6,983333		5,666667		17,8	
9	9,8		5,383333		21,56667	
10	5,666667		6,65		14,68333	
11	10,88333		7,083333		15,31667	
12	9,183333		20,58333		12,98333	
13	7,416667		4,266667		15,05	
14	7,3		3,55		17,25	
15	5,233333		10,38333		13,53333	
16	7,65		5,75		16,25	
17	11,06667		5,366667		13,58333	
18	8,733333		4,95		14,58333	
19	8,533333		6,3		13,3	
20	8,3		8,15		16,25	
176,15		114,8833333		364,8		Total de tempo dos ele
18		19		17		Número de observação
9,786111111		6,0		21,5		Tempo Médio
95%		95%		95%		Fator de eficiência
9,296805556		5,744166667		20,38588235		Tempo Normalizado
12%		12%		12%		% fadiga + tolerâncias
0		0		0		% troca de ferramenta
10,41242222		6,433466667		22,83218824		Tempo normalizado +
1/1		1/1		1/1		Frequência
10,41242222		6,433466667		22,83218824		Tempo Padrão

Figura 6- Folha de observação dos blocos cerâmicos

A Figura 6 é a representação da aplicação da ferramenta cronoanálise no processo de assentamento dos blocos cerâmicos convencionais.

4.3.3 Determinação dos tempos

Para começar foi realizada a divisão das etapas e as mesmas foram subdivididas em vinte amostras pré-determinadas por intermédio da cronoanálise, de forma a estabelecer um padrão confiável. Todos os tempos foram transformados para o modelo centesimal, para facilitar os cálculos e evitar erros corriqueiros nesse tipo de análise. A conversão divide o minuto em cem partes, sendo assim um minuto

no modelo sexagesimal possui 60 partes que equivale a aos segundos, e o modelo centesimal divide esse mesmo um minuto em cem partes.

Após extração dos dados, os mesmos foram analisados e estabelecidos sobre eles um parâmetro, um intervalo para mais ou para menos, com a finalidade de identificar as limitações que cada etapa estabelece. Encontrando-se um dado discrepante o mesmo deve ser eliminado do estudo, para que não interfira no resultado da análise.

As tolerâncias foram obtidas através do Quadro 4, onde são apresentados os valores e as especificações de cada uma das tolerâncias sugeridas, todas elas são somadas, representadas em porcentagem e são acrescentadas no tempo normalizado para por fim determinar o tempo padrão.

As tolerâncias a seguir apresentadas em forma de quadro, foram as obtidas no processo construtivo convencional.

TOLERÂNCIAS CONSTANTES	9
TOLERÂNCIAS VARIÁVEIS	3

Tabela 1 – Valor das tolerâncias no processo convencional, 2016

O Tempo Padrão de Operação foi determinado por meio da soma dos tempos padrões das três etapas. O resultado está representado no formato centesimal e no formato sexagesimal.

TEMPO PADRÃO DE OPERAÇÃO	
Centesimal	Sexagesimal
39,68	23,81

Tabela 2 - Tempo padrão de operação no processo convencional, 2016

Logo o tempo padrão para cada operação do assentamento dos blocos cerâmicos corresponde aproximadamente a 24 segundos.

4.3.4 Número de Medidas

Esta etapa do processo determina se a quantidade de medidas coletadas são suficientes para compor o estudo, e com isso determinar se existe veracidade no tempo padrão do processo de assentamento dos blocos convencionais estabelecido pela pesquisa. Caso o resultado obtido for superior ao número de mediadas que foram coletadas não torna a pesquisa menos eficiente, no entanto demonstra que a pesquisa ainda pode ser aperfeiçoada.

Etapas	CV	DP
1	0,19	1,88
2	0,37	2,24
3	0,13	2,79

Quadro 6- Coeficiente de variação e desvio padrão, 2016

É necessário realizar o cálculo do Coeficiente de Variação, pois ele determinará o valor do Desvio Padrão a ser utilizado para calcular o número de medidas. Sendo que o maior valor resultante do cálculo do coeficiente de variação é o que determina qual valor ser utilizado. Para assim determinar o número de medidas necessárias para a pesquisa. Mediante a equação 8 que será disposta a seguir:

$$N = \left(\frac{100 \times z \times s}{a \times x} \right)^2$$

Onde:

z = números de desvios padrão da normal padronizada, correspondente ao grau de confiança C desejado.

s = desvio padrão da amostra de medidas

a = precisão final desejada, em porcentagem

x = media da amostra de mediadas

O coeficiente de determinação (z) é fixo de acordo com o grau de

confiança que é estabelecido para a pesquisa, no quadro a seguir são representados os valores dos coeficientes respectivos para cada grau de confiança exigido.

Probabilidade (%)	90%	91%	92%	93%	94%	95%
Z	1,65	1,70	1,75	1,81	1,88	1,96

$$N = \left(\frac{100 \times 1,65 \times 2,2437}{10 \times 6} \right)^2$$

$$N=38,07$$

O resultado obtido (N= 38,07) comprova que as vinte amostras analisadas não foram suficientes para determinar um tempo padrão confiável. O grau de confiança estabelecido (z) de 90% e uma precisão final (a) no valor 10, esse resultado evidencia que o Tempo Padrão obtido não foi satisfatório, logo para se determinar um valor preciso será necessário realizar uma nova coleta, com uma quantidade aproximada de 38 amostras para se obter um valor confiável, no entanto não descarta a eficiência da ferramenta cronoanálise.

Deve-se eliminar o tempo padrão obtido apenas quando for realizada uma nova análise que comprova que esse valor não confere com o tempo de operação requerido. Sendo assim o resultado no número de amostras demonstra qual a melhor forma para obter um valor mais confiável, sendo que essa forma é aplicando novamente a ferramenta cronoanálise, mas obtendo um numero de amostra conforme foi para a pesquisa.

5 PROCESSO DE ASSENTAMENTO DE BLOCOS PORTANTES

Nessa etapa do projeto foi descrito o processo modular e o levantamento dos dados referente ao tempo de processamento do assentamento dos blocos de concreto, que comporão a cronoanálise. É possível analisar também a modulação dos blocos estruturais, e a compatibilidade que o mesmo exerce com as demais instalações corriqueiras na construção, como instalações hidráulicas, elétricas, gás entre outros tipos.

