



UNIVERSIDADE FEDERAL DE CAMPINA GRANDE
CENTRO DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIA AGROALIMENTAR
UNIDADE ACADÊMICA DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIA AMBIENTAL
CURSO DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA CIVIL

THIAGO IGOR DE MEDEIROS

ESTUDO COMPARATIVO DE SISTEMAS DE GESTÃO INTEGRADOS - ERPs E
MÉTODOS TRADICIONAIS NA APLICAÇÃO DA METODOLOGIA *LEAN*
***CONSTRUCTION* EM UM PROJETO DE CONSTRUÇÃO CIVIL**

POMBAL - PB

2022

THIAGO IGOR DE MEDEIROS

**ESTUDO COMPARATIVO DE SISTEMAS DE GESTÃO INTEGRADOS - ERPs E
MÉTODOS TRADICIONAIS NA APLICAÇÃO DA METODOLOGIA *LEAN*
CONSTRUCTION EM UM PROJETO DE CONSTRUÇÃO CIVIL**

Trabalho de conclusão de curso, apresentado como parte dos requisitos exigidos para obtenção do título de Bacharel em Engenharia civil, pela Universidade Federal de Campina Grande, Campus Pombal.

Orientador(a): Profª Dra. Elisângela Pereira da Silva

POMBAL – PB

2022

M488e Medeiros, Thiago Igor de.

Estudo comparativo de sistemas de gestão integrados - ERPs e métodos tradicionais na aplicação da metodologia *Lean Construction* em um projeto de construção civil / Thiago Igor de Medeiros. – Pombal, 2022.

107 f. il. color

Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Civil) –Universidade Federal de Campina Grande, Centro de Ciências e Tecnologia Agroalimentar, 2022.

“Orientação: Profa. Dra. Elisângela Pereira da Silva.”. Referências.

1. Construção civil. 2. Construção enxuta. 3. Gestão de obras. I. Silva, Elisângela Pereira da. II. Título.

CDU 69(043)

THIAGO IGOR DE MEDEIROS

ESTUDO COMPARATIVO DE SISTEMAS DE GESTÃO INTEGRADOS - ERPs E
MÉTODOS TRADICIONAIS NA APLICAÇÃO DA METODOLOGIA LEAN
CONSTRUCTION EM UM PROJETO DE CONSTRUÇÃO CIVIL

Este trabalho de conclusão de curso foi julgado adequado pelos examinadores para obtenção do grau de Bacharel em Engenharia Civil, e aprovado em unanimidade pelos Professores participantes da banca de avaliação.

Trabalho de conclusão de curso defendido e aprovado em: 19 / agosto / 2022

COMISSÃO EXAMINADORA



Prof^ª. Dra. Elisângela Pereira da Silva

Orientadora – UACTA/CCTA/UFCG

**EDUARDO MORAIS DE
MEDEIROS:06778859466**

Assinado digitalmente por EDUARDO MORAIS DE
MEDEIROS:06778859466
Razão: Eu atesto a precisão e a integridade deste documento
Localização: Pombal/PB
Data: 2022.08.24 21:45:02-03'00'

Prof. Dr. Eduardo Morais de Medeiros

Examinador interno – UACTA/CCTA/UFCG



Dinélica Guedes Cardoso Costa

Examinadora externa – Arvo Engenharia

POMBAL – PB

2022

Dedico este trabalho ao meu Deus por guiar meus caminhos e à minha família, por ter fornecido as bases para construção do conhecimento que pude adquirir ao longo dessa linda caminhada.

AGRADECIMENTOS

Agradeço, inicialmente, a Deus por todas as infindáveis graças concedidas e por me permitir chegar até esse importante momento de minha vida, sempre me conduzindo pelos melhores caminhos, concedendo saúde, sabedoria e força para enfrentar as adversidades e por todos meus familiares, amigos, professores e oportunidades, sem os quais eu jamais teria chegado até aqui.

À minha mãe, Lúcia, minha melhor amiga, inspiração e por ser esse grande exemplo de luta, perseverança, amor incondicional, tendo me guiado e acompanhado em cada passo dessa grande jornada chamada vida, vencendo cada desafio, muitas vezes sozinha, mas sempre com muita fé, alegria e força de vontade para superá-los e garantir para nós um futuro cada vez melhor.

À minha avó, Terezinha, minha rainha, por ter feito de mim seu filho caçula, ajudando quando eu estava, prematuramente, aprendendo a ler, a entender a complexidade das operações matemáticas ou mesmo a rezar, dentre outros exemplos tantos que jamais poderia resumir perfeitamente. Seu exemplo de força e determinação me guiaram durante toda minha vida e seu apoio também foi essencial para desenvolvimento deste trabalho.

Ao meu avô, Inácio (*in memoriam*), meu pai de coração e um poeta ilustre, que em uma época, não muito distante, “foi virar bicho, para que os seus filhos virassem gente”, mas com sua sabedoria, seus ensinamentos e exemplo de uma vida simples pautada na honestidade, família e no dever, reforçam que nunca devemos buscar sermos sempre os primeiros lugares, mas devemos sempre tentar e conseguir sermos melhores que nós mesmos a cada novo dia.

À minha parceira de vida e companheira de todas as horas, Flávia, por todo o amor, compreensão e carinho, estando presente em toda essa jornada e sempre disposta a me ajudar em todos os desafios que a vida nos impõe, sua ajuda sendo fundamental para o desenvolvimento desse trabalho.

À minha orientadora, Prof.^a Dr.^a Elisângela Pereira, por toda a paciência, carinho e dedicação comigo, assim como pelas imensuráveis contribuições para esse estudo e por todo o conhecimento transmitido ao longo desse trabalho.

“Pois qual de vós, querendo edificar uma torre, não se assenta primeiro a fazer as contas dos gastos, para ver se tem com que a acabar? Para que não aconteça que, depois de haver posto os alicerces, e não a podendo acabar, todos os que a virem comecem a escarnecer dele.”

(Lucas 14:28.29)

RESUMO

O setor da construção civil, em geral, preserva as técnicas de gerenciamento de obras do modelo antigo de produção, com poucas, e por vezes nenhuma, formas de inovação de metodologias, prática essa que pode negligenciar alguns aspectos como produtividade e qualidade nas construções. A filosofia *Lean* faz uso de princípios que objetivam a eliminação de desperdício, seja ele de teor material ou humano. A aplicação dos mesmos envolve o desenvolvimento de ferramentas e técnicas de controle da qualidade e conseqüentemente do aperfeiçoamento do desempenho da produção. Este estudo, buscou analisar o impacto da aplicação da metodologia de construção enxuta em obras civis, verificando as ferramentas utilizadas – Metodologias tradicionais de gestão de projetos (Seis Sigma, Ciclo PDCA, 5S, Cinco “Por quês” e Técnica 5W2H) e Sistemas de Gestão Integrados ou ERPs (Software Agilean™, Plataforma Sienge™ e Software Prevision™) – para gerenciamento de obras em questão de sua eficácia e conformidade com os onze princípios da *Lean Construction*. Após realização dos estudos, foi possível estabelecer parâmetros comparativos entre as diferentes técnicas e plataformas, e sua eficácia na aplicação da metodologia, além de pontuar as especificidades de cada um. Dessa forma, ficou perceptível que o uso de ERPs e demais tecnologias, contribui positivamente no exercício do gerenciamento desde os estágios de concepção e desenvolvimento, passando, com destaque, pela fase de execução, até a finalização de um empreendimento. Foram observadas significativas disparidades entre as funcionalidades apresentadas pelos diferentes softwares e plataformas, e as relativamente baixas conformidades com os princípios da *Lean Construction* de alguns, podem não ser facilmente contornadas sem o conhecimento necessário. Ainda assim, os resultados foram satisfatórios por apresentar valores consideráveis de conformidade com os Princípios de Koskela e a possibilidade de atingir a eficiência na prática da melhoria contínua dos processos de gerenciamento da construção civil pelo simples uso combinado das tecnologias de gestão de projetos com o conhecimento das metodologias clássicas de gerenciamento, algo que já vem sendo executado há algum tempo no Brasil.

Palavras-chave: Construção civil, Construção Enxuta, Planejamento, Gestão de obras, Métodos tradicionais, ERP

ABSTRACT

The civil construction sector, in general, preserves the construction management techniques of the old production model, with few, and sometimes none, forms of methodology innovation, a practice that can neglect some aspects such as productivity and quality in constructions. The Lean philosophy makes use of principles that aim to eliminate waste, whether material or human. Their application involves the development of quality control tools and techniques and, consequently, the improvement of production performance. This study sought to analyze the impact of applying the lean construction methodology in civil works, verifying the tools used - Traditional project management methodologies (Six Sigma, PDCA Cycle, 5S, Five "Whys" and 5W2H) and Integrated Management or ERPs (Software Agilean™, Plataforma Sienge™ and Software Prevision™) – for managing works in terms of their effectiveness and compliance with the eleven principles of Lean Construction. After carrying out the studies, it was possible to establish comparative parameters between the different techniques and platforms, and their effectiveness in applying the methodology, in addition to punctuating the specifics of each one. In this way, it was noticeable that the use of ERPs and other technologies, contributes positively to the exercise of management from the stages of conception and development, passing, especially, through the execution phase, until the completion of a project. Significant disparities were observed between the functionalities presented by the different software and platforms, and the relatively low compliance with the principles of Lean Construction of some may not be easily circumvented without the necessary knowledge. Even so, the results were satisfactory for presenting considerable values of compliance with the Koskela Principles and the possibility of achieving efficiency in the practice of continuous improvement of civil construction management processes by the simple combined use of project management technologies with the knowledge of classic management methodologies, something that has been implemented for some time in Brazil.

Keywords: Civil construction, Lean Construction, Planning, Construction management, Traditional methods, ERP

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Variação acumulada (%) em quatro trimestres entre o PIB nacional e construção civil	18
Figura 2 – Níveis indicadores do PDCA.....	27
Figura 3 – Ciclo de vida genérico e demandas de um projeto.....	34
Figura 4 – Ciclo de vida e curva de execução dos serviços	37
Figura 5 – Diferentes formas de concepção de EAPs.....	40
Figura 6 – Diagramas de rede pelo método das flechas com caminho crítico em destaque	42
Figura 7 – Diagramas de rede pelo método dos blocos com caminho crítico em destaque.....	43
Figura 8 – Exemplo de diagrama de Gantt.....	44
Figura 9 – Modelo de cronograma LBMS	49
Figura 10 – Fluxograma dos procedimentos e metodologia de trabalho	57
Figura 11 – Interface do Agilean e processo de criação de etapa.....	61
Figura 12 – Interface do SIENGE no cadastro de novas obras	63
Figura 13 – Representação em planta baixa do primeiro (a) e segundo (b) pavimento.....	68
Figura 14 – Representação em perspectiva do projeto base.....	69
Figura 15 – Planilha orçamentária sintética do projeto base.....	70
Figura 16 – EAP em árvore de blocos do projeto.....	72
Figura 17 – Gráfico de Gantt gerado pelo MS project.....	74
Figura 18 – Linha de balanço gerada pelo Prevision	77
Figura 19 – Dashboard com curva S, listagem de recursos e relatórios de medição gerados pelo Prevision	77
Figura 20 – Aplicativo Prevision para smartphones	78
Figura 21 – Linha de balanço gerada pelo software Agilean	79

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Princípios da lean construction.....	20
Tabela 2 – Significado dos 5S	28
Tabela 3 – Significado do Método SW2H	30
Tabela 4 – Princípios do bom planejamento	35
Tabela 5 – Módulos do SIENGE	54
Tabela 6 – Custos de cada etapa da obra no valor final	58
Tabela 7 – Custos de cada etapa da obra no valor final	59
Tabela 8 – Princípios de Koskela e suas respectivas práticas gerenciais adotadas	66
Tabela 9 – Áreas e perímetros dos ambientes	69
Tabela 10 – Valores totais e pesos obtidos para cada serviço	71
Tabela 11 – EAP analítica e durações das atividades	72
Tabela 12 – Método de alocação de recursos financeiros e valores obtidos	75
Tabela 13 – Desempenho dos ERPs e metodologias aos princípios de Koskela.....	81

LISTA DE EQUAÇÕES

Equação 1	45
Equação 2	47
Equação 3	50

LISTA DE SÍMBOLOS, SIGLAS E ABREVIATURAS

AI	<i>Artificial Intelligence</i> ou Inteligência Artificial
APIs	Interfaces de Programação de Aplicação
BDI	<i>Budget Difference Income</i> ou Benefícios e Despesas Indiretas
BIM	<i>Building Information Modeling</i> ou Modelagem de Informações da Construção
CUB	Custo Unitário Básico de Construção
DFSS	<i>Design for (para) Six Sigma</i>
DMADV	Definir, Medir, Analisar, Projetar, Verificar
DMAIC	Definir, Medir, Analisar, Melhorar (<i>Improve</i> , em inglês)
EAP	Estrutura Analítica do Projeto
ERP	Sistemas de Gestão Integrados
LB	Linha de Balanço
PDCA	<i>Plan-Do-Check-Act</i> ou Planejar-Fazer-Verificar-Agir
PERT/CPM	<i>Program Evaluation and Review Technique/Critical Path Method</i> , ou Técnica de Avaliação e Revisão de Programas/ Método do Caminho Crítico
PMBOK	<i>Project Management Body Of Knowledge</i> ou Guia de Conhecimento sobre Gerenciamento de Projetos
PMI	<i>Project Management Institute</i> ou Instituto de Gerenciamento de Projetos
PNL	Programação Neurolinguística
SINAPI	Sistema Nacional de Pesquisa de Custos e Índices da Construção Civil
TI	Tecnologia da Informação
TM	<i>Trade Mark</i> ou Marca Comercial

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	16
2. OBJETIVOS	18
2.1. Objetivo geral.....	18
2.2. Objetivos específicos	18
4. JUSTIFICATIVA E RELEVÂNCIA	18
5. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	20
5.1. Princípios do Lean Construction segundo Koskela (1992)	20
5.2. Técnicas e métodos utilizados na <i>lean construction</i>	23
5.2.1. Seis Sigma	23
5.2.2. Ciclo PDCA.....	25
5.2.3. Programa Cinco S ou 5S	27
5.2.4. Cinco “Por quês” ou 5-Way	29
5.2.5. Técnica 5W2H.....	29
5.3. Estágios de desenvolvimento de um projeto	30
5.4. Desenvolvimento do projeto em BIM (<i>Building Information Modeling</i>)	32
5.5. Princípios e atividades do gerenciamento	33
5.5.1. Estrutura analítica do projeto (EAP)	39
5.5.2. Diagramas de rede e Método PERT/CPM.....	41
5.5.3. Elaboração de cronograma	43
5.5.4. Orçamentação	45
5.5.5. Curva S.....	46
5.5.6. Linha de balanço	47
5.6. Sistemas de Gestão Integrados	50
5.6.1. Software Agilean TM	52
5.6.2. Plataforma SIENGE TM	52
5.6.3. Software Prevision TM	56
6. MATERIAIS E MÉTODOS	57
6.1. Etapa 01 - Modelagem e geração dos dados iniciais	58
6.2. Etapa 02 – Composição do cronograma e alocação dos recursos	60
6.3. Etapa 03 - Inserção dos dados nos ERPs	60
6.3.1. Software Agilean TM	60
6.3.2. Plataforma SIENGE TM	62
6.3.3. Software Prevision TM	64
6.4. Etapa 04 - Elaboração dos resultados	65

7. RESULTADOS E DISCUSSÕES	67
7.1. Modelagem do 3D BIM	67
7.2. Orçamentação do projeto	70
7.3. Definição das tarefas e duração das atividades	71
7.4. Alocação dos recursos financeiros	74
7.5. Processamento e comparação dos dados e funcionalidades dos ERPs	76
7.6. Viabilidade dos ERPs e metodologias tradicionais no atendimento aos princípios da Lean Construction	80
8. CONCLUSÕES	83
9. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	86
Apêndice A – Planta baixa do pavimento térreo	94
Apêndice B – Planta baixa do pavimento superior	95
Apêndice C – Perspectiva e cortes	96
Apêndice D – Planilha orçamentária sintética	100
Apêndice E – EAP analítica e cronograma	101
Apêndice F – Gráfico de Gantt	103
Apêndice G – Planilha de alocação dos recursos financeiros	104
Apêndice H – Linha de balanço	104
Apêndice I – Comparação entre os métodos e meios de gerenciamento e princípios de Construção Enxuta	106

1. INTRODUÇÃO

O setor da construção civil vem desenvolvendo suas atividades no modelo antigo de produção, com pouca e por vezes nenhuma forma de inovação de metodologias. Sabe-se que este modelo, pode negligenciar alguns aspectos como produtividade e qualidade nas construções (BERNARDES, 2010).

O setor industrial, por outro lado, vem aplicando metodologias de gestão da qualidade mais satisfatórias, principalmente aquelas que se espelham ao Sistema Toyota de Produção (STP). Esse sistema, também conhecido formalmente como *Lean Manufacturing*, vêm gerando resultados agradáveis, pois reduz o custo de processo e também aumenta a qualidade do produto final.

Desde a década de 90, um grupo de acadêmicos e profissionais da construção civil vêm trabalhando na tentativa de adequar uma filosofia de produção oriunda da indústria automobilística à realidade da construção.

Segundo Maués et al. (2008),

“Este esforço tem sido denominado de *Lean Construction* (Construção Enxuta), por estar fortemente baseado no paradigma da *Lean Production* (Produção Enxuta), que se contrapõe ao paradigma da produção em massa (*Mass Production*) cujas raízes estão no Taylorismo e Fordismo. As ideias deste novo paradigma surgiram no Japão nos anos 50, a partir de duas filosofias básicas, a Gestão da Qualidade Total (*Total Quality Management* –TQM) e a Just in Time (JIT), sendo o Sistema de Produção Toyota (*Toyota Motor System* – STP) no Japão a sua aplicação mais proeminente.”

O cenário econômico atual é um ambiente fértil para a revisão desta mentalidade produtiva, não apenas como uma forma de desenvolver o setor da construção civil, mas dar subsídios aos seus integrantes na redução de perdas e proporcionar um maior nível de satisfação aos seus clientes finais e internos, em especial os colaboradores.

Para alcançar tal eficiência, procuraram-se soluções com base no método de gerenciamento da produção oriundo da manufatura japonesa. Com o desenvolvimento desse método de gestão, o setor da construção civil buscou espelhar sua forma de gerenciamento nesse novo paradigma, criando e reformulando modelos de produção.

Nesse cenário de busca por mudanças e necessidade de melhorias na gestão de suas obras, influenciado pela metodologia da produção enxuta, é que surge a filosofia *lean*

construction através dos trabalhos de Koskela (1992), que fez adaptações das metodologias já desenvolvidas no sistema Toyota de produção.

A filosofia *Lean* faz uso de princípios que objetivam a eliminação de desperdício, seja ele de teor material ou humano. A aplicação dos mesmos, envolve o desenvolvimento de ferramentas e técnicas de controle da qualidade e conseqüentemente do aperfeiçoamento do desempenho da produção. É baseado neste pensamento que também ficou conhecida como “Construção Enxuta”, nela devem-se eliminar todas as fontes capazes de gerar perdas e atrasos nos processos.

Com isto, a melhor forma de melhoria no ambiente produtivo é focar na identificação destas perdas, através da análise das causas que produzem os desperdícios e realizar ações para reduzir ou eliminar estas causas geradoras (BERNARDES, 2010).

Visando o sucesso industrial, pensadores voltados para construção civil tentaram e ainda desenvolvem modelos baseados na produção *Lean*. Em seu trabalho, Lauri Koskela (1992) estabelece 11 princípios, inspirado nos sete princípios de eliminação de perdas do *lean production*, aplicáveis efetivamente à indústria da construção civil.

O *Lean Construction* traz como mudança conceitual mais importante um modelo de processos que passa a considerar que além das atividades de conversão são inerentes ao processo de produção, também são as atividades de fluxo. Estas acontecem naturalmente e são caracterizadas pela movimentação dos funcionários nos canteiros de obras, espera pelo material nos postos de trabalho, retrabalhos e inspeção. Porém, todas estas atividades não agregam valor do ponto de vista do cliente e devem ser eliminadas para aperfeiçoamento da produção. Em resumo, pode ser entendida como uma nova abordagem no desenvolvimento de atividades de maneira diferenciada ao modelo de produção em massa (HOWELL, 1999).

A falta de consciência sobre o que realmente agrega valor para uma empresa ou em um processo produtivo permite a geração de desperdício, que no decorrer do tempo acumula-se, possibilitando perda tanto na qualidade quanto na produtividade, a filosofia *Lean*, portanto, vem justamente para auxiliar gestores, identificando de fato o que gera prejuízo, corrigindo-os para melhoria da eficiência e capacidade produtiva.

2. OBJETIVOS

2.1. Objetivo geral

Estudar o impacto da aplicação da metodologia de construção enxuta em obras civis, verificando as ferramentas utilizadas (softwares, plataformas e metodologias) para gerenciamento de obras em sua eficácia e sua conformidade com os onze princípios da *Lean Construction*.

2.2. Objetivos específicos

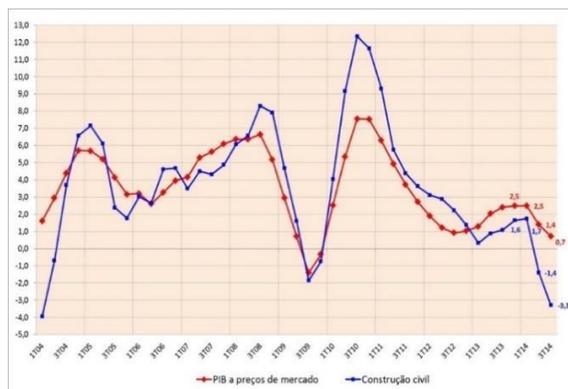
1. Analisar as metodologias e estratégias na implantação da construção enxuta;
2. Verificar as principais ferramentas digitais e softwares de gerenciamento (Software Agilean™, Plataforma Sienge™ e Software Prevision™);
3. Estabelecer parâmetros comparativos com pontuação entre as diferentes técnicas e plataformas em atendimento a metodologia *Lean Construction*.

4. JUSTIFICATIVA E RELEVÂNCIA

A indústria da construção civil é um dos indicativos do desenvolvimento econômico da nação, funcionando como um indicador de crescimento ou recessão.

Para que haja aquecimento da construção civil, a economia precisa estar aquecida, porém, como pode se observar na figura 1, o gráfico divulgado pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2014), correlaciona o desempenho trimestral do PIB com os valores gerados pelo setor em questão.

Figura 1 – Variação acumulada (%) em quatro trimestres entre o PIB nacional e construção civil



Fonte: FIESP apud IBGE (2014)

Nele o aquecimento da construção civil, seja por demanda reprimida ou por incentivos governamentais tem poder para desencadear, ou segurar, o crescimento econômico. Nesse aspecto, quanto mais se produz, mais se gera recursos para produzir ainda mais, portanto a eficiência é indispensável para o construtor. Contudo, essa só se faz possível através do bom planejamento e das boas técnicas de controle de produção.

Atualmente, a indústria da construção civil no Brasil carece de maiores esforços na área do planejamento, nos quais o foco seja no tempo, no custo e na qualidade do serviço. Os erros cometidos nessa fase se multiplicam nas fases seguintes, aumentando exponencialmente os custos de ações corretivas para corrigir problemas, como falhas na comunicação entre funcionários e entre empreiteiros e subempreiteiros; incompatibilidade de projetos; riscos não levantados que se concretizam; erros de orçamentos; falhas na execução; excessivo gasto com mão de obra e materiais; retrabalho; dentre outros, que são cruciais para o mau desempenho das atividades na construção civil (PANTALEÃO, 2018).

A busca por melhoras contínuas evita que um determinado erro se estagne e acabe por se enraizar na cultura de uma empresa, freando seu progresso e no seu ganho, tanto de experiência, quanto de resultados. Um estudo em uma área de grande importância como essa, estimula gestores a implantar novas e modernas ideias em suas próprias empresas ou obras, promovendo o avanço para que não fiquem defasados, por sua vez perdendo espaço no mercado.

Diante disso, a metodologia *Lean Construction* vem para auxiliar gestores, identificando o que gera prejuízo para o bom andamento de uma obra ou de uma organização e dando-lhes ferramentas para correção desses problemas.

5. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

5.1. Princípios do Lean Construction segundo Koskela (1992)

Para Koskela (1992) existem dois modelos de produção na construção civil, um mais tradicional e outro regido pelos princípios da construção enxuta. O modelo conceitual dominante na construção civil costuma definir a produção como um conjunto de atividades de conversão que transforma insumos (materiais e informação) em produtos intermediários (etapas da execução como alvenaria e revestimentos) ou final (edificação). No entanto, esse modelo apresenta algumas deficiências, pois estima-se que 67% (cerca de dois terços) do tempo gasto pelos trabalhadores em um canteiro de obras está nas operações que não agregam valor (FORMOSO, 2005).

A partir da consagração mundial do sistema de produção introduzido pela Toyota, Koskela (1992), em suas pesquisas, elaborou um relatório técnico cuja finalidade consistia em uma proposta de aplicação dessa nova filosofia de produção aplicada ao setor de construção civil, denominada de lean construction.

Em seu trabalho *Application Of The New Production Philosophy To Construction* (1992), Lauri Koskela estabelece 11 princípios, inspirado nos sete princípios de eliminação de perdas do *Lean Production*, aplicáveis efetivamente à indústria da construção civil. Alguns são teoricamente mais fundamentados e outros estão voltados à aplicação prática. Esses princípios, aplicados na construção civil, são descritos na tabela 1, por Oliveira e Venturini (2016).

Tabela 1 - Princípios da *lean construction*

Princípio	Aplicação
1 Reduzir as atividades que não agregam valor	A redução das atividades que não agregam valor tais como transporte de materiais, tempo de espera por material, entre outras, podem ser obtidas através da eficiência das atividades de conversão e de fluxo e também pela exclusão de algumas das atividades que não agregam valor (KOSKELA,1992). Segundo Formoso <i>et. al.</i> (1999), para reduzir as perdas na construção de edificações é necessário conhecer sua natureza e identificar suas causas.

