

CENTRO UNIVERSITÁRIO ATENAS

LUCINDO JOSÉ DE SOUZA NETO

**APLICAÇÃO DO MÉTODO *LEAN CONSTRUCTION* EM O-
BRA PÚBLICA NA CIDADE DE PARACATU-MG**

Paracatu

2019

LUCINDO JOSÉ DE SOUZA NETO

**APLICAÇÃO DO MÉTODO *LEAN CONSTRUCTION* EM OBRA PÚBLICA NA CIDA-
DADE DE PARACATU-MG**

Monografia apresentada ao Curso de Engenharia Civil do Centro Universitário Atenas, como requisito parcial para obtenção do título de Bacharel em Engenharia Civil.

Orientador: Prof. MSc. Romério Ribeiro da Silva.

Paracatu

2019

RESUMO

A construção civil gera um conjunto de serviços que é ignorado no processo de precificação do custo final da obra, como logística do layout do canteiro de obra, sequência de execução das atividades e produtividade da mão de obra. Esse conjunto de informações tem como consequência o atraso dos serviços, diminuição da qualidade e um aumento no custo final da obra. Para reduzir as atividades ligadas ao canteiro de obras, a metodologia *Lean Construction* apresenta princípios de melhoria e diminuição de atividades que não agregam valor. Sua aplicação desenvolve a necessidade da previsibilidade de um sistema de execução. O presente trabalho tem como objetivo apresentar os serviços de uma obra pública aplicando métodos de planejamento tradicional e planejamento em *LC* verificando a viabilidade financeira para a sua implementação. A comparação entre modelos de planejamento revelou um conjunto de atividades e custos que inviabilizaram o uso da metodologia tradicional, demonstrando a viabilidade econômica de aplicação da metodologia *Lean Construction* em comparação com o método tradicional.

Palavras-chave: *Lean Construction*, Produtividade, Planejamento, Construção civil.

ABSTRACT

Civil construction generates a set of services that are ignored in the process of pricing the final cost of the work, such as logistics of the site layout, sequence of execution of activities and labor productivity. This set of information results in delayed services, decreased quality and an increase in the final cost of the work. In order to reduce activities linked to the construction site, the Lean Construction methodology presents principles of improvement and reduction of activities that do not add value. Its application develops the need for predictability of an execution system. This paper aims to present the services of a public works by applying traditional planning and LC planning methods and verifying the financial viability for its implementation. Comparison between planning models revealed a set of activities and costs that made the use of the traditional methodology unfeasible, demonstrating the economical viability of applying the Lean Construction methodology compared to the traditional method.

Keywords: Lean Construction, Productivity, Planning, Civil construction.

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1 -Planta baixa do imóvel na escala 1:75	13
FIGURA 2 -Planta baixa de modificação do imóvel na escala 1:75	13
FIGURA 3 -Fachada do imóvel a ser reformado	14
FIGURA 4 -Perímetro urbano do imóvel	14
FIGURA 5 -EAP dos serviços no canteiro de obras do método tradicional	22
FIGURA 6 -Divisão das células de execução no canteiro de obras	17
FIGURA 7 -EAP dos serviços no canteiro de obras do método LC22	
FIGURA 8 -Gráfico de Gantt aplicado ao LC	21
FIGURA 9 -Layout da central de concreto do canteiro de obras ²⁴	
FIGURA 10 -Layout do canteiro de obras para concretagem com uso de concreto usinado ³⁵	

LISTA DE TABELAS

TABELA 1 -Média de resíduos RCC	10
TABELA2 -Número de estabelecimento e tamanho por empregados ativos na construção civil	12
TABELA3 -Relação orçamentária	24
TABELA4 -Relação orçamentária <i>Lean Construction</i>	28
TABELA5 -Análise custo x tempo do método tradicional	32
TABELA6 -Análise custo x tempo do método <i>Lean Construction</i>	32

LISTA DE SIGLAS

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas

EAP – Estrutura Analítica de Projeto

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e estatística

JIT – *Just in Time*

LC – *Lean Construction*

RCC – Resíduos da construção civil

SINAP – Sistema Nacional de Preços e Índices para a Construção Civil

TCU – Tribunal de Contas da União

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	10
1.1 PROBLEMA DE PESQUISA	11
1.2 HIPÓTESES	11
1.3 OBJETIVOS	11
1.3.1 OBJETIVO GERAL	11
1.3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	11
1.4 JUSTIFICATIVA DO ESTUDO	12
1.5 METODOLOGIA DO ESTUDO	13
1.6 ESTRUTURA DO TRABALHO	13
2 PRINCÍPIOS DA METODOLOGIA DE PLANEJAMENTO DE OBRAS EM LEAN CONSTRUCTION	15
2.1 SISTEMA DE PLANEJAMENTO LEAN CONSTRUCTION	15
2.2 OS 11 PRINCÍPIOS DO LEAN CONSTRUCTION	15
2.3 CARACTERÍSTICA DA OBRA	18
3 EXECUÇÃO DE OBRA DE FORMA TRADICIONAL COM USO DE ESTOQUE EM CANTEIRO DE OBRAS	22
3.1 IDENTIFICAÇÃO DOS SERVIÇOS	22
3.2 ORÇAMENTO DA OBRA COM USO DE ESTOQUE NO CANTEIRO	23
3.3 ATIVIDADES PREDECESSORAS	24
3.4 PRODUTIVIDADE DA MÃO DE OBRA	25
3.5 GRÁFICO DE GANTT	26
4 APLICAÇÃO DO LC NO CANTEIRO DE OBRAS	27
4.1 IDENTIFICAÇÃO DOS SERVIÇOS	27
4.2 ORÇAMENTO COM METODOLOGIA LEAN CONSTRUCTION	28
4.3 ATIVIDADES PREDECESSORAS	29
4.4 PRODUTIVIDADE DA EQUIPE BÁSICA	29
4.5 GRÁFICO DE GANTT	30
4.6 KAMBAM	31
4.7 MELHORIA CONTÍNUA	31
5 COMPARAÇÃO ENTRE OS MÉTODOS DE EXECUÇÃO DE OBRAS	32
5.1 ANÁLISE DE VIABILIDADE ECONÔMICA	32
6 CONSIDERAÇÕES FINAIS	36
REFERÊNCIAS	37

1 INTRODUÇÃO

O sistema *Lean Construction* originou-se do artigo *Application of new production philosophy in the construction industry* publicado em 1992 por Lauri Koskela, abrangendo uma visão de melhoria do processo construtivo através da industrialização do canteiro de obra. O trabalho destaca os 11 princípios para a melhoria dos processos de engenharia, focando na qualidade do fluxo total e seus subprocessos, identificando os problemas implícitos ao modo tradicional de implementar métodos construtivos (KOSKELA, 1992).

A construção civil se tornou um estereótipo quanto à sustentabilidade. Uma vez citados os problemas com geração de resíduos da construção civil (RCC), aparecem as dificuldades de controle dos desperdícios dos materiais, portanto, existe a necessidade de identificar as perdas no canteiro de obras (SOUZA, 2004).

De acordo com Tavares (2007), por meio da média de RCC provenientes da construção civil por tipo de fonte geradora nos municípios brasileiros, é possível identificar os altos índices de geração de RCC em obras novas, o qual chega às edificações novas chegando a 21%, mostrando que a quantidade gerada é muito alta mesmo em novos empreendimentos, onde se espera uma economia natural de material empregado. Tais informações estão dispostas na Tabela 1.

TABELA 1 - Média de resíduos de RCC.

Estimativa média de fonte geradora para municípios brasileiros	
Tipo de fonte geradora de RCC	Porcentagem
Residências Novas	20%
Edificações novas (acima de 300 m ²)	21%
Reformas, ampliações e demolições	59%

Fonte: Tavares, 2007.

O desperdício na construção civil é gerado a partir do retrabalho, sendo ligados a erros de projeto ou de construção, que por sua vez não são identificados os fluxos das atividades ligadas ao trabalho e aos materiais. O valor acrescido deste retrabalho não é, muitas vezes, adicionado ao custo do serviço, sendo que o mesmo ocorre para acidentes gerados pela disposição do canteiro de obras mal planejado (KOSKELA, 1992).

1.1 PROBLEMA DE PESQUISA

Quais as aplicações do modelo *Lean Construction* na demolição e aplicação de piso de revestimento cerâmico em obra pública?

1.2 HIPÓTESES

O modelo tradicional de execução de obras, com planejamento precário, gera um aumento nos índices de perda de recursos físicos e monetários, diminuindo a qualidade e aumentando os custos da obra. Os impactos do sistema de planejamento em *LC* influenciam na execução de serviços e proporcionam facilidades de acesso aos materiais, equipamentos, diminuição de recursos desnecessários, gerando assim, maior controle e diminuição dos índices de perdas e aumento da produtividade.

