

JOÃO PEDRO FINKLER D'AMICO

**PROCESSO DE PLANEJAMENTO E CONTROLE DE EMPREENDIMENTOS
INDUSTRIAIS**

São Paulo
2022

JOÃO PEDRO FINKLER D`AMICO

**PROCESSO DE PLANEJAMENTO E CONTROLE DE EMPREENDIMENTOS
INDUSTRIAIS**

Versão Original

Monografia apresentada à Escola
Politécnica da Universidade de São Paulo,
para obtenção do título de Especialista em
Gestão de Projetos na Construção

São Paulo
2022

Nome: D'AMICO, João Pedro Finkler

Título: Processo de planejamento e controle de empreendimentos industriais.

Monografia apresentada à Escola Politécnica da Universidade de São Paulo para obtenção do título de Especialista em Gestão de Projetos na Construção.

Aprovado em:

Banca Examinadora

Prof (a). Dr (a). _____
Instituição: _____
Julgamento: _____

Prof (a). Dr (a). _____
Instituição: _____
Julgamento: _____

Prof (a). Dr (a). _____
Instituição: _____
Julgamento: _____

JOÃO PEDRO FINKLER D`AMICO

**PROCESSO DE PLANEJAMENTO E CONTROLE DE EMPREENDIMENTOS
INDUSTRIAIS**

Versão Original

Monografia apresentada à Escola
Politécnica da Universidade de São Paulo,
para obtenção do título de Especialista em
Gestão de Projetos na Construção

Área de Concentração: Gestão de Projetos
na Construção

Orientador: Prof^a. Dr^a. Flávia Rodrigues de
Souza

São Paulo
2022

Catálogo-na-publicação

D'Amico, João
PROCESSO DE PLANEJAMENTO E CONTROLE DE
EMPREENDIMENTOS INDUSTRIAIS / J. D'Amico -- São Paulo, 2022.
115 p.

Monografia (Especialização em Gestão de Projetos na Construção) - Escola
Politécnica da Universidade de São Paulo. Poli-Integra.

Volte e preencha o campo Assunto! Universidade de São Paulo. Escola
Politécnica. Poli-Integra II.t.

AGRADECIMENTOS

Em primeiro lugar, agradeço à Professora Flávia Rodrigues de Souza, pela orientação, por acreditar no potencial do trabalho, por me inspirar e me incentivar em todas as iniciativas desta pesquisa e da minha vida profissional. Sua dedicação incansável para que esta monografia represente o melhor de mim e da minha experiência é um exemplo a ser seguido.

Aos meus pais, pelo amor, pelos cuidados, pelo tempo e pelos ensinamentos dedicados à minha criação que me ajudaram a chegar até aqui. Obrigado por acreditarem em mim e, ao mesmo tempo, por serem os meus maiores críticos.

Ao amor da minha vida Simone, pelo cuidado, pelo incentivo e, sobretudo, pela paciência. Obrigado por confiar e defender seus valores e princípios, e por nunca deixar que eu desistisse das coisas que eram importantes para mim. Por estar ao meu lado, me ajudando a crescer como profissional, marido e pai, e me mostrando o lado bom da vida.

Ao meu projeto mais importante, minha querida filha Amanda, por compreender a importância desta etapa da minha vida e por aceitar as inúmeras noites de ausência em função da jornada acadêmica.

Por fim, agradeço à coordenação e à equipe do curso de especialização em Gestão de Projetos na Construção, em especial ao Edson, um ser humano ímpar, que representa os princípios que sustentam essa instituição.

RESUMO

D' AMICO, João Pedro. 2022. 115 p. **Processo de planejamento e controle de empreendimentos industriais**. Monografia (Especialização em Gestão de Projetos na Construção) – Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2022

Os serviços de alto valor agregado, como pesquisas científicas, design, logística e marketing são viabilizados pela indústria nacional. Tanto o setor de comércio e serviços quanto o setor agrícola dependem de uma indústria forte. Soma-se a este fato, o cenário de incertezas políticas e econômicas que impactaram a indústria nos últimos anos e que a obrigou a reestruturar e revisar seus processos, a fim de garantir sua sobrevivência e agregar valor ao mercado. Neste contexto, a construção civil surge, com a finalidade de reduzir as incertezas presentes no desenvolvimento de empreendimentos industriais, assegurando, assim, a competitividade e a lucratividade. Desta forma, este trabalho tem como objetivo propor recomendações para o processo de planejamento e controle de obras industriais com o auxílio da metodologia BIM e com foco no 4D, com o intuito de direcionar profissionais que pretendem aplicar uma gestão do tempo eficaz em seus empreendimentos. Esta pesquisa se enquadra em um estudo qualitativo, pois busca aprofundar a compreensão do fenômeno por meio de descrições que não podem ser quantificadas, centrando-se no entendimento e na explicação de um fenômeno social. A pesquisa foi dividida em três etapas: revisão bibliográfica, estudo de caso e proposição das recomendações. As principais contribuições do trabalho são as próprias recomendações; expor o distanciamento entre as técnicas de planejamento e controle e as soluções de 4D; e a identificação das principais barreiras para sua implantação.

Palavras-chave: Gestão de projetos. Planejamento. Construção civil.
Empreendimentos Industriais. BIM. 4D.

ABSTRACT

Services with high added value, such as scientific research, design, logistics and marketing are made possible because of the national industry. Both the trade and services sectors, as well the agricultural sector depend on a strong industry. Added to this fact, the scenario of political and economic uncertainties has impacted the industry in recent years and has forced it to restructure itself and review its processes in order to guarantee its survival and add value to the market. In this context, civil construction appears with the purpose of reducing the uncertainties present in the development of industrial enterprises, thus ensuring competitiveness and profitability. In this way, this work aims to propose recommendations for the process of planning and controlling of industrial construction works with the help of the BIM Methodology with a focus on 4D, in order to guide professionals who intend to apply effective time management in their projects. This research is part of a qualitative study, as it seeks to deepen the understanding of the phenomenon through descriptions that cannot be quantified, focusing on the understanding and explanation of a social phenomenon. The research was divided into three stages: literature review, case study and proposition of recommendations. The main contributions of the work are the recommendations themselves, exposing the existing gap dividing planning and control techniques from 4D solutions, as well as the identification of the main barriers to their implementation.

Keywords: Project management. Planning. Civil Construction. Industrial Enterprises. BIM. 4D.

LISTA DE FIGURAS

| | |
|---|----|
| Figura 1 – Sequenciamento as fases aplicadas na pesquisa..... | 24 |
| Figura 2 – Modelo conceitual | 81 |

LISTA DE TABELAS

| | |
|---|----|
| Tabela 1 – <i>Ranking</i> das dez principais causas de atraso de obras no Brasil..... | 22 |
|---|----|

LISTA DE QUADROS

| | |
|---|----|
| Quadro 1 – Plataformas e ferramentas 4D..... | 39 |
| Quadro 2 – Profissionais da empresa estudada..... | 47 |
| Quadro 3 – Táticas envolvidas no estudo de caso..... | 49 |
| Quadro 4 – Bloco em relação ao perfil do entrevistado..... | 57 |
| Quadro 5 – Aferição dos conceitos e boas práticas adotadas pela organização | 67 |
| Quadro 6 – Oportunidades da modelagem 4D em cada fase | 70 |
| Quadro 7 – Processo de planejamento e controle da produção ideal..... | 72 |
| Quadro 8 – Processo de planejamento e controle da produção vigente | 76 |
| Quadro 9 – Potencialidades apontadas em cada estudo de caso..... | 78 |
| Quadro 10 – Barreiras apontadas em cada estudo de caso | 79 |
| Quadro 11 – Aferição dos conceitos e boas práticas adotadas pela organização no que concerne à modelagem 4D | 80 |
| Quadro 12 – Soluções 4D e técnicas de planejamento para a fase de detalhamento do projeto | 84 |
| Quadro 13 – Produtos das etapas de concepção e definição | 85 |
| Quadro 14 – Avaliação 4D, aplicação na etapa de projeto e avaliações quanto à associação entre técnica e solução..... | 88 |
| Quadro 15 – Produtos da etapa de detalhamento do produto | 89 |
| Quadro 16 – Associação entre a técnica e a solução 4D..... | 91 |
| Quadro 17 – Produtos da etapa de construção..... | 92 |

LISTA DE SIGLAS E ABREVIATURAS

| | |
|------|---|
| AEC | Arquitetura, Engenharia, Construção |
| AECO | Arquitetura, Engenharia, Construção e Operação |
| BFB | BIM Fórum Brasil |
| CBIC | Câmara Brasileira da Indústria da Construção |
| CNI | Confederação Nacional da Indústria |
| CPM | Critical Path Method |
| EAP | Estrutura Analítica de Projeto |
| GSA | U.S. General Services Administration |
| IBGE | Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística |
| LBMS | Location-Based Management System |
| LOD | Level of Development |
| PCP | Planejamento e Controle da Produção |
| PERT | Program Evaluation and Review Technique |
| PIB | Produto Interno Bruto |
| PMI | Project Management Institute |
| PPC | Porcentagem do Planejamento Concluído |
| PSP | Planejamento do Sistema de Produção |
| USP | Universidade de São Paulo |
| VDC | Virtual Design & Construction |