<p>2</p> <p>Aumentar o valor do produto através da consideração das necessidades do cliente.</p>	<p>Conforme Koskela (1992), a adição de valor ao cliente, seja ele interno ou externo, ocorre quando há conhecimento dos requisitos destes clientes levando a sua satisfação. Um exemplo prático para este princípio seria realizar pesquisa de mercado e avaliação pós-ocupação das construções. Posteriormente, deve-se buscar melhorias que aumentem o valor para o cliente.</p>
<p>3</p> <p>Reduzir a variabilidade</p>	<p>A redução da variabilidade é importante tanto quanto a qualidade de um produto, como quando se diz respeito a prazos de execução de projetos. Segundo Formoso (2000), existem diversos tipos de variabilidade envolvidos num processo de produção: Variabilidade nos processos relacionados com fornecedores; Variabilidade relacionada à execução do próprio processo; e Variabilidade na demanda, relacionada aos clientes de um processo.</p>
<p>4</p> <p>Reduzir o tempo do ciclo de produção</p>	<p>O princípio de redução do tempo de ciclo tem origem na filosofia <i>Just In Time</i>, e está relacionado com a otimização dos tempos envolvidos na execução da obra. Quando ocorre uma redução significativa no tempo de ciclo algumas vantagens são visualizadas como: entrega mais rápida do empreendimento ao cliente, maior facilidade no planejamento de futuros empreendimentos, maior flexibilidade, entre outros (FORMOSO, 2000).</p>
<p>5</p> <p>Simplificar através da redução do número de passos ou partes</p>	<p>Segundo Bernardes (2001), a simplificação pode ser expressa como a redução de componentes do produto ou do número de passos existentes em um fluxo material. Se um processo possui muitos passos ou componentes, maior será sua tendência de existir atividades que não agregam valor. O uso de elementos pré-fabricados, o uso de equipes polivalentes e de células de produção tende a minimizar o número de passos ou partes do processo.</p>

<p>6</p> <p>Aumentar a flexibilidade na execução do produto</p>	<p>De acordo com Koskela (1992), o aumento da flexibilidade de saída pode ser alcançado com a redução do tamanho de lotes até próximo a demanda, reduzindo a dificuldade de <i>setups</i> e mudanças. Customizar o mais tarde possível com tecnologias que possibilite customização sem grandes ônus para o produto contribui para aumentar a flexibilidade de saída.</p>
<p>7</p> <p>Aumentar a transparência do processo</p>	<p>É possível diminuir a possibilidade de ocorrência de erros na produção proporcionando maior transparência aos processos produtivos (KOSKELA, 1992). Isatto <i>et al.</i> (2000) citam algumas formas de aumentar a transparência do processo como: a remoção de obstáculos visuais, tais como divisórias e tapumes; a utilização de dispositivos visuais, como cartazes, sinalização e demarcação de áreas; emprego de indicadores de desempenho, que tornam visíveis atributos do processo e aplicação de programas de melhorias da organização e limpeza do canteiro como o 5S.</p>
<p>8</p> <p>Focar o controle no processo global</p>	<p>O controle de todo o processo possibilita a identificação e a correção de possíveis desvios que venham a interferir no prazo de entrega da obra. Então, faz-se necessária, haver uma integração entre os diferentes níveis de planejamento, isto é, a longo, médio e curto prazo. Esse princípio pode ser aplicado na medida em que haja mudança de postura, por parte dos envolvidos na produção em relação à preocupação sistêmica dos problemas. Nesse caso, a integração entre os diferentes níveis de planejamento (longo, médio e curto prazo) pode facilitar a implantação desse princípio (BERNARDES, 2003).</p>

<p>9 Introduzir melhoria contínua no processo</p>	<p>A melhoria contínua pode ser institucionalizada por meio do estabelecimento de metas, como redução do estoque e apresentação de propostas para atingi-las. Pode-se destacar a utilização da caixa de sugestões, a premiação pelo cumprimento de tarefas e metas, o estabelecimento dos planos de carreira, a adoção das medalhas por distinção, entre outros (POZZOBON <i>et. al.</i>, 2004).</p>
<p>10 Manter o equilíbrio entre melhorias nos fluxos e nas conversões</p>	<p>De acordo com Rezende <i>et. al.</i> (2012), balancear melhoria dos fluxos por meio de melhoria nas conversões implica em uma menor capacidade de conversão. Balanceamento da melhoria dos fluxos com a melhoria das conversões nada mais é que observar os processos e analisar o que pode ser melhorado.</p>
<p>11 Referenciais de ponta (Benchmarking)</p>	<p>Segundo Isatto <i>et. al.</i> (2000), para a aplicação desse princípio, deve-se conhecer os processos próprios da empresa; identificar boas práticas em outras empresas similares, tipicamente consideradas líderes, num determinado segmento ou aspectos específicos; entender os princípios por trás dessas boas práticas e adaptá-las à realidade da empresa.</p>

Fonte: Oliveira et al. (2016), adaptado

5.2. Técnicas e métodos utilizados na *lean construction*

Alguns métodos podem ser utilizados na busca da racionalização dos recursos em uma obra, evitando assim dispêndios financeiros e de materiais. Algumas das principais metodologias empregadas são:

5.2.1. Seis Sigma

Do inglês, *Six Sigma*, também referido com 6σ , é um conjunto de ferramentas comprovado desenvolvido pela Motorola no fim da década de 80 para impulsionar e alcançar mudanças transformacionais dentro de uma organização. Nela um defeito é definido como a não conformidade de um produto ou serviço com suas especificações. Seis Sigma também é definido como uma estratégia gerencial para promover mudanças nas organizações, fazendo

com que se chegue a melhorias nos processos, produtos e serviços para a satisfação dos clientes. (MOTOROLA UNIVERSITY, 2001).

Praveen Gupta e Arvin Sri (2012) resumiram as definições iniciais lançadas pela Motorola como sendo:

“Seis Sigma é um enfoque para, virtualmente, alcançar a perfeição e ter excelência em tudo o que fazemos, da forma mais rápida.”

Projetos que utilizam a ferramenta seguem duas metodologias inspiradas pelo ciclo *Plan-Do-Check-Act* (PDCA) de Walter A. Shewhart. Estas metodologias, compostas de cinco fases cada, são chamadas pelos acrônimos DMAIC e DMADV.

Segundo BOARIN PINTO et al. (2005) a ferramenta contempla características de outros modelos de qualidade, tais como:

- a) Ênfase no controle da qualidade;
- b) Análise e solução de problemas usando os recursos disponíveis de uma forma correta;
- c) Uso sistemático de ferramentas estatísticas;
- d) Utilização do DMAIC (define-measure-analyse-improve-control: definir, medir, analisar, melhorar, controlar) e do PDCA (plan-do-check-act: planejar, executar, verificar, agir);

Ainda de acordo com os autores, a metodologia DMAIC é definida por:

- a) *Define the problem*: definição do problema a partir de opiniões de consumidores e objetivos do projeto;
- b) *Measure key aspects*: mensurar e investigar relações de causa e efeito. Certificando que todos os fatores foram considerados, determinar quais são as relações. Dentro da investigação, procurar a causa principal dos defeitos;
- c) *Analyse*: análise dos dados e o mapeamento para a identificação das causas-raiz dos defeitos e das oportunidades de melhoria;
- d) *Improve the process*: melhorar e otimizar o processo baseada na análise dos dados usando técnicas como desenho de experimentos, poka-yoke ou prova de erros, e padronizar o trabalho para criar um novo estado de processo. Executar pilotos do processo para estabelecer capacidades;

- e) *Control*: controlar o futuro estado de processo para se assegurar que quaisquer desvios do objetivo sejam corrigidos antes que se tornem em defeitos. Implementar sistemas de controle como um controle estatístico de processo ou quadro de produções, e continuamente monitorar os processos.

Também conhecida como DFSS ("*Design For Six Sigma*"), a segunda metodologia utilizada, a DMADV é definida pelos mesmos autores como:

- a) *Define goals*: definição de objetivos que sejam consistentes com as demandas dos clientes e com a estratégia da empresa;
- b) *Measure and identify*: mensurar e identificar características que são críticas para a qualidade, capacidades do produto, capacidade do processo de produção e riscos;
- c) *Analyze*: analisar para desenvolver e projetar alternativas, criando um desenho de alto nível e avaliar as capacidades para selecionar o melhor projeto;
- d) *Design details*: desenhar detalhes, otimizar o projeto e planejar a verificação do desenho. Esta fase se torna uma das mais longas pelo fato de necessitar muitos testes;
- e) *Verify the design*: verificar o projeto iniciado, executar pilotos do processo, implementar o processo de produção e entregar ao proprietário do processo.

Contudo, o Seis Sigma abrange não só o pensamento estatístico, mas também, o alinhamento da qualidade com as estratégias da organização, além da forte ênfase na relação custo-benefício dos projetos de melhoria. Dentre as principais alterações que o Seis Sigmas provoca após sua implementação, podendo-se mencionar a maior qualidade dos produtos e serviços, e o ganhos financeiros (BOARIN PINTO et al., 2005).

5.2.2. Ciclo PDCA

O conceito do PDCA, do inglês, *Plan, Do, Check and Act* (planejar, executar, verificar ou monitorar e agir), implica em um método iterativo de gestão de quatro passos que se popularizou por sua aplicação em sistemas de gestão da qualidade para promover a melhoria contínua sendo, portanto, um método iterativo de gestão de quatro passos que se popularizou por sua aplicação em sistemas de gestão da qualidade para promover a melhoria contínua do PDCA é creditado à W. Edwards Deming, segundo Klaes e Calôba (2018).

O ciclo PDCA, definido por Deming como ciclo de Shewart, um físico que, na década de 1920 introduziu gráficos de controle na Bell Labs, baseia-se nos conceitos anteriores do

método científico, que envolve formular uma hipótese, experimentá-la e fazer uma avaliação ao final do "ciclo".

Em programas Seis Sigma é denotado como DMAIC, sua proposta de melhoria contínua implica que o PDCA deve possuir como objetivos segundo Guilherme Calôba e Mario Klaes (2018):

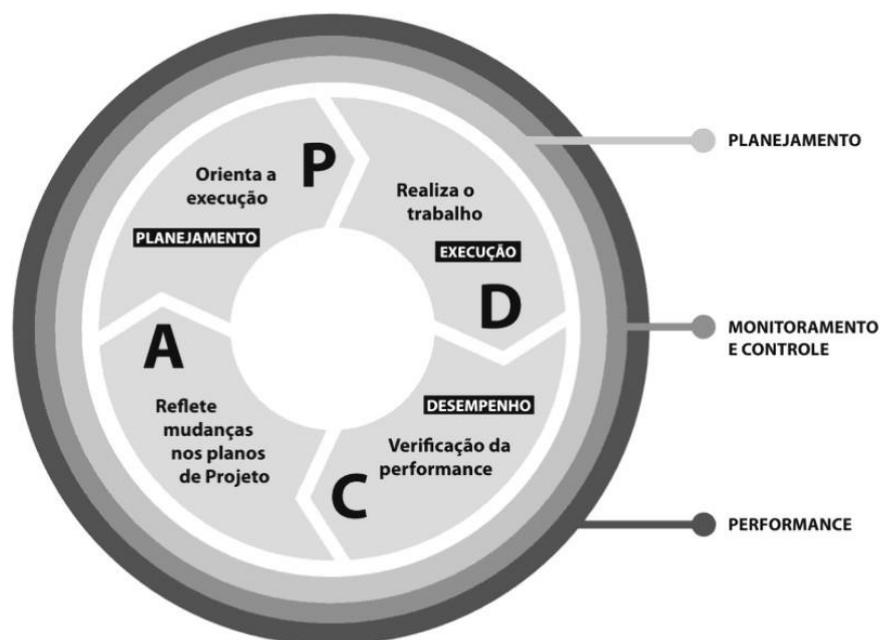
- a) Planejar (P) é estabelecer metas e processos para se atingir determinado objetivo;
- b) Executar (D) é colocar os processos em execução para se atingir o objetivo alvejado, sendo, para tanto, necessário;
- c) Verificar ou monitorar (C) para avaliar a execução das atividades comparando seus resultados aos pré-estabelecidos e, em seguida;
- d) Agir (A) para corrigir o processo caso seja necessário e possível, afim de se atingir a meta.

Dentro do processo, um passo importante para um projeto bem-sucedido é a elaboração de um cronograma adequado. Esse cronograma pode ser avaliado em diversos aspectos para se garantir uma qualidade no nível almejado pela organização.

O cronograma, para ser considerado como bem acompanhado, deve ser atualizado de forma frequente e correta, feito isso, é possível avaliar o desempenho do projeto em termos de suas várias dimensões como prazo, custos, recursos etc. Tal ciclo virtuoso de planejamento viabiliza que as gerências em diversos níveis associadas ao projeto tenham uma visão correta do andamento do mesmo, utilizando, para tal, um conjunto de indicadores.

A figura 2, produzida por Guilherme Calôba e Mario Klaes (2018), exibe um resumo tipicamente associado ao PDCA e sua metodologia cíclica de gestão dividida em quatro etapas e seus níveis indicadores permitindo uma melhoria contínua à cada revolução.

Figura 2 – Níveis indicadores do PDCA



Fonte: KLAES e CALÔBA (2018)

Cada conjunto de indicadores ajuda a gerar melhorias nas atividades de gestão de P, D, C e, naturalmente, orienta mais adequadamente as decisões de A para melhoria contínua. Essas atividades estão situadas dentro dos processos representados pelo círculo da gestão de projetos, conforme o *Project Management Body of Knowledge – PMBOK* (2013), este sendo um referencial que traça boas práticas para o correto gerenciamento de projetos, assim como outros documentos do PMI (*Project Management Institute*, ou Instituto de Gerenciamento de Projetos) os quais se apresentam como alguns dos principais referenciais na área (CAMARGO, 2022).

O objetivo principal de um projeto é atingir as metas e os objetivos propostos, dentro dos limites financeiros estabelecidos, no prazo acordado, com a qualidade desejada, respeitando regras e regulamentos, e sempre seguindo os melhores padrões éticos. Dessa forma, e tendo em mente o PMBOK (2013) e as recomendações do PMI, podem ser definidas metas para cada uma das nove dimensões da gestão de projetos (KLAES e CALÔBA, 2018).

5.2.3. Programa Cinco S ou 5S

O Programa foi criado no Japão, cinco anos após o término da segunda guerra Mundial, pelo Japonês Kaoru Ishikawa, pioneiro no estudo e aplicação da gestão de Qualidade. Foi introduzida no Brasil nos Ano 80, sendo o programa implantado nas empresas definitivamente em 1991 (ISHIKAWA, 1993).

A origem do nome se dá pelas cinco palavras em japonês que nortearam o programa na forma de cinco sentidos listados na tabela 2.

Tabela 2 - Significado dos 5S

SENSO		SIGNIFICADO
<i>Seiri</i>	Senso de Utilização	Deve-se separar os objetos que são úteis daqueles que não utilizamos mais no dia-a-dia, criando-se assim uma melhor forma de organização do serviço. Sua aplicação apresenta vantagens, tais como, liberação do espaço físico; eliminação de documentos, materiais e ferramentas excessivas; melhor visualização do espaço de trabalho; diminuição de risco de acidentes; maior satisfação pessoal e de quem trabalha no setor.
<i>Seiton</i>	Senso de Ordenação	Aplicar a arrumação dos objetos no ambiente de trabalho. Deve-se, portanto, analisar a frequência de utilização desses objetos para tal ação. É importante que todos os materiais estejam em alcance de todos e que possuam etiquetas bastante legíveis e cores vivas para fácil identificação, através de um padrão previamente definido. Sua aplicação apresenta vantagens, tais como, aspecto mais agradável do ambiente; eficiência na procura por objetos e informações; maior produtividade, com a redução do cansaço físico e mental; aumento na segurança
<i>Seisou</i>	Senso de Limpeza	Promover o favorecimento de um ambiente agradável a todos e comprometimento entre os envolvidos. Apresentando vantagens de um bem-estar pessoal, além da prevenção de acidentes, conservação dos equipamentos e ferramentas, menores gastos em consertos e gerando uma boa impressão aos clientes e visitantes.
<i>Seiketsu</i>	Senso de Saúde	Implica em cuidar do bom funcionamento do corpo e da mente, para ter um bom desempenho nas tarefas do dia-a-dia, evitando doenças e acidentes de trabalho e promovendo um ambiente harmônico entre as pessoas do grupo.
<i>Shitsuke</i>	Senso de Autodisciplina	Vem no intuito de reforçar essas ideias, para que com paciência e persistência esses atos se tornem uma rotina natural,

melhorando assim a intercomunicação no ambiente de trabalho e no aprimoramento pessoal e profissional dos envolvidos.

Fonte: Autor (2021)

Esse sistema pode ser empregado em qualquer atividade ou local, sendo ideal para organizações de vários segmentos e os benefícios da implantação do 5S, incluindo aquelas de alta tecnologia, como a aviação, informática e eletrônica (PETROCELLI apud MILAN, 2021).

5.2.4. Cinco “Por quês” ou 5-Way

É uma ferramenta que também atua dentro da melhoria contínua (*Kaizen*), mas, como os 5S, não é dependente, pode-se aplicar em algumas situações isoladas. Ohno (1997) afirma que na Toyota sempre que deparam com um problema qualquer é feita uma abordagem científica perguntando cinco vezes por quê.

Repetindo-se cinco vezes por quê, para Shingo (1997), pode ser encontrado não só a natureza do problema, mas também a sua solução. No livro *O Sistema Toyota de Produção*, Ohno dá um exemplo sobre o método.

1- Por que a máquina parou?

Por que houve uma sobrecarga e o fusível queimou.

2- Por quê houve uma sobrecarga?

Porque o mancal não estava suficientemente lubrificado.

3- Por que não estava suficientemente lubrificado?

Por que a bomba de lubrificação não estava bombeando suficientemente.

4- Por que a bomba de lubrificação não estava bombeando suficientemente?

Por que o eixo da bomba estava gasto e vibrando.

5- Por que o eixo estava gasto?

Por que não havia uma tela acoplada e entrava limalha. (OHNO at al. 1997, p 38).

O “cinco por quês” é uma metodologia sem custo e de resposta eficiente, no qual a resposta certa para cada pergunta é a chave do problema.

5.2.5. Técnica 5W2H

A ferramenta 5W2H foi criada por profissionais da indústria automobilística do Japão como uma ferramenta auxiliar na utilização do PDCA, principalmente na fase de planejamento.

Polacinski (2012) descreve que a ferramenta consiste num plano de ação para atividades pré-estabelecidas, que precisem ser desenvolvidas com a maior clareza possível, além de funcionar como um mapeamento dessas atividades.

Ainda segundo Polacinski (2012), o objetivo central da ferramenta 5W2H é responder a sete questões e organizá-las. Na tabela 3 são apresentadas as etapas para estruturação da planilha do plano de ação 5W2H.

Tabela 3 - Significado do Método W2H

Método	SIGNIFICADO	
<i>What</i>	O que será executado?	
<i>Who</i>	Quem irá executar ou participar?	
5W	<i>Where</i>	Onde será executada?
	<i>When</i>	Quando será executada?
	<i>Why</i>	Por que será executada?
2W	<i>How</i>	Como será executada?
	<i>How much</i>	Quanto custará para executar?

Fonte: Autor (2021)

As respostas destas questões estão interligadas e, ao final do preenchimento da planilha, surge um plano de ação detalhado, de fácil compreensão e visualização, que define as ações tomadas, de que maneira serão realizadas e quais os responsáveis pela execução de tais atividades.

5.3. Estágios de desenvolvimento de um projeto

Inicialmente é preciso entender o significado de um projeto, em especial um projeto como um empreendimento de engenharia.

De acordo com o *Project Management Institute* (2017), um projeto é:

“É um esforço temporário empreendido para criar um produto, serviço ou resultado exclusivo. A sua natureza temporária indica um início e um término definidos. O término é alcançado quando os objetivos tiverem sido atingidos ou quando se concluir que esses objetivos não serão ou não poderão ser atingidos e o projeto for encerrado, ou quando o mesmo não for mais necessário.”

Conforme Mattos (2019), os ciclos de vida de um projeto precisam ser desempenhados em tempo suficiente para que os objetivos sejam alcançados, com cada etapa gerando produtos que servirão de base para as etapas subsequentes, o que para a engenharia geralmente é associado ao plano geral de um empreendimento, edificação ou outro objeto qualquer, compreendendo o conjunto de plantas, cortes, cotas e demais informações necessárias à uma construção.

É importante ressaltar que para ser enquadrado como um projeto ou empreendimento de engenharia é necessário que este seja temporário, ou seja, com duração finita e cujo final aconteça ao se alcançar os objetivos estabelecidos; e que gere um produto único, pois não se trata de uma linha de montagem em série, e sim um esforço para execução de um bem tangível dotado de unicidade.

Ainda segundo Mattos (2019), a elaboração de um projeto deve seguir passos bem definidos, sua execução fomenta a base para a construção do passo seguinte. O roteiro para elaboração de um planejamento deve ser executado através da:

- identificação das atividades que integrarão; farão parte do cronograma da obra;
- definição da duração de cada uma dessas atividades;
- definição da dependência entre as atividades com base na metodologia construtiva do empreendimento;
- montagem do diagrama de rede que consistirá na representação gráfica das atividades e suas dependências por meio de flechas (ADM) ou blocos (PDM);
- identificação do caminho crítico, que denotará a sequência de atividades com maior duração, cujo atraso em uma ou mais atividades dessas (atividades críticas) acarretará no acréscimo ao tempo total da obra;
- geração do cronograma através da representação em forma de um gráfico de Gantt;

- cálculo de folgas, sendo essas, para o planejamento, o período de tempo em que uma atividade ser antecipada ou postergada além de sua duração sem ocorrer atrasos ao prazo final da obra.

5.4. Desenvolvimento do projeto em BIM (*Building Information Modeling*)

Campbell (2006) define o BIM como uma simulação inteligente de arquitetura, tendo seis características principais para sua integrada implantação, ser: digital, espacial, mensurável, abrangente, acessível e durável.

O BIM é um processo baseado em modelos digitais, compartilhados, integrados e interoperáveis, denominados *Building Information Models*, podendo o *Building Information Modeling* ser definido como um processo que permita a gestão da informação, enquanto o *Building Information Model* é o conjunto de modelos compartilhados digitais, tridimensionais e semanticamente ricos, que formam a espinha dorsal do projeto (MANZIONE, 2011).

Os principais itens que diferenciam o BIM dos sistemas de CAD tradicionais são a modelagem paramétrica¹ e a interoperabilidade² (EASTMAN et al., 2008). Devido às inúmeras informações que são compartilhadas no processo de desenvolvimento do produto de uma construção, necessita-se a expansão desta interoperabilidade, de modo a otimizar a troca de dados entre sistemas com conhecimento de linguagem e formato.

Na Engenharia Civil e Arquitetura, a complexidade da representação das edificações passou da forma tradicional em 2D, para um modelo digital 3D com associação de objetos e posterior orientação pela modelagem de objetos, com características geométricas, físicas e mecânicas e até atributos comerciais como preço e nome do fabricante, contextualiza Venancio (2015). Para tanto, os profissionais que atuam na área da construção civil empregam uma abordagem que visa à competitividade e melhoria contínua no processo de desenvolvimento do produto.

Para que ocorram mudanças de sucesso na implementação das novas ferramentas CAD, são necessárias qualificações no grupo de trabalho como: maturidade organizacional, métodos

¹ É a relação entre todos os elementos em um projeto que permite a coordenação e o gerenciamento de alterações que softwares de modelagem, como o Revit, oferecem (AUTODESK, 2019).

² “A interoperabilidade ocorre quando dois ou mais sistemas conseguem trabalhar em conjunto (interoperar), mas sem que um dependa da tecnologia do outro” (MARQUES, 2021).

de trabalho que se equiparem com o avanço da tecnologia CAD para a modelagem a ser utilizada, ferramentas e técnicas corretas que simplifiquem o processo do projeto (CRESPO apud RUSCHEL, 2007).

Com o BIM, um projeto complexo envolvendo muitos profissionais e tecnologias, pode ser gerenciado, enquanto o processo colaborativo de modo mais prático. A integração é uma oportunidade de negócios para os fornecedores da construção (LEUSIN, 2007). Se um fornecedor disponibilizar os produtos que dispõe na forma de modelos na plataforma BIM, facilitará para o projetista a especificação destes produtos, tendo a segurança de que as informações contidas no modelo são confiáveis, pois foram disponibilizadas pelo fabricante.

Segundo Akinci, Fisher e Kunz (2002) os modelos de produção 4D ou seja, com a vinculação de modelos geométricos 3D com dados do cronograma da obra (CHAU, ANSON e ZHANG, 2004), fornecem uma forma simples e poderosa de representar informações de projeto e construção.

A modelagem 4D e a simulação das sequências de construção proporcionam oportunidade única para identificar conflitos de recursos no tempo e no espaço e resolver problemas de construtibilidade por meio da visualização dos processos de construção. Isso permite a otimização do processo, acarretando na melhoria da eficiência e da segurança, pode ajudar a identificar gargalos e otimizar os fluxos (SACKS et al, 2010), e o realizar a extração de quantitativos e orçamentos, atinge-se o nível de 5D BIM.

5.5. Princípios e atividades do gerenciamento

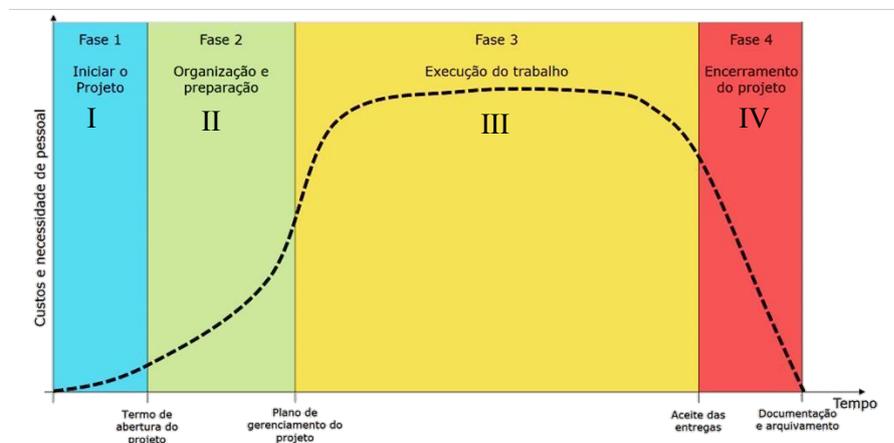
O planejamento deve ser a base para a boa execução de qualquer empreendimento público ou privado, cabendo ao gestor atacar as frentes no momento correto para dar fluidez para o sequenciamento das atividades.

Dá-se início a um projeto elencando todos os componentes que o perfazem e os resultados esperados para o mesmo. O conjunto dessas informações é denotado como escopo que deve abarcar o projeto como um todo.

Tendo o escopo definido, passa-se à análise dos ciclos de vida de um projeto. Em linhas gerais, toda obra de construção civil passa por quatro estágios ou fases: Concepção e viabilidade (I), detalhamento do projeto e do planejamento (II), execução (III) e finalização (IV).

A figura 3, apresenta a relação genérica entre o desenvolvimento de um projeto, suas etapas e o custo financeiro e de trabalho previsto para desempenho de cada fase.

Figura 3 - Ciclo de vida genérico e demandas de um projeto



Fonte: PMBOK (2013), adaptado

Conforme Terra Antunes (2016), os relacionamentos entre as fases podem ser sequenciais, em uma fase só se inicia quando a outra termina, o que por um lado proporciona maior controle, mas também fica menos flexível a interações, como redução de cronograma e análise de alocações; ou sobrepostas, onde mesmo antes de uma fase ser concluída inicia-se uma nova fase, facilitando a utilização de ferramentas para potencializar o projeto, como é o caso do paralelismo.

Frequentemente, em alguns projetos, as diferentes fases podem se comportar como atividades sequenciais em alguns momentos e em outros como atividades sobrepostas, ou seja, acontecendo ao mesmo tempo. Isso tudo dependerá de uma análise e formas de desempenho das atividades escolhidas pelo gerente e sua equipe na montagem da estrutura do projeto.

De maneira geral, o gestor de uma obra deve seguir onze princípios para garantir os benefícios advindos do planejamento. Tais princípios poderão ser alcançados com conhecimento das peculiaridades do empreendimento, tornando mais eficiente a condução dos trabalhos.

A tabela 4 apresenta os onze (11) princípios e benefícios do bom planejamento resumidos, segundo Dórea Mattos (2019).

Tabela 4 - Princípios do bom planejamento

Princípios	Descrição
Conhecimento pleno da obra	<p>A elaboração do planejamento impõe ao profissional o estudo dos projetos, a análise do método construtivo, a identificação das produtividades consideradas no orçamento e a determinação do período trabalhável em cada frente ou tipo de serviço (área interna, externa, concreto, terraplenagem etc.).</p> <p>A prática de realizar o “planejamento de véspera” é totalmente equivocada, pois não permite tempo hábil para mudança de planos.</p>
Detecção de situações desfavoráveis	<p>A previsão oportuna de situações desfavoráveis e de indícios de desconformidade permite ao gerente da obra tomar providências a tempo, adotar medidas preventivas e corretivas e tentar minimizar os impactos no custo e no prazo. Por falta de planejamento e controle, a equipe da obra deixa para tomar providências quando o quadro de atraso já é irreversível.</p>
Agilidade de decisões	<p>O planejamento e o controle permitem uma visão real da obra, servindo de base confiável para decisões gerenciais, como mobilização e desmobilização de equipamentos, redirecionamento de equipes, aceleração de serviços, introdução do turno da noite, aumento da equipe, alteração de métodos construtivos, terceirização de serviços, substituição de equipes pouco produtivas, dentre outros.</p>
Relação com o orçamento	<p>Ao usar as premissas de índices, produtividades e dimensionamento de equipes empregadas no orçamento, o engenheiro casa orçamento com planejamento, tornando possível avaliar inadequações e identificar oportunidades de melhoria. Ignorar as produtividades com que os serviços foram orçados significa ficar sem um importante parâmetro de controle.</p>
Otimização da alocação de recursos	<p>Por meio da análise do planejamento, o gerente da obra pode jogar com as folgas das atividades e tomar decisões importantes, como nivelar recursos, protelar a alocação de determinados equipamentos etc. Como será visto mais à frente o entendimento do conceito de folga é essencial para o engenheiro saber quais tarefas podem ter seu início postergado, em qual data mais tarde se deve mobilizar certo</p>

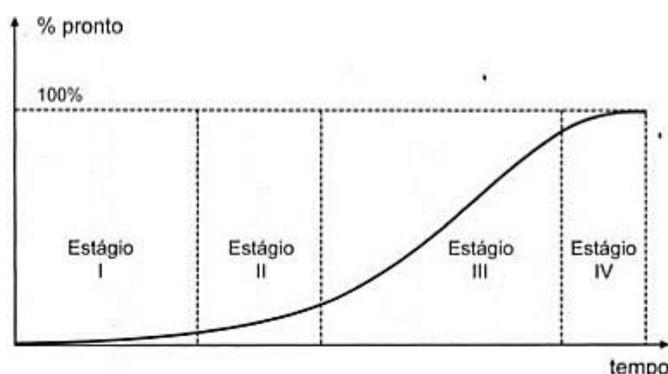
		recurso e, também, até quando determinadas despesas podem ser adiadas sem atrasar a obra.
Referência para acompanhamento		O cronograma desenvolvido no planejamento é uma ferramenta importante para o acompanhamento da obra, pois permite comparar o previsto com o realizado. Ao planejamento original, aquele que se quer perseguir, dá-se o nome de planejamento referencial ou linha de base (baseline). É com a linha de base que se compara o que foi efetivamente realizado no campo e, a partir disso, tomam-se as medidas corretivas cabíveis. Ter um planejamento referencial é importante também do ponto de vista da gestão de pessoas.
Padronização		O planejamento disciplina e unifica o entendimento da equipe, tornando consensual o plano de ataque da obra e melhorando a comunicação. A falta de planejamento e controle gera desentendimentos frequentes, pois o engenheiro tem uma obra na cabeça, o mestre tem outra, e o fiscal, ainda outra.
Referência para metas	para	Programas de metas e bônus por cumprimento de prazos podem ser facilmente instituídos se houver um planejamento referencial bem construído, sobre o qual as metas podem ser definidas.
Documentação e rastreabilidade	e	Por gerar registros escritos e periódicos, o planejamento e o controle propiciam a criação de uma história da obra, útil para resolução de pendências, resgate de n mações, elaboração de pleitos contratuais, defesa de pleitos de outras partes, manutenção de conflitos e arbitragem. A falta de administração contratual é um problema sério nas construtoras. Muitas vezes, as empresas perdem a oportunidade de reivindicar reajustes de prazo e valor pura falta de registros.
Criação de dados históricos	de	O planejamento de uma obra pode servir de base para o desenvolvimento de cronogramas e planos de ataque para obras similares. A empresa passa a ter memória.
Profissionalismo		O planejamento corretamente executado transmite a mensagem de seriedade e comprometimento à obra e à empresa. Ele causa boa impressão, inspira confiança nos clientes e ajuda a fechar negócios.

