

UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ

FERNANDA MARTIGNAGO DE LIMA

**PLANEJAMENTO DE OBRAS RESIDENCIAIS NÃO REPETITIVAS COM
CONSTRUÇÃO ENXUTA E BIM**

CAMPO MOURÃO

2023

FERNANDA MARTIGNAGO DE LIMA

**PLANEJAMENTO DE OBRAS RESIDENCIAIS NÃO REPETITIVAS COM
CONSTRUÇÃO ENXUTA E BIM**

Planning of Non-Repetitive residential Works Whith Lean Construction and BIM

Dissertação apresentada como requisito para obtenção do título de Mestre em Inovações Tecnológicas do Programa de Mestrado em Inovações Tecnológicas da Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR).

Orientador: Marcelo Guelbert.

CAMPO MOURÃO

2023



[4.0 Internacional](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/)

Esta licença permite remixe, adaptação e criação a partir do trabalho, para fins não comerciais, desde que sejam atribuídos créditos ao(s) autor(es) e que licenciem as novas criações sob termos idênticos.

Conteúdos elaborados por terceiros, citados e referenciados nesta obra não são cobertos pela licença.



FERNANDA MARTIGNAGO DE LIMA

PLANEJAMENTO DE OBRAS RESIDENCIAIS NÃO REPETITIVAS COM CONSTRUÇÃO ENXUTA E BIM

Trabalho de pesquisa de mestrado apresentado como requisito para obtenção do título de Mestre Em Inovações Tecnológicas da Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR). Área de concentração: Inovações Tecnológicas.

Data de aprovação: 01 de Dezembro de 2023

Dr. Marcelo Guelbert, Doutorado - Universidade Tecnológica Federal do Paraná

Dr. Helton Rogerio Mazzer, Doutorado - Universidade Tecnológica Federal do Paraná

Dr. Maria Do Rosario Santos Oliveira, Doutorado - Instituto Politécnico do Porto

Dra. Tanatiana Ferreira Guelbert, Doutorado - Universidade Tecnológica Federal do Paraná

Documento gerado pelo Sistema Acadêmico da UTFPR a partir dos dados da Ata de Defesa em 01/12/2023.

AGRADECIMENTOS

Agradeço à Deus pela fé, força, coragem e oportunidade. Fé para acreditar que era possível, força para enfrentar os obstáculos e sair de cabeça erguida, coragem para encarar desafios e superação e, oportunidades infinitas de aprendizado, mudanças, relacionamentos e vitórias.

Agradeço à minha família, em especial minha mãe Sonia e irmãs Franciele, Izadora e Izabela. Minhas joias preciosas que me ensinam sobre o verdadeiro sentido de amor, amizade e lar. Mesmo quando distantes, vocês sempre se mantiveram presentes e ao meu lado quando precisei. Muito obrigada, amo vocês!

Ao meu orientador Prof. Marcelo Guelbert, agradeço por todo o aprendizado adquirido e pelas orientações, correções e tempo que ofereceu para ser meu mentor.

Aos meus amigos de classe, em especial Izabelle, agradeço por todo o companheirismo e ensinamentos durante as aulas, e, aos meus amigos de jornada, em especial, Carolina, Luana e Amanda, obrigada por todo apoio e força que recebi de vocês durante mais essa etapa.

À todos os meus amigos e familiares, obrigada por acreditarem e apostarem em mim e por estarem comigo contribuindo, de alguma maneira, para a realização desse sonho.

Agradeço aos meus amigos e companheiros de profissão da empresa em estudo, que foram essenciais para a minha motivação ao iniciar este trabalho, e por todas as trocas e aprendizados que tivemos nesses anos trabalhando juntos.

Agradeço à coordenação e aos docentes do PPGIT pela oportunidade de fazer parte desse programa de pós graduação e por todos os ensinamentos essenciais para a minha formação.

RESUMO

Pesquisadores vem ao longo das duas últimas décadas avaliando a aplicação do *Lean Construction* (Construção Enxuta) e do *Building Information Model* – BIM (Modelagem da Informação na Construção). A Modelagem da Informação na Construção permite, por meio de modelos BIM 4D, a visualização do processo de construção em tempo real. Apesar dos avanços no tema, é importante que se avalie o processo de implementação dessas tecnologias com conceitos que possam contribuir para análise dos processos, por meio do *Business Process Management* – BPM (Gerenciamento de Processos de Negócios). Levando em consideração as características que proporcionam a geração de incertezas no processo produtivo do setor, a proposta deste trabalho foi avaliar os resultados da inovação em processos com a implementação da Construção Enxuta para o planejamento de longo prazo em obras residenciais não repetitivas com apoio do BIM e BPM. Foram elencados na metodologia da pesquisa: requisitos de modelagem, sequência executiva, sincronização de equipes, desenvolvimento de cronograma, padronização dos pacotes de trabalho, qualidade na informação e comunicação dos envolvidos. Foram identificados problemas referentes a sequência construtiva por meio da visualização de cada atividade a ser executada no pacote, assim como, premissas necessárias para o planejamento ao integrar os modelos BIM com os pacotes de trabalho do cronograma. Foram propostas melhorias por meio da apresentação dos requisitos de modelagem, sendo possível destacar: criação de parâmetros compartilhados; compatibilização de coordenadas das disciplinas; escolha dos métodos de modelagem de objetos BIM; e, verificação da ausência de objetos BIM.

Palavras-chave: planejamento BIM; inovação em processo; construção enxuta; BPM.

ABSTRACT

Over the last two decades, researchers have been evaluating the application of Lean Construction (Lean Construction) and the Building Information Model – BIM (Information Modeling in Construction). Information Modeling in Construction allows, through 4D BIM models, the visualization of the construction process in real time. Despite advances on the topic, it is important to evaluate the implementation process of these technologies with concepts that can contribute to the analysis of processes, through Business Process Management – BPM (Business Process Management). Taking into account the characteristics that generate uncertainty in the sector's production process, the purpose of this work was to evaluate the results of innovation in processes with the implementation of Lean Construction for long-term planning in non-repetitive residential works with the support of BIM and BPM. The following were listed in the research methodology: modeling requirements, executive sequence, team synchronization, schedule development, standardization of work packages, and quality of information and communication of those involved. Problems relating to the construction sequence were identified through the visualization of each activity to be carried out in the package, as well as necessary assumptions for planning when integrating BIM models with the schedule work packages. Improvements were proposed through the presentation of modeling requirements, highlighting: creation of shared parameters; compatibility of discipline coordinates; choice of BIM object modeling methods; and, checking the absence of BIM objects.

Keywords: BIM Planning; process innovation; lean construction; BPM.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Ciclo de Planejamento	21
Figura 2 - Modelo de processo tradicional.....	23
Figura 3 - A estrutura da produção.....	28
Figura 4 - Todas as operações são processos de input – transformação – output ...	29
Figura 5 - Abordagem sistêmica coerente para o desenvolvimento de produto.....	30
Figura 6 - Reduzindo os estoques para expor os problemas do processo.....	31
Figura 7 - Modelo de processo da Construção Enxuta	34
Figura 8 - Modelo geral da administração de produção	34
Figura 9 - Níveis da Teoria de Gerenciamento da Produção	35
Figura 10 - Exemplo de um WBS.....	38
Figura 11 - Relação entre fluxo de materiais e fluxo de trabalho	39
Figura 12 - Níveis hierárquicos de planejamento no LPS	41
Figura 13 - Linha de balanço.....	44
Figura 14 - Ritmos balanceados e não balanceados	44
Figura 15 - Linha de balanço na elaboração do PSP	45
Figura 16 - Elaboração de uma linha de balanço	46
Figura 17 – Fluxo das atividades e <i>takt time</i>	47
Figura 18 - Amostras distribuídas conforme ambiente de pesquisa no ano	49
Figura 19 - Modelagem progressiva de uma casa	52
Figura 20 - Processo de modelagem 4D utilizando BIM	54
Figura 21 - Fachada da Residência	63
Figura 22 - Planta Baixa e Cobertura - Projeto Arquitetônico.....	64
Figura 23 - Cronograma da Obra	65
Figura 24 - Fluxograma da Metodologia.....	66
Figura 25 - Escopo do Projeto – Processo Atual (“ <i>as is</i> ”).....	70
Figura 26 – Levantamento de Quantitativos – Processo Atual (“ <i>as is</i> ”).....	70
Figura 27 – Mapeamento – Processo Atual (“ <i>as is</i> ”)	71
Figura 28 - EAP – Metodologia tradicional	73
Figura 29 - Linha de Balanço – Metodologia tradicional.....	74
Figura 30 – Pacotes de Trabalho – Metodologia tradicional.....	74
Figura 31 – Unidade-Base da Construção	77
Figura 32 – Sequência Executiva da Unidade-Base	78
Figura 33 – Linha de Balanço - Metodologia <i>LEAN</i>	81
Figura 34 – Integração BIM na Linha de Balanço (formulários)	82
Figura 35 – Integração BIM na Linha de Balanço (TRP).....	82
Figura 36 – Simulação Construtiva – Modelo Federado	84
Figura 37 – Simulação Construtiva – Agrupamento de objetos BIM	85
Figura 38 – Simulação Construtiva – <i>Find Items</i>	86

Figura 39 – Simulação Construtiva – Exportação de cronograma	86
Figura 40 – Simulação Construtiva – <i>TimeLiner</i>	87
Figura 41 – Simulação Construtiva – Acompanhamento da Execução.....	88
Figura 42 – Criação de parâmetros compartilhados.....	91
Figura 43 – Inserção de Parâmetros em Revestimentos de Piso.....	91
Figura 44 – Interferência de Coordenadas (Arquitetura e Estrutura).....	92
Figura 45 – Interferência de Coordenadas (Arquitetura e Hidrossanitário)	93
Figura 46 – Criação de paredes sistema.....	93
Figura 47 – Criação de peças no IFC.....	94
Figura 48 – Ausência de objetos BIM (Estrutura).....	94
Figura 49 – Ausência de separação de objetos BIM (Reboco)	95
Figura 50 – Seleção de objetos BIM (Reboco).....	96
Figura 51 – Mapeamento – Processo Futuro (“ <i>to be</i> ”)	97

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Metodologias tradicionais <i>versus</i> metodologias ágeis.....	26
Quadro 2 - Conceitos, Princípios e Ferramentas da Construção Enxuta	36
Quadro 3 - Teoria de produção TFV	37
Quadro 4 - Principais Elementos da BPMN.....	58
Quadro 5 - Diagnóstico – Processo Atual (“ <i>as is</i> ”)	72
Quadro 5 - Premissas de Planejamento.....	76
Quadro 6 - Divisão de Lotes.....	77
Quadro 7 - Pacotes de Trabalho	79
Quadro 8 - Atividades do Pacote de Trabalho - Exemplo “VBC”	80
Quadro 9 - Capacidade de Produção – Exemplo “Reboco”	80
Quadro 10 - Estratégia de Federação	89
Quadro 11 - Padronização de parâmetros compartilhados	90
Quadro 12 - Proposta de Melhorias – Processo Futuro (“ <i>to be</i> ”).....	99

LISTA DE SIGLAS

AEC	Arquitetura, Engenharia e Construção civil
AIA	<i>The American Institute of Architects</i>
BEP	<i>BIM Execution Plan</i>
BIM	<i>Building Information Modeling</i>
BPM	<i>Business Process Management</i>
BPMN	<i>Business Process Modeling Notation</i>
CAD	<i>Computer-Aided Design</i>
CBOK	Corpo Comum de Conhecimentos para Gerenciamento de Processos de Negócio
CE	Construção Enxuta
CNI	Confederação Nacional da Indústria
EAP	Estrutura Analítica do Projeto
FGV	Fundação Getúlio Vargas
IFC	<i>Industry Foundation Classes</i>
INCC	Índice Nacional de Custo da Construção
JIT	<i>Just-in-time</i>
LOD	<i>Level of Development ou Level of Detail</i>
LPS	<i>Last Planner System</i>
NFP	Nova Filosofia de Produção
NWF	Conjunto de arquivos <i>Navisworks</i>
P&D	Pesquisa e Desenvolvimento
PCP	Planejamento e Controle da Produção
PDP	Processo de Desenvolvimento de Produto
PE	Produção Enxuta
PMBOK	Guia do Conhecimento em Gerenciamento de Projetos
STP	Sistema Toyota de Produção
TFV	Transformação – Fluxo – Valor
TI	Tecnologia da Informação
TP	Tempo de Processamento
TRA	Tempo de Realização das Atividades

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	12
1.1 OBJETIVO	16
1.1.1 Geral	16
1.1.2 Específicos	16
2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	17
2.1 INOVAÇÕES TECNOLÓGICAS	17
2.2 INDÚSTRIA DA CONSTRUÇÃO CIVIL	18
2.2.1 Metodologias Tradicionais	20
2.2.2 Metodologias Ágeis	25
2.3 CONSTRUÇÃO ENXUTA	27
2.3.1 Sistema Toyota de Produção (STP)	27
2.3.2 Produção Enxuta (PE)	32
2.3.3 Aspectos Teóricos da Construção Enxuta	33
2.4 PLANEJAMENTO E CONTROLE DA PRODUÇÃO (PCP)	38
2.4.1 Planejamento de Longo Prazo	42
2.5 LINHA DE BALANÇO	43
2.6 <i>BUILDING INFORMATION MODELING</i> (BIM)	47
2.6.1 Aspectos teóricos do BIM	48
2.6.2 Planejamento de obras com BIM	53
2.7 CONSTRUÇÃO ENXUTA COM APOIO DO BIM	55
2.8 GERENCIAMENTO DE PROCESSOS	56
3 METODOLOGIA	60
3.1. CLASSIFICAÇÃO DA PESQUISA	60
3.2 LIMITAÇÃO E DELIMITAÇÃO DA PESQUISA	61
3.3 ESTUDO DE CASO	61
3.3.1 Descrição da Obra	61
3.3.2 Dados da Obra	62
3.3.3 Procedimentos, técnicas e ferramentas utilizadas	64
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO	68
4.1 PROCESSO ATUAL	68
4.1.1 Mapeamento “as is”	68
4.2 METODOLOGIA DE PLANEJAMENTO	70
4.2.1 Diagnóstico da Metodologia Tradicional	70
4.2.2 Metodologia com aplicação de LEAN e BIM	74
4.2.3 Simulação Construtiva	82
4.2.4 Requisitos de Modelagem BIM	87
4.3 PROCESSO FUTURO	95
4.1.1 Mapeamento “to be”	95

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS	99
REFERÊNCIAS.....	101

1 INTRODUÇÃO

Conforme o Índice Nacional de Custo da Construção (INCC), calculado e divulgado pela Fundação Getúlio Vargas (FGV, 2022), de julho de 2020 até junho de 2022, o custo com material e equipamentos no setor apresentou crescimento, e, somado a isso, (Souza *et. al*, 2022) retratam que o setor permanece sendo incentivador da economia e gerador de empregos, no entanto, sofre ameaças de baixa produtividade, baixa qualificação dos profissionais da cadeia produtiva e poucos controles sobre as operações.

Considerando a fase de projeto e operação dos sistemas de construção e baseando-se em situações em que as decisões são tomadas com pouca informação, resultando em oportunidades perdidas e em efeitos indesejados, algumas técnicas ferramentas podem ser utilizadas para extrair informações e explicitar as decisões na gestão da produção (BIOTTO *et al.*, 2013). Para Limmer (1997), no planejamento tradicional, as principais técnicas utilizadas são cronogramas, diagramas de rede e linhas de balanço.

Além disso, o planejamento e o controle de uma obra possuem influência decisiva no desempenho da produção e são processos complementares e condicionantes para a obtenção dos resultados esperados de custo, prazo e qualidade de um projeto (BRITO *et al.*, 2015). Para Limmer (1997), o controle da produção é a finalização do ciclo lógico de gerenciamento de um projeto, através da aferição do executado, corrigindo os desvios que venham a ocorrer em relação ao planejado, buscando determinar o avanço, definir correções em uma retroalimentação contínua do processo por meio da avaliação de qualidade.

No entanto, a causa principal de insucessos nos sistemas de gestão tradicionais na construção civil está na base conceitual em que se fundamentam, onde existe somente a visão de transformação de matéria-prima em produto final (KOSKELA, 2000). O setor se caracteriza pela não atenção aos fluxos de atividades que não agregam valor ao produto, onde o desperdício é invisível e, devido a isso, esforços buscando melhorias são dificultados (KOSKELA, 1992).

A partir dos estudos de Koskela (1992) com os conceitos da mentalidade enxuta, surgiram pesquisadores interessados na Nova Filosofia de Produção (NFP) adaptada à construção civil, que serão apresentados neste trabalho, onde os

princípios da Construção Enxuta (CE), ou *Lean Construction*, podem ser introduzidos em empresas do ramo com utilização de ferramentas e técnicas, como o Planejamento e Controle da Produção (PCP) e o método *Last Planner*, para trazer melhorias aos processos (KUREK *et al.*, 2013).

De acordo com Mendes Junior *et al.* (2014), há uma divisão do processo de PCP em três níveis hierárquicos: plano mestre (longo prazo), *lookahead* (médio prazo) e curto prazo, e, por meio do mapeamento e definição dos fluxos de trabalho, informações, suprimentos e empreendimento, o PCP é elaborado com visão de fluxos da CE.

Kemmer (2006) estudou a incorporação ao planejamento de longo prazo de edificações de uma abordagem que leve em consideração os princípios relativos à NFP, analisando os reflexos que a alteração dos tempos de ciclo dos processos de produção podem causar nos planos de ataque de edifícios de múltiplos pavimentos.

De acordo com Koskela (1992), a compressão do tempo de ciclo induz a redução das atividades que não agregam valor, como inspeção, espera e transporte, envolvendo um grupo de metodologias, técnicas e ferramentas que se originaram no setor da indústria automobilística.

Dentre elas, está a linha de balanço, que pode ser utilizada para representação dos planos de ataque. Além da transparência obtida nas análises no uso dessa ferramenta, Kemmer (2006) destacou em sua pesquisa, a maneira como a mesma foi desenvolvida a partir da composição e sequenciamento de pacotes de trabalho, ao invés das tradicionais sequências de serviços isolados. Assim, os planos de ataque criados para o empreendimento pesquisado revelaram que a redução do tempo de ciclo dos processos pode diminuir o tempo de atravessamento e o número de equipes para a realização das atividades, mas, faz-se necessário o comprometimento dos gerentes de produção, já que isso poderia esbarrar na quebra paradigmas culturais.

Schramm *et al.* (2006) avaliaram em seu estudo o uso de técnicas de planejamento da produção, como por exemplo a linha de balanço citada anteriormente, e ferramentas de visualização (planilha de dimensionamento de capacidade de recursos) específicas. No entanto, de acordo com *Biotto et al.* (2015), essas técnicas e ferramentas possuem uma limitação por não proporcionarem a visualização espacial da construção ao longo de sua execução.

Nesse contexto, está o *Building Information Model (BIM)* ou Modelagem da Informação na Construção. Com a tecnologia BIM, é construído um modelo virtual preciso de um edifício digitalmente. Quando concluído, o modelo gerado contém informações precisas de geometria e dados relevantes necessários para apoiar a construção, fabricação, e atividades de aquisição necessárias para realizar o edifício (EASTMAN *et al.*, 2011).

Campestrini *et al.* (2015) traz a ideia de que o BIM é um processo que visa a integração de profissionais e sistemas com interoperabilidade de dados fomentando o trabalho colaborativo, sendo que deve ser entendido como um novo paradigma de desenvolvimento de empreendimentos de construção envolvendo todas as etapas do seu ciclo de vida.

Na etapa de planejamento da obra, tem-se os modelos BIM 4D, que permitem a visualização do processo de construção em tempo real, detecção de erros, alinhamento da Estrutura Analítica de Projetos (EAP) com o modelo, além de auxiliar na tomada de decisões devido a informação. No entanto, para Brito e Ferreira (2015), um dos aspectos importantes para sua implantação é a capacidade de visualização das informações de planejamento e controle nos modelos.

Mendes Junior *et al.* (2014) realizaram um estudo para discutir como a modelagem BIM pode ser utilizada em PCP e as suas interações com os princípios da CE, concluindo que a integração das informações em um só banco de dados reduz a variabilidade e traz melhorias na comunicação, assim como reduz tempos de ciclo, retrabalho. Para Biotto *et al.* (2012) através do uso da modelagem 4D para apoiar a tomada de decisão na gestão de sistemas de produção foi possível obter a oportunidade de visualização de problemas no canteiro de obras, antes e durante a execução do empreendimento.

Para Silva *et al.* (2019) além dos benefícios do uso do BIM 4D para os processos de planejamento e controle de obras como a integração de sistemas de comunicação e simulação do processo construtivo, entre outros, houveram também algumas dificuldades encontradas associadas ao processo de implementação.

Borges (2019) buscou propor um método de implementação da modelagem BIM 4D em empresas construtoras, no entanto, o método foi criado de acordo com o estudo empírico realizado sem englobar o PCP, e, mesmo que as fases de preparação, modelagem e análise sirvam para qualquer tipo e porte de

empreendimento, as duas últimas fases podem necessitar de ajustes, dependendo do processo da empresa.

Para Laudon e Laudon (2011), qualquer empresa pode ser vista como uma coleção de processos de negócios, onde a Tecnologia da Informação (TI) ajuda a automatizar as etapas, sendo que, para aproveitar o poder de uma TI, como as ferramentas BIM para construção civil por exemplo, a empresa pode necessitar que sejam redesenhados processos de negócios inteiros.

Ao buscar administrar as organizações orientadas por processos de negócio, surgiu o BPM (*Business Process Management*, ou, Gerenciamento de Processos de Negócios). De acordo com Jacoski e Grzebieluchas (2011), tem-se a modelagem do processo atual “*as is*”, e o desenho do processo otimizado “*to be*”. Laudon e Laudon (2011) definem que o princípio básico é garantir que a empresa consiga alinhar a TI aos objetivos do negócio.

O desenvolvimento desta pesquisa foi motivado pela experiência da pesquisadora em empresas distintas na Indústria da Construção Civil, atuando com planejamento e controle de obras.

Em adição a esse cenário, a empresa na qual a pesquisadora desenvolveu a prática já utilizava ferramentas BIM e demonstrou interesse na implementação da CE com apoio do BIM em seus processos. Com isso, surgiu o interesse em desenvolver uma pesquisa que possibilitasse uma aplicação prática em um ambiente real da construção.

A pesquisadora notou que, durante seus estudos e tentativas de trazer para a sua realidade a aplicação das contribuições mencionadas nas pesquisas, é possível identificar um fator relevante para a implementação desses conceitos e tecnologias: as características comportamentais e organizacionais das empresas em conjunto com as características da obra.

Portanto, o processo de implementação pode ser realizado com a identificação de pontos críticos elaborado através de conceitos do BPM, onde a organização possa reavaliar os métodos aplicados em seus processos.

Visto as características que levam à geração de incertezas no processo produtivo da Indústria da Construção Civil aliado à busca por mais eficácia na utilização de técnicas que favoreçam a transparência nas análises dos processos de planejamento, a proposta deste trabalho é a avaliação dos resultados da CE com apoio do BIM no planejamento de obras residenciais não repetitivas.

1.1 Objetivo

1.1.1 Geral

A presente pesquisa tem por objetivo desenvolver uma proposta de inovação com sugestão de melhorias no processo de planejamento de longo prazo em obras residenciais não repetitivas por meio de conceitos da CE com apoio do BIM e BPM.

1.1.2 Específicos

Sendo que, para alcance do objetivo principal, propõe-se:

- Realizar o levantamento de requisitos de modelagem para atendimento ao planejamento em modelos BIM 3D de uma obra residencial não repetitiva;
- Gerar o modelo BIM 4D para análise do planejamento mediante elaboração da simulação construtiva e linha de balanço de uma obra residencial não repetitiva;
- Elaborar um plano de sugestão de melhorias no processo de planejamento de longo prazo em obras residenciais não repetitivas mediante elaboração do mapeamento “*to be*” e conceitos do BPM.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Neste capítulo, apresenta-se a fundamentação teórica necessária para o desenvolvimento da presente pesquisa.

2.1 Inovações Tecnológicas

Na visão de Baregheh *et al.* (2009), a inovação é resultado de um processo multiestágio através do qual as organizações transformam ideias em bens, serviços, processos novos ou com substancial melhoria tecnológica com o objetivo de progredir, competir ou diferenciar-se no mercado.

Segundo Tidd *et al.* (2015), a visão de inovação como um processo traz à tona a necessidade de que esse processo seja gerido na forma de entradas, saídas, atividades, subprocessos, meios de controle, objetivos, parâmetros e recursos para conceber, melhorar, reconhecer e compreender rotinas que sejam efetivas para geração de inovação, e, atuem como facilitadoras em seu surgimento na organização.

Implantar uma inovação envolve uma série de atividades científicas, tecnológicas, organizacionais, financeiras e comerciais, além de fatores que influenciam a capacidade de aprendizado das empresas, como por exemplo: facilidade de comunicação e canais eficazes de informação. A implantação também envolve a transmissão de competências estratégicas, como: visão de longo prazo e antecipação de tendências de mercado, e competências organizacionais, sendo: gestão de riscos, cooperação interna (departamentos) e externa (consultorias), pesquisas de partes interessadas (clientes, fornecedores, público), envolvimento de toda a empresa no processo de mudança, entre outras (OCDE, 2005).

Silva *et al.* (2014) realizou uma análise na literatura sobre o processo de gestão da inovação para a compreensão de alguns modelos que visam orientar tal processo, sendo que, os estudos enfocam, em sua maioria, empresas de grande porte, com o Processo de Desenvolvimento de Produto (PDP) ou Pesquisa e Desenvolvimento (P&D) bem estruturados e recursos previstos em orçamento formal. Para o autor, a gestão da inovação nas organizações deve estar em bases

conceituais sólidas acerca de seus limites, objetivos, contexto competitivo e estratégico e parâmetros organizacionais que a suportam.

Desde o início do século XX, esse tema tem sido objeto de estudo e parte da teoria do desenvolvimento econômico elaborada por Schumpeter (1998), que diferenciou invenção e inovação, onde: uma invenção é uma ideia, esboço ou modelo para um novo ou melhorado artefato, produto, processo ou sistema, enquanto inovação, no sentido econômico, somente é completa quando há uma transação comercial envolvendo uma invenção, e assim, gerando riqueza. Para o autor, a inovação cria uma ruptura no sistema econômico e altera padrões de produção, trazendo diferenciação para as empresas.

Para entender o grau de novidade da mudança introduzida em cada caso de inovação em um determinado produto ou processo, classifica-se a inovação em a) inovação incremental: quando há modificação, aperfeiçoamento, simplificação, consolidação e melhoria de produtos, processos, serviços e atividades de produção e distribuição existentes; b) inovação radical: quando há introdução de novos produtos ou serviços que se desenvolvem em novos negócios, se expandem em novas indústrias ou causam uma mudança que seja significativa em toda a indústria, tendendo a criar novos valores de mercado; e, c) inovação disruptiva: quando há a criação de algo novo ou uma grande revolução que pode lançar novas indústrias ou transformar indústrias existentes (INNOSKILLS, 2017).

Segundo o Manual de Oslo (2005), a inovação pode ser classificada, por objeto de inovação, como: inovação em produtos, inovação em processo e inovação em produto e em processo. A inovação tecnológica em produto pode ser: produtos tecnologicamente novos, ou produtos tecnologicamente aprimorados, em que um produto existente tem seu desempenho melhorado significativamente ou elevado. A inovação tecnológica em processos produtivos é a adoção de métodos de produção novos ou significativamente melhorados.

A inovação de processo pode ser associada a uma sequência de atividades que têm por objetivo gerar resultados através dos processos rotineiros. Para Tidd *et al.* (2015), a inovação de processos desempenha um papel estratégico.

2.2 Indústria da Construção Civil

Há desafios para o desenvolvimento de processos de inovação na cadeia produtiva da construção civil, mesmo com políticas governamentais sendo criadas, debatidas e algumas já implantadas. Essas políticas buscam alterar processos utilizados para que, a longo prazo, processos de construção industrializada em larga escala, possibilitem a aceleração do processo de construção. Mas, as dificuldades para inovar devem ser consideradas tanto no curto, quanto médio e longo prazo, através de interesses comuns e ações em desenvolvimento que possibilitam que a modernização do setor, aumento da sua produtividade e desenvolvimento de atividades que busquem a racionalização, a padronização e o aumento de escala, com sustentabilidade (MONTEIRO FILHA *et al.*, 2010).

A participação do PIB da Construção no PIB total do Brasil em 2021 foi de 2,6%, conforme a Sondagem Indústria da Construção Civil, realizada pela Confederação Nacional da Indústria (CNI), com o apoio da Câmara Brasileira da Indústria da Construção (CBIC). Conforme o Índice Nacional de Custo da Construção (INCC), calculado e divulgado pela Fundação Getúlio Vargas (FGV), de julho de 2020 até junho de 2022, o custo com material e equipamentos no setor apresentou crescimento, sendo que, na média do 1º trimestre de 2022, atingiu o maior patamar para o período, nos últimos 10 anos. Mas, o alto custo dos insumos ainda é o principal problema da construção, assim como, a falta, ou o alto custo, do trabalhador qualificado (VASCONCELOS, 2022).

Souza *et al.* (2022) retratam que o setor permanece sendo incentivador da economia e gerador de empregos, no entanto, sofre ameaças de baixa produtividade, baixa qualificação dos profissionais da cadeia produtiva e poucos controles sobre as operações, sendo imprescindível manter o foco no planejamento estratégico da empresa, padronização e gestão dos processos.

Diante desse cenário, é importante que as empresas do setor da construção busquem alternativas para se destacarem, implantando metodologias e ferramentas que possam ser utilizadas para fornecer informação para a tomada de decisões.

Nas fases do ciclo de vida de uma construção, como estudos preliminares e de viabilidade, projetos executivos, análise energética e sustentabilidade, planejamento, entre outros, existe a abrangência de diversos processos, dentre eles: a extração de recursos naturais e fabricação de materiais, montagem ou construção, operação e manutenção, demolição e destinação dos resíduos. Esses processos estão interligados entre si, tornando-se dependentes da qualidade na informação e

da comunicação entre os envolvidos para prosseguir de forma eficiente em seus resultados específicos.

Baseando-se em situações em que as decisões são tomadas com pouca informação, ferramentas podem ser utilizadas para extrair informações (BIOTTO *et al.*, 2013), e, o planejamento e controle de uma obra possuem influência decisiva no desempenho da produção e são processos complementares e condicionantes para a obtenção dos resultados esperados de custo, prazo e qualidade de um projeto (BRITO *et al.*, 2015).

No entanto, com base em metodologias de planejamento utilizada pelas empresas, tradicional ou com conceitos enxutos, assim como as ferramentas ou tecnologias, existentes, nos capítulos a seguir, serão apresentados alguns conceitos e aplicações práticas referentes a esse tema.

2.2.1 Metodologias Tradicionais

Dentre as inúmeras definições existentes na literatura, Formoso *et al.* (2001) define planejamento como sendo um processo gerencial onde se estabelecem objetivos e determinam-se procedimentos necessários para atingi-los. Para o autor, o planejamento somente é eficaz quando realizado em conjunto com o controle, assim como, não existe a função de controle sem planejamento.

Limmer (1997) explica que no processo de planejamento, do ponto de vista teórico e generalista, além do estabelecimento de objetivos, há a discussão de expectativas de ocorrências de situações previstas, transmissão de informações e comunicação de resultados pretendidos entre pessoas, unidades de trabalho, departamentos e empresas. Já no âmbito da gestão de projetos, o planejamento é indispensável para concretizar os objetivos almejados, dentre eles, a execução, com qualidade, da obra dentro dos parâmetros de prazos e custos definidos.

Para Formoso *et al.* (2001), o conceito de planejamento como processo pode ser compreendido através do modelo proposto por Laufer e Tucker (1987), onde o planejamento é subdividido em cinco etapas principais, conforme ilustrado na Figura 1, que formam dois ciclos, o ciclo de planejamento e controle e o ciclo de preparação e avaliação do processo.