SUMÁRIO

| | |
|--|-----------|
| 1. INTRODUÇÃO | 21 |
| 1.1 CONTEXTUALIZAÇÃO..... | 21 |
| 1.2 OBJETIVOS | 23 |
| 1.3 MÉTODO DE PESQUISA | 24 |
| 1.4 JUSTIFICATIVA | 25 |
| 2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA | 28 |
| 2.1 PLANEJAMENTO E CONTROLE DE OBRAS..... | 28 |
| 2.2 PROCESSO DE PLANEJAMENTO..... | 28 |
| 2.3 DIMENSÕES DO PLANEJAMENTO E CONTROLE DA PRODUÇÃO..... | 30 |
| 2.3.1 Dimensão horizontal de planejamento..... | 30 |
| 2.3.2 Dimensão vertical de planejamento..... | 32 |
| 2.3.2.1 Planejamento de longo prazo..... | 32 |
| 2.3.2.2 Planejamento de médio prazo..... | 33 |
| 2.3.2.3 Planejamento de curto prazo..... | 33 |
| 2.4 MÉTODOS E TÉCNICAS DE PLANEJAMENTO..... | 33 |
| 2.4.1 Diagrama de redes..... | 33 |
| 2.4.2 Cronograma de barras..... | 34 |
| 2.4.3 Método da linha de balanço..... | 34 |
| 2.5 MODELAGEM 4D | 35 |
| 2.6 CASOS DE APLICAÇÃO DA MODELAGEM 4D | 40 |
| 2.6.1 Dubai <i>Arena Project</i>..... | 41 |
| 2.6.2 Aeroporto Internacional de Santiago (Chile) | 42 |
| 2.6.3 Projeto do hospital Al-Najaf Iraque | 44 |
| 3. PESQUISA DE CAMPO | 46 |
| 3.1 ESTUDO DE CASO | 46 |
| 3.1.1. Protocolo | 47 |
| 3.1.2. Critérios adotados para garantir a qualidade do estudo de caso (Quadro Resumo) | 48 |
| 3.1.3. Análise das evidências do estudo de caso | 50 |
| 3.2 RELATO DO ESTUDO DE CASO..... | 51 |

| | |
|---|----|
| 3.2.1. Relato da observação por parte do autor | 51 |
| 3.2.2. Entrevistas | 56 |
| 3.2.3. Coleta dos dados | 57 |
| 3.2.3.1. Coordenador de Projetos | 57 |
| 3.2.3.2. Gerente de Planejamento | 59 |
| 3.2.3.3. Engenheiro de Planejamento | 60 |
| 3.2.3.4. Consultor | 61 |
| 3.2.4. Análises comparativas | 62 |
| 3.2.4.1. Processo de projeto | 62 |
| 3.2.4.2. Building Information Modelling (BIM) | 62 |
| 3.2.4.3. Processo de planejamento e controle | 63 |
| 3.2.4.4. Modelagem 4D | 63 |
| 3.2.5. Análise crítica da observação por parte do autor versus o referencial teórico | 64 |
| 3.2.6. Análise crítica da modelagem 4D do relato versus o referencial teórico | 69 |
| 4. DISCUSSÃO DAS PRÁTICAS DE PLANEJAMENTO E CONTROLE NA CONSTRUÇÃO INDUSTRIAL | 81 |
| 5. CONSIDERAÇÕES FINAIS | 93 |
| REFERÊNCIAS | 96 |

1. INTRODUÇÃO

1.1 CONTEXTUALIZAÇÃO

Segundo dados da Confederação Nacional da Indústria (CNI, 2022), historicamente, a Indústria da Construção ocupa uma posição de prestígio em relação às demais atividades, sendo responsável em 2021 por uma participação de 13,3% no PIB industrial.

Embora a representatividade dos empreendimentos construídos pelo mercado imobiliário representou a maior parcela do PIB da Indústria da Construção no ano de 2021 (24,9%), as edificações industriais representam 10,6% do PIB da Construção Civil (IBGE,2022). Nesse sentido, pesquisas sobre os empreendimentos industriais assumem particular relevância no contexto da produção global da indústria brasileira, independente da sua representatividade no PIB da Construção Civil.

De acordo com Zancul e Ferreira (2014), dentre os pontos levantados sobre a investigação à respeito da produtividade na Indústria da Construção Civil, o planejamento da execução do empreendimento foi considerado primordial para alavancar a produtividade, pois envolve a programação da necessidade de recursos e de materiais em diferentes horizontes de tempo (no curto, médio e longo prazo), os processos estruturados de atualização do planejamento conforme a execução e o escritório integrado de gestão de projetos e aplicação de *softwares* BIM (ZANCUL; FERREIRA, 2014).

No que se refere aos métodos e tecnologias que potencializam à produtividade do setor, um estudo realizado ao longo de 2018 pela Câmara Brasileira da Indústria da Construção (CBIC), em parceria com o Serviço Nacional de Aprendizagem Industrial (Senai), que contou com a participação de aproximadamente, 917 profissionais do universo da Arquitetura, Engenharia, Construção e Operação (AECO), buscou levantar o nível de adoção do BIM no mercado brasileiro. Dentre os diversos aspectos que envolveram a iniciativa, um em especial merece destaque: o cumprimento do prazo de obras. Analisando os dados disponibilizados, é possível notar que 61,5% das obras terminam fora do prazo planejado (CBIC,2018).

Melhado e De Filippi (2015) se propuseram a elencar as principais causas de atraso das obras no Brasil. Como resultado da pesquisa, foram identificados os dez motivos mais citados pelo não cumprimento do prazo na entrega de uma obra, sendo que o planejamento do projeto malfeito ou a programação dos serviços ineficazes aparecem em primeiro lugar. O *ranking* desses e demais fatores são apresentados a seguir, na Tabela 1.

| Ranking | Freq. | Nota Média | Descrição das causas de atraso mais frequentes | Grupo |
|----------------|--------------|-------------------|--|--------------|
| 1º | 73% | 5,2 | Planejamento do projeto malfeito ou programação de serviços ineficazes | 5 |
| 2º | 60% | 4,3 | Dificuldades financeiras do empreiteiro (limitações de fluxo de caixa) | 5 |
| 3º | 53% | 3,7 | Atraso nos pagamentos ou medições dos empreiteiros pelo proprietário | 2 |
| 4º | 53% | 3,1 | Má gestão/supervisão (organização da equipe) no local de trabalho (canteiro) | 5 |
| 5º | 53% | 2,8 | Alterações de escopo (contrato) pelo empreendedor durante a construção | 2 |
| 6º | 33% | 1,8 | Demora na tomada de decisão pelo empreendedor | 2 |
| 7º | 27% | 2,5 | Inexperiência do contratado (ou trabalho inadequado dele) | 5 |
| 8º | 27% | 1,7 | Atraso na preparação/aprovação de desenhos ou especificações de projeto | 3 |
| 9º | 27% | 1,5 | Atrasos nos trabalhos de subempreiteiros (terceiros) | 5 |
| 10º | 27% | 1,3 | Mão de obra não qualificada | 7 |

Tabela 1 – *Ranking* das dez principais causas de atraso de obras no Brasil
Fonte: Melhado e De Filippi (2015)

O BIM Fórum Brasil (BFB) em 2022 aplicou uma pesquisa com o intuito de avaliar a maturidade digital dos profissionais da arquitetura na construção, considerando o cenário atual, para propor os caminhos para transformação digital e otimização dos processos, ferramentas e técnicas de trabalho. O universo coletado de respostas foi de 5693, das quais 5417 foram consideradas válidas para a análise.

Em relação aos processos e tecnologias digitais foi possível identificar, no que diz respeito, a organização do processo de trabalho que 64% dos profissionais não fazem o uso de nenhuma ferramenta ou metodologia voltada a orientar o planejamento das atividades. Outro dado relevante está relacionado com o prazo e

orçamento dos projetos. Segundo os dados disponibilizados 37,8% dos empreendimentos ultrapassam o prazo original e 34,1% superam o orçamento original (BFB,2022).

Saini e Mhaske (2013) acreditam que existe uma escassez de investimentos tecnológicos no segmento da construção para aprimorar a qualidade das informações responsáveis por alimentar os projetos e os processos de planejamento e controle da produção. Os autores entendem que o uso da Modelagem da Informação da Construção pode ser uma solução tecnológica para tais problemas.

A modelagem 4D é resultado da integração dos modelos 3D com a variável tempo. Para Brito e Ferreira (2015), essa associação converge para cronogramas mais precisos e com maior controle de prazos devido às conexões oriundas das dimensões espaciais com o tempo promovidas pela visualização em modelos 3D e simulação da sequência construtiva da obra, que possibilitam a confiabilidade dos cronogramas e a melhoria da gestão da comunicação.

Frente aos dados apresentados, nota-se que um processo de planejamento conciso e bem estruturado consegue proporcionar resultados relevantes na construção civil; no entanto, aplicação da modelagem 4D como subsídio ao processo de planejamento e controle de obras ainda não representa uma prática extensiva na indústria da construção civil brasileira em função, entre outros, da falta de conhecimento em relação à metodologia BIM (BEDIN,2020).

1.2 OBJETIVOS

Diante da relevância do processo de planejamento e controle de obras, aliado ao processo de transformação digital pela qual a indústria da Construção Civil brasileira vem passando, esta monografia tem como objetivo discutir as práticas de planejamento e controle de um projeto industrial. O BIM 4D foi aplicado no contexto do empreendimento.

Cabe ressaltar que o autor deste trabalho atuou profissionalmente no empreendimento Estudo de Caso desta pesquisa.

1.3 MÉTODO DE PESQUISA

A pesquisa aqui apresentada é de natureza aplicada e qualitativa, uma vez que busca aprofundar a compreensão de um fenômeno social por meio de um Estudo de Caso. A Figura 1 traz o fluxo metodológico da pesquisa, incluindo a Revisão Bibliográfica, Estudo de Caso e a proposição das recomendações. Segundo Yin (2001), o Estudo de Caso contribui para a compreensão dos fenômenos individuais, organizacionais, sociais e políticos. Corroborando com o autor, este estudo contempla exatamente esse viés; por meio da pesquisa qualitativa, o estudo de caso escolhido visa expor as ações adotadas pelos participantes ao longo do processo de planejamento de um empreendimento industrial.