Na construção modular exige-se que todos os projetos estejam concluídos antes do início da obra, motivo pelo qual esses processos são desenvolvidos simultaneamente. Exigindo que os projetos sejam compatíveis, proporcionando qualidade e segurança a obra, estendendo-se também para o melhor entendimento dos profissionais que irão executar o serviço.

Se ao longo da obra as exigências dos projetos forem seguidas podem-se eliminar algumas operações comuns nas construções convencionais, como por exemplo, a quebra dos blocos para realizar as instalações. Em grande parte o uso dos blocos modulares torna a construção mais econômica e reduz o seu tempo de processamento. Outras etapas do processo construtivo também podem ser reduzidas como os revestimentos internos e externos, a redução ou a eliminação de fôrmas de madeira, entre outras etapas que não serão codificadas e analisadas por intermédio dos dados deste estudo. Confirmando assim a necessidade de uma mão de obra especializada a fim de evitar ao máximo os desperdícios e manter o padrão estabelecido em toda obra.

O assentamento dos blocos não possui a mesma flexibilidade no método de aplicação quando comparada com o processo convencional que o estudo propõe, podendo ser utilizados em estruturas pré moldadas ou projetados estruturalmente com a gama de produtos conhecida como alvenaria armada que dispensa o uso vigas e pelares pré moldados, sendo capaz de estabelecer funções estruturais e de vedação.

O processo em questão apresenta algumas irregularidades, o canteiro de obra não estava distribuído de forma irregular, visto que ao mesmo tempo que ocorria o assentamento dos blocos de concreto estava sendo realizado a terraplanagem do local.



Figura 7- Distribuição do canteiro de obra da construção modular, 2016

A análise e o levantamento dos dados apresentado nessa etapa do estudo referem-se exclusivamente ao processo de assentamento dos blocos de concreto, durante um período de tempo por meio de uma pesquisa de campo realizada de um condomínio recém inaugurado na cidade de Foz do Iguaçu no estado do Paraná durante o primeiro semestre de 2016.

5.1 DESCRIÇÃO DO PROCESSO

Por meio dos dados em uma pesquisa campo pode-se evidenciar a produtividade dos funcionários que o processo de blocos de concreto proporciona, podendo chegar a 12m^2 diários por operário, número superior ao processo de construção convencional que em média rende 8m^2 diários por operário, podendo assim, concluir que o processo modular possui uma rentabilidade de 33,33% superior ao convencional, que por consequência reduzindo o tempo de produção. A construção em questão apresentava um responsável pala obra e um pedreiro auxiliar, sendo que o responsável formado em um curso técnico de edificações modulares.

O processo modular mediante o uso dos blocos de concreto proporciona

uma produtividade de 12m^2 por trabalhador, a espessuras da argamassa de assentamento dos blocos são de um centímetro, e os espaçamentos entre as colunas são de 3 metros de largura e 2,5 metros de altura totalizando **um módulo** de $7,5\text{m}^2$. Sendo que a Figura 8 é a representação de um módulo do processo modular de blocos de concreto.



Figura 8- Imagem que representa o módulo da construção estrutural, 2016

A quantidade de blocos por repartições do muro são aproximadamente 96 unidades e 15 unidades de blocos canaletas que estão presentes na primeira fiada, que servem de sustentação para toda a construção.

5.2 COMPONENTES E FERRAMENTAS

Os principais componentes usados na alvenaria estrutural e conseqüentemente no assentamento dos blocos são os blocos de concreto, a argamassa, o grout e as armaduras, outro elemento importante são os blocos em “U”, que dão origem às vergas.

As ferramentas mais utilizadas durante o acompanhamento do assentamento dos blocos modulares foram a colher de pedreiro, palheta, carrinho

porta-argamassadeira, o prumo, régua técnica prumo-nível, a linha determina o alinhamento que os blocos deverão seguir.

A precisão que a alvenaria exige requer o auxílio de ferramentas que vão assegurar que tal necessidade seja alcançada. É importante que o canteiro de obra seja bem planejado e organizado para facilitar o transporte dos materiais e das ferramentas em entorno da construção, conseqüentemente essa pratica auxilia evitando erros no processo construtivo e acidentes de trabalho. No entanto a obra estudada não apresentava esses parâmetros referente a organização que se orienta ter no canteiro de obra.

As ferramentas para a execução de uma alvenaria estrutural mais comuns são: colher de pedreiro, fio traçante, esticador de linha, broxa, prumo, esquadro, régua técnica prumo-nível, nível a laser, escantilhão, argamassadeira, carrinho porta-argamassadeira, andaime metálico, bisnaga, palheta e funil para o grout.

5.2.1 Blocos de Concreto Estrutural

Aplicação em alvenaria estrutural armada e parcialmente armada permite que as instalações elétricas e hidráulicas fiquem embutidas já na fase de levantamento da alvenaria. No momento que ocorre o assentamento dos blocos de concretos seus vãos verticais proporcionam que as demais instalações sejam desenvolvidas, dessa forma ocorre o adiantamento da obra visto que todas as operações que compõe a construção são desenvolvidas no mesmo plano.

São peças retangulares, fabricadas com cimento, areia, pedrisco, pó de pedra e água. O equipamento para a fabricação dos blocos é a prensa hidráulica. O bloco é obtido através da dosagem racional dos componentes, e dependendo do equipamento é possível obter peças de grande regularidade e com faces e arestas de bom acabamento. Em relação a acabamento os blocos de concreto podem ser para revestimento mais rústico ou aparente.

O bloco utilizado no presente estudo possui dimensões 14 cm de largura, 19 cm de altura e 44 cm de comprimento (14x19x44) cm de acordo com o levantamento dos dados é possível analisar a disponibilidade de 12 peças por metro

quadrado. E a produtividade por trabalhador gira em torno de 12 m² diários.