1.3 OBJETIVOS

1.3.1 OBJETIVO GERAL

Analisar a funcionalidade da metodologia de planejamento *Lean Construction*, por meio de um estudo de caso relacionado a uma obra localizada na cidade de Paracatu-MG.

1.3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- a) Apresentar os conceitos do *Lean Construction*.
- b) Analisar serviço de demolição e assentamento de contra piso e piso cerâmico, através do layout do canteiro de obras.
- c) Propor a elaboração de Planejamento *Lean Construction* no serviço de demolição, concretagem de piso e contrapiso e assentamento de piso cerâmico de uma obra pública.
- d) Propor a comparação orçamentaria do custo direto entre o modelo de *Planejamento Lean Construction* e modelo tradicional de planejamento de obras.

1.4 JUSTIFICATIVA DO ESTUDO

O modelo de planejamento e execução de obras *Lean Construction* é de grande relevância por visar a qualidade total, com a economia de recursos físicos e financeiros pelos processos de planejamento dos serviços de demolição, concretagem e assentamento de piso cerâmico. O mesmo tem um grande potencial de implementação, uma vez que, segundo dados compilados pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística– IBGE, (2017) cerca de 200.716,00 empresas estão atuando em obras. Tais informações estão dispostas na Tabela 2.

TABELA2- Número de estabelecimento e tamanho por empregados ativos na construção civil.

Tamanho do estabelecimento por empregados ativos	Construção Civil					
	Regiões Geográficas					
	Nor-te	Nordeste	Sudeste	Sul	Centro-Oeste	TOTAL
0 empregados	1.755	8.623	19.992	14.394	4.030	48.794
Até 4 empregados	3.529	14.334	40.952	24.328	8.093	91.236
De 5 a 9 empregados	1.138	4.388	12.410	6.472	2.268	26.676
De 10 a 19 empregados	725	2.935	7.875	3.820	1.435	16.790
De 20 a 49 empregados	533	2.102	5.190	2.202	956	10.983
De 50 a 99 empregados	205	792	1.600	526	330	3.453
De 100 a 249 empregados	137	442	926	233	156	1.894
De 250 a 499 empregados	44	128	285	67	46	570
De 500 a 999 empregados	11	54	114	24	18	221
1.000 ou mais vínculos ativos	10	19	54	7	9	99
TOTAL BRASIL	8.087	33.817	89.398	52.073	17.341	200.716

Fonte: IBGE, 2017.

Muitas empresas têm altos índices de perda física e financeira provenientes da falta de planejamento dos recursos e métodos construtivos inadequados (SOUZA, 2005). O sistema LC é um método de planejamento novo no Brasil. Mesmo pouca bibliografia a respeito do assunto, as obras em que a metodologia é empregada alcança um resultado significativo de redução dos custos, proporcionando a diminuição do tempo de execução, diminuição da perda de materiais e menores índices de acidente de trabalho em obra. Esses resultados podem ser atingidos por reconfigurar o canteiro de obras e gerir a metodologia de execução dos serviços de

construção civil, demonstrando a necessidade da comparação entre os modelos de planejamento de obras tradicional e o modelo de planejamento em *LC*.

1.5 METODOLOGIA DO ESTUDO

A presente pesquisa é caracterizada, segundo Gil (2002), como explicativa e exploratória, a qual é caracterizada pela identificação dos fatores que levam à ocorrência de um fenômeno, necessidade do melhoramento das ideias e explicações do tema através do levantamento bibliográfico.

Para o desenvolvimento deste trabalho será realizada revisão bibliográfica utilizando livros, monografias, e teses referente ao Toyotismo, *Lean Construction* e orçamento de obras. As plantas utilizadas para elaboração do estudo foram disponibilizadas pela Secretária de obras de Paracatu-MG, conforme autorização apresentado nos apêndices, onde foi acompanhado durante o período de estágio a elaboração do projeto arquitetônico e orçamentário do prédio próprio da Prefeitura Municipal, utilizado para fins de atendimento ao público com área construída de 320,27 m².

Os bancos de dados utilizados serão: Scielo, Science Direct, Google Acadêmico e Periódico CAPES.

1.6 ESTRUTURA DO TRABALHO

É apresentado no primeiro capítulo a contextualização do estudo através da apresentação da introdução, da formulação de problemas, bem como a análise das hipóteses que foram apresentadas, os objetivos gerais e específicos, as justificativas através de estudos que apresentam o potencial de impacto da metodologia *LC*. A metodologia que será empregada no desenvolvimento do estudo, bem como definição estrutural da monografia, também constam na primeira seção.

No segundo capítulo serão apresentados 12 princípios que norteiam a metodologia de planejamento de obras em *LC*.

No terceiro capítulo será explorada a execução dos serviços de demolição, compactação, concretagem e acabamento em uma obra pública no município de Paracatu-MG. Nele é apresentado o quantitativo dos custos diretos levantados *in loco*, aplicados a atividades ligadas ao método tradicional de execução de obra, usado pelo mercado de construção civil. Para a verificação dos custos diretos será utilizado plani-

lha orçamentária, elaborada com base de referências da SINAP e SETOP, juntamente como memorial de cálculo, planilha de produtividade da equipe básica e planilha com cronograma do gráfico de Gantt.

No quarto capítulo serão expostos alguns conceitos de planejamento de obras no sistema LC nos serviços descritos no orçamento da obra. Será ainda apresentado o quantitativo dos custos diretos levantados in loco, incorporando a aplicação do planejamento com uso da metodologia citada na execução da obra. Para a verificação dos custos diretos será utilizada a planilha orçamentária conforme modelo já descrito.

No quinto capítulo será examinada a viabilidade técnica e econômica de implantação da metodologia LC em comparação com a metodologia tradicional de execução de obras, por meio da verificação entre os orçamentos, tempo de execução e equipamentos utilizados.

Por fim, no sexto capítulo serão exploradas as considerações finais sobre a viabilidade técnica e econômica de implantação da metodologia em estudo no canteiro de obras, comparando os métodos tradicionais.

2 PRINCÍPIOS DA METODOLOGIA DE PLANEJAMENTO DE OBRAS EM LEAN CONSTRUCTION

2.1 SISTEMA DE PLANEJAMENTO LEAN CONSTRUCTION

Na visão de Koskela (1992), o sistema *Lean Construction*, em essência, é a aplicação da industrialização do canteiro de obras, onde é empregado a conversão do método de execução para um sistema controlado e lógico. A essência global da produção de um produto é atribuída a eficiência das atividades de conversão, sendo de suma importância o nível tecnológico, habilidades e motivação, entre outros aspectos.

A execução de qualquer atividade gera gastos elevados e consomem tempo; apenas as atividades de conversão agregam valor ao material ou peças de informação, ou seja, as que estão sendo transformadas em um produto. As melhorias das atividades de fluxo devem ser focadas na redução ou eliminação, quando possível, para que as atividades de conversão sejam mais eficientes (KOSKELA, 1992).

2.2 OS 11 PRINCÍPIOS DO LEAN CONSTRUCTION

A base para o LC é iniciada com a publicação do finlandês Lauri Koskela em seu artigo intitulado *Application of the new production philosophy in the construction industry*, que aborda aspectos de industrialização da construção civil com 11 princípios, os quais focam na melhoria das atividades desenvolvidas e análise do fluxo e subprocessos (ARANTES, 2008).

I. Reduzir a parcela de atividades de valor não agregado

Eliminar desperdícios significa a redução das atividades que não agregam valor de um produto ou serviço. Após a redução ao mínimo de desperdício das operações que transformam materiais e componentes, o que resta é a atividade que agrega valor ao produto (MAXIMINIANO, 2000)

II. Aumento através da consideração dos requisitos do cliente

O valor deve ser determinado pelo cliente e a produção deve seguir de acordo com os desejos dos consumidores. Por tradição, as empresas negligenciam o cliente, por especificar o valor a partir do que consideram ser um bom produto e um preço satisfatório para o mercado. Essa mentalidade demonstra o fracasso das empresas em não tentar perceber as necessidades que o cliente procura (ARANTES, 2008).

III. Reduzir a variabilidade

Em atividades similares, em que o processo de execução é variado, existem uma diferença entre os recursos necessários para a produção, como o tempo disponível, matéria-prima ou mão de obra variáveis (KOSKELA, 1992).

A padronização dos processos é a melhor forma de redução da variabilidade, diminuindo nas conversões e no fluxo do processo de produção (ARANTES, 2008).

IV. Reduzir o tempo de ciclo

Um fluxo de produção pode ser identificado pelo tempo de ciclo, o que se refere ao tempo necessário para uma peça de material atravessar um fluxo e ser concluído, utilizando abordagens práticas para a redução do tempo de ciclo com uso da melhoria contínua (KOSKELA, 1992).