Fonte: Mattos (2019), adaptado

O ciclo de vida do empreendimento compreende os quatro estágios: Concepção e viabilidade (I), detalhamento do projeto e do planejamento (II), execução (III) e finalização (IV). O formato da curva mostra a evolução típica dos projetos: lenta no estágio inicial, rápida no estágio de execução e novamente lenta na finalização do projeto.

A figura 4 apresenta a taxa de desenvolvimento de um projeto ao longo de cada um dos estágios de seu desenvolvimento, desde seu planejamento ($\geq 0\%$) até sua conclusão ($\leq 100\%$).

Figura 4 - Ciclo de vida e curva de execução dos serviços



Fonte: Mattos (2019)

As atividades necessárias para a elaboração e execução de uma obra podem ser listadas em uma ordem lógica, partindo das atividades desempenhadas no Estágio I, onde ocorre a concepção e o estudo de viabilidade, passando pelas atividades dos Estágios II e III, detalhamento e execução, até o Estágio IV com sua finalização.

A tabela 5 resume cada uma das atividades que compunham os estágios do ciclo de vida de um empreendimento.

Tabela 5 – Atividades do planejamento e gerenciamento por estágio de projeto

Estágio	Atividade	Descrição
I	Definição do escopo	Processo de determinação do programa de necessidades, isto é, as linhas gerais do objeto a ser projetado e construído
	Formulação do empreendimento	Delimitação do objeto em lotes, fases, forma de contratação etc.
	Estimativa de custos:	Orçamento preliminar por meio da utilização de indicadores históricos.

	Estudo de viabilidade	Análise de custo-benefício, avaliação dos resultados a serem obtidos em função do custo orçado, determinação do montante requerido pelo tempo.
	Identificação da fonte orçamentária:	Recursos próprios, empréstimos, linhas de financiamento, solução mista.
	Anteprojeto e Projeto básico	Desenvolvimento inicial do anteprojeto, com evolução até o projeto básico, quando já passa a conter os elementos necessários para orçamento, especificações e identificação dos serviços necessários.
II	Orçamento analítico	Composição de custo dos serviços, com relação de insumos e margem de erro menor que a do orçamento preliminar
	Planejamento	Elaboração de cronograma de obra realista, com definição de prazo e marcos contratuais.
	Projeto básico e Projeto executivo	Detalhamento do projeto básico, com inclusão de todos os elementos necessários à execução da obra.
III	Obras civis	Execução dos serviços de campo, aplicação de materiais e utilização de mão de obra e equipamentos.
	Atividades de campo	Montagens mecânicas e instalações elétricas e sanitárias.
	Controle da qualidade	Verificar se os parâmetros técnicos e contratuais foram observados.
	Administração contratual	Medições, diário de obras, aplicação de penalidades, aditivos ao contrato etc.
	Fiscalização de obra ou serviço	Supervisão das atividades de campo, reuniões de avaliação do progresso, resolução de problemas etc.
IV	Comissionamento	Colocação em funcionamento e testes de operação do produto final.
	Inspeção final	Testes para recebimento do objeto contratado.
	Recebimento da obra e destinação final do produto	Transferência de responsabilidades, liberação de retenção contratual, resolução de últimas pendências e termo de recebimento.

Fonte: Mattos (2019), adaptado

Ao seguir os passos para realização de um projeto corretamente, é possível definir uma estrutura organizacional da forma que mais se adapte às necessidades de um empreendimento, sendo possível categorizar as atividades por sequência lógica, hierarquizando-as para definir as metas que se deseja alcançar em determinados períodos de tempo.

5.5.1. Estrutura analítica do projeto (EAP)

Não se pode fazer o planejamento de uma obra sem antes decompor suas atividades em partes menores. Tal decomposição pode ser representada como blocos que por sua vez deve ser sequenciada em blocos cada vez menores até atingir um grau de detalhamento que facilite sua manipulação.

A hierarquização dessa decomposição é denominada “Estrutura Analítica de Projeto” ou “EAP”, podendo ser representada de inúmeras maneiras conforme as necessidades do planejador, contendo sempre em seus níveis superiores o escopo total do projeto e em seus níveis inferiores tantas subdivisões quanto forem necessárias para aprimoramento dos níveis antecessores, buscando-se ao final, equilíbrio entre as durações da forma mais coerente e detalhada possível.

A representação de uma EAP pode ser feita através de árvore de blocos, analítica ou mapa mental. Programas como MS Project utilizam o formato analítico, porém, a representação em mapa mental facilita a interpretação de todas as partes integrantes de um projeto, criando conexões partindo de uma ideia principal ao centro e gerando associações através da decomposição progressiva dos processos.

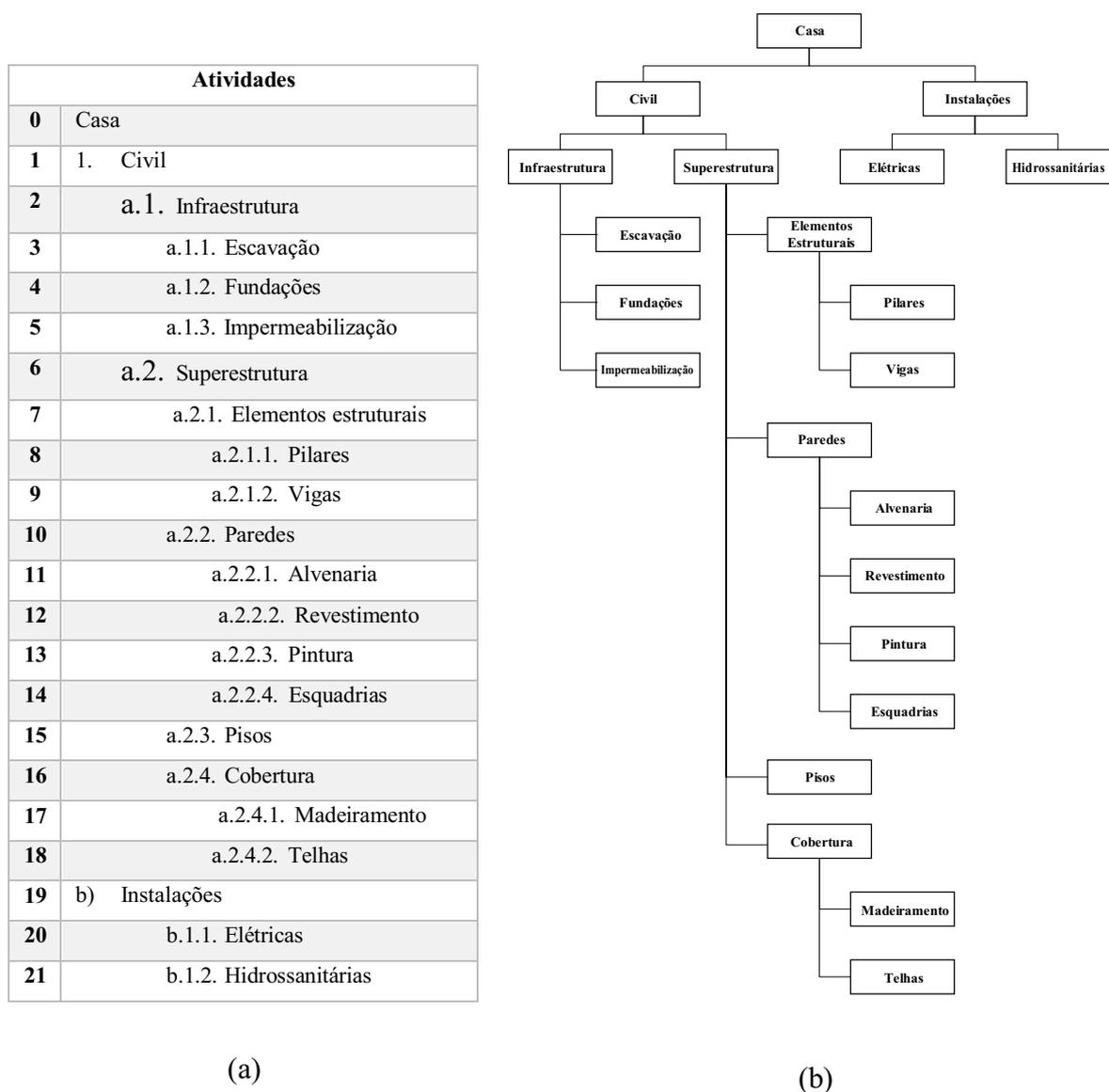
Independente de qual critério de decomposição utilizado, todos os elementos constituintes do projeto precisam estar listados no final, representando a totalidade do escopo, também conhecida como “regra dos 100%”.

Em todos os níveis da hierarquia essa regra deve ser utilizada de modo que a soma dos trabalhos em um nível inferior deve se igualar a 100% do trabalho representado pelo nível superior. De maneira análoga, a EAP não deve contar nenhum trabalho que não esteja no escopo do projeto, ou seja, não pode haver mais de 100% do trabalho (MATTOS, 2019).

Na figura 5 são apresentados exemplos de EAPs representando um mesmo empreendimento de uma residência padrão onde é realizada a divisão entre atividades relativas aos serviços de construção civil e serviços de instalações, diferindo no seu formato.

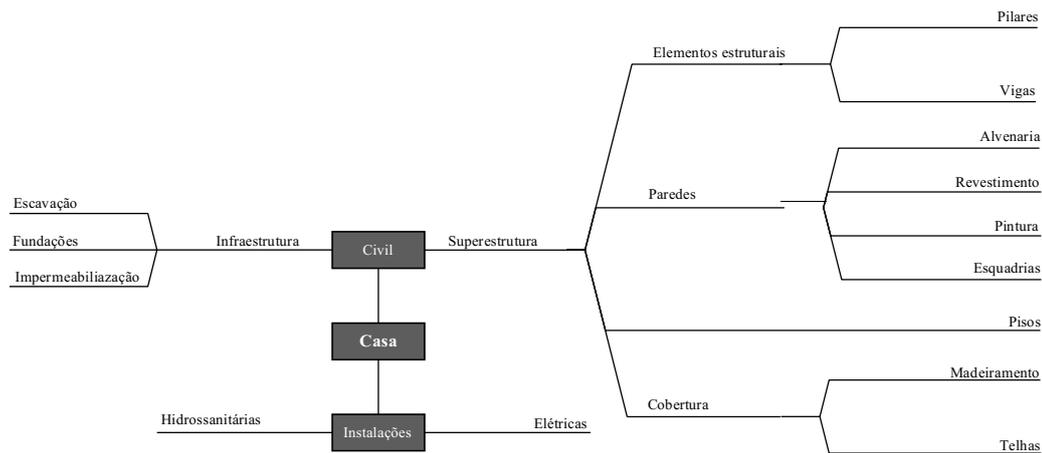
Nesta, a primeira (a) representa de forma analítica ou sintética; a segunda (b), sendo mais tradicional, como árvore de blocos; a terceira (c) como mapa mental. Não há uma regra definida para construir uma EAP. Duas pessoas diferentes podem construir duas EAPs diferentes para um mesmo projeto. A diferença ocorre devido ao critério de decomposição utilizado.

Figura 5 - Diferentes formas de concepção de EAPs



(a)

(b)



(c)

Fonte: Autor (2022)

5.5.2. Diagramas de rede e Método PERT/CPM

Segundo Martins, Petrônio e Laugeni (2005), o Método do Caminho Crítico (em inglês *Critical Path Method*, CPM) surgiu, inicialmente, para gerenciar projetos mais extensos e complexos, como a fabricação de produtos que necessitam de grande infraestrutura e geralmente são construídos no sistema de layout fixo (navios e aviões por exemplo). Porém, a técnica é uma metodologia muito versátil, que pode tranquilamente ser utilizada para gerenciar qualquer tipo de projeto e até mesmo linhas de produção. É utilizado em conjunto com o diagrama de redes PERT (do inglês: *Program Evaluation and Review Technique*), organizando em conjunto as tarefas e etapas do projeto para visualizar melhor as atividades e encontrar o tempo total de duração do projeto ou atividade.

Uma vez que é criada a sequência lógica das atividades, com suas precedências (“quem vêm antes”) em um quadro de sequenciação através da EAP e são inferidas as durações de cada uma das atividades, deve ser feita a representação gráfica das atividades e suas dependências lógicas através de um diagrama de rede.

O método PERT/COM é o principal meio para definição do caminho crítico do projeto de construção através de uma sequência de atividades, determinando sua duração, enquanto o PERT analisa três possíveis situações: otimista, mais provável e pessimista – é fundamentado em dias uteis.

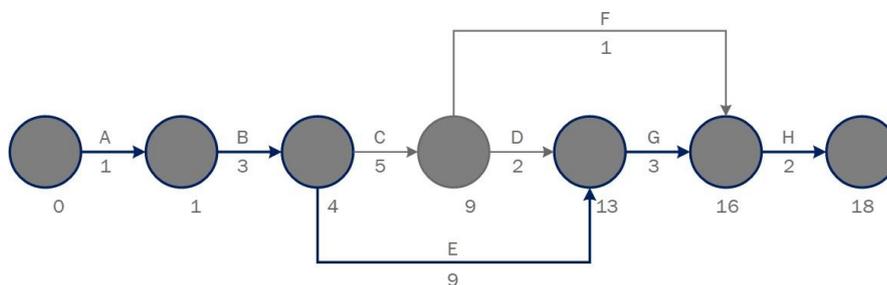
Mattos (2019), descreve a construção da técnica CPM como baseada nas durações determinísticas, ou seja, com valores únicos, enquanto o método PERT fora desenvolvido

através da visualização de durações probabilísticas ou estocásticas, assumindo assim que toda duração tem sua margem de erro, ou variabilidade associada e que não se deve atribuir um valor único para não gerar informações errôneas.

O diagrama pode ser elaborado utilizando o método das flechas (ADM, do inglês *arrow diagramming method*) ou por meio do método dos blocos (PDM, do inglês *precedence diagramming method*), os quais são exemplificados nas figuras 6 e 7.

No método das flechas, apresentado na figura 6, as atividades são representadas por setas orientadas entre dois eventos que são pontos de convergência ou divergências de atividades interligadas entre si, não podendo haver duas atividades com mesmo par de eventos de começo e término. Neste também, o prazo é calculado por contas sucessivas, atribuindo-se a data zero ao evento inicial, indicado abaixo do círculo. Quando há a chegada de duas ou mais atividades ao mesmo evento, prevalece a soma mais elevada, pois o evento só estará concluído quando a última das atividades for finalizada.

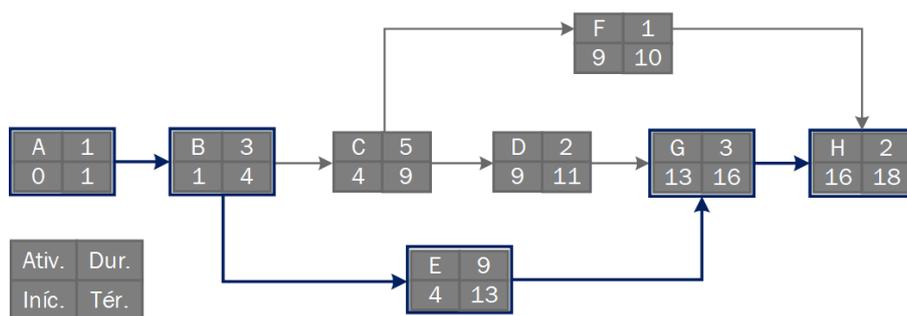
Figura 6 - Diagramas de rede pelo método das flechas com caminho crítico em destaque



Fonte: Mattos (2019), adaptado

No método dos blocos, apresentado na figura 7, por sua vez, as atividades são representadas por blocos interligados entre si por flechas que representam suas relações de dependência. Nestes são apresentados internamente os valores da duração da atividade, seu momento de início (contado a partir do momento de término das atividades predecessoras com a primeira atividade marcando 0) e o seu término que leva em consideração a duração da atividade mais seu momento de início.

Figura 7 - Diagramas de rede pelo método dos blocos com caminho crítico em destaque



Fonte: Mattos (2019), adaptado

A sequência de atividades que produz o maior período de tempo desde o início até a conclusão determina o prazo total do projeto. Tais atividades são definidas, portanto, como atividades críticas e o percurso que as interliga é o caminho crítico, devendo ser representado por um traço mais intenso ou linha dupla no diagrama. Como atividades críticas determinam o prazo final de um projeto, não devem sofrer atrasos, desse modo, identificar o caminho crítico e monitorar suas atividades é uma das principais tarefas de um gestor de obras.

5.5.3. Elaboração de cronograma

O cronograma é o instrumento do planejamento diário de uma obra e a base para a tomada de decisões por parte dos gerentes de projeto e sua equipe. De posse deste é possível programar as atividades de campo, dimensionar e instruir a mão de obra, agendar recebimentos, programar o aluguel de equipamentos, examinar o progresso e desempenhos, re planejar a obra quando necessário, pautar reuniões e definir frentes de serviço.

A técnica empregada para elaboração consiste em métodos bem definidos, levando em consideração os dados obtidos através da análise das durações das atividades que serão desempenhadas, os estudos de precedência, diagramas de rede, definição do caminho crítico e sua estrapolação com as folgas.

A duração das atividades é de extrema importância e dependerá de diversos fatores, como o tamanho, a experiência e a produtividade das equipes envolvidas, o clima, o apoio logístico para a obra e por mais criterioso o planejamento, a duração de uma atividade é uma estimativa sujeita a uma margem de erros, podendo essa ser menor em decorrência de atividades corriqueiras para o planejador, ou maior para serviços novos ou pouco executados, quando não se dispões de dados históricos pautáveis (MATTOS, 2019).

Na década de 80, Lousan Badra criou a Sistemática Badra de Dados um dos destaques de sua organização é promoção de cursos e a criação e manutenção de metodologias para elaboração de bases de dados, BDI, orçamentação, levantamento de quantidade, cronograma e análise de produtividade em obras, ferramentas em planilhas e textos voltados para área de obras na construção civil (LOUSAN BADRA, 2014) e dentre os destaques está a *Tabela Badra de Produtividade*, um banco de dados correntes no qual é listado os tipos de serviços e seus respectivos índices, a produtividade de uma equipe básica e sua produção por dia considerando um intervalo de 8 horas de trabalho (MATTOS, 2019).

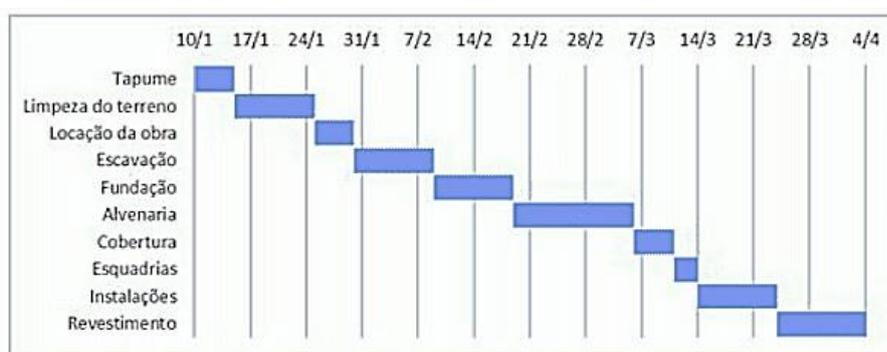
Em meados do século XX, Henry Gantt, inspirado no modelo de Karol Ademiecki criou o Diagrama de Gantt. O objetivo era evitar atrasos na produção das fábricas americanas, auxiliando os supervisores industriais (WEAVER, 2006).

No cronograma de Gantt, à esquerda são estabelecidas as atividades e à direita são representadas em formas de barras a duração das atividades distribuídas, em uma escala de tempo que pode ser observada na porção superior. O comprimento da barra representa a duração da atividade, suas datas de início e fim podem ser vistas nas subdivisões da escala de tempo (MATTOS, 2019).

No gráfico da figura 8, são denotados “marcos” datas, acontecimentos ou instantes notáveis que há de se destacar dos demais que definem o início ou o fim de uma etapa do projeto, ou o cumprimento de uma etapa ou requisito contratual. São considerados também como pontos controle, podendo ser de planejamento, definidas pelo gestor, ou contratuais, sendo impostas pelo contratante como metas que deverão ser atendidas.

A figura 8 apresenta um exemplo do Gráfico de Gantt aplicado à construção civil. Nela é possível observar que cada barra representa um tipo de serviço de uma ordem de produção.

Figura 8 - Exemplo de diagrama de Gantt



Fonte: PAULA (2021)

A duração de uma atividade implica diretamente no cronograma de um empreendimento e principalmente na disponibilidade de recursos ao longo do tempo, fato esse que justifica a importância de sua gestão. Comumente gerentes de obras deparam-se com situações em que há restrições na disposição de recursos, ou seja, insumos necessários à realização de uma atividade, sendo esses a mão de obra, o material, equipamentos ou financeiro.

A *duração esperada (E)*, é uma média ponderada, onde atribui-se peso 4 à duração mais provável (M) e peso 1 às demais – otimista (O) e pessimista (P) –, tal discrepância entre os pesos se deve à maior probabilidade de ocorrência da primeira. A equação para determinação da duração esperada é representada como:

$$E = \frac{O + 4M + P}{6} \quad \text{Equação 1}$$

5.5.4. Orçamentação

A criação do orçamento de obras de construção civil detalhado ou qualquer outro serviço de engenharia é uma das etapas mais desafiadoras do projeto como um todo, no entanto, a estimativa dos custos de qualquer atividade é um exercício de previsão, pois inúmeros são os fatores que influenciam e contribuem para o custo de um empreendimento.

A técnica orçamentária envolve a identificação, descrição, quantificação, análise e valorização de uma grande série de itens, requerendo, portanto, muita atenção e habilidade técnica. Como o orçamento é preparado antes da efetiva construção do produto, muito estudo deve ser feito para que não existam nem lacunas na composição do custo, nem considerações descabidas (MATTOS, 2006). Listando todos os elementos constitutivos de uma edificação é possível quantificar o material e a execução deste projeto, para tanto podem ser utilizados bancos de dados e sistemas nacionais de pesquisa, como o ORSE e o SINAPI.

Desenvolvida e mantida pela Companhia Estadual de Habitação e Obras Públicas (CEHOP) de Sergipe, a tabela ORSE conta com um banco de dados com mais de 9 mil insumos e composições de preços unitários que são atualizados mensalmente, apesar disso, a tabela ORSE é considerado um sistema complementar a tabela SINAPI, que é usada como referência de preços para obras com recursos do Orçamento Geral da União (ALMEIDA, 2009).

O Sistema Nacional de Pesquisa de Custos e Índices da Construção Civil (SINAPI), atualizados mensalmente pela Caixa Econômica Federal e pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), no qual os preços e custos auxiliam na elaboração, análise e avaliação de propostas contratuais, enquanto os índices possibilitam a atualização dos valores das despesas nos contratos e orçamentos, sendo essa a ferramenta pela qual a Administração Pública Federal define os valores dos insumos e serviços necessários às obras e serviços de engenharia.

A orçamentação de um determinado serviço se dá através do uso de seu preço unitário pela quantidade total a ser utilizada, estimando assim o valor total de cada serviço em uma planilha orçamentária sintética que, ao final, dará o somatório total dos valores encontrados, ou custo direto, acrescidos do BDI (do inglês *Budget Difference Income*, traduzido como Benefícios e Despesas Indiretas), este sendo um elemento orçamentário que ajuda o profissional responsável pelos orçamentos da Construção Civil a compor o preço de venda adequado levando em conta os custos não relacionados a materiais, mão-de-obra, serviços ou equipamentos, ou custos indiretos (VILELA DIAS, 2012).

5.5.5. Curva S

O uso acumulado dos recursos disponíveis para execução de um determinado projeto é denominado *Curva S*, sendo, portanto, uma representação da soma acumulada de parcelas de um total qualquer, podendo ser homem-hora, avanço físico ou de trabalho, financeiro ou alocação de recursos.

No início dos projetos, a distribuição desses recursos ou nível de atividade é baixa, mas à medida que as etapas vão se encaminhando para o nível de “execução” o risco do projeto diminui, as incertezas caem e os recursos vão sendo mais aplicados (PRATA, 2021).

O nível de atividade de um projeto evolui em forma de uma distribuição normal, portanto se assemelha a uma curva gaussiana, com início lento e poucas atividades simultâneas, seguido por um ritmo mais intenso com várias atividades sendo desempenhadas paralelamente e, à medida que se aproxima do seu término, a quantidade de serviços começa a diminuir, o mesmo é observado com a evolução dos custos no decorrer de uma obra.

Segundo Marros (2019), projetos de curta duração tendem a desenvolver curvas S sem concavidades bem definidas, não permitindo o pleno desenvolvimento de uma curva gaussiana, especialmente quando analisado o parâmetro homem-hora, enquanto em projetos de longa duração e grande volume de atividade tem-se um S característico bem delineado. Dar-se o nome de “Curva S Padrão” ou “Curva S Teórica” àquela desenvolvida a partir de uma equação

matemática visando criar uma estimativa de avanço, correspondendo a um comportamento desejável para um projeto (MARROS, 2019).

A equação geral da curva S padrão é expressa por:

$$\%_{acumulado}(n) = 1 - \left[1 - \left(\frac{n}{N} \right)^{\log I} \right]^S \quad \text{Equação 2}$$

onde:

$\%_{acumulado}(n)$ = avanço acumulado em porcentagem até o período n ;

n = número de ordem do período;

N = prazo da obra ou número total de períodos;

I = ponto de mudança na concavidade da curva (inflexão);

S = coeficiente de forma que irá variar conforme o tipo e o ritmo da obra.

Mattos (2019) explica que o coeficiente I é o percentual do prazo total no qual a curva apresenta sua ordenada máxima, do qual iniciará a mudança na concavidade da curva de Gauss.

Do ponto de vista de um gestor de projetos, a Curva S auxilia nos trabalhos de gerenciamento por ser uma curva única que denota o desenvolvimento de um projeto em sua totalidade, com visualização dos parâmetros acumulados em qualquer momento do empreendimento e que facilita na tomada de decisões gerenciais sobre desembolsos e aportes de caixa, implicando diretamente no andamento da obra.

5.5.6. Linha de balanço

A elaboração dos planos é realizada a partir do uso de técnicas de programação, como a Linha de Balanço, no qual são especificadas informações a respeito do início e fim das atividades, bem como a duração máxima necessária para a execução do empreendimento (TOMMELEIN e BALLARD, 1997; MENDES JR. E HEINECK, 1998).

A Linha de Balanço (LB, LDB ou LOB, do inglês *line of banace*), também denotada por “diagrama tempo-caminho” ou “diagrama espaço-tempo” é um processo de controle de planejamento que foi criado pela Goodyear na década de 1940 e ainda é amplamente utilizada na construção civil, principalmente em projetos que possuem padrão de repetição

(LOSEKANN, 2020), como edifícios altos, conjuntos habitacionais, estradas, dentre outros (MATTOS, 2019).