Figura 1 - Ciclo de Planejamento



Fonte: Adaptado de Laufer e Tucker (1987)

As etapas são descritas da seguinte forma:

- Preparação do processo de planejamento: Nessa etapa definem - se procedimentos e padrões para execução do processo com uma análise profunda das condições que influenciam as atividades, dentre elas: a definição dos envolvidos e responsabilidade de cada um; níveis hierárquicos a serem adotados e periodicidade dos planos a serem gerados; nível de detalhe em cada nível de planejamento e critérios para subdivisão do plano em itens; e, técnicas e ferramentas de planejamento. Nessa etapa, também são tomadas decisões relativas à produção, como a definição do plano de ataque à obra, e, a identificação de restrições para realização das principais atividades.
- Coleta de informações: Essa etapa está diretamente relacionada com a qualidade do processo, onde as informações são produzidas, em formatos e periodicidade variadas, por setores da empresa, assim como por: clientes, projetistas, empreiteiros, poder público e consultores.

- c) **Elaboração dos planos:** Nessa etapa, é desenvolvido o produto do processo de planejamento ou plano da obra, que pode ser elaborado por meio de diversas técnicas, de forma simultânea, em função do tipo de obra, do nível de plano a ser elaborado, da habilidade dos responsáveis, entre outros fatores.
- d) **Difusão das informações:** Nessa etapa, as informações, geradas anteriormente, são difundidas entre os usuários do plano de acordo com a demanda específica de cada um, de forma que seja definido: a natureza da informação demandada, sua periodicidade, o formato a ser apresentado e o ciclo de retroalimentação.
- e) **Avaliação do processo de planejamento:** Nessa etapa, avalia-se o processo de forma a possibilitar a sua melhoria contínua. Isso pode ser feito através de indicadores de desempenho da produção propriamente dita e, do próprio processo de planejamento, sendo necessário definir a periodicidade dos ciclos de avaliação.

Nesse modelo, o ciclo de preparação e avaliação do processo tem relação com as definições que são realizadas no início do empreendimento e às avaliações deste processo, parciais ou ao final de cada empreendimento, já o ciclo do planejamento e controle, repete-se várias vezes durante a realização de um empreendimento, em diferentes níveis hierárquicos, baseado nas definições formuladas a partir do ciclo anterior.

Limmer (1997) também expõe a necessidade de desenvolver e manter um plano de execução para o projeto, os quais podem ser alcançados com oito passos:

Passo 1: Identificar as atividades a serem executadas através da análise dos elementos e informações disponíveis: projeto básico ou detalhado, especificações, etc.;

Passo 2: Ordenar as atividades identificadas em uma sequência lógica, em função da metodologia e processo de execução definidos para o projeto;

Passo 3: Estabelecer marcos e objetivo;

Passo 4: Determinar a duração de cada atividade;

Passo 5: Determinar o prazo de execução do projeto;

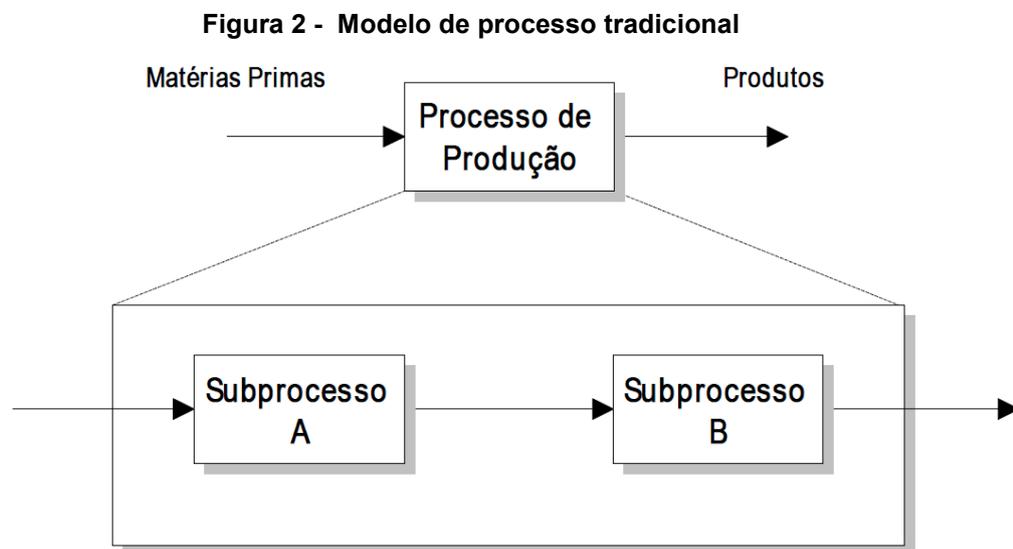
Passo 6: Alocar e nivelar recursos de mão-de-obra, materiais e equipamentos e reavaliar o prazo de execução do projeto;

Passo 7: Determinar a estimativa básica de custo do projeto;

Passo 8: Determinar o sistema de controle do projeto.

Para o autor, as principais técnicas utilizadas no planejamento são cronogramas, diagramas de rede e linhas de balanço, sendo os primeiros métodos os mais disseminados no gerenciamento de obras, mesmo com limitações nas atividades que possuem muitas interligações ou provoquem mudanças nos caminhos críticos. Já o controle da produção, é a finalização do ciclo lógico de gerenciamento de um projeto, através da aferição do executado, corrigindo os desvios que venham a ocorrer em relação ao planejado, buscando determinar o avanço e definir correções em uma retroalimentação contínua do processo por meio da avaliação de qualidade.

De acordo com Sebrae (2000), o modelo conceitual de planejamento dominante na construção civil, costuma definir a produção como um conjunto de atividades de conversão, que transformam os insumos (materiais, informação) em produtos intermediários (por exemplo, alvenaria, estrutura, revestimentos) ou final (edificação), conforme ilustra a Figura 2, sendo assim também denominado de modelo de conversão.



Fonte: Bernardes (2001) adaptado de Koskela (1992)

Para os autores, este modelo é adotado em orçamentos convencionais e em planos de obra que geralmente representam apenas as atividades de conversão, podendo apresentar deficiências, onde pode-se citar parcelas de atividades que compõem os fluxos físicos entre as atividades de conversão (fluxos de materiais e de mão de obra), as quais não são explicitamente consideradas, assim, estima-se

que cerca de dois terços (67%) do tempo gasto pelos trabalhadores em um canteiro de obras estão nas operações que não agregam valor: transporte, espera por material, retrabalhos, etc.

Tem-se também uma barreira quanto ao controle da produção e esforço de melhorias neste modelo, pois tende-se a manter o foco apenas em subprocessos individuais e não no sistema de produção como um todo. É possível exemplificar essa deficiência quando se introduz um novo sistema construtivo em uma obra focando em aumentar a produtividade da mesma, mas esquecendo-se de levar em consideração a eficiência no processo como um todo, onde é importante avaliar se houve uma redução significativa no tempo gasto em atividades que não agregam valor, e, há ainda uma análise quanto a não consideração dos requisitos dos clientes, o que pode resultar em produtos defeituosos (SEBRAE, 2000).

Sendo assim, a causa principal de insucessos nos sistemas de gestão tradicionais na construção civil está na base conceitual em que se fundamentam, onde existe somente a visão de transformação de matéria-prima em produto final (KOSKELA, 2000). O setor se caracteriza pela não atenção aos fluxos de atividades que não agregam valor ao produto, onde o desperdício é invisível e, devido a isso, esforços buscando melhorias são dificultados (KOSKELA, 1992).

A essa falta de atenção podem ser atribuídos diversos motivos, como: os efeitos negativos de uma gestão falha dos processos na construção civil sem a compreensão de conceitos como sistema de produção e processo e suas aplicações, e, a falta de capacidade das organizações em responder às mudanças de mercado alcançando seus objetivos organizacionais.

Mesmo tendo foco em melhorar a execução das obras e testar a eficiência da implantação de técnicas e ferramentas para melhoria da qualidade no produto final, são frequentes os exemplos de empresas que não aplicam isso aos seus processos, tanto em etapas de planejamento como execução das atividades relacionadas às obras com geração de maior controle do desempenho e visando, principalmente, valor para o cliente final em seu projeto.

De acordo com Vargas (2009), projeto é um empreendimento não repetitivo que busca atingir um objetivo claro e definido, conduzido por pessoas e parâmetros predefinidos de tempo, custo, recursos envolvidos e qualidade. Um projeto tem uma sequência clara e lógica de eventos com início, meio e fim.

Na construção civil, tanto no que diz respeito à execução das obras quanto à elaboração de projetos de engenharia e aos processos internos da organização, cada projeto (obra) apresenta características específicas e exclusivas, no entanto, podem existir em suas atividades, elementos repetitivos que se tornam processos e uma bom gerenciamento de projetos irá influenciar na entrega do produto final.

O guia do Conhecimento em Gerenciamento de Projetos – PMBOK (2013, p. 5) define gerenciamento de projetos como “a aplicação do conhecimento, habilidades, ferramentas e técnicas às atividades do projeto para atender aos seus requisitos”, realizado através de cinco grupos de processos agrupados em: iniciação, planejamento, execução, monitoramento e controle e, encerramento (PMBOK, 2013).

Sendo assim, para que se alcance resultados na aplicação de uma boa estrutura de projetos, torna-se essencial o gerenciamento de todas as partes de um projeto através da liderança de um gerente de projetos e da participação da equipe do projeto, pois, na prática da gestão de alguns projetos são encontradas deficiências quanto a forma de aplicação.

Como forma de melhoria na gestão de projetos em alguns modelos de empresas, no estudo realizado por Arbex e Stábile (2012), a proposta básica é formalizar todo e qualquer tipo de comunicação existente na empresa e pré-definir momentos em que serão feitas reuniões, adaptadas a cada projeto e cada empresa, para resolução ou tomadas de ações, identificando a necessidade das informações pelas partes interessadas no projeto e analisando o formato da transmissão e captação desta informação de forma a evitar desperdícios e sobrecargas com algo irrelevante.

Nesse método de gestão, os requisitos devem ser documentados e as atividades devem ser definidas e programadas (PMBOK, 2013).

De acordo com Stare (2013), o gerenciamento de projetos está em constante desenvolvimento, e, técnicas vão surgindo, como exemplo, tem-se a abordagem do gerenciamento ágil de projetos, desenvolvida na área de desenvolvimento de software.

2.2.2 Metodologias Ágeis

A metodologia ágil surgiu na década de 90 a partir da crescente insatisfação nos resultados dos desenvolvimentos de softwares que tinham valores altos, eram pouco funcionais e não correspondiam às reais necessidades do cliente final (TINOCO, 2020).

De acordo com Tinoco (2020), no método tradicional, o tempo e orçamento são estimados em sua totalidade para a elaboração do projeto, sendo obedecida uma sequência, onde: cada etapa do projeto inicia-se apenas quando a fase anterior é concluída e validada pelo cliente, enquanto na metodologia ágil, existem formas diferentes de aprimorar os projetos, seguindo premissas de reduzi-lo em segmentos, acelerar o *feedback* do cliente quanto às suas necessidades e implantar um ciclo de produção contínua.

No Quadro 1, é possível observar práticas mais comuns em metodologias tradicionais e metodologias ágeis.

Quadro 1 - Metodologias tradicionais versus metodologias ágeis

Metodologias Tradicionais	Metodologias Ágeis
Plano direcionado a previsão	Respostas se adaptam com mudanças emergentes
Centrado em planejar o futuro em detalhes	Ênfase em se adaptar-se às mudanças de objetivo
Equipes relatam exatamente o conjunto de ações planejadas	Equipes mudam de direção quando projetos mudam
Divisão rígida dos projetos em fases distintas	Cada tarefa da etapa do projeto surge do resultado da tarefa anterior
Exige definição detalhada dos compromissos	Foco na funcionalidade mais viável para entregar um benefício do negócio
Depende de uma estrutura rígida	Adota a criatividade
Resistente a mudanças	Acolhe mudanças
Demora para responder às mudanças de requisitos	Resposta imediata para mudanças de requisitos

Fonte: Adaptado de Wells, Dalcher e Smyth (2015)

De acordo com os estudos de Melo (2016) sobre o tema de metodologias de gestão, alguns gestores buscam melhorar os processos gerenciais adotando metodologias ágeis em sinergia com o gerenciamento de projetos, buscando resolver desafios enfrentados nas formas tradicionais de planejar, executar e

gerenciar os processos de construção. No entanto, a necessidade de combinar diferentes abordagens de gerenciamento de projetos deve ser feita de forma adequada, pois isto será crucial para o sucesso do empreendimento.

Alguns autores realizaram estudos da sinergia de metodologias ágeis com outras metodologias na construção civil, como a filosofia da CE, que será abordada no capítulo seguinte.

No entanto, conforme explica Kaczorowska (2015), a metodologia ágil torna-se menos eficaz se a sua utilização não for precedida de uma análise dos benefícios específicos atingíveis e de condições que compreendem, entre outras, a cultura organizacional e de tomada de decisão, o método de financiamento dos projetos, bem como, a abordagem para atendimento de mudanças, gestão de riscos ou padronização das práticas de gestão de projetos.

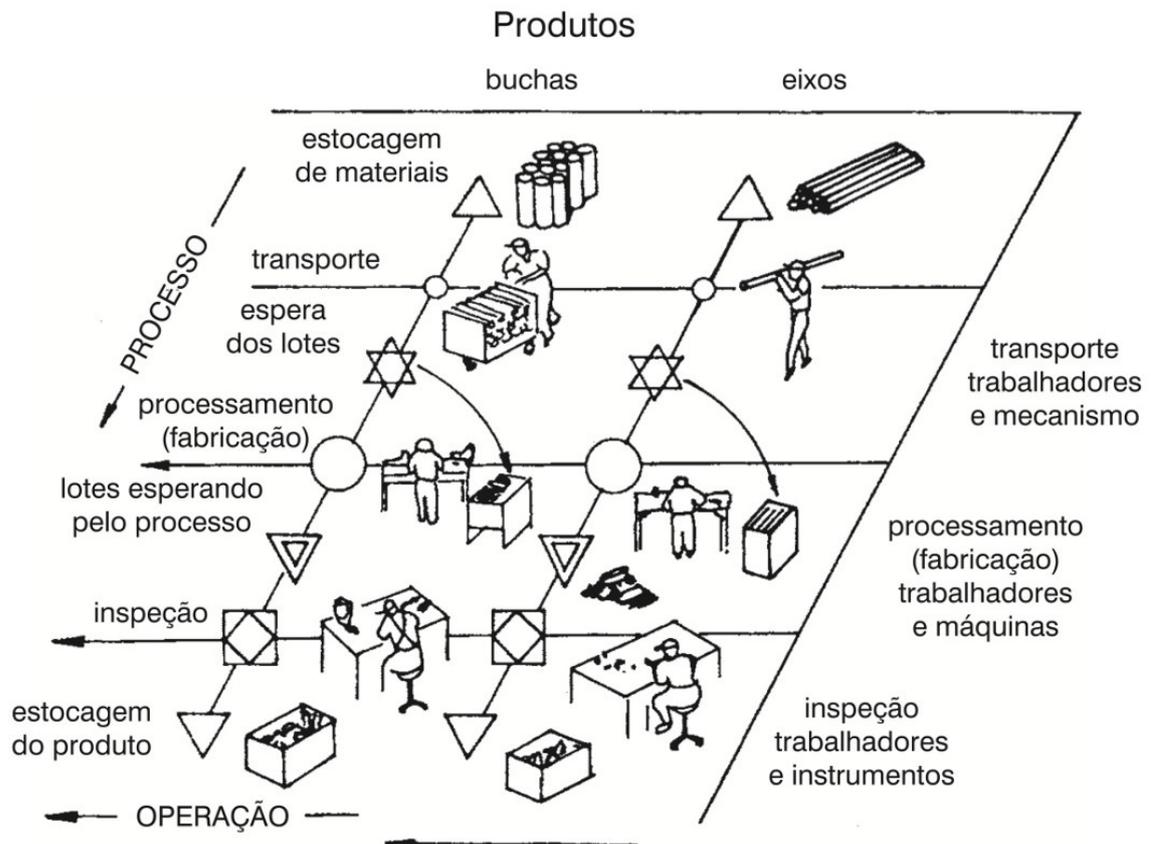
2.3 Construção Enxuta

Lean Construction ou Construção Enxuta (CE) é uma filosofia de produção adaptada à construção civil. Para entender esse tema, faz-se necessário uma contextualização sobre o Sistema Toyota de Produção (STP) e a Produção Enxuta (PE).

2.3.1 Sistema Toyota de Produção (STP)

Para Shingo (1996), produção é uma rede de processos e operações, onde o processo é a transformação da matéria-prima em produto acabado, e operações são visualizadas como o trabalho realizado para efetivar essa transformação. Enquanto no processo ocorre a interação do fluxo de equipamento e operadores no tempo e no espaço e a análise examina o trabalho realizado (fluxo de trabalho), no processo a análise examina o fluxo desses materiais (fluxo de produto). A Figura 33 ilustra como o processo é efetivado a partir das operações.

Figura 3 - A estrutura da produção

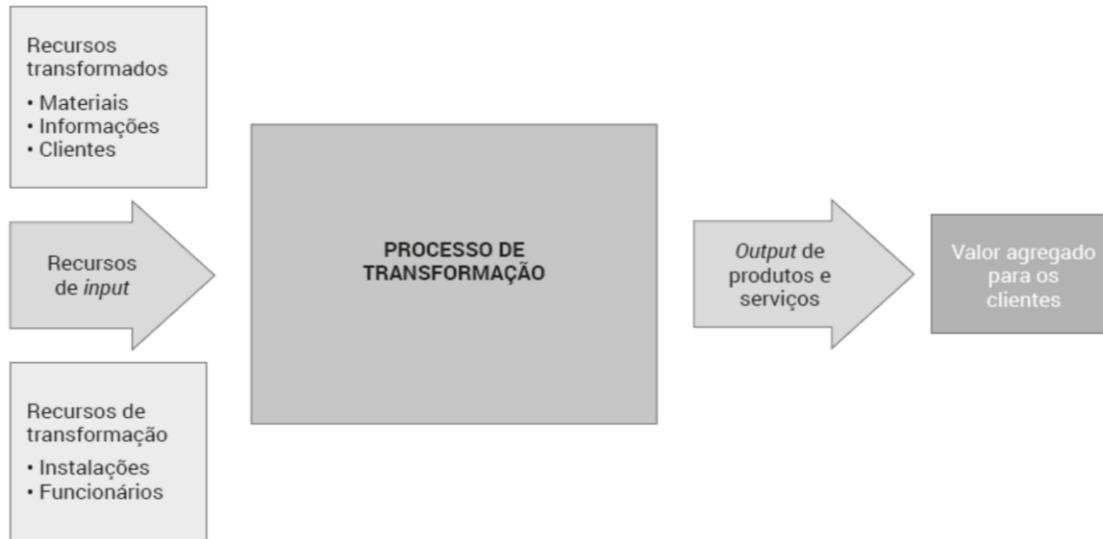


Fonte: Shingo (1996)

Para Slack *et al.* (2018), qualquer que seja a terminologia usada, há um tema e um propósito comum sobre como visualizar a atividade de produção em qualquer tipo de organização. Sendo assim, a função produção é a parte da organização responsável pela atividade de gerenciar os recursos que criam e entregam serviços e produtos, conhecida como administração da produção.

Para o autor, todas as operações criam e entregam serviços e produtos pela transformação de *inputs* (entradas) em *outputs* (saídas), por meio do processo “*input* – transformação – *output*” (Figura 4) e, apesar dos processos de produção serem semelhantes, eles diferem em aspectos de volume, variedade, variação na demanda e grau de visibilidade que os clientes possuem da produção de seu *output*.

Figura 4 - Todas as operações são processos de input – transformação – output



Fonte: Shingo (1996)

O STP mudou alguns paradigmas da administração da produção com ideias simples e inovadoras (KEMMER, 2006).

Desenvolvido e promovido pela *Toyota Motor Corporation* e adotado por muitas companhias japonesas como consequência da crise do petróleo de 1973, o STP teve como principal objetivo eliminar, por meio de atividades de aprimoramento, vários tipos de desperdícios que se encontram ocultos dentro de uma companhia (MONDEN, 2015), ou seja, é um sistema que visa a eliminação total das perdas.

Perda é qualquer atividade que não contribui para as operações (SHINGO, 1996), e, de acordo com Ohno (1997), o primeiro passo para aplicar o STP é a identificação de: perdas por superprodução, perda por tempo disponível (espera), perda por transporte, perda no processamento em si, perda por estoque disponível (estoque), perda por movimento e perda por produção de produtos defeituosos.

O desenvolvimento de produtos da Toyota tem evoluído como um sistema combinando três subsistemas principais: processos; pessoal; e, ferramentas e tecnologia (MORGAN, 2008), conforme ilustrado na Figura 5.

Figura 5 - Abordagem sistêmica coerente para o desenvolvimento de produto



Elementos de um sistema alinhado que se apóiam mutuamente

Fonte: Morgan (2008)

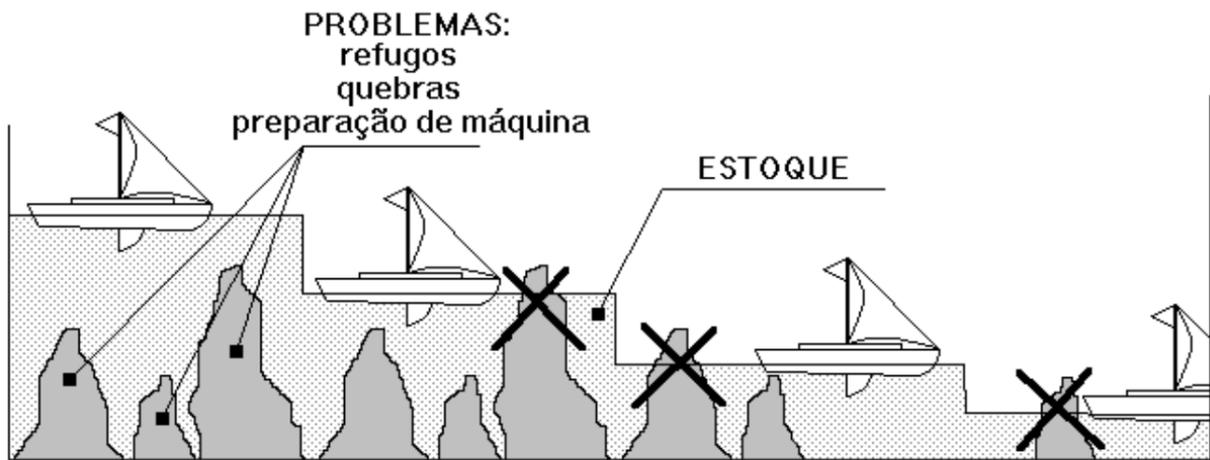
Para que sejam feitas melhorias nas operações faz-se necessário considerar o impacto no processo como um todo (SHINGO, 1996). Sendo assim, um fluxo contínuo de produção é obtido alcançando-se dois conceitos-chave (MONDEN, 2015), definidos por Ohno (1997) como os dois pilares principais do STP, sendo eles: *just-in-time* e autonomia.

Para os japoneses, o termo *just-in-time* (JIT) significa “no momento certo”, “oportuno” (FERRÃO, 2015), que segundo Shingo (1996), pode ser definido não como no momento exato, mas com determinada antecipação.

Segundo Ferrão (2015), as empresas buscam novas tecnologias capazes de melhorar sua qualidade, diminuir os custos, aumentar o lucro e obter a redução de desperdício por meio da melhoria do processo produtivo, e, a implantação do JIT faz com que essas necessidades sejam atendidas com maior facilidade.

Para Corrêa e Giansi (1993), o objetivo da filosofia JIT é reduzir os estoques para que os problemas fiquem visíveis e possam ser eliminados através de esforços concentrados e priorizados, onde, conforme ilustrado na Figura 6, o estoque, simbolizado pela água de um lago encobre os obstáculos que são os diversos problemas do processo produtivo.

Figura 6 - Reduzindo os estoques para expor os problemas do processo



Fonte: Corrêa e Giansesi (1993)

Para o autor, o JIT visa alcançar: melhores índices de qualidade, maior confiabilidade de equipamentos e maior flexibilidade, por meio de metas como: zero defeitos, tempo zero de preparação (*setup*), estoques zero, movimentação zero, quebras zero, tempo zero de atravessamento (*lead time*) e lote unitário (uma peça).

De acordo com essa filosofia, pode-se ver o fluxo de produção na ordem inversa, onde: um processo final vai para um processo inicial para pegar apenas o componente exigido na quantidade necessária e no momento necessário, e como meio de indicar tais necessidades, tem-se o quadro de sinalização, conhecido como *Kanban*, um sistema que tem o objetivo de puxar a produção a partir da demanda e é definido como o meio pelo qual STP foi suavemente (OHNO, 1997).

Para alcance do estoque zero, Shingo (1996) propõe algumas estratégias, sendo elas: redução dos ciclos de produção, eliminação das quebras e defeitos pelo ataque às causas dos problemas e a redução dos tempos de *setup*, com conseqüente redução do tamanho dos lotes, que, segundo Kemmer (2006), possibilita um “efeito aprendizagem” com a observação da produção em lotes pequenos e identificação de possíveis erros, impedindo sua reprodução e aumentando o desempenho da equipe e a qualidade do produto final.

A outra base do STP, autonomia (em japonês *Ninben-no-arui Jidoka*, que costuma ser abreviado como *jidoka*), também é conhecida como automação com um toque humano (OHNO, 1997). Ela apoia o JIT ao não permitir que unidades defeituosas provenientes de processos precedentes sejam produzidas e

prejudiquem os processos subsequentes (MONDEN, 2015), mas, não se restringe apenas às máquinas, pois seu conceito está relacionado com a ideia de autonomia, e também, com a redução de custos pela eliminação de perdas (GHINATO, 1996).

Segundo Kemmer (2006), Ohno reconhece que a implementação da autonomia está a cargo dos gerentes e supervisores de cada área de produção de forma a tornar possível a melhoria contínua do processo.

2.3.2 Produção Enxuta (PE)

A aplicação do pensamento enxuto causou um impacto significativo nas indústrias, sendo fomentada por uma rápida expansão em muitos setores, além da indústria automobilística (HINES *et al.*, 2004).

Segundo Kemmer (2006), um grupo de pesquisadores do *Massachusetts Institute of Technology*, liderados por James P. Womack, Daniel T. Jones e Daniel Ross, empreenderam em meados da década de oitenta, um projeto chamado Programa Internacional de Veículos Automotores, tendo como um de seus objetivos o entendimento e conhecimento das ideias das companhias japonesas, e assim, surgiu o livro “A Máquina que Mudou o Mundo” de Womack *et al.* (1992), sendo o ponto de partida para o termo da Produção Enxuta (PE) ou *Lean Production*.

Womack e Jones (2003) definiram o valor como o primeiro princípio do pensamento enxuto, caracterizando a busca pelo aumento do valor percebido para o cliente, e outros princípios, como: identificação do fluxo de valor, criação do fluxo com desenvolvimento da capacidade de escoamento da produção, o uso do planejamento puxado (produção puxada), busca pela perfeição por meio da eliminação de qualquer forma de desperdício do sistema de produção, busca contínua de melhorias e constante retroalimentação do sistema.

A seguir, são discutidos os princípios com base na definição de Womack *et al.* (1992) e descritos por Achell (2014):

Especificação precisa de valor: entender e compreender os valores do ponto de vista do cliente final, proporcionando as bases para o projeto de algum produto e/ou serviço, em um tempo determinado, e, o processo para fabricá-lo;

Identificação da cadeia de valor: conhecer as atividades necessárias para a transformação de materiais e informações em um produto ou serviço determinado;

Fluxo: Eliminar atividades que não agregam valor, assim como desperdícios, estoques e esperas de forma a garantir um fluxo contínuo;

Produção Puxada: Produzir somente o que é necessário, em quantidade e tempo necessários;

Perfeição: Garantir a melhoria contínua e a retroalimentação do sistema.

Com base nos conceitos citados acima e no modelo de processo tradicional apresentado na Figura 3, Formoso *et al.* (2001) explica que muitas críticas foram feitas e esforços realizados para obter um modelo que representa, mais adequadamente, a natureza do processo de produção, como o modelo de processo da PE.

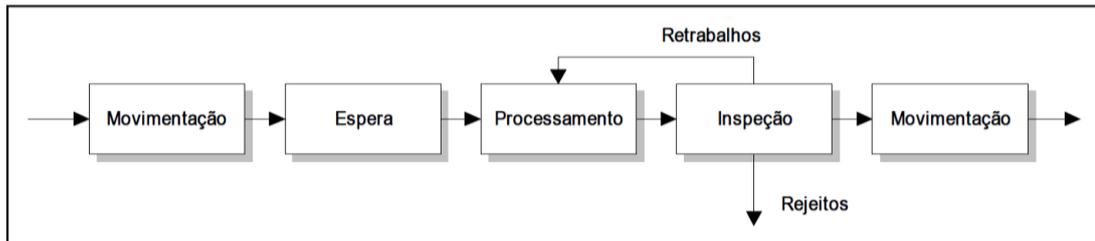
Para o autor, esse modelo pode ser aplicável também em processos de natureza gerencial, como planejamento e controle, suprimentos e projetos. Assim, os processos e atividades funcionam em relação às informações. A função produção também têm assumido papel estratégico ao determinar o grau de competitividade das empresas na indústria da construção civil, assim como aconteceu em outros setores industriais.

No entanto, é importante levar em consideração um fator que, de acordo com Womack *et al.* (1992), poderá reverter a produção enxuta para a produção em massa: a liderança por parte da gerência e o comprometimento dos trabalhadores, principalmente se considerar que, segundo Formoso (2001), as operações que não agregam valor correspondem a um elevado percentual do tempo gasto pela mão de obra.

2.3.3 Aspectos Teóricos da Construção Enxuta

Com base nos conceitos da PE, o modelo de processo da CE, define que o processo de planejamento deve considerar o fluxo de materiais, desde a matéria prima até o produto final, além de ser constituído por atividades de transporte, espera, processamento (ou conversão) e inspeção. Visto que, tais atividades não agregam valor ao produto final, e são então denominadas como: atividades de fluxo (SEBRAE, 2000). Na Figura 7 está ilustrado o modelo desse processo

Figura 7 - Modelo de processo da Construção Enxuta

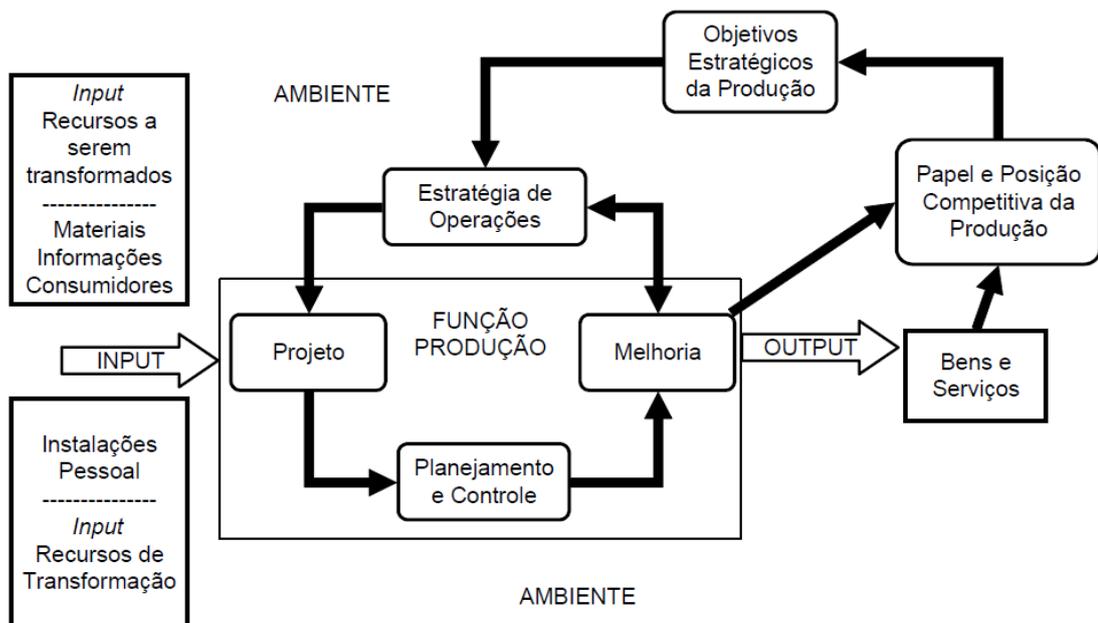


Fonte: BERNARDES (2001) adaptado de Koskela (1992)

A partir dos estudos de Koskela (1992) com os conceitos da mentalidade enxuta, surgiram diversos pesquisadores e empresas interessados na Nova Filosofia de Produção (NFP) adaptada à construção civil, onde os princípios da CE podem ser introduzidos em empresas do ramo com utilização de ferramentas e técnicas, como o Planejamento e Controle da Produção (PCP) e o *Last Planner*, para trazer melhorias aos processos (KUREK *et al.*, 2013). Ambos serão tratados mais detalhadamente nos capítulos seguintes.