V. Simplificar através da redução de passos, parte e ligações

A complexidade de um produto ou processo aumenta os custos para além da soma dos custos de peças individuais ou etapas. A simplificação pode ser entendida como redução do número de componentes e a redução do número de etapas de uma matéria (KOSKELA, 1992).

VI. Aumentar a flexibilidade do resultado final

A diminuição do tamanho do lote para a próxima demanda e a redução das dificuldades de configuração e troca proporcionam o aumento e flexibilidade do resultado final, sendo possível personalizar o produto o mais tarde possível e criar uma formatação de mão de obra com multiquificações para a execução da atividade (KOSKELA, 1992).

VII. Aumentar a transparência do processo

A melhoria da transparência de processos torna mais fácil a identificação de erros no sistema de produção ao mesmo tempo que melhora o recebimento de informações que facilitam o desenvolvimento e são necessários para a execução das tarefas (ARANTES, 2008).

VIII. Controle de foco no processo completo

O fluxo decorrente do controle de um segmento de processos acontece ao longo das unidades distintas ou atravessando a organização. Por sua vez, para o controle global, este deve ser analisado e medido durante todos os processos (ROMANEL, 2009).

IX. Introduzir processo de melhoria contínua

O esforço para a redução do desperdício e aumento do valor agregado deve ser interno na empresa, como estabelecer metas, dar responsabilidade pela melhoria constante de cada unidade organizacional, exigindo e recompensando, usar procedimentos padrão com hipóteses de boas práticas e interligando melhoria e controle. Estas melhorias devem ser destinadas às restrições de controle atual e problemas encontrados no processo, tendo como objetivo a resolução da raiz dos problemas (KOSKELA, 1992).

X. Balancear melhoria nos fluxos por meio de melhoria nas conversões

Para a melhoria da produção, os fluxos e conversões do trabalho devem receber atenção. Para cada etapa existe uma característica individual a ser observada. Quanto mais complexo for o processo de produção, maior o impacto de aperfeiçoamento do fluxo e quanto mais resíduos for inerente ao processo de produção, maior aprimoramento com a alteração do fluxo (KOSKELA, 1992).

XI. Fazer *benchmarking*

De acordo com as análises de Arantes (2008), o Benchmarking é uma avaliação de um processo onde as medições são a parte essencial, assumindo um compromisso de melhoria contínua por facilitar a junção de informações, de modo a produzir um efeito significativo nos processos das organizações. Essa técnica cria o envolvimento e o benefício dos participantes por conceder a partilha das informações.

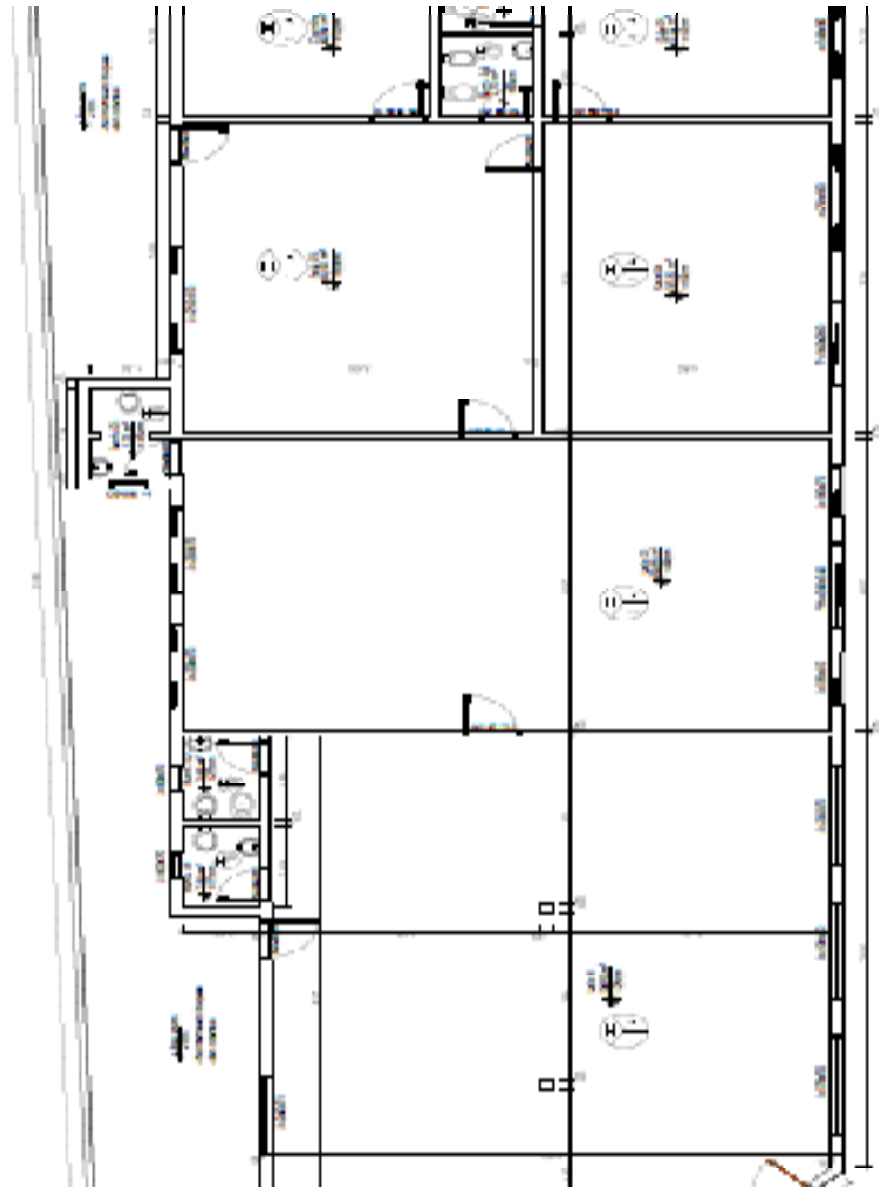
2.3 CARACTERÍSTICA DA OBRA

O empreendimento em estudo é um prédio de propriedade da prefeitura do município de Paracatu, Minas Gerais. A edificação é utilizada para fins de atendimento ao público, contemplando área total de 320,27 m². Foi elaborada planilha orçamentária de estimativa, conforme apresentado nos anexos, referente a execução de serviços gerais de manutenção preventiva, reparos e adaptações, com fornecimento de materiais, equipamentos e mão de obra.

O imóvel precisa de adequação para atendimento ao público, sendo necessário a adaptação de acordo com a norma ABNT NBR 9050, que trata da acessibilidade a edificações, mobiliário, espaços e equipamentos urbanos, contemplando rampas de acesso e a piso adequado para a uso do público.

Na Figura 01 abaixo apresenta a planta baixa do imóvel, contemplando os ambientes cotados, identificados juntamente com a área do cômodo.

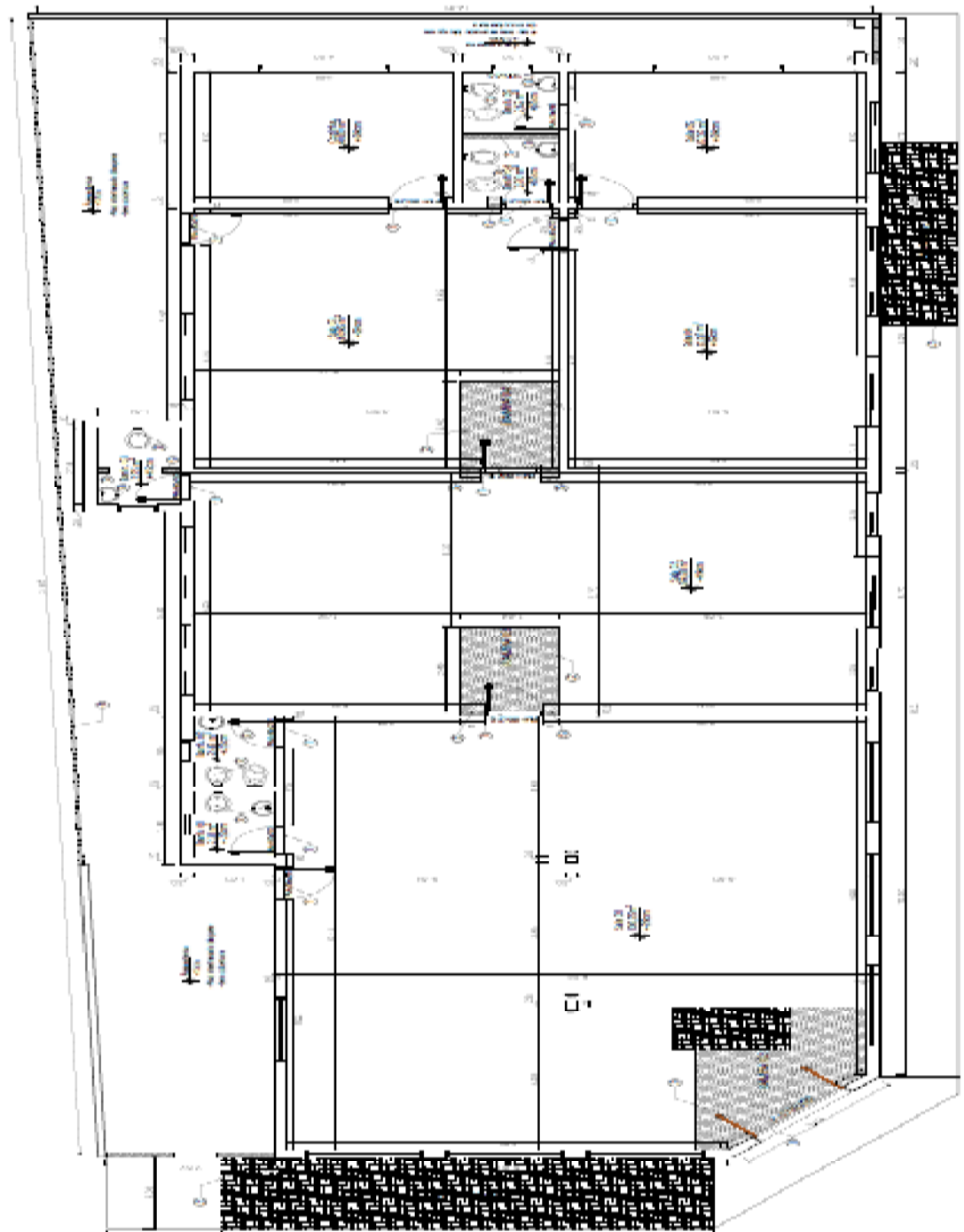
FIGURA 1-Planta baixa do imóvel na escala 1:75.