Sua eficácia como técnica de planejamento reside na representação de ciclos de produção com serviços repetitivos por meio de uma reta em um gráfico tempo-progresso, com a inclinação denotando o ritmo de avanço da atividade.

A LB é derivada de Gantt, porém ao invés de atividades ou fases da obra no eixo vertical, serão adicionados, por exemplo, os pavimentos ou as repetições do mesmo serviço. Assim cada barra continua representando uma atividade ou fase da obra, obtendo-se um conjunto de curvas de produção mostradas num plano cartesiano com unidades de repetição (cômodos, apartamentos, pavimentos, fachadas, etc.) e durações (semanas) definindo-se ritmos de trabalho (iguais ou diferentes) que promovam linhas balanceadas, inclinadas, representando o seu ritmo de avanço (ALVES, 2019)

Apesar de ser anterior ao Lean Construction, a técnica engloba alguns de seus princípios de construção enxuta e padronizada. O balanceamento em linhas consiste em um planejamento em que os locais da obra, por exemplo pavimentos, lotes, casas, trechos, são dispostos no eixo y, enquanto o calendário segue o eixo x, por conseguinte, as atividades ou serviços que serão realizados estão na junção dos dois, formando um gráfico com diversas retas. Além das linhas, o planejamento pode ser visualizado também em um conjunto de blocos, em que a espessura equivale à duração da atividade (LOSEKANN, 2020).

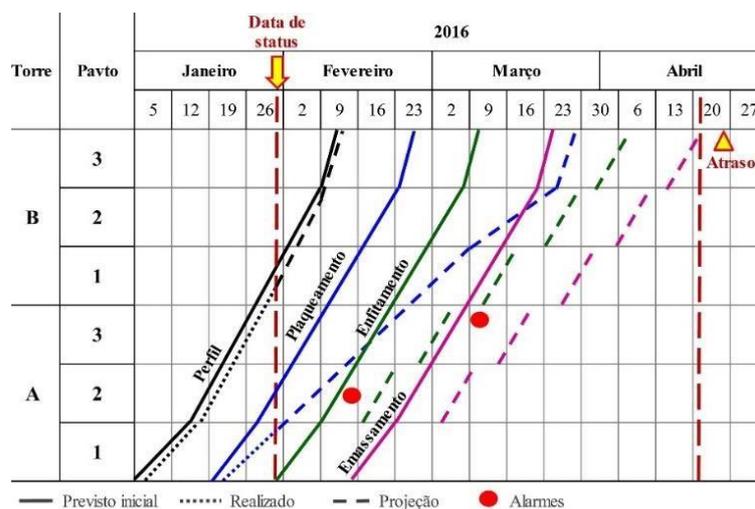
Ainda conforme Losekann (2020), uma das principais utilizações da linha de balanço é a comparação visual do andamento previsto com o realizado. Tendo a linha original como referência, aplica-se no mesmo gráfico a linha de avanço real do projeto, podendo-se assim aferir o desempenho do mesmo. Caso ambas as linhas estejam coincidindo, pode-se deduzir que o serviço está conforme o previsto; caso a linha do serviço realizado esteja acima da linha prevista, deduz-se que o serviço está adiantado, caso contrário, o oposto é verdadeiro (LOSEKANN, 2020).

O sistema LBMS é o produto de um processo de pesquisa iniciado com a linha de balanço e o método de fluxo de trabalho. Segundo Kenley e Seppanen (2010), o sistema LBMS está inserido no método LB, sendo que o sistema LBMS possui um foco mais amplo e direcionado ao processo de controle, enquanto o LB foca principalmente no processo de planejamento.

Frequentemente visualizado como linha de fluxo, em que as quantidades de projeto, dados de produtividade e locais formam o cálculo que define as durações e recursos requeridos para as tarefas alocadas (TANMAYA et al., 2012), o sistema LBMS adiciona linhas de fluxo

aos cronogramas de Gantt, melhorando a visualização dos cronogramas. A figura 9 representa um exemplo de cronograma LBMS para as atividades de vedações, comparando as datas previstas, realizadas e projetadas para cada atividade e local, e apontando alarmes para os principais desvios detectados.

Figura 9 – Modelo de cronograma LBMS



Fonte: Olivieri, Granja e Picchi (2015)

A curva do progresso real pode ser extrapolada, conforme apresentada na figura 4, pelas linhas de projeção representadas após a data de medição (“*data de status*”), fornecendo uma estimativa para basear as próximas decisões do gerente de obras afim de gerar ganhos de tempo ou evitar atrasos ao final da obra.

Um detalhe a ser observado é que nem todas as trajetórias são crescentes, é extremamente comum a existência de linhas decrescentes em linhas de balanço. Se a linha for crescente significa que aquela atividade iniciou em pavimento inferior e foi seguindo para os superiores. No caso de linhas decrescentes a atividade iniciou em um pavimento superior e seguiu para os inferiores. Um exemplo de atividade com linha decrescente é o revestimento das fachadas, que geralmente têm início no topo do edifício (PINHEIRO, 2019).

Ainda segundo Pinheiro (2019), oito passos precisam ser seguidos para basear a montagem de uma linha de balanço corretamente:

1. Determinar as atividades repetitiva: As Linhas de Balanço são utilizadas em construções que possuem atividades repetitivas, então é necessário determinar que atividades são essas.
2. Definir os quantitativos das atividades contínuas: É necessário definir os quantitativos, como que quantidade de serviços são necessários para cada atividade.

3. Levantamento de mão-de-obra: Definir a quantidade de mão de obra necessária para a realização das atividades.
4. Determinar as durações das atividades: Saber quanto tempo leva a execução de cada atividade é importante para determinar e dimensionar as equipes de trabalho.
5. Montagem e sequenciamento das atividades: A sequência das atividades é extremamente importante, como já falamos anteriormente, muitas atividades dependem da realização prévia de outra, como a alvenaria e a estrutura. Além disso, é necessário definir as atividades que são prioridade, se umas delas atrasar todo o andamento da obra. Essas atividades devem ser priorizadas em relação àquela que podem ter seus prazos alterados sem afetar a evolução dos outros serviços.
6. Determinar ritmos de execução é umas das partes mais importantes, sendo ele quem garante o fluxo das atividades e a entrega da obra no prazo previsto. Para calcular o ritmo é necessário saber a duração total da obra (DT), a duração da unidade base (DU) e o número de unidades bases (U) conforme a equação 3:

$$Ritmo = \frac{DT - DU}{N - 1} \quad \text{Equação 3}$$

7. Determinar números de equipes: Sabendo o ritmo é necessário determinar quantas equipes devem estar trabalhando para garantir que aquele ritmo seja seguido e a entrega da obra ocorra no prazo previsto.
8. Determinar a estratégia de execução: Considerando todas as informações que já temos é necessário determinar qual é a melhor estratégia a ser utilizada para aquelas condições.

5.6. Sistemas de Gestão Integrados

Quando uma empresa é gerenciada por meio de um único sistema, a comunicação entre os departamentos fica mais clara e a integração de informações mais rápida e eficiente. Desta maneira, as chances de erros se tornam cada vez menores.

Segundo o Blog Industrial Nomus, são conhecidos como sistemas de gestão integrada (SGI), podem ser de diversos tipos, como;

- a) *Supply Chain Management* – SCM, aborda os processos que afetam o planejamento e otimização da produção e os sistemas de logística de transportes;

- b) *Customer Relationship Management* – CRM, que está diretamente relacionado com a área comercial de uma dada empresa, pois visa integrar vendas, marketing e serviços de forma estratégica;
- c) *Supplier Relationship Management* – SRM, significa Gestão de Relacionamento com Fornecedores, cujo principal objetivo é gerenciar de forma eficaz os processos entre a empresa e seus fornecedores;
- d) *Product Lifecycle Management* – PLM, é o sistema responsável pelo gerenciamento do ciclo de vida do produto, ou seja, o produto pode ser gerenciado desde sua concepção até o descarte fechando assim um ciclo 360°. Assim, os PLM são desenvolvidos com o intuito de integrar os dados de um determinado produto aos processos e sistemas de negócio. Os PLMs estão sendo incorporados pelos processos dos ERPs;
- e) *Workflow* e Gestão Eletrônica de Documentos – GED, onde o objetivo é auxiliar o fluxo de informações na cadeia de suprimentos;
- f) *Business Intelligence (BI)* e *Analytics*, que consiste em um processo que coleta, armazena, monitora e compartilha dados, de forma inteligente para fornecer análises que auxiliam na gestão da empresa. Para isso, utilizam-se lógicas de organização de indicadores de desempenho. Seu objetivo é alcançar melhorias no longo prazo para os negócios;
- g) *Knowledge Management Systems* – KMS, também conhecido como gestão do conhecimento, procura identificar, estruturar e gerir o conhecimento explícito. Além disso, com o desenvolvimento do KMS, procura-se capturar também o conhecimento tácito, ou seja, aquele conhecimento que é inerente às habilidades de uma pessoa;
- h) *Enterprise Resource Planning* – ERP, utilizado para gerenciamento de recursos na construção civil.

O ERP, que traduzido para português quer dizer: Planejamento dos Recursos da Empresa, representa uma série de atividades gerenciadas por um software para a gestão de processos ou sistema de gestão empresarial. A escolha da nomenclatura dos ERPs de “software” ou “plataforma” segue as escolhas dos desenvolvedores.

Seu principal objetivo é facilitar o fluxo de informações e atividades de maneira integrada e organizada para otimizar a tomada de decisões dentro de uma empresa. Dentre os principais benefícios relacionados a utilização de um ERP para construção civil estão:

- a) Redução de estoques;
- b) Redução de pessoal;
- c) Aumento de produtividade;
- d) Redução de tempo de tarefas;
- e) Redução de custos;
- f) Melhoria em processos de suprimentos;
- g) Melhoria na gestão de caixas.

5.6.1. Software Agilean TM

Segundo o Portal B2B Stack (2022), responsável por avaliar e comparar diversos softwares disponíveis para auxiliar profissionais brasileiros na escolha dos softwares mais adequados para suas áreas, o Agilean é uma ferramenta automatizada de gerenciamento de fluxo de trabalho SaaS Enterprise baseada em AI e PNL para pequenas e médias empresas de TI que se ajustam a diferentes níveis de planejamento (linhas verticais).

Desenvolvido pela Agilean Solutions, é uma ferramenta personalizável e fácil de usar, capaz de definir seu processo de fluxo de trabalho Kanban automatizado em 2 minutos.

A ferramenta apresenta-se como a integração do Lean e do Agilean, permitindo o planejamento, execução, monitoramento, controle e aprendizado, ou melhoramento contínuo do projeto para uma variedade de softwares e outros projetos verticais do setor.

5.6.2. Plataforma SIENGE TM

Conforme informações disponibilizadas pela própria plataforma, o SIENGE é um software de gestão criado pela Softplan em 1990, a mesma atualmente, além deste, oferece mais quatro produtos que são: SAJ (Sistema de Automação da Justiça); SIDER (Solução para a área de transportes e obras de infraestrutura); SOLAR (ERP para Gestão Pública); SAFF (Gestão de Projetos com financiamento do BID/BIRD), sendo a Plataforma SIENGE TM direcionado especialmente para a indústria da construção civil.

Através de sua utilização, é possível ter o controle geral das obras em andamento. A partir da disponibilidade de informações em tempo real, as decisões podem ser tomadas rapidamente, reduzindo os custos e aumentando a produtividade.

O programa tem como objetivo padronizar processos, estabelecer rotinas, evitar retrabalhos e reduzir os custos na administração das construções e das empresas de construção civil. Com o sistema, a empresa pode gerenciar os processos de forma totalmente integrada, otimizando o trabalho e agregando diferencial competitivo ao seu negócio. Estes objetivos são alcançados por meio de cinco módulos que compõe o programa, que são: gerencial, comercial, financeiro, suprimentos e engenharia. Pode-se visualizar melhor os cinco módulos e seus sistemas (BELTRAME2007).

O ERP para construção civil permite acesso à todas as informações relacionadas aos projetos, desde o canteiro de obras até o departamento financeiro. Suas funcionalidades permitem:

- a) Acompanhar a evolução do projeto por meio de indicadores como “Orçado *versus* Realizado” e o cronograma Físico Financeiro em tempo real;
- b) Aumentar o controle de custos com a gestão de estoque;
- c) Gerenciar a mão de obra e acompanhar diferentes canteiros de obra ao mesmo tempo.

Os módulos que compõe o SIENGE e seus sistemas são interligados entre si, proporcionando uma melhor produtividade, pois a informação colocada dentro do programa é aproveitada em vários sistemas, evitando os retrabalhos.

O mesmo aborda o processo da construção civil de forma integrada, abrangendo desde a pesquisa de mercado, vendas de imóveis, elaboração de orçamentos, planejamento de obras, acompanhamento de obras, estoque, até a gerência comercial e financeira de uma empresa de Construção Civil, proporcionando desta forma a racionalização de tempo, materiais e custos, identificando desvios para que medidas corretivas possam ser tomadas em tempo hábil (SOFTPLAN/POLIGRAPH, 2005).

O Módulo Engenharia contempla um grande cadastro de insumos e serviços como sugestão, possibilitando a inclusão, alteração e exclusão dos mesmos. Com base neste cadastro, torna-se possível a elaboração de orçamentos e planejamentos, assim como acompanhar a execução da obra através de medições dos serviços executados (SOFTPLAN/POLIGRAPH, 2005). Este módulo é formado pelos seguintes sistemas:

- a) Sistema de Custos Unitários: Nele são definidos os agrupamentos de insumos em famílias e grupos. Neste sistema também é possível fazer atualização de preços dos

insumos, através de indexadores, percentuais e informações de compras, entre outras. A definição de serviços e composições é muito flexível, permitindo inclusive que serviços sirvam de insumo (serviços básicos) para outros serviços;

- b) Sistema de Orçamento de Obras: Possuindo muitos recursos que simplificam e agilizam a tarefa de orçar. É possível copiar orçamentos entre obras e/ ou unidades construtivas, definir BDI diferenciado por serviço ou família de insumos, emitir variadas listas de insumos, curvas ABC e planilhas orçamentárias sintéticas ou analíticas;
- c) Exportação e Importação de Orçamentos: Visa exportar e importar orçamentos completos entre bases do SIENGE. Com isso os orçamentos elaborados em um SIENGE podem ser exportados para um arquivo e importados em outro SIENGE de forma prática e fácil. A importação adiciona dados da planilha do orçamento, composições dos serviços, insumos de obra e, opcionalmente, o planejamento da obra;
- d) Sistema de Planejamento de Obras: Neste, são definidos os cronogramas para a execução do orçamento. A partir disso, podem ser obtidos cronogramas financeiros, necessidades de compras e dimensionamento de equipes. A integração com o MS Project fornece recursos para uma programação ainda mais detalhada;
- e) Sistema de Acompanhamento de Obra: Permite controlar a execução de uma obra através de registros de medições e emissão de relatórios comparativos entre o planejado e realizado que permitem identificar e corrigir atividades atrasadas;
- f) Sistema de Normas e Procedimentos de Execução: Permite implantar os conceitos de padronização, qualidade total e melhoria continua nas obras. Pode servir como um feedback sobre as composições utilizadas, deixando-as cada vez mais adaptadas às realidades da empresa.

Outros principais módulos utilizados por empresas da construção civil com suas definições e sistemas, foram listados na tabela 5 de acordo com BELTRAME (2007), segundo a SOFTPLAN/POLIGRAPH (2005).

Tabela 5 - Módulos do SIENGE

Módulo suprimentos	
O módulo de suprimentos contempla o processo de gestão de materiais das obras. Por estar integrado aos módulos de engenharia e financeiro, tarefas como a identificação de necessidade de compra a partir do	a) Sistema de Administração de Compras; b) Sistema de Gerenciamento de Estoque;

planejamento da obra e a atualização de contas a pagar referentes a ordens de compra, notas fiscais e transferências de estoque entre obras são realizadas automaticamente. Além disso, este módulo permite o registro e acompanhamento de contratos com empreiteiros, fornecedores e outros.

- c) Sistema de Contratos e Medições;
- d) Sistema de Cotação pela WEB.

Módulo comercial

Voltado para o gerenciamento das vendas de imóveis. Seus recursos vão desde a prospecção até o registro do negócio através do lançamento de contratos com a atualização automática do Contas a Receber da Empresa. Neste módulo, mantém-se controle total sobre a carteira de clientes e o estoque de unidades (imóveis).

- a) Sistema de Vendas;
- b) Sistema de Prospecção.

Módulo financeiro

Está preparado para gerenciar toda a atividade financeira necessária às empresas de construção civil. As informações de outros módulos são refletidas automaticamente no Financeiro. Isso significa produtividade, redução de erro, além de controle da Empresa como um todo.

- a) Sistema de Contas a Receber;
- b) Sistema de Contas a Pagar;
- c) Sistema de Caixa e Bancos;
- d) Sistema de Integração Contábil;

Módulo gerencial

Disponibiliza a visão gerencial das informações contidas no SIENGE. Permite a consolidação das informações, acompanhamentos e análises financeiras de cenários passados e futuros. As informações podem ser acompanhadas em diversos níveis: grupo de empresa, projeto, tipo do negócio, empresa, área de negócio e centro de custo.

- a) Sistema Gerencial Financeiro;
- b) Sistema Gerencial de Obras;
- c) Sistema Gerencial de Imagens;
- d) Sistema de Orçamento Empresarial.

Fonte: Autor (2022)

Outra função é auxiliar na manutenção do fluxo de caixa consolidado, mostrando todas as previsões de contas a pagar e receber, economiza seu tempo e dinheiro, organizando processo de compras de materiais e gerando relatórios gerenciais.

Outro ponto importante relacionado ao SIENGE é o fato dele funcionar inteiramente na rede. Isso significa que é possível acessá-lo em qualquer dispositivo conectado.

5.6.3. Software Prevision TM

A ferramenta se propõe a organizar todos os processos da obra, tendo maior previsibilidade sobre o que pode acontecer com o projeto desde o planejamento da obra até suas medições e acompanhamento obedecendo as regras e metodologia de Construção Enxuta.

Facilitando a elaboração do planejamento, onde o usuário pode usar o histórico de suas obras anteriores para desenvolver o planejamento, dando também aos colaboradores acesso à essa etapa promovendo a interdisciplinaridade, resultando em um levantamento com maior fidelidade aos processos reais e em caso de replanejamento, o engenheiro consegue refazer o planejamento em poucas horas. A partir da construção do planejamento, é possível estruturar o cronograma de obras, pensando estrategicamente em cada etapa e suas necessidades.

Adotando-se a técnica da Linha de Balanço, o gestor consegue ter uma visualização mais clara dos impactos das atividades para cada fase. Com ela, o avanço da obra é atualizado automaticamente no cronograma da obra, ou seja, o atraso em uma tarefa impacta diretamente na condução de outra e o engenheiro tem essa informação consultando a *dashboard*³ da plataforma.

O ERP Prevision oferece à construtora opções que permitem fazer medições com mais precisão e agilidade. Dessa forma, a cada entrega de serviço, o próprio mestre de obras pode atualizar as informações dentro do aplicativo. Os dados são enviados para a plataforma em tempo real, que atualiza as informações do cronograma.

Por último, é possível importar o cronograma feito em Gantt e transformá-lo em Linha de Balanço, garantindo ao gestor uma visualização simplificada dos fluxos e ritmos da obra; saber o que vai ser realizado, quando e onde; manter a uniformidade na entrega dos serviços; reduzir a ociosidade, aumentando a produtividade; otimizar o uso dos recursos e diminuir o tempo de duração do projeto com a alocação dos recursos.

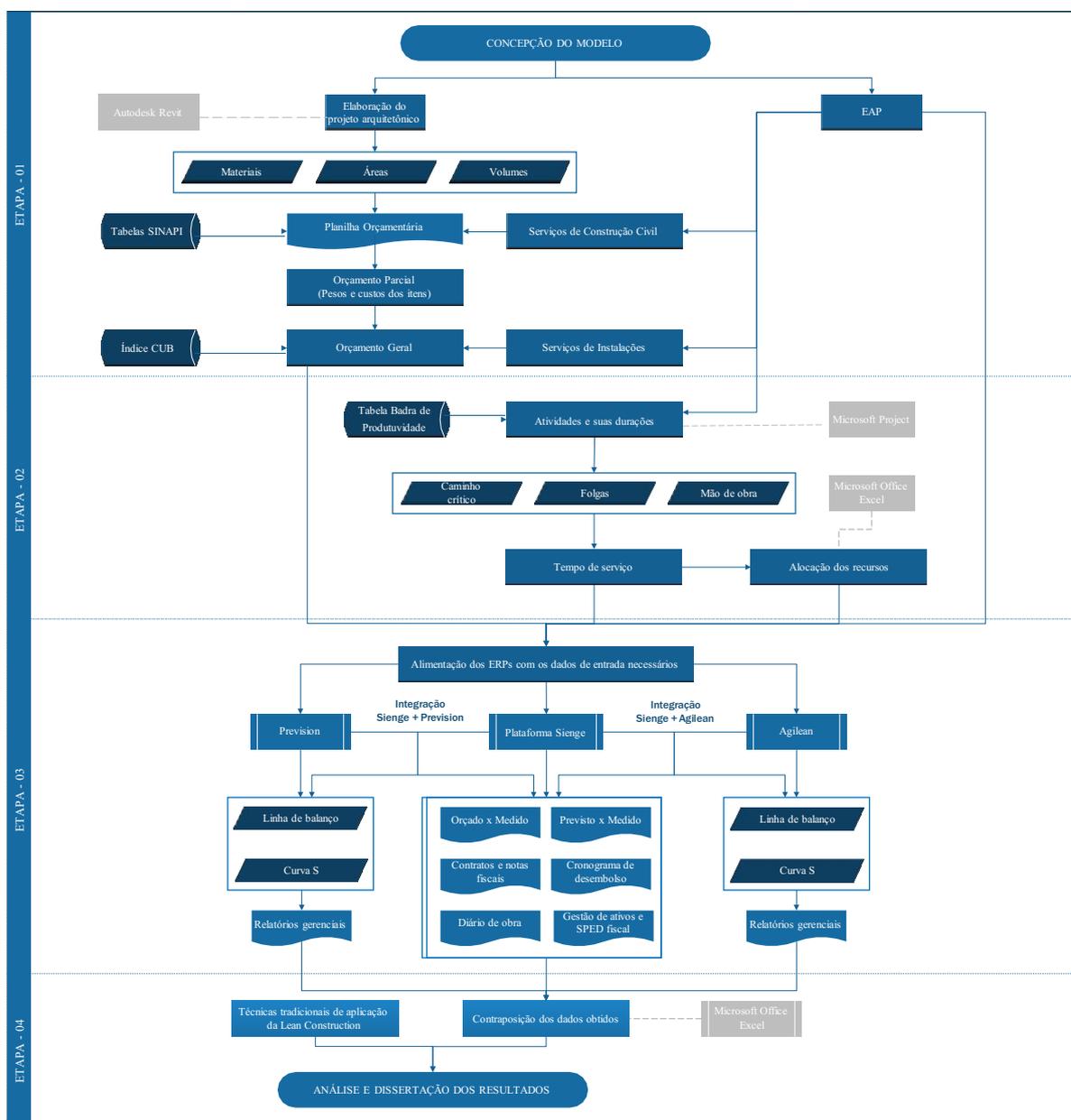
³ “*Dashboard* é a apresentação visual das informações mais importantes e necessárias para alcançar um ou mais objetivos de negócio, consolidadas e ajustadas em uma única tela para que a informação possa ser monitorada de forma ágil” (FEW, 2021).

A partir de um cronograma visual, o gestor consegue saber onde começa cada tarefa e quais são as folgas entre as atividades. Essas informações vão ajudar o gestor a entender quando e onde é possível eliminar as folgas para otimizar os prazos de entrega. (BEDIN at al., 2021).

6. MATERIAIS E MÉTODOS

O estudo comparativo entre os princípios do *Lean Construction* e os sistemas integrados de gestão (ERP), sendo eles o Agilean, a Plataforma Sienge e o Prevision, foi desenvolvido em quatro etapas, na figura 10 estão identificadas as etapas e processos.

Figura 10 - Fluxograma dos procedimentos e metodologia de trabalho



Fonte: Autor (2022).

6.1. Etapa 01 - Modelagem e geração dos dados iniciais

Na primeira etapa, para o estudo de caso, foi feito o levantamento de custos de uma edificação residencial hipotética projetada de acordo com as normas regulamentadoras vigentes e códigos sanitários e construtivos do Estado da Paraíba – PB, para uma possível aprovação do alvará de construção em uma prefeitura municipal, tendo como exemplo a Prefeitura Municipal de João Pessoa.

A concepção, dimensões, materiais utilizados e índices de consumo foram aplicados no software Autodesk Revit 2022 versão estudantes, o qual modelou e processou as listas dos materiais utilizados, áreas e volumes dos ambientes e elementos constituintes. Os valores dos insumos foram retirados da tabela SINAPI – Sistema Nacional de Pesquisa de Custos e Índices da Construção Civil (Caixa Econômica Federal), com base nos preços cotados em fevereiro de 2022.

De posse dos dados obtidos pela plataforma BIM, seguiu a criação do orçamento sintético utilizando o software Microsoft Office Excel 2019, através da composição de uma planilha orçamentária sintética para os projetos arquitetônicos e estruturais, a qual retornou com o valor dos serviços, o valor total dos projetos e seus respectivos pesos, foram listados e verificada a conformidade com os valores esperados com base nos dados expostos tabela 6, que apresenta a estimativa de custos para cada etapa de uma obra e o seu peso no orçamento, dado em porcentagem do total.

Tabela 6 – Variação do custo de cada serviço no valor final

ETAPA	VARIAÇÃO DO CUSTO
Projetos e aprovações	5% a 12%
Serviços preliminares	2% a 4%
Fundações	3% a 7%
Estrutura	14% a 22%
Alvenaria	2% a 5%
Cobertura	4% a 8%
Instalação hidráulica	7% a 11%
Instalação elétrica	5% a 7%
Impermeabilização/isolamento térmico	2% a 4%
Esquadrias	4% a 10%
Revestimento e acabamentos	15% a 32%
Vidros	1% a 3%
Pintura	4% a 6%
Serviços complementares	Até 1%

Fonte: Ribeiro, Fleury e Castanheiro (2016), adaptado

Não foram realizados os detalhamentos técnicos dos projetos de instalações, pois os mesmos não são requisitados para liberação da construção de uma residência padrão, porém baseado nos valores encontrados para os serviços preliminares, fundações, estrutura, alvenaria, cobertura, impermeabilização, esquadrias, revestimentos e acabamentos foi possível determinar uma linha de tendência que retornou com os orçamento geral previstos para os projetos complementares, necessários para a orçamentação do modelo.

Devido à ausência da taxaço do BDI na planilha orçamentária sintética, pois este diverge de empresa para empresa, e afim de verificar a confiabilidade das composições utilizadas, foi utilizado o sistema de Custo Unitário Básico (CUB), no qual foi encontrado o valor médio por metro quadrado de uma edificação residencial ou comercial, seja ela de baixo, médio (normal) ou alto padrão.

A tabela 7 foi retirada do portal do Sinduscon/JP e apresenta os valores com ou sem desoneração, para edificações residenciais, sendo a denominação de cada tipo de residência padronizada pela norma ABNT NBR 12.721:2006 - CUB 2006, sendo: (R1) uma residência unifamiliar, (R8 e R16) residências multifamiliares, (PP-4) um prédio popular, (PIS) como projeto de interesse social e (RP1Q) uma residência popular.

Tabela 7 – Preço médio do m² de residências por padrão de acordo com o índice CUB

Padrão Baixo	R\$/m² CUB	R\$/m² CUB Desonerado	Padrão Normal	R\$/m² CUB	R\$/m² CUB Desonerado	Padrão Alto	R\$/m² CUB	R\$/m² CUB Desonerado
R-1	1104,99	1039	R-1	1335,82	1243,95	R-1	1.614,36	1.514,66
PP-4	989,69	934,19	PP-4	1232,16	1150,92	R-8	1.303,13	1.226
R-8	941,69	889,53	R-8	1081,11	1008,08	R-16	1.377,81	1.291,14

PIS	724,22	679,27	R-16	1046,09	975,82
------------	--------	--------	-------------	---------	--------

RP1Q	1.163,25	1.075,2
-------------	----------	---------

Fonte: Sinduscon/JP (2022)

6.2. Etapa 02 – Composição do cronograma e alocação dos recursos

Com a planilha orçamentária alimentada e finalizado seu processamento, a segunda etapa tratou da inserção dos dados e os serviços totais discretizados no Microsoft Project para obtenção do tempo de serviço, frentes de trabalho, mão de obra necessária e todas as informações necessárias para a realização do planejamento básico, em seguida, as informações obtidas retornaram para o Microsoft Office Excel onde foi realizada a alocação dos recursos disponíveis.