Slack *et al.* (1997) propõe um modelo geral da administração de produção (Figura 8) que demonstra a inter-relação existente entre a estratégia de produção e as atividades relacionadas à função produção.

Figura 8 - Modelo geral da administração de produção



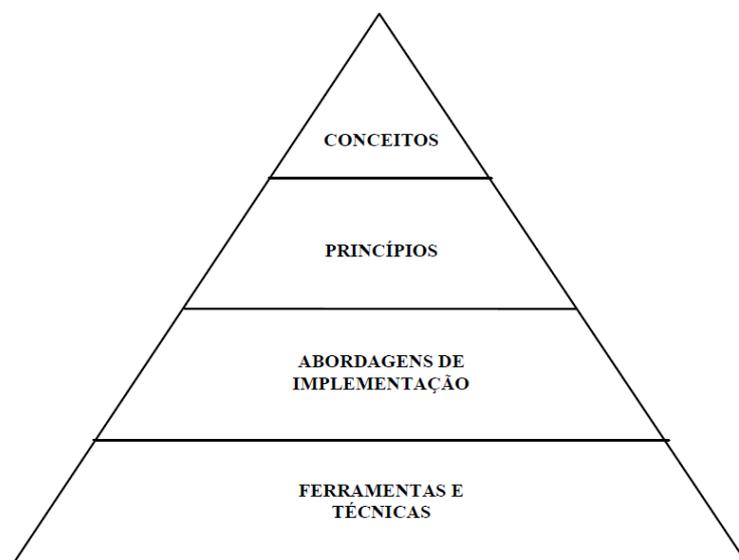
Fonte: Slack *et al.* (1997)

Skinner (1992) *apud* San Martin (1999) identificou pontos falhos na ligação da função produção com a estratégia corporativa da empresa, como por exemplo, a falta de gerentes capazes de implementar uma estratégia corporativa envolvendo aspectos da função produção e, a falta de estruturas organizacionais favoráveis à participação efetiva da função produção, explicando que, objetivos focados apenas em custo, eficiência e produtividade podem ser prejudiciais para o estabelecimento de vantagens competitivas.

Heineck (1996a) *apud* Kemmer (2006) apresenta outras metas para as organizações, como: desenvolvimento de recursos humanos, desenvolvimento de tecnologias e procedimentos padronizados de execução, crescimento moral e ético da organização, aumento da produtividade, aumento da produção e da capacidade produtiva, cumprimento de prazos e redução de prazos de execução, aumento do controle sobre o processo produtivo, aumento da qualidade intrínseca do produto, redução de custos e aumento de ganhos financeiros, e, aumento da capacidade de lidar com volumes e tipologias diferentes de obras ao longo do tempo.

Para Kemmer (2006), a CE auxilia ao introduzir alguns conceitos e princípios que podem ser úteis no desenvolvimento da gestão orientada para o processo de produção e destaca, baseado em Koskela (1992), a importância de uma teoria sob o ponto de vista prático do gerenciamento da produção, conforme apresentado na Figura 9.

Figura 9 - Níveis da Teoria de Gerenciamento da Produção



Fonte: Santos (1999) adaptado de Koskela (1992)

Os conceitos são como as ideias centrais de onde se pode realizar desdobramentos, denominados princípios, na sequência, encontram-se as abordagens de implementação desses princípios e, por fim, as ferramentas e técnicas que serão aplicadas na prática (SANTOS, 1999). O Quadro 2 apresenta alguns exemplos de conceitos, princípios e ferramentas *Lean*.

Quadro 2 - Conceitos, Princípios e Ferramentas da Construção Enxuta

Conceitos	Princípios	Ferramentas
Valor para o cliente	Puxar	<i>Andon</i>
Desperdício	<i>Jidoka</i>	<i>Kanban</i>
Fluxo	<i>Just in Time</i>	Sistema <i>Last Planner</i>
	Padronização	Linha de Balanço
	<i>Kaizen</i>	<i>Building Information Modeling (BIM)</i>

Fonte: Adaptado de Kemmer (2006)

Quanto às abordagens de implementação, esse tema será discutido nos capítulos seguintes, assim como, serão discutidos de forma mais detalhada, as ferramentas que serão utilizadas neste trabalho.

Dentre os conceitos importantes na CE que serão necessários para compreensão do desenvolvimento deste trabalho, tem-se no Quadro 3 o modelo integrado, denominado de teoria de produção TFV (Transformação – Fluxo – Valor), onde entende-se a produção a partir de três conceitos básicos: transformação, fluxo e geração de valor (KEMMER, 2006).

Quadro 3 - Teoria de produção TFV

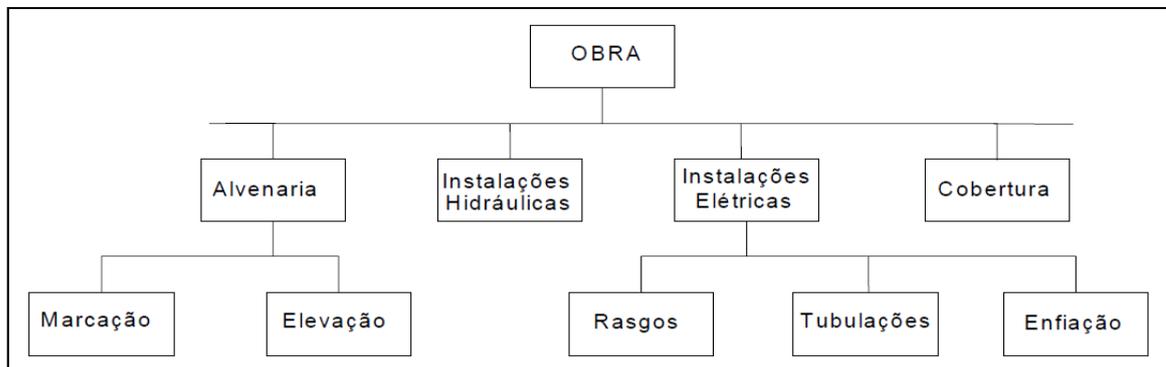
	Visão de Transformação	Visão de Fluxo	Visão de Geração de Valor
Conceito de Produção	Como transformação de entradas em saídas	Como fluxo de material composto de transformação, inspeção, movimento e espera	Como um processo em que o valor para o cliente é produzido através de satisfação de suas necessidades
Princípios Gerais	Realizar a produção eficientemente	Eliminar o desperdício (atividades que não agregam valor)	Eliminar a perda de valor (valor alcançado em relação ao melhor valor possível)
Métodos e Práticas (exemplos)	Decomposição do trabalho, gráfico de responsabilidade organizacional	Fluxo contínuo, controle da produção puxada e melhoria contínua	Métodos para captura das necessidades dos clientes
Contribuição Prática	Considerar o que tem que ser feito	Considerar, tanto quanto possível, o que é desnecessário para a realização de uma atividade	Considerar as necessidades dos clientes reunindo-as da melhor maneira possível
Nome sugerido para a Aplicação Prática da Visão	Gerenciamento de Tarefa	Gerenciamento de Fluxo	Gerenciamento de Valor

Fonte: Kemmer (2006) adaptado de Koskela (2000)

Para Formoso (2001), um dos principais desdobramentos da estratégia competitiva da empresa é a sua estratégia de produção. Nesse contexto, o PCP deve estar coerente com a estratégia competitiva da organização e as decisões desse processo não podem ser analisadas isoladamente, mas sim, de acordo com as prioridades definidas pela empresa. Além disso, faz-se necessária a definição de alguns padrões técnicos para o processo de planejamento, como por exemplo a estrutura de segmentação em atividades (pacotes de trabalho) e relações de precedências entre atividades, principalmente aquelas diretamente vinculadas ao plano de ataque à obra.

A partir destes critérios pode ser definida uma Estrutura de Divisão do Trabalho (EAP ou WBS - *Work Breakdown Structure*) conforme ilustrado na Figura 10, onde, de acordo com o autor, cada área de trabalho representa uma unidade de controle da produção.

Figura 10 - Exemplo de um WBS



Fonte: Formoso (2001)

Um exemplo seria: a “Alvenaria” pode ser definida como “Pavimento” ou “Parede” e, dessa forma, tanto o acompanhamento da “marcação” e da “elevação” será efetuado seguindo uma dessas unidades básicas, e, no momento da designação da tarefa, a equipe irá receber uma ordem de serviço que relaciona, por exemplo, a marcação de um determinado número de paredes previamente numeradas (FORMOSO, 2001).

2.4 Planejamento e Controle da Produção (PCP)

A obra pode ser vista como um sistema de produção (SP), e, existem três grandes etapas na gestão desse sistema: Projeto do Sistema de Produção (PSP); PCP e Melhoria Contínua. Apesar do foco deste trabalho ser na etapa de PCP, é importante destacar que as três etapas possuem interfaces entre si e estão relacionadas (KEMMER, 2022).

Para o autor, projetar o SP significa tomar algumas decisões antes do início da obra, contribuindo para o alcance da estabilidade do planejamento durante a sua execução, e por isso, faz-se necessário que sejam definidos: *layout*, tecnologias, terceirização, capacidade da mão de obra e equipamentos, sequência de produção e fluxos de produção, ou apenas, fluxos de trabalho. Então, para que a etapa de PCP inicie, é necessário analisar todas essas questões, e, para que se alcance o máximo de valor, são necessárias ações de melhoria contínua. Dentre as

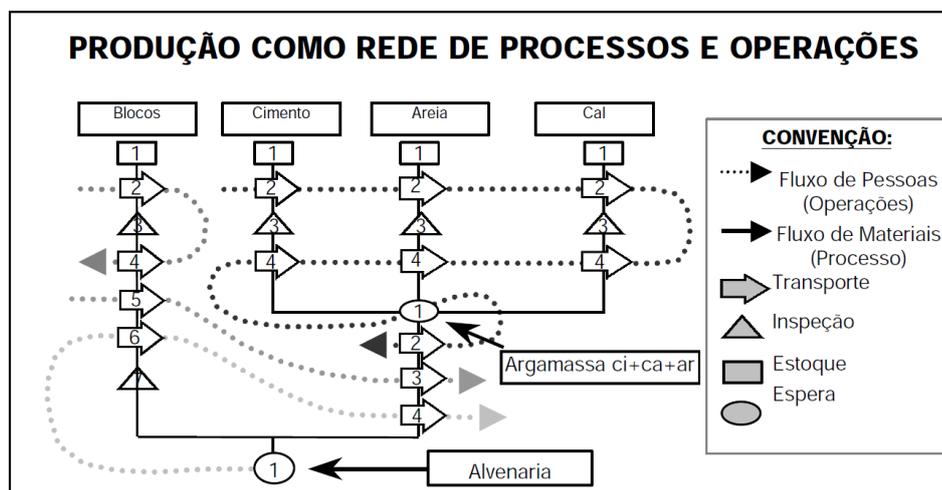
ferramentas que podem ser utilizadas para melhoria contínua estão: o diagrama da espinha de peixe, os 05 porquês e o pensamento A3.

Na prática, todas essas atividades podem ser aplicadas para gestão do sistema, mas tão importante quanto entender os conceitos e a implementação, tem-se o papel da colaboração da equipe como peça-chave para que se obtenha sucesso.

Para Gonçalves (2018), no setor de edificações pode existir mais complexidade dos sistemas de produção, quando comparados à manufatura, já que os canteiros de obras são bastante voláteis, sendo alterados de acordo com as fases da obra e, com base nessas características, o setor da construção civil pode apresentar índices de performance inferiores ao da indústria tradicional, sendo considerado um setor atrasado, com baixas taxas de produção e alto desperdício de recursos.

Formoso (2001) destaca a existência de um fluxo de trabalho, além do fluxo de montagem e dos fluxos físicos de materiais. O fluxo de trabalho refere-se ao conjunto de operações realizadas por cada equipe no canteiro de obras, conforme ilustrado na Figura 11.

Figura 11 - Relação entre fluxo de materiais e fluxo de trabalho



Fonte: Sebrae (2000)

Para o Formoso (2001), dentre as várias diretrizes que devem ser consideradas no PCP, há a necessidade de sincronizar as equipes, de forma a manter um fluxo de trabalho contínuo, assim como gerenciamento dos fluxos de

montagem, materiais e/ou informações e trabalho, focando na eliminação das atividades que não agregam valor.

O processo de planejamento pode assumir diferentes formatos e procedimentos dentro de uma mesma organização, introduzindo variabilidade neste processo. Sendo assim, diferentes pesquisadores desenvolveram modelos de processo de PCP com a utilização de indicadores que avaliassem o grau de maturação desse sistema em empresas construtoras, dentre eles está Bernardes (2001) que desenvolveu um modelo de planejamento para micro e pequenas empresas da construção, e Bulhões e Formoso (2004), que buscou adaptar um modelo ao contexto de diversos segmentos da construção civil, como: reforma, edificações residências, saneamento, rodoviária e industrial.

Bernardes (2001) adotou em seu trabalho a definição de Formoso (1991), onde o controle é parte inerente do planejamento. O autor define planejamento como “o processo de tomada de decisão que envolve o estabelecimento de metas e dos procedimentos necessários para atingi-las sendo efetivo quando seguido de um controle” e, de acordo com Laufer e Tucker (1987), pode ser representado através de duas dimensões básicas: horizontal e vertical.

Sendo assim, Bernardes (2001) comprime informações de diversos autores (SHAPIRA E LAUFER, 1993; HOPP e SPEARMAN, 1996; DAVIS e OLSON, 1987; LAUFER e TUCKER, 1987) e destaca que segundo a dimensão vertical, há três níveis hierárquicos de planejamento: estratégico, onde são definidos o escopo e as metas a serem alcançadas em um intervalo de tempo e as decisões são tomadas para a preparação dos planos de longo prazo; tático, onde enumera-se os meios e suas limitações para que essas metas sejam alcançadas referindo-se à identificação de recursos, estruturação do trabalho e recrutamento e treinamento de pessoas; e por fim, o nível operacional, onde há a seleção do curso das ações através das quais as metas são alcançadas e há relação com as decisões no curto prazo.

Reck e Formoso (2010) realizaram uma avaliação da aplicação do índice de boas práticas de planejamento em empresas construtoras, como: tomada de decisão participativa nas reuniões de curto prazo, identificação e remoção sistemática de restrições no nível de médio prazo, e utilização de dispositivos visuais para disseminar as informações no canteiro, entre outras.

Bernardes (2001) baseou seu modelo de planejamento no sistema *Last Planner* de controle da produção, ou, *Last Planner System* (LPS) em que, para

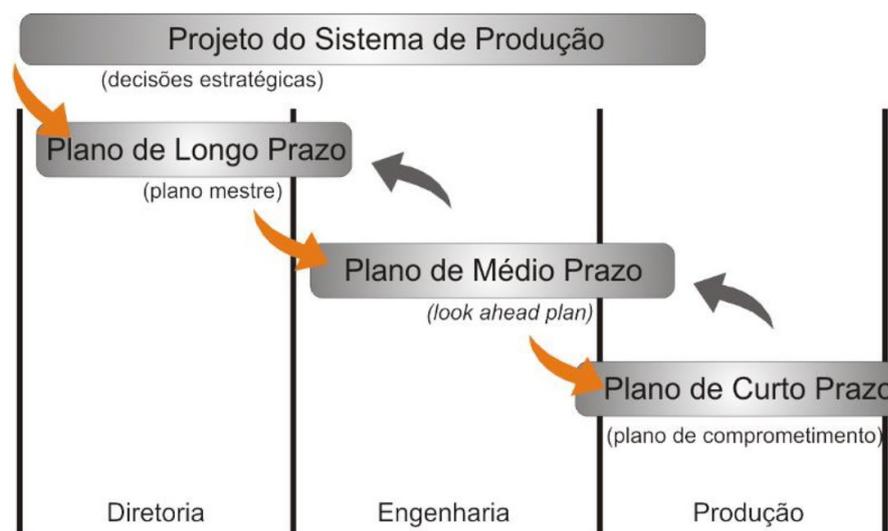
Kemmer (2006), é estabelecida uma cadeia hierárquica de planejadores, onde o último (*Last Planner*) atua diretamente na determinação do plano operacional de modo a garantir a execução das atividades programadas.

Proposto por Ballard (1994), o LPS é definido da seguinte forma: o planejamento de maior nível tende a focar nos objetivos e restrições globais do empreendimento, o planejamento intermediário especifica a forma de execução dos objetivos preestabelecidos e então, são decididos os trabalhos específicos, ou seja, as atribuições que serão realizadas em um curto período de tempo.

De acordo com Mendes Junior *et al.* (2014), há uma divisão do processo de PCP em três níveis hierárquicos de acordo com o LPS: plano mestre (longo prazo), *Lookahead* (médio prazo) e curto prazo, e, por meio do mapeamento e definição dos fluxos de trabalho, informações, suprimentos e empreendimento, o PCP é elaborado com visão de fluxos da CE.

Com base nos princípios de JIT (redução de estoque), fluxo e produção puxada, ligados ao planejamento na CE, é importante a compreensão de que para alcançar o objetivo de qualidade, menor custo e *lead time* (tempo de atravessamento) mais curto, é necessário que se tenha estabilidade na produção (executar conforme planejado), e é exatamente nesse contexto, que a utilização do LPS vai auxiliar. A Figura 12 ilustra os níveis hierárquicos de planejamento no LPS.

Figura 12 - Níveis hierárquicos de planejamento no LPS



Fonte: Biotto (2012) adaptado de Costa (2010)

Neste trabalho, a avaliação de melhorias para o processo de planejamento será baseada no planejamento de longo prazo. Esse planejamento considera um cenário definido desde a data de início da obra (podendo ou não incluir as etapas de apoio, como elaboração de projetos e aprovações de licenças) até a data de entrega da obra. Esse tema será detalhado no tópico 2.4.1.

2.4.1 Planejamento de Longo Prazo no LPS

De acordo com Bernardes (2001), devido ao grau de incertezas existente no ambiente produtivo, o plano de longo prazo de execução deve apresentar um baixo grau de detalhes sendo o suficiente apenas para apresentar os objetivos principais.

No modelo apresentado pelo autor, o planejamento de longo prazo pode ser dividido nas seguintes etapas:

- a) Coletar informações: coleta de informações provenientes da preparação do processo de planejamento;
- b) Preparar plano de longo prazo: definição dos ritmos de trabalho para as equipes através de técnicas e ferramentas diversas;
- c) Gerar fluxo de caixa: refinamento do fluxo de caixa elaborado nos estágios iniciais do empreendimento;
- d) Difundir plano de longo prazo: transmissão do plano (escrito ou verbal) de acordo com as necessidades dos seus usuários;
- e) Programar recursos classe 1: são recursos cuja programação de compra, aluguel ou contratação deve ser efetuada devido aos longos prazos de aquisição;
- f) Difundir programação de recursos classe 1: difusão da programação dos recursos aos setores responsáveis para contratação de mão de obra, suprimentos e equipamentos;
- g) Comprar materiais classe 1: início do processo de negociação e compras;
- h) Contratar mão-de-obra: divulgação da necessidade de mão-de-obra e contratação;
- i) Comprar/alugar equipamentos: realização pelo setor de suprimentos e liberação, normalmente, pela diretoria.

Para Barros Neto (1999), em uma abordagem estratégica onde são definidos os objetivos de longo prazo condizentes com as necessidades da empresa, as particularidades internas e o contexto externo contribui para uma maior coerência no processo de implantação dos princípios *lean*.

No entanto, o autor cita que observa-se dois paradoxos em relação ao uso do planejamento estratégico de acordo com dois trabalhos: no primeiro, Barros e Prates (1996) observam que, ao não arriscarem, as empresas seguem trabalhando em um perspectiva de curto prazo mesmo quando o planejamento é exatamente um instrumento útil para se evitar maiores riscos no longo prazo, e no segundo, Mount *et al.* (1993) verificaram que as pequenas empresas deveriam ser as mais adequadas para a realização de processos de planejamento de longo prazo em virtude de seu tamanho e informalidade, mas isso não ocorre pois há falta de tempo, de recursos físicos e financeiros e de inclinação para desenvolver planos de qualquer tipo.

2.5 Linha de Balanço

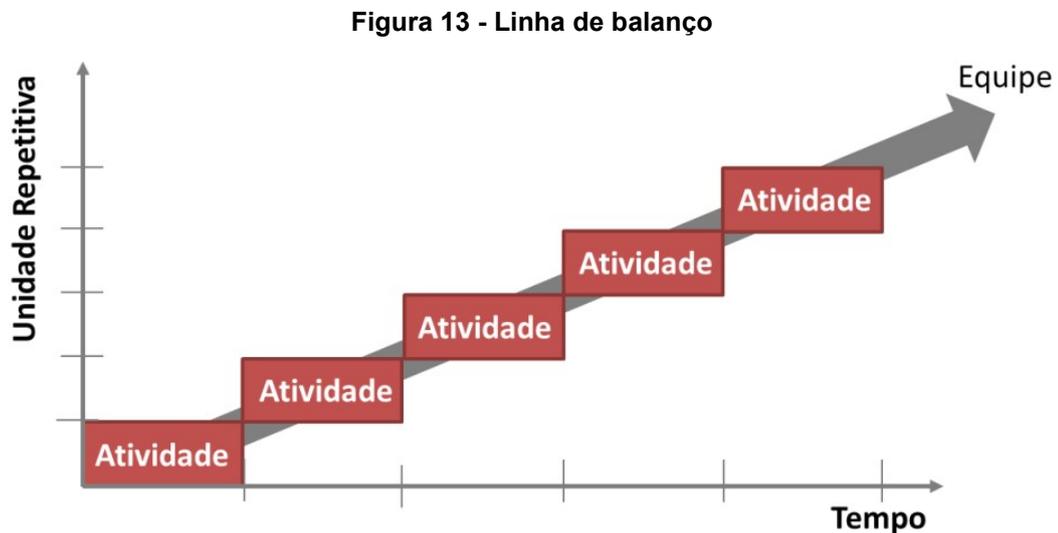
Para a implantação de conceitos *lean* é preciso não apenas entender sobre os conceitos, ferramentas e técnicas, mas valorizar o engajamento das pessoas envolvidas no processo. Um dos motivos para que isso possa acontecer é fornecer mais transparência ao processo de forma que o mesmo fique claro para todos os envolvidos.

Com esse objetivo, a utilização de ferramentas que auxiliam em uma gestão visual mais limpa, para que todos os níveis hierárquicos possam entender, participar e avaliar o planejamento.

Para Reck (2022), ferramentas tradicionais de planejamento possuem dificuldades em: visualizar atividades e dependências entre elas; visualizar e estimar a quantidade de equipes necessárias nas atividades da obra; e, visualizar estratégia de ataque do empreendimento; além de não considerar atividades de fluxo tratando a execução do empreendimento em termos de percentuais e não considerando a capacidade dos recursos de produção que serão utilizados.

De acordo com a autora, a linha de balanço representa a quantidade produzida *versus* o tempo necessário para produção, através de um gráfico onde as

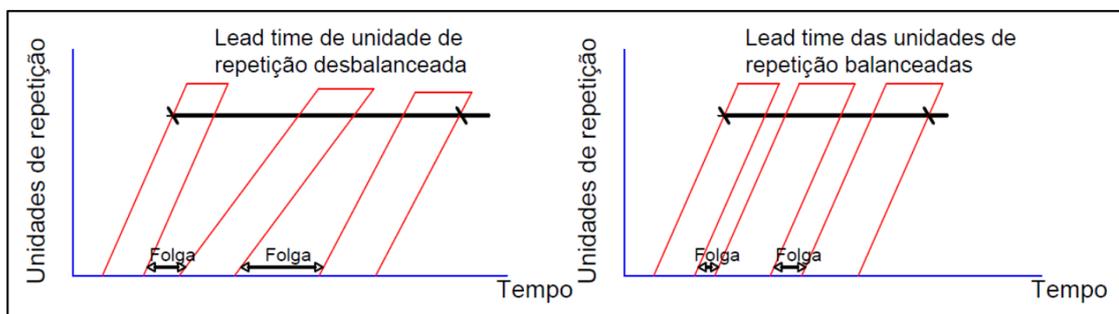
unidades produzidas são representadas nas ordenadas e o tempo decorrido nas abscissas, conforme ilustrado na Figura 13.



Fonte: Reck (2022)

A linha de balanço é uma ferramenta que tem como objetivo, através de uma representação gráfica, visualizar trajetórias das equipes de produção na execução do empreendimento, percebendo possíveis interferências entre equipes que podem provocar a interrupção do fluxo de trabalho (SCHRAMM, 2004) além de encontrar um ritmo adequado para a entrega das unidades-base, conforme ilustra a Figura 14.

Figura 14 - Ritmos balanceados e não balanceados

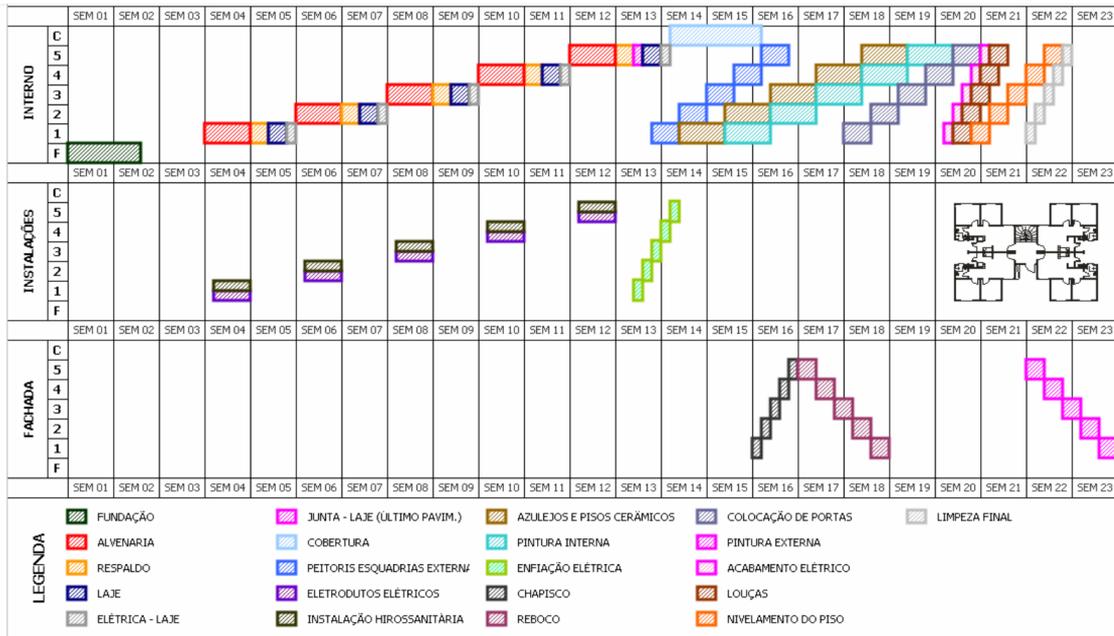


Fonte: Moura e Heineck (2014)

A Figura 15 exemplifica o uso dessa ferramenta na elaboração do PSP em um empreendimento de interesse social, utilizada para o estudo do fluxo de trabalho para a execução de um bloco de edifício com cinco pavimentos e quatro

apartamentos por pavimento, onde as divisões das linhas representam o pavimento no qual a atividade será realizada e as divisões das colunas representam os dias nos quais aquelas atividades deverão ser executadas (SCHRAMM, 2004).

Figura 15 - Linha de balanço na elaboração do PSP



Fonte: Schramm (2004).

A ferramenta também pode ser muito útil para enfatizar diversos conceitos e princípios da PE, tais como: estabilidade da produção, tempo de ciclo e ritmo (RECK, 2022), além de, simplificação das operações pela externalização ou pela “pacotização” do trabalho, redução da variabilidade, visão do fluxo de execução, redução do *lead time* pelo balanceamento das atividades ou pelo efeito aprendizagem, e, integração de curto, médio e longo prazo (Moura e Heineck, 2014). A Figura 16 ilustra o passo-a-passo para a elaboração de uma linha de balanço.

Figura 16 - Elaboração de uma linha de balanço



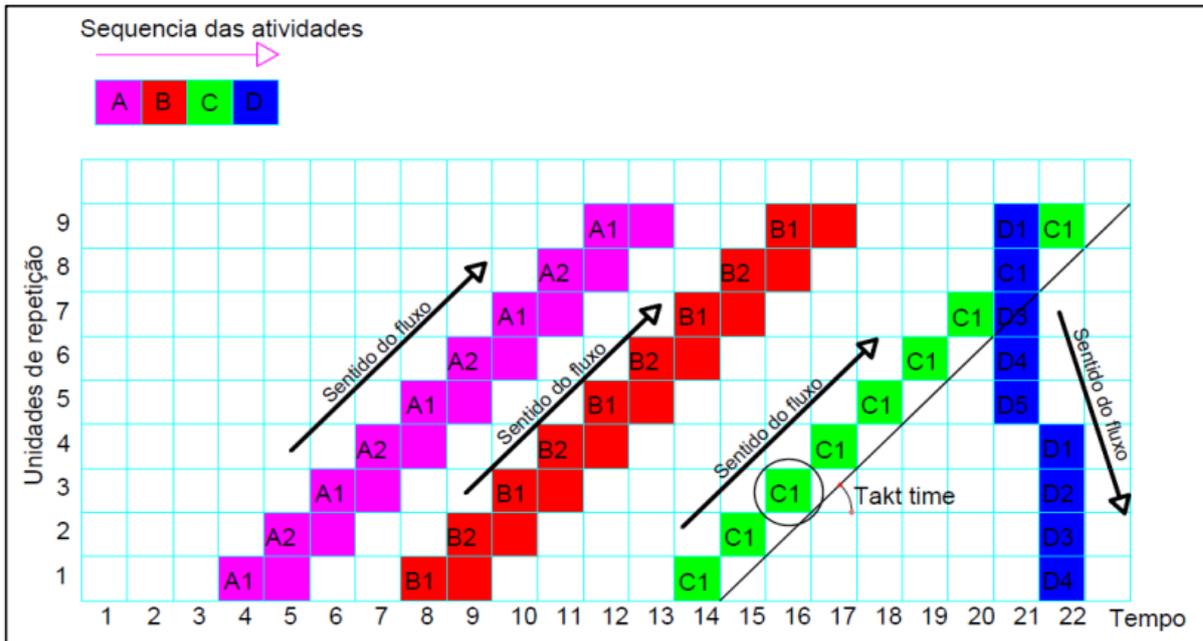
Fonte: Prevision (2022)

Sendo o tempo de ciclo, o tempo que se leva para execução de uma etapa (por exemplo: atividade alvenaria) em determinada unidade de repetição (ou lote, por exemplo: pavimento), estabelecer um fluxo de contínuo na linha de balanço significa não ter “esperas” ou “interrupções” entre as etapas (atividades), sendo possível estabelecer, de acordo com Moura e Heineck (2014), um movimento contínuo, caracterizado pelo ritmo de ataque às unidades de repetição que, na construção enxuta, é utilizado como *takt time* da atividade.

Para que essa estratégia seja possível, é preciso analisar o nível de maturidade do processo na empresa, além de ser necessário realizar a implantação aos poucos, ritmando primeiramente as atividades, mantendo “*buffers*” (também denominados “pulmões” ou “folgas”) entre elas, e, aos poucos eliminá-los.

Em adição, para que o fluxo contínuo seja efetivo, é preciso manter a estabilidade na execução de cada pacote de trabalho, e para o alcance dessa estabilidade pode-se fazer uso do LPS.

A Figura 17 ilustra uma simulação de planejamento enfatizando a fácil visualização do fluxo das atividades e o *takt time*, dando mais visibilidade ao trabalho.