Fonte: Prefeitura Municipal de Paracatu.

Na Figura 02 é apresentada a planta baixa das áreas de demolição para execução das rampas de acessibilidade. Fez-se necessário a demolição do piso para adicionar rampas de acessibilidade e padronização do seu estilo, uma vez que cada ambiente apresenta um tipo de piso diferente. Para a elaboração do trabalho foi orçado e analisado apenas as rampas internas de acessibilidade.

FIGURA 2 -Planta baixa de modificação do imóvel na escala 1:75.



Fonte: Prefeitura Municipal de Paracatu.

Na Figura 03 é apresentada a fachada do imóvel.

FIGURA 3 -Fachada do imóvel a ser reformado.



Fonte:Próprio autor.

Na Figura 04 é apresentada as ruas no perímetro do imóvel, onde pode ser observada a inexistência de local para armazenamento de qualquer material, uma vez que não existe terreno disponível para tal.

FIGURA 4-Perímetro urbano do imóvel.



Fonte: Acessibilidade, Secretaria de Obras - Prefeitura Municipal de Paracatu.

3 EXECUÇÃO DE OBRA DE FORMA TRADICIONAL COM USO DE ESTOQUEEM CANTEIRO DE OBRAS

Para viabilizar a identificação dos serviços de execução, foi elaborado um conjunto de planilhas com o intuito de realizar o levantamento de serviços, definição do tempo necessário para a execução e quantidade de atividades necessárias para a execução.

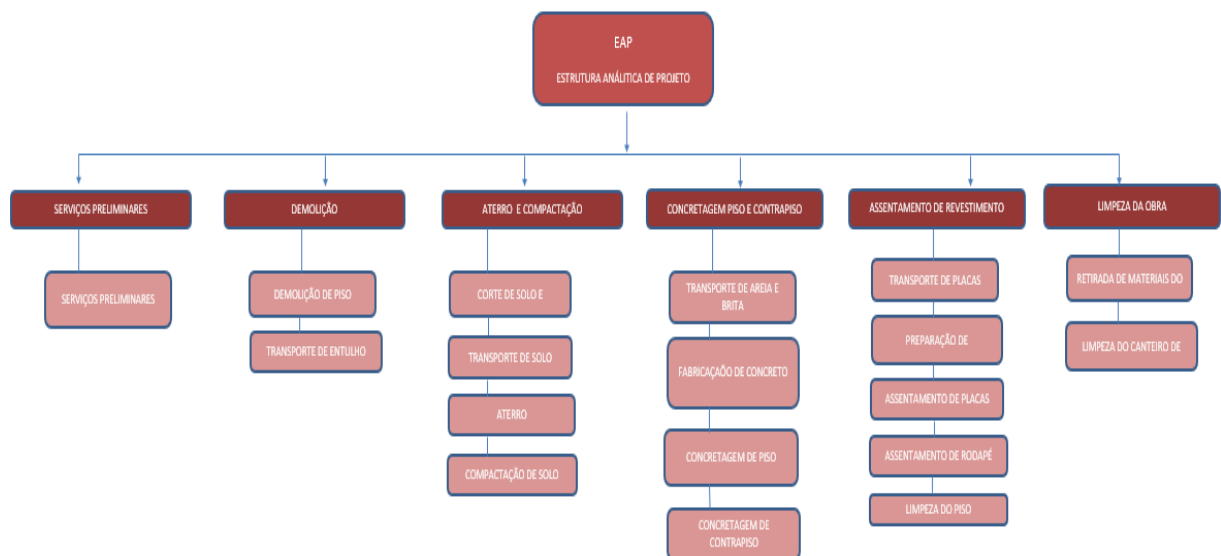
Sendo assim, nesse capítulo será apresentado a proposta dos serviços a serem executados de forma tradicional.

3.1 IDENTIFICAÇÃO DOS SERVIÇOS

Segundo Mattos (2010), na elaboração do roteiro do planejamento o primeiro passo é a identificação das atividades que irão compor o cronograma geral do projeto. A identificação das atividades necessita de atenção especial, já que nesta fase é feita a elaboração do escopo total do projeto em unidades de trabalho de forma simples e de manuseio fácil.

Para identificação dos serviços ligados diretamente a obra em estudo, foram elaboradas planilhas de planejamento e orçamento com o uso de estoque no canteiro de obras, conforme apresentado na planilha da estrutura analítica do projeto.

FIGURA 5 – EAP dos serviços no canteiro de obras do método tradicional



Fonte: próprio autor

3.2 ORÇAMENTO DA OBRA COM USO DE ESTOQUE NO CANTEIRO

Segundo Mattos (2006), o uso das técnicas orçamentárias contorna a identificação, descrição, quantificação, análise e estima uma grande quantidade de itens. É natural que o orçamento seja preparado antes da execução da construção, sendo necessário um profundo estudo para que não existam lacunas na composição do custo e considerações desnecessárias.

Para a precificação dos serviços ligados a obra, foi utilizado o Orçamento de Custo Direto. Segundo Tisaka (2006), o Custo Direto como todos os custos que são diretamente envolvidos na produção da obra, sendo eles os insumos constituídos por materiais, mão-de-obra e equipamentos auxiliares, somado com toda a infraestrutura necessária para a execução no ambiente da obra.

Para precificar os serviços a serem executados nas obras, foi utilizado a tabela de base de referência Sistema Nacional de Custos e Índices da Construção Civil (SINAPI). De acordo com o Tribunal de Contas da União - TCU (2013), a tabela SINAPI, é um banco de dados mantido pela Caixa Econômica Federal com objetivo de produzir informações de custos e índices ligados ao setor de construção civil de forma sistemática em todos os estados, para a elaboração e avaliação de orçamentos, acompanhamentos de custos e adequação do custo de materiais.

Nos itens apresentados na Planilha Orçamentária, estão listados os serviços preliminares, demolição e remoção, transporte de material para concretagem, piso e serviços finais. Foi implementado o método de execução convencional de fabricação do concreto em canteiro de obras, o qual apresentou a necessidade de estoque no próprio canteiro. Esses materiais foram identificados e apresentou-se um layout de canteiro de obras onde será implementado uma central de concreto.

De acordo com a LEI COMPLEMENTAR Nº. 124 de 2017 - alterada 2018, Artigo 101. **“Não será permitida a utilização de qualquer parte da via pública com materiais de construção além da linha do tapume”**. Sendo assim, faz-se necessário o armazenamento do material no canteiro de obras.

Para quantificar o tempo necessário e o valor gasto com a mão de obra para o transporte, foi computado no orçamento o transporte do material e armazenamento na central de concreto do canteiro de obras.

Cada item apresentado no Orçamento onde cada item do Orçamento é calculado e exposto de acordo com a sua unidade de medida para a execução do servi-

ço. Conforme demonstrado no orçamento, foi levantado a quantidade de agregados necessário a ser estocado para a fabricação de concreto para contra piso e piso, com o uso de betoneira.

Após o levantamento das atividades e cálculo de cada serviço referente as etapas de execução da obra, foi precificado o orçamento com valor de R\$ 54.063,08, conforme apresentado na Tabela 3.