Figura 9- Distribuição dos blocos de concreto sobre os paletes, 2016

A disposição desses blocos no canteiro de obra é feita de maneira organizada por intermédio de paletes, os blocos são organizados em 90 unidades por paletes. Todo o transporte dos paletes é realizado por meio de uma empilhadeira, facilitando o deslocamento de grandes quantidades de blocos.

5.2.2 Bloco Canaleta

Os blocos canaletas oferecem um papel importante na construção estrutural. Também conhecido como bloco em “U”, o bloco canaleta é responsável pelo fortalecimento da estrutura, são assentados de forma que todos os blocos dispostos na mesma fiada, ao final do seu assentamento a cavidade ou a “canaleta” que é formada é preenchida por graut e por ferragens. Essa etapa do processo é

que dá origem as vergas, fazendo com que a parede se torne mais resistente podendo assim suportar o restante da estrutura que virá a ser construída.



Figura 10- Imagem dos blocos canaletas, 2016.

No estudo em questão esse bloco foi utilizado na primeira fiada, também conhecida como fiada de sustentação, exercendo também uma função de vedar o acesso as perfurações verticais dos blocos de concreto.

5.2.3 Argamassa

A argamassa tem a função de unir os blocos, vedar os conjuntos e compensar algumas imperfeições. A argamassa também consegue distribuir a carga aplicada, exerce boa trabalhabilidade e a capacidade de reter água sem alterar suas funções primárias. Entre as demais funções esse componente auxilia também na parte estrutural da construção, como no aumento da resistência para sustentar os esforços da construção, durável e não interfere na durabilidade de outros

componentes essenciais e que possui um baixo valor de deformação.



Figura 11- Exemplo de argamassa utilizada na construção modular, 2016

Existem duas maneiras de dispor a argamassa sobre os blocos, somente nas paredes longitudinais do bloco, nas paredes longitudinais e transversais do bloco. No estudo em questão a maneira aplicada foi somente nas paredes longitudinais. E a sua aplicação é feita por meio de uma palheta, ferramenta que substitui a colher de pedreiro bastante comum no assentamento dos blocos convencionais.



Figura 12- Exemplo de palheta ferramenta que distribui a argamassa, 2016

A palheta é uma ferramenta utilizada na construção civil, sua finalidade é aplicar a argamassa de assentamento na quantidade e espessura desejada. Com ela, porém, só se consegue aplicar argamassa nas paredes longitudinais dos blocos. A espessura da argamassa nos blocos em média é de 0,5 centímetros em todos os extremos que a mesma compõe.

5.2.4 Grout

Serve para preencher as cavidades dos blocos, onde são acomodadas as armaduras verticais e as amarrações das paredes através de grampos. Serve também para suprir deficiências locais ocasionadas no assentamento dos blocos. Por intermédio do cone para grout o mesmo é disposto na estrutura.

O grout é um concreto fino, constituído de cimento, água e agregados, com elevada, para facilitar o preenchimento dos blocos. Auxilia no aumento a resistência da parede contra esforços de compressão.

A resistência a definir e de responsabilidade do calculista e de deve ser duas vezes maior que a resistência do bloco e deve seguir a norma NBR 10837.

5.2.5 Armadura

O aço é envolvido pelo grout, serve especificamente para combater os esforços de tração. Também utilizado para as amarrações entre os blocos, essa configuração é mais aconselhável.

Compreendida também como a ferragem que compõe o modelo estrutural da construção civil. O vão entre a ferragem e o bloco é preenchido pelo grout fazendo com que aumente ainda mais a resistência da construção envolvida.



Figura 13- Armadura da construção estrutural, 2016

A Figura 13 apresenta a forma que foi feita a amarração da estrutura de ferro, na construção modular do estudo.

5.3 FLUXOGRAMA DO ASSENTAMENTO DOS BLOCOS DE MODULARES

Como o processo de assentamento dos blocos de concreto necessita ser padronizado para ser trabalhado, não houve dificuldade para estabelecer o fluxograma a seguir. A imagem do fluxograma que está representada a seguir indica a sequência das etapas do modelo estrutural.

Todas as etapas são bem definidas e o tempo que é realizado o processo de assentamento é compassado, as etapas são realizadas com um tempo superior ao processo convencional, sendo possível distribuir o processo em uma quantidade maior de etapas.

A Figura 14 representa o processo de assentamento por meio dos blocos portantes.

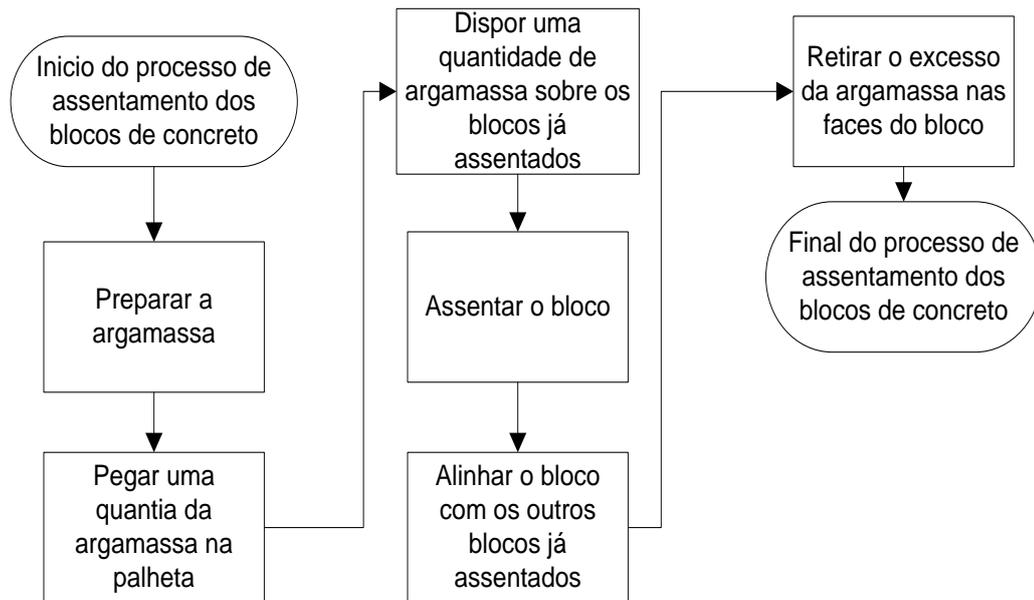


Figura 14- Fluxograma do assentamento dos blocos modulares, 2016

Alguns erros foram encontrados no procedimento de assentamento dos blocos de concreto, como a quantidade de argamassa na face menor dos blocos é variada e o peso elevado dos blocos dificultava o trabalhador manter um tempo contínuo na construção, mas esse tempo não influenciou na análise para estabelecer a padronização das etapas.