Figura 17 – Fluxo das atividades e *takt time*

Fonte: Moura e Heineck (2014)

De acordo com Koskela (1992), a compressão do tempo de ciclo induz a redução das atividades que não agregam valor, envolvendo um grupo de metodologias, técnicas e ferramentas, como a linha de balanço. Mas, para Biotto et al. (2015), essas técnicas e ferramentas possuem uma limitação por não proporcionarem a visualização espacial da construção ao longo de sua execução.

Nesse contexto, está o *Building Information Model* (BIM) ou Modelagem da Informação na Construção, que será tratado no próximo capítulo.

2.6 Building Information Modeling (BIM)

Campestrini *et al.* (2015) traz a ideia de que o BIM é um processo baseado em modelos paramétricos da edificação visando a integração de profissionais e sistemas com interoperabilidade de dados fomentando o trabalho colaborativo, sendo que deve ser entendido como um novo paradigma de desenvolvimento de empreendimentos de construção envolvendo todas as etapas do seu ciclo de vida, passando pelo detalhamento e planejamento, orçamentação, construção até o uso com a manutenção e mesmo as reformas ou demolição.

Na etapa de planejamento da obra, os modelos BIM 4D permitem a visualização do processo de construção em tempo real, detecção de erros, alinhamento da EAP com o modelo, além de auxiliar na tomada de decisões devido a informação. No entanto, para Brito e Ferreira (2015), um dos aspectos importantes para sua implantação é a capacidade de visualização das informações de planejamento e controle nos modelos BIM 4D.

Mendes Junior *et al.* (2014), realizaram um estudo para discutir como a modelagem BIM pode ser utilizada em PCP e as suas interações com os princípios da Construção Enxuta, concluindo que a integração das informações em um só banco de dados reduz a variabilidade e traz melhorias na comunicação, assim como reduz tempos de ciclo, retrabalho, entre outros, no entanto, nem sempre a equipe está pronta para implantar e entender a tecnologia, podendo isso gerar falta de valorização da mesma.

O tópico seguinte apresenta alguns aspectos teóricos essenciais para compreensão do BIM e suas vertentes.

2.6.1 Aspectos teóricos do BIM

De acordo com Eastman *et al.* (2011), em sua obra considerada uma das mais relevantes sobre o tema, com a tecnologia BIM é construído um modelo virtual e preciso de um edifício, digitalmente. Quando concluído, o modelo gerado contém informações precisas, de geometria e dados relevantes, necessários para apoiar a construção, fabricação, e atividades de aquisição necessárias para executar o edifício.

Podendo ser tratado como uma evolução avançada do CAD (*Computer-Aided Design*), o BIM é capaz de contribuir para uma maior eficiência da indústria da construção através do aumento colaboração entre diferentes participantes do projeto, redução de interferências e retrabalho em correções e ajustes (MIGILINKAS *et al.*, 2013).

Magalhães (2019) tentou compreender as relações entre o estágio de adoção BIM no Brasil e as ações que foram sendo feitas para sua difusão e implantação, constatando que em países como Reino Unido, Chile e Singapura, o BIM teve, desde o início, um tratamento estratégico, mas, no Brasil, apenas em 2016 o

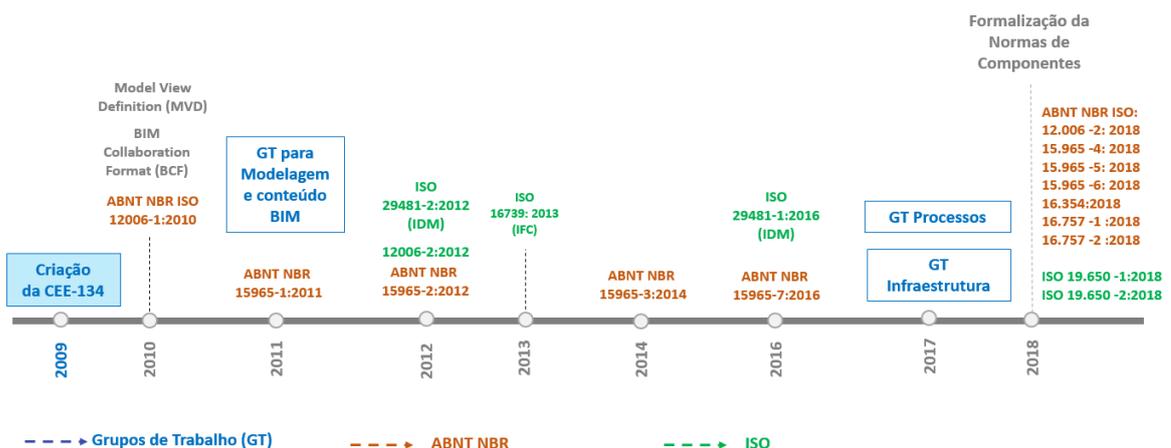
governo brasileiro iniciou as discussões sobre BIM, e, em 17 de maio de 2018, publicou o Decreto nº 9.377 que oficializou a Estratégia Nacional para a Disseminação do BIM, ou Estratégia BIM BR, colocando o BIM como tema prioritário para o país.

Para Brocardo e Sheer (2020), a adoção do BIM no serviço público ocorreu inicialmente de maneira não coordenada, e, desde 2010, algumas instituições como a Petrobrás e Banco do Brasil têm exigido o uso da modelagem BIM em algumas de suas licitações de projetos.

De acordo com o levantamento de Magalhães (2019), através de uma leitura crítica da Estratégia BIM BR nacional e pesquisas em sítios digitais de agentes reconhecidos da esfera pública, com a publicação da Estratégia BIM BR alguns objetivos foram estabelecidos e associados à indicadores quali-quantitativos (relacionados ao aumento da produtividade, redução de custos, aumento da adoção por parte da cadeia produtiva e elevação do PIB da Construção Civil), divididos em quatro estágios temporais (2018, 2021, 2024 e 2028).

A Figura 18 ilustra as informações, do levantamento apresentado na pesquisa do autor, de três Grupos de Trabalho (GT) - Modelagem e Conteúdo, Processos e Infraestrutura da Comissão ABNT/CEE-134.

Figura 18 - Amostras distribuídas conforme ambiente de pesquisa no ano



Fonte: Magalhães (2019)

Apesar do Brasil ter iniciado a adoção do BIM desde o começo dos anos 2000 e de uma série de entidades e instituições como ABNT, CBIC, ABDI e MDIC estarem

trabalhando nisso (BROCARDO e SCHEER, 2017), grande parte dos empreendimentos ainda utiliza programas com modelos bidimensionais ou processos híbridos, e disciplinas de projeto desenvolvem seus processos de forma individual, havendo dificuldades em organizar equipes capacitadas para trabalhar de modo integrado.

O uso de BIM não se limita apenas à fase de projeto e desenho propriamente dita, mas também na quantidade e qualidade de informações disponíveis por todo o ciclo de vida de uma edificação, como as etapas de construção, operação e manutenção.

No BIM, tem-se também o uso da terminologia de 4D (Planejamento BIM) e 5D (Orçamentação BIM), que pode ser interpretada como dimensões do BIM. Apesar de alguns autores preferirem não utilizar esse termo, é muito comum que se encontre esse tema sendo tratado em algumas pesquisas.

Campestrini *et al.* (2015) explica que quanto mais dimensões tiver o modelo, mais tipos de informações possíveis de serem modeladas a partir deles existirá, facilitando a tomada de decisões.

Para Migilinkas, *et al.* (2013), ferramentas de construção digital podem ser adotadas em empresas de grande ou médio porte e serem usadas separadamente para resolver diferentes tarefas, no entanto, as ferramentas de software sozinhas são insuficientes para uma implementação BIM eficiente.

Apesar do BIM envolver a elaboração de um modelo baseado em informações coletadas de forma colaborativa e atualizadas (*NATIONAL BIM LIBRARY*, 2021) também deve ser entendido como um conjunto de políticas, processos e tecnologias, onde é possível se obter, de acordo com Brito e Ferreira (2015), uma metodologia que subsidia a integração da informação ao longo das etapas de processo de projeto, gestão de projetos e obras, visto que, de acordo com Dias (2021), as palavras informação ou dado estão presentes em muitas definições de BIM.

Para entender de forma mais detalhada as diferenças do modelo BIM em relação ao modelo tradicional de objetos 2D, Eastman *et al.* (2008), explicam que é essencial compreender o significado de objetos paramétricos. De acordo com os autores, o objeto paramétrico é definido a partir de algumas características, como: definições geométricas e regras de dado associadas a estas informações, geometria integrada e sem redundâncias, regras paramétricas para objetos que modificam a geometria

associada quando inserida no modelo ou quando mudanças são realizadas em objetos associados, entre outras.

Para Schenatto (2015), através de uma modelagem paramétrica tem-se um modelo da construção abundante em informações com objetos inteligentes com parâmetros geométricos que permitem a sua visualização gráfica.

Sendo assim, uma porta pode ter parâmetros de largura, material, tipos de acabamento, nome, custo, fornecedor, etc., assim como, uma parede pode ter parâmetros de altura, espessura, materiais, acabamentos, peso, transmitância térmica, entre outros. Assim, percebe-se que existe uma grande quantidade de parâmetros que descrevem o modelo em seus aspectos visíveis e não visíveis (VILLASCHI, 2020; BATISTA, 2020).

O processo específico do BIM manifesta-se em seu fluxo de trabalho que consiste em desenvolver um modelo tridimensional paramétrico, baseado em uma representação conceitual integrada da edificação, do qual, serão retirados diversos tipos de informações, permitindo visualização e revisão instantâneas (VILLASCHI, 2020), e, além das características apresentadas, o BIM também pode ser visto como um processo de característica multidisciplinar, pois atua como facilitador do trabalho colaborativo em um mesmo projeto com diversas disciplinas.

No processo com BIM, o que viabiliza a integração interdisciplinar é o modelo federado, uma combinação de modelos de várias disciplinas do mesmo projeto em uma plataforma de suporte pré-estabelecida para a geração de um único modelo compartilhado, que permite que incompatibilidades físicas e executivas dos projetos sejam identificadas e solucionadas prontamente (SCHENATTO, 2015).

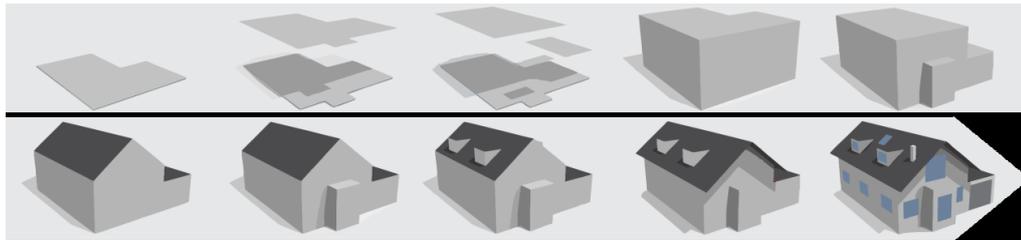
A quantidade e a natureza dos parâmetros utilizados em um modelo dependem do tipo de informação que se pretende extrair do modelo, se apenas desenhos, ou, se utilizando as reais potências do processo BIM, pretende-se extrair quantitativos, orçamentos, análises de insolação, térmicas e estruturais do modelo, integrando projeto, planejamento e controle de obra (VILLASCHI, 2020).

Sendo assim, faz-se necessário entender o nível de detalhamento das informações dos elementos do projeto, que evoluem ao longo do seu desenvolvimento desde o estudo de viabilidade até o projeto executivo.

Para avaliar esse estágio de desenvolvimento do projeto, a *The American Institute of Architects* (AIA) desenvolveu o conceito do *Level of Development* ou *Level of Detail* (LOD) que foi incorporado à norma “*Document E202 – 2008 –*

Building Information Modeling Protocol Exhibit” descrevendo o grau de completude para o qual um elemento do modelo é desenvolvido, sendo definidos cinco níveis progressivos de LOD, identificando requisitos específicos associados ao usos autorizados (MATOS, 2016), conforme ilustrado na Figura 19.

Figura 19 - Modelagem progressiva de uma casa



Fonte: Vargas (2018) adaptado de Biljecki e Stoter (2016)

A informação sobre o LOD do projeto, no processo BIM, pode ser especificada no BEP (*BIM Execution Plan*, ou seja, Plano de Execução do Projeto), um documento que define a estratégia e os processos do BIM para a conclusão bem sucedida do projeto, e que, segundo De Melo (2021), tem importância, principalmente pelo fato de ser citado, descrito e aparecer como documento obrigatório nas normas estrangeiras PAS 1192-2:2013 e na ISO 19650-1.

No entanto, sendo o trabalho colaborativo uma das características do BIM, é importante se atentar às interações entre os profissionais envolvidos, e assim, faz-se necessário um processo assertivo de compatibilização de projetos.

Para Callegari (2007), a compatibilização compõe-se em uma atividade de integrar projetos afins, visando o perfeito ajuste entre os mesmos e conduzindo para a obtenção dos padrões de controle de qualidade da obra, além de, ser uma ação para detectar falhas relacionadas às interferências e inconsistências geométricas entre os subsistemas projetuais.

A compatibilização de projetos é inicialmente determinada pela competência das pessoas envolvidas e de uma gestão adequada do seu processo de desenvolvimento multidisciplinar (DE VRIES e BRUIJN, 1989), além de estar relacionada com a qualidade do projeto, em todas as suas fases.

Para Melhado (2005), é importante diferenciar coordenação e compatibilização de projetos, visto que, segundo Adesse e Melhado (2003), a coordenação de projetos compreende um vasto conjunto de ações envolvidas no

planejamento, organização, direção e controle do processo de projeto, devendo ser executada por um profissional específico, um Coordenador de Projetos.

No entanto, o BIM enquanto processo de trabalho envolve, sobretudo, a comunicação e a colaboração entre diferentes profissionais e empresas ligadas à AEC (Arquitetura, Engenharia e Construção civil), e, esses envolvidos precisam efetuar a troca de informações ao longo do ciclo de vida da edificação. Nesse cenário, podem surgir algumas dificuldades na troca da informação, devido à baixa interoperabilidade.

Para Eastman *et al.* (2008), a interoperabilidade é entendida como a capacidade de identificar os dados necessários para serem passados entre aplicativos, eliminando a necessidade de replicar dados de entrada que já foram gerados e facilitar o fluxo de trabalho entre os diferentes softwares durante o processo de projeto, existindo diferentes formatos de intercâmbio, dentre eles, o formato *Industry Foundation Classes* (IFC).

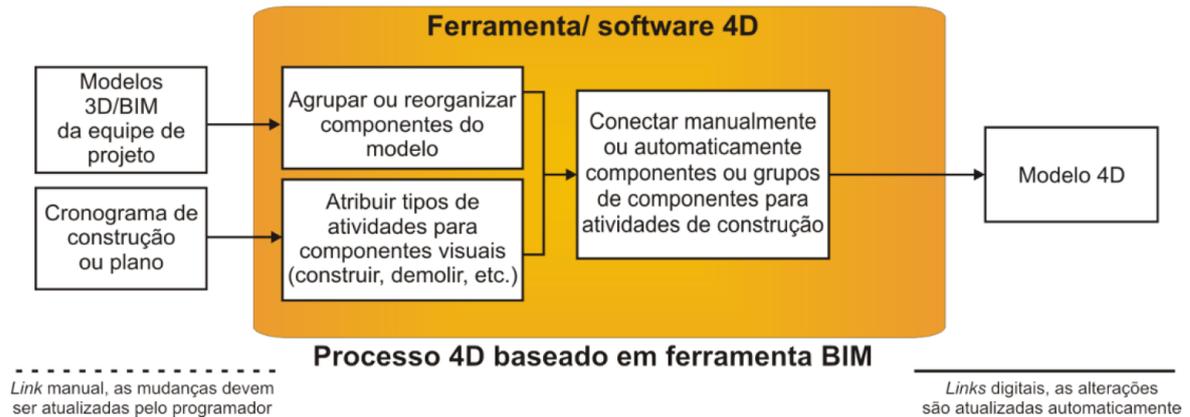
Sendo o mais importante por ser um formato de intercâmbio público e aberto para modelo de construção, foi projetado para tratar todas as informações da construção sobre todo o seu ciclo de vida, mas, é importante compreender que é um formato continuamente em evolução. Sendo assim, vários pesquisadores têm desenvolvido usos diversos, buscando apresentar suas conclusões que variam de acordo com a caracterização do uso do IFC em cada pesquisa.

2.6.2 Planejamento de obras com BIM

Conforme discutido anteriormente, para o planejamento de obras, a utilização de simulações 4D, consistem, de acordo com Eastman *et al.* (2011), na vinculação do planejamento ao modelo BIM, e, de uma forma geral, de acordo com Vargas (2018), tem produtos gerados, como: vídeos ou um conjunto de imagens que mostram a evolução da obra ao longo do tempo.

De acordo com Fukai (2005), para um objeto estar em quatro dimensões, ele deve necessariamente existir em três dimensões e ser representado em sua quarta dimensão continuamente. A Figura 20 contém um diagrama que apresenta o processo de modelagem 4D por ferramentas especializadas.

Figura 20 - Processo de modelagem 4D utilizando BIM



Fonte: Biotto (2012) adaptado de Eastman et al. (2011)

Para Biotto *et al.* (2012), por meio do uso da modelagem 4D para apoiar a tomada de decisão na gestão de sistemas de produção, é possível obter a oportunidade de visualização de problemas no canteiro de obras antes e durante a execução do empreendimento.

Silva *et al.* (2019) realizaram um estudo para esclarecer como desenvolver o uso do BIM para Planejamento e Controle de Obras, visto que esses processos subsidiam o cumprimento do custo, prazo e qualidade esperado da obra, além de terem influência direta sob a produtividade obtida no canteiro de obras.

Para os autores, o uso do BIM pode ser proposto como uma solução tecnológica para problemas em informações falhas provenientes da documentação gerada que são interpretadas como os principais fatores de causa-efeito associados à baixa produtividade, desperdícios de materiais e mão de obra, resultando em baixa qualidade do produto final. Apesar dos benefícios, os autores também destacam algumas dificuldades encontradas associadas ao processo trabalhoso e intenso da modelagem 3D requerida e da integração disciplinada com o cronograma da obra.

Biotto *et al.* (2012) apresentaram em sua pesquisa os principais benefícios aportados pelo uso dos modelos BIM 4D durante o processo de elaboração do projeto ou gestão do sistema de produção de acordo com a unidade de análise do sistema de produção, sendo eles: (a) arranjo físico e logística de canteiro; (b) a definição da sequência das atividades na unidade-base e na unidade de repetição da mesma; e (c) a definição da estratégia de ataque do empreendimento que reflete na conformação dos fluxos de trabalho no canteiro.

Além disso, no uso do BIM 4D, pode-se destacar também contribuições como: a necessidade de considerar diferentes unidades de análise da modelagem, pelo caráter repetitivo das obras neste segmento de mercado; a ampliação do escopo da modelagem, que inclui não somente sequência de execução da obra (atividades que agregam valor), mas também equipamentos de movimentação de materiais e pessoas, equipamentos de proteção coletiva, instalações provisórias, entre outros, e, o uso combinado dos modelos BIM 4D com outras ferramentas de planejamento e controle, tais como linha de balanço e histograma de mão de obra (BIOTTO *et al.*, 2015).

A criação de um modelo BIM 4D envolve uma associação entre objetos do modelo que são realizadas através de um aplicativo mediador, permitindo integrar um plano de construção (normalmente gerado através de aplicativos como *MS Project* e *Primavera*) e um modelo BIM. Assim, são estabelecidas regras, através de parâmetros associados aos elementos, baseadas em tipo e local, onde cada tarefa (ou pacote de trabalho) corresponde a uma ação aplicada a um elemento em um determinado local, por exemplo, a “execução da alvenaria” (ação) das “paredes externas” (tipo de elemento) do “4º pavimento” (definição de local) (MARCHESAN, 2001 *apud* DONATI 2021).

Biotto (2012) apresentou as principais atividades envolvidas na implantação de uma modelagem 4D na construção civil, sendo definição do: usuário do modelo 4D; escopo do modelo 4D; nível de detalhamento do modelo 4D; software de modelagem 4D; e, modelador 4D. A autora também cita alguns desafios encontrados em relação à implantação de modelos 4D, visto que as empresas podem encontrar barreiras referentes à estrutura econômica e organizacional das empresas, e, às dificuldades técnicas impostas pelo *software*.

Silva *et al.* (2019) também concluiu que, além dos benefícios do uso do BIM 4D para os processos de planejamento e controle de obras, como a integração de sistemas de comunicação e simulação do processo construtivo, entre outros, houveram algumas dificuldades encontradas associadas ao processo de implementação. Para isso, faz-se necessário entender sobre essas barreiras e quais as condições necessárias a um ambiente de implementação da Construção Enxuta com apoio do BIM.

2.7 Construção Enxuta com apoio do BIM

Vargas (2018) identificou importantes aspectos relacionados ao desenvolvimento e adaptação de modelos BIM utilizados para a finalidade de PCP, onde a identificação das necessidades dos usuários do modelo BIM, que nesse caso são as equipes planejamento e custos, tem papel importante. O autor propôs a aplicação do método criado em sua pesquisa em diferentes contextos e em ambientes com menor repetitividade para avaliar a utilidade, a aplicabilidade e refinar a solução.

A Construção Enxuta e BIM têm como um de seus objetivos a redução de desperdícios e retrabalho, assim, Landim *et al.* (2022) pesquisaram sobre a sinergia entre ambos, demonstrando que é vantajoso o uso de maneira integrada.

Em adição a isso, a utilização de BIM já é vista como uma estratégia *Lean*, mesmo sendo comum a implementação de *Lean* e BIM de maneira separada, gerando menores benefícios do que aqueles alcançados com a implementação integrada.

Para Sacks *et al.* (2010), apesar da Construção Enxuta e do BIM serem iniciativas diferentes, ambas têm impactos profundos na construção. Os autores utilizaram uma matriz que justapõe funcionalidades BIM com princípios prescritivos de Construção Enxuta, e identificaram cinquenta e seis interações.

No entanto, os autores concluíram que a matriz não é considerada completa, mesmo tendo sido encontradas evidências para a maioria das interações. Ela pode ser útil para explorar o grau de validade das interações e os envolvidos na construção também podem se beneficiar da estrutura como uma ajuda para reconhecer as sinergias potenciais ao planejar suas estratégias de adoção *Lean* e BIM.

A liderança que apoia a implementação, uma equipe engajada e conhecimento claro dos processos de implementação são pontos chave para o seu sucesso. Muitas pesquisas têm sido desenvolvidas, porém a maioria delas tem tido enfoque operacional e em etapas específicas do ciclo de vida dos projetos. Sendo assim, poucas pesquisas relacionadas a essa implementação conjunta de longo prazo são realizadas (LANDIM *et al.*, 2022).

Borges (2019) buscou propor um método de implementação da modelagem BIM 4D em empresas construtoras, no entanto, o método foi criado de acordo com o

estudo empírico realizado sem englobar o planejamento e controle da produção, e, mesmo que as fases de preparação, modelagem e análise sirvam para qualquer tipo e porte de empreendimento, as duas últimas fases podem necessitar de ajustes, dependendo do processo da empresa.

Sendo o processo da empresa um conceito importante no âmbito da implantação e implementação de tecnologias, Laudon e Laudon (2011) definem que qualquer empresa pode ser vista como uma coleção de processos de negócios, onde a Tecnologia da Informação (TI) ajuda a automatizar as etapas, sendo que, para aproveitar o poder de uma TI, como por exemplo as tecnologias para construção civil citadas anteriormente, a empresa pode necessitar que sejam redesenhados processos de negócios inteiros.

2.8 Gerenciamento de Processos

Ao buscar administrar as organizações orientadas por processos de negócio, surgiu o BPM (*Business Process Management*, ou, Gerenciamento de Processos de Negócios).

O Corpo Comum de Conhecimentos para Gerenciamento de Processos de Negócio – CBOOK versão 3.0 (ABPMP, 2013) define Gerenciamento de Processos de Negócio como uma disciplina gerencial que utiliza o gerenciamento de processos como meio para alcançar os objetivos organizacionais, compreendendo princípios e melhores práticas para orientar uma organização, e, requer participação de todos: desde a liderança executiva até o nível operacional e ao longo das funções e papéis.

A implantação de um novo processo de negócio também pode ser vista como um projeto, envolvendo seu planejamento e utilização de metodologias e conceitos próprios de sua gestão (GOMES e PAULA, 2009).

É preciso buscar, com a aplicação do plano de implantação e/ou implementação elaborado por meio de conceitos do BPM, uma reavaliação, por parte das organizações, dos métodos aplicados em seus processos, buscando melhorias. Mas, para que haja melhorias no processo, é preciso conhecer o processo existente (padrão estabelecido), para então, estabelecer um novo processo (padrão atualizado).

Para Ohno (1988), os padrões devem ser definidos pelos próprios operadores, pois somente quando a planta é considerada como um todo é que os padrões podem se tornar flexíveis e sem defeitos.

De acordo com Jacoski e Grzebieluchas (2011), sempre que exista a possibilidade de identificar processos, faz-se uso da modelagem, sendo a modelagem do processo atual conhecida como “*as is*”, e, a última etapa da modelagem, o desenho do processo otimizado “*to be*”, que é o novo processo a ser implantado na empresa.

Dentre as notações mais conhecidas atualmente para desenhar os processos e serem utilizadas como linguagens de fluxo de trabalho, está a BPMN (*Business Process Modeling Notation*), e, dentre os softwares mais utilizados para fazer a modelagem de processos está o *BizAgi* (AMARILLA e NETO, 2018). O Quadro 4 apresenta os principais elementos da notação BPMN.

Quadro 4 - Principais Elementos da BPMN

	Evento de Início: indica quando o processo começa.
	Fluxo de Sequência: define a ordem de execução das atividades.
	Fluxo de Mensagem: mostra a comunicação entre dois processos ou subprocessos de diferentes Entidades que atuam em sincronia.
	Atividade: é uma unidade de execução de trabalho de um processo.
	<i>Gateways</i> : São usados para dividir ou juntar um determinado fluxo do processo. Além de ser utilizado para representar e efetuar desvios.
	Anotação: é utilizada para esclarecimentos e documentação adicional no diagrama.
	Evento de fim: indica onde um processo ou subprocesso termina.

Fonte: Araújo e Lopes (2022) adaptado de Rebelo et al. (2020)

Amararilla e Neto (2018) estudaram os processos de negócio, em empresas de pequeno porte do subsetor de edificações, concluindo que a contribuição do estudo pode tornar-se um ponto de partida para as empresas do subsetor de edificações analisarem como estão estruturados os seus processos, verificando os maiores pontos fracos, e, analisando todo o trabalho em uma sequência de

atividades conectadas, onde a decomposição dos processos de negócio é essencial para que se possa criar um modelo específico que apresente as melhores práticas, com foco na melhoria contínua.

Os autores desenvolveram um modelo básico com a síntese dos principais processos de negócio no subsetor de edificações: (1) Desenvolver visão e estratégia, (2) Coordenar e planejar projetos, (3) Elaborar e analisar orçamentos, (4) Comercializar empreendimentos, (5) Adquirir materiais e serviços, (6) Executar e gerenciar obras, (7) Serviços pós-venda, (8) Gerenciar recursos humanos, (9) Gerenciar serviços terceirizados, (10) Gerenciar saúde, meio ambiente e segurança, (11) Gerenciar finanças e recursos e (12) Prospectar novas obras e negócios.

Toledo e Neves (2020) analisaram como o mapeamento de processos melhoraram os custos em uma empresa da construção civil, onde, a empresa estudada obteve possibilidade de otimização de seus processos e atividades. O mapeamento contribuiu não somente com a redução de custos, mas também, em fatores como: a redução da complexidade na operação das tarefas, gargalos, falhas de integração, atividades redundantes, tarefas de baixo valor agregado, retrabalhos, excesso de documentação, e, aprovações dos clientes.

Para Araújo e Lopes (2022), a gestão de processos de negócios fornece rapidez na tomada de decisão, além do aumento da qualidade via padronização de atividades, e assim, os processos da organização passam a ser mais claros e bem definidos em cada etapa, eliminando atividades que possam causar desperdícios à empresa.

Oliveira *et al.* (2018) avaliaram o nível de aprendizado alcançado com a aplicação do BPM a partir de fatores apontados como críticos para o sucesso da implementação, e, os resultados mostraram aceitação favorável em relação à assimilação da metodologia aplicada, mas também, com tendência de insatisfação em termos de sustentação e acomodação das práticas e ações planejadas.

Sendo assim, para uma aplicação eficiente dos conceitos de BPM é necessário levar em conta diversos fatores que influenciam nos resultados e no desempenho das metodologias de implantação, como a metodologia de implantação do BIM e/ou da CE, que serão aplicadas nos processos.

Um desses fatores é a cultura organizacional da empresa, tanto no nível operacional como gerencial e estratégico. Para Moraes Junior (2014), na etapa de

projeção do cenário em que será aplicada a metodologia de implantação, é definido como a estrutura funcional da organização vai apoiar os envolvidos no processo, além de serem definidas as mudanças que ela sofrerá para absorver o novo processo e o início de uma mudança cultural para processos.

3 METODOLOGIA

Neste capítulo, apresentam-se os métodos que serão utilizados para o desenvolvimento da presente pesquisa visando alcançar os objetivos propostos no Capítulo 1. Serão abordados a classificação da pesquisa, sua limitação e delimitação e a descrição do estudo de caso.

3.1. Classificação da pesquisa

Moreira e Ostermann (1993, p. 108) destacam que “O método científico é interpretado como um procedimento definido, testado, confiável para se chegar ao conhecimento científico: consiste em compilar ‘fatos’ através de observação e experimentação cuidadosas.

As pesquisas são processos formais e sistemáticos de desenvolvimento do método científico e a classificação da pesquisa dessa dissertação, de acordo com os critérios estabelecidos por Gil (2022), é de a) natureza aplicada, pois possui como característica fundamental o interesse na aplicação, utilização e consequências práticas dos conhecimentos; b) exploratória, pois tem o objetivo de proporcionar uma visão geral acerca de determinado tema, tornando-se necessário seu esclarecimento e delimitação passível de investigação posteriores mais amplas e c) qualitativa, com dados de caráter interpretativos e não-numéricos.

Utilizou-se também, como procedimentos técnicos auxiliares, a pesquisa bibliográfica, com base em material já publicado, a pesquisa-ação, buscando diagnosticar um problema específico numa situação específica, com vistas a alcançar algum resultado prático e o estudo de caso, descrevendo a situação do contexto em que está sendo feita determinada investigação.

Para a pesquisa bibliográfica, determinou-se as bases de dados: *Science Direct* e CAPES, complementada pelo mecanismo de busca *Google Scholar*. Os termos estabelecidos foram: *Lean Construction*, BIM, *BIM 4D construction planning process*. Além disso, utilizou-se de pesquisas oriundas de visitas na biblioteca da UTFPR assim como na biblioteca digital BiblioTec.

3.2 Limitação e delimitação da pesquisa

Neste estudo foram propostas sugestões de melhorias no processo de planejamento em obras residenciais não repetitivas, através de um estudo de caso de uma empresa de construção civil, tomando-a como objeto de análise durante a fase de planejamento de longo prazo.

Foram elencados na metodologia da pesquisa: requisitos de modelagem, sequência executiva, sincronização de equipes, desenvolvimento de cronograma, padronização dos pacotes de trabalho, qualidade na informação e comunicação dos envolvidos.

Não serão levadas em consideração obras com características distintas às já mencionadas, assim como, para análise das etapas executivas, não serão levados em conta serviços pertencentes às seguintes disciplinas da construção: instalações mecânicas e instalações de gás, estas contidas no tempo de execução da obra, e, interiores, não inclusa no tempo de execução da obra.

Na análise do estudo não pretende-se detalhar os custos pertinentes à obra ou controle financeiro da mesma, visto que a investigação será focada na etapa de cronograma pertencente ao processo de planejamento da obra.

3.3 Estudo de caso

Este estudo de caso abordará a análise do processo de planejamento de longo prazo em uma obra e contempla uma metodologia para buscar resolver problemáticas encontradas nesse processo a partir da implementação de conceitos, técnicas e ferramentas da Construção Enxuta com apoio do BIM 4D e sugestões de melhorias no processo através elaboração do mapeamento “*to be*”.