TABELA 3-relação orçamentária

ORÇAMENTO TRADICIONAL		
SERVIÇOS	CUSTO TOTAL	TEMPO PARA CONCLUSÃO
DEMOLIÇÃO DE PISO E REMOÇÃO DE ENTULHO	R\$ 5.020,72	21 DIAS
TRANSPORTE DE MATERIAL PARA CONCRETAGEM BRITO E AREIA)	R\$ 1.614,13	2 DIAS
ATERRO, REGULARIZAÇÃO E CONCRETAGEM DE PISO COM USO DE TELA (COM FABRICAÇÃO DO CONCRETO NO CANTEIRO DE OBRAS)	R\$ 21.004,28	22 DIAS
CONCRETAGEM DE CONTRAPISO (COM FABRICAÇÃO DO CONCRETO NO CANTEIRO DE OBRAS)	R\$ 4.361,25	5 DIAS
ASSENTAMENTO DE REVESTIMENTO CERÂMICO	R\$ 24.209,34	17 DIAS
TOTAL	R\$ 54.063,08	-

FONTE: próprio autor.

3.3 ATIVIDADES PREDECESSORAS

Na elaboração do planejamento, Mattos (2010) explica que é importante identificar as atividades predecessoras, que consiste no início de uma atividade qualquer que dependa diretamente do término de atividades anteriores. Todas as atividades devem ser identificadas pelo planejador e registradas as suas predecessoras, ou seja, de quais outras atividades ela depende diretamente.

Para a identificação da sequência dos serviços apresentados no orçamento de obras, foi elaborado uma planilha com as atividades predecessoras, onde cada atividade é identificada com um código. Cada serviço é correlacionado com a sua predecessora, utilizando o código de identificação para cada atividade, na qual é ligada ao serviço que será executado. Para cada serviço apresentado na planilha de predecessoras é apontado o ambiente de execução, sendo eles célula 01, célula 02 e

célula 03, conforme apresentado na *planilha de atividades predecessoras* no Apêndice 1.

FIGURA 06- divisão das células de execução no canteiro de obras.



Fonte: Próprio autor.

3.4 PRODUTIVIDADE DA MÃO DE OBRA

Mattos (2010) explica que a duração é a quantidade de tempo necessária para a execução de uma atividade, ou seja, é a quantidade de tempo de trabalho necessário para a conclusão de um serviço.

Para o cálculo do tempo necessário para a execução de um serviço, referente a equipe básica da planilha de orçamento de obras, foi utilizando o tempo necessário para o insumo de mão de obra executar uma unidade do serviço, esse dado foi extraído do banco de dados da SINAP.

Para calcular o tempo de execução de um serviço, foi determinado o período de 8 horas de trabalho diário, identificando o índice referente ao insumo de mão de obra obtido da tabela SINAP e a quantidade do serviço na planilha de Memória de Cálculo. Segundo Mattos (2006), a produtividade é diferente de produção, uma vez que a produção representa o que foi executado em um período e a produtividade é a velocidade com que essa atividade foi realizada. Os índices são obtidos através do inverso da produtividade.

$$\text{Produtividade} = \frac{1}{\text{Índice da mão de obra}}$$

O tempo total de execução da obra é obtido de acordo com as predecessoras. A dependência entre várias atividades é calculada e seu resultado é o tempo total, bem como o tempo para início de outra atividade, uma vez que as predecessoras apresentam qual atividade vira a seguir.

O tempo previsto para a execução total da obra é de 47 dias, com o número de funcionários da equipe básica trabalhando o período de 8 horas diárias durante toda a semana, incluindo sábado, domingo e feriados, conforme apresentado na Tabela 3.

3.5 GRÁFICO DE GANTT

O diagrama de Gantt é uma representação gráfica simples, onde a ilustração à esquerda representa as atividades e à direita a representação de barras desenhadas em escala de tempo, no qual o comprimento das barras representam o tempo necessário para a conclusão de um serviço. As datas de início e término dos serviços representados são lidas na escala de tempo (MATTOS, 2010).

Para a visualização do tempo de execução da obra, foi desenvolvido um gráfico de Gantt, onde cada atividade apresentada tem o seu início e término. O gráfico é a demonstração do quando será iniciado um serviço em relação às predecessoras.

As atividades apresentadas foram identificadas com cores diferentes: a célula 01 está na cor amarela, a célula 02 está na cor vermelha, a célula 03 está na cor azul e as células não preenchidas, que são as atividades referentes a todo o canteiro, estão na cor verde. Cada uma é classificada de acordo com o ambiente que será executada. Foi previsto o início das atividades no dia 01 de janeiro de 2019 e conclusão no dia 16 de fevereiro de 2019, conforme apresentado na *planilha do gráfico de Gantt* no Apêndice 3.

4 APLICAÇÃO DO LC NO CANTEIRO DE OBRAS

Com base nas ferramentas do sistema Toyota de produção, o engenheiro Lauri Koskela apresenta alguns princípios do *LC*, que geram economia nos recursos empregados. Sendo assim, esse capítulo apresenta a aplicação desses conceitos e analisa a sua viabilidade.

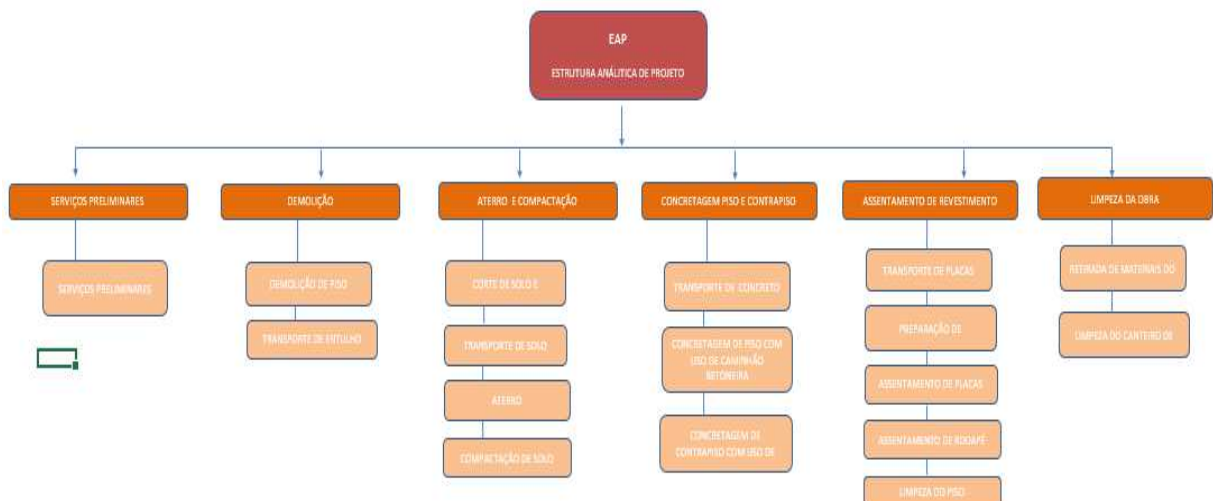
4.1 IDENTIFICAÇÃO DOS SERVIÇOS

A divisão do projeto em serviços é um trabalho complexo. Segundo MATTOS (2010), é necessária uma leitura cuidadosa de desenhos e plantas e o completo entendimento e capacidade de representar a metodologia construtiva a ser empregada em pequenos pacotes de trabalho, de forma simples e compreensível.

Para a identificação das atividades que serão executadas, seguindo as características encontradas na planta baixa, foi elaborado uma EAP, conforme Apêndice 1. Segundo MATTOS (2010), a melhor maneira de reconhecimento dos serviços que serão executados é por meio da elaboração de uma Estrutura Analítica do Projeto - EAP, que é uma estrutura hierárquica, em níveis, onde é previsto os serviços da obra em pacotes de trabalho, respeitando uma sequência de execução.

O EAP é uma ferramenta no auxílio da identificação dos serviços referente ao projeto, utilizado para a elaboração do orçamento da obra e apresentado na Figura 7 disposta abaixo.

FIGURA 7– EAP dos serviços no canteiro de obras do método LC



Fonte -próprio autor.

4.2 ORÇAMENTO COM METODOLOGIA LEAN CONSTRUCTION

Um dos onze princípios do *LC*, a “simplificação através de minimização do número de etapas e peças”, segundo KOSKELA (1992), é a redução do número de componentes do produto, peças, materiais e equipamentos, que pode gerar um sistema simples. O excesso de informações pode privar o profissional, pois sistemas complexos são menos confiáveis que sistemas simples.

Para a simplificação de etapas conforme o *LC*, foi implementado no orçamento de obras a não utilização de estoque na etapa de concretagem do piso e contrapiso, sendo previsto a utilização de concreto usinado substituindo a fabricação do concreto no canteiro. A precificação referente aos serviços de concretagem de piso e contrapiso com uso do concreto usinado estão referenciadas conforme tabela SINAPI de janeiro de 2019.