6.3. Etapa 03 - Inserção dos dados nos ERPs

Na terceira etapa, com os recursos agora alocados e em posse das informações obtidas nas etapas anteriores, foi realizada a inserção dos dados nos sistemas de gestão de planejamento de obras (ERPs), conforme foram solicitadas para alimentação dos sistemas.

6.3.1. Software Agilean™

Iniciando pelo Agilean, a aplicação dos dados ocorreu de forma manual, iniciando no menu “Tipologia” onde foram inseridos os lotes de produção no botão “Adicionar local” para gerar os locais e sublocais onde o planejamento ocorre.

Em seguida foram atribuídas as datas de início e término as quais, os criadores da ERP, recomendam que as datas inseridas sejam as mesmas do planejado para início e término geral da obra, e o “pulmão” que indica a folga ou incerteza nas datas, estas medidas em dias.

Em seguida, seguindo o menu “Rede”, foram alterados o nome do diagrama e criados o conjunto de redes de procedência, onde é representado o desenvolvimento das tipologias em

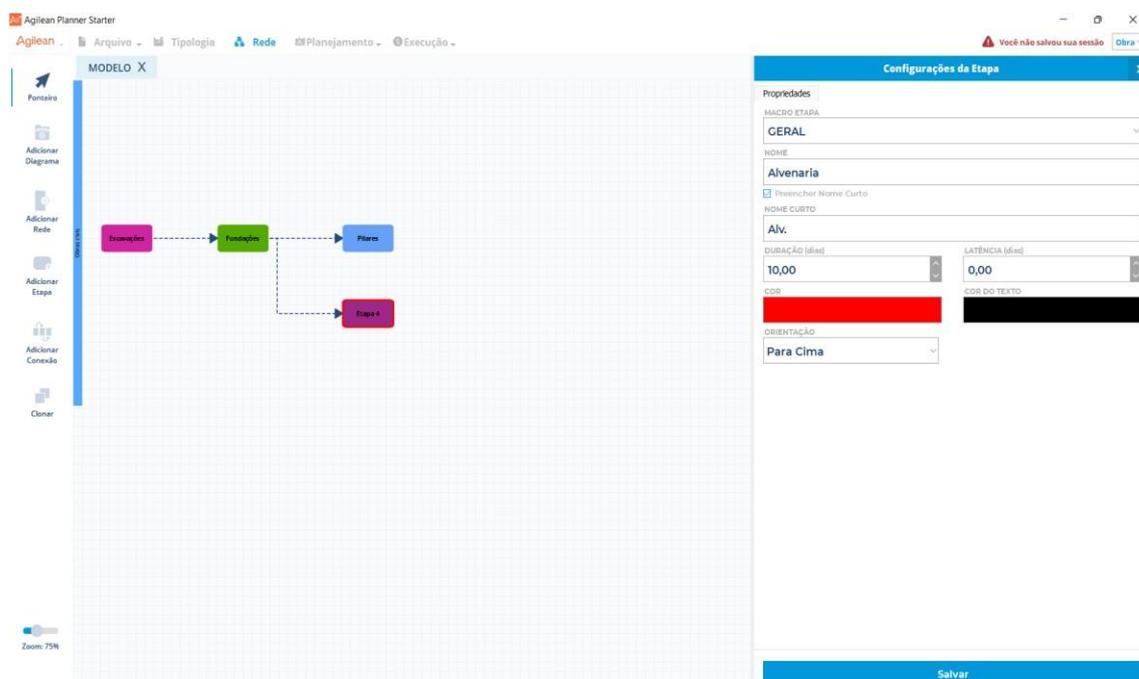
forma de EAP, sendo necessário para tanto, adicioná-las uma por vez, alterando suas propriedades.

A figura 11 foi obtida a partir do Agilean Planner Starter, versão gratuita do software, e apresenta a interface do programa, o processo de criação das etapas (ou serviços) e das conexões entre elas, bem como a caixa de configurações da etapa onde é feita a implantação de cada um dos dados por unidade de serviço criada, após isso, para cada inserção de informações é necessário salvar para aplicar as modificações.

Criadas as redes de precedência, oriundas da EAP, para cada pavimento ou unidade tipológica, as conexões entre elas e definidos os períodos de latência entre uma etapa e a seguinte, foi gerada a Linha de Balanço através do menu “Planejamento”, seguido do comando “Adicionar linha”, organizando-a em seguida com o botão “Fluxo” que organiza a linearidade da linha de balanço, obedecendo ao conceito do fluxo contínuo.

Os ajustes no tempo de duração de uma atividade podem ser feitos abrindo as propriedades ou arrastando o limite direito que indica o término da mesma para uma posição temporalmente anterior ou posterior à data prevista para o término, esta ação desencadeia uma mudança nas atividades sucedentes.

Figura 11 - Interface do Agilean e processo de criação de etapa



Fonte: Autor (2022)

A criação da curva S também foi processada de forma manual, selecionando cada uma das atividades presentes na linha de balanço e atribuindo os custos, em seguida, novamente no menu “Planejamento” e o botão “Atualizar” produziu uma tabela na qual é indicado o valor até o momento despendido e o botão “Gráfico” apresenta as previsões de valores em cada mês.

A versão gratuita do Agilean, denotada pelos organizadores do software como “*freemium*”, não possui limite de uso quanto ao tempo, porém limitações como a análise de uma única obra por seção, a ausência de conectividade com os demais dispositivos e a impossibilidade de geração de relatórios, reduzem sua funcionalidade em comparação à versão oficial.

6.3.2. Plataforma SIENGE™

A plataforma não possui uma versão de teste, sendo necessário um agendamento de uma demonstração, porém sua proprietária, a Softplan/Poligraph, uma empresa especializada em planejamento e desenvolvimento de sistemas informatizados, disponibilizou um treinamento específico do software, onde é liberado uma versão de teste com um dos módulos liberados, sendo esse direcionado para a área de interesse do aluno.

Na plataforma, o processamento dos dados de uma obra pode ser importado do modelo arquitetônico, através da integração com BIM, extraindo tabelas prontas que podem ser trabalhadas no SIENGE sem necessitar de outros softwares de processamento como Microsoft Office Excel.

Antes da inserção dos dados de uma obra foi necessário completar e atualizar o banco de dados do SIENGE, tanto os insumos como as composições unitárias dos diversos serviços que compunham uma obra. Conforme orientação dos organizadores, foi realizada a revisão das composições unitárias, utilizando a tabela SINAPI da Caixa Econômica Federal – por ser uma fonte oficial para precificação de itens e serviços – para a obtenção de um orçamento preciso e confiável.

Para cadastrar uma nova obra no SIENGE, como em todas as demais funcionalidades, uma janela foi aberta com campos a serem preenchidos, sendo alguns obrigatórios como, por exemplo, código, nome da empresa, e cidade. Nesta primeira janela foi escolhido o tipo de registro: somente obra, somente centro de custo, obra e centro de custo ou centro de custo associado a obra.

Depois de cadastradas com o tipo de registro Somente Obra ou Obra e Centro de Custo, pode-se ter apropriações de obra, ou seja, lançamento de custos de compras, contratos e títulos do sistema contas a pagar para itens do orçamento.

Em “Situação de Obra” há quatro opções, que são:

- a) Orçamento: É possível utilizar esta obra somente no módulo de engenharia, sendo usado principalmente para análise de novas obras, como foi o caso trabalhado.
- b) Em andamento: É possível utilizar esta obra em qualquer Módulo do SIENGE.
- c) Encerrada com pendências financeiras: Não será possível utilizar esta obra em nenhum módulo do SIENGE para novos cadastros. Somente será possível utilizá-la em algumas consultas e relatórios.
- d) Encerrada sem pendências: Não será possível utilizar esta obra em nenhum módulo do SIENGE para novos cadastros. Somente será possível utilizá-la em alguns relatórios gerenciais.

A figura 12 apresenta uma captura da interface do SIENGE para cadastro de novas obras, realizado através do módulo “Apoio”.

Figura 12 - Interface do SIENGE no cadastro de novas obras



Fonte: Autor (2022)

Para a realização do planejamento, a primeira providência após concluído o lançamento dos quantitativos na planilha de orçamento foi a exportação dos dados do SIENGE para o MS

Project. Após todos ajustes de formatação no MS Project, foi importado o planejamento de volta para o SIENGE para, assim, efetuar o controle do empreendimento, fazendo uso dos relatórios que o SIENGE oferece como: cronograma físico/financeiro, cronograma de desembolso, necessidade de insumos, dentre outros.

Com a importação do planejamento já elaborado ao SIENGE, pode-se fazer uso dos relatórios disponibilizados pelo programa, para tanto, três foram utilizados.

- a) Relatório de cronograma físico financeiro: Com ele pode-se visualizar quanto será realizado e quais serão os custos em um determinado período. Pode-se escolher o nível de detalhamento, desde serviços até a unidade construtiva.
- b) Relatório de equipe necessária: Neste, é disponibilizado o número da equipe de mão-de-obra necessária por mês, detalhando os diversos tipos de profissionais.
- c) Relatório de insumos necessários: Com este relatório, é possível efetuar uma programação de compra de insumos detalhada, pois nele é apresentado a necessidade de insumos a cada dia decorrido.

Um ponto em destaque é a possibilidade de integrar a plataforma com mais de 30 softwares, sites e plataformas, chamados de APIs (Interfaces de Programação de Aplicação), permitindo a aquisição de informações de outras fontes de informações e sistemas de gerenciamento ao SIENGE, como o Agilean e Prevision.

6.3.3. Software Prevision TM

A versão de teste foi oferecida gratuitamente por um período de teste de 7 dias corridos, com restrições, sendo disponibilizados tutoriais e central de ajuda, garantindo melhor ciência do usuário às funcionalidades do programa.

Também foi possível acessar a versão em aplicativo para dispositivos móveis, onde os serviços listados puderam ser acessados em campo e realizar medições, acompanhamento fotográfico, adicionar observações, atrasos e o histórico de progresso, bem como visualizar atividades futuras.

O processamento da ERP para geração da linha de balanço e a curva S foi feito de forma automatizada, ao importar uma planilha pronta do Microsoft Project para a plataforma que a processa gerando os dados. Para tanto, a equipe do Prevision disponibiliza três planilhas de MS Project completas como “*template*”, modelo que foi seguido para inserção.

Após exportar a planilha para a plataforma, foi exibida a linha de balanço, nela sendo possível alterar as datas de início, término, relocal e alterar as durações das atividades ao tocar nos limites ou no centro da linha que representa a atividade na linha de balanço.

No menu “*Dashboard*” do software estão apresentados os gráficos da curva S, como uma linha contínua que apresenta o andamento do projeto no decorrer do tempo, e de custos, em forma de três barras para os custos de base, previstos e o realizado, bem como os resumos das medições realizadas, todos eles sendo automaticamente atualizados conforme são realizadas medições no aplicativo.

6.4. Etapa 04 - Elaboração dos resultados

Na última etapa foi feita a comparação dos resultados obtidos dos sistemas de gestão de planejamento de obras (ERPs), em seus modos de atuação e suas conformidades com os princípios da *lean construction* de Koskela (1992) e às formas de atuação dos sistemas tradicionais de implementação da Construção Enxuta no gerenciamento de projetos (Seis Sigma, Ciclo PDCA, Programa 5S, Cinco “Por quês” e a Técnica 5W2H).

Para tanto, os resultados obtidos pelos ERPs foram comparados e elencados nos principais pontos que correspondem às metodologias da *lean construction* em uma tabela no Microsoft Office Excel, distribuídos no eixo vertical os pontos analisados e no eixo horizontal as três ERPs estudadas, mais os resultados das integrações do SIENGE com o Agilean e com o Prevision.

As características atendidas então foram marcadas com diferentes pontuações – sendo “0” atribuído a funções não atendidas, “1” para funções pouco atendidas e “2” para funções atendidas – alterando a cor da célula correspondente ao encontro das características com o método de gerenciamento (ERP, suas integrações e metodologias tradicionais), em seguida o total de células marcadas foi contabilizado, expondo o percentual de atendimento das formas de gerenciamento de obras às características listadas. A tabela 8, apresenta as 35 práticas gerenciais analisadas e o princípio ao qual elas estão vinculadas.

Tabela 8 – Princípios de Koskela e suas respectivas práticas gerenciais adotadas

Princípios	Práticas gerenciais
Reduzir as atividades que não agregam valor	Redução da logística
	Mão de obra ociosa
Aumentar o valor do produto através da consideração das necessidades do cliente.	Tempo de espera por material
	Intercomunicação com clientes
Reduzir a variabilidade	Processos relacionados com fornecedores
	Na execução do próprio processo
	Na demanda de clientes
	Nas demandas internas
Reduzir o tempo do ciclo de produção	Entrega mais rápida do empreendimento ao cliente
	Facilidade de implementação de dados
	Maior facilidade no planejamento de futuros empreendimentos
	Maior flexibilidade
Simplificar através da redução do número de passos ou partes	Operação simplificada para acesso de todas as partes interessadas
	Introdução de elementos pré-fabricados
	Inserção de equipes polivalentes
	Inserção de múltiplas células de produção
Aumentar a flexibilidade na execução do produto	Opção por redução do tamanho dos lotes de produção até próximo à demanda
	Reduzir a dificuldade de <i>setups</i> e mudanças
	Tecnologia que possibilite customização sem grandes ônus
Aumentar a transparência do processo	Para clientes
	Para a administração
	Para colaboradores
	Curva S de custos
Focar o controle no processo global (integração em diferentes níveis)	Linha de balanço
	Uso de ferramentas estatísticas
	Planejamento de longo prazo

	Planejamento de médio prazo
	Planejamento de curto prazo
Introduzir melhoria contínua no processo	Estabelecimento de metas
	Redução do estoque
	Apresentação de propostas entre as partes para atingir metas
	Caixa de sugestões
	Premiação pelo cumprimento de tarefas e metas
Manter o equilíbrio entre melhorias nos fluxos e nas conversões	Permite observar os processos e analisar o que pode ser melhorado
Referenciais de ponta (Benchmarking)	Identificação de boas práticas

Fonte: Autor (2022)

Variando os pontos de 0 a 2 para métodos que não atendem às práticas de gestão elencadas aos que conseguem atender plenamente, respectivamente. Sendo, portanto, definida uma pontuação máxima de 70 pontos, o que equivale à uma plena conformidade com os princípios da *Lean Construction*.

Por último, os resultados foram analisados, verificando o quanto os ERPs em estudo estão em conformidade com a metodologia, para auxiliar na tomada de decisão, verificando qual deles se adequa de forma mais eficiente aos interesses de uma construtora e auxiliando na agilização dos processos de implementação da *Lean Construction* em empresas e canteiros de obra, otimizando assim os serviços necessários à prática do gerenciamento de obras.

7. RESULTADOS E DISCUSSÕES

7.1. Modelagem do 3D BIM

De acordo com a ABNT NBR 12.721:2006, a construção modelo foi classificada como R-1A de alto padrão, possuindo área total 404,30 m² em um terreno de 290 m², constando com pavimentos térreo, superior e cobertura.

O pavimento térreo é subdividido em garagem, sala de vivência, cozinha, áreas de serviço e *gourmet*. O pavimento superior, por sua vez, subdivide-se em escritório, varanda, sala comunal, dois quartos e banheiro comum, além de *suíte master*, com banheiro e armário. No

último pavimento encontra-se a cobertura constituída de madeiramento, telhas cerâmicas do tipo canal, áreas de laje impermeabilizada e torre para reservatório superior.

A figura 13 representa, o projeto em planta baixa do primeiro (a) e segundo piso (b), e na figura 14 pode ser visualizada isométrica para o modelo. As plantas baixas dos pavimentos térreo e superior do modelo podem ser visualizadas no Apêndice A e B, respectivamente, enquanto perspectiva e cortes estão representados no Apêndice C.

Figura 13 - Representação em planta baixa do primeiro (a) e segundo (b) pavimento



Fonte: Autor (2022)

Figura 14 - Representação em perspectiva do projeto base



Fonte: Autor (2022)

Finalizado o modelo arquitetônico, foram extraídos os dados de áreas, perímetros e matérias. A tabela 9 é um exemplo de uma das tabelas extraídas do Autodesk Revit. A inclusão de múltiplas disciplinas ao modelo configura a formação do 3D BIM.

Tabela 9 - Áreas e perímetros dos ambientes

NÍVEL	NOME	ÁREA (m ²)	PERÍMETRO (m)
Pavimento térreo	Cozinha	12,89	17,62
	Escada	9,44	12,39
	Garagem	28,17	21,52
	Sala de Vivência	40,55	36,68
	Área de Serviço	4,31	8,37
	Área Gourmet	26,13	23,51
Pavimento superior	Closet	7,15	11,28
	Escritório	9,65	13,22
	Quarto I	9,72	12,57
	Quarto II	9,01	12,64
	Sala	32,25	34,73
	Suíte Master	18,17	17,23
	Varanda	17,7	16,87
	WC Master	10,6	13,14
WCS	4,35	9,29	

Fonte: Autor (2022)

7.2. Orçamentação do projeto

Na segunda etapa, os serviços necessários para execução foram listados e seguiram para o software Microsoft Office Excel onde, através de uma planilha orçamentária sintética, foram inseridos na forma de itens para execução do modelo e seus valores unitários conforme listados na Tabela SINAPI, referente ao mês de fevereiro de 2022, em seguida foram inseridas as quantidades de cada tipo de serviço, extraídas dos quadros e tabelas gerados após a modelagem do 3D BIM.

Conforme o algoritmo presente na planilha, a partir dos dados de entrada foram calculados os valores totais para cada item, o valor total da soma de todos os itens presentes e o peso individual de cada um no valor total, conforme exposto na figura 15.

Figura 15 - Planilha orçamentária sintética do projeto base

PLANILHA ORÇAMENTÁRIA									
Obrá: MODELO BASE - TCC		DATA: 19/01/2022		BDI	0%		100,00%		
Local: UFPG - Pombal									
REFERÊNCIAS:									
SINAPI/PB: 02/2022									
LOCALIDADE: 1070 - JOAO PESSOA									
ENCARGOS SOCIAIS (%) HORISTA 85,69 MENSALISTA 48,16									
Planilha Orçamentária Sintética									
Item	Fonte	Código	Descrição dos serviços	Und	Quant.	Valor Unit. sem BDI (R\$)	Valor Unit com BDI (R\$)	Total	Peso (%)
SERVIÇOS PRELIMINARES									
1.1	SINAPI	98458	TAPUME COM COMPENSADO DE MADEIRA. AF_05/2018	M2	22,23	105,38	R\$ 105,38	R\$ 2.342,60	1,02%
1.2	CAGEPA		LIGAÇÃO DE ÁGUA E SANITÁRIO	UN	1	960	R\$ 960,00	R\$ 960,00	0,42%
1.3	SINAPI	101508	ENTRADA DE ENERGIA ELÉTRICA, AÉREA, TRIFÁSICA, COM CAIXA DE SOBREPOR, CABO DE 35 MM2 E DISJUNTOR DIN 50A (NÃO INCLUSO O POSTE DE CONCRETO). AF_07/2020_P	UN	1	2022,6	R\$ 2.022,60	R\$ 2.022,60	0,88%
1.4	SINAPI	99061	LOCAÇÃO COM CAVALETE COM ALTURA DE 0,50 M - 2 UTILIZAÇÕES. AF_10/2018	UN	8	82,01	R\$ 82,01	R\$ 656,08	0,29%
1.5	SINAPI	98524	LIMPEZA MANUAL DE VEGETAÇÃO EM TERRENO COM ENXADA. AF_05/2018	M2	313,44	2,05	R\$ 2,05	R\$ 642,56	0,28%
COBERTURA									
2.1	SINAPI	98557	IMPERMEABILIZAÇÃO DE SUPERFÍCIE COM EMULSÃO ASFALTICA, 2 DEMÃOS AF_06/2018	M2	26,75	39,91	R\$ 39,91	R\$ 1.067,59	0,46%
2.2	SINAPI	92539	TRAMA DE MADEIRA COMPOSTA POR RIPAS, CAIBROS E TERÇAS PARA TELHADOS DE ATÉ 2 ÁGUAS PARA TELHA DE ENCAIXE DE CERÂMICA OU DE CONCRETO, INCLUSO TRANSPORTE VERTICAL. AF_07/2019	M2	105,8	62,84	R\$ 62,84	R\$ 6.648,47	2,90%
2.3	SINAPI	94198	TELHAMENTO COM TELHA CERÂMICA DE ENCAIXE, TIPO PORTUGUESA, COM MAIS DE 2 ÁGUAS, INCLUSO TRANSPORTE VERTICAL. AF_07/2019	M2	105,8	23,15	R\$ 23,15	R\$ 2.449,27	1,07%
2.4	SINAPI	94227	CALHA EM CHAPA DE AÇO GALVANIZADO NÚMERO 24, DESENVOLVIMENTO DE 33 CM, INCLUSO TRANSPORTE VERTICAL. AF_07/2019	M	17,35	61,01	R\$ 61,01	R\$ 1.058,52	0,46%
2.5	SINAPI	94231	RIFO EM CHAPA DE AÇO GALVANIZADO NÚMERO 24, CORTE DE 25 CM, INCLUSO TRANSPORTE VERTICAL. AF_07/2019	M	47,56	48,22	R\$ 48,22	R\$ 2.293,34	1,00%
FUNDAÇÃO E ESTRUTURA									
3.1	SINAPI	96555	CONCRETAGEM DE BLOCOS DE COROAMENTO E VIGAS BALDRAME, FCK 30 MPA, COM USO DE JERICA LANÇAMENTO, ADENSAMENTO E ACABAMENTO. AF_06/2017	M3	6,14	514,65	R\$ 514,65	R\$ 3.162,01	1,38%
3.2	SINAPI	92413	MONTAGEM E DESMONTAGEM DE FÓRMA DE PILARES RETANGULARES E ESTRUTURAS SIMILARES, PÉ-DIREITO SIMPLES, EM MADEIRA SERRADA, 4 UTILIZAÇÕES. AF_09/2020	M2	51,20	96,07	R\$ 96,07	R\$ 4.918,78	2,14%
3.3	SINAPI	92761	ARMAÇÃO DE PILAR OU VIGA DE UMA ESTRUTURA CONVENCIONAL DE CONCRETO ARMADO EM UM EDIFÍCIO DE MÚLTIPLOS PAVIMENTOS UTILIZANDO AÇO CA-50 DE 8,0 MM - MONTAGEM. AF_12/2015	KG	174,43	14,55	R\$ 14,55	R\$ 2.537,99	1,11%
3.4	SINAPI	92762	ARMAÇÃO DE PILAR OU VIGA DE UMA ESTRUTURA CONVENCIONAL DE CONCRETO ARMADO EM UM EDIFÍCIO DE MÚLTIPLOS PAVIMENTOS UTILIZANDO AÇO CA-50 DE 10,0 MM - MONTAGEM. AF_12/2015	KG	83,32	13,25	R\$ 13,25	R\$ 1.103,99	0,48%
3.5	SINAPI	92763	ARMAÇÃO DE PILAR OU VIGA DE UMA ESTRUTURA CONVENCIONAL DE CONCRETO ARMADO EM UM EDIFÍCIO DE MÚLTIPLOS PAVIMENTOS UTILIZANDO AÇO CA-50 DE 12,5 MM - MONTAGEM. AF_12/2015	KG	628,95	11,31	R\$ 11,31	R\$ 7.113,48	3,10%
3.6	SINAPI	92764	ARMAÇÃO DE PILAR OU VIGA DE UMA ESTRUTURA CONVENCIONAL DE CONCRETO ARMADO EM UM EDIFÍCIO DE MÚLTIPLOS PAVIMENTOS UTILIZANDO AÇO CA-50 DE 16,0 MM - MONTAGEM. AF_12/2015	KG	344,9508	10,95	R\$ 10,95	R\$ 3.777,21	1,64%
3.7	SINAPI	92718	CONCRETAGEM DE PILARES, FCK = 25 MPA, COM USO DE BALDES EM EDIFICAÇÃO COM SEÇÃO MÉDIA DE PILARES MENOR OU IGUAL A 0,25 M² - LANÇAMENTO, ADENSAMENTO E ACABAMENTO. AF_12/2015	M3	8,0505	534,42	R\$ 534,42	R\$ 4.302,35	1,87%
3.8	SINAPI	93204	CINTA DE AMARRAÇÃO DE ALVENARIA MOLDADA IN LOCO EM CONCRETO. AF_03/2016	M	69,4	55,17	R\$ 55,17	R\$ 3.828,80	1,67%
3.9	SINAPI	101977	MONTAGEM E DESMONTAGEM DE FÓRMA PARA ESCADAS, COM 2 LANCES EM "U" E LAJE PLANA, EM CHAPA DE MADEIRA COMPENSADA RESINADA, 2 UTILIZAÇÕES. AF_11/2020	M2	7,44	233,26	R\$ 233,26	R\$ 1.735,45	0,76%
3.10	SINAPI	102078	ESCADA EM CONCRETO ARMADO MOLDADO IN LOCO, FCK 20 MPA, COM 2 LANCES EM "U" E LAJE CASCATA, FÓRMA EM CHAPA DE MADEIRA COMPENSADA RESINADA. AF_11/2020	M3	1,888	4203,89	R\$ 4.203,89	R\$ 7.936,94	3,46%

Fonte: Autor (2022)

Valores representando os projetos complementares, elaboração de projetos e aprovação na prefeitura foram estimados com base nos valores encontrados para os serviços de obras civis elencados no orçamento sintético. A planilha orçamentária sintética pode ser consultada no Apêndice D.

A tabela 10 apresenta os valores totais e seus respectivos pesos obtidos a partir da orçamentação dos serviços e insumos.

Tabela 10 – Valores totais e pesos obtidos para cada serviço

Descrição dos serviços	Valor (R\$)	Peso (%)
Projeto e aprovação	R\$ 7.961,62	2,0%
Serviços preliminares	R\$ 9.273,29	2,3%
Cobertura	R\$ 18.922,89	4,8%
Fundação e estrutura	R\$ 84.792,45	21,3%
Alvenaria - vedação	R\$ 47.424,41	11,9%
Impermeabilização	R\$ 3.158,53	0,8%
Revestimentos - pisos, paredes e tetos	R\$ 149.724,44	37,6%
Esquadrias	R\$ 8.170,88	2,1%
Instalações elétricas e dados	R\$ 27.843,86	7,0%
Instalações hidráulicas e sanitárias	R\$ 40.852,43	10,3%
Total	R\$ 398.124,80	100%

Fonte: Autor (2022)

Pela orçamentação, foi encontrado um valor total para execução de R\$ 398.124,80, implicando em um total de R\$ 1.559,56 por metro quadrado construído, porém conforme o índice CUB (SINDUSCON - JP, 2021), sendo o modelo é classificado como R1-A (Residência unifamiliar padrão alto), o valor do metro quadrado pode chegar ao valor de R\$ 1.614,36 /m² implicando que a edificação deve ter um custo de aproximadamente R\$ 412.113,82, sendo, portanto, 3,4% maior do que o orçado.

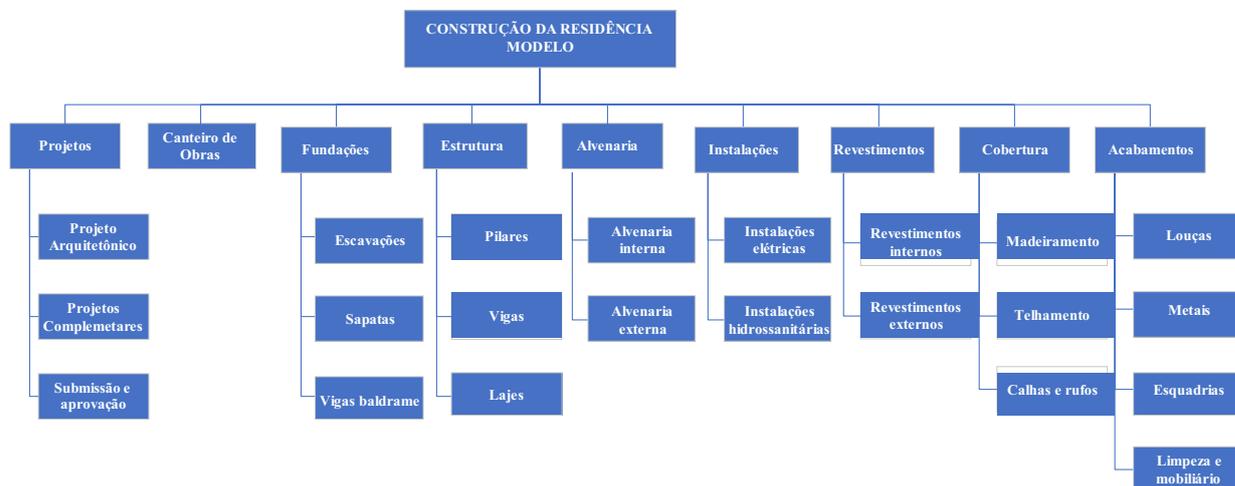
Devida à confiabilidade do resultado obtido pela planilha orçamentária e levando em consideração que é indicado o uso de uma folga orçamentárias devida a ausência da aplicação do BDI, bem como as variações de mercado, foi utilizado o valor final obtido pelo Índice CUB como orçamento total previsto.