3.3.1 Descrição da Obra

O projeto abordado no estudo de caso é uma residência com característica de serviços não repetitivos e área total à construir de 275,55 metros quadrados, sendo composta dos níveis térreo, superior e cobertura. A figura 21 ilustra a fachada da residência em estudo.

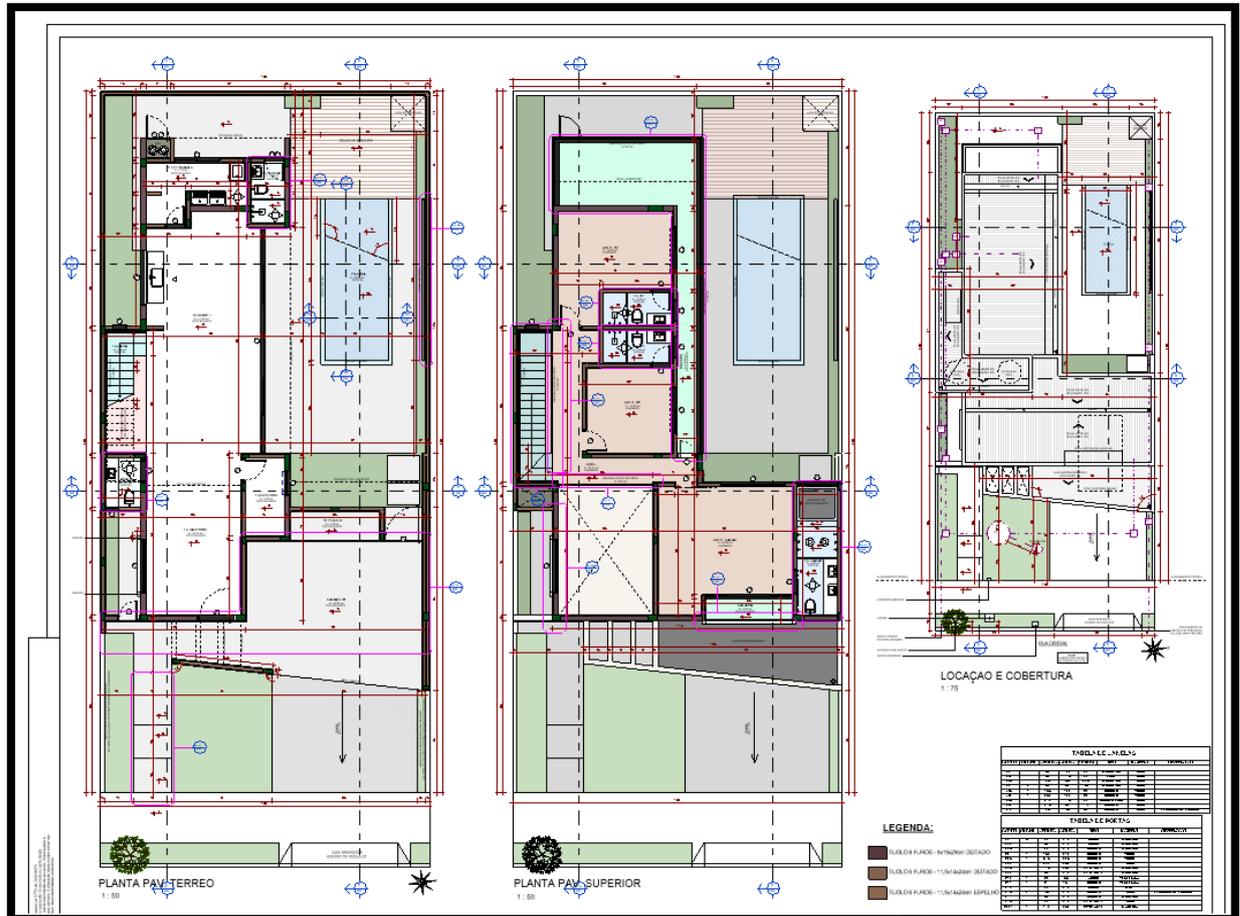
Figura 21 - Fachada da Residência

Fonte: Banco de dados da empresa (2022)

3.3.2 Dados da Obra

Os dados a serem recolhidos para realização do estudo foram: projeto executivo (formato de arquivo: RVT); projetos de instalações elétricas e hidrossanitárias (formato de arquivos: IFC); projeto estrutural (formato de arquivo: IFC); cronograma de execução (formato de arquivo: XLXS); imagens renderizadas do projeto (formato de arquivos: JPEG). A figura 22 ilustra a planta baixa (Térreo e Superior) e Cobertura do modelo 3D em RVT (projeto executivo) no *software Autodesk Revit 2021* em formato RVT.

Figura 22 - Planta Baixa e Cobertura - Projeto Arquitetônico



Fonte: Banco de dados da empresa (2022)

O cronograma de execução da obra contém informações de: a) estrutura analítica de projeto (EAP) com etapas, sub - etapas e pacotes de trabalho (tarefas); e, b) datas de execução (início e término) em todos os níveis da EAP. As informações serão utilizadas para uma análise completa do cronograma. A figura 23 ilustra uma parte do cronograma da obra.

Figura 23 - Cronograma da Obra

ATV	ITEM	DESCRIÇÃO DA ATIVIDADE	INICIO	TERMINO
		EAP (Estrutura Analítica do Projeto)	18/08/2021	13/05/2022
	1	SERVIÇOS PRELIMINARES etapa	18/08/2021	18/04/2022
	1.1	Execução subetapa		
1	1.1.1	EXECUÇÃO DE SERVIÇOS CIVIL tarefa	24/08/2021	27/08/2021
	1.2	Telhas para Tapume e Canteiro	24/08/2021	30/08/2021
2	1.2.1	INSTALAÇÃO DE TELHAS DE TAPUME	24/08/2021	27/08/2021
3	1.2.2-1	INSTALAÇÃO DE TELHAS DE CANTEIRO	24/08/2021	27/08/2021
4	1.2.2-2	INSTALAÇÃO DE PLACA DE OBRA	30/08/2021	30/08/2021
	1.3	Madeiras e Ferragens para Tapume e Canteiro	24/08/2021	27/08/2021
5	1.3.1	COLOCAÇÃO DE FERRAGENS PARA TAPUME E CANTEIRO	24/08/2021	27/08/2021
6	1.3.2	MADEIRAS PARA TAPUME E CANTEIRO - MATERIAL	24/08/2021	27/08/2021
7	1.3.3	LINHA PARA CANTEIRO	24/08/2021	27/08/2021
	1.4	Instalação Elétrica e Hidráulica Provisória	18/08/2021	30/08/2021
8	1.4.1-1	LIGAÇÃO PROVISÓRIA DE ENERGIA	24/08/2021	30/08/2021
9	1.4.1-2	INSTALAÇÕES ELÉTRICAS PROVISÓRIAS	24/08/2021	30/08/2021
10	1.4.2-1	LIGAÇÃO PROVISÓRIA DE ÁGUA	24/08/2021	30/08/2021
11	1.4.2-2	INSTALAÇÕES HIDROSSANITÁRIAS PROVISÓRIAS	24/08/2021	30/08/2021
	1.5	Instalação de Internet Provisória	31/08/2021	31/08/2021
12	1.5.1	INSTALAÇÕES DE INTERNET PROVISÓRIAS	31/08/2021	31/08/2021

Fonte: Banco de dados da empresa (2022)

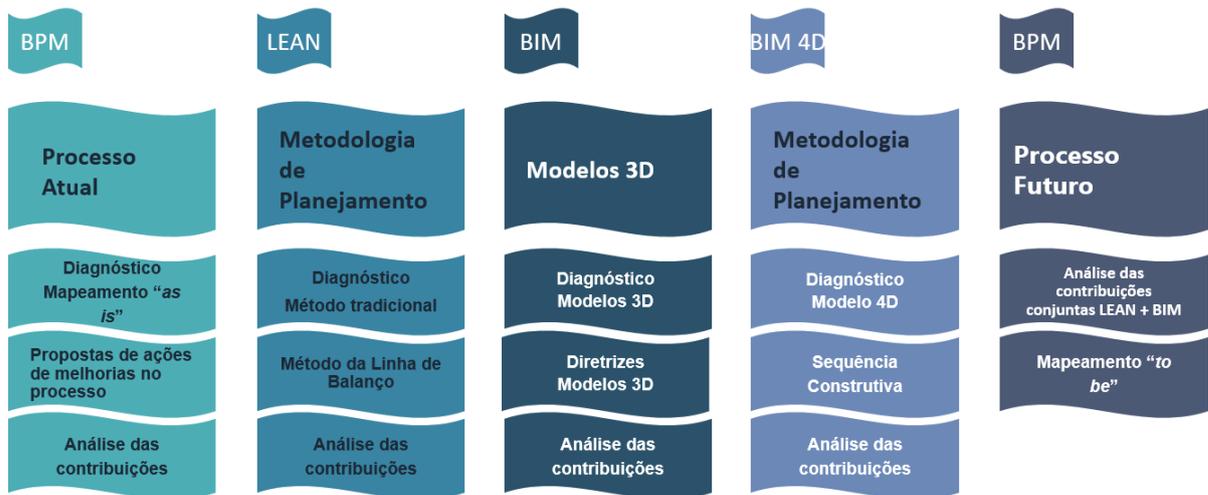
Para recolhimento de informações referentes à execução da obra com objetivo de avaliar os impactos do processo de planejamento na mesma e verificar quais conceitos de Construção Enxuta podem ser aplicados posteriormente, foram realizadas reuniões com a equipe de: engenheiros, empreiteiros e fornecedores.

A pesquisadora realizou a coleta de dados com participação real durante todas as atividades desenvolvidas nas etapas referentes a obra, sendo elas: projeto, planejamento, controle e execução, tendo a possibilidade de conviver diariamente e em período integral com o ambiente da empresa estudada.

3.3.3 Procedimentos, técnicas e ferramentas utilizadas

Para realização deste estudo, desenvolveu-se roteiro específico, apresentado na Figura 24, a fim de alcançar os objetivos indicados na presente dissertação.

Figura 24 - Fluxograma da Metodologia



Fonte: Autoria própria (2023)

Os dados recolhidos serviram de fontes iniciais de informações para desenvolvimento das etapas principais descritas a seguir.

a) **Elaboração da Linha de Balanço**

Nesse estudo foi abordado o planejamento de longo prazo para as análises requeridas por meio de uma ferramenta da Construção Enxuta denominada "linha de balanço", utilizando a plataforma "*Prevision*", versão educacional. Foi desenvolvido um cronograma visual que permite o entendimento do plano de ataque e relações de dependência das etapas da obra de forma ágil, assim como, o dimensionamento da equipe.

b) **Requisitos de modelagem - modelo BIM 3D**

Essa etapa teve por objetivo a análise de requisitos de modelagem dos modelos tridimensionais existentes: projeto executivo, com verificação sobre as diretrizes que não foram cumpridas na modelagem de acordo com conceitos do BIM e da Construção Enxuta; e, projetos de instalações elétricas, instalações hidrossanitárias e estrutural, com base nas informações técnicas e de dimensionamento oriundas dos arquivos IFC disponibilizados.

Sendo assim, ter-se-á um modelo federado com informações técnicas, de produto e de dimensionamento de acordo com os dados disponibilizados mas com atualizações que se referem às diretrizes necessárias para sua utilização na criação do modelo BIM 4D.

Nesta fase utilizou-se os softwares *Autodesk Revit 2021* e *Autodesk Navisworks Manage 2022*, visto que cumprem os requisitos necessários para a realização do estudo além de possuir versão estudante, com uso e processo de aprendizagem intuitivos e não demandar elevado processamento computacional para operar.

Faz-se necessário que no modelo BIM 3D, cada elemento seja inserido na mesma sequência construtiva da obra e possua um sistema de nomenclatura que facilite a localização e ligação dos elementos. O LOD (nível de detalhamento do modelo) calibrado para o modelo é o de 400, que contém informações para execução.

c) Adaptação do Cronograma

Após a etapa de requisitos de modelagem, foram extraídas tabelas de quantitativos, que associadas a dados de taxas de produtividade e o cronograma visual (linha de balanço) irão originar uma adaptação do cronograma existente da obra.

Para esta adaptação, foi necessária criação da lista de tarefas, estruturada por localidades e disciplinas e compatíveis com os elementos do modelo BIM 3D, com informações de identificação (ID), durações de cada tarefa, relações de dependência entre as tarefas e dimensionamento da equipe. A extração do cronograma foi realizada na plataforma *Prevision*, em formato compatível com o software para criação do modelo BIM 4D, na sequência.

d) Criação, análise e simulação do modelo BIM 4D

Nessa etapa, foram utilizados como dados de entrada o modelo BIM 3D e o cronograma, das etapas anteriores. Para criação do modelo BIM 4D, foi utilizado o software *Autodesk Navisworks Manage 2022*.

Após obter um modelo BIM 4D funcional, foi realizada uma análise com ferramentas específicas do software *Autodesk Navisworks Manage 2022*, a fim de testar diferentes cenários construtivos para a obra, identificando os conflitos encontrados e destacando as melhorias no planejamento da obra, assim como melhorias para o modelo BIM 3D. Essa etapa teve como subprodutos do modelo BIM 4D a simulação construtiva integrada ao cronograma desenvolvido com a ferramenta da linha de balanço.

e) Elaboração do mapeamento “*to be*”

Com a linha de balanço, elaboração do mapeamento “*as is*” e as análises realizadas na utilização do modelo BIM 4D, foi realizado um levantamento do diagnóstico no processo de planejamento da empresa na obra em questão, e, a elaboração do mapeamento “*to be*” por meio das ferramentas *BizAgi* e *Miro*, versões gratuitas, com uma proposta de sugestões de melhorias no processo de planejamento, para serem replicadas em outras obras da empresa, com atualizações necessárias no padrão estabelecido.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Após identificação de problemas no processo atual de planejamento da empresa, foram elencados planos de ação que tem como objetivo proteger os projetos/obras de tais problemas. A análise dos resultados presentes nesse capítulo considerou: diagnóstico da metodologia tradicional no processo atual (“*as is*”), utilização da metodologia de planejamento com aplicação de conceitos *LEAN* e BIM, requisitos de modelagem, utilização de conceitos BIM para sequência executiva e extração de quantitativos, sugestão de melhorias no processo futuro (“*to be*”).

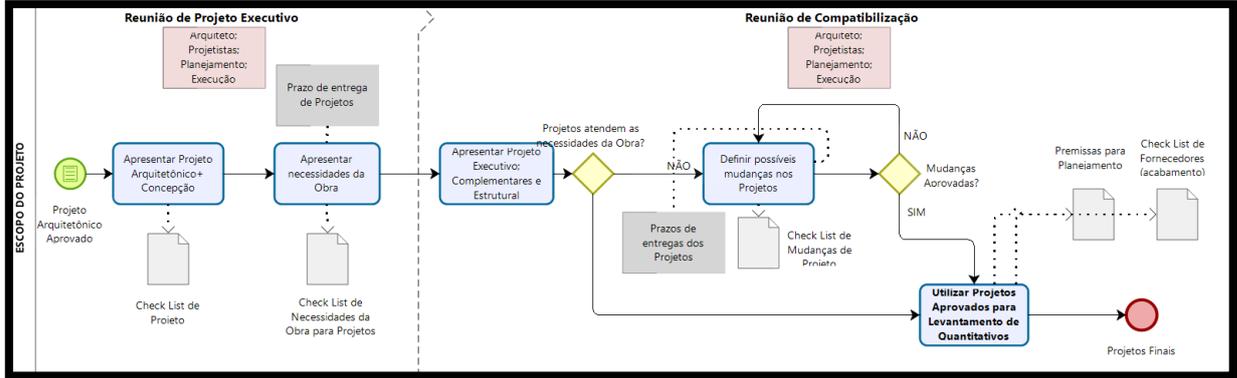
4.1 Processo Atual

Com o objetivo de estudar o diagnóstico do processo atual de planejamento da empresa, elaborou-se o fluxograma detalhado de etapas desse processo e o mapeamento “*as is*”, no *software BizAgi*.

4.1.1. Mapeamento “*as is*”

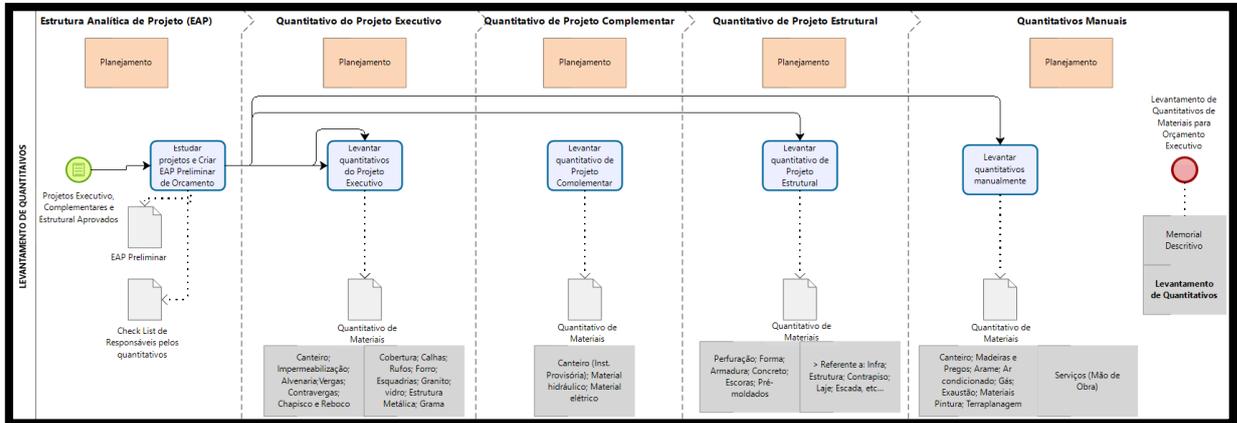
A coleta das informações foi realizada em reuniões com a diretoria de engenharia, engenheiros de obras, analistas de planejamento e estagiários. As Figuras 26 e 27 representam fluxogramas com detalhamento das atividades pertencentes ao processo atual de planejamento da empresa, contendo as seguintes etapas: escopo do projeto (Figura 25), levantamento de quantitativos (Figura 26) e cronograma (Figura 27).

Figura 25 - Escopo do Projeto – Processo Atual (“as is”)



Fonte: Autoria Própria (2022)

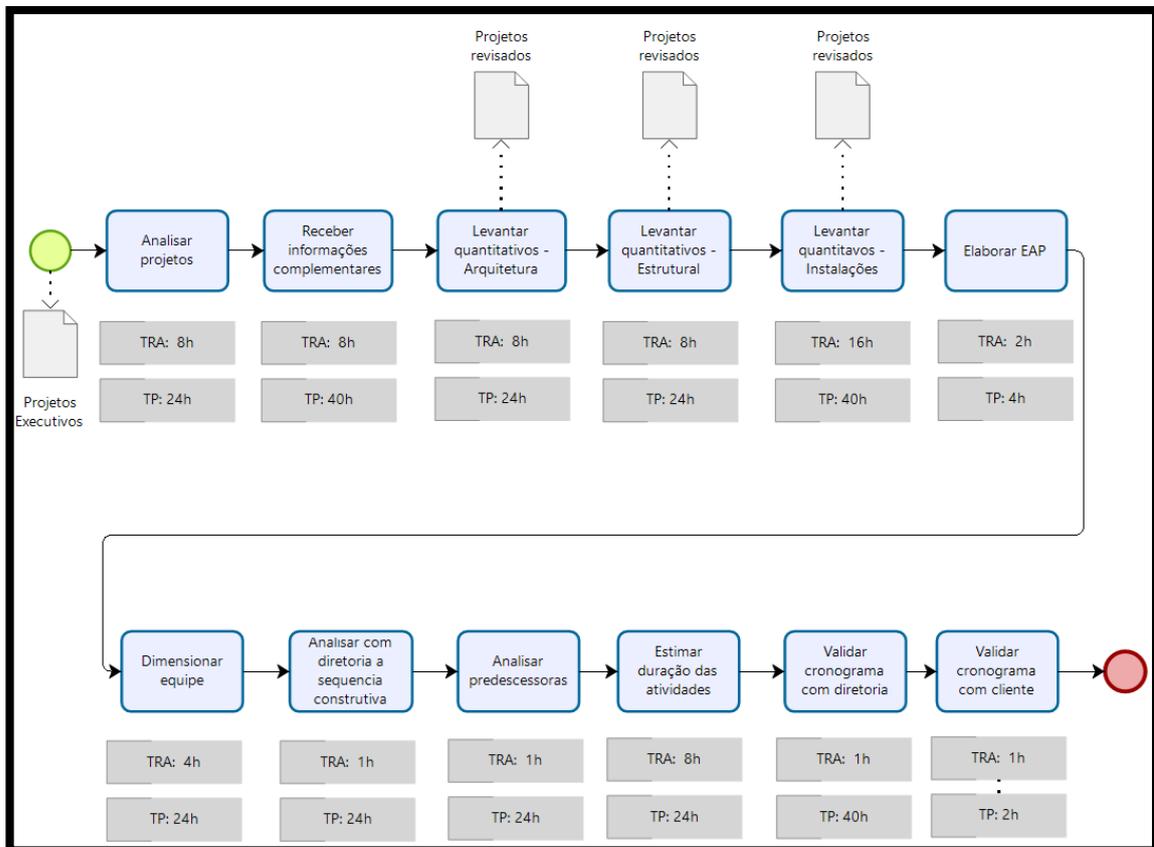
Figura 26 – Levantamento de Quantitativos – Processo Atual (“as is”)



Fonte: Autoria Própria (2022)

A figura 27 representa o processo atual de planejamento da empresa através da elaboração do mapeamento “as is”, contendo as atividades relacionadas à etapa de planejamento da obra, detalhadas anteriormente, mas acrescidas de: tempo de realização das atividades (TRA) e tempo de processamento da atividades (TP) – este contendo tempos de espera.

Figura 27 – Mapeamento – Processo Atual (“as is”)



Fonte: Autoria própria (2023)

4.2. Metodologia de Planejamento

Após análise das informações de etapas no processo atual de planejamento da empresa (“as is”), deu-se o diagnóstico de problemas encontrados com utilização da metodologia tradicional de planejamento, para posterior aplicação de melhorias nas etapas, sendo estas por meio de: atualização dos modelos com requisitos de modelagem e atualização da metodologia de planejamento utilizando conceitos de *LEAN* e BIM.

4.2.1. Diagnóstico da Metodologia Tradicional

O quadro 5 representa a descrição dos problemas identificados na utilização da metodologia tradicional para o processo atual de planejamento da empresa (“as is”) nas etapas descritas anteriormente.

Quadro 5 - Diagnóstico – Processo Atual (“as is”)

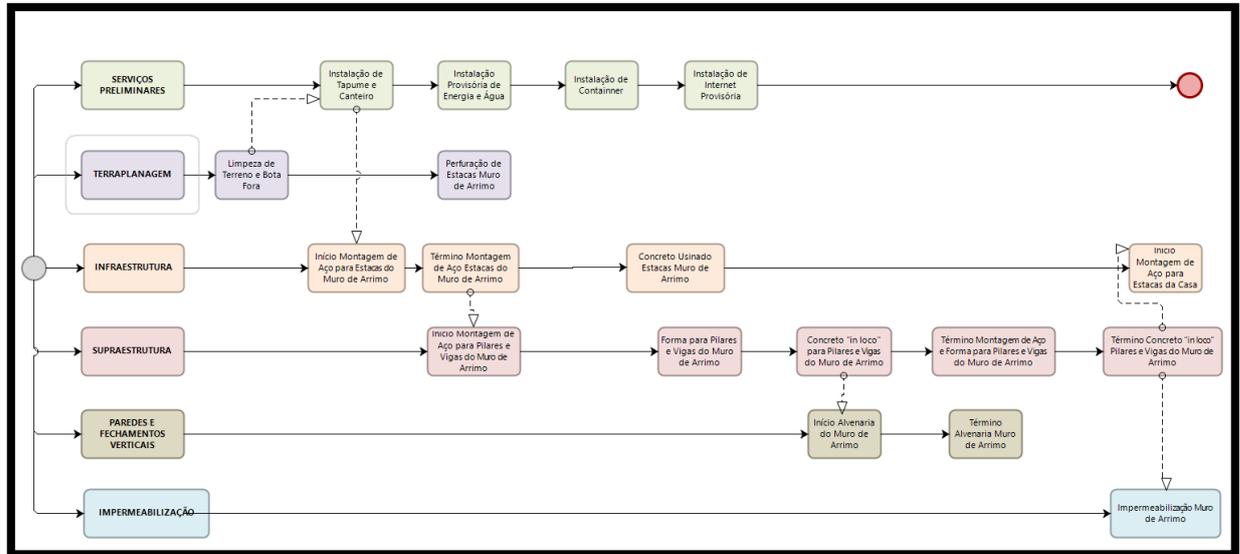
Etapa	Descrição dos problemas
Analisar projetos	Projetos incompletos Erros de compatibilização de projetos Entregas parciais de projetos Informações incompletas
Receber informações complementares	Tempo de espera para revisão de projetos Entregas parciais de projetos Informações incompletas
Levantar quantitativos	Alterações de projeto – novas revisões Informações incompletas para quantitativo Qualidade da informação Muitas informações dependem de empreiteiros Projetos incompatíveis com realizado em obra
Elaborar EAP	Alterações de projeto – novas revisões
Dimensionar equipe	Informações de capacidade de produção dependem de empreiteiros O dimensionamento é feito somente durante a obra
Analisar com diretoria a sequência construtiva	Informações de capacidade de produção dependem de empreiteiros Projetos incompatíveis com realizado em obra
Analisar predecessoras	Alterações de projeto – novas revisões
Validar cronograma com diretoria	Alterações de projeto – novas revisões
Validar cronograma com cliente	Cliente não aceita data programada de entrega Data de entrega antecipada confirmada com cliente

Fonte: Autoria própria (2023)

Quanto ao escopo do projeto e levantamento de quantitativos no processo atual de planejamento da empresa (“as is”), a responsável pelo planejamento não participa da etapa de elaboração de projetos com a contribuição de requisitos de modelagem para planejamento, por isso, foram encontrados diversos obstáculos na elaboração da simulação construtiva. No entanto, na elaboração dos modelos de arquitetura utilizados neste trabalho, foram realizadas algumas contribuições de requisitos para levantamento de quantitativos. Ambos os assuntos serão detalhados posteriormente.

Quanto a elaboração de EAP, as informações de pacotes de trabalho (na esquerda) referentes a primeira parte da construção, assim como as atividades pertencentes aos pacotes, estão representadas na Figura 28, através do fluxograma elaborado no *software BizAgi*.

Figura 28 - EAP – Metodologia tradicional

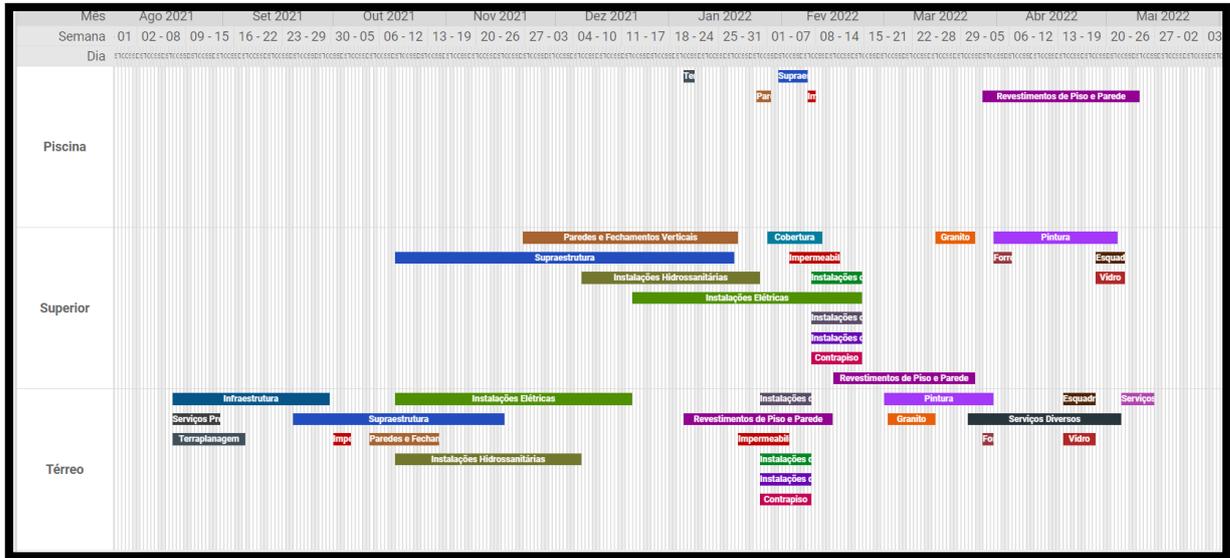


Fonte: Autoria Própria (2022)

É possível observar a quantidade de informações disponíveis, tornando o entendimento complexo e causando uma diminuição de qualidade nas informações no decorrer da execução da obra. Sendo essa etapa de planejamento referente ao cenário de longo prazo, uma sugestão de fluxo de trabalho para a criação da EAP é ter como foco os marcos da construção, para posterior detalhamento nos cenários de médio e curto prazo.

Quanto ao cronograma, foi elaborada a linha de balanço na plataforma *Prevision* (Figura 29), conforme conceitos da metodologia tradicional de planejamento, por meio de: EAP existente, informações de quantitativos dos modelos BIM 3D existentes e sequência executiva que a empresa utiliza na execução da obra (sem padronização), para comparação com a linha de balanço utilizando a metodologia de planejamento com aplicação de conceitos *LEAN* e BIM.

Figura 29 - Linha de Balanço – Metodologia tradicional



Fonte: Autoria própria (2023)

A Figura 30 representa o detalhamento dos pacotes de trabalho da EAP existente, na plataforma *Prevision*.

Figura 30 – Pacotes de Trabalho – Metodologia tradicional

- | | | | | | |
|---|---|----|--|----|---|
| 1 | Serviços Preliminares
1 atividade cadastrada | 8 | Instalações Elétricas
2 atividades cadastradas | 15 | Forro
2 atividades cadastradas |
| 2 | Terraplanagem
2 atividades cadastradas | 9 | Instalações de Ar Condicionado
2 atividades cadastradas | 16 | Pintura
2 atividades cadastradas |
| 3 | Infraestrutura
1 atividade cadastrada | 10 | Instalações de Gás
2 atividades cadastradas | 17 | Esquadrias
2 atividades cadastradas |
| 4 | Supraestrutura
3 atividades cadastradas | 11 | Instalações de Exaustão
2 atividades cadastradas | 18 | Granito
2 atividades cadastradas |
| 5 | Impermeabilização
4 atividades cadastradas | 12 | Revestimentos de Piso e Parede
3 atividades cadastradas | 19 | Vidro
2 atividades cadastradas |
| 6 | Paredes e Fechamentos Verticais
3 atividades cadastradas | 13 | Contrapiso
2 atividades cadastradas | 20 | Serviços Diversos
1 atividade cadastrada |
| 7 | Instalações Hidrossanitárias
2 atividades cadastradas | 14 | Cobertura
1 atividade cadastrada | 21 | Serviços Complementares
1 atividade cadastrada |

Fonte: Autoria própria (2023)

A data de término previsto que consta na linha de balanço (Figura 29) não considera os entregáveis de: interiores e decoração. Para esses pacotes, foram acordados com o cliente um prazo de 3 meses após a data de término prevista em

cronograma. Sendo assim, a data final prevista para entrega total da obra foi em agosto de 2022.

No entanto, de acordo com as informações coletadas para o diagnóstico, visto que a entrega se deu antes da finalização deste trabalho, a data real de entrega da obra aconteceu em dezembro de 2022, contabilizando um atraso de 4 meses de acordo com o planejamento inicial.

Analisando a linha de balanço com informações do planejamento inicial, é visível a falta de ritmo e balanceamento das atividades, assim como a realização simultânea de atividades que possuem dependência, como por exemplo o pacote de trabalho de contrapiso, que deve ser finalizado para que o pacote de revestimentos de piso inicie.