Todas as atividades apresentadas no orçamento foram quantificadas e apresentadas na Planilha de Memória de Cálculo, respeitando suas respectivas unidades de medida de acordo com a tabela SINAPI de janeiro de 2019.

Para a elaboração do orçamento foi executado a precificação da obra levantando apenas o custo direto, na qual foi possível obter o custo global da obra no valor de R\$55.225,23, conforme apresentado na *planilha orçamentária* abaixo.

TABELA 4-relação orçamentária *Lean Construction*

ORÇAMENTO EM LEAN CONSTRUCTION		
SERVIÇOS	CUSTO TOAL	TEMPO PARA CONCLUSÃO
DEMOLIÇÃO DE PISO E REMOÇÃO DE ENTULHO	R\$ 5.020,72	21 DIAS
ATERRO, REGULARIZAÇÃO E CONCRETAGEM DE PISO COM USO DE TELA (COM USO DE CONCRETO USINADO)	R\$ 19.572,46	13 DIAS
CONCRETAGEM DE CONTRAPISO (COM USO DE CONCRETO USINADO)	R\$ 3.646,43	3 DIAS
ASSENTAMENTO DE REVESTIMENTO CERÂMICO	R\$ 24.209,34	17 DIAS
TOTAL	R\$ 52.448,96	-

FONTE -próprio autor

4.3 ATIVIDADES PREDECESSORAS

Para a identificação das sequências das atividades ligadas ao orçamento de obras utilizando o princípio de redução das atividades que não agregam valor à mesma, foi desenvolvido uma planilha contemplando todas as atividades predecessoras do canteiro de obras. Os serviços levantados no orçamento foram codificados em uma sequência obedecendo as suas predecessoras e sucessoras.

Os elementos básicos que englobam o sistema *Justin In Time* (JIT) são a manufatura paralela, simultânea, células de produção autônomas, participação do fornecedor no início do processo e no projeto de produto e o mínimo de estoque. Com o processo do JIT surge o conceito de fábrica enxuta, sem estoques iniciais, intermediários ou finais (CHIAVENATO, 2003).

Para a identificação do ambiente em que a atividade será executada foi desenvolvido o projeto do layout da obra, dividindo em três ambientes sendo esses a célula 01, célula 02 e célula 03, esses por sua vez está apresentado na *planilha de atividades predecessoras* no Apêndice 2.

4.4 PRODUTIVIDADE DA EQUIPE BÁSICA

Para calcular o tempo necessário para o insumo de mão de obra executar uma unidade de serviço, foi necessário a elaboração de uma planilha de produtividade, contemplando os índices extraídos da tabela SINAP, conforme apêndice 04. A jornada de trabalho da mão de obra estabelecida foi de 8 horas de trabalho diário, onde foi utilizado o índice da tabela SINAP.

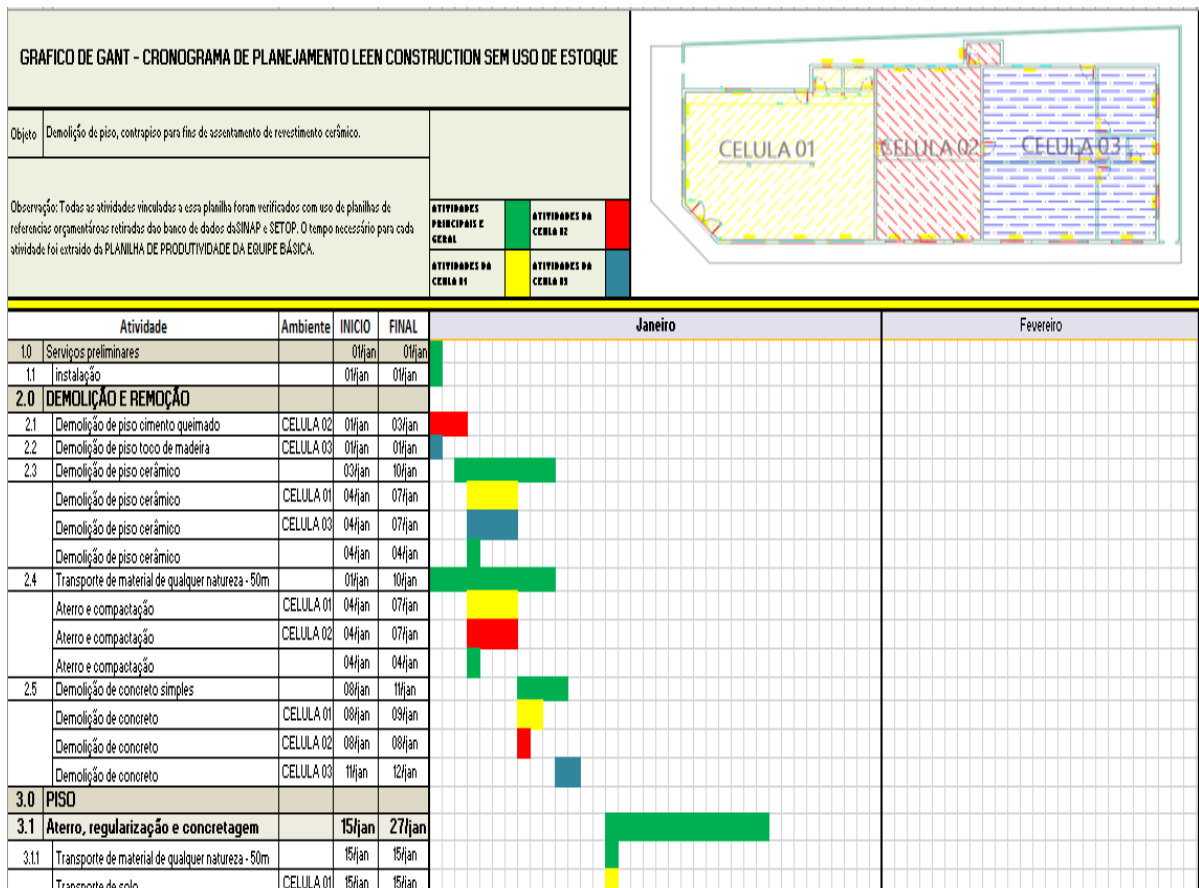
O tempo previsto para a execução total da obra é de 42 dias, com o número de funcionários da equipe básica trabalhando o período de 8 horas/dia durante o sábado, domingo e feriados, sendo previsto o início das atividades no dia 01 de janeiro de 2019 e conclusão no dia 11 de fevereiro de 2019, conforme apresentado na Tabela 4.

4.5 GRÁFICO DE GANTT

Para a visualização do tempo de execução de cada serviço foi elaborado o gráfico de Gantt contemplando todas as informações levantadas no orçamento de obras, atividades predecessoras e produtividade da equipe.

Cada atividade foi separada de acordo com as respectivas células e identificadas em cores, onde a célula 01 está na cor amarela, a célula 02 está na cor vermelha, a célula 03 está na cor azul e as células em branco que são as atividades referente a todo o canteiro estão na cor verde, onde cada uma é classificada de acordo com o ambiente que será executada, apresentado na Figura 6 e no Apêndice 4.

FIGURA 8-Gráfico de Gantt aplicado ao LC.



Fonte: Próprio autor.

Para verificar o tempo necessário que a mão de obra leva para executar uma atividade contemplada no orçamento de obras, foi analisado os dados levantados na planilha de produtividade e empregado na coluna do gráfico de Gantt de data de início e término da atividade.

4.6 KAMBAM

Este termo, cujo significado é cartão, trata de um sistema simples que controla a produção com a participação das pessoas com a utilização de cartões coloridos, que tem o intuito de repor e abastecer os materiais da produção (CHIAVENATO, 2003).

Para o controle das atividades que serão executadas no canteiro de obras foi elaborado o sistema de cartão *Kambam*, no qual se apresenta as atividades que estão contempladas no orçamento de obras e a célula em que está sendo executada; cada ambiente foi identificado em cores, conforme apresentado na *planilha Kambam* no Apêndice 5.

Cada situação foi apresentada com uma cor, caracterizando a situação de execução do serviço: as que foram concluídas em cor verde, as adiantadas na cor roxa, em andamento na cor amarela, atrasadas na cor vermelha e pausadas na cor laranja. Para identificar o que caracteriza um atraso ou uma pausa na atividade foi implementado um campo de observação, onde se deve registrar desde atraso de materiais até ferramentas não disponíveis no momento.

4.7 MELHORIA CONTÍNUA

A melhoria contínua é um processo de gestão de processos, onde a implementação é feita por meio do melhoramento contínuo e de forma gradual, através do envolvimento e comprometimento de todos os colaboradores da organização na forma que é feita a execução das atividades (CHIAVENATO, 2003).

Para a aplicação do princípio do LC de redução da variabilidade das atividades ligadas ao canteiro de obras e da melhoria contínua foi elaborado um questionário, com o objetivo de buscar informações que possam antecipar qualquer problema que leve ao atraso, pausa ou parada da obra.