5.3.1 Divisão das Etapas

As divisões das etapas do processo de assentamento dos blocos modulares foram determinadas mediante um estudo de campo minucioso realizado especificadamente para o aprimoramento do estudo, através de vídeos e de depoimentos dos trabalhadores. A dificuldade foi pouca para identificação da padronização do processo, devido à demarcação aparentemente mecânica que o processo modular proporciona. Conforme as repetições foram ocorrendo ao longo do processo foi possível identificar de imediato as etapas, as características de cada uma delas, podendo ser identificadas facilmente no momento em que a mesma está sendo realizada.

As etapas do assentamento dos blocos modulares estão apresentadas a posteriormente:

1. A primeira etapa compreende o momento em que a argamassa é retirada do carrinho de mão por meio da palheta e disposta nos blocos já assentados, até ao fim dessa disposição, normalmente essa etapa se estende por aproximadamente 3 blocos.
2. A segunda etapa se limita no momento em que o operário termina de depositar a argamassa nos blocos pega um novo bloco, dispõe a argamassa na face lateral do bloco sendo assim chega o fim dessa etapa.
3. A terceira etapa inicia-se com o fim da antecessora, quando o operário termina de dispor a argamassa na face lateral do bloco de concreto e se estende até o momento em que o bloco é disposto sobre os outros blocos já assentados.
4. A quarta etapa inicia-se com o termino da terceira etapa, parte do alinhamento do bloco de concreto e com a retirada dos excessos de argamassa que essa etapa dispensa, e termina no momento em que o operário pega a palheta para depositar argamassa sobre os blocos já assentados que é o equivalente a primeira etapa.

5.3.2 Cronoanálise do Processo Construtivo Modular

A Figura 15 apresenta o modelo utilizado para obter a determinação dos tempos do processo de assentamento dos blocos de concreto requeridos para o comparativo, onde são apresentados os dados das vinte amostras coletadas de cada uma das quatro etapas determinadas.

ASSENTAMENTO DOS BLOCOS DE CONCRETO								
Observações	Dispor a argamassa nos blocos assentados		Dispor uma quantidade de argamassa em um bloco não assentado		Assentar o novo bloco junto aos blocos já assentados		Retirar o excesso de argamassa e alinhar os blocos	
N.	1	2	3	4	5	6	7	8
1	130	130	30,33333333	160,333333	11,1833333	171,516667	59,6666667	231,183333
2	0		22,1666667	253,35	13,7833333	267,133333	62,4166667	329,55
3	0		26,1666667	355,71667	13,55	369,266667	65,1833333	434,45
4	0		24,5	458,95	17,9	476,85	62,35	539,2
5	115,1667	654,36667	45,5	699,86667	20,05	719,916667	68,8166667	788,733333
6	0		25,1666667	813,9	11,8	825,7	49,0666667	874,766667
7	0		32,6666667	907,43333	11,3	918,733333	56,85	975,583333
8	0		29,8333333	1005,4167	10,1666667	1015,58333	59,8333333	1075,41667
9	125,6667	1201,0833	35,5	1236,5833	11,1666667	1247,75	60,1666667	1307,91667
10	0		37,1666667	1345,0833	13,7833333	1358,86667	62,5	1421,36667
11	0		29,3333333	1450,7	16	1466,7	66,3333333	1533,03333
12	0		30	1563,0333	17,9	1580,93333	44,5	1625,43333
13	132	1757,4333	32,8333333	1790,2667	18,6666667	1808,93333	64,1666667	1873,1
14	0		34,3333333	1907,4333	18	1925,43333	49,0666667	1974,5
15	0		30,6666667	2005,1667	16,3333333	2021,5	67,8333333	2089,33333
16	0		27,8333333	2117,1667	13	2130,16667	57	2187,16667
17	118,8333	2306	26,5	2332,5	13,55	2346,05	68,8166667	2414,86667
18	0		34,6666667	2449,5333	18,1666667	2467,7	49,5	2517,2
19	0		37,5	2554,7	19,6666667	2574,36667	58	2632,36667
20	0		33	2665,3667	17,5	2682,86667	66,5	2749,36667
621,6666667		625,6666667		303,4666667		1198,566667		Total de tempo dos elementos
5		20		20		20		Número de observações
124,3333333		31,3		15,2		59,9		Tempo Médio
100%		100%		100%		100%		Fator de eficiência
124,3333333		31,28333333		15,17333333		59,92833333		Tempo Normalizado
14%		14%		14%		14%		% fadiga + tolerâncias pessoais
0		0		0		0		% troca de ferramentas + ajustes
141,74		35,663		17,2976		68,3183		Tempo normalizado + tolerâncias
5/20		1/1		1/1		1/1		Frequência
35,435		35,663		17,2976		68,3183		Tempo Padrão

Figura 15- Folha de observação dos blocos modulares, 2016

5.3.3 Determinação dos Tempos

Os tempos foram determinados após a divisão das etapas, vinte amostras coletadas, essa quantidade de amostra foram pré-determinadas para conseguir um parâmetro confiável. Todos os tempos também foram transformados para o modelo centesimal, para facilitar os cálculos e o comparativo do estudo.

Após extração dos dados, os mesmos foram analisados e estabelecidos sobre eles um parâmetro, com a finalidade de identificar as especificações que cada etapa estabelece. Como não foi encontrado valor discrepante nenhuma amostra do eliminada da análise.