Esses fatores derivam de motivos como: falta de requisitos de modelagem, falta de dimensionamento da capacidade de produção com conceitos LEAN (aplicando ritmo e balanceamento), falta de auxílio com a representação da simulação construtiva (por meio de uma visualização espacial no BIM, por exemplo) e não atenção aos fluxos de trabalho (atividades que não agregam valor).

4.2.2. Metodologia com aplicação de *LEAN* e BIM

Com a utilização de conceitos *LEAN* e BIM, foi possível atualizar a linha de balanço apresentada na Figura 30 e realizar o levantamento de contribuições para o planejamento existente.

O quadro 5 representa resultados da coleta referente às premissas de planejamento e execução utilizadas na atualização da linha de balanço, com foco em circunstâncias que, de acordo com o escopo e tratativas com o cliente, deverão ser recorrentes durante o período de execução da obra para atendimento ao novo prazo estabelecido.

Quadro 6 - Premissas de Planejamento

Descrição da premissa	Informação referente a premissa
Início Previsto da Obra	18-08-21
Término Previsto da Obra	13-05-22
Entregáveis não inclusos no Prazo	Interiores e Decoração
Mão de Obra de Execução	Terceirizada com contratação por disciplinas da construção (civil, elétrica, hidráulica, acabamentos)
Equipamentos	Todos os equipamentos serão alugados
Métodos construtivos	As lajes serão pré-moldadas
Áreas internas envolvidas	Projetos (Arquitetura e Engenharia), Execução, Planejamento, Compras,
Acessos	A obra possui apenas um acesso
Andaimes	Os revestimentos chapisco e reboco serão executados com andaimes de madeira Os acabamentos serão executados com andaimes metálicos
Estratégia de Contratação para Fundação	Armação e Forma com equipes diferentes e montagem iniciando com etapa anterior da necessidade
Estratégia de Contratação para Laje	Considerar conferência de material antes da entrega no canteiro de obras
Estratégia de Contratação para Reboco	Considerar um equipe da disciplina de “civil” apenas para acabamentos
Estratégia de Contratação para Revestimentos	Considerar equipes diferentes para Paredes e Piso (porcelanato, pedras, cerâmica)
Estratégia de Contratação para Esquadrias	Considerar mesmo fornecedor para esquadrias metálicas e de madeira (ritmo de produção)
Compras	Considerar prazos de negociação e aprovação de compras com cliente em planejamento de compras que atenda necessidade da obra
Tipologia do Contrato de Execução	Administração

Fonte: Autoria própria (2023)

No quadro 6, é possível visualizar como foi realizada a divisão dos lotes da construção através dos níveis de planejamento estabelecidos.

Quadro 7 – Divisão de Lotes

Nível 1	Localização	Nível 2
IMPLANTAÇÃO		Área Total
CONSTRUÇÃO	Estrutura	Fundação
		Térreo
		Superior
	Acabamento	Térreo
		Superior
		Cobertura
	Fachada	Térreo
		Superior
		Cobertura
LAZER		Piscina

Fonte: Autoria própria (2023)

Para definição da sequência construtiva, foi realizada a seleção de uma unidade-base da construção: o pavimento térreo, visto que as atividades do pavimento superior e cobertura, neste caso, serão similares. Com apoio do modelo BIM, e por meio da ferramenta *Autodesk Navisworks Manage 2022*, obteve-se a visualização espacial, representada na Figura 31.

Figura 31 – Unidade-Base da Construção

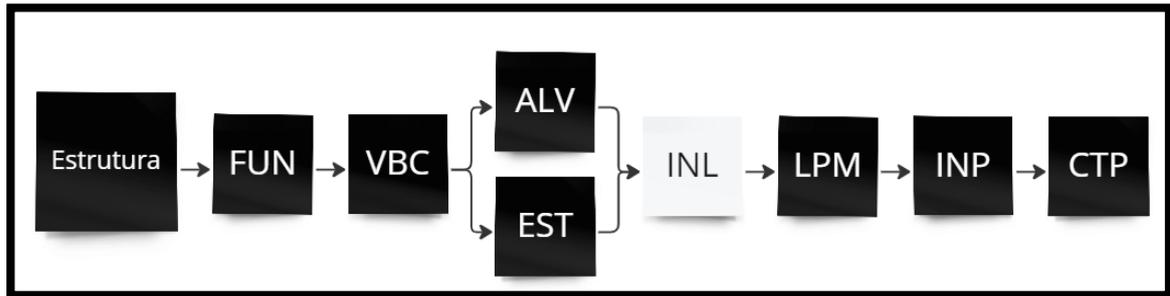


Fonte: Autoria própria (2023)

Para os itens descritos no nível 2 que compõe o nível 1 “Construção”, foi utilizada a mesma sequência executiva definida para a unidade-base no que se

refere a: estrutura, acabamento e fachada. A Figura 32 representa um exemplo de detalhamento de atividades para sequência construtiva da “Estrutura”, contendo as siglas correspondentes a cada pacote de trabalho (detalhadas posteriormente), elaborada na ferramenta Miro.

Figura 32 – Sequência Executiva da Unidade-Base



Fonte: Autoria própria (2023)

Com o apoio das informações do modelo BIM, foi possível gerar a visualização espacial dessa sequência, que será apresentada posteriormente.

Como trata-se de uma obra não-repetitiva, a definição da sequência executiva foi realizada também para as os itens do nível 2 que compõem os itens de nível 1: “implantação” e “lazer”. O quadro 7 representa a descrição com relação a sigla dos pacotes de trabalho definidos para o planejamento.

Quadro 8 – Pacotes de Trabalho

Item	PACOTE	SIGLA
1	Terraplanagem	TRP
2	Instalações	INS
3	Passeio	PPS
4	Postes	POS
5	Paisagismo	PGS
6	Fundação	FUN
7	Vigas de Fundação	VBC
8	Instalações Enterradas	IEE
9	Contrapiso	CTP
10	Estrutura	EST
11	Alvenaria de Vedação	ALV
12	Instalações na Laje	INL
13	Reboco Interno	RBI
14	Impermeabilização	IMP
15	Forro de Gesso	FGL
16	Revestimentos Internos Piso	RIP
17	Revestimentos Internos Parede	RID
18	Instalações na Parede	INP
19	Esquadrias de Alumínio	EQL
20	Pintura Interna	PTI
21	Louças e Metais	LEM
22	Portas de Madeira	EQM
23	Reservatório	RVA
24	Guarda-Corpo	IGC
25	Pintura Externa	PTE
26	Acabamentos Elétrica	ACE
27	Revestimentos Externos Piso	REP
28	Revestimentos Externos Parede	RED
29	Reboco Externo	RBE
31	Estrutura Metálica	EMC
32	Telhas Metálicas	TML
33	Calhas e Rufos	CRF
34	Laje pré moldada	LPM

Fonte: Autoria própria (2023)

O quadro 8 representa um exemplo de detalhamento de atividades pertencentes ao pacote de trabalho “Vigas de Fundação de Concreto (VBC)” referente a “Estrutura”.

Quadro 9 – Atividades do Pacote de Trabalho - Exemplo “VBC”

Nível 1	Sistema de localização	Pacote	Sigla	Atividades
Construção	Estrutura	Vigas de Fundação	VBC	Montagem da armação
				Colocação da armação
				Montagem dos painéis das formas
				Colocação das formas
				Concretagem
				Desforma
				Impermeabilização

Fonte: Autoria própria (2023)

A definição desse e dos demais pacotes de trabalho da construção, no que diz respeito às atividades, utilizou-se de princípios *LEAN* e poderá fornecer a empresa informações para futuras análises de melhorias de qualidade das entregas, assim como, possibilidades de padronizar e replicar os pacotes em outras obras semelhantes, além de gerar um maior controle de dados para cálculos de produtividade.

Ainda tendo como foco a unidade-base selecionada, o quadro 9 representa como foram definidas as informações da capacidade de produção, tendo como exemplo o pacote “Reboco” em “Acabamento”. As informações de quantitativos foram extraídas dos modelos BIM.

Quadro 10 – Capacidade de Produção – Exemplo “Reboco”

Pacote de Trabalho		Quantidade (m ²)	Takt Time (dias)	Duração Definida (dias)	Equipes
Acabamento					
1	Reboco	1547,20	5	10	2

Fonte: Autoria própria (2023)

Figura 34 – Integração BIM na Linha de Balanço (formulários)

Formulários personalizados

Pacote de trabalho

Nome
Disciplina

Nome
Pacote

Nome
Set

ADICIONAR SALVAR

Lote

ADICIONAR SALVAR

Formulário BIM

Utilize os campos de 1 a 10 para personalizar os arquivos

Campo 1
Disciplina (Serviço)

Campo 2
Pacote (Serviço)

Fonte: Autoria própria (2023)

A Figura 35 representa um exemplo de preenchimento do formulário para o pacote de trabalho “TRP – Terraplanagem”. Essas informações, assim como a cor de identificação, foram posteriormente integradas ao modelo BIM utilizado para a criação da sequência executiva na ferramenta *Autodesk Navisworks Manage 2022*, facilitando a visualização das informações dos pacotes.

Figura 35 – Integração BIM na Linha de Balanço (TRP)

Posição na lista
1

Nome
TRP

Serviços ADICIONAR

Dependências automáticas

Dependências entre serviços ADICIONAR

Não há dependências entre serviços cadastrados.

Formulário personalizado (BIM)

Disciplina
ARQUITETURA

Pacote
TERRAPLANAGEM

Set
TRP

Cor de identificação

Color selection palette: black, white, grey, dark grey, blue, dark blue.

Fonte: Autoria própria (2023)

Considerando a data de término prevista na linha de balanço (Figura 29) com metodologia tradicional e a data de término prevista no novo cenário gerado pela linha de balanço (Figura 33) com a metodologia *lean*, foi possível uma economia de, aproximadamente, 3 meses no prazo final da obra.

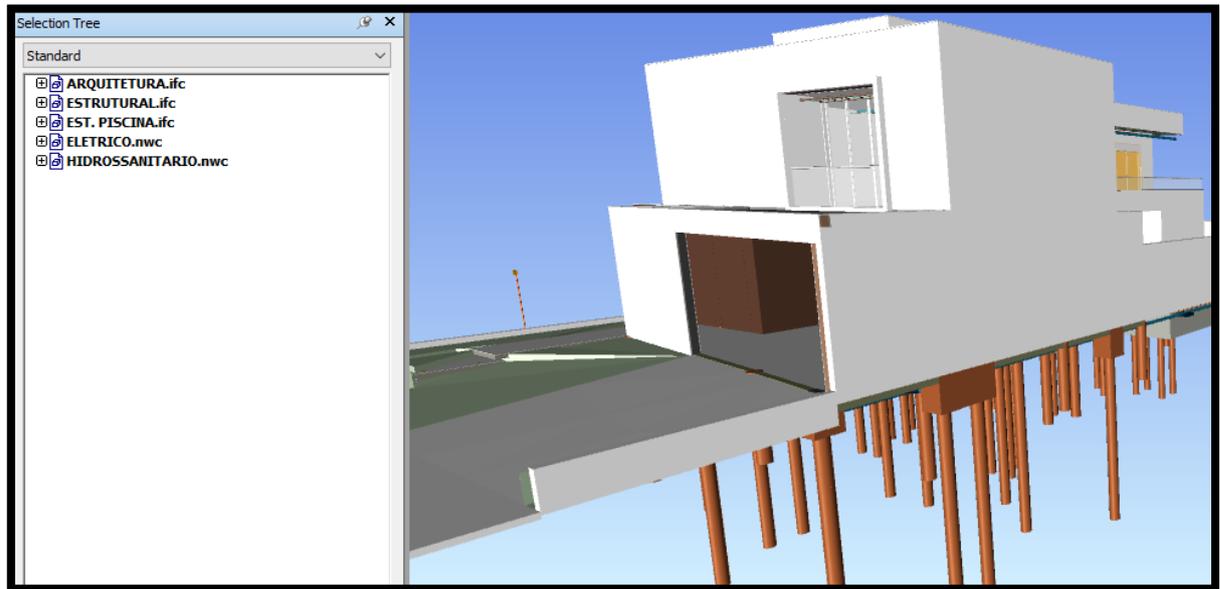
4.2.3. Simulação Construtiva

A simulação construtiva da obra serviu como comunicação visual para auxílio tanto em etapas de premissas de planejamento, quanto nas análises dos modelos para apontamentos de requisitos de modelagem.

Durante a criação dessa simulação, foi possível vincular os pacotes de trabalho gerados no cronograma com a linha de balanço aos objetos BIM nos modelos 3D fornecidos pela empresa, onde foi desenvolvida uma simulação gráfica do processo de construção que também poderá auxiliar a empresa em etapas de execução.

A seguir serão representados os produtos gerados nesse processo, assim como, serão demonstradas as maneiras de extração de informações da simulação para gestão da obra, e, como por meio de conceitos de BIM 4D, foi possível visualizar a dimensão “tempo” no modelo 3D em diferentes estágios da construção.

A Figura 36 representa o modelo federado criado contendo as disciplinas de arquitetura, estrutura, instalações elétricas e instalações hidrossanitárias.

Figura 36 – Simulação Construtiva – Modelo Federado

Fonte: Autoria própria (2023)

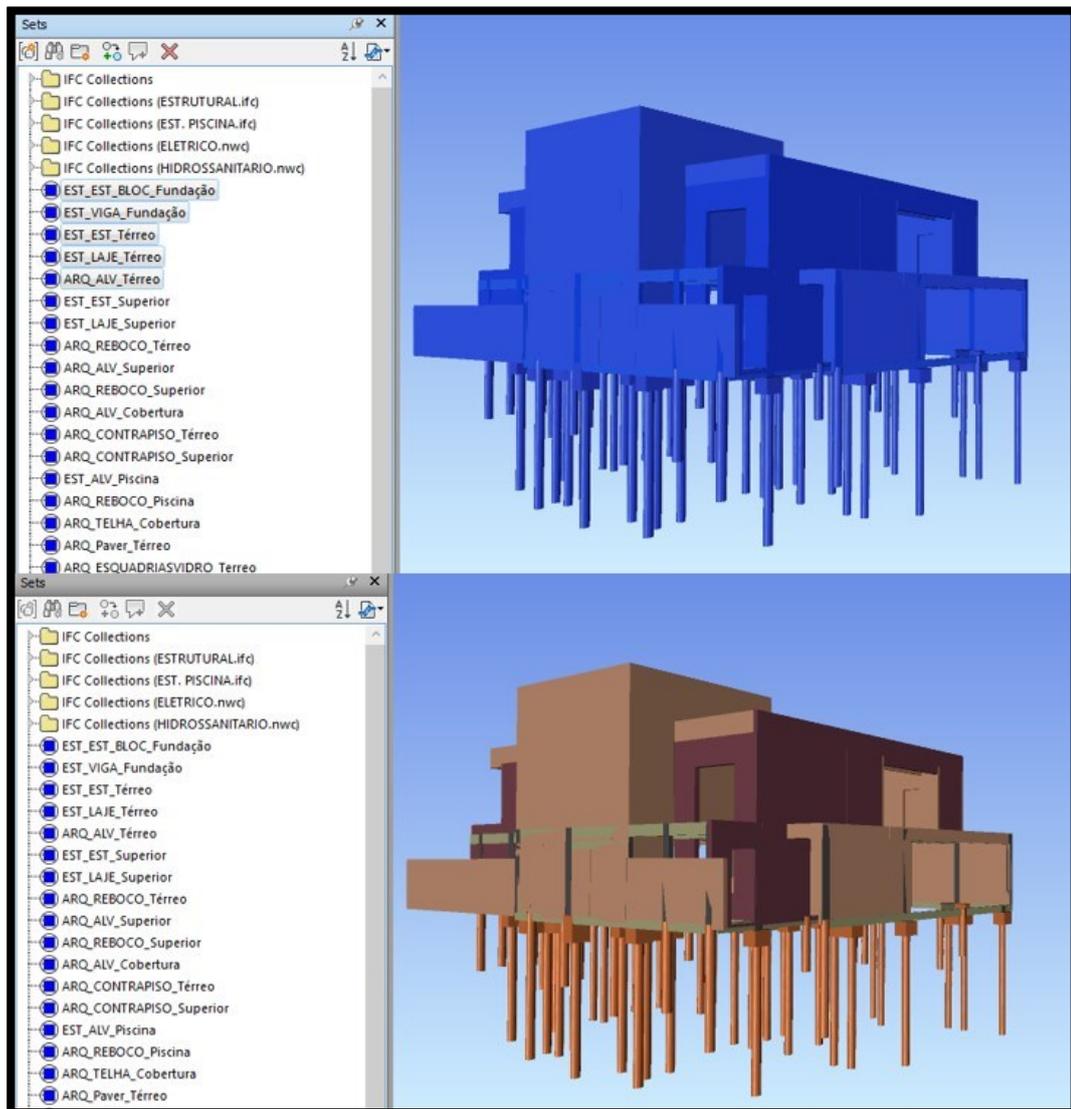
A criação do modelo federado possibilitou visualização e entendimento do escopo a ser construído para elaboração do planejamento de longo prazo, assim como, detalhamento da visualização desse escopo por pacote de trabalho.

Quanto mais detalhados os pacotes de trabalho nos modelos 3D, melhor será essa visualização na gestão da execução. Como esse modelo não será utilizado para fins de compatibilização, as interferências encontradas entre as disciplinas foram ajustadas por meio de configurações em suas coordenadas, processo que será melhor discutido posteriormente.

Outro ponto importante foi o processo de exportação do modelo federado, que foi realizado na extensão NWF (Conjunto de arquivos *Navisworks*), possibilitando o processo de vínculo com os arquivos inseridos e facilidades no momento de realizar algumas atualizações nos modelos 3D utilizados e rápida atualização no modelo federado.

A Figura 37 representa o exemplo de pacotes de fundação, estrutura e alvenaria para o pavimento térreo, onde é possível entender a etapa de agrupamento dos objetos BIM conforme os pacotes de trabalho do cronograma.

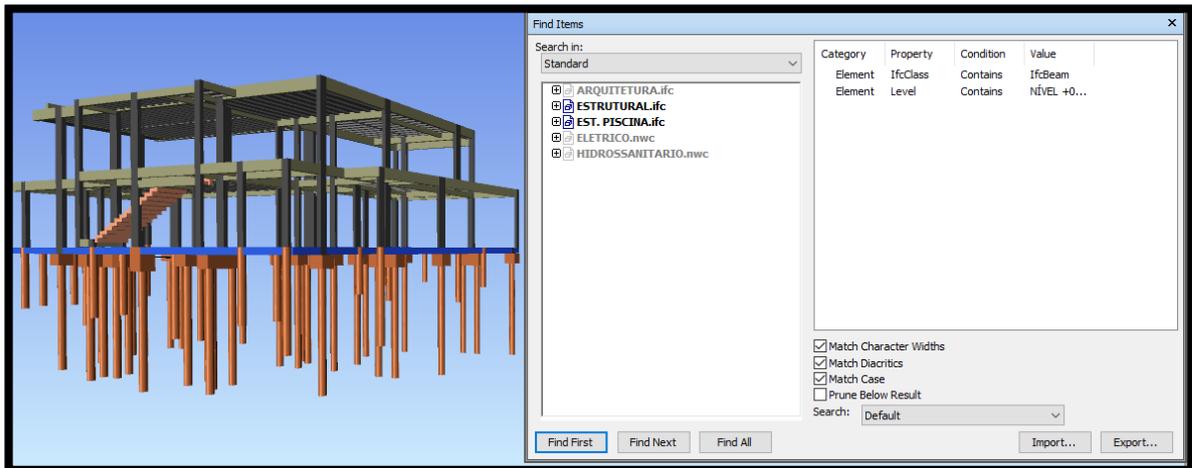
Figura 37 – Simulação Construtiva – Agrupamento de objetos BIM



Fonte: Autoria própria (2023)

Para o processo de agrupamento, escolheu-se a metodologia de criação de “Sets” através da ferramenta “Find Items” do *Autodesk Navisworks Manage 2022* com a utilização do “Save Selection” para posterior criação dos sets. A Figura 38 representa um exemplo de utilização de “Find Items” para o pacote de vigas de fundação, utilizando condições de classe e nível dos objetos BIM no arquivo em IFC da estrutura.

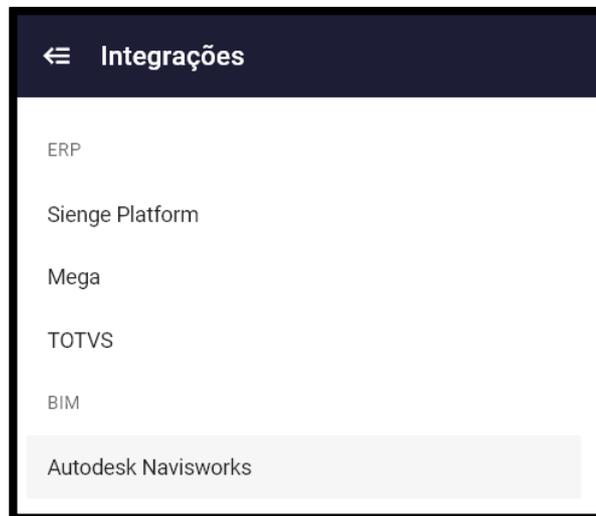
Figura 38 – Simulação Construtiva – Find Items



Fonte: Autoria própria (2023)

Para importação do cronograma e posterior integração com os sets criados pelo agrupamento de objetos BIM, foi utilizado um arquivo em extensão CSV gerado diretamente da plataforma *Prevision*, onde foi desenvolvida a linha de balanço. A Figura 39 representa o processo de exportação.

Figura 39 – Simulação Construtiva – Exportação de cronograma



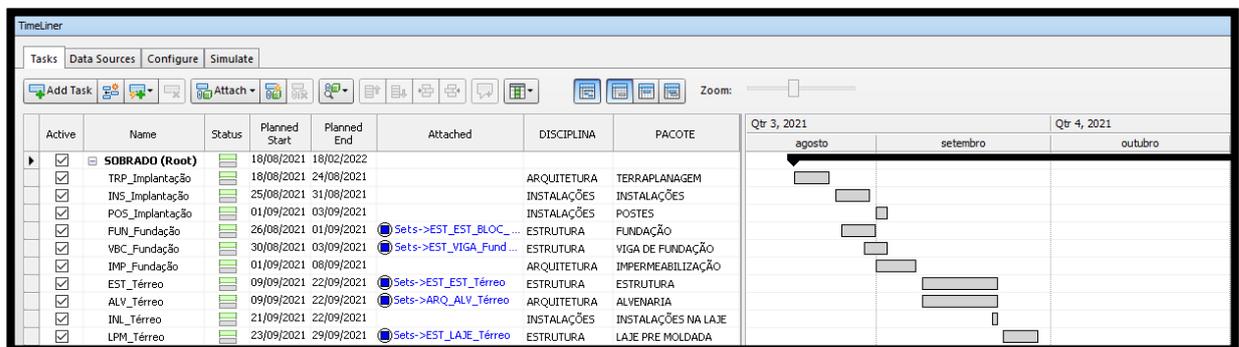
Fonte: Autoria própria (2023)

Assim como no fluxo de trabalho dos modelos 3D utilizados no modelo federado, o arquivo de cronograma em CSV é salvo na mesma pasta do modelo federado para manter o vínculo, caso haja alteração, tornando o processo de atualização mais rápido.

Um ponto importante é que o processo de exportação do arquivo na plataforma foi automatizado e gerou diretamente um cronograma para ser utilizado no *Autodesk Navisworks Manage 2022*, considerando as informações de integração BIM representadas anteriormente nas Figuras 35 e 36.

Essa automatização fez com que a etapa de utilização de um software intermediário como “*Microsoft Project*” ou “*Microsoft Excel*” para edição do cronograma com colunas necessárias para a “*TimeLiner*”, não fossem necessárias. A Figura 40 representa a estrutura da “*TimeLiner*” após importação do cronograma no *Autodesk Navisworks Manage 2022*.

Figura 40 – Simulação Construtiva – TimeLiner



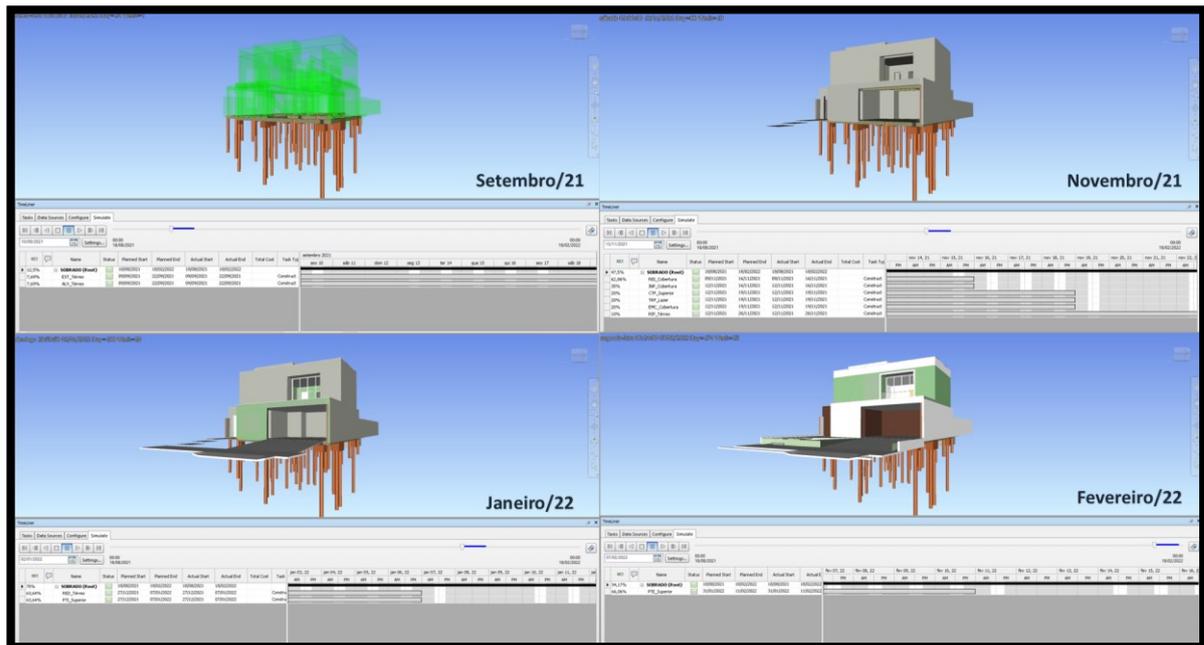
Fonte: Autoria própria (2023)

Na coluna “*Attached*” é possível visualizar alguns dos *sets* que foram criados já conectados aos respectivos pacotes de trabalho do cronograma, processo que foi realizado para todos os pacotes.

Com a simulação construtiva foi possível uma melhor visualização do escopo do projeto, assim como, maior clareza para decisões sobre planos de ataque de execução e informações detalhadas sobre os pacotes de trabalho.

A Figura 41 representa informações geradas na simulação construtiva para acompanhamento da execução, por etapas a cada mês de obra.

Figura 41 – Simulação Construtiva – Acompanhamento da Execução



Fonte: Autoria própria (2023)

É possível verificar, por exemplo, o pacote de trabalho “EST_Térreo” executado em setembro de 2021 (primeira imagem com cores reais do modelo), e o pacote de trabalho “ALV_Térreo” em execução (primeira imagem com cor verde).

A simulação também poderá ser utilizada para acompanhamento do progresso da construção (planejado X realizado) e comparação entre possíveis cenários de planejamento. Esses resultados não serão apresentados nesse trabalho pois se relacionam com planejamentos de médio e curto prazo.

Por fim, além dos usos apresentados anteriormente, também foi possível utilizar a simulação construtiva para o levantamento de requisitos de modelagem BIM para planejamento.

4.2.4. Requisitos de modelagem BIM

Como os modelos BIM existentes não foram elaborados atendendo a requisitos para sua utilização no planejamento da obra, algumas etapas foram necessárias para realizar essa adaptação. No entanto, para os projetos futuros, a empresa poderá utilizar a padronização criada nesse trabalho.

Para definição dos requisitos de modelagem BIM, levou-se em consideração: a estrutura hierárquica de locais, os pacotes de trabalho e suas atividades, definidos

anteriormente, o processo de extração de quantitativos e as etapas de elaboração da simulação construtiva na ferramenta *Autodesk Navisworks Manage 2022*.

O modelo BIM de arquitetura foi disponibilizado em extensão “RVT” (Arquivo autoral do Revit), porém foi realizada a exportação em IFC, extensão em que foram disponibilizados os demais arquivos (estrutura, elétrica e hidrossanitário). Essa opção foi escolhida para que o fluxo de trabalho fosse padronizado na gestão dos arquivos para planejamento, quando estes forem utilizados no Navisworks.

No quadro 10, estão representados os arquivos utilizados para montagem do modelo federado na ferramenta *Autodesk Navisworks Manage 2022* e as informações importantes a serem consideradas na organização do fluxo de trabalho para a estratégia de federação.

Quadro 11 – Estratégia de Federação

Disciplina	ID	Arquivo recebido	Extensão	Exportação	Extensão
Arquitetura	1	EXECUTIVO - R11	RVT	ARQUITETURA	IFC
Fundação + Estrutura	2	ESTRUTURAL	IFC		
	3	EST.PISCINA	IFC		
	4	EST.MURO	IFC		
Elétrica	5	ELETRICO	IFC		
Hidrossanitário	6	HIDROSSANITARIO	IFC		

Fonte: Autoria própria (2023)

Como requisitos de modelagem para projetos futuros, tem-se a modelagem com inserção de parâmetros. Esses parâmetros poderão auxiliar na integração de objetos BIM do modelo federado com os pacotes de trabalho da linha de balanço na elaboração da sequência executiva, ou seja, na conexão dos modelos 3D com a informação de “tempo” no modelo 4D.

Nesse trabalho, não foi utilizada a metodologia de parâmetros para criação da simulação construtiva, no entanto, foi criada a base de dados desses parâmetros, com base na análise de objetos do modelo, para que a empresa tenha a possibilidade de padronizar seu processo de modelagem e utiliza-los para projetos futuros.

O foco dessa etapa deu-se na disciplina de ARQUITETURA, visto que a análise no modelo autoral foi também possível, enquanto nas demais disciplinas tinha-se apenas o arquivo em IFC.

As informações de alguns dos parâmetros (parâmetros de descrição e localização) que foram criados estão representadas no quadro 11, como exemplo, visto que os parâmetros de quantidade seguiram o mesmo processo.

Quadro 12 – Padronização de parâmetros compartilhados

	Nome do Parâmetro	Padronização
Descrição	ECD_DISCIPLINA	Especificar a disciplina do Modelo
	ECD_SET	Agrupar os objetos BIM, conforme as tarefas da linha de balanço
Localização	ECD_LOCAL 1	Divisão estratégica dos setores do empreendimento (nível 1)
	ECD_LOCAL 2	Na "Construção" representa Estrutura, Acabamento e Fachada. Nos demais, é o eixo vertical da linha de balanço

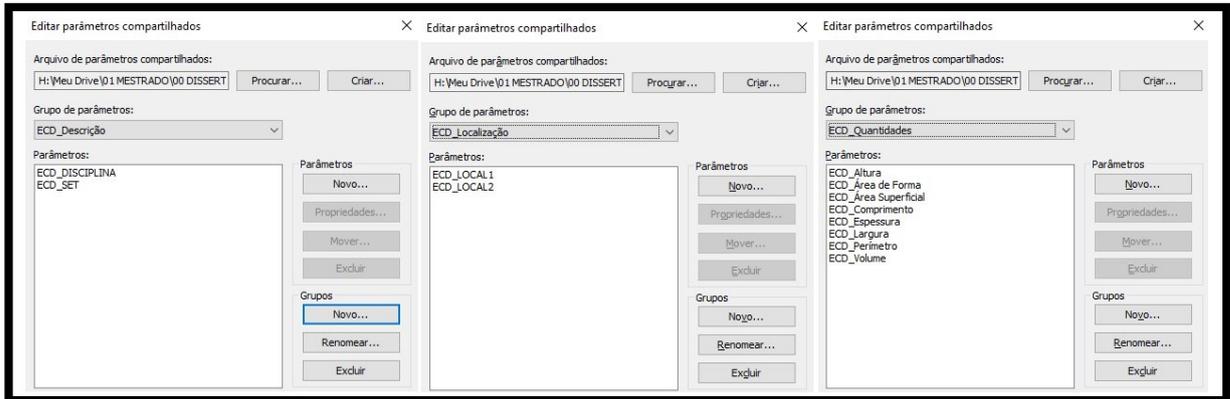
Fonte: Autoria própria (2023)

A criação de parâmetros, realizada na ferramenta *Autodesk Revit 2021*, poderá auxiliar na gestão dos modelos e integração com o planejamento, assim como, a descrição do parâmetro com a sigla “ECD” (Estudo de Caso Dissertação) auxiliou na organização dos parâmetros.