7.3. Definição das tarefas e duração das atividades

Para definição das atividades necessárias para realização do empreendimento e como essas seriam subdivididas em partes menores que, a depender do intuito do projetista, podem ser subdivididas em partes ainda menores, foram geradas duas Estrutura Analítica do Projeto (EAPs).

Para a primeira concepção foi escolhida uma conformação mais simples, com serviços divididos em dois a três sub-serviços na forma de árvore de blocos simples, produzida no software Microsoft Visio, sendo apresentada na figura 16.

Figura 16 - EAP em árvore de blocos do projeto



Fonte: Autor (2022).

Na segunda, as atividades foram listadas e pormenorizadas no software Microsoft Project, gerando uma EAP analítica detalhada da obra. A EAP analítica, em seguida, foi exportada para o Microsoft Office Excel, onde através da aplicação dos volumes totais necessários para cada tipo de serviço e dos valores médios de produção da Tabela Badra de Produtividades foi encontrado o tempo de serviço necessário para cada atividade, acrescidos de uma folga em função da imprevisibilidade de uma estimativa preditiva.

A tabela 11, extraída do Microsoft Project, apresenta a forma resumida da EAP analítica, os tempos de duração estimados para cada uma das atividades, bem como seu início e término esperados, esses últimos listados a partir do dia 18 de outubro de 2021, em referência à data de início dessa pesquisa. No Apêndice E pode ser consultada a EAP analítica completa.

Tabela 11 - EAP analítica e durações das atividades

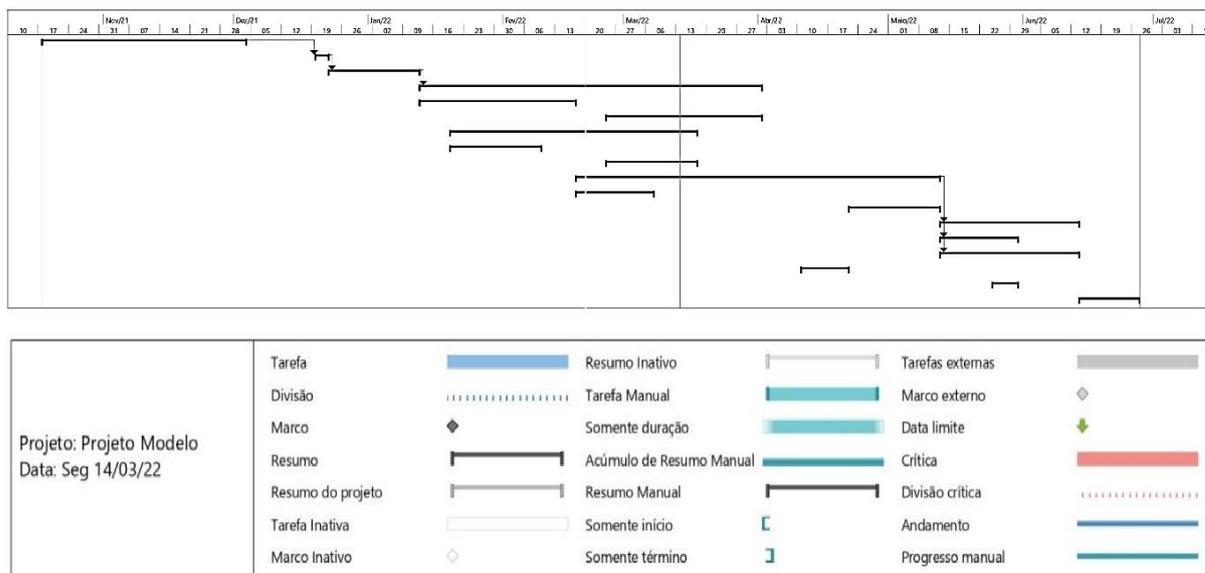
	Nome da Tarefa	Duração	Início	Término
1.	Projetos	35 dias	Seg 18/10/21	Sex 03/12/21
2.	Canteiro de Obras	3 dias	Seg 20/12/21	Qua 22/12/21
3.	Fundações	15 dias	Qui 23/12/21	Qua 12/01/22
4.	Estrutura	57 dias	Qui 13/01/22	Sex 01/04/22

4.1.	Estrutura Térreo	26 dias	Qui 13/01/22	Qui 17/02/22
4.2.	Estrutura Superior	26 dias	Sex 25/02/22	Sex 01/04/22
5.	Alvenaria	41 dias	Qui 20/01/22	Qui 17/03/22
5.1.	Alvenaria térreo	15 dias	Qui 20/01/22	Qua 09/02/22
5.2.	Alvenaria superior	15 dias	Sex 25/02/22	Qui 17/03/22
6.	Instalações	60 dias	Sex 18/02/22	Qui 12/05/22
6.1.	Instalações do térreo	12 dias	Sex 18/02/22	Seg 07/03/22
6.2.	Instalações do p. superior	15 dias	Sex 22/04/22	Qui 12/05/22
7.	Revestimentos	22 dias	Sex 13/05/22	Seg 13/06/22
7.1.	Revestimentos do p. térreo	12 dias	Sex 13/05/22	Seg 30/05/22
7.2.	Revestimentos do p. superior	22 dias	Sex 13/05/22	Seg 13/06/22
8.	Cobertura	9 dias	Seg 11/04/22	Qui 21/04/22
9.	Esquadrias	4 dias	Qua 25/05/22	Seg 30/05/22
10.	Acabamentos	10 dias	Ter 14/06/22	Seg 27/06/22

Fonte: Autor (2022)

Para melhor visualização das interrelações entre as atividades descritas e sua influência no cronograma básico da obra, o MS Project gerou também o gráfico de Gantt. A figura 17 exhibe o gráfico resumo gerado para os serviços listados na tabela 12, com a legenda automática produzida pelo software. No Apêndice F é possível consultar detalhadamente o gráfico de Gantt gerado para a obra modelo.

Figura 17 – Gráfico de Gantt gerado pelo MS project



Fonte: Autor (2022)

O Microsoft Project trabalha com a Metodologia de Gantt para montagem do cronograma. No software também é possível fazer a adição dos recursos disponíveis nas formas de custo (para inserção de valores totais de determinados serviços ou pagamento por uso de determinados produtos, como a compra de uma passagem ou de pedágio no qual um valor deve ser despendido), trabalho (para valores correspondentes às horas trabalhadas e valor da mão de obra) e materiais (para valores de equipamentos ou materiais de construção).

Devida a existência de um orçamento próprio para o modelo, foi optado por não utilizar essa função do Microsoft Project, que demandaria tempo e uma nova metodologia para execução, seguindo com o orçamento previamente estabelecido criando na planilha orçamentária no Microsoft Excel.

Em posse das informações obtidas pela orçamentação do modelo e pelo estabelecimento dos seus prazos, foi tingido o nível de detalhamento 5D BIM. As próximas etapas envolveram a formatação do projeto para geração de dados de entrada para o uso dos sistemas de gestão de planejamento de obras.

7.4. Alocação dos recursos financeiros

Retornando os dados temporais e a divisão das atividades no ERP analítico, obtidos do MS Project para o Excel, foi feita repartição dos valores totais orçados na planilha orçamentária para cada atividade do processo de execução. A esse processo é dado o nome de alocação dos

recursos e é de grande importância para implementação dos custos nas etapas construtivas e sua implementação na Linha de Balanço, sendo esse o passo inicial para geração da Curva S.

A tabela 12 apresenta resumidamente a formação da planilha utilizada para alocação dos recursos financeiros necessários para execução da obra modelo e os valores acumulados para cada tipo de atividade, feita a partir da redistribuição dos recursos para cada atividade ou tarefa listada na EAP, com seus valores listados na coluna de valores acumulados (e).

Tabela 12 - Método de alocação de recursos financeiros e valores obtidos

TAREFAS (a)	Tempo de serviço (b)	Recursos (c)		Acumulados (e)
		Tempo (total) de serviço (d)		
Projetos	35	Projeto e aprovação		R\$ 8.241,37
Canteiro de Obras	3	Serviços preliminares		R\$ 9.599,13
Fundações	15	Fundação e estrutura; impermeabilização		R\$ 18.914,55
Estrutura	57	Fundação e estrutura		R\$ 69.486,03
Alvenaria	41	Alvenaria - vedação; impermeabilização		R\$ 50.809,36
Instalações	60	Instalações elétricas e dados; instalações hidráulicas e sanitárias		R\$ 71.110,09
Revestimentos	22	Revestimentos - pisos, paredes e tetos; impermeabilização		R\$ 107.474,60
Cobertura	9	Cobertura		R\$ 19.587,79
Esquadrias	6	Esquadrias		R\$ 8.457,98
Acabamentos	10	Revestimentos - pisos, paredes e tetos		R\$ 48.432,92
TOTAIS (R\$)	258			R\$ 412.113,82

Fonte: Autor (2022)

Os recursos (c) advêm dos serviços totais necessários listados para orçamento do modelo, enquanto as tarefas (a) foram listadas na EAP analítica obtida do MS Project.

Serviços como fundação, por exemplo, necessitam mais do que a simples execução da estrutura por demandar outras atividades, como escavação, armação, concretagem, impermeabilização e reaterro.

Os tempos de serviço (b) e (d) divergem por tratar de algumas atividades de rápida execução de forma diferenciada, englobando múltiplas serviços já listados na coluna (C) resultante do orçamento em tarefas oriundas da EAP em (a). Retornando ao exemplo, nas tarefas

de “Fundações”, cujo orçamento pode ser encontrado no serviço de “Fundações e estrutura” da orçamentação.

Tais divergências são explanadas nas linhas da terceira coluna da tabela 12 e tratadas separadamente na alocação de recursos, sendo posteriormente verificadas. O Apêndice G, apresenta os mesmos resultados de forma detalhada os resultados encontrados nos serviços listados e o processo de verificação dos valores coletados. Nesta, fica evidente a forma como o orçamento é distribuído para cada atividade de uma obra.

A importância da alocação dos recursos financeiros se deve à geração dos dados de entrada na etapa seguinte, onde os resultados obtidos foram inseridos nos softwares de gerenciamento de obras.

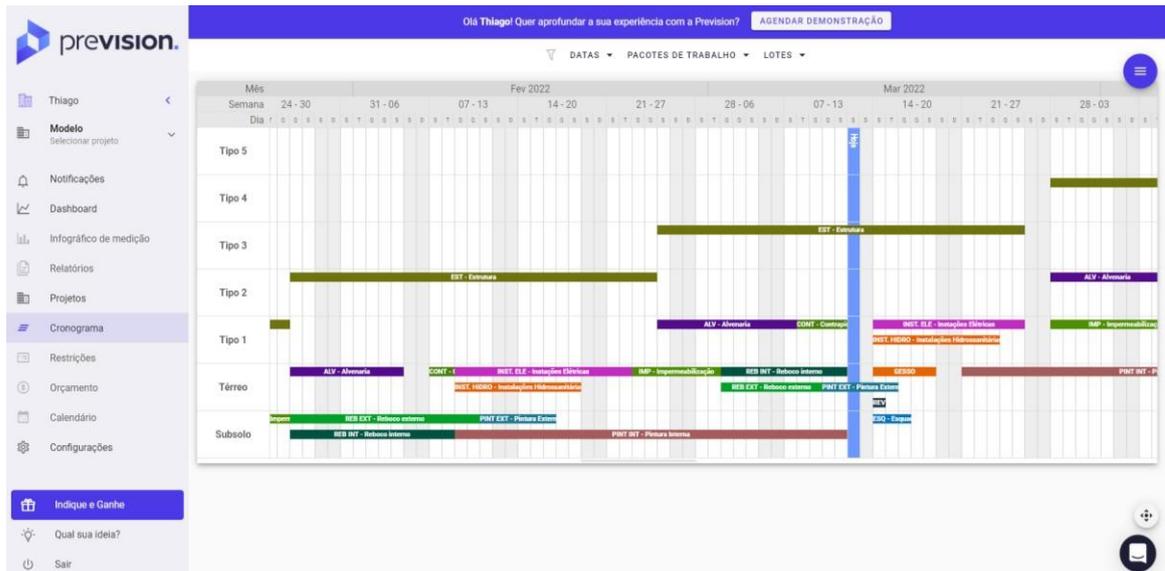
7.5. Processamento e comparação dos dados e funcionalidades dos ERPs

A terceira etapa que foi iniciada pela inserção das informações nos recursos para gestão de planejamento de obras (ERPs), sendo eles os softwares Agilean, Prevision e Sienge.

O processamento do Prevision se destacou pela agilidade, onde, após a exportação da planilha produzida no MS Project o sistema já disponibilizou a linha de balanço e curva S prontas, bem como as etapas do projeto para medição e acompanhamento no aplicativo para dispositivos móveis.

A figura 18 apresenta parte da linha de balanço criada para o modelo exportado, nela fica evidente a praticidade da ferramenta onde, porém sua exportação para visualização em outros softwares como Excel e MS Project não apresenta a mesma organização, dificultando a compreensão.

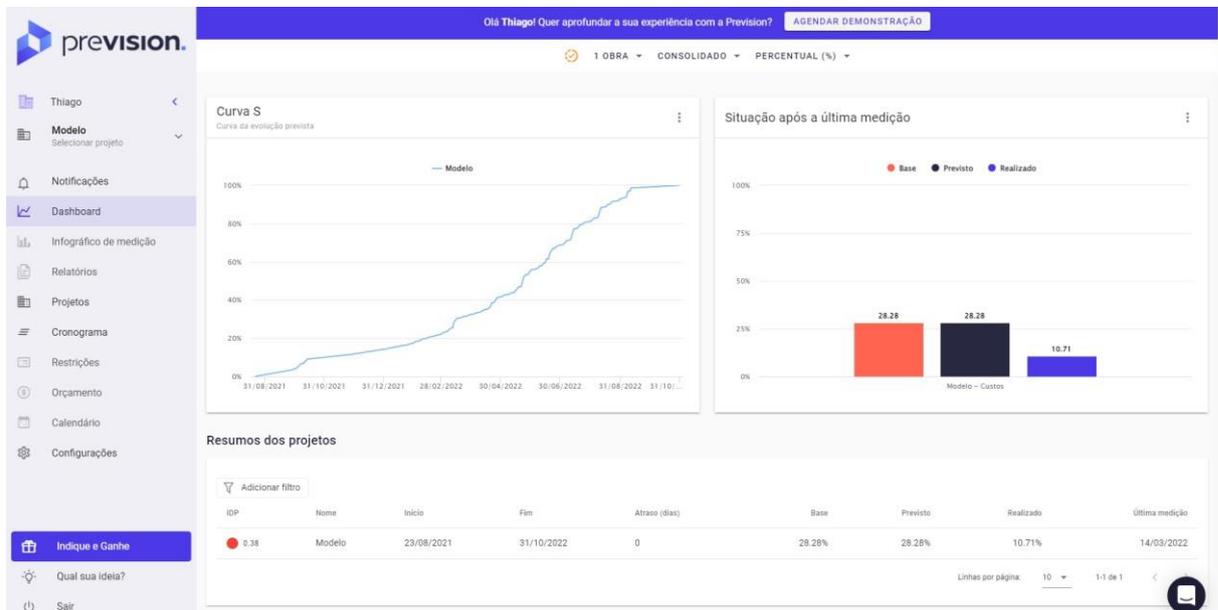
Figura 18 – Linha de balanço gerada pelo Prevision



Fonte: Autor (2022)

A figura 19, por sua vez apresenta outra função dinamizada pelo software, a geração de curvas S automáticas através da distribuição dos recursos no MS Project. Também é mostrado no mesmo menu o gráfico de barras correspondente à listagem dos recursos e o histórico de relatórios de medição, completamente integrados à versão para smartphones.

Figura 19 – Dashboard com curva S, listagem de recursos e relatórios de medição gerados pelo Prevision

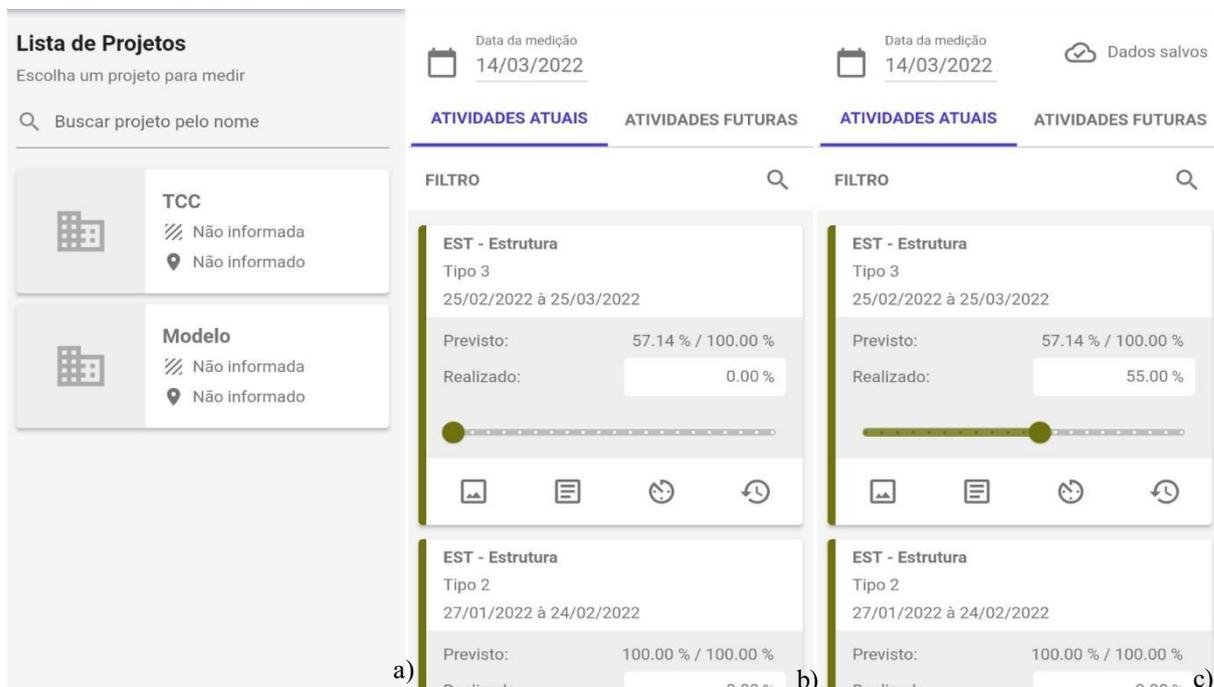


Fonte: Autor (2022)

Apesar de muitas limitações de acesso à versão de teste, foi possível conhecer muitas das funções principais e nessas, destacou-se o uso do aplicativo para dispositivos móveis, com abordagem prática e fácil uso no campo. A figura 20 apresenta algumas capturas realizadas do

aplicativo, apresentando sua tela inicial (a) e algumas ferramentas de medição contínua ou programada (b e c).

Figura 20 – Aplicativo Prevision para smartphones



Fonte: Autor (2022)

Na segunda captura (b) da figura 20 são apresentadas as atividades em execução e seu andamento sem alterações, na captura seguinte (c) o programa reconhece que foi feita uma alteração salvando automaticamente. A alteração entra imediatamente no sistema onde o relatório de progresso e o histórico de medições pode ser consultado por qualquer um com acesso ao e-mail cadastrado.

Da mesma maneira, foi avaliado o software Agilean, porém as limitações da versão gratuita exigiram a utilização de informações coletadas pelo Autor em seu contato com a ferramenta durante seu estágio na obra do SuperFácil Atacado pela empresa gerenciadora Inove Engenharia, usuária do ERP Agilean em suas atividades.

De início, fica evidentes que o software não possui a mesma agilidade que o Prevision na inserção de dados, sendo necessária a vinculação manual dos dados necessários para cada uma das etapas.

O software Agilean Planner Starter, com licença livre, possui grandes limitações e instabilidades, sendo indicado apenas para treinamento. Apesar disso, nele é possível obter e

gerenciamento de um projeto; e no software principal, disponível para sistemas Windows, semelhante ao Agilean Planner Starter, onde são realizadas as principais atividades de planejamento. Porém, as inúmeras limitações da versão “freemium” impossibilitariam a obtenção de comparativos concretos.

Em experiências anteriores com o Agilean, disponível para assinantes, essa se mostrou uma ferramenta poderosa para elaboração de planejamentos de médio e longo prazo e relatórios executivos de obras, porém no que tange ao gerenciamento pontual das atividades, na produção de diários de obra ou na atualização diária dos serviços para averiguação da produção de diferentes equipes em um mesmo ambiente, é uma ferramenta limitada, necessitando de outras ferramentas de visualização mais específica de cada atividade ou locais de interesse estratégicos.

O Sienge, por sua vez, não apresentou resultados palpáveis para utilização na rotina de obra. Sua aplicação melhor correspondeu às necessidades para desenvolvimento do planejamento, documentações, contabilidade, serviços financeiros e rotinas de escritório.

Porém, a possibilidade de integração com os demais ERPs estudados, além de diversos outros softwares e plataformas que podem ser utilizados como APIs da Plataforma SIENGE fez dessa uma ferramenta incomparável, em relação às demais, na geração de relatórios, gerenciamento empresarial, criação de diagramas, gerenciamento de documentos, levantamentos de custos, realização de orçamentos, especialmente com sua proposta de integração com a ferramenta BIM.

7.6. Viabilidade dos ERPs e metodologias tradicionais no atendimento aos princípios da Lean Construction

A quarta, e última, etapa do trabalho se baseou na elaboração de uma planilha, apresentando cada um dos ERPs, as interações entre eles e algumas das principais metodologias utilizadas para promoção da Construção Enxuta com os onze princípios da Construção Enxuta estabelecidos por Koskela (1992), subdivididos em trinta e cinco práticas gerenciais que possibilitem a inserção dos princípios à rotina de trabalho, explanados por Oliveira et al. (2016).

Através dessa metodologia de processamento de dados, foi possível destacar que, dentre os sistemas de gestão de planejamento de obras o Software Prevision é o que mais se destaca devido à sua praticidade em relação ao Software Agilean e à Plataforma SIENGE

individualmente, resultado ainda melhor quando utilizada a integração de ambos utilizando a opção disponibilizada pela Plataforma SIENGE.

A tabela 13 apresenta o atendimento de cada um dos ERPs e das metodologias estudadas aos princípios elencados e suas formas de aplicação na prática gerencial de uma obra. O atendimento aos diversos quesitos analisados foi feito através da pontuação de cada ERU e método tradicional, esses avaliados por suas formas de aplicação prática e, a pontuação de cada um pode ser visualizada no Apêndice I, o qual apresenta a planilha detalhadamente, onde é possível verificar como cada método foi avaliado.

Tabela 13 - Desempenho dos ERPs e metodologias aos princípios de Koskela

ERPs e metodologias		Pontos totais	Atendimento aos princípios
Recursos para gestão de planejamento de obras	Agilean	43	61,4%
	Prevision	55	78,6%
	Sienge	41	58,6%
	Integração Sienge + Agilean	55	78,6%
	Integração Sienge + Prevision	61	87,1%
Metodologias tradicionais de gerenciamento	Six Sigma	60	85,7%
	Ciclo PDCA	68	97,1%
	Programa 5S	65	92,9%
	Cinco "Por quês"	53	75,7%
	Técnica 5W2H	63	90,0%

Fonte: Autor (2022)

Ao verificar os resultados obtidos foi observado que, em média, metodologias tradicionais conseguem atender à 88,2% dos pontos analisados neste estudo. Sistemas de Gestão Integrados individualmente, por outro lado, conseguiram atingir uma pontuação média de 66,2% de concordância com os Princípios de Koskela (1992). Apesar disso, as integrações entre a Plataforma SIENGE com os ERPs Prevision e Agilean, obtiveram uma pontuação média de 83,15% de concordância, sendo seu resultado apenas 6,2% inferior à pontuação das metodologias tradicionais de gestão de obras.

Cortês em 2014, aplicou a metodologia *Lean Construction* em uma residência para estudar o impacto da metodologia em obras de engenharia e identificou que os principais desperdícios ocorridos foram movimentações desnecessárias, processos despadronizados, falta de uma programação estruturada em relação aos suprimentos, falta de ergonomia, espera excessiva, equipamentos ociosos, entre outros.

Gonçalves (2014), por sua vez, avaliou o impacto da implementação da implementação dos princípios listados por Koskela (1992) em uma grande construtora na cidade de Belo Horizonte e concluiu que, de modo geral, na execução do empreendimento houve diversos benefícios, como a alta produtividade, redução de custo, aumento na qualidade processada, otimização nas atividades e organização tanto no canteiro quanto nas operações

Levando em consideração que toda ERP possui um custo considerável para aquisição e implementação em uma empresa, os resultados obtidos para os métodos tradicionais, em geral gratuitos, excetuando-se possíveis treinamentos necessários para implementação, tornam-se ainda mais significativos.

Nenhuma das metodologias analisadas contempla plenamente às necessidades para execução de uma construção enxuta, devido ao seu processo descentralizado e da possível falta de interoperabilidade entre os colaboradores, problemas de comunicação e ausência de um canal comum de inserção de informações, podem ameaçar sua eficiência, causando problemas gerenciais e possíveis atrasos.

Segundo Tonin (2013), a utilização de ferramentas isoladas de planejamento e controle da produção possui menor efetividade se comparada com estratégias que englobem uma mudança de atitude e reúnam um conjunto de ações a fim de melhorar o desempenho da produção.

Nesse aspecto, o uso de um ERP se destaca ao simplificar o controle integrado de um empreendimento em relação ao uso de metodologias tradicionais que, em essência, não garantem a mesma agilidade e interoperabilidade à uma empresa com diversos setores e colaboradores envolvidos.

Em suma, a proposta da *Lean Construction* se baseia na ideia de trabalho em conjunto. Da mesma forma que indivíduos precisam trabalhar em equipe, é benéfico para um empreendimento ou organização aplicar diferentes formas de gerenciamento em um mesmo objeto de trabalho para garantir melhores resultados.

8. CONCLUSÕES

Os princípios das *Lean Construction* são amplos e, para entender suas possíveis aplicações práticas foi preciso esmiuçá-los. Através do estabelecimento de métodos comparativos entre diferentes formas de implementação da Construção Enxuta no planejamento e gerenciamento de obras foi possível analisar a aplicabilidade de algumas das principais metodologias e sistemas destinados ao auxílio de um dos principais ramos de atividade da construção civil.

Nesse aspecto, o estudo logrou êxito, estabelecendo parâmetros quali-quantitativos na análise de diferentes plataformas e formas de aplicação, verificando sua conformidade com os princípios básicos para a boa gestão de projetos.

Ao compreender as aplicações das metodologias tradicionais atribuindo uma pontuação aos parâmetros estabelecidos com suas funcionalidades, foi notado que o Ciclo PDCA é o método que mais adere aos Princípios de Koskela, atingindo 97,8% de atendimento às 35 práticas gerenciais listadas, seguido do Programa 5S com 92,9% e a Técnica 5W2H, com 90% dos parâmetros atendidos.

Por meio dessa análise, foi possível constatar que as metodologias tradicionais apresentaram resultados melhores que Sistemas de Gestão Integrados, devido aos seus processamentos serem dinâmicos, envolvendo não apenas uma plataforma, mas uma série de plataformas de trabalho, facilitando o acesso aos meios e tecnologias de aplicação em campo. Ficou perceptível que o uso de ERPs e demais tecnologias, contribui positivamente no exercício do gerenciamento desde os estágios de concepção e desenvolvimento, passando, com destaque, pela fase de execução, até a finalização de um empreendimento.

Através do Software Agilean foi possível executar parte das atividades de planejamento de obras, como a elaboração das curvas S e linha de balanço. No entanto, devido às limitações da versão gratuita, não foi possível realizar o acompanhamento de atividades individuais ou estimar o progresso dos serviços executados e os custos de obra, serviços de simples execução na versão completa, sendo esta, disponibilizada com diferentes funções presentes em computadores, smartphones e sua versão para internet.