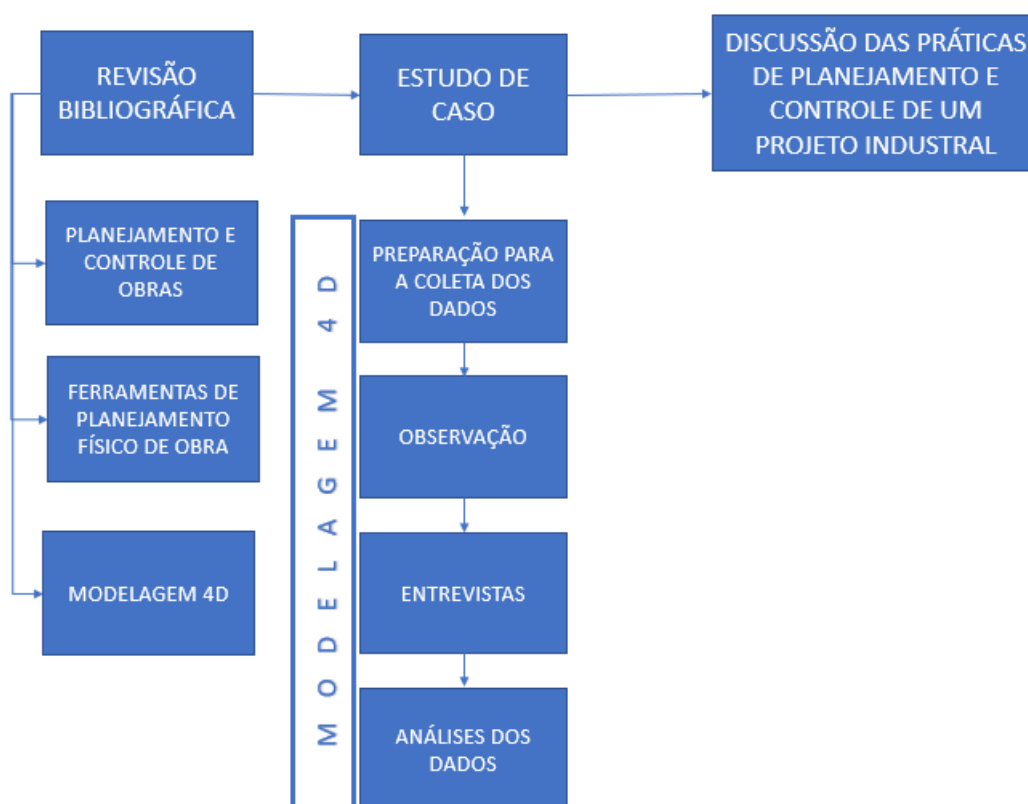


Figura 1 – Sequenciamento das fases aplicadas na pesquisa

No que concerne ao referencial teórico, seu objetivo pauta-se em uma revisão bibliográfica cujo objeto de estudo central são as técnicas de planejamento e

controle da produção, contemplando ainda literaturas e casos alusivos ao BIM 4D com a finalidade de embasar o tema proposto pelo trabalho em questão.

Posteriormente, executou-se o estudo de caso com o intuito de compreender o nível de maturidade dos envolvidos na construção do empreendimento quanto ao tema de planejamento e controle. O processo foi estruturado em quatro etapas, sendo: preparação do processo, relato da observação, coleta de dados e análises.

A preparação do processo contou com o desenvolvimento do protocolo, seguindo as orientações de Yin (2001), assim como os critérios para garantir a qualidade do estudo de caso.

O ponto de partida do relato foi a observação realizada pelo autor durante o período de atuação no projeto. No segundo momento, foi desenvolvida a estruturação do questionário para entrevistas com os profissionais da área de planejamento de controle da empresa em que o estudo de caso foi realizado para que na sequência, os dados pudessem ser coletados. E por fim, de posse dos dados foram realizadas análises comparativas tendo como eixos analíticos, as seguintes áreas: processo de projeto; BIM; processo de planejamento e controle e modelagem 4D.

Para finalizar o estudo de caso, realizou-se as análises críticas, tendo como direcionador o relato versus o referencial teórico e a modelagem 4D do relato versus o referencial teórico.

Decorrida a fase do estudo de caso e de conhecimento das informações foi elaborado a estruturação do modelo conceitual com o viés de discutir sugestões para melhorar o processo de planejamento e controle de empreendimentos industriais com o auxílio do 4D.

1.4 JUSTIFICATIVA

Na visão de Biotto, Formoso e Isatto (2012), a tomada de decisões na construção civil é sustentada por informações inconsistentes e sem o nível de detalhamento necessário, representando um dos maiores problemas do setor. De acordo com Matthews et al. (2015), o acesso à informação precisa, no local correto e

no momento apropriado condiciona o sucesso do projeto, pois trata-se de um fator extremamente relevante para a obtenção de qualidade.

Para Brito e Ferreira (2015), planejamento e controle de obras são processos complementares responsáveis pelo cumprimento do custo, do prazo e da qualidade de um projeto. Conforme os autores, tais procedimentos possuem influência direta sobre a produtividade no canteiro de obras, uma vez que as informações contidas nesses documentos são identificadas como os principais fatores de causa-efeito relacionados à baixa produtividade, ao desperdício de materiais e mão de obra, e à baixa qualidade do produto final.

Liu, Al-Hussein e Lu (2015) entendem que, embora existam ferramentas para auxiliar o método tradicional de desenvolvimento de cronogramas, este depende, ainda, de diversos processos manuais que demandam um tempo significativo para a retroalimentação das informações na medida em que ocorrem as revisões de projeto, o que resulta em dados de baixa qualidade e, por consequência, planejamentos inconsistentes e aumento de custos e prazos.

Por sua vez, Ahankoob et al. (2012) salientam que a questão da visualização e interpretação do cronograma resultante da metodologia tradicional é outro obstáculo no universo da construção, pois, por tratar-se de um documento unidimensional, acaba se tornando abstrato para os trabalhadores.

O desenvolvimento deste estudo é motivado pela vivência do pesquisador em diferentes setores do universo AEC (Arquitetura, Engenharia e Construção), onde atua no Planejamento e Controle da Produção (PCP). Ao longo de sua trajetória profissional, percebeu-se a falta de integração entre as partes envolvidas nessas atividades e os problemas dela decorrentes no que diz respeito ao desempenho físico e financeiro dos empreendimentos. A falta de comunicação, colaboração e cooperação entre *stakeholders*, somada à ausência de procedimentos e métodos, são algumas das dificuldades observadas cotidianamente que ajudam a explicar o panorama da construção civil.

O atual momento da tecnologia da informação na construção é outro ponto de incentivo desta pesquisa. Diante dessa gama de inovações capazes de gerar mudanças por meio do uso de novas tecnologias, é impossível não mencionar o *Building Information Modelling*, considerado parte central do processo de

digitalização da construção, já que a metodologia potencializa o fornecimento de informações precisas, confiáveis, integradas e rápidas, todavia, também impõe a necessidade de mudanças que partem da reorganização dos processos tradicionais empregados na construção.

Dessa forma, o tema é pertinente para a trajetória profissional deste autor, que foi motivado a desenvolver um modelo de recomendações baseadas em BIM, com a finalidade de aprimorar o processo de planejamento e controle da produção na construção industrial. Não obstante à questão do desenvolvimento profissional, o estudo é visto pela empresa na qual o pesquisador trabalha como uma grande oportunidade de agregar valor e gerar vantagem competitiva ao escritório frente ao mercado da construção civil.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 PLANEJAMENTO E CONTROLE DE OBRAS

Limmer (2017) define planejamento com um processo, em que são definidos os objetivos, a possibilidade de ocorrências de situações previstas, troca de informações e comunicação dos resultados pretendidos entre pessoas, unidades de trabalho, entre setores de uma empresa e, mesmo, entre empresas.

Para Ackoff (1970 apud LIMMER, 2017) planejamento corresponde á algo pensado antes de executar, ou seja, a tomada de decisão antecipada. Segundo o autor, o planejamento está intimamente relacionado com o gerenciamento.

De acordo com Syal et al. (1992 apud BERNARDES, 2021) o planejamento pode ser descrito como um processo de tomada de decisão cujo resultado envolve uma série de ações para converter o produto no estado final desejado.

Formoso (1991 apud BERNARDES, 2021) define o planejamento como o processo de tomada de decisões com a definição dos objetivos e dos meios necessários para alcançá-las mediante a um processo de controle.

O planejamento é um dos principais pilares de gerenciamento. O ato de planejar envolve pensar, fazer, controlar e corrigir a tempo. O planejamento garante a perpetuidade da empresa em função da capacidade que a informação rápida e correta é compartilhada entre os envolvidos do projeto devido ao monitoramento da evolução do produto e de possíveis redirecionamentos a nível estratégico (MATTOS,2019).

2.2 PROCESSO DE PLANEJAMENTO

O processo de elaboração do planejamento ocorre de modo e segue uma sequência lógica. O *Project Management Institute* (PMI,2017) e Mattos (2019) dividem o processo nas seguintes etapas: identificação das atividades; sequenciamento das atividades; definição da duração das atividades; desenvolvimento do cronograma e controle do cronograma.

A definição das atividades para o PMI (2017) condiz com a identificação e documentação das ações que farão parte do planejamento. Segundo Mattos (2019) o modo mais objetivo de reconhecer as atividades é por meio do desenvolvimento da estrutura analítica do projeto (EAP). Como benefício temos a divisão dos pacotes de trabalho em atividades que proporcionam uma base para estimar, programar, executar, monitorar e controlar as tarefas do projeto (PMI, 2017).

O PMI (2017) entende que a principal vantagem da definição do sequenciamento das atividades reside na lógica do trabalho com o intuito de obter o mais alto nível de desempenho. Para Mattos (2019) é fundamental que a equipe do projeto chegue a um consenso em relação a lógica construtiva para que o cronograma tenha coerência.

Na visão de Mattos (2019) toda a atividade necessita estar associada a uma duração. De posse desta informação é possível ter conhecimento da quantidade de tempo para realizar cada atividade (PMI, 2017).

Com o estabelecimento da sequência construtiva e da duração das atividades, o próximo passo compreende a representação gráfica das atividades e suas dependências lógicas por meio de um diagrama de rede. Entende como rede o grupo de atividades interdependentes entre que si caracterizam a lógica de execução do projeto. O diagrama, por sua vez, é a representação gráfica da rede, permitindo o entendimento do projeto como um fluxo de tarefas (MATTOS, 2019).

O próximo passo é calcular a rede para obter a duração total do projeto e identificar o caminho crítico. Para Mattos (2019) o caminho crítico é resultado da sequência de atividades que são responsáveis por produzirem o tempo mais longo e que acaba definindo o prazo total da obra. Portanto, segundo o autor, imprescindível identificar o caminho crítico e monitorar suas atividades responde como um dos principais desafios da equipe do projeto.

Mattos (2019) acredito que planejamento tem como produto final o cronograma. De acordo com PMI (2017) a definição do cronograma abrange o processo de analisar o sequenciamento das tarefas, durações, os requisitos de recursos e restrições de cronograma para desenvolver o modelo de cronograma para execução, monitoramento e controle do projeto.

2.3 DIMENSÕES DO PLANEJAMENTO E CONTROLE DA PRODUÇÃO

Em concordância com Laufer e Tucker (1987 apud BERNARDES 2021), existem duas dimensões que representam o processo de planejamento e controle da produção, são elas: a horizontal e a vertical. A primeira tem ligação com os estágios que o processo de planejamento e controle é executado, e a segunda, refere-se à associação das etapas com os diferentes níveis gerenciais das instituições.