As tolerâncias foram obtidas através do Quadro 4, onde são apresentados os valores e as especificações de cada uma das tolerâncias sugeridas, todas elas

são somadas, representadas em porcentagem e são acrescentadas no tempo normalizado para por fim determinar o tempo padrão.

Tolerâncias Constantes	9
Tolerâncias Variáveis	5

Tabela 3 - Valor das tolerâncias estabelecidas no processo modular, 2016

O Tempo Padrão de Operação foi determinado por meio da soma dos tempos padrões de cada etapa. Os resultados estão apresentados em formato centesimal e sexagesimal.

TEMPO PADRÃO DE OPERAÇÃO	
Centesimal	Sexagesimal
156,7139	94,02834

Figura 4 - Tempo padrão de operação no processo modular, 2016

Logo o tempo padrão para cada operação do assentamento dos blocos cerâmicos corresponde aproximadamente um minuto e trinta e quatro segundos.

5.3.4 Número de Medidas do Processo de Assentamento dos Blocos Portantes

Esta etapa do processo determina qual o número de medidas necessárias para que se possa obter um resultado concreto para determinar o tempo padrão. Caso o resultado obtido for superior ao número de mediadas que foram coletadas não torna a pesquisa menos eficiente, no entanto demonstra que a pesquisa ainda pode ser aperfeiçoada.

Etapas	CV	DP
1	0,053647222	6,670137985
2	0,173154896	5,416862345
3	0,2098953	3,184811359
4	0,119448186	7,158330729

Quadro 7 - Coeficiente de variação e desvio padrão, 2016

Após cálculo Coeficiente de Variação de todas as etapas é preciso analisar qual é o maior valor resultante, pois essa análise determinará qual o valor do desvio padrão há ser utilizado no cálculo das medidas. Sendo assim o desvio padrão obtido determina qual das etapas será utilizada para obter o numero de medidas necessário para comprovar a veracidade da pesquisa a partir da variabilidade das etapas já padronizadas.

$$N = \left(\frac{100 \times z \times s}{a \times x} \right)^2$$

Onde:

z = números de desvios padrão da normal padronizada, correspondente ao grau de confiança C desejado.

s = desvio padrão da amostra de medidas

a = precisão final desejada, em porcentagem

x = media da amostra de mediadas

Determinação do grau de confiança é tabelado, conforme o grau exigido se obtém z, sendo um coeficiente percentual referente ao grau de confiança desejado.

Probabilidade (%)	90%	91%	92%	93%	94%	95%
Z	1,65	1,70	1,75	1,81	1,88	1,96

$$N = \left(\frac{100 \times 1,65 \times 3,1848}{10 \times 15,2} \right)^2$$

$$N=11,95$$

O resultado obtido (N= 11,95) comprova que as vinte amostras analisadas foram suficientes para determinar um tempo padrão confiável, o grau de confiança desejado (z) de 90% e uma precisão final (a) no valor 10, esse resultado evidencia

que o Tempo Padrão obtido foi bastante satisfatório. Como a análise determinou uma variação de 10% esse valor pode sofrer pequenas alterações para mais ou para menos. Comprovando assim a ferramenta da cronoanálise auxiliou para tornar a pesquisa altamente confiável.

6 RESULTADOS E DISCUSSÃO

O comparativo inicia-se com a descrição dos processos construtivos, essa etapa da pesquisa abrange toda parte do estudo de campo que compõe o desenvolvimento do processo e suas peculiaridades. Boa parte da composição desta primeira etapa do comparativo foi realizada por intermédio de depoimentos detalhados dos trabalhadores e a outra parcela foi composta por meio do acompanhamento do processo sendo alguns detalhes relevantes para estruturar a pesquisa. Limita-se desde a produtividade de cada modelo de assentamento até a caracterização dos principais componentes e das ferramentas utilizadas em cada processo.

Os resultados serão apresentados em forma de tabela, a fim de facilitar o entendimento de como funciona o desenvolvimento da pesquisa e das partes que compõe cada processo de assentamento dos blocos.

Comparativo mediante a descrição dos processos de assentamento dos blocos convencionais cerâmicos e dos blocos modulares de concreto:

BLOCOS CONVENCIONAIS CERÂMICOS	BLOCOS MODULARES DE CONCRETO
Processo simples, em grande maioria o conhecimento é aplicado de forma empírica. Sendo os anos de experiência a garantia do trabalho bem realizado.	Processo mais elaborado que exige um treinamento para a execução do processo de assentamento. Necessita de movimentos precisos e alocação perfeita dos blocos.
Dois trabalhadores, um pedreiro e um auxiliar de pedreiro, ambos não possuíam curso profissionalizante, e trabalham a mais de 10 anos na construção civil.	Dois trabalhadores, um encarregado da obra e um pedreiro, o encarregado formado em um curso técnico em edificações e o pedreiro teve treinamento para operar os blocos.
Normalmente não se delimita um padrão na execução do assentamento dos blocos convencionais. Sua função é essencialmente de vedação e não afeta exclusivamente a estrutura. Não sustenta muito peso.	É necessário manter um padrão no momento em que ocorre o assentamento dos blocos. Porque toda a obra faz parte da estrutura de sustentação. Sustenta o peso da estrutura.
Erros mais recorrentes: A falta de padronização no processo de assentamento dos blocos, o que dificultou na parte da pesquisa que necessitava realizar a divisão das etapas.	Erros mais recorrentes: Quantidade variável de argamassa disposta na face menor do bloco, pela falta de uma ferramenta de precisão para dispor uma quantidade aproximada.