Devido à sua lenta inserção de dados, aos diversos passos e peculiaridades na montagem manual de cada etapa e, em seguida, seu detalhamento individual, o Agilean não apresentou

bom desempenho em alguns dos pontos analisados, atingindo de 61,4% de atendimento aos parâmetros estabelecidos para atendimento aos princípios estudados.

Por outro lado, o Software Prevision apresentou alta praticidade com uma alimentação de dados simplificada na forma de um arquivo de extensão “mpp”, ou seja, oriundo de uma planilha gerado pelo MS Project, cujo formato deve seguir um dos modelos fornecidos, facilitando na interação entre diferentes colaboradores não apenas na etapa de planejamento da obra, mas também para sanar possíveis eventualidades durante o processo de execução do empreendimento. Com uma interface simplificada e dinâmica, tanto em sua versão para navegadores quanto em sua versão para smartphones, o ERP mostrou-se, individualmente, o mais integrado aos Princípios de Koskela, resultando em um atendimento de 78,6% do total de parâmetros analisados.

Para os ERPs analisados, o Software Prevision obteve um resultado de atendimento aos parâmetros de 28% superior ao Software Agilean e resultado 34,1% superior à Plataforma SIENGE.

No entanto, apesar do SIENGE individualmente, ter apresentado os resultados menos expressivos, atingindo 58,6% de conformidade com as práticas gerenciais utilizadas para atendimento aos Princípios de Koskela, a possibilidade de integrar-se a diversos outros ERPs o eleva aos melhores resultados para um Sistema de Gestão Integrado. Sua integração com o Software Prevision apresentou resultados melhores que algumas metodologias tradicionais conceituadas, como o sistema Seis Sigma e os Cinco “Por quês”, atingindo 87,1% de atendimento.

Apesar disso, metodologias tradicionais continuam a apresentar os melhores resultados devido às suas versatilidades. O uso de ferramentas simples e, deferentemente dos ERPs, em sua maioria gratuitas e de fácil aprendizagem, as tornam formas acessíveis de aplicação em larga escala, desde as atividades de planejamento até a execução.

Nas formas de aplicação dos métodos de gerenciamento tradicionais, a presença de sistemas de fácil compreensão como organogramas e quadros explicativos em ambientes comuns de vivência e/ou salas administrativas, permite o entendimento de uma atividade em todos os níveis hierárquicos de uma empresa, desde a administração aos colaboradores e até clientes, atingindo diretamente muitos dos princípios da Lean Construction, resultando em um índice de conformidade de três das cinco metodologias estudadas sendo igual ou superior a 90%.

A *Lean Construction* é à busca pela melhoria contínua dos processos então ficou comprovado que nenhuma metodologia ou ERP atingiu, isoladamente, todos os aspectos da Lean Construction. Pela complexidade do tema e devido às limitações de um mercado relativamente carente de novas tecnologias e processos gerenciais mais condizentes com cada caso, diminuem a eficácia de tais sistemas na busca da melhoria de processos, estes geralmente permanecendo, total ou parcialmente, arraigados à tradicionalidade do setor.

Ainda assim, os resultados foram satisfatórios por apresentar valores consideráveis de conformidade com as práticas gerenciais analisadas para pontuação dos resultados, originadas dos Princípios de Koskela e demonstrando a possibilidade de atingir a eficiência na prática da melhoria contínua dos processos de gerenciamento da construção civil pelo simples uso combinado das tecnologias e sistemas integrados de gestão de projetos com o conhecimento das metodologias clássicas de gerenciamento, algo que já vem sendo executado há algum tempo no Brasil.

9. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. AKINCI, Burcu; FISCHER, Martin; KUNZ, John. **Automated generation of work spaces required by construction activities**. Journal of Construction Engineering and Management, v. 128, n. 4, p. 306- 315, 2002
2. ALMEIDA, Maurício da Cunha. **SINAPI x ORSE: Análise comparativa entre o Sistema Nacional de Pesquisa de Custos e Índices da Construção Civil e o sistema adotado pelo Governo do Estado de Sergipe**. 2009. 27 f. Trabalho de conclusão de curso – Artigo científico (Curso de Especialização em Auditoria Interna e controle Governamental,) - Escola da AGU, da Advocacia-Geral da União, Centro de Formação, Treinamento e Aperfeiçoamento (Cefor), da Câmara dos Deputados, Secretaria Federal de Controle Interno (SFC), da Controladoria Geral da União e Instituto Serzedello Corrêa (ISC), do Tribunal de Contas da União, Brasília, 2009. Disponível em: https://repositorio.cgu.gov.br/bitstream/1/41944/5/Artigo_cientifico_Mauricio_da_Cunha_Almeida.pdf. Acesso em: 13 mar. 2022.
3. ALVES, Tiago. **O uso da ferramenta Linha de Balanço para planejamento de obras**. 2019. Disponível em: <https://solucaoengenharia.com.br/fique-por-dentro/o-uso-da-ferramenta-linha-de-balanco-para-planejamento-de-obras-1>. Acesso em: 16 dez. 2021.
4. AUTODESK. **Sobre os relacionamentos da modelagem paramétrica**. [S. l.], 22 jan. 2019. Disponível em: <https://knowledge.autodesk.com/pt-br/support/revit/getting-started/caas/CloudHelp/cloudhelp/2018/PTB/Revit-GetStarted/files/GUID-71F2C8EE-2A90-4076-A6C7-702082566DDF-htm.html#:~:text=A%20modelagem%20param%C3%A9trica%20refere%2Dse,quanto%20por%20voc%C3%AA%20enquanto%20trabalha>. Acesso em: 2 ago. 2022.
5. BADRA, Pedro Antônio Lousan. **SBD - Sistemática Badra de Dados & Associados**. São Paulo, 2014. Disponível em: <http://www.ticianabadra.com.br/sbd/servicos.php>. Acesso em: 13 mar. 2022.

6. BELTRAME, Eduardo de Sousa. **Avaliação do software SIENGE no orçamento e planejamento de uma obra**. 2007. 86 p. Trabalho de conclusão de curso (Curso de Graduação em Engenharia Civil) - Universidade Federal de Santa Catarina, FLORIANÓPOLIS, 2007.
7. BERNARDES, M. **Planejamento e controle da produção para empresas de construção civil**. Rio de Janeiro: LTC, 2010. 190p.
8. BERTELSEN, S. **Lean Construction: Where are we and how to proceed**. Lean Construction Journal, v. 1, n. 1, p. 46-69, 2004.
9. BOARIN PINTO, Silvia Helena; MONTEIRO DE CARVALHO, Marly; LEE HO, Linda. **Implementação de programas de qualidade: um survey em empresas de grande porte no brasil**. **G&P: Gestão e Produção**, [S. l.], v. 13, n. 2, p. 191-203, 1 nov. 2005. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/gp/a/YH9GYwTmLQCCbYCCRbfrdTn/?format=pdf&lang=pt>. Acesso em: 17 fev. 2022.
10. CAIXA ECONÔMICA FEDERAL. **SINAPI – Índices da Construção Civil**. Disponível em: <https://www.caixa.gov.br/poder-publico/modernizacao-gestao/sinapi/encargos-sociais-complementares/Paginas/default.aspx>. Acesso em: 16 out. 2021.
11. CALÔBA, Guilherme; KLAES, Mario. **Gerenciamento de Projetos com PDCA: Conceitos e técnicos para planejamento, monitoramento e avaliação do desempenho de projetos e portfólios**. Rio de Janeiro: Starlin Alta Books, 2016. 256 p. ISBN 978-85-508-0962-5.
12. CAMARGO, Robson. **Entenda o que é PMBOK: o guia que vai dar um up na sua carreira**. [S. l.], 4 fev. 2022. Disponível em: <https://robsoncamargo.com.br/blog/pmbok>. Acesso em: 5 abr. 2022.
13. CAMPBELL, D. A. **Building Information Modeling: the Web3D application for AEC**. In **Proceedings of the Twelfth International Conference on 3D Web**

- Technology** (Perugia, Italy, April 15 – 18, 2007). Web3D '07. ACM, New York, NY, 173-176, 2007.
14. CHAU, K. W.; ANSON, M.; ZHANG, J. P. **Four-dimensional visualization of construction scheduling and site utilization. Journal of construction engineering and management**, v. 130, n. 4, p. 598-606, 2004.
 15. CÔRTEZ, Alexandre Morgani de Menezes. **Impactos da metodologia lean production em obras de engenharia**. 2014. 77 p. Projeto de graduação (Curso de Engenharia Civil) - Escola Politécnica, Universidade Federal do Rio de Janeiro, [S. l.], 2014.
 16. CRESPO, C. C.; RUSCHEL, R. C. **Ferramentas BIM: um desafio na melhoria do ciclo de vida de um projeto. In: III Encontro de Tecnologia de Informação e Comunicação na Construção Civil**, Porto Alegre, 2007 p. 1-9. Anais. Porto Alegre: TIC, 2007.
 17. EASTMAN, C.; TEICHOLZ, P.; SACKS, R.; LISTON, K. **“BIM Handbook. A guide to Building Information Modeling for owners, Managers, Designers, Engineers and Contractors.”**. Editora John Willey, & Sons, Inc. Bookman, 2008.
 18. FEW, Stephen. **Now You See It: An Introduction to Visual Data Sensemaking**. 2. ed. [S. l.]: Analytics Press, 2021. ISBN 978-1938377129.
 19. FIESP. Departamento da Indústria da Construção – DECONCIC. **PIB da construção civil volta a decepcionar no 3º trimestre de 2014**. São Paulo, 15 dez. 2014. Disponível em: <https://www.fiesp.com.br/observatoriodaconstrucao/noticias/pib-da-construcao-civil-volta-a-decepcionar-no-3o-trimestre-de-2014/>. Acesso em: 14 fev. 2022.
 20. FORMOSO, C. T. (2005). **Lean Construction: Princípios Básicos e Exemplos**. Porto Alegre: Escola de Engenharia da Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

21. GONÇALVES, Pedro Guilherme Ferreira. **Estudo e análise da metodologia Lean Construction**. Orientador: Danielle Meireles de Oliveira. 2014. 60 f. Monografia (Curso de Especialização em Construção Civil) - Escola de Engenharia da UFMG, Belo Horizonte, 2014.
22. GUPTA, Praveen; SRI, Arvin. **Seis Sigma: Virtualmente sem Estatística**. [S. l.]: Vida Economica Editorial, 2012. 144 p. ISBN 978-972-788-324-0.
23. HOWELL, G; BALLARD, G. **Implementing Lean Construction: Understanding and Action**. In: 6 International Group for Lean Construction Conference, Guarujá, Brasil, 1998.
24. ISATTO, Eduardo L.; FORMOSO, Carlos T.; DE CESARE, Cláudia M.; HIROTA, Ercília H. & ALVES, Thaís C.L. **Lean construction: diretrizes e ferramentas para o controle de perdas na construção civil**. Porto Alegre, SEBRAE/RS, 2000. Série SEBRAE Construção Civil, Vol. 5
25. ISHIKAWA, Kaouru. **Controle da qualidade total: à maneira japonesa**. Rio de Janeiro: CAMPUS, 1993.
26. JERNIGAN, F. **Big BIM little bim: the practical approach to Building Information Modeling integrated practice done the right way**. Salisbury, 2nd ed, 2008.
27. JUNQUEIRA, L. E. L. **Aplicação da Lean Construction para redução dos custos de produção da Casa 1.0**. 2006. 146p. Dissertação (Especialização), Departamento de Engenharia de Produção – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2006
28. KENLEY, R.; SEPPANEN, O. **Location-Based Management for Construction: planning, scheduling and control**. Abingdon: Spon, 2010.
29. KOSKELA, L. **Application of the new production philosophy to construction**. Stanford, 1992. Technical Report n.72. Center for Integrated Facility Engineering (CIFE), Stanford University.

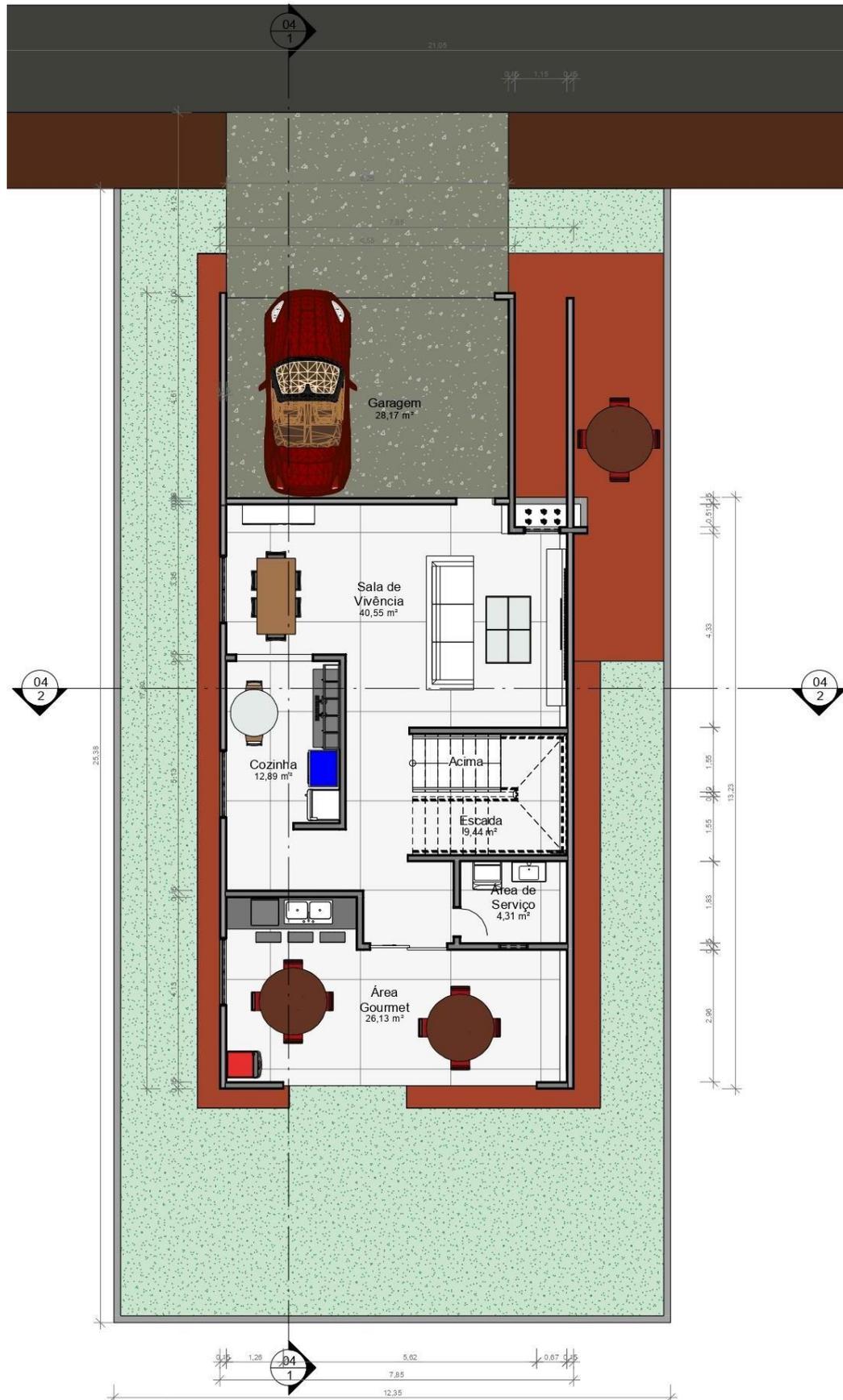
30. LEÃO, Thiago. **Gráfico de Gantt: o que é, como funciona e como montar o seu.** Blog Industrial Nomus, 10 fev. 2021. Disponível em: <https://www.nomus.com.br/blog-industrial/grafico-de-gantt/>. Acesso em: 13 dez. 2021.
31. LEUSIN, S. R. A. **Novas formas de pensar o processo de projeto e o produto edifício – Modelagem de produto – BIM.** In: VII Workshop Brasileiro de Gestão do Processo de Projetos na Construção de Edifícios WBGPPCE, Curitiba, 2007.
32. LOSEKANN, Guilherme. Blog Prevision. **O que é Linha de Balanço.** Disponível em: <https://www.prevision.com.br/blog/linha-de-balanco-o-que-e/>. Acesso em: 16 dez. 2021.
33. MANZIONE, L. **Estágios de Evolução do BIM.** Disponível em: <http://www.coordenar.com.br/estagios-de-evolucao-do-bim/>. Acesso em: 15 dez. 2021.
34. MATTOS, Aldo Dórea. **Como preparar orçamentos de obras: Dicas para orçamentistas, estudos de caso, exemplos.** [S. l.]: Editora Pini, 2006. 282 p. ISBN 85-7266-176-X.
35. MATTOS, Aldo Dórea. **Planejamento e controle de obras.** 2. ed. São Paulo: Oficina de Textos, 2019. 366 p. ISBN 978-85-7975-345-9.
36. MAUÉS. Luiz Maurício F. et al. **Nível de utilização das referências da filosofia Lean Construction em empresas construtoras.** In: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 12, 2008, Fortaleza. Anais... Belém: Universidade Federal do Pará, 2008. p.2.
37. MARQUES, José Roberto. **Entenda o conceito de interoperabilidade entre sistemas e sua utilidade para uma empresa.** Goiânia - GO, 10 fev. 2021. Disponível em: <https://www.ibccoaching.com.br/portal/entenda-o-conceito-de-interoperabilidade-entre-sistemas-e-sua-utilidade-para-uma-empresa/>. Acesso em: 2 ago. 2022.

38. MOTOROLA UNIVERSITY. **Six Sigma and Black Belt Training**. Six Sigma Methodology. Schaumburg, IL, 2001. Disponível em: <http://www.intrarts.com/Motorola/sigma.shtml#:~:text=Six%20Sigma%20is%20a%20registered,service%20mark%20of%20Motorola%2C%20Inc.&text=Motorola%20University's%20Six%20Sigma%20Methodology,process%20focusing%20and%20organization%20on%3A&text=Process%20Alignment>. Acesso em: 16 fev. 2022.
39. NOGUEIRA, Fernando. **Pesquisa Operacional: PERT/CPM**. Notas de aula. São Paulo: IME - USP, 2021. Disponível em: https://www.ime.usp.br/~rvicente/PERT_CPM.pdf. Acesso em: 13 dez. 2021.
40. OHNO, Taiichi. **O Sistema Toyota de Produção: Além da Produção em Larga Escala**. Bookman Companhia Editora, Porto Alegre, 1997. SHINGO, Shigeo. **O Sistema Toyota de Produção do ponto de vista da engenharia de produção**; trad. Eduardo Schaan, 2º edição – Porto Alegre, Artes Médicas, 1
41. OLIVEIRA, Marcos Lucas de; SILVEIRA, Franco da; VENTURINI, Juliana Sanches; NICOLA, Jessica Pinto; SILUK, Andrei Ruppenthal. **Proposta de ações baseadas nos 11 princípios lean construction para implantação em um canteiro de obras de Santa Maria – RS**. Revista Espacios, Santa Maria – RS, ano 21, v. 37, p. 17, 22 abr. 2016. Disponível em: <https://www.revistaespacios.com/a16v37n21/16372117.html>. Acesso em: 16 out. 2021.
42. OLIVIERI, Hylton; GRANJA, Ariovaldo Denis; PICCHI, Flávio Augusto. **Planejamento tradicional, Location-Based Management System e Last Planner System: um modelo integrado**. 2015. 180 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Civil, Laboratório de Gerenciamento na Construção, Departamento de Arquitetura e Construção, Universidade Estadual de Campinas, São Paulo, 2016. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/ac/a/hgNBcP7YfBXVYpzV3QsCkrJ/?lang=pt#>. Acesso em: 16 dez. 2021.
43. PANTALEÃO, Carolina Queiroz. **A contribuição das metodologias do gerenciamento de projetos PMI e do Lean Construction aplicado as entradas de**

- projetos habitacionais**. 2018. 54 p. Trabalho de Conclusão de Curso (Especialização: Produção e Gestão do Ambiente Construído) - UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS, Belo Horizonte, 2018.
44. PINHEIRO, Igor. **Como Funciona uma Linha de Balanço**. 2019. Disponível em: inovacivil.com.br/como-funciona-uma-linha-de-balanco/. Acesso em: 17 dez. 2021.
45. PRATA, Gustavo. **Curva S na construção civil: o que é e como funciona na prática**. [S. l.]: Sienge, 11 mar. 2021. Disponível em: <https://www.sienge.com.br/blog/curva-s-na-construcao-civil/>. Acesso em: 13 dez. 2021.
46. SACKS, R.; RADOSA, V. L.; JEVIC, M; BARAK, R. **Requirements of building information modeling based lean Production management systems for construction**. Automation in Construction, v.19, n.5, p.641-655, 2010.
47. TANMAYA, K. et al. **Production Control Using Location-Based Management System on a Hospital Construction Project**. In: ANNUAL CONFERENCE OF THE INTERNATIONAL GROUP FOR LEAN CONSTRUCTION, 20., San Diego, 2012. Proceedings. San Diego, 2012.
48. TARDIF, M. **BIM Me UP**, Scotty. In: American Institute of architecture, 2006. Disponível em: http://www.aia.org/aiarchitect/thisweekok/1201/1201rc_face.cfm Acesso em: 15 dez. 2021.
49. TERRA ANTUNES, A. **Ciclo de vida de um projeto**. [S. l.], 6 jun. 2016. Disponível em: <http://www.alexanderterra.com/ciclo-de-vida-de-um-projeto/>. Acesso em: 2 maio 2022.
50. TOBIM, J. **Proto-Building: To BIM is to Build**. AECbytes. Maio, 2008. Disponível em: www.aecbytes.com/buildingthefuture/2008/ProtoBuilding_pr.html. Acesso em: 15 dez. 2021.

51. TONIN, Luiz Andrei Potter; SCHAEFER, Cecilia Ogliari. **Diagnóstico e aplicação da lean construction em construtora**. XXXIII Encontro Nacional de Engenharia De Producao, Anais Enegep, 2013.
52. VENÂNCIO, M. J. **Avaliação da Implementação de BIM – building information modeling em Portugal**. 2015. 374 p. Dissertação (mestrado) - Mestrado Integrado em Engenharia Civil, Faculdade de Engenharia Universidade do Porto, Porto. 2014.
53. VILELA DIAS, Paulo Roberto. **Novo conceito de BDI: Obras e Serviços de Consultoria**. 5. ed. [S. l.]: Instituto Brasileiro de Engenharia de Custos, setembro 2012.
54. WEAVER, Patrick. **A Brief History Of Scheduling: Back To The Future**. for MyPrimavera Conference, Hyatt, Canberra, p. 1-24, 6 abr. 2006.

Apêndice A – Planta baixa do pavimento térreo



Apêndice B – Planta baixa do pavimento superior



Apêndice C – Perspectiva e cortes

a) Fachada frontal



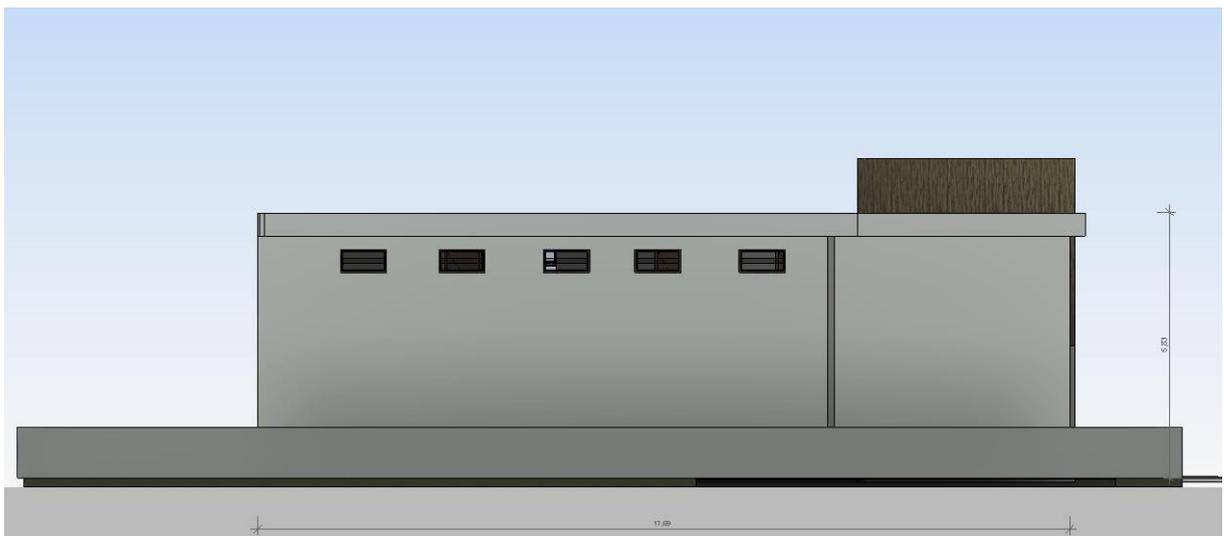
b) Fachada posterior



c) Fachada lateral direita



d) Fachada lateral esquerda



e) Corte AA'



f) Corte BB'