Nesta perspectiva, Laufer e Tucker (1987 apud FORMOSO et al. 1999) ressaltam que a dimensão horizontal do processo de planejamento abrange as seguintes etapas: preparação do processo de planejamento; coleta de informações; preparação de planos; difusão da informação e avaliação do processo.

2.3.1 Dimensão horizontal de planejamento

É possível notar que o modelo proposto por Laufer e Tucker (1987 apud BERNARDES 2021) apresenta dois ciclos de controle, um contínuo e um intermitente. A preparação e avaliação do processo de planejamento ocorrem em períodos específicos dentro do ciclo de vida do empreendimento. Em contrapartida, as etapas intermediárias possuem uma rotina contínua durante o período de execução da produção.

Na visão de Formoso et al. (1999) na preparação do processo de planejamento são estabelecidos os procedimentos e os padrões a serem aplicados na concretização do processo de planejamento. Como saídas desta fase cabe salientar: a identificação dos principais envolvidos no planejamento e controle e suas respectivas responsabilidades; níveis hierárquicos a serem praticados e a ocorrência dos planos a serem produzidos, nível de informação necessária para cada nível do planejamento e diretrizes para fragmentação do plano em itens; as técnicas e ferramentas de planejamento a serem empregadas; cenários de planos de ataque e identificação das restrições (FORMOSO et al. 1999).

O segundo estágio engloba a coleta de informações para executar o planejamento. De acordo com Laufer e Howel (1993 apud BERNARDES 2021), esta etapa tem com meta a redução da incerteza por intermédio de uma abordagem que

visa rastrear e selecionar as informações necessárias ao cumprimento do processo produtivo. Todavia, a grande barreira desta parte reside no fato de que a incerteza normalmente não é considerada (Laufer e Tucker 1987, apud BERNARDES 2021).

Segundo Formoso et al. (1999) a fase de preparação dos planos é a que recebe maior importância dos responsáveis pelo planejamento, pois é neste momento que o plano da obra é elaborado. Na visão de Bernardes (2021) é essencial que seja efetuada uma avaliação crítica da utilização de algumas técnicas de planejamento neste estágio. Tendo a noção da natureza do processo de planejamento e controle, percebe-se que inúmeras técnicas podem ser empregues. A eficiência de cada uma delas dependerá da tipologia da obra, do nível de plano a ser gerado, da capacidade dos responsáveis em utilizar a técnica e de outras particularidades que independem da técnica.

A quarta etapa corresponde a difusão da informação. Do ponto de vista de Formoso et al. (1999) é imprescindível que o processo de compartilhamento da informação seja bem definido, ou seja, deve conter a natureza da informação demandada, sua periodicidade, o formato a ser divulgado e o ciclo de retroalimentação.

Por fim, a fase final incorpora a avaliação de todo o processo de planejamento. Segundo Formoso et al (1999) o foco da análise almeja possibilitar a melhoria do processo, seja para empreendimentos futuros, ou até no mesmo empreendimento caso o período de construção tenha uma duração longa. É de suma relevância para viabilizar o processo de análise o uso de indicadores de desempenho. A periodicidade dos ciclos de avaliação precisa ser estabelecida, de modo a apontar as falhas nas etapas e proporcionar as melhorias do processo (FORMOSO et al. 1999).

Laufer e Tucker (1987 apud BERNARDES 2021) em seu estudo constataram que as empresas não executam a primeira e a última etapa propostas em seu modelo e que as demais são utilizadas de forma deficitária. Na opinião dos estudiosos, os motivos que auxiliam a explicar o fato são:

- Ausência de integração entre os níveis de planejamento;

- A execução da obra é executada pela gerente de produção tendo como base um planejamento de curto prazo elaborado em desacordo com os períodos dos planos formais;
- Os setores responsáveis pelo planejamento enfrentam dificuldades na atualização dos planos, pois eles não possuem as informações oriundas do canteiro de obras para a retroalimentação do planejamento, assim como o excesso de trabalho que é exigido para atualizar planos muito detalhados.

2.3.2 Dimensão vertical de planejamento

Em função da complexidade dos empreendimentos e da variabilidade de seus processos se fazem necessário segmentar o planejamento e controle da produção em níveis hierárquicos. Bernardes (2021) salienta a existência de três níveis hierárquicos, sendo eles: estratégico, tático e operacional.

Para Formoso et al. (1999) no nível estratégico são definidas as metas do empreendimento em função dos objetivos do cliente. Algumas ações são necessárias para alcançar os objetivos do empreendimento como, por exemplo, a definição do prazo da obra, fontes de financiamento e parcerias.

O nível tático tem como papel a identificação das restrições para que as metas sejam cumpridas. De acordo com Bernardes (2021), o planejamento tático envolve os recursos, a estruturação do trabalho e a qualificação do pessoal.

O nível operacional engloba o direcionamento das ações com o detalhamento das atividades e dos recursos, por meio das quais os objetivos serão atendidos.

2.3.2.1 Planejamento de longo prazo

A contribuição do planejamento de longo prazo é o fornecimento do Plano Mestre que descreve todo o trabalho que deve ser desenvolvido por meio das metas principais do empreendimento.

Na visão de Limmer (2017) o Plano Mestre tem que conter os seguintes elementos: resumo do empreendimento; especificações das características e níveis

de desempenho do produto final; determinação do método construtivo; cronograma mestre, formado pelas redes de atividades, listagem de eventos e marcos importantes; procedimentos e práticas de projeto; alocação dos recursos; histogramas; curva S; matriz de responsabilidades; estrutura operacional; sistema de informação do projeto; plano de gestão; e sistema de controle do projeto.

2.3.2.2 Planejamento de médio prazo

Na visão de Formoso et al (1999) é visto como um segundo nível de planejamento tático que tem como intenção associar os objetivos estabelecidos no Plano Mestre com os direcionados no curto prazo. Segundo Ballard (1997 apud BERNARDES 2021) por ter um caráter móvel o planejamento de médio prazo é conhecido como *lookahead planning*.

2.3.2.3 Planejamento de curto prazo

De acordo com Ballard e Howell (1997 apud BERNARDES 2021) o planejamento de curto foca na execução de ações voltadas a proteger a produção contra os efeitos da incerteza. Segundo os autores os requisitos necessários para elaborar este tipo de plano, são: definição; disponibilidade; sequenciamento; dimensionamento e aprendizagem.

2.4 MÉTODOS E TÉCNICAS DE PLANEJAMENTO

2.4.1 Diagrama de redes

O diagrama de redes corresponde a apresentação gráfica das tarefas considerando a relação de dependências entre elas. O grande benefício deste tipo de representação é o entendimento e o manuseio da rede (MATTOS, 2019).

Limmer (2017) defende que as redes podem ser desenvolvidas de dois modos: pelo método das setas e dos nós. Redes de atividades em seta são representadas em um sistema cartesiano de duas dimensões e composto por cinco variáveis: duas para a extremidade de início da seta, duas para a extremidade de fim e uma para demonstrar o sentido. Em contrapartida, o segundo modo de exibição do

diagrama de redes é simbolizado por um nó e cuja definição necessita de duas variáveis.

De acordo com Mattos (2019), existem duas técnicas para o desenvolvimento do diagrama de redes: a PERT e a CPM. A ideia central das técnicas possibilita a indicação das relações das tarefas do projeto e definição do caminho crítico. O PERT por apresentar um tratamento estatístico é visto como uma técnica probabilística. Em contrapartida, o CPM é conhecido como determinístico (LIMMER, 2017).

2.4.2 Cronograma de barras

O cronograma de barras é conhecido também como o gráfico de Gantt. A construção do cronograma envolve a visualização das tarefas do projeto com suas datas de início e término, representadas por barras horizontais em uma escala do tempo. A duração das atividades é verificada pela extensão da barra (LIMMER,2017).

Segundo Mattos (2019), pelo fato da facilidade no seu entendimento, em função da questão visual e da apresentação das atividades ao longo do tempo, o cronograma de Gantt compõe uma ferramenta de controle.

Limmer (2017) pontua que a desvantagem deste método é de não expor com facilidade a relação de dependência das atividades, assim como, as folgas e o caminho crítico.

Em relação a empregabilidade do cronograma de redes é aplicado na representação de mão-de-obra, de materiais e de equipamentos, sendo de suma relevância na utilização da técnica de alocação e nivelamento de recursos (LIMMER, 2017).

2.4.3 Método da linha de balanço

O método da linha de balanço tem aplicação em obras que apresentam atividades repetitivas. A técnica se resume em traçar uma reta tendo como referência um par de eixos cartesianos, que representam a tarefa e o seu andamento (LIMMER,2017).

Na visão do *Office of Naval Material – USA* (1958) a linha de balanço é uma técnica de cronograma e controle de processos de produção com foco na produção contínua das atividades, tendo com orientação suas taxas de produção, onde as unidades de produção de cada tarefa devem ser definidas de modo constante. O ritmo de produção de cada atividade será indicado de acordo com a inclinação da linha, portanto, quanto mais íngreme maior a taxa de produção.

Para *Office of Naval Material – USA* (1958) a combinação do método contempla três representações gráficas, sendo elas:

- Gráfico de objetivos: As tarefas são apresentadas com base em sua taxa de produção;
- Gráfico de produção: Mostra a relação entre as atividades e suas etapas.
- Gráfico de progresso: Contém as barras verticais onde a progressão e a conclusão das atividades são exibidas.

2.5 MODELAGEM 4D

De acordo com Tommelein (2005), existem diversos conceitos e modelos na literatura relacionados à modelagem 4D. Leinonen et al. (2005) entendem que os modelos 4D são associados ao tempo, no entanto, Koo e Fischer (1998) acreditam que o BIM 4D é uma técnica de visualização de processos de construção baseado em geometria: uma animação 4D mostra construção de um projeto.

Sob a ótica de Collier e Fischer (1995), o modelo 4D também proporciona a compreensão da sequência construtiva entre os projetistas, planejadores, fornecedores e construtores envolvidos.

O modelo 3D, uma vez importado, tem seus objetos conectados a uma ou mais atividades e determinada tarefa pode estar associada a um ou mais objetos (EASTMAN et al., 2014). Os pesquisadores acreditam que os softwares e ferramentas especializados em 4D provêm conexão direta com o plano e o modelo da edificação, tornando o processo mais rápido e confiável se comparado com a tecnologia CAD.