Quanto ao tipo, foram criados os “parâmetros compartilhados” pois essa configuração permite a utilização dos mesmos parâmetros para diversos projetos.

Além dos parâmetros representados na Figura 42, também é sugerido utilizar parâmetros padrão da ferramenta *Autodesk Revit 2021*, dentre eles: “Família e tipo” e “Descrição”.

Figura 42 – Criação de parâmetros compartilhados



Fonte: Autoria própria (2023)

Para inserção de parâmetros no modelo de arquitetura (arquivo autoral em RVT) e coerência das informações por objeto BIM, simultaneamente, o fluxo mais otimizado de trabalho e que será indicado é: abrir o arquivo em RVT no Navisworks, ou seja, não utilizar o IFC da arquitetura nesse caso.

A inserção de parâmetros no modelo facilitará o fluxo de trabalho da simulação construtiva. Esse processo poderá ser muito manual se os modelos não possuírem requisitos de modelagem que atendam para este uso.

A Figura 43 representa em alguns dos exemplos de “Família e tipo” a inserção dos parâmetros no pacote “Revestimentos de Piso” (parâmetro: set) pertencente ao “Acabamento” (parâmetro: local 2) da construção, na ferramenta *Autodesk Revit 2021*.

Figura 43 – Inserção de Parâmetros em Revestimentos de Piso

<Tabela de piso>					
A	B	C	D	E	F
Família e tipo	ECD_DISCIPLINA	Descrição	Nível	ECD_SET	ECD_LOCAL2
Piso: LAMINADO 5CM	ARQUITETURA	Revestimentos de Piso	02 - PAV. SUPERIO	REVPIS_SUP	Acabamento
Piso: PORCEL SACADA 3CM	ARQUITETURA	Revestimentos de Piso	02 - PAV. SUPERIO	REVPIS_SUP	Acabamento
Piso: PORCEL SACADA 3CM COM IMP	ARQUITETURA	Revestimentos de Piso	02 - PAV. SUPERIO	REVPIS_SUP	Acabamento
Piso: PORCEL BWC 01 IMP 1CM	ARQUITETURA	Revestimentos de Piso	02 - PAV. SUPERIO	REVPIS_SUP	Acabamento
Piso: PORCEL BWC 01 IMP 3CM	ARQUITETURA	Revestimentos de Piso	02 - PAV. SUPERIO	REVPIS_SUP	Acabamento
Piso: PORCEL BWC 02 IMP 1CM	ARQUITETURA	Revestimentos de Piso	02 - PAV. SUPERIO	REVPIS_SUP	Acabamento
Piso: PORCEL BWC 02 IMP 3CM	ARQUITETURA	Revestimentos de Piso	02 - PAV. SUPERIO	REVPIS_SUP	Acabamento
Piso: PORCEL BWC CASAL IMP 1CM	ARQUITETURA	Revestimentos de Piso	02 - PAV. SUPERIO	REVPIS_SUP	Acabamento
Piso: PORCEL BWC CASAL IMP 1CM	ARQUITETURA	Revestimentos de Piso	02 - PAV. SUPERIO	REVPIS_SUP	Acabamento
Piso: PORCEL BWC CASAL IMP 1CM	ARQUITETURA	Revestimentos de Piso	02 - PAV. SUPERIO	REVPIS_SUP	Acabamento
Piso: PORCEL BWC CASAL IMP 3CM	ARQUITETURA	Revestimentos de Piso	02 - PAV. SUPERIO	REVPIS_SUP	Acabamento
Piso: PORCEL BWC SOCIAL 1CM IMP	ARQUITETURA	Revestimentos de Piso	01 - PAV. TÉRREO	REVPIS_TER	Acabamento
Piso: PORCEL BWC SOCIAL 3CM IMP	ARQUITETURA	Revestimentos de Piso	01 - PAV. TÉRREO	REVPIS_TER	Acabamento
Piso: PORCEL ENTRADA 3CM	ARQUITETURA	Revestimentos de Piso	01 - PAV. TÉRREO	REVPIS_TER	Acabamento
Piso: PORCEL ENTRADA 3CM	ARQUITETURA	Revestimentos de Piso	01 - PAV. TÉRREO	REVPIS_TER	Acabamento

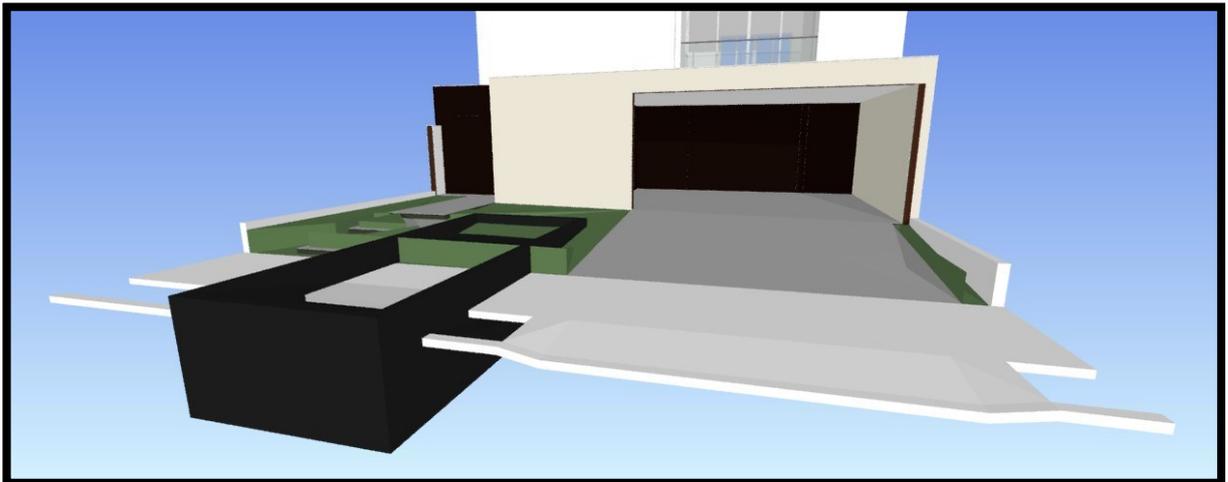
Fonte: Autoria própria (2023)

Devido aos demais requisitos de modelagem que serão apresentados a seguir, optou-se neste trabalho em não inserir os parâmetros criados nos demais pacotes de trabalho, visto que seria necessário, primeiramente, atualizar o modelo com fluxos de trabalho referentes a esses requisitos, o que levaria mais tempo, não sendo o propósito desse trabalho realizar essa atualização.

No processo de criação do modelo federado, alguns problemas de coordenadas foram encontrados e posteriormente, ajustados. Os problemas referem-se a interferências entre arquitetura e estrutura, e, arquitetura e hidrossanitário.

A Figura 44 representa a interferência identificada entre os modelos “EXECUTIVO” (da arquitetura) e “EST.PISCINA” (da estrutura) por meio da visualização na ferramenta *Autodesk Navisworks Manage 2022*.

Figura 44 – Interferência de Coordenadas (Arquitetura e Estrutura)



Fonte: Autoria própria (2023)

A Figura 45 representa a interferência identificada entre os modelos “EXECUTIVO” (da arquitetura) e “HIDROSSANITÁRIO” por meio da visualização na ferramenta *Autodesk Navisworks Manage 2022*.

Figura 45 – Interferência de Coordenadas (Arquitetura e Hidrossanitário)



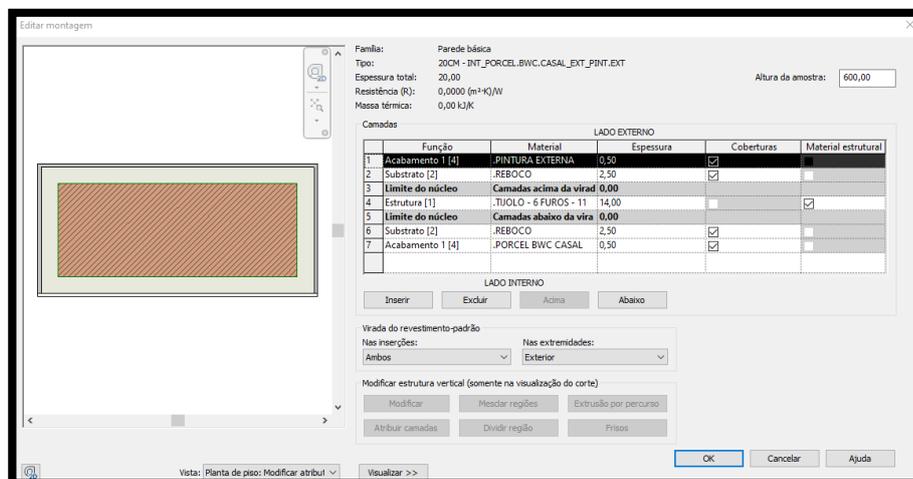
Fonte: Autoria própria (2023)

Referente aos requisitos indicados no processo de agrupamento dos objetos BIM aos Sets criados na simulação construtiva, foram encontrados alguns pontos que serão levantados a seguir.

No processo de agrupamento de objetivos BIM no modelo de EXECUTIVO (arquitetura), foi identificado que não seria possível realizar a criação de sets separados para as camadas da parede (alvenaria, reboco, pintura, revestimento) devido a escolha de fluxo de modelagem de “paredes sistema”, onde todas as camadas são modeladas em uma única família.

A Figura 46 representa a criação de paredes sistema na ferramenta Autodesk Revit 2021.

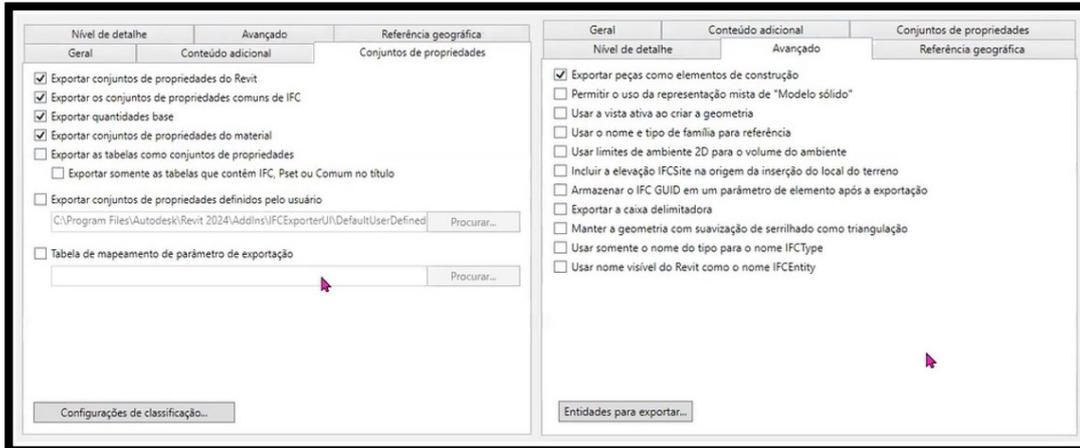
Figura 46 – Criação de paredes sistema



Fonte: Autoria própria (2023)

Sendo assim, foi utilizado um requisito de “criação de peças” para exportação do modelo EXECUTIVO (arquitetura) nas configurações de exportação IFC, conforme representado na Figura 47, que permitiu a criação de sets separados para as camadas da parede.

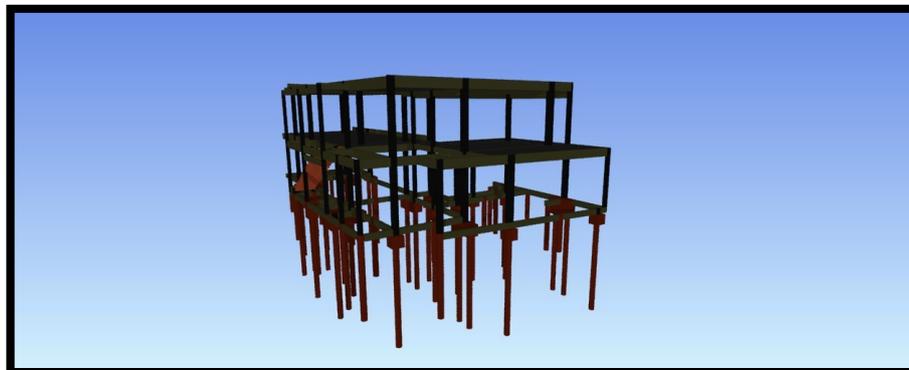
Figura 47 – Criação de peças no IFC



Fonte: Autoria própria (2023)

No processo de agrupamento de objetos BIM no modelo de ESTRUTURA, foi identificado que no pavimento COBERTURA, não havia sido modelada a laje. Devido a esse fator, não foi possível agrupar o objeto BIM referente à laje da cobertura com a etapa da linha de balanço associada a esse pacote. A Figura 48 representa o modelo de “ESTRUTURA”.

Figura 48 – Ausência de objetos BIM (Estrutura)



Fonte: Autoria própria (2023)

Esse mesmo problema foi identificado no processo de agrupamento de objetos BIM no modelo de EXECUTIVO (arquitetura), onde foi identificado que não

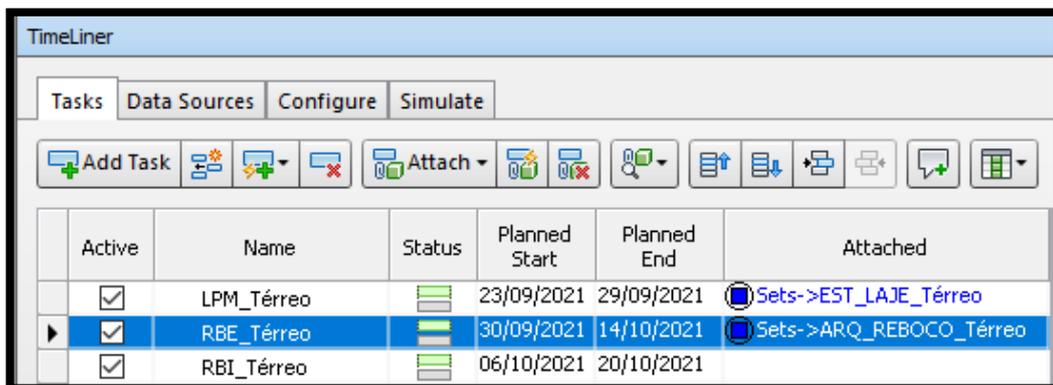
estão modelados objetos referentes a: implantação e impermeabilização de vigas baldrames.

Apesar desse problema, foi identificado que no modelo de EXECUTIVO (arquitetura), foram modelados os elementos estruturais da laje, o que possibilitou a utilização do objeto BIM da laje da cobertura por esse modelo. No entanto, um ponto negativo dessa situação, é que para os pavimentos térreo e superior, os elementos das lajes ficaram duplicados no modelo federado, sendo necessários manter atenção para não associá-los à linha de balanço de forma repetida.

No processo de agrupamento de objetos BIM no modelo de EXECUTIVO, foi identificado que no pacote REBOCO, não foi realizada a separação de interno e externo no processo de modelagem BIM na ferramenta *Autodesk Revit 2021*, tornando a associação às etapas de reboco da linha de balanço prejudicadas.

A Figura 49 representa a etapa da linha de balanço “RBI – Reboco Interno” do pavimento térreo sem preenchimento da coluna “Attached” (referente ao Set criado para a etapa) devido a esse fator, sendo assim, a associação dos objetos de REBOCO do modelo, tanto interno quanto externo, foi realizada integralmente na etapa da linha de balanço “RBE – Reboco Externo”.

Figura 49 – Ausência de separação de objetos BIM (Reboco)

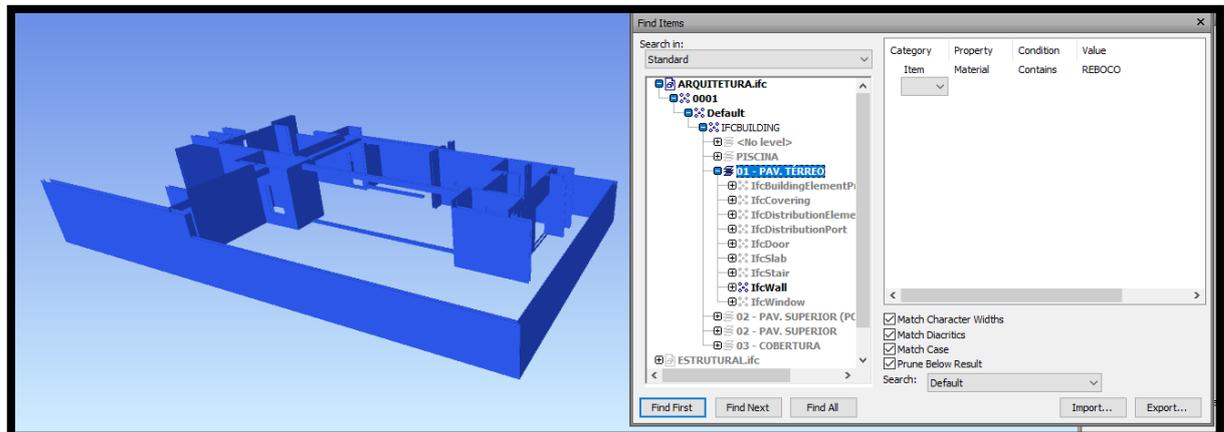


Active	Name	Status	Planned Start	Planned End	Attached
<input checked="" type="checkbox"/>	LPM_Térreo		23/09/2021	29/09/2021	Sets->EST_LAJE_Térreo
<input checked="" type="checkbox"/>	RBE_Térreo		30/09/2021	14/10/2021	Sets->ARQ_REBOCO_Térreo
<input checked="" type="checkbox"/>	RBI_Térreo		06/10/2021	20/10/2021	

Fonte: Autoria própria (2023)

A Figura 50 representa a seleção para o processo de associação dos objetos do modelo BIM com as etapas da linha de balanço por meio da ferramenta “Find Items” no *Autodesk Navisworks Manage 2022*.

Figura 50 – Seleção de objetos BIM (Reboco)



Fonte: Autoria própria (2023)

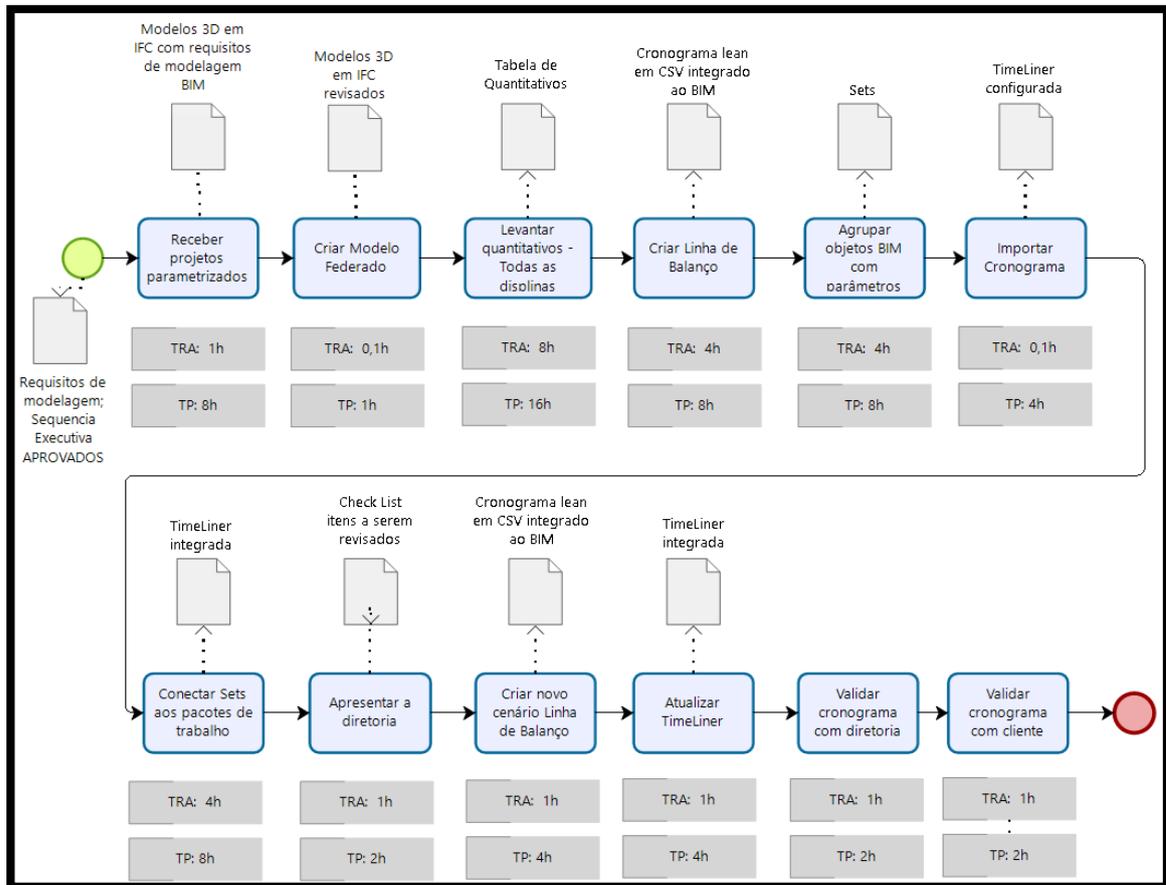
4.3. Processo Futuro

Com o objetivo de propor melhorias no processo atual de planejamento da empresa, elaborou-se o fluxograma do processo futuro por meio do mapeamento “*to be*”, no software *BizAgi*.

4.1.1. Mapeamento “*to be*”

O mapeamento “*to be*”, representado na Figura 51, contém informações de: etapas do processo, tempo de realização das atividades (TRA) e tempo de processamento da atividades (TP) – este contendo tempos de espera.

Figura 51 – Mapeamento – Processo Futuro (“to be”)



Fonte: Autoria própria (2023)

O tempo de trabalho total (todas as etapas) no processo atual - “as is” - foi de 66 horas, e o tempo de processamento (envolvendo tempos de espera no processo) foi de 294 horas.

Com a execução do novo fluxo de trabalho, aplicação da nova metodologia de planejamento, utilização da padronização indicada nos requisitos de modelagem 3D e auxílio das ferramentas utilizadas nesse trabalho, o tempo total considerado para o processo futuro – “to be” - (que poderá sofrer alterações de acordo com novas atualizações no processo padronizado indicado) foi de 27 horas, e o tempo de processamento, de 64 horas.

O ganho com otimização do tempo no processo atual poderá ser alcançado com a aplicação da proposta de inovação com sugestão de melhorias no processo de planejamento, representada neste trabalho, assim como, a padronização dos

modelos com requisitos de modelagem e padronização dos pacotes de trabalho de planejamento utilizando conceitos de *LEAN* e BIM.

Portanto, após análise das informações de etapas no processo atual de planejamento da empresa (“*as is*”) e diagnóstico de problemas (Quadro 5) encontrados com utilização da metodologia tradicional de planejamento, deu-se a criação de uma proposta de sugestão de melhorias nas etapas.

O Quadro 12 representa a descrição dos problemas identificados na utilização da metodologia tradicional para o processo atual de planejamento da empresa (“*as is*”), o grupo de agrupamento pertencente (problemas que derivam na mesma melhoria) a proposta de melhorias com a aplicação do processo “*to be*”.

Quadro 13 – Proposta de Melhorias – Processo Futuro (“to be”)

Descrição dos problemas	Grupo	Proposta de melhorias
Projetos incompletos Erros de compatibilização de projetos Entregas parciais de projetos Informações incompletas Tempo de espera para revisão de projetos Alterações de projeto – novas revisões Informações incompletas para quantitativo Qualidade da informação	INFORMAÇÕES RELACIONADAS A PROJETOS	Criação de parâmetros dos modelos no <i>Autodesk Revit</i> Compatibilização de Projetos no <i>Autodesk Navisworks</i> ao criar modelo federado Padronização da criação de famílias no <i>Autodesk Revit</i> Elaboração do BEP (Plano de Execução do Projeto) Padronização das configurações de exportação de IFC Auditoria de qualidade dos modelos antes da utilização para extração de quantitativos
Informações de capacidade de produção dependem de empreiteiros Projetos incompatíveis com realizado em obra O dimensionamento da equipe é feito somente durante a obra	INFORMAÇÕES RELACIONADAS A OBRA	Padronização dos pacotes de trabalho (sessões colaborativas envolvendo empreiteiros) Sequência executiva ser monitorada na obra para atualizações no padrão inicial Criar indicadores de produtividade para atualização da capacidade de produção em cada obra Criar indicadores de qualidade dos serviços Aplicar conceitos de planejamento de médio prazo com levantamento de restrições Aplicar conceitos de planejamento de curto prazo
Cliente não aceita data programada de entrega Data de entrega antecipada confirmada com cliente	INFORMAÇÕES RELACIONADAS AO CLIENTE	Apresentar simulação construtiva ao cliente com premissas de planejamento de acordo com prazo solicitado Utilizar premissas de planejamento ao dimensionar a equipe, antes do cliente efetuar a contratação

Fonte: Autoria própria (2023)

Quanto ao escopo do projeto e levantamento de quantitativos no processo futuro de planejamento da empresa (“to be”), a responsável pelo planejamento poderá participar da etapa de elaboração de projetos com a contribuição de requisitos de modelagem para planejamento.

Quanto a elaboração de EAP, as informações de pacotes de referentes a construção, assim como as atividades pertencentes aos pacotes, foram definidas na padronização da linha de balanço e poderão ser utilizadas pela empresa em outros projetos, atribuindo atualizações se necessário, em relação a sequência construtiva, conforme forem analisados indicadores de produtividade e qualidade dos serviços.

5. Considerações Finais

Com a análise das informações de etapas no processo de planejamento da empresa, foi possível identificar alguns problemas referente a sequência construtiva, visto que a divisão da obra em pacotes de trabalho, permite a visualização de cada atividade a ser executada no pacote, o que foi aprimorado com a visualização espacial por meio dos modelos BIM.

Também foram identificadas premissas necessárias para o planejamento ao integrar os modelos 3D com os pacotes de trabalho do cronograma, onde nota-se que o processo de modelagem 3D tem relação com o processo de planejamento, sendo essa integração facilitada através de ferramentas, como a *Prevision*, onde foi possível automatizar o processo na criação no planejamento assim como, nas atualizações do planejamento, foram definidos critérios de acordo com formulários BIM disponíveis na plataforma.

Foram propostas melhorias por meio da apresentação dos requisitos de modelagem levantados, onde foi identificado que os modelos 3D não foram elaborados atendendo a requisitos para sua utilização no planejamento da obra. Por isso, algumas etapas foram necessárias para realizar essa adaptação, gerando assim, informações para que, em projetos futuros, a empresa possa utilizar a padronização criada nesse trabalho, como a modelagem com inserção de parâmetros.

Esses parâmetros poderão auxiliar na integração de objetos BIM do modelo federado com os pacotes de trabalho da linha de balanço na elaboração da sequência executiva, ou seja, na conexão dos modelos 3D com a informação de “tempo” no modelo 4D.

Por meio da linha de balanço elaborada e sua integração com a simulação construtiva, que serviu como comunicação visual de auxílio tanto em etapas de premissas de planejamento, quanto nas análises dos modelos para apontamentos de requisitos de modelagem, é possível vincular os pacotes de trabalho gerados no cronograma aos objetos BIM nos modelos 3D fornecidos pela empresa.

Sendo assim, o desenvolvimento da simulação gráfica do processo de construção poderá auxiliar a empresa em etapas de execução. Com a simulação construtiva foi possível uma melhor visualização do escopo do projeto, assim como, maior clareza para decisões sobre planos de ataque de execução e informações detalhadas sobre os pacotes de trabalho.

Além disso, essa visualização possibilitou a análise dos modelos 3D e o levantamento de requisitos de modelagem BIM para planejamento, sendo possível destacar: criação de parâmetros compartilhados; compatibilização de coordenadas das disciplinas; escolha dos métodos de modelagem, como por exemplo a modelagem das paredes em camadas; verificação da ausência de objetos BIM que serão necessários para vinculação aos pacotes de trabalho; verificação da ausência de separação dos objetos BIM em localizações que se integrem com a sequência executiva na obra (por ex: ambiente interno e externo).

Com a implantação da proposta de inovação representada pelo mapeamento “*to be*” e pelas sugestões de melhorias do processo de planejamento atual, será possível a execução do novo fluxo de trabalho considerando conceitos de *lean* e BIM, aplicação da nova metodologia de planejamento e utilização da padronização indicada nos requisitos de modelagem para os modelos 3D em obras residenciais não repetitivas com características semelhantes a deste trabalho.

Para trabalhos futuros, sugere-se a implantação dos requisitos de modelagem levantados neste trabalho e posterior integração com a simulação construtiva e linha de balanço para acompanhamento do progresso da construção (planejado X realizado) e comparação entre possíveis cenários de planejamento, de forma automatizada, assim como, a utilização das informações para elaboração do orçamento da obra e programação de suprimentos, também integrados aos modelos 3D de cada disciplina da construção.

REFERÊNCIAS

ACHELL, J. F. P. **Introducción a Lean Construction**. Madrid: Edita: Fundación Laboral de la Construcción C/ Rivas, 25 – 28052. 2014, 71p.

AMARILLA, R.S.D.; NETO, A. L.; Análise comparativa dos principais processos de negócio de empresas do subsetor de edificações da construção civil. **Revista Gestão e Produção**. Vol. 25, Nº.2, 2018, p. 269-283. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/gp/a/s6WhPwwkCtDGrNkgtNDGDmb/?format=pdf&lang=pt>. Acesso em: 12 out. 2022.

ARBEX, M. A.; STÁBILE, D. P. Aplicação do gerenciamento de projetos na construção civil: um estudo de caso em uma construtora paranaense. In: CONGRESSO INTERNACIONAL DE ADMINISTRAÇÃO, Ponta Grossa. **Anais...** Ponta Grossa: ADM, 2012. p. 12. Disponível em: <https://www.passeidireto.com/arquivo/22960883/artigo-aplicacao-do-gerenciamento-de-projetos-na-construcao-civil>. Acesso em: 13 dez. 2022.

ASSOCIATION OF BUSINESS PROCESS MANAGEMENT PROFESSIONALS – ABPMP. **BPM CBOK** – Business Process Management: common body of knowledge. Chicago: ABPMP, 2013.

BALLARD, G. **The last planner**. In: SPRING CONFERENCE OF THE NORTHERN CALIFORNIA CONSTRUCTION INSTITUTE, 6., 1994, Monterey, CA. Proceeding... Monterey, CA: LCI, 1994. Disponível em: <https://leanconstruction.org/pdf/LastPlanner.pdf>. Acesso em: 29 mar. 2005.

BAREGHEH, A.; ROWLEY, J.; SAMBROOK, S. **Towards a multidisciplinary definition of innovation**. Management Decision, v. 47, n. 8, p. 1323-1339, 2009. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1108/00251740910984578>. Acesso em: 12 out. 2022.

BARROS NETO, J. P. **Proposta de modelo de formulação de estratégia de produção para pequenas empresas de construção habitacional**. 1999. Tese (Doutorado em Administração). Universidade Federal do Rio Grande do Sul, UFRS. Disponível em: <https://lume.ufrgs.br/bitstream/handle/10183/2380/000273279.pdf?sequence=1>. Acesso em: 29 out. 2022.

BARROS, B.T. e PRATES, M.A.S. **O estilo brasileiro de administrar**. São Paulo: Atlas, 1996, 148p. Disponível em: <https://lume.ufrgs.br/bitstream/handle/10183/2380/000273279.pdf?sequence=1>. Acesso em: 29 out. 2022.