A aplicação do questionário para o planejamento de curto prazo no canteiro de obras pode antecipar qualquer problema, uma vez que as informações levantadas estão ligadas a equipe de execução, ferramentas, treinamentos e segurança do canteiro de obras, conforme apresentado na *planilha do questionário de melhoria contínua* no Apêndice 6

5 COMPARAÇÃO ENTRE OS METODOS DE EXECUÇÃO DE OBRAS

Para a analisar a viabilidade do uso do estoque de materiais ou da fabricação de concreto no canteiro de obras é necessário a comparação entre modelos orçamentários e verificar qual método é mais viável em comparação ao outro. As Tabelas 3 e 4 a seguir apresentam uma comparação entre o custo global do orçamento de concretagem e o uso de concreto usinado

Nos itens de transporte de material granular e de fabricação de concreto com uso de betoneira foi possível verificar seu custo total, conforme apresentado na Tabela 03 abaixo.

TABELA 5-Análise custo x tempo do método tradicional

ATIVIDADE	CUSTO	TEMPO
TRANSPORTE DE AREIA	R\$ 953,65	1 Dias
TRANSPORTE DE BRITA	R\$ 660,48	1 Dias
EXECUÇÃO DE PASSEIO (CALÇADA) OU PISO DE CONCRETO COM CONCRETO MOLDADO IN LOCO, FEITO EM OBRA, 6 CM, ARMADO	R\$ 16.824,56	9 Dias
EXECUÇÃO DE PASSEIO (CALÇADA) OU PISO DE CONCRETO COM CONCRETO MOLDADO IN LOCO, FEITO EM OBRA,	R\$ 4.361,25	5 Dias
TOTAL	R\$ 22.799,94	16 Dias

Fonte: Próprio autor.

Nos itens de concretagem com uso de concreto usinado foi possível verificar o custo total das atividades conforme apresentado na Tabela 04 abaixo.

TABELA 6- Análise custo x tempo do método *Lean Construction*

ATIVIDADE	CUSTO	TEMPO
EXECUÇÃO DE PASSEIO (CALÇADA) OU PISO DE CONCRETO COM CONCRETO MOLDADO IN LOCO, USINADO 6 CM, ARMADO	R\$15.392,7	7 Dias
EXECUÇÃO DE PASSEIO (CALÇADA) OU PISO DE CONCRETO COM CONCRETO MOLDADO IN LOCO, USINADO, NÃO ARMADO.	R\$ 646,43	3 Dias
TOTAL	R\$19.039,1	10 Dias

Fonte: Próprio autor.

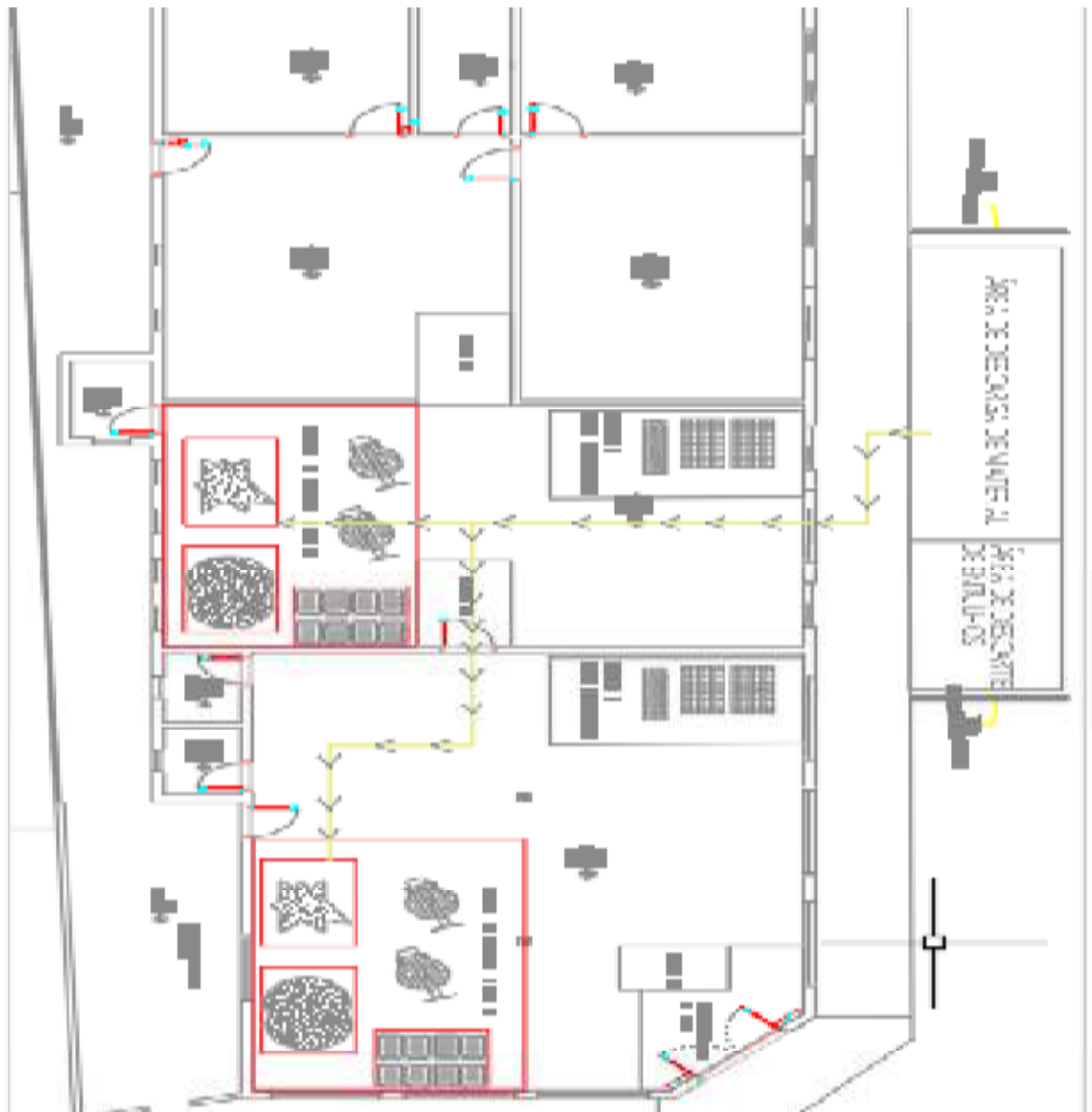
5.1 ANÁLISE DE VIABILIDADE ECONÔMICA

Para executar uma análise de viabilidade econômica entre os orçamentos, foi preciso comparar os valores obtidos pelas atividades que necessitariam para a execução da concretagem do piso e contra piso.

A execução com a fabricação e estoque no canteiro gera uma maior quantidade de atividades a serem executadas, aumentando o custo, uma vez que necessita de transportados materiais da área de descarga para a central de concreto, onde o

mesmoé fabricado, para a distribuição nas áreas que serão concretadas. Conforme apresentado no layout da central de concreto e estoque no Anexo 15 e Anexo 16 é possível verificar a necessidade de área disponível para implementar a central de concreto, que por sua vez deve conter uma quantidade suficiente de brita, areia e cimento juntamente com a betoneira e espaço para o trabalho e sua fabricação, conforme apresentado na Figura 07 a seguir.

FIGURA 9-Layout da central de concreto do canteiro de obras.



Fonte: Próprio autor.

Observando a necessidade de cura do concreto do piso para transferir a central de concreto, foi proposto a fabricação do concreto na célula 02, conforme apresentado no layout do canteiro de obras no 15, sendo iniciado a concretagem na