<p>Canteiro de obra desorganizado. Pausas grandes para realizar o preparo da argamassa. Frequentes quebra de blocos e reparo nas fiadas assentadas. Excesso de argamassa para assentar os blocos, causando desperdícios do componente do processo.</p>	<p>Canteiro de obra desorganizado. Pausas frequentes, devido o peso elevado dos blocos de concreto.</p>
<p>Componentes necessários para realizar o assentamento dos blocos cerâmicos: blocos cerâmicos e a argamassa de assentamento.</p>	<p>Componentes necessários para realizar o assentamento dos blocos de concreto: os blocos de concreto, a argamassa, o grout, as armaduras e os blocos em “U” ou blocos canaletas, que dão origem as vergas.</p>
<p>Ferramentas mais utilizadas: a pá de pedreiro, carrinho de mão, uma enxada, um esquadro, o prumo e a linha que orienta corretamente o alinhamento dos blocos.</p>	<p>Ferramentas mais utilizadas: a colher de pedreiro, palheta, carrinho porta-argamassadeira, o prumo, régua técnica prumo-nível, a linha determina o alinhamento dos blocos.</p>
<p>A produtividade no processo de assentamento dos blocos convencionais por trabalhador totalizou 8m² diário.</p>	<p>A produtividade no processo de assentamento dos blocos modulares por trabalhador totalizou 12m² diário.</p>

Quadro 8 - Comparativo descritivo dos métodos construtivo convencional e modular, 2016

Características dos blocos convencionais cerâmicos e dos blocos modulares de concreto:

BLOCOS CONVENCIONAIS CERÂMICOS	BLOCOS MODULARES DE CONCRETO
<p>Dimensões do bloco: 6 furos laminado horizontais, 9 cm de largura, 14 cm de altura e 24 cm de comprimento.</p>	<p>Dimensões do bloco: 14 cm de largura , 19 cm de altura e 44 cm de comprimento, (14x19x44) cm.</p>
<p>Peso: 2,106 kg.</p>	<p>Peso: 13,2 kg.</p>
<p>Rendimento 26,5 peças por metro quadrado.</p>	<p>Rendimento: 12 peças por metro quadrado.</p>
<p>Módulos: 7,3m², sendo 2,6 metros de comprimento e 2,8 metros de altura, aproximadamente 171 blocos por módulos. Dimensionamento da argamassa entre as fiadas variam 1 centímetro, entre os blocos 0,5 centímetro.</p>	<p>Módulos: 3 metros de largura e 2,5 metros de altura totalizando um módulo de 7,5m². Sendo 96 unidades de blocos de concreto e 15 canaletas. Dimensionamento da argamassa entre as extremidades de todo o blocos é aproximadamente 0,5 centímetros.</p>

Quadro 9 - Comparativo das principais características dos blocos convencionais e de concreto, 2016

Comparativo entre o assentamento dos blocos convencionais e modulares mediante a ferramenta cronoanálise:

Os parâmetros utilizados para a coleta dos dados foram os mesmos para os dois processos estudados. De ambos os processos foram analisados 20 amostras, estipulados o mesmo grau de confiabilidade, análise criteriosa para o desenvolvimento da ferramenta, foram realizadas as divisões das etapas e os tempos desenvolvidos de acordo com que a ferramenta da cronoanálise proporciona.

Sendo que apenas o processo de assentamento dos bloco cerâmico precisou ser realizado ajustes nos tempos pela falta de padronização do processo, no entanto essas alterações não influenciaram nos valores obtidos finais, apenas foram feitas mudanças nas alocações das amostras, sem alterar os valores das mesmas, para que fosse possível haver coerência dos dados.

Mediante a ferramenta cronoanálise, foi possível identificar que os resultados referentes ao processo de assentamento dos blocos cerâmicos foram insatisfatórios, os resultados apontaram a necessidade de um maior número de amostras há serem analisadas para determinar com precisão o tempo padrão operacional. O estudo evidenciou muitos erros nesse processo, sendo que a adequação dos mesmos apresentaria benefícios imediatos para o processo.

De acordo com os resultados da ferramenta cronoanálise apenas o processo construtivo de blocos modulares apresentam resultados satisfatórios, a análise foi coerente em todo tempo, levando em conta principalmente o bem estar do trabalhador. Por intermédio dos resultados obtidos, pode-se determinar um padrão operacional exemplificado pelo fluxograma do processo, estipular o tempo de processamento sendo que o mesmo está diretamente relacionado com a rentabilidade diária de cada trabalhador. Todos os resultados levaram em conta as pausas no processo de assentamento dos blocos, as pausas são representadas pelas tolerâncias dos trabalhadores, visto que o processo de assentamento dos blocos é um trabalho braçal e que exige muito esforço dos que o executam.

Foi possível realizar um comparativo em relação a rentabilidades dos dois processos, onde os resultados apontaram que os blocos modulares apresentados na pesquisa são 33% mais rentáveis que os blocos cerâmicos, sendo que os parâmetros utilizados foram o tempo trabalhado e a quantidade em m² de

blocos assentados.

De tal modo é evidente que ambos os processos necessitam de melhorias, mas mesmo não utilizando de todos os recursos e sendo apenas analisada uma etapa da construção foi possível identificar a eficiência que o processo modular proporciona para construção, ainda que metódico o processo construtivo estrutural apresenta benefícios grandiosos para a construção civil. Do ponto de vista econômico e sustentável o processo modular pode atingir valores bem inferiores nas suas construções que processo convencional e o mesmo apresentam uma grande diversidade de produtos que procurando diminuir o impacto que a construção ocasiona ao meio ambiente.

No Quadro 16 estão apresentados os resultados de forma resumida do comparativo entre o assentamento dos blocos convencionais e modulares mediante a ferramenta cronoanálise.

BLOCOS CONVENCIONAIS CERÂMICOS	BLOCOS MODULARES DE CONCRETO
Foram coletadas vinte amostras, realizadas duas visitas.	Foram coletadas vinte amostras, realizada apenas uma visita
Não foi possível identificar um padrão imediato na operação, sendo que o mesmo sofria alterações constantemente.	Foi possível identificar um padrão de operação, facilmente ajustável com os parâmetros que o estudo desejava.
Resultado insatisfatório, pelo fato de não sido possível determinar o tempo padrão da operação de assentamento dos blocos cerâmicos.	Os resultados mediante a ferramenta da cronoanálise foram satisfatórios, coerentes e conclusivos.
Número de amostras insuficientes para a determinação do padrão exigido.	O número de amostras coletadas foram suficientes e essenciais para a determinação do tempo padrão.

Quadro 10 – Resultados dos modelos de construção a partir do comparativo mediante a ferramenta cronoanálise, 2016.