Para Eastman et al. (2014), atribuem-se às atividades o tipo de construção (construção, demolição ou temporário) ou comportamento visual, como elementos transitórios (elementos de canteiro) que podem aparecer e desaparecer da simulação; portanto, os objetos podem ser coloridos em função dos atributos de dependência temporal, entre outros.

Aspectos como quem deve ser o responsável pelo desenvolvimento dos modelos 4D e qual é o nível de informação necessária aos modelos foram e continuam sendo objeto de estudo para alguns pesquisadores, como é o caso de Fischer, Haymaker e Liston (2005) e Riley (2005), respectivamente. Por sua vez, Coble, Blatter e Agaj (2005) buscaram descrever a aplicação do BIM 4D no ambiente de trabalho da construção, identificando as dificuldades, benefícios e pessoas envolvidas, entre outras informações.

Issa, Flood e O'Brien (2005) relatam que há alguns obstáculos para a implantação da modelagem 4D nas empresas, tais como a necessidade de infraestrutura, investimentos e mudanças nas práticas de negócios.

Na opinião de Eastman et al. (2014), embora os mecanismos do processo de planejamento e de programação possam variar em função das ferramentas do planejador, existem algumas questões que o planejador e a equipe de modelagem 4D precisam levar em consideração na hora de elaborar um modelo 4D.

Coble, Blatter e Agaj (2005) afirmam que os setores de planejamento e projeto, assim como as equipes presentes no canteiro de obra, como por exemplo, o engenheiro de obras e os encarregados, podem ser potenciais usuários do modelo 4D. Visando à implantação do 4D na gestão da obra, é imprescindível para os autores que os usuários compreendam os potenciais ganhos oriundos da tecnologia, que já começam pela simples visualização, mesmo em estágio inicial de implantação.

É extremamente importante que, antes de qualquer coisa, as partes interessadas do empreendimento definam quais são os objetivos do projeto para, então, identificar quais usos do BIM atendem às expectativas e ajudam a solucionar os problemas a partir do uso de modelos 3D e 4D. A clareza na determinação dos objetivos implica na escolha das pessoas a serem selecionadas no esforço da modelagem (FISCHER; HAYMAKER; LISTON, 2005).

De acordo com Fischer, Haymaker e Liston (2005), o modelo do produto é fundamental para a construção de um modelo 4D, como informações concebidas pelo planejamento da produção que precisam ser desenvolvidas ou aperfeiçoadas pelos envolvidos ao longo do processo de modelagem.

Em 26 estudos coordenados pela Universidade de Stanford, Hartmann, Gao e Fischer (2008) notaram que os modelos 4D tinham como características comuns de escopo a revisão da construtibilidade dos planos, as sequências construtivas para análise dos conflitos no tempo-espaço, a acessibilidade no canteiro, a coordenação de equipes, as estruturas temporárias, as áreas de estoque e o estudo de diferentes métodos construtivos.

Eastman et al. (2021) defendem que os objetivos dos usuários dos modelos 4D indicarão o nível de detalhamento apropriado para atendê-los. Para Fischer, Haymaker e Liston (2005), as respostas e expectativas do que se espera do modelo 4D moldarão o nível de detalhamento do plano e do próprio modelo 3D.

Modelos 4D com um nível de detalhe muito baixo podem causar a negligência de elementos críticos de uma sequência de atividades, assim como a não consideração de incertezas. Em contrapartida, no momento em que um plano é muito detalhado, o trabalho pode se tornar tedioso e ultrapassar o nível adequado para avaliar as incertezas e as variabilidades da construção. Partindo dessa premissa, o autor identificou quatro aspectos que devem ser considerados no nível de detalhamento dos modelos 4D: o planejamento do intervalo, a utilização do espaço, o tipo de atividade e a zona de trabalho (RILEY, 1998).

Concluída a etapa de definição dos objetivos do projeto e os usos BIM previstos para alcançá-los, a escolha de um *software* de modelagem 4D que atenda aos requisitos do escopo inicial é fundamental. Diante desse cenário, Eastman et al. (2021) acreditam que algumas ponderações devem ser feitas para determinar qual ferramenta 4D se encaixa no perfil traçado, tais como:

- **Capacidade de importação BIM:** envolve a questão das geometrias, formatos BIM e informações de objetos que podem ser importadas;
- **Capacidade de importação do cronograma:** corresponde aos formatos de cronogramas que a ferramenta consegue importar;

- **Combinação/Atualização do modelo 3D/BIM:** contempla a capacidade do *software* de importar e combinar o conjunto de projetos das múltiplas disciplinas;
- **Reorganização:** a possibilidade de reorganizar e dividir os componentes dos modelos após a importação;
- **Componentes temporários:** diz respeito à possibilidade de adição ou remoção de componentes temporários, como andaimes, guias, áreas de escavação, de estoque, entre outros. É interessante que a ferramenta 4D disponibilize uma biblioteca contendo tais componentes para que sejam inseridos de forma rápida no modelo, assim como também é desejável que o usuário desenvolva sua própria biblioteca genérica;
- **Animação:** envolve a possibilidade de movimentação de objetos em um período de tempo específico para permitir a visualização da movimentação dos equipamentos;
- **Análises:** suporte a análises específicas, como conflitos de tempo-espaço, para acusar atividades simultâneas no mesmo espaço;
- **Saídas:** geração de *snapshots* ou criação de vídeos de períodos específicos de tempo, com vistas predefinidas;
- **Conexão automática:** possibilidade de associação dos componentes da edificação ao cronograma, por meio de campos ou regras.

Feitas essas ressalvas, Eastman et al. (2021) descrevem, no Quadro 1, uma gama de ferramentas 4D disponíveis no mercado.

| PLATAFORMAS BIM COM CAPACIDADE 4D E FERRAMENTAS EM BIM 4D | | | | |
|---|-------------------|------------|-------------|---|
| Software | Fabricante | Plataforma | Ferramentas | Descrição |
| Revit | Autodesk | X | | Possibilita a inclusão de parâmetros para o estabelecimento de fases no projeto; todavia, não é possível desenvolver simulações 4D. |
| Tekla Structures | Trimble | | X | Permite a associação das atividades com os objetos do modelo, podendo simular datas específicas e codificando os componentes 3D com cores em função de atributos que dependem do tempo. |
| DP Manager | Trimble | | X | Considerado um braço da plataforma digital Project BIM, o DP Manager consegue vincular os componentes do modelo às tarefas nas ferramentas de planejamento, como o Primavera e o MS Project, com o intuito de gerar análises com simulações 4D. |
| ProjectWise Navigator e ConstructSim Planner | Bentley | X | | Importa diversos arquivos de projeto tanto no 2D quanto no 3D; é possível revisar os desenhos 2D e 3D ao mesmo tempo e checar conflitos, visualizar e analisar as simulações do cronograma. |
| Visual 4D Simulation | Innovaya | | X | Mostra os projetos 4D através da ligação dos dados 3D com as atividades do cronograma desenvolvidas no MS Project ou Primavera. |
| Navisworks Manage | Autodesk | | X | Todos os recursos do ambiente de visualização do Navisworks estão no <i>timeliner</i> . Oferece suporte a diversos formatos BIM, além de ótimas opções de visualização. Com o módulo <i>timeliner</i> é possível ligar de modo automático ou manual os dados do cronograma oriundos de diferentes aplicações de cronograma. |
| Synchro Pro | Bentley | | X | Aceita componentes 3D dos modelos e atividades de cronogramas de diferentes fontes. Tais elementos são associados por meio de uma interface visual e administrados em um único computador ou em um servidor. O Synchro tem um poder de atualização bidirecional, a qual mantém os dados em um modelo Synchro sincronizados com os dados de um cronograma vinculado. |
| Vico Office Planner e 4D Manager | Trimble | | X | O software faz parte do sistema virtual Construction 5D voltado para planejamento da construção, que envolve os recursos <i>constructor</i> , <i>estimating</i> , <i>control</i> e <i>5D presenter</i> . No <i>constructor</i> são desenvolvidos modelos de construção ou são importados de outro sistema BIM; os custos e as quantidades são calculados no <i>estimator</i> e as atividades presentes no cronograma são definidas e planejadas por meio da técnica de linha de balanço ou em localização no <i>schedule planner</i> , possibilitando, por fim, a visualização da simulação da construção 4D na opção <i>presenter</i> . Os cronogramas também podem ser importados de ferramentas como o MS Project e Primavera. As mudanças feitas no cronograma são automaticamente atualizadas na representação 4D. |
| Elecosoft | Power Project BIM | | X | Ligação entre os modelos 3D com o cronograma resultado no modelo 4D. |
| RIB Software | ITWO 4.0 | | X | Direcionada para nuvem 5D, mas também abrange a possibilidade de incluir dados do cronograma, visando a simulação 4D. |
| Edificius | ACCA Software | | X | Permite a associação das atividades do cronograma com os objetos do modelo BIM, gerando a representação do processo de construção. |

Quadro 1 – Plataformas e ferramentas 4D

Fonte: Adaptado de Eastman et al. (2021) e Butkovic, Heesom e Oloke (2019)

No que concerne à determinação do responsável pela modelagem 4D, de acordo com Fischer, Hayamaker e Liston (2005), é recomendável que a empresa construtora do empreendimento seja a desenvolvedora do modelo 4D, pois terá a

competência necessária para especificar sua informação. Um fato identificado pelos autores que ajuda a explicar esse conselho revela que os projetistas e modeladores, na maioria das vezes, não possuem os conhecimentos considerados necessários para modelar em alto nível de detalhe, já que não se aproveitam da precisão dos modelos 3D.

De acordo com Silva, Crippa e Scheer (2019) os desafios inerentes ao processo de modelagem 4D envolve: a implementação da tecnologia; trabalho intenso para a implementação efetiva da tecnologia e atualização do modelo e associação com o cronograma; capacidade de comunicação entre os softwares; custo elevado de implementação e capacitação; visualização ineficiente para atividades internas e externas; depende do bom funcionamento de *hardware* e do conhecimento do gestor para a estimativa de tempo de duração de atividades e ausência de padronização dos dados e documentos entre os participantes do projeto.

Diante dos motivos assinalados pelos autores como principais obstáculos a serem vencidos pelas empresas do setor da construção, Biotto (2012) estabelece pré-condições imprescindíveis para um ambiente de implementação da modelagem 4D, que são: capital inicial, mão de obra qualificada, tempo disponível, infraestrutura tecnológica e ambiente colaborativo.