g) Perspectiva



h) Renderizações



Apêndice D – Planilha orçamentária sintética

Item	Fonte	Código	Descrição dos serviços	Und	Quant.	Valor Unit (R\$)	Total	Peso (%)
1			SERVIÇOS PRELIMINARES			R\$ 3.183,59	R\$ 9.033,73	2,88%
1.1	SINAPI	98458	TAPUME COM COMPENSADO DE MADEIRA. AF_05/2018	M2	22,23	R\$ 143,75	R\$ 3.195,56	1,02%
1.2	CAGEPA		LIGAÇÃO DE ÁGUA E SANITÁRIO	UN	1	R\$ 1.309,58	R\$ 1.309,58	0,42%
1.3	SINAPI	101508	ENTRADA DE ENERGIA ELÉTRICA, AÉREA, TRIFÁSICA, COM CAIXA DE SOBREPOR, CABO DE 35 MM2 E DISJUNTOR DIN 50A (NÃO INCLUSO O POSTE DE CONCRETO). AF_07/2020_P	UN	1	R\$ 2.759,12	R\$ 2.759,12	0,88%
1.4	SINAPI	99061	LOCAÇÃO COM CAVALETE COM ALTURA DE 0,50 M - 2 UTILIZAÇÕES. AF_10/2018	UN	8	R\$ 111,87	R\$ 894,96	0,29%
1.5	SINAPI	98524	LIMPEZA MANUAL DE VEGETAÇÃO EM TERRENO COM ENXADA. AF_05/2018	M2	313,44	R\$ 2,79	R\$ 874,51	0,28%
2			COBERTURA			R\$ 235,88	R\$ 18.438,50	5,89%
2.1	SINAPI	98557	IMPERMEABILIZAÇÃO DE SUPERFÍCIE COM EMULSÃO ASFÁLTICA, 2 DEMÃOS AF_06/2018	M2	26,75	R\$ 54,44	R\$ 1.456,27	0,46%
2.2	SINAPI	92539	TRAMA DE MADEIRA COMPOSTA POR RIPAS, CAIBROS E TERÇAS PARA TELHADOS DE ATÉ 2 ÁGUAS PARA TELHA DE ENCAIXE DE CERÂMICA OU DE CONCRETO, INCLUSO TRANSPORTE VERTICAL. AF_07/2019	M2	105,8	R\$ 85,72	R\$ 9.069,18	2,90%
2.3	SINAPI	94198	TELHAMENTO COM TELHA CERÂMICA DE ENCAIXE, TIPO PORTUGUESA, COM MAIS DE 2 ÁGUAS, INCLUSO TRANSPORTE VERTICAL. AF_07/2019	M2	105,8	R\$ 31,58	R\$ 3.341,16	1,07%
2.4	SINAPI	94227	CALHA EM CHAPA DE AÇO GALVANIZADO NÚMERO 24, DESENVOLVIMENTO DE 33 CM, INCLUSO TRANSPORTE VERTICAL. AF_07/2019	M	17,35	R\$ 83,22	R\$ 1.443,87	0,46%
2.5	SINAPI	94231	RUFO EM CHAPA DE AÇO GALVANIZADO NÚMERO 24, CORTE DE 25 CM, INCLUSO TRANSPORTE VERTICAL. AF_07/2019	M	47,56	R\$ 65,77	R\$ 3.128,02	1,00%
3			FUNDAÇÃO E ESTRUTURA			R\$ 6.408,02	R\$ 82.613,98	26,38%
3.1	SINAPI	96555	CONCRETAGEM DE BLOCOS DE COROAMENTO E VIGAS BALDRAME, FCK 30 MPA, COM USO DE JERICA – LANÇAMENTO, ADENSAMENTO E ACABAMENTO. AF_06/2017	M3	6,14	R\$ 702,05	R\$ 4.313,40	1,38%
3.2	SINAPI	92413	MONTAGEM E DESMONTAGEM DE FÔRMA DE PILARES RETANGULARES E ESTRUTURAS SIMILARES, PÉ-DIREITO SIMPLES, EM MADEIRA SERRADA, 4 UTILIZAÇÕES. AF_09/2020	M2	51,20	R\$ 131,05	R\$ 6.709,76	2,14%
3.3	SINAPI	92761	ARMAÇÃO DE PILAR OU VIGA DE UMA ESTRUTURA CONVENCIONAL DE CONCRETO ARMADO EM UM EDIFÍCIO DE MÚLTIPLOS PAVIMENTOS UTILIZANDO AÇO CA-50 DE 8,0 MM - MONTAGEM. AF_12/2015	KG	174,43	R\$ 19,84	R\$ 3.460,73	1,10%
3.4	SINAPI	92762	ARMAÇÃO DE PILAR OU VIGA DE UMA ESTRUTURA CONVENCIONAL DE CONCRETO ARMADO EM UM EDIFÍCIO DE MÚLTIPLOS PAVIMENTOS UTILIZANDO AÇO CA-50 DE 10,0 MM - MONTAGEM. AF_12/2015	KG	83,32	R\$ 18,07	R\$ 1.505,59	0,48%
3.5	SINAPI	92763	ARMAÇÃO DE PILAR OU VIGA DE UMA ESTRUTURA CONVENCIONAL DE CONCRETO ARMADO EM UM EDIFÍCIO DE MÚLTIPLOS PAVIMENTOS UTILIZANDO AÇO CA-50 DE 12,5 MM - MONTAGEM. AF_12/2015	KG	628,95	R\$ 15,42	R\$ 9.698,48	3,10%
3.6	SINAPI	92764	ARMAÇÃO DE PILAR OU VIGA DE UMA ESTRUTURA CONVENCIONAL DE CONCRETO ARMADO EM UM EDIFÍCIO DE MÚLTIPLOS PAVIMENTOS UTILIZANDO AÇO CA-50 DE 16,0 MM - MONTAGEM. AF_12/2015	KG	344,9508	R\$ 14,93	R\$ 5.150,12	1,64%
3.7	SINAPI	92718	CONCRETAGEM DE PILARES, FCK = 25 MPA, COM USO DE BALDES EM EDIFICAÇÃO COM SEÇÃO MÉDIA DE PILARES MENOR OU IGUAL A 0,25 M² - LANÇAMENTO, ADENSAMENTO E ACABAMENTO. AF_12/2015	M3	8,0505	R\$ 729,02	R\$ 5.868,98	1,87%
3.8	SINAPI	93204	CINTA DE AMARRAÇÃO DE ALVENARIA MOLDADA IN LOCO EM CONCRETO. AF_03/2016	M	69,4	R\$ 75,26	R\$ 5.223,04	1,67%
3.9	SINAPI	101977	MONTAGEM E DESMONTAGEM DE FÔRMA PARA ESCADAS, COM 2 LANÇES EM "U" E LAJE PLANA, EM CHAPA DE MADEIRA COMPENSADA RESINADA, 2 UTILIZAÇÕES. AF_11/2020	M2	7,44	R\$ 318,20	R\$ 2.367,41	0,76%
3.10	SINAPI	102078	ESCALADA EM CONCRETO ARMADO MOLDADA IN LOCO, FCK 20 MPA, COM 2 LANÇES EM "U" E LAJE CASCATA, FÔRMA EM CHAPA DE MADEIRA COMPENSADA RESINADA. AF_11/2020	M3	1,888	R\$ 5.734,73	R\$ 10.827,17	3,46%
3.11	SINAPI	92271	FABRICAÇÃO DE FÔRMA PARA LAJES, EM MADEIRA SERRADA, E=25 MM. AF_09/2020	M2	14,16	R\$ 122,43	R\$ 1.733,61	0,55%
3.12	SINAPI	99439	CONCRETAGEM DE EDIFICAÇÕES (PAREDES E LAJES) FEITAS COM SISTEMA DE FÔRMAS MANUSEÁVEIS, COM CONCRETO USINADO BOMBEÁVEL FCK 25 MPA - LANÇAMENTO, ADENSAMENTO E ACABAMENTO (EXCLUSIVO BOMBA LANÇA). AF_10/2021	M3	3,4662	R\$ 624,53	R\$ 2.164,75	0,69%
3.13	SINAPI	101964	LAJE PRÉ-MOLDADA UNIDIRECIONAL, BIAPOIADA, PARA FORRO, ENCHIMENTO EM CERÂMICA, VIGOTA CONVENCIONAL, ALTURA TOTAL DA LAJE (ENCHIMENTO+CAPA) = (8+3). AF_11/2020	M2	115,54	R\$ 204,18	R\$ 23.590,96	7,53%
4			ALVENARIA - VEDAÇÃO			R\$ 276,15	R\$ 46.209,10	14,75%
4.1	SINAPI	103357	ALVENARIA DE VEDAÇÃO DE BLOCOS CERÂMICOS FURADOS NA HORIZONTAL DE 9X19X29 CM (ESPESSURA 9 CM) E ARGAMASSA DE ASSENTAMENTO COM PREPARO MANUAL. AF_12/2021	M2	720,26	R\$ 56,86	R\$ 40.809,93	13,03%
4.2	SINAPI	93186	VERGA MOLDADA IN LOCO EM CONCRETO PARA JANELAS COM ATÉ 1,5 M DE VÃO. AF_03/2016	M	20,2	R\$ 108,42	R\$ 2.190,08	0,70%
4.3	SINAPI	93196	CONTRAVERGA MOLDADA IN LOCO EM CONCRETO PARA VÃOS DE ATÉ 1,5 M DE COMPRIMENTO. AF_03/2016	M	20,2	R\$ 102,14	R\$ 2.063,23	0,66%
4.4	SINAPI	93188	VERGA MOLDADA IN LOCO EM CONCRETO PARA PORTAS COM ATÉ 1,5 M DE VÃO. AF_03/2016	M	10,6	R\$ 108,10	R\$ 1.145,86	0,37%
5			IMPERMEABILIZAÇÃO			R\$ 44,23	R\$ 3.077,63	0,98%
5.1	SINAPI	98554	IMPERMEABILIZAÇÃO DE SUPERFÍCIE COM MEMBRANA À BASE DE RESINA ACRÍLICA, 3 DEMÃOS. AF_06/2018	M2	51,2	R\$ 60,11	R\$ 3.077,63	0,98%
6			REVESTIMENTOS - PISOS, PAREDES E TETOS			R\$ 1.076,26	R\$ 145.887,88	46,58%
6.1			PISOS			R\$ 895,61	R\$ 95.422,43	30,46%
6.1.1	SINAPI	87623	CONTRAPISO EM ARGAMASSA PRONTA, PREPARO MECÂNICO COM MISTURADOR 300 KG, APLICADO EM ÁREAS SECAS SOBRE LAJE, ADERIDO, ACABAMENTO NÃO REFORÇADO, ESPESSURA 2CM. AF_07/2021	M2	240,9	R\$ 84,74	R\$ 20.413,87	6,52%
6.1.2	SINAPI	94990	EXECUÇÃO DE PASSEIO (CALÇADA) OU PISO DE CONCRETO COM CONCRETO MOLDADO IN LOCO, FEITO EM OBRA, ACABAMENTO CONVENCIONAL, NÃO ARMADO. AF_07/2016	M3	2,5046	R\$ 818,38	R\$ 2.049,71	0,65%
6.1.3	SINAPI	87261	REVESTIMENTO CERÂMICO PARA PISO COM PLACAS TIPO PORCELANATO DE DIMENSÕES 60X60 CM APLICADA EM AMBIENTES DE ÁREA MENOR QUE 5 M². AF_06/2014	M2	240,9	R\$ 231,15	R\$ 55.684,04	17,78%
6.1.4	SINAPI	98689	SOLEIRA EM GRANITO, LARGURA 15 CM, ESPESSURA 2,0 CM. AF_06/2018	M	208,03	R\$ 83,04	R\$ 17.274,81	5,52%
6.2			PAREDES			R\$ 143,52	R\$ 41.745,64	13,33%
6.2.1	SINAPI	87899	CHAPISCO APLICADO EM ALVENARIA (COM PRESENÇA DE VÃOS) E ESTRUTURAS DE CONCRETO DE FACHADA, COM ROLO PARA TEXTURA ACRÍLICA. ARGAMASSA TRAÇO 1:4 E EMULSÃO POLIMÉRICA (ADESIVO) COM PREPARO MANUAL. AF_06/2014	M2	137,776	R\$ 10,95	R\$ 1.508,65	0,48%
6.2.2	SINAPI	87873	CHAPISCO APLICADO EM ALVENARIAS E ESTRUTURAS DE CONCRETO INTERNAS, COM ROLO PARA TEXTURA ACRÍLICA. ARGAMASSA TRAÇO 1:4 E EMULSÃO POLIMÉRICA (ADESIVO) COM PREPARO MANUAL. AF_06/2014	M2	582,484	R\$ 8,33	R\$ 4.852,09	1,55%
6.2.3	SINAPI	87775	EMBOÇO OU MASSA ÚNICA EM ARGAMASSA TRAÇO 1:2:8, PREPARO MECÂNICO COM BETONEIRA 400 L, APLICADA MANUALMENTE EM PANOS DE FACHADA COM PRESENÇA DE VÃOS, ESPESSURA DE 25 MM. AF_06/2014	M2	137,776	R\$ 55,15	R\$ 7.598,35	2,43%
6.2.4	SINAPI	89173	(COMPOSIÇÃO REPRESENTATIVA) DO SERVIÇO DE EMBOÇO/MASSA ÚNICA, APLICADO MANUALMENTE, TRAÇO 1:2:8, EM BETONEIRA DE 400L, PAREDES INTERNAS, COM EXECUÇÃO DE TALISCAS, EDIFICAÇÃO HABITACIONAL UNIFAMILIAR (CASAS) E EDIFICAÇÃO PÚBLICA PADRÃO. AF_12/2014	M2	582,484	R\$ 35,03	R\$ 20.404,41	6,51%
6.2.5	SINAPI	89045	(COMPOSIÇÃO REPRESENTATIVA) DO SERVIÇO DE REVESTIMENTO CERÂMICO PARA AMBIENTES DE ÁREAS MOLHADAS, MEIA PAREDE OU PAREDE INTEIRA, COM PLACAS TIPO ESMALTADA EXTRA, DIMENSÕES 20X20 CM, PARA EDIFICAÇÃO HABITACIONAL MULTIFAMILIAR (PRÉDIO). AF_11/2014	M2	86,24	R\$ 85,80	R\$ 7.382,14	2,36%
6.3			TETOS			R\$ 37,12	R\$ 8.719,80	2,78%
6.3.1	SINAPI	96109	FORRO EM PLACAS DE GESSO, PARA AMBIENTES RESIDENCIAIS. AF_05/2017_P	M2	185,37	R\$ 47,04	R\$ 8.719,80	2,78%
6.3.2	SINAPI	96120	ACABAMENTOS PARA FORRO (MOLDURA DE GESSO). AF_05/2017	M	238,63	R\$ 3,41	R\$ 813,73	0,26%
7			ESQUARIAS			R\$ 2.880,02	R\$ 7.961,60	2,54%
7.1			MADEIRA			R\$ -	R\$ 4.690,73	1,50%
7.1.1	SINAPI	91010	PORTA DE MADEIRA PARA VERNIZ, SEMI-OCA (LEVE OU MÉDIA), 70X210CM, ESPESSURA DE 3,5CM, INCLUSO DOBRADIÇAS - FORNECIMENTO E INSTALAÇÃO. AF_12/2019	UN	2	R\$ 407,22	R\$ 814,44	0,26%
7.1.2	SINAPI	91011	PORTA DE MADEIRA PARA VERNIZ, SEMI-OCA (LEVE OU MÉDIA), 80X210CM, ESPESSURA DE 3,5CM, INCLUSO DOBRADIÇAS - FORNECIMENTO E INSTALAÇÃO. AF_12/2019	UN	3	R\$ 470,35	R\$ 1.411,05	0,45%
7.1.3	SINAPI	91012	PORTA DE MADEIRA PARA VERNIZ, SEMI-OCA (LEVE OU MÉDIA), 90X210CM, ESPESSURA DE 3,5CM, INCLUSO DOBRADIÇAS - FORNECIMENTO E INSTALAÇÃO. AF_12/2019	UN	2	R\$ 518,59	R\$ 1.037,18	0,33%
7.1.4	SINAPI	102182	PORTA PIVOTANTE DE VIDRO TEMPERADO, 90X210 CM, ESPESSURA 10 MM, INCLUSIVE ACESSÓRIOS. AF_01/2021	UN	1	R\$ 1.428,06	R\$ 1.428,06	0,46%
7.2			ALUMÍNIO			R\$ -	R\$ 3.270,87	1,04%
7.2.1	SINAPI	94805	PORTA DE ALUMÍNIO DE ABRIR PARA VIDRO SEM GUARNIÇÃO, 87X210CM, FIXAÇÃO COM PARAFUSOS, INCLUSIVE VIDROS - FORNECIMENTO E INSTALAÇÃO. AF_12/2019	UN	3	R\$ 1.090,29	R\$ 3.270,87	1,04%
7.2.2	SINAPI	94570	JANELA DE ALUMÍNIO DE CORRER COM 2 FOLHAS PARA VIDROS, COM VIDROS, BATENTE, ACABAMENTO COM ACETATO OU BRILHANTE E FERRAGENS. EXCLUSIVO ALIZAR E CONTRAMARCO. FORNECIMENTO E INSTALAÇÃO. AF_12/2019	M2	13,998	R\$ 792,81	R\$ 11.097,75	3,54%

Área construída	255,28
Área terreno	288,743
Área total	404,293

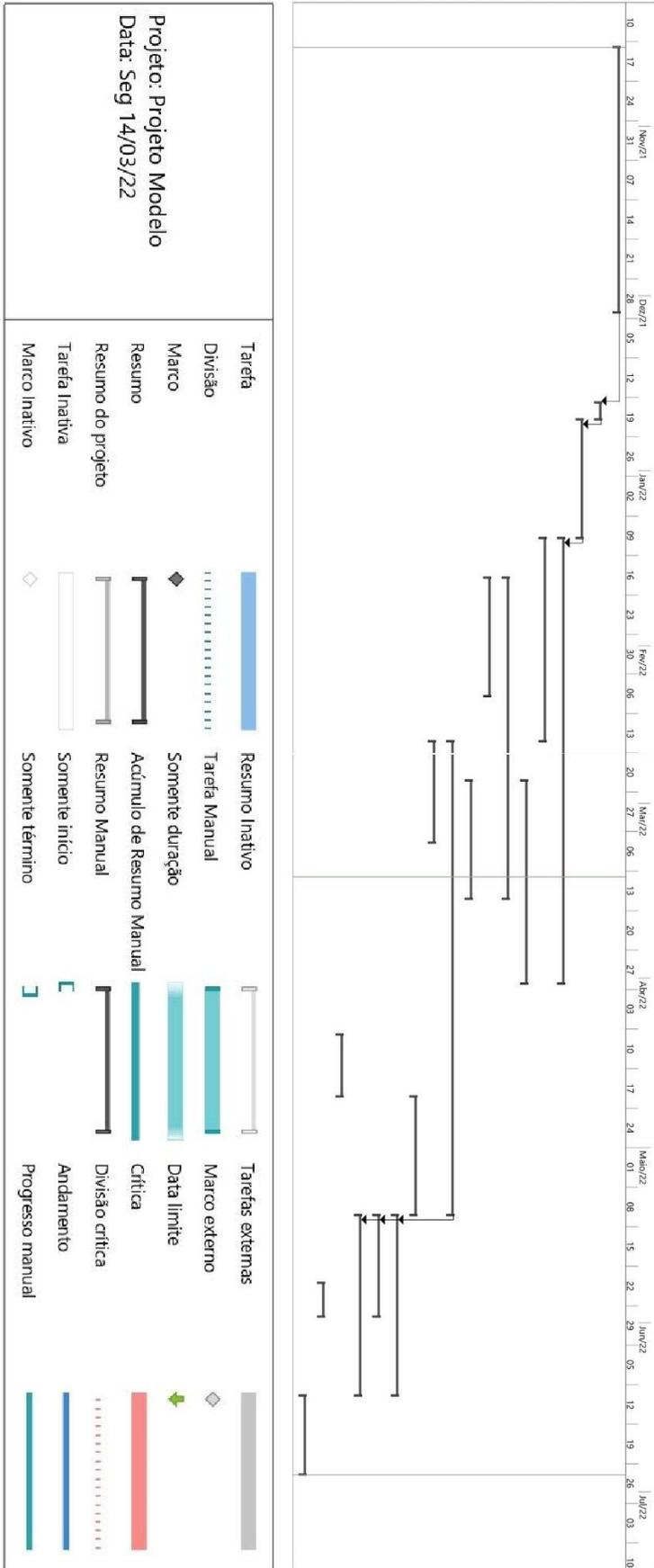
Índice CUB (R\$/m²)		1.614,36
Valor CUB (R\$)	R\$	412.113,82

Apêndice E – EAP analítica e cronograma

Tarefa	Duração	Início	Término
1. Projetos	35 dias	Seg 18/10/21	Sex 03/12/21
1.1. Projeto arquitetônico	10 dias	Seg 18/10/21	Sex 29/10/21
1.2. Projetos complementares	10 dias	Seg 01/11/21	Sex 12/11/21
1.3. Submissão e aprovação	15 dias	Seg 15/11/21	Sex 03/12/21
2. Canteiro de obras	3 dias	Seg 20/12/21	Qua 22/12/21
2.1. Instalação do canteiro	3 dias	Seg 20/12/21	Qua 22/12/21
2.2. Início das obras	0 dias	Seg 20/12/21	Seg 20/12/21
3. Fundações	15 dias	Qui 23/12/21	Qua 12/01/22
3.1. Escavações	3 dias	Qui 23/12/21	Seg 27/12/21
3.2. Sapatas	7 dias	Ter 28/12/21	Qua 05/01/22
3.3. Vigas baldrame	4 dias	Sex 07/01/22	Qua 12/01/22
4. Estrutura	57 dias	Qui 13/01/22	Sex 01/04/22
4.1. Estrutura térreo	26 dias	Qui 13/01/22	Qui 17/02/22
4.2. Estrutura superior	26 dias	Sex 25/02/22	Sex 01/04/22
5. Alvenaria	41 dias	Qui 20/01/22	Qui 17/03/22
5.1. Alvenaria térreo	15 dias	Qui 20/01/22	Qua 09/02/22

5.2. Alvenaria superior	15 dias	Sex 25/02/22	Qui 17/03/22
6. Instalações	60 dias	Sex 18/02/22	Qui 12/05/22
6.1. Instalações do térreo	12 dias	Sex 18/02/22	Seg 07/03/22
6.2. Instalações do p. Superior	15 dias	Sex 22/04/22	Qui 12/05/22
7. Revestimentos	22 dias	Sex 13/05/22	Seg 13/06/22
7.1. Revestimentos do p. Térreo	12 dias	Sex 13/05/22	Seg 30/05/22
7.2. Revestimentos do p. Superior	22 dias	Sex 13/05/22	Seg 13/06/22
8. Cobertura	9 dias	Seg 11/04/22	Qui 21/04/22
8.1. Madeiramento	5 dias	Seg 11/04/22	Sex 15/04/22
8.2. Telhamento	2 dias	Seg 18/04/22	Ter 19/04/22
8.3. Calhas e rufos	2 dias	Qua 20/04/22	Qui 21/04/22
9. Esquadrias	4 dias	Qua 25/05/22	Seg 30/05/22
9.1. Esquadrias externas	2 dias	Qua 25/05/22	Qui 26/05/22
9.2. Esquadrias internas	2 dias	Sex 27/05/22	Seg 30/05/22
10. Acabamentos	10 dias	Ter 14/06/22	Seg 27/06/22
10.1. Louças	2 dias	Sex 17/06/22	Seg 20/06/22
10.2. Metais	2 dias	Ter 21/06/22	Qua 22/06/22
10.3. Pintura e retoques	3 dias	Ter 14/06/22	Qui 16/06/22
10.4. Limpeza	7 dias	Sex 17/06/22	Seg 27/06/22
10.5. Mobiliário	3 dias	Qui 23/06/22	Seg 27/06/22

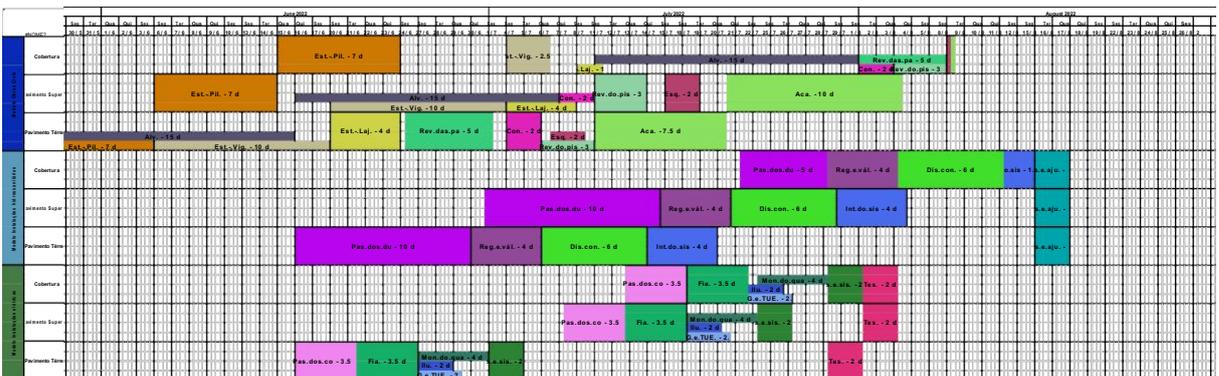
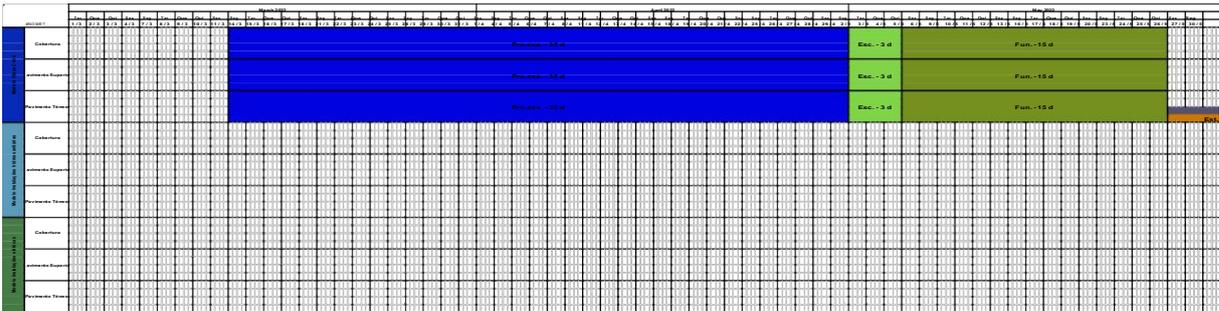
Apêndice F – Gráfico de Gantt



Apêndice G – Planilha de alocação dos recursos financeiros

TAREFAS	Tempo de serviço	Recursos	PROJETO E APROVAÇÃO	SERVIÇOS PRELIMINARES	COBERTURA	FUNDAÇÃO E ESTRUTURA	ALVENARIA - VEDAÇÃO	IMPERMEABILIZAÇÃO	REVESTIMENTOS - PISOS, PAREDES E TETOS	ESQUARIAS	INSTALAÇÕES ELÉTRICAS E DADOS	INSTALAÇÕES HIDRÁULICAS E SANITÁRIAS	ACUMULADOS
			35	3	9	72	41	78	32	6	30	30	
Projetos	35	PROJETO E APROVAÇÃO	R\$ 8.241,37										R\$ 8.241,37
Canteiro de Obras	3	SERVIÇOS PRELIMINARES		R\$ 9.599,13									R\$ 9.599,13
Fundações	15	FUNDAÇÃO E ESTRUTURA, IMPERMEABILIZAÇÃO				R\$ 18.285,80		R\$ 628,75					R\$ 18.914,55
Estrutura	57	FUNDAÇÃO E ESTRUTURA				R\$ 69.486,03							R\$ 69.486,03
Alvenaria	41	ALVENARIA - VEDAÇÃO, IMPERMEABILIZAÇÃO					R\$ 49.090,77	R\$ 1.718,59					R\$ 50.809,36
Instalações	60	INSTALAÇÕES ELÉTRICAS E DADOS, INSTALAÇÕES HIDRÁULICAS E SANITÁRIAS									R\$ 28.822,22	R\$ 42.287,87	R\$ 71.110,09
Revestimentos	22	REVESTIMENTOS - PISOS, PAREDES E TETOS, IMPERMEABILIZAÇÃO						R\$ 922,17	R\$ 106.552,43				R\$ 107.474,60
Cobertura	9	COBERTURA			R\$ 19.587,79								R\$ 19.587,79
Esquadrias	6	ESQUARIAS								R\$ 8.457,98			R\$ 8.457,98
Acabamentos	10	REVESTIMENTOS - PISOS, PAREDES E TETOS							R\$ 48.432,92				R\$ 48.432,92
TOTAIS (R\$)	258		R\$ 8.241,37	R\$ 9.599,13	R\$ 19.587,79	R\$ 87.771,82	R\$ 49.090,77	R\$ 3.269,51	R\$ 154.985,35	R\$ 8.457,98	R\$ 28.822,22	R\$ 42.287,87	R\$ 412.113,82

Apêndice H – Linha de balanço



Apêndice I – Comparação entre os métodos e meios de gerenciamento e princípios de Construção Enxuta

Princípios a serem atendidos	Práticas gerenciais	Recursos para gestão de planejamento de obras					Metodologias tradicionais de gerenciamento														
		Agilean	Prevision	Sienge	Integração Sienge + Agilean	Integração Sienge + Prevision	Six Sigma	Ciclo PDCA	Programa 5S	Cinco "Por quês"	Técnica 5W2H										
Reduzir as atividades que não agregam valor	Redução da logística																				
	Mão de obra ociosa																				
	Tempo de espera por material																				
Aumentar o valor do produto através da consideração das necessidades do cliente.	Intercomunicação com clientes																				
	processos relacionados com fornecedores																				
	à execução do próprio processo																				
Reduzir a variabilidade	na demanda de clientes																				
	nas demandas internas																				
	entrega mais rápida do empreendimento ao cliente																				
Reduzir o tempo do ciclo de produção	Facilidade de implementação de dados																				
	maior facilidade no planejamento de futuros empreendimentos																				
	maior flexibilidade																				
Simplificar através da redução do número de passos ou partes	Operação simplificada para acesso de todas as partes interessadas																				
	Introdução de elementos pré-fabricados																				
	inserção de equipes polivalentes																				
Aumentar a flexibilidade na execução do produto	inserção de múltiplas células de produção																				
	Opção por redução do tamanho dos lotes de produção até próximo à demanda																				
	Reduzir a dificuldade de <i>setups</i> e mudanças																				

	tecnologia que possibilite customização sem grandes ônus									
Aumentar a transparência do processo	Para clientes									
	Para a Administração									
	Para colaboradores									
	Curva S de custos									
Focar o controle no processo global (integração em diferentes níveis)	Linha de balanço									
	Uso de ferramentas estatísticas									
	Planejamento de longo prazo									
	Planejamento de médio prazo									
	Planejamento de curto prazo									
Introduzir melhoria contínua no processo	estabelecimento de metas									
	redução do estoque									
	apresentação de propostas entre as partes para atingir metas									
	caixa de sugestões									
	premiação pelo cumprimento de tarefas e metas									
Manter o equilíbrio entre melhorias nos fluxos e nas conversões	Permite observar os processos e analisar o que pode ser melhorado									
Referenciais de ponta (Benchmarking)	Identificação de boas práticas									

Legenda de cores por tipologia:	Funções atendidas	
	Funções pouco atendidas	
	Funções não atendidas	

ERPs e metodologias	Agilean	Precision	Sleng'e	Integração Sleng'e + Agilean	Integração Sleng'e + Precision	Six Sigma	Ciclo PDCA	Programa 5S	Conceito "Por quê?"	Técnica 5W2H
Atendimento aos princípios lean	43	55	41	55	61	60	68	65	53	63
	61,4%	78,6%	58,6%	78,6%	87,1%	85,7%	97,1%	92,9%	75,7%	90,0%