7 CONSIDERAÇÕES FINAIS E SUGESTÕES

O setor da Construção Civil possui uma representatividade muito grande no país e o mesmo oferece grandes oportunidades de investimentos e de empregos, mesmo em meio à crise o setor vem evoluindo gradativamente, fortalecendo ainda mais a importância de pesquisas voltadas para o setor. Um dos papéis da Engenharia de Produção é criar processos com mais qualidade e reduzir os desperdícios relacionados aos projetos e as obras, que são fatores primordiais que servem como base para qualquer construção, trazendo novos tipos de processos, conceitos e tecnologias que ajudem a fortalecer esses fatores.

A partir do comparativo realizado nesse estudo foi possível identificar as dificuldades mais corriqueiras e representatividade que cada método construtivo apresenta.

Ainda que com muitas dificuldades o processo construtivo convencional desempenha um papel muito importante na sociedade, visto que o setor da construção civil emprega vários trabalhadores desfavorecidos, no entanto muitos desses trabalhadores não desenvolveram suas aptidões mediante um curso de graduação ou mesmo profissionalizantes. Este fato pode ser evidenciado na construção convencional em que o estudo se aplica, onde os dois trabalhadores se encontravam nessa situação, todavia os dois exerciam a profissão há mais de dez anos, sendo a única fonte de renda da família.

Na construção civil se tem muitas perdas em seus recursos e consequentemente é um dos setores que mais geram resíduos, visto que esses resíduos são classificados como inertes deste modo agrega um custo elevado referente ao descarte dessas matérias. Vale ressaltar que a busca de processos sustentáveis, ações que visam minimizar os custos cresce cada vez mais no mercado. E essa visão já chegou ao setor há muito tempo, mas principalmente nos últimos anos essas ações se tornaram cada vez mais relevantes devido à crise econômica que se encontra o país.

Ambos os canteiros de obras apresentavam desordem, no entanto em apenas uma das construções demonstrava desperdícios nos seus recursos. Ainda que o processo modular não estava sendo desenvolvido dentro dos parâmetros que exige-se um método, o modelo dos blocos portantes apresentou ser mais

desenvolvido que o processo convencional, visto que os resultados concluem isso. É importante fazer menção que os dois profissionais da obra tinham o devido treinamento para realizar o processo e periodicamente havia inspeções na construção.

A ferramenta utilizada para o desenvolvimento do estudo foi de extrema relevância, sendo que através dela foi possível transformar os dados em resultados coerentes que ofereceram a oportunidade de realizar um comparativo em ambos os métodos construtivos. Os depoimentos dos trabalhadores em conjunto com o acompanhamento das obras auxiliaram na identificação das principais características de cada modelo de aplicação e suas reais dificuldades.

Mesmo sendo um prazo curto de estudo em uma pequena parte do processo construtivo foi possível distinguir as diferenças de cada modelo e salientar a evolução que o setor da construção civil desenvolve, visto que as tecnologias aplicadas no setor se atualizam constantemente, destacando sempre a importância de buscar caminhos mais econômicos e seguros quando o assunto é realizar uma obra.

REFERÊNCIAS

ABCI- Associação Brasileira de Construção Industrializada. **Manual Técnico de Alvenaria**. 1 ed. São Paulo: Projeto Editores Associados Ltda, 1998.

ABNT- Associação Brasileira de Normas Técnicas. **Calculo de alvenaria estrutural de blocos de concreto – Procedimento. NBR 10837: 1989**, 1989.

ANDRADE, Eduardo L. **Introdução a Pesquisa Operacional**. 4. Ed. Rio de Janeiro: LTC, 2009.

ARGILÉS, J. **Nineteeth century brick architecture: rationality and modernity**. Calgary- Canadá, 1994.

BARNES, Ralph M. **Estudo de movimentos e de tempos**. 6.ed. São Paulo, 1977.

BERNARDES, Maurício. **Planejamento e controle da produção para empresas de construção civil**. Rio de Janeiro: LTC, 2010.

BORNIA, Antonio Cezar. **Análise gerencial de custos**. 2.ed. São Paulo: Atlas, 2009.

BROCK, Lesnar. **The contemporary brick wall**. Calgary, 1994.

COELHO, Clara B. T. **Antecipações gerenciais para a inserção de atividades facilitadoras na execução de alvenaria de tijolos cerâmicos: análise dos relatos de agentes do processo**. Dissertação (Mestrado) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil. Universidade Federal do Paraná. Ponta Grossa, 2009.

CONTADOR, José Celso. **Gestão de operações: Engenharia de Produção a serviço da modernização da empresa**. São Paulo: Edgar Blücher, 1998.

_____. _____. **Modelo para aumentar a competitividade industrial: a transição para a gestão participativa**. São Paulo: Atlas, 2003.

DALLA, Werner Duarte. MORAIS, Licilio L. P. **Produção enxuta: vantagens e desvantagens competitivas decorrentes da sua implementação em diferentes organizações**. XIII SIMPEP, Bauru, 2006.

FARAH, Marta F. S. **Processo de Trabalho na Construção Habitacional: tradição e mudança.** São Paulo: ANNABLUME, 1996

FILHA, Dulce Corrêa M. COSTA, Ana Cristina R. FALEIROS, João Paulo M. **Construção Civil no Brasil: investimentos e desafios. Perspectivas do Investimento 2010-2013.** Disponível em: <http://www.bndes.gov.br/SiteBNDES/export/sites/default/bndes_pt/Galerias/Arquivos/conhecimento/liv_perspectivas/09_Perspectivas_do_Investimento_2010_13_CONSTRUCAO_CIVIL.pdf> acesso em: 10 jun. 2015.

FILHO, Adalicio B. F. **Aplicação de melhorias baseadas na construção enxuta: materiais, equipamentos e métodos construtivos inovadores em um canteiro de obras em Aracaju.** Monografia de Conclusão de Curso (Graduação) – Engenharia Civil, Universidade Federal de Sergipe. São Cristóvão, 2009.