2.6 CASOS DE APLICAÇÃO DA MODELAGEM 4D

Embora o conceito de modelagem 4D ainda não esteja amplamente disseminado no universo da construção civil, existem estudos de aplicação da metodologia BIM voltados ao 4D e os benefícios dele decorrentes já começaram a ser identificados: melhora na comunicação entre os participantes do projeto, entendimento visual da sequência construtiva do empreendimento, análises de cenários, comparação entre o cronograma planejado e o realizado, e simulação da logística do canteiro.

Por essa razão, esta seção visa explorar estudos de caso que demonstrem o funcionamento da modelagem 4D, trazendo exemplos do nível de detalhamento (LoD) necessário para seu uso e a interface entre o planejamento tradicional com as ferramentas 4D.

2.6.1 Dubai Arena *Project*

Segundo Synchro (2017), a Dubai Arena é um espaço multiuso de última geração, situada na cidade de Dubai e pertencente ao reino dos Emirados Árabes Unidos, que tem por objetivo criar e entregar experiências únicas, sendo considerada o maior destino turístico para eventos globais da região. A construção conta com uma área de 50.000,00 m² e será a única arena interna multiuso de seu tamanho a possuir ar-condicionado em toda a redondeza.

Ao longo do processo de desenvolvimento da construção, a empresa responsável pelo empreendimento aplicou os conceitos da metodologia BIM, com ênfase na quarta dimensão para o planejamento e controle da construção, permitindo a participação ativa da equipe de obra (SYNCHRO, 2017).

O processo do planejamento começou com o recebimento dos modelos 3D e do cronograma de construção pelo time de planejamento 4D; posteriormente à etapa inicial, a equipe organizou e agrupou os componentes 3D, identificando qual era o tipo de atividade (construção, temporário e demolição) presente no cronograma. Concluída essa fase, realizava-se a associação manual e automática entre os componentes oriundos dos modelos com as atividades presentes no cronograma, trazendo como resultado do produto final o modelo 4D (SYNCHRO, 2017).

De acordo com Synchro (2017), a Construtora ASGC, responsável pela obra, conseguiu identificar como benefícios da modelagem 4D os seguintes pontos:

- a) criação da representação visual do cronograma da construção como uma ferramenta de comunicação entre os *stakeholders* do projeto;
- b) geração de relatórios do progresso da obra, comparando o cronograma real com a linha de base planejada e aprovada;
- c) detecção de conflito visual do modelo 3D BIM e revisão conjunta com o cronograma;
- d) cenários de simulações de construção e comparações;
- e) rastreamento e controle de materiais;
- f) simulações de logística do canteiro;

- g) análises de planos de segurança e simulações em conformidade com a legislação oficial local e informações fornecidas pela equipe de segurança;
- h) documentação 4D.

2.6.2 Aeroporto Internacional de Santiago (Chile)

A obra de ampliação do Aeroporto Internacional de Santiago, no Chile, é de responsabilidade de duas das maiores empreiteiras europeias, Vinci e Astaldi. O contrato firmado entre as partes envolvidas estabeleceu como requisitos a serem cumpridos ao longo de todo o processo de concepção e construção, o emprego da metodologia BIM e a simulação da construção 4D (SYNCHRO, 2017).

Para Synchro (2017), o projeto possui uma particularidade em função de sua dimensão e complexidade no faseamento das etapas. Segundo os construtores, o escopo de serviços contempla a renovação de 30.000 m² do terminal existente, a construção de um novo terminal de 200.000 m², de dois estacionamentos cobertos de 90.000 m² e de 14.000 m² de edifícios complementares, além de plataformas de aeroportos, estradas e redes enterradas.

Do ponto de vista das partes, a implantação de um processo 4D, aliado à integração entre as equipes de projeto e planejamento, possibilitou a otimização do projeto, tornando a execução da obra melhor e mais segura. O processo de planejamento 4D começou um ano antes do início das obras, quando o gerente BIM organizou um *benchmark* com a missão de identificar uma solução 4D capaz de atender às necessidades do projeto no diz respeito à simulação da construção (SYNCHRO, 2017).

De acordo com o autor, o projeto do Aeroporto Internacional de Santiago era extremamente complexo em termos de planejamento, pois contava com mais de 7.000 tarefas, fora a quantidade de informações provenientes dos mais de 200 modelos. Com o intuito de auxiliar no desenvolvimento da simulação da construção, foi elaborado um Plano de Implementação 4D (SYNCHRO, 2017).

Synchro (2017) descreve em seu trabalho que a simulação da construção foi dividida em três momentos. O primeiro deles ocorreu ao longo da elaboração do cronograma, quando o coordenador do setor de planejamento realizou uma

simulação geral do projeto, em um processo de trabalho que envolveu os modelos desenvolvidos por *softwares* BIM na fase de projeto, associados à linha de base executada no *software* Primavera, contemplando os quatro anos da construção do aeroporto. A segunda etapa focou nas simulações mensais, que tiveram como objetivo produzir uma animação que comparasse o cenário planejado com o real, a fim de visualizar progresso da obra. Em função dos resultados positivos provenientes das fases anteriores, o momento final consistia na simulação detalhada diária das atividades.

Portanto, na visão de Synchro (2017), o fluxograma do planejamento 4D aplicado na construção do Aeroporto Internacional de Santiago pode ser descrito da seguinte forma:

- a) revisão dos modelos de projeto;
- b) geração do modelo federado;
- c) cronograma da construção;
- d) projeto do canteiro de obras;
- e) associação dos componentes dos modelos com as atividades do cronograma;
- f) acréscimo de equipamentos (gruas, andaimes, etc.) ao modelo 4D;
- g) modelo 4D;
- h) alinhamento do modelo 4D com os métodos construtivos;
- i) animação da sequência construtiva;
- j) elaboração do planejamento diário com o auxílio do modelo 4D;
- k) imagens das sequências construtivas planejadas;
- l) comunicação com as partes envolvidas (projetos, engenharia, empreiteiros) no projeto.

Segundo a Synchro (2017), para as construtoras Vinci e Astaldi, o uso da abordagem 4D facilita a comunicação entre os participantes e ajuda a equipe de planejamento a estudar necessárias e diferentes situações para identificar qual o melhor caminho a ser traçado. Além disso, o controle visual foi citado como uma potencialidade, uma vez que auxilia na certificação de que não falta nenhuma

atividade na programação e que todos os elementos estão associados a uma atividade.

2.6.3 Projeto do hospital Al-Najaf Iraque

Composto por quatro pavimentos, o projeto do hospital está localizado no sul do Iraque e tem por objetivo tratar os pacientes da cidade de Al-Najaf. A obra teve um custo orçado de U\$ 148,5 milhões e seu processo de projeto foi iniciado em 2010 e concluído em 2012 (HAMADA; HARON; ZHRIZAN, 2019).

Na visão de Hamada, Haron e Zahrizan (2019), a aplicação da modelagem 4D nesse projeto tinha como foco a redução do custo e do tempo, além de contribuir para a melhoria de sua qualidade. Com o intuito de coletar informações sobre a aplicação de técnicas 4D, os autores entrevistaram o engenheiro responsável pela implementação do processo 4D.

O entrevistado entende que o 4D é uma técnica que pode utilizada em todas as etapas do projeto de construção, em especial na fase de planejamento. Para Hamada, Haron e Zahrizan (2019), no que se refere às vantagens observadas, o engenheiro apontou:

- a) a questão de detecção de conflitos entre os componentes do projeto antes de iniciar a construção;
- b) a visualização, por parte do cliente, da sequência construtiva;
- c) o monitoramento do progresso da obra de maneira visual.

Tendo o hospital como estudo de caso e por meio de uma revisão na literatura, os autores identificaram que, no Iraque, o 4D não é amplamente adotado em função dos métodos tradicionais empregados no mercado e da falta de conscientização das vantagens e benefícios que o processo pode trazer para os profissionais da construção. Hamada, Haron e Zahrizan (2019) acreditam que, para implementar essa tecnologia no universo da construção iraquiano, existem barreiras e desafios relacionados às pessoas, processos, tecnologia e gestão.

Em relação às pessoas, os pesquisadores identificaram a falta de mão de obra especializada que detenha habilidade e conhecimento dos softwares de

planejamento 4D. Outro ponto abordado refere-se à mentalidade dos profissionais, que preferem trabalhar com o método tradicional por o considerarem mais simples. Diante dos dados, Hamada, Haron e Zahiran (2019) concluíram que os participantes da construção iraquiana temem as novas técnicas em razão do futuro desconhecido dos resultados.

Em termos tecnológicos, as principais barreiras e desafios estão na capacitação e na assistência aos usuários; grande parte dos softwares 4D não disponibiliza suporte técnico capaz de sanar as dúvidas oriundas dos usuários, a partir do momento em que os mesmos começam a operar as ferramentas 4D (HAMADA; HARON; ZAHORIZAN, 2019).

Segundo Hamada, Haron e Zahrizan (2019), no universo da organização, é preciso pontuar algumas ressalvas, como nos processos e na gestão. O método tradicional de processo precisa ser substituído pelo ambiente colaborativo, onde todos compartilham do mesmo objetivo final; a gestão, por sua vez, tem como principal obstáculo a alta gerência. Na visão dos estudiosos, as empresas não adotam novas medidas em razão do custo e do tempo envolvido no processo, no entanto, elas deveriam ser as maiores motivadoras e incentivadoras dos assuntos relacionados à inovação na construção.

3. PESQUISA DE CAMPO

3.1 ESTUDO DE CASO

De acordo com Yin (2001), o estudo de caso ajuda a compreender os fenômenos individuais, organizacionais, sociais e políticos. O autor defende que o método corresponde à estratégia favorita quando o assunto envolve questões do tipo “como” e “por quê”, com foco em fenômenos contemporâneos inseridos no contexto social.

Creswell (2007) define estudo de caso como uma estratégia de investigação na qual o pesquisador busca explorar um programa, um evento, uma atividade, um processo ou um ou mais indivíduos. Os casos são apoiados pelo tempo e pela atividade, e a identificação de informações detalhadas é feita por meio da aplicação de diferentes procedimentos de coleta de dados ao longo de um período de tempo prolongado.

Yin (2001) ressalta que os estudos de caso podem ser explanatórios, exploratórios e descritivos. Esta monografia, particularmente, optou pelo estudo de caso de caráter exploratório, pois objetiva proporcionar uma visão e o entendimento de determinado fato. O autor acredita que o processo de um estudo de caso envolve três etapas: preparação para a coleta de dados (protocolo), coleta dos dados (qualidade) e análise dos dados (resultados).