BATISTA, L. **Como o Revit "Pensa"?** (Notas de aula). Curso de Revit 2020 e 2021. Curitiba, 2021. Disponível em: <https://www.udemy.com/course/curso-de-revit-2020-projeto-lucrativo/>. Acesso em: 29 out. 2021.

BERNARDES, M. M. S. **Desenvolvimento de um modelo de planejamento e controle da produção para micro e pequenas empresas de construção**. 2001. 310 f. Tese (Doutorado em Engenharia Civil) - Pós-Graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre. Disponível em: <https://www.lume.ufrgs.br/handle/10183/13718>. Acesso em: 30 out. 2022.

BIOTTO, C. N.; FORMOSO, C. T.; ISATTO, E. L. **Método Para o Uso da Modelagem BIM 4D na Gestão da Produção em Empreendimentos de Construção**. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE QUALIDADE DO PROJETO NO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 3., 2013, Campinas. Anais [...]. Campinas: UNICAMP, 2013. p. 882-893. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/303524345_METODO_PARA_O_USO_DA_MODELAGEM_BIM_4D_NA_GESTAO_DA_PRODUCAO_EM_EMPREENDIMENTOS_DE_CONSTRUCAO. Acesso em: 10 out. 2022.

BIOTTO, C. N.; FORMOSO, C. T.; ISATTO, E. L. O Uso da Modelagem BIM 4D na Projeto e Gestão de Sistemas de Produção em Empreendimentos de Construção. In: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 14., Juiz de Fora, 2012, Juiz de Fora. **Anais [...]**. Juiz de Fora: ANTAC, 2012. Disponível em: https://www.academia.edu/2488000/O_USO_DA_MODELAGEM_BIM_4D_NO_PROJETO_E_GEST%C3%83O_DE_SISTEMAS_DE_PRODUC%C3%87%C3%83O_EM_EMPREENDIMENTOS_DE_CONSTRU%C3%87%C3%83O. Acesso em: 12 out. 2022.

BIOTTO, C.; FORMOSO, C. T.; ISATTO, E. L. Uso de modelagem 4D e Building Information Modeling na gestão de sistemas de produção em empreendimentos de construção. **Ambiente Construído** v. 15, n. 2, p. 79–96, jun. 2015. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/ac/a/b6h7YZsWrcRXfknMN6jftKM/?lang=pt>. Acesso em: 12 out. 2022.

BORGES, M. L. A. E. **Método para a implementação da modelagem BIM 4D em empresas construtoras**. 2019. 198f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - Centro de Tecnologia, Universidade Federal do Rio Grande do Norte. Natal, 2019. Disponível em: <https://repositorio.ufrn.br/jspui/handle/123456789/27283>. Acesso em: 12 out. 2022.

BORGES, M. L. A. E. **Método para a implementação da modelagem BIM 4D em empresas construtoras**. 2019. 198f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - Centro de Tecnologia, Universidade Federal do Rio Grande do Norte. Natal, 2019. Disponível em: <https://repositorio.ufrn.br/jspui/handle/123456789/27283>. Acesso em: 12 out. 2022.

BRITO, D. M. de; FERREIRA, E. de A. M. Avaliação de estratégias para representação e análise do planejamento e controle de obras utilizando modelos BIM 4D. **Ambiente Construído**, Porto Alegre, v. 15, n. 4, p. 203-223, out./dez. 2015. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/ac/a/ZKqzKCDhhNTWHw6sFFMpd6w/?lang=pt>. Acesso em: 12 out. 2022.

BROCARD, F. L. M.; SCHEER, S. JUNIOR, G.M. **O Uso Da Modelagem Da Informação Da Construção 4d (Bim 4d) Em Projetos De Obras Militares**. RMCT. Programa de Pós-graduação em Engenharia de Construção Civil (PPGECC), Universidade Federal do Paraná (UFPR), Curitiba – PR, Brasil. Instituto Militar de Engenharia (IME), V. 37, N 4, 2020. Disponível em: https://rmct.ime.eb.br/arquivos/RMCT_4_tri_2020/RMCT_49919.pdf#:~:text=RESUMO%3A%20O%20Ex%20C3%A9rcito%20Brasileiro%20%28EB%29%2C%20h%20C3%A1%20mais%20de,Obras%2C%20C3%B3rg%20C3%A3os%20p%20C3%BAblicos%20ou%20demais%20empresas%20do%20setor. Acesso em: 11 jan. 2023.

BROCARD, F. L. M.; SCHEER, S. **O Uso Da Modelagem Da Informação Da Construção 4d (Bim 4d) Em Projetos De Obras Militares**. Anais [do] 1o Simpósio Brasileiro de Tecnologia de Informação e Comunicação na Construção (SBTIC 2017) Fortaleza, CE: 2017. Disponível em: https://rmct.ime.eb.br/arquivos/RMCT_4_tri_2020/RMCT_49919.pdf#:~:text=RESUMO%3A%20O%20Ex%20C3%A9rcito%20Brasileiro%20%28EB%29%2C%20h%20C3%A1%20mais%20de,Obras%2C%20C3%B3rg%20C3%A3os%20p%20C3%BAblicos%20ou%20demais%20empresas%20do%20setor. Acesso em: 11 jan. 2023.

BULHÕES, I. R.; FORMOSO, C. T. **Desenvolvimento e aplicação de ferramentas gráficas para obras de habitação de interesse social**. In: I CONFERÊNCIA LATINO-AMERICANA DE CONSTRUÇÃO SUSTENTÁVEL / X ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 2004, São Paulo, SP. Proceedings... São Paulo, 2004, CD-ROM, 14p.

CALLEGARI, S. **Análise da compatibilização de projetos em três edifícios residenciais multifamiliares**. 2007. 160f. Dissertação (Programa de Pós graduação em Arquitetura e Urbanismo) - Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis, 2007. Disponível em: <https://repositorio.ufsc.br/xmlui/handle/123456789/89863>. Acesso em: 12 out. 2022.

CAMPESTRINI, T.F.; GARRIDO, M.C.; MENDES JUNIOR, R.; SCHEER, S. FREITAS, M. C. **Entendendo BIM**. 1a ed. Curitiba: Tiago Francisco Campestrini, 2015. 51 p. Disponível em: <https://www.campestrini.com.br/entendendobim>. Acesso em: 12 out. 2022.

CAMPESTRINI, T.F.; GARRIDO, M.C.; MENDES JUNIOR, R.; SCHEER, S. FREITAS, M. C. **Entendendo BIM**. 1a ed. Curitiba: Tiago Francisco Campestrini, 2015. 51 p. Disponível em: <https://www.campestrini.com.br/entendendobim>. Acesso em: 12 out. 2022.

CORRÊA, H. L.; GIANESI, I. G. N. **Just in time, MRP II e OPT: um enfoque estratégico**. São Paulo: Atlas, 1993, 183p. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/262910985_Just_in_Time_MRP_II_e_OPTUm_enfoque_estrategico. Acesso em: 13 dez. 2022.

DE MELO, A. C. V.; SOUZA, M. D. de. **Modelo para Plano de Execução BIM (PEB)**. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE QUALIDADE DO PROJETO, 7., 2021, Londrina. Anais... Londrina: PPU/UEL/UEM, 2021. p. xx-yy. Disponível em: <https://doi.org/xxxxxx/yyyy>. Acesso em: 29 out. 2022.

DE VRIES, F. M.; de BRUIJN, J.J. **Quality Management Process During: Rules And Actions Required/ Basic Considerations**. In: La Qualité Pour Les Usages Des Batiments a Travers Le Mond – Congres International, 11, Paris, 1999. Proceedings. Paris: Cib, 1989. v1. p11 – 20. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/gp/a/CQMhsr8GQh6yyHMRbfRYN3L/>. Acesso em: 12 out. 2022.

DIAS, Raul Pinheiro. **Planejamento BIM 4d e simulação construtiva em silos metálicos planos**. 2021. Dissertação (Mestrado em Inovações Tecnológicas) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Campo Mourão, 2021. Disponível em: <http://repositorio.utfpr.edu.br/jspui/handle/1/26631>. Acesso em: 20 jul. 2022.

EASTMAN, C. et al. **BIM Handbook: A Guide to Building Information Modeling for Owners, Managers, Designers, Engineers and Contractors**. [S.l.]: Wiley, 2008. ISBN 9780470185285.

EASTMAN, C.; TEICHOLZ, P.; SACKS, R.; LISTON, K. (2011) - **BIM Handbook: A Guide to Building Information Modeling for Owners, Managers, Designers, Engineers and Contractors**. Wiley. 2011. Disponível em: https://www.academia.edu/3183272/BIM_handbook_A_guide_to_building_information_modeling_for_owners_managers_designers_engineers_and_contractors. Acesso em: 12 out. 2022.

FERRÃO, Sillas Reinato. **Aplicação do sistema *just in time* em uma indústria de sinalização viária do interior de São Paulo**. 2015. 89 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Medianeira, 2015. Disponível em: <http://repositorio.utfpr.edu.br/jspui/handle/1/12917>. Acesso em: 13 dez. 2022.

FORMOSO, C. T. *et al.* **Planejamento e controle da produção em empresas de construção**. 2001. 50 f. Apostila da Disciplina de Edificações III - Departamento de Engenharia Civil, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre.

FORMOSO, C.T. **A Knowledge based framework for planning house building projects**. 2001. 327 f. Thesis submitted to the University of Salford for the degree of Doctor of Philosophy. 1991. Disponível em: <https://lume.ufrgs.br/bitstream/handle/10183/18667/000062556.pdf?sequence=1&isAllowed=y>. Acesso em: 30 out. 2022.

FUKAI, D. **4D CAD and Visualization in Construction**. 2005. Disponível em: <https://www.taylorfrancis.com/chapters/edit/10.1201/9780203971123-4/beyond-sphereland-4d-cad-construction-communications-dennis-fukai>. Acesso em: 08 out. 2022.

FUNDAÇÃO GETÚLIO VARGAS – FGV. **Portal FGV**. 2022. Disponível em: <https://portal.fgv.br/noticias/incc-m-julho-2022>. Acesso em: 10 out. 2022.

GHINATO, P. **Sistema Toyota de Produção: mais do que simplesmente *just-in-time***. Caxias do Sul: Editora da Universidade de Caxias do Sul, 1996, 175p. Disponível em:

https://explore.openaire.eu/search/publication?articleId=doi_dedup___::3007c4466352485c86c30317b1016b74. Acesso em: 13 dez. 2022.

GIL, A. C. **Como Elaborar Projetos de Pesquisa**. Disponível em: Minha Biblioteca, (7th edição). Grupo GEN, 2022. Acesso em: 14 dez. 2022.

GOMES, G.M.N.; PAULA, M.A.B. **Modelagem e análise dos processos de negócios em um escritório de projetos para a construção civil**. In: ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, 29., Salvador. Anais... Salvador: ENEGEP, 2009. p. 12. Disponível em: https://abepro.org.br/biblioteca/enegep2009_TN_STP_097_655_13862.pdf. Acesso em: 12 out. 2022.

GONÇALVES, B. M. **Projeto do sistema de produção de empreendimento residencial de alto padrão com o uso da modelagem BIM 4D**. 2018. 117 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Escola de Engenharia. Curso de Engenharia Civil. 2018. Disponível em: <https://lume.ufrgs.br/handle/10183/184575>. Acesso em: 13 dez. 2022.

HINES, Peter Arthur, Holweg, Matthias and Rich, Nicholas Leo 2004. **Learning to Evolve: A Review of Contemporary Lean Thinking**. *International Journal of Operations & Production Management* 24 (10), pp. 994-1011. Disponível em: <https://leanenterprise.org.uk/learning-to-evolve-a-review-of-contemporary-lean-thinking2004/#:~:text=Learning%20to%20Evolve%20%E2%80%93%20A%20Review%20of%20Contemporary,organisation%20and%20point%20out%20areas%20for%20ofuture%20research>. Acesso em: 13 dez. 2022.

INNOSKILLS. **Competências de Inovações para PMEs**. 2017. Disponível em: <https://docplayer.com.br/30122676-1-caracteristicas-e-tipos-de-inovacao.html>. Acesso em: 12 dez. 2022.

JACOSKI, C. A.; GRZEBIELUCHAS, T. Modelagem na Contratação de Projetos Utilizando os Conceitos de BPM – gerenciamento de processos de negócio. **Revista Produto & Produção**. Vol. 12, Nº 3, 2011. Disponível em: <https://seer.ufrgs.br/index.php/ProdutoProducao/article/view/9538>. Acesso em: 12 out. 2022.

JACOSKI, C. A.; GRZEBIELUCHAS, T. **Modelagem na Contratação de Projetos Utilizando os Conceitos de BPM** – gerenciamento de processos de negócio. *Revista Produto & Produção*, Porto Alegre, v. 12, n. 3, p. 29-37, out. 2011. Disponível em: <https://seer.ufrgs.br/index.php/ProdutoProducao/article/view/9538#:~:text=Foi%20tada%20a%20modelagem%20de%20processos%20para%20uma,etapas%20do%20processo%20de%20gest%C3%A3o%20de%20projetos%20contratados>. Acesso em: 12 out. 2022.

KACZOROWSKA, A. (2015). **Traditional and agile project management in public sector and ICT**. In *Computer Science and Information Systems (FedCSIS)*, 2015 Federated Conference on (pp. 1521-1531). IEEE. Disponível em: <https://www.semanticscholar.org/paper/Traditional-and-agile-project-management-in->

public Kaczorowska/e062bcd79d99d91b202cb7ef71cfc923af9ecece#citing-papers. Acesso em: 13 dez. 2022.

KEMMER, S.L. **Análise de diferentes tempos de ciclo na formulação de planos de ataque de edifícios de múltiplos pavimentos**. 2006. 136f. Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Santa Catarina, Centro Tecnológico. Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil. Florianópolis, 2006. Disponível em: <http://repositorio.ufsc.br/xmlui/handle/123456789/88797>. Acesso em: 12 out. 2022.

KEMMER, S.L. **Lean Construction | PCP + Takt Planning**. (Notas de aula). 2022. Curso Lean Construction | PCP + Takt Planning, SK Consultoria e Treinamento. Curitiba, 2022. Acesso em: 29 out. 2022.

KOSKELA, L. **An exploration towards a production theory and its application to construction**. 2000. 298 p. Doctor of Philosophy, Helsinki University of Technology, VTT Technical Research Centre of Finland, Espoo. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/35018344_An_Exploration_Towards_a_Production_Theory_and_its_Application_to_Construction. Acesso em: 10 out. 2022.

KOSKELA, L. **Application of the new production philosophy to construction**. Stanford, 1992. Stanford University, Centre for Integrated Facility Engineering, USA.. Technical Report n. 72. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/243781224_Application_of_the_New_Production_Philosophy_to_Construction. Acesso em: 10 out. 2022.

KUREK, J.; PANDOLFO, L. M.; PANDOLFO, A.; RINTZEL, R.; TAGLIARI, L.; Implantação dos princípios da Construção Enxuta em uma empresa construtora. **Revista de Arquitetura da IMED**. Vol. 2, Nº.1, 2013, p. 20-36. Disponível em: <http://www.bibliotekevirtual.org/index.php/2013-02-07-03-02-35/2013-02-07-03-03-11/1053-arqimed/v02n01/10980-implantacao-dos-principios-da-construcao-enxuta-em-uma-empresa-construtora.html>. Acesso em: 12 out. 2022.

LANDIM, G.L.; JUNIOR, F. A. A. P.; NETO, J. P. B.; LIMA, M. M. X.; Implementação conjunta de Lean Construction e BIM – Revisão Sistemática de Literatura. Trabalho apresentado em: XIX ENTAC – **Encontro Nacional de Tecnologia Do Ambiente Construído**, Canela, 2022. Disponível em: <file:///C:/Users/2019/Downloads/entac-2022-paper-997.pdf>. Acesso em: 12 dez. 2022.

LAUDON, K. C. & LAUDON, J. P. **Sistemas de informação gerenciais**. 9a ed. São Paulo: Pearson Education, 2011. Disponível em: <http://www.petry.pro.br/arquivos/LIVRO%20-%20SI%20gerenciais.pdf>. Acesso em: 12 de abril de 2018.

LAUDON, K. C.; LAUDON, J. P. **Sistemas de informação gerenciais**. 9a ed. São Paulo: Pearson Education, 2011. Disponível em: <http://www.petry.pro.br/arquivos/LIVRO%20-%20SI%20gerenciais.pdf>. Acesso em: 12 abr. 2018.

LAUFER, A.; TUCKER, R. L. **Is construction planning really doing its job? A critical examination of focus, role and process**. Construction Management and

Economics, London, n. 5, p. 243-266, 1987. Disponível em: <https://www.tandfonline.com/doi/epdf/10.1080/01446198700000023?needAccess=true>. Acesso em: 30 out. 2022.

LIMMER, C. V. **Planejamento, orçamentação e controle de projetos e obras**. Rio de Janeiro, RJ: Livros Técnicos e Científicos, 1997. ISBN 9788521610847.

MAGALHÃES, C. R. . **Panorama BIM: Visões e reflexões da adoção pela indústria da construção civil brasileira**. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE TECNOLOGIA DA INFORMAÇÃO E COMUNICAÇÃO NA CONSTRUÇÃO, 2., 2019. Anais [...]. Porto Alegre: ANTAC, 2019. p. 1–6. DOI: 10.46421/sbtic.v2i00.203. Disponível em: <https://eventos.antac.org.br/index.php/sbtic/article/view/203>. Acesso em: 11 jan. 2023.

MATOS, C. R. **Método para planejamento e controle da produção baseado em zonas de trabalho e BIM**. 2018. 180 f. Dissertação (Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil: Construção e Infraestrutura) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2018. Disponível em: <https://repositorio.unb.br/handle/10482/20398>. Acesso em: 29 out. 2021.

MELHADO, S. B. **Coordenação de projeto de edificações**. São Paulo: Editora O Nome da Rosa, 2005. Disponível em: <https://repositorio.usp.br/item/001742231>. Acesso em: 08 out. 2022.

MELO, M. Análise da abordagem ágil- enxuto no gerenciamento de projetos na indústria da construção civil. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL DE GESTÃO DE PROJETOS, INOVAÇÃO E SUSTENTABILIDADE. São Paulo. **Anais...** São Paulo: V SINGEP, 2016. Disponível em: <https://www.singep.org.br/5singep/resultado/591.pdf>. Acesso em: 13 dez. 2022.

MENDES JUNIOR, R.; SCHEER, S.; GARRIDO, M. C.; CAMPESTRINI, T. F. Integração da Modelagem da Informação da Construção (BIM) com o planejamento e controle da produção. Trabalho apresentado em: XV ENTAC – **Encontro Tecnologia Do Ambiente Construído**, Maceió, 2014. Disponível em: http://www.infohab.org.br/entac2014/artigos/paper_455.pdf. Acesso em: 12 out. 2022.

MIGILINKAS, M.; POPOV, V.; JUOCEVICIUS, V.; USTINOVICHUS, L. **The Benefits, Obstacles and Problems of Practical Bim Implementation**. In: 11th International Conference on Modern Building Materials, Structures and Techniques, MBMST. Vilnius, Lithuania, 2013. Disponível em: <https://www.elsevier.com/books-and-journals/procedia>. Acesso em: 12 out. 2022.

MONDEN, Yasuhiro. Sistema Toyota de Produção. Disponível em: Minha Biblioteca, (4th edição). Grupo A, 2015. Disponível em: <https://integrada.minhabiblioteca.com.br/reader/books/9788582602164/pageid/42>. Acesso em: 13 dez. 2022.

MONTEIRO FILHA, Dulce GHINATO; COSTA, Ana Cristina Rodrigues da; ROCHA, Érico Rial Pinto da. **Perspectivas e desafios para inovar na construção civil**.

BNDES Setorial, Rio de Janeiro, n. 31, p. 353-410, mar. 2010. Disponível em: <https://web.bndes.gov.br/bib/jspui/handle/1408/4522> (13-12). Acesso em: 26 dez. 2022.

MORAIS JUNIOR, Nivaldo Pereira de. **Melhoria do processo de gestão da construção civil com uso da disciplina BPM**. 2014. 169 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia) - Pontifícia Universidade Católica de Goiás, Goiânia, 2014. Disponível em: <https://www.semanticscholar.org/paper/MELHORIA-DO-PROCESSO-DE-GEST%C3%83O-DA-CONSTRU%C3%87%C3%83O-CIVIL-J%C3%BAnior/26d3440211bbb5fac098b7a2063c23f6fb96a2b7>. Acesso em: 12 out. 2022.

MOREIRA, A. M. e OSTERMANN, F. **Sobre o ensino do método científico**. 1993. Disponível em: <https://lume.ufrgs.br/bitstream/handle/10183/85011/000220127.pdf?sequence=1>. Acesso em: 14 dez. 2022.

MORGAN, James, M. e Jeffrey K. Liker. **Sistema Toyota de Desenvolvimento de Produto**. Disponível em: Minha Biblioteca, Grupo A, 2008. <https://integrada.minhabiblioteca.com.br/reader/books/9788577803651/pageid/33>. Acesso em: 13 dez. 2022.

MORGAN, T. **Toyota Production System: Beyond Large Scale Production**. Porto Alegre: Bookman, 1988, 124p.

MOUNT, J., ZINGER, J.T., FORSYTH, G.R. **Organizing for development in the small business. Long Range Planning**, v.26, n.5, p.111-120, 1993. Disponível em: <https://lume.ufrgs.br/bitstream/handle/10183/2380/000273279.pdf?sequence=1>. Acesso em: 29 out. 2022.

MOURA, R. de S. L. M.; HEINECK, L. F. M. **Linha de balanço – síntese dos princípios de produção enxuta aplicados à programação de Obras**. Trabalho apresentado em: XV Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído, Maceió, 2014. Disponível em: https://repositorio.ufc.br/bitstream/riufc/57710/1/2014_eve_rslmmoura.pdf. Acesso em: 29 out. 2022.

NATIONAL BIM LIBRARY. **What is Building Information Modelling (BIM)?** 2021. Disponível em: <https://www.thenbs.com/knowledge/what-is-building-information-modelling-bim#:text=by%20NBS,aspect%20of%20the%20built%20asset>. Acesso em: 20 abr. 2022.

OCDE. **The Measurement of Scientific and Technological Activities: Guidelines for Collecting and Interpreting Technological Innovation Data** : Oslo Manual. OECD, 2005. ISBN 9789264013087. Disponível em: <https://books.google.com.br/books?id=QEiixwEACAAJ>. Acesso em: 12 dez. 2022.

OHNO, T. **O sistema Toyota de produção: além da produção em larga escala**. Porto Alegre: Bookman, 1997, 149p.

OLIVEIRA, C. H.; JÚNIOR, N. P. M. ; LIMA, E. A. de. **Avaliação de Metodologia para Implementação do BPM**. In: ESCOLA REGIONAL DE INFORMÁTICA DE

GOIÁS (ERI-GO). 2018, Goiânia. Anais [...]. Porto Alegre: Sociedade Brasileira de Computação, 2018. p. 253-262. Disponível em: <https://sol.sbc.org.br/index.php/erigo/article/view/7144>. Acesso em: 13 jan. 2023.

PREVISION. **Blog Prevision**. 2022. Disponível em: <https://www.prevision.com.br/blog>. Acesso em: 10 out. 2022.

PROJECT MANAGEMENT INSTITUTE – PMI. **GUIA PMBOK – Guia do Conhecimento em Gerenciamento de Projetos**, 5. ed. EUA: PMI, 2013.

RECK, R.H. FORMOSO, C.T. Avaliação da aplicação do índice de boas práticas de planejamento em empresas construtoras da região metropolitana de Porto Alegre. Trabalho apresentado em: XII ENTAC – **Encontro Tecnologia Do Ambiente Construído**, Canela, 2010. Disponível em: <https://www.lume.ufrgs.br/handle/10183/44980?show=full>. Acesso em: 12 out. 2022.

RECK, R.H. **Lean Construction: Longo prazo e a linha de balanço**. (Notas de aula). Curso Lean Construction, Climb Consulting Group. Porto Alegre, 2022. Acesso em: 29 out. 2022.

SACKS, R., Koskela, L., Dave, B. A., Owen, R., 2010. **Interaction of Lean and Building Information Modeling in Construction**. Journal of Construction Engineering and Management, 136 (9). pp. 968-980. ISSN 0733-9364. Disponível em: <https://ascelibrary.org/doi/epdf/10.1061/%28ASCE%29CO.1943-7862.0000203>. Acesso em: 26 fev. 2022.

SAN MARTIN, A. P. **Método de avaliação de tecnologias de edificação para a habitação de interesse social sob o ponto de vista da gestão dos processos de produção**. 1999. 140p. Dissertação (Mestrado em Engenharia) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Porto Alegre. Disponível em: <https://lume.ufrgs.br/bitstream/handle/10183/34860/000282789.pdf?sequence=1&isAllowed=y>. Acesso em: 22 dez. 2022.

SANTOS, A. **Application of flow principles in the production management of construction sites**. October 1999. 463p. Doctor of Philosophy, The University of Salford, Salford. Disponível em: <https://usir.salford.ac.uk/id/eprint/2231/1/313930.pdf>. Acesso em: 22 dez. 2022.

SCHENATTO, R. T. **Building information modeling: classificação de informação da construção para o planejamento e controle da produção**. 2015. 102 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Escola de Engenharia. Curso de Engenharia Civil. 2015. Disponível em: <https://www.lume.ufrgs.br/handle/10183/138351>. Acesso em: 13 dez. 2022.

SCHRAMM, F. K. **O Projeto do Sistema de Produção na Gestão de Empreendimentos Habitacionais de Interesse Social**. 2004. 177 f. Dissertação (Mestre em Engenharia) - Pós-Graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/228819298_O_projeto_do_sistema_de_pro

ducao_na_gestao_de_empresendimentos_habitacionais_de_interesse_social.
Acesso em: 29 out. 2022.

SCHRAMM, F. K.; COSTA, D. B.; FORMOSO, C. T. O Projeto do Sistema de Produção na Gestão de Empreendimentos Habitacionais de Interesse Social. **Ambiente Construído**, Porto Alegre, v. 6, n. 2, p. 59-74, abr./jun. 2006. Disponível em: <https://seer.ufrgs.br/index.php/ambienteconstruido/article/view/3687>. Acesso em: 12 out. 2022.

SCHUMPETER, J.A. **A teoria do desenvolvimento econômico**. São Paulo: Nova Cultural, 1988. Disponível em: <https://pt.scribd.com/doc/242527017/Joseph-Schumpeter-Teoria-Do-Desenvolvimento-Economico-1911-pdf>. Acesso em: 12 out. 2022.

SEBRAE. **Anuário do trabalho na micro e pequena empresa 2013**, p. 17. Disponível em: www.sebrae.com.br/Sebrae/Portal%20Sebrae/Anexos/Anuario%20do%20Trabalho%20Na%20Micro%20e%20Pequena%20Empresa_2013.pdf. Acesso em: 13 jan. 2023.

SEBRAE. **Lean Construction: Diretrizes e Ferramentas para o Controle de Perdas na Construção Civil**. 2000. 177 f.

Shingo, Shigeo. **O sistema Toyota de produção: do ponto de vista da engenharia de produção**. Disponível em: Minha Biblioteca, Grupo A, 1996. <https://integrada.minhabiblioteca.com.br/reader/books/9788577800995/pageid/0>. Acesso em: 13 dez. 2022.

SILVA, P. H. da; CRIPPA, J; SCHEER, S. BIM 4D no planejamento de obras: detalhamento, benefícios e dificuldades. **PARC Pesquisa em Arquitetura e Construção**, Campinas, SP, v. 10, p. e019010, fev. 2019. ISSN 1980-6809. Disponível em: <https://periodicos.sbu.unicamp.br/ojs/index.php/parc/article/view/8650258>. Acesso em: 26 fev. 2019.

SILVA, P.H.; CRIPPA, J; SCHEER, S. **BIM 4D no planejamento de obras: detalhamento, benefícios e dificuldades**. PARC Pesquisa em Arquitetura e Construção, Campinas, SP, v. 10, p. e019010, fev. 2019. ISSN 1980-6809. Disponível em: <https://periodicos.sbu.unicamp.br/ojs/index.php/parc/article/view/8650258>. Acesso em: 26 fev. 2019.

SLACK, N. et al. **Administração da Produção**. São Paulo: Atlas, 1997, 726p.
Slack, Nigel, et al. **Administração da Produção**, 8ª edição. Disponível em: Minha Biblioteca, Grupo GEN, 2018. [https://integrada.minhabiblioteca.com.br/reader/books/9788597015386/epubcfi/6/2\[%3Bvnd.vst.idref%3Dcover\]!/4/2/2%4051:44](https://integrada.minhabiblioteca.com.br/reader/books/9788597015386/epubcfi/6/2[%3Bvnd.vst.idref%3Dcover]!/4/2/2%4051:44). Acesso em: 13 dez. 2022.

SOUZA, R. et. al. **Tendências da Construção Civil**: CTE. 2022. Disponível em: <https://materiais.cte.com.br/cte-e-book-tendencias-da-construcao-civil-2022>. Acesso em: 10 out. 2022.

Stare, A. (2013). **Agile project management—a future approach to the management of projects**. *Dynamic Relationships Management Journal*, 2(1), 21. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/284006096_Agile_project_management_a_future_approach_to_the_management_of_projects. Acesso em: 13 dez. 2022.

TIDD, J.; BESSANT, J.; PAVITT, K. **Gestão da Inovação**. Porto Alegre: Bookman, 2015.5. Disponível em: <https://integrada.minhabiblioteca.com.br/books/9788582603079>. Acesso em: 12 out. 2022.

TINOCO, C. C.; Uso da Metodologia Ágil em projetos voltados para a Construção Civil. **Revista Boletim do Gerenciamento**, N°.13, 2020, p. 2-8. Disponível em: www.nppg.org.br/revistas/boletimdogerenciamento. Acesso em: 12 out. 2022.

TOLEDO, G. M.; NEVES, J. M. de S. Uso do mapeamento de processos para melhoria da dimensão custo: estudo de caso em empresa da construção civil. **Revista de Tecnologias**, v. 13, n. 2 (2020). Disponível em: <https://www.fatecourinhos.edu.br/retec/index.php/retec/article/view/380>. Acesso em: 13 jan. 2023.

VARGAS, F. B. **O uso do BIM na fiscalização de obras públicas**. 2016. xv, 116 f., il. Dissertação (Mestrado em Estruturas e Construção Civil) - Universidade de Brasília, Brasília, 2016. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/ac/a/RdqkWWNHgWy5hdSLVrLknQj/?lang=pt>. Acesso em: 29 out. 2021.

VARGAS, Ricardo Viana. **Gerenciamento de projetos: estabelecendo diferenciais competitivos**. 7. ed. Rio de Janeiro: Brasport, 2009. Disponível em: <https://www.passeidireto.com/arquivo/6636341/gerenciamento-de-projetos---ricardo-vargas>. Acesso em: 13 dez. 2017.

VASCONCELOS, I. **Banco de dados: CBIC**. 2022. Disponível em: <https://cbic.org.br/wp-content/uploads/2022/04/desempenho-const-civil-1o-tri-2022-final-final.pdf>. Acesso em: 30 mar. 2022.

VILLASCHI, F. S. **Revit**. 2020. 50 f. Apostila da Disciplina de Revit – Master BIM, Instituto de Pós Graduação e Graduação (IPOG), Curitiba.

WELLS, H., Dalcher, D., & Smyth, H. **The adoption of agile management practices in a traditional project environment: An IT/IS Case Study**. In *System Sciences (HICSS)*, 2015 48th Hawaii International Conference on (pp. 4446-4453). Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/283782214_The_Adoption_of_Agile_Management_Practices_in_a_Traditional_Project_Environment_An_ITIS_Case_Study. Acesso em: 13 dez. 2022.

WOMACK, J. P., & Jones, D. T. **Lean thinking: Banish waste and create wealth in your organization**. Free Press, Detroit, Mich. 2003. Disponível em:

https://www.researchgate.net/publication/200657172_Lean_Thinking_Banish_Waste_and_Create_Wealth_in_Your_Corporation. Acesso em: 13 jan. 2022.

WOMACK, J. P.; JONES, D. T.; ROOS, D. **A máquina que mudou o mundo**. Rio de Janeiro: Editora Campus Ltda, 1992, 347p.