FREIRE, Bruno Siqueira. **Sistema Construtivo em Alvenaria Estrutural de Blocos de Concreto.** Trabalho de conclusão de curso. Engenharia Civil, Universidade Anhembi Morumbi. São Paulo, 2007.

GIL, Antonio C. **Métodos e técnicas de pesquisa social.** 4.ed. São Paulo: Atlas, 1994.

_____. _____. **Como elaborar Projetos de Pesquisas.** 5.ed. São Paulo: Atlas, 2010.

GONÇALVES, Wilma K. F. **Utilização de técnicas Lean e Just in Time na gestão de empreendimentos e obras.** 2009. 134 f. Dissertação (Mestrado) – Instituto Superior Técnico. Universidade Técnica de Lisboa. Lisboa, 2009.

KALIL, Sílvia Maria B. **Alvenaria Estrutural:** Apostila de estruturas mistas. Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, 2007.

KATO, Ricardo B. **Comparação entre o Sistema Construtivo Convencional e o Sistema Construtivo em Alvenaria Estrutural segundo a teoria da Construção Enxuta.** Dissertação (Mestrado) em engenharia civil. Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis, 2002.

KAUARK, Fabiana da Silva. MANHÃES, Fernanda Castro. MEDEIROS, Carlos Henrique. **Metodologia da Pesquisa: um guia prático.** Itabuna: Via Litterarum, 2010.

KOLLING, Aline M. KUHN, Claudia M. S. SANTOS, Fernanda P. **Otimização no Processo Gerencial tempo/custo dos resultados em um projeto de Construção Civil.** Machado de Assis, 2012.

KOSKELA, Lauri. **Applications of the New Production Philosophy to Construction.** Center for Integrated Facility Engineering (CIFE), Stanford University, Finland, 1992.

KUREK, Juliana. **Introdução dos princípios da filosofia de Construção Enxuta no processo de produção em uma construtora em Passo Fundo - RS.** Dissertação (Mestrado) - Programa de Pós-Graduação em Engenharia, Universidade de Passo Fundo. Passo Fundo, 2005.

MARCONI, Marina A. LAKATOS, Eva M. **Fundamentos da metodologia científica.** 6.ed. São Paulo: Atlas, 2009.

MARTINS, Petrônio G. LAUGENI, Fernando P. **Administração da Produção.** 2.ed. São Paulo: Saraiva, 2005.

MASCARÓ, Lucía R.. MASCARÓ, Juan Luis. **A construção na Economia Nacional.** 2.ed. São Paulo: Pini Ltda, 19981.

MOREIRA, Daniel Augusto. **Administração da produção e operações.** 2.ed. São Paulo: Cengage Learning, 2011.

NASCIMENTO, Otávio Luiz. **Alvenarias.** 2.ed. Instituto Brasileiro de Siderurgia Centro Brasileiro da Construção em Aço. Rio de Janeiro, 2004.

NUNES, Iara J. D. **Aplicação de ferramentas Lean no planejamento de obras.** Dissertação (Mestrado) – Instituto Superior Técnico. Universidade Técnica de Lisboa. Lisboa, 2010.

OHNO, Taiichi. **O Sistema Toyota de Produção: Além da Produção em Larga Escala.** Tradução: Cristina Schumacher - Porto Alegre: Saraiva, Bookman, 1997.

REIS, Thatiana. **Aplicação da Mentalidade Enxuta no fluxo de negócios da construção civil a partir do Mapeamento do fluxo de valor:** Estudos de Caso. Dissertação (Mestrado) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil. Universidade Estadual de Campinas. Campinas, 2004.

REVISTA EXAME. **Melhores e Maiores: Construção Civil vive crise sem precedentes**: Abril, 2015. Disponível em: < <http://exame.abril.com.br/revista-exame/edicoes/109202/noticias/a-crise-e-a-crise-da-construcao>>. Acesso em: 22 set. 2015.

ROMAN, Humberto Ramos. **Manual de Alvenaria Estrutural**. 1994. Disponível em : <<http://docente.ifrn.edu.br/valtencirgomes/disciplinas/construcao-civil-ii-1/manual-de-alvenaria-estrutural/view>> acesso em 12 set 2015

_____. _____. **Alvenaria Estrutural**. Revista Técnica. São Paulo, 1996.

_____. _____, MOHAMAD, G. **Alvenaria Estrutural**. Programa de Pós-Graduação em engenharia civil. Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis, 1999.

SANTOS, Carlos Aparecido. **Produção Enxuta: Uma proposta de método para introdução em uma empresa multinacional instalada no Brasil**. Dissertação (Mestrado) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Mecânica (PG-MEC). Universidade Federal do Paraná. Curitiba, 2003.

SANTOS, C. A. B. FARIAS FILHO, J. R. **Construção Civil: Um sistema de gestão baseada na logística e na produção enxuta**. In: Encontro internacional *congress of insdustrial*. Niteroi, 1998.

SCHANEIDER, R. DICKEY, W. **Reinforced Mansory Design**. 3 ed. New Jersey: Prentice-Hall, 1994.

SLACK, Nigel. **Administração da produção**. São Paulo: Atlas, 1997.

TAYLOR, Frederick W. **Princípios da Administração Científica**. São Paulo: Atlas, 1995.

WOMACK, James P. JONES, Daniel T. ROSS, Daniel. **A máquina que mudou o mundo**. Tradução: Ivo Korytowski, Rio de Janeiro: Campus Ltda, 1992.

APÊNDICE (A)

APÊNDICE A -Modelo de folha de observação de Cronoanálise.

OPERAÇÃO: CRONOMETRAGEM X

ELEMENTOS DA OPERAÇÃO						
Observações	Elemento 1	Elemento 2	Elemento 3			
N.	1	2	3			
1						
2						
3						
4						
5						
6						
7						
8						
9						
10						
11						
12						
13						
14						
15						
16						
17						
18						
19						
20						
				Total de tempo dos elementos		
				Número de observações		
				Tempo Médio		
				Fator de eficiência		
				Tempo Normalizado		
				% fadiga + tolerâncias pessoais		
				% troca de ferramentas + ajustes		
				Tempo normalizado + tolerâncias		
				Frequência		
				Tempo Padrão		