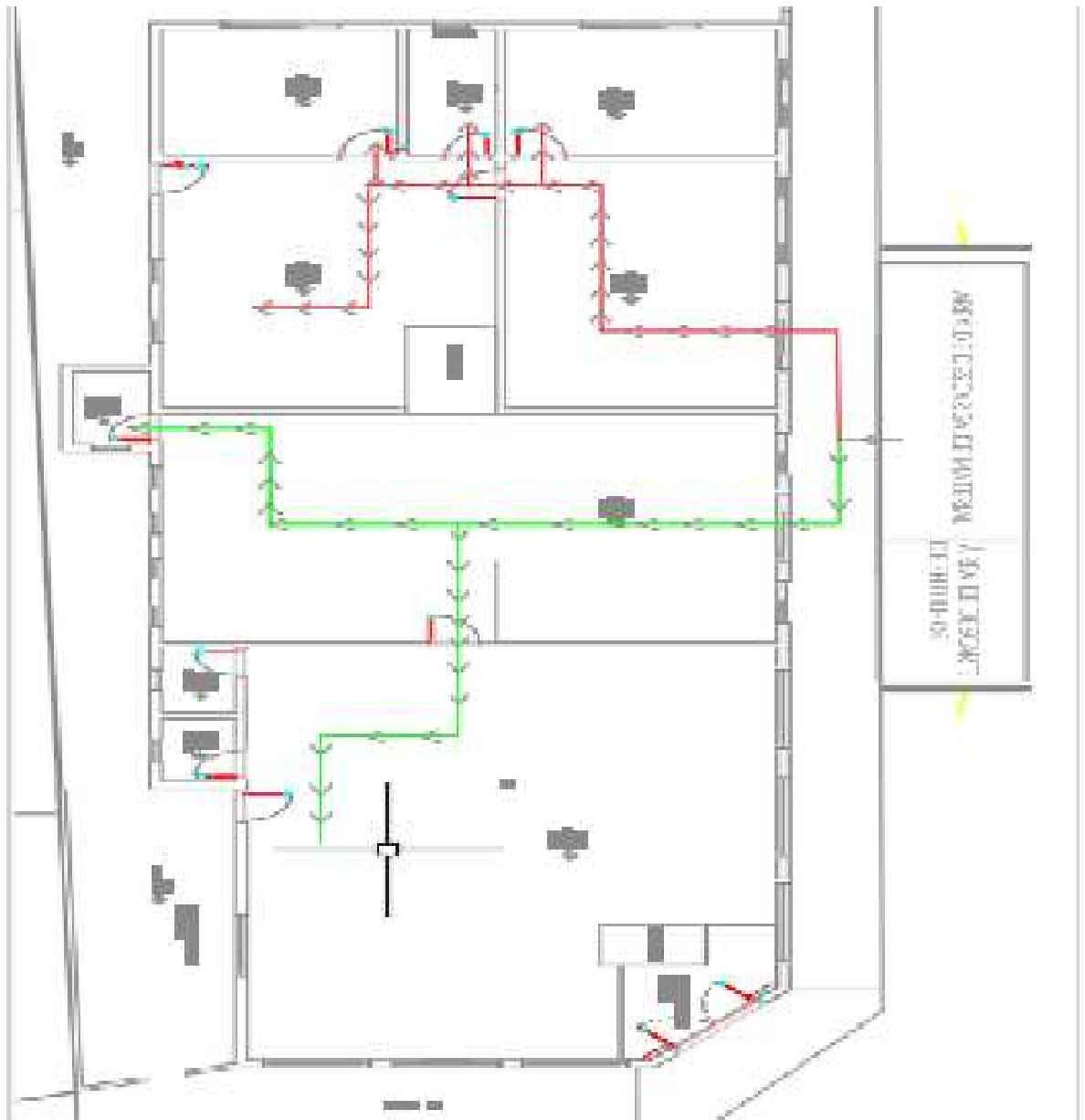
célula 01. Após a conclusão da concretagem nas células 01 e célula 03, a central de concreto é desmobilizada da célula 02 e mobilizada para a célula 01, após o tempo de cura do concreto.

O tempo previsto na planilha de produtividade para a conclusão do serviço de transporte de materiais é de 2 dias e o tempo para a montagem do piso e concretagem com uso de fabricação do concreto é de 14 dias. Por sua vez, o custo previsto no orçamento é de R\$ 21.185,80. Para transportar os materiais granulares para a fabricação na central de concreto foi levantado o custo total de R\$ 953,65 para o transporte da areia e R\$ 660,48 para o transporte da brita.

Para a execução do serviço de concretagem com uso de concreto usinado foi possível observar a diminuição da quantidade de atividades necessárias para a concretagem do piso e contrapiso, uma vez que a utilização de concreto usinado, que não é fabricado pela obra, mas adquirido já pronto para o lançamento e acabamento, otimiza o processo.

A utilização do concreto usinado com lançamento gera a diminuição da quantidade de mão de obra necessária para a execução do serviço, bem como aumento na produtividade, uma vez que a única atividade a ser executada é a concretagem do piso e do contrapiso. Pode-se iniciar a concretagem do piso de qualquer célula, uma vez que não depende de alguma atividade que possa interromper a execução, conforme apresentado nas predecessoras e na Figura 10.

FIGURA 10-Layout do canteiro de obras para concretagem com uso de concreto usinado



Fonte: Próprio autor

O tempo necessário para a execução dos serviços de contrapiso e piso com a utilização de concreto usinado é de 10 dias, obtendo-se o custo total de R\$19.039,18.

É possível observar, comparando os dois métodos de execução de obras, que a implementação da diminuição de estoque em canteiro de obras e a substituição da fabricação do concreto pelo concreto usinado, gerou para a obra uma economia de no valor de R\$3.760,76 e uma diminuição no tempo de execução total de 5 dias.

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Ao analisar os serviços necessários para execução da reforma de um prédio próprio da prefeitura municipal de Paracatu e comparar dois métodos de execução de obra, sendo eles a execução com métodos tradicional de fabricação e acompanhamento da obra e a execução com o planejamento em *LC*, é possível identificar as vantagens da implementação deste último.

O volume de informações que não são contemplados ao utilizar os métodos tradicionais de execução de obra é significativo comparado ao sistema *LC*. Cada atividade ligada a execução foi analisada e proposto a redução daquelas que não agregam valor ao produto. O acompanhamento das atividades com planejamento a curto prazo a diminuição dos estoques e a fabricação no canteiro de obras gerou maior economia comparado ao método tradicional.

A metodologia de planejamento *LC* é uma saída para os grandes índices de desperdício na construção civil, podendo gerar uma economia substancial no uso de materiais e no tempo necessário para a entrega de uma obra, elevando os índices de rentabilidade e produtividade da mão de obra da construção civil, que ainda é uma atividade ligada ao meio econômico que tem baixos índices de produtividade.

Uma vez que a construção civil é considerada o motor da economia, o ganho de produtividade pode gerar um aumento significativo na economia brasileira.

REFERÊNCIAS

ARANTES, Paula Cristina Fonseca Gonçalves. **LEAN CONSTRUCTION – FILOSOFIA E METODOLOGIAS**. 2008. 108 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Civil, Departamento de Engenharia Civil, Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, Porto, 2008. Cap. 7. Disponível em: <<https://repositorio-aberto.up.pt/bitstream/10216/60079/1/000129800.pdf>>. Acesso em: 12 maio 2019

Atlas S.a, 2000. 535 p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 9050: Acessibilidadea Edificações, Mobiliário, Espaços e Equipamentos Urbanos. Rio de Janeiro: ABNT, 2004.

CAIXA ECONOMICA FEDERAL.**SINAPI**. Disponível em: <http://www.caixa.gov.br/Downloads/sinapi-a-partir-jul-2009-g/SINAPI_ref_Insumos_Composicoes_MG_032019_Desonerado_retific.zip>. Acesso em: Abril de 2019.

CHIAVENATO, Idalberto. **Introdução à Teoria Geral da Administração**. 7. Ed. Rio de Janeiro: Campos., 2004. 650 p.

GIL, Antônio Carlos. **Como Elaborar Projetos de Pesquisa**. 4. ed. São Paulo: Atlas, 2002.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, 2017. **Pesquisa Nacional por Amostra de Domicílios – 2017**. Disponível em: <em: Abril de 2019.

KOSKELA, Lauri. **Application of the New Production Philosophy to Construction**. Finlândia: Cife – Center For Integrated Facility Engineering, 1992. 81 p.

MATTOS, Aldo Dórea. **Como preparar Orçamento de obras**. São Paulo: Pini Ltda., 2006. 286 p.

MATTOS, Aldo Dórea. **Planejamento e controle de obras**. São Paulo: Pini Ltda., 2010. 426 p.

MAXIMIANO, Antonio Cesar Amaru. **Introdução à Administração**. 5. ed. São Paulo.

ROMANEL, Fabiano B. **Jogo “desafiando a produção”: uma estratégia para a disseminação dos conceitos da construção enxuta entre operários da construção civil**. 2009. 155f. Dissertação (Mestrado) – Programa de Pós-Graduação em Construção Civil. Universidade Federal do Paraná. Curitiba, 2009.

SOUZA, UbiraciEspinelli Lemes de. **Como reduzir perdas nos canteiros: Manual de gestão do consumo de materiais na construção civil**. São Paulo: Pini, 2005. 132 p.

TAVARES,L.P.M..**Levantamento e análise da deposição e destinação dos resíduos da construção civil em Ituiutaba, MG**. 2007. 160 f. Dissertação (Mestrado) –

Curso de Programação de Pós-graduação em Engenharia Civil, Faculdade de Engenharia Civil, Universidade.

TCU – Tribunal de Contas da União. **Obras públicas: Recomendações Básicas para a Contratação e Fiscalização de Obras de Edificações Públicas.** Brasília: TCU., 2013. 96 p.

TISAKA, Maçahiko. **Orçamento na construção civil:** consultoria, projeto e execução. São Paulo: Editora Pini, 2006.