O estudo caso apresentado foi estruturado por meio de duas abordagens para a coleta de dados. A primeira se refere ao relato da observação realizada pelo autor durante a sua atuação no projeto, direcionada em relatar o processo de planejamento e controle praticado pela empresa no empreendimento objeto de análise. A segunda parte, por sua vez, envolveu entrevistas com os pontos focais no caso, o coordenador de projetos, o gerente de planejamento, o engenheiro de planejamento e o consultor com o intuito de mapear nível de maturidade perante aos eixos analíticos, sendo eles; processo de projeto; BIM; processo de planejamento e controle e modelagem 4D.

3.1.1 Protocolo

O protocolo do estudo de caso representa muito mais do que um simples instrumento, pois contempla os procedimentos e as regras para a realização do método. Uma de suas principais funções é aumentar a confiabilidade da pesquisa, além de servir de guia para o condutor do estudo (YIN, 2001).

Yin (2001) sugere que o protocolo apresente as seguintes atividades:

- a) visão geral do projeto do estudo de caso;
- b) procedimentos de campo;
- c) questões do estudo;
- d) guia para o relatório do estudo de caso.

No que concerne à visão geral do estudo de caso, este trabalho busca identificar as principais práticas de planejamento adotadas na construção industrial, para que estas possam auxiliar no alcance de seu objetivo.

A empresa objeto deste estudo é uma organização com um vasto portfólio de empreendimentos de grande porte em diversos segmentos, como os setores logístico, industrial e corporativo. Atuante no mercado da construção desde 2001, a empresa conta com a marca de 2 milhões de m² construídos.

O empreendimento analisado, localizado em Cabreúva, estado de São Paulo, possui uma área de 177.820 m², e é considerado a maior área logística da América Latina. A pesquisa recai sobre os setores de planejamento e de projeto da empresa, incluindo seus processos e profissionais. O Quadro 2 apresenta os profissionais envolvidos no processo.

| PROFISSIONAIS ENVOLVIDOS NO PROCESSO DE ESTUDO DE CASO | | |
|---|------------------|--------------------|
| CARGO | FORMAÇÃO | EXPERIÊNCIA |
| Coordenador de Projetos | Arquiteto | 15 anos |
| Gerente de Planejamento | Engenheiro Civil | 12 anos |
| Engenheiro de Planejamento | Engenheiro Civil | 20 anos |
| Consultoria | Engenheiro Civil | 12 anos |

Quadro 2 – Profissionais da empresa estudada

A corporação deu início ao processo de implantação do BIM no ano 2019, justamente em razão do empreendimento em estudo, por meio da elaboração de um documento para servir como balizador dos novos requisitos exigidos por essa nova metodologia para os contratados. Atualmente, a empresa terceiriza todos os projetos e conta com uma equipe interna para sua coordenação; todos os projetos são desenvolvidos respeitando os novos princípios, no caso, a terceira dimensão da metodologia (modelagem 3D) e a questão do tempo, ou a quarta dimensão (4D).

Quanto ao planejamento, a instituição trabalha com o modelo tradicional de planejamento descrito nas seções anteriores e a técnica empregada corresponde ao diagrama de barras. O planejamento 4D, assim como os modelos 3D, são atividades exercidas por profissionais terceirizados.

Os procedimentos de coleta de dados respeitaram todos os princípios éticos, morais e físicos. Corroborando com as boas práticas citadas por Yin (2001), vale ressaltar que os dados foram coletados em total conformidade com os horários e a disponibilidade das pessoas-chave.

As questões do estudo de caso foram desenvolvidas com a finalidade de refletir a investigação real do presente trabalho. Os campos por elas desbravados envolvem assuntos relacionados aos processos de planejamento adotados pela empresa, as pessoas que compõem seu quadro de colaboradores e as tecnologias de informação e comunicação implantadas.

3.1.2 Critérios adotados para garantir a qualidade do estudo de caso (Quadro Resumo)

Ratificando as pesquisas de Yin (2001), o estudo de caso corresponde a um conjunto lógico de proposições, que podem ter suas qualidades analisadas por meio de testes que abrangem fidedignidade, credibilidade, confirmabilidade e fidelidade dos dados. Atualmente, existem quatro testes que são comumente aplicados para verificar a qualidade da pesquisa: validade do constructo, validade interna, validade externa e confiabilidade.

A validade do constructo compreende as medidas operacionais corretas para os conceitos que estão sendo estudados. A tática desse teste contempla a utilização de fontes múltiplas de evidências, o estabelecimento do encadeamento das

evidências e o apoio de um informante-chave para revisar o relatório do estudo de caso (YIN, 2001).

No trabalho em questão, recorreu-se a uma série de dados, documentos e processos da empresa estudada, bem como ao modelo de construção do empreendimento escolhido para a realização do estudo. Por fim, a análise do relatório foi executada por um profissional qualificado dentro do universo da construção civil na área de planejamento e gerenciamento da construção.

Por se tratar de um teste voltado para estudos explanatórios ou casuais (YIN, 2021), a validade interna não foi aplicada.

Yin (2001) entende que a validade externa tem como foco definir o domínio ao qual as descobertas de um estudo de caso podem ser generalizadas. A ideia por trás desse teste é provar que este estudo de caso de caráter único, que tem por objetivo de propor recomendações para o processo de planejamento e controle na construção industrial por meio do conceito BIM, pode ser aplicado como um diagnóstico para outros setores e empresas da construção civil.

Para o autor, a confiabilidade é garantir que trabalhos futuros que adotem os mesmos procedimentos consigam chegar às mesmas descobertas e conclusões; na presente pesquisa, o intuito é possibilitar a aplicação do protocolo estabelecido em outros estudos (YIN, 2001).

O Quadro 3 resume as táticas envolvidas nos testes utilizados neste estudo de caso.

| TÁTICAS DO ESTUDO DE CASO PARA OS TRÊS TESTES DE ESTUDO | | |
|--|--|-------------------------|
| TESTES | TÁTICA DO ESTUDO DE CASO | FASE DA PESQUISA |
| Validade do constructo | Utilização de fontes múltiplas: documentos BIM (PEB), processos de planejamento e modelos 3D | Coleta de dados |
| | Informante-chave | |
| Validade externa | Servir de diagnóstico para outros setores e empresas da construção civil | Análise dos dados |
| Confiabilidade | Protocolo do estudo de caso | Coleta de dados |

Quadro 3 – Táticas envolvidas no estudo de caso
Fonte: Adaptado de Yin (2001)

3.1.3 Análise das evidências do estudo de caso

Segundo Yin (2001), a análise de dados envolve examinar, classificar em tabelas e recombinar as evidências segundo as proposições iniciais de um estudo. O autor acredita que trata-se de uma tarefa muito difícil, em razão das estratégias e técnicas que não foram definidas anteriormente, e aconselha que todo trabalho se inicie com uma estratégia analítica geral que estabeleça o que deve ser analisado e por quê.

Tendo como base a estratégia analítica geral, há quatro técnicas aplicadas para determiná-la: adequação ao padrão, construção da explanação, análises de séries temporais e modelos lógicos de programa (YIN, 2001). Com base nas características deste estudo, a técnica escolhida para determinar a estratégia foi a adequação ao padrão.

De acordo com Yin (2001), a principal missão da estratégia analítica geral é tratar os dados de forma justa, gerar conclusões analíticas indiscutíveis e anular interpretações alternativas. A função da estratégia geral é auxiliar o pesquisador na definição das melhores técnicas e, com isso, concluir a fase analítica da pesquisa. Existem, sob a ótica do autor, duas abordagens estratégicas: baseando-se em preposições teóricas ou desenvolvendo uma descrição de caso. Esta monografia optou por trabalhar com a estratégia apoiada em preposições teóricas.

A ideia da estratégia escolhida é seguir as preposições que levaram ao estudo de caso, que são:

- a) O quanto os profissionais do referido empreendimento conhecem sobre o conceito BIM?
- b) O quanto os profissionais do referido empreendimento conhecem sobre as técnicas de planejamento e controle?
- c) O quanto os profissionais do referido empreendimento conhecem sobre o BIM 4D?

Fazendo referência à técnica empregada para definir a estratégia, utilizou-se o método de adequação ao padrão. Dentro dessa técnica, optou-se por desenvolver o procedimento de variáveis dependentes não equivalentes consideradas padrão.

Yin (2001) acredita que esse padrão é derivado de um dos mais poderosos projetos de pesquisa, que pode assumir inúmeras variáveis dependentes, ou seja, uma variedade de resultados; se os resultados estimados para os valores iniciais forem encontrados e se não forem identificados padrões alternativos de valores previstos, então é possível realizar fortes associações causais. As fontes adotadas neste trabalho para efetuar a análise são oriundas do referencial, dos eixos analíticos e do cruzamento dos dados obtidos no estudo de caso.

3.2 RELATO DO ESTUDO DE CASO

Este estudo teve como objeto o processo de planejamento e controle de um galpão industrial com uma área construída de 177.820 m².

A obra é segmentada em dois galpões, denominados A/B e C/D, e os anexos que a envolvem: refeitório, portaria, vestiários, ambulatório, auditório, cabine de energia, apoio de caminhoneiro, central de resíduos, casa de bombas e abrigo acompanhante de caminhoneiro.

Por uma demanda do cliente, a empresa contratada para a execução da obra deveria trabalhar com BIM 4D. Por essa razão, a construtora optou pela contratação de uma consultoria externa para desenvolver a modelagem, a qual, de acordo com o que foi descrito nas seções anteriores, relaciona a variável tempo com os objetos 3D presentes nos modelos.

Nesse sentido, participaram do processo de trabalho pela construtora responsável pela obra o coordenador de projetos, o gerente de planejamento e o engenheiro de planejamento. Por parte da consultoria, participaram os seguintes agentes: o diretor da empresa e o engenheiro de planejamento.

3.2.1 Relato da observação por parte do autor

Esta parte do Estudo de Caso contempla a observação realizada pelo autor durante o período de um ano, enquanto era o profissional da consultoria responsável pela implementação do processo 4D.

O processo da modelagem 4D começou quando o cliente definiu, por meio da concorrência, que a construtora vencedora desenvolvesse o projeto utilizando o

conceito da metodologia BIM com ênfase na quarta dimensão, que envolve a variável tempo. Diante desse cenário, a empresa lançou no mercado uma carta-convite, com foco na contratação do serviço exigido previamente pelo cliente.

O escopo presente na carta-convite manifestava exclusivamente o desejo de contratar um planejamento 4D, e as tratativas foram conduzidas pelo coordenador de projetos. Os documentos de referência disponibilizados foram os modelos em nível executivo, a saber:

- a) Arquitetura;
- b) Estrutura de concreto;
- c) Estrutura Metálica;
- d) Fundações;
- e) Instalações Elétricas;
- f) Instalações Hidráulicas;
- g) Instalações HVAC;
- h) Pavimentação.

Efetivada a contratação da consultoria externa responsável pelo desenvolvimento da modelagem 4D, partiu-se para a definição das responsabilidades e requisitos necessários de cada participante no processo de projeto. Participaram dessa agenda o coordenador de projetos, o gerente de planejamento, o engenheiro de planejamento e o consultor externo.

A equipe contratante foi responsável por encaminhar o planejamento *baseline* (linha de base) e por entregar os modelos existentes, já com a definição da coordenada compartilhada. À equipe de consultoria externa coube a análise, a avaliação e a checagem do planejamento *baseline*.

Embora não houvesse um norte pré-estabelecido pela construtora, o processo teve início com a análise dos modelos e do planejamento para execução do planejamento 4D por parte da consultoria técnica.

A respeito dos modelos necessários à execução do projeto, todos foram recebidos, com nível de detalhe compreendido na esfera do 300 e 350. Os arquivos

eram extremamente pesados, exigindo uma infraestrutura tecnológica mais robusta do que a convencional.

Quando da inserção dos modelos na plataforma 4D, o primeiro ponto identificado foi a questão do georreferenciamento: alguns modelos compartilhavam as mesmas coordenadas, porém, não o mesmo ponto de origem. Esse ponto é crucial para o sucesso da modelagem 4D, pois a ferramenta o considera ao importar dados.

Na sequência, identificou-se que alguns modelos, em especial os de instalações e metálica, possuíam um grau de detalhamento incompatível com a proposta almejada, pois foram desenvolvidos com todos os elementos, como por exemplo, com as conexões e suportes. Isso fez com que o modelo ficasse muito denso, com mais de 1 milhão de elementos para associar as tarefas de planejamento junto à plataforma 4D.

O planejamento recebido para análise possuía uma estrutura bastante engessada, pois estava organizado de modo macro, dificultando o desenvolvimento do trabalho em 4D. Por meio de uma série de discussões e reuniões com a equipe de planejamento da construtora, foi possível entender o processo e mapear os pontos que deveriam ser adaptados para atingir a meta. A partir deles, definiu-se a nova estrutura analítica de projeto (EAP), contemplando as unidades de controle com foco no planejamento 4D.

Conforme já abordado, o planejamento recebido era bastante amplo e não continha o nível de desenvolvimento necessário para a aplicação dos conceitos 4D. Após análise da consultoria, o planejamento saltou de 800 tarefas para quase 8 mil tarefas.

Posteriormente, a consultoria subdividiu os modelos e adicionou os parâmetros de planejamento 4D. A subdivisão respeitou as diretrizes estabelecidas no Plano de Ataque e, conseqüentemente, na nova estrutura analítica de projeto. Com relação aos parâmetros de planejamento 4D, foram adicionados:

- a) NOME/IDENTIFICAÇÃO: descreve a nomenclatura do elemento;
- b) SEGMENTAÇÃO: nível macro de segmentação que se resume em edificação (torre), embasamento, galpões, edifícios anexos, canteiro, etc.;

- c) SETORIZAÇÃO: nível micro de setorização que determina de qual torre ou embasamento é o elemento: TOR_A, TOR_B, EMB_A, etc.;
- d) TRECHO: define o zoneamento de execução de obra – Trecho 1, Trecho 2, Trecho 3, Trecho A, Trecho B, etc.;
- e) PAVIMENTO: determina setorização vertical e informa em qual pavimento aquele elemento será executado em obra – 1º Subsolo, Térreo, 1º Pavimento, etc.;
- f) EIXO X: eixo horizontal, este parâmetro localiza o elemento por eixo (A, B, C...), caso seja necessário;
- g) EIXO Y: eixo vertical, este parâmetro localiza o elemento por eixo (1, 2, 3...), caso seja necessário.

O passo seguinte consistiu na definição da linha de base (*baseline*) do projeto. O processo foi extremamente desgastante, pois havia uma falta de maturidade da equipe interna da construtora para entender sua importância. Por essa razão, houve diversas atualizações que culminaram com a sua definição ao longo da fase da construção, sendo que o correto seria no início da obra.

Concluída essa etapa, ocorreu a entrega preliminar da modelagem 4D e o treinamento e capacitação da equipe na utilização do Synchro Viewer.

Detalhando o desenvolvimento da fase que visou a construção do modelo 4D, por meio do trabalho da equipe de consultoria externa, apoiada pela equipe de planejamento da construtora, os serviços executados nesse estágio foram:

- a) importação do Modelo 3D (fornecido pela contratante);
- b) importação de Cronograma em MS Project ou Primavera (fornecido pela contratante);
- c) definição de Estratégia do Desenvolvimento do modelo 4D – Macro;
- d) criação de Recursos;
- e) atribuição de Recursos às Atividades do cronograma;
- f) criação de animação com simulação 4D do cronograma (*baseline*);
- g) entrega do arquivo final para visualização no Synchro Viewer.

Com o intuito de compreender, de maneira visual, o ciclo descrito anteriormente, a seguir, é possível observar o fluxograma do processo de modelagem 4D.

A operação tem início com o recebimento das informações do cliente, sejam elas geradas por arquivo de planejamento em MS Project (mpp), Primavera P6 ou Power Point (ppt), e os projetos em formato nativo (rvt, skp, etc.) e aberto (IFC). Em seguida, realiza-se a análise desses documentos com o intuito de verificar sua aderência e identificar possíveis inconsistências: se em desacordo, encaminham-se questionamentos visando esclarecimentos por parte do cliente; se não, o próximo passo a ser dado é o início (*kick-off*) do planejamento 4D, com a organização e os ajustes de parâmetros para a modelagem. Como produto dessa etapa, tem-se a criação do arquivo do Synchro Viewer (spx).

Na sucessão dos acontecimentos, o subsequente é a associação dos elementos presentes nos modelos com as tarefas contidas no cronograma. Cumprindo esse estágio, valida-se o modelo 4D com o planejamento enviado e a criação do arquivo de trabalho do Synchro (spx); aprovada a entrega, o próximo passo refere-se às atualizações do planejamento 4D, caso contrário, o processo retorna para correção das incongruências.

Motivada por uma necessidade do cliente, a atualização da modelagem 4D desse projeto ocorreu de modo semanal, e o pacote de tarefas envolvidas contou com:

- a) importação de cronograma em MS Project atualizado: o arquivo com a atualização do cronograma é encaminhado pela construtora em formato nativo (mpp); a consultoria o recebe e o salva em formato xml compatível com a solução 4D;
- b) entrega de arquivo para visualização no Synchro Viewer: posteriormente à realização da importação dos dados externos do cronograma no formato xml, o arquivo é encaminhado para verificação da construtora;
- c) criação de animação com simulação 4D do cronograma (planejado *versus* realizado): o passo seguinte é efetuar a animação dos cenários; o guia de animações é selecionado, os elementos considerados relevantes são configurados e o tempo de simulação é estabelecido.

- d) criação de imagens com simulação 4D do cronograma (planejado *versus* realizado): concluída a geração da animação da construção, são criadas as imagens com um horizonte de três meses.
- e) criação de pontos de vista e filtros 3D para desenvolvimento de relatório gerencial: configurando o último estágio da entrega do planejamento 4D, são estabelecidos os pontos de vista e os filtros 3D considerados relevantes. Nas imagens que se sucedem, observam-se os exemplos das situações da pavimentação e da drenagem;
- f) emissão de relatório em pdf com imagens do previsto *versus* realizado dos principais serviços realizados: o resultado final do trabalho do portfólio 4D é a geração do relatório gerencial; o produto final é originado dos filtros e pontos de vista configurados na etapa anterior.

3.2.2 Entrevistas

A segunda etapa do Estudo de Caso contempla entrevistas com os pontos focais do processo de projeto com o objetivo de identificar o nível de maturidade em relação aos eixos analíticos.

Para identificar o processo de planejamento vigente e as mudanças ocasionadas pela migração do método praticado para o BIM com ênfase no 4D da empresa estudada, foi aplicado um questionário com o objetivo de mapear as impressões dos participantes desse projeto sobre o processo de planejamento e controle do galpão, com ênfase nas diferenças entre as técnicas aplicadas no processo tradicional e o 4D. A estrutura do questionário divide-se em:

- **Bloco 1 – Perfil do entrevistado:** objetiva mapear a formação e o tempo de experiência na área.
- **Bloco 2 – Processo de projeto:** visa mapear o processo de projeto da empresa.
- **Bloco 3 – BIM:** tem o propósito de detectar o nível de conhecimento e experiência dos profissionais e da empresa em relação ao BIM.

- **Bloco 4 – Processo de planejamento e controle:** sua finalidade é mapear o processo de planejamento e controle da empresa.
- **Bloco 5 – Modelagem 4D:** visa mapear o conhecimento dos participantes em relação à modelagem 4D, assim como as potencialidades e barreiras identificadas e suas visões de futuro.

O questionário foi aplicado aos seguintes participantes: coordenador de projetos, gerente de planejamento, engenheiro de planejamento e diretor da consultoria externa. Em função do perfil de cada entrevistado, os blocos foram segmentados de acordo com o Quadro 4.

| ENTREVISTADO | | | | |
|---|-------------------------|-------------------------|----------------------------|-------------|
| BLOCO | COORDENADOR DE PROJETOS | GERENTE DE PLANEJAMENTO | ENGENHEIRO DE PLANEJAMENTO | CONSULTORIA |
| BLOCO 1 – PERFIL ENTREVISTADO | X | X | X | X |
| BLOCO 2 – PROCESSO DE PROJETO (4) | X | | | |
| BLOCO 3 – BIM (18) | X | X | X | X |
| Bloco 4 – PROCESSO DE PLANEJAMENTO E CONTROLE (5) | | X | X | X |
| Bloco 5 – Modelagem 4D (22) | X | X | X | X |

Quadro 4– Bloco em relação ao perfil do entrevistado

3.2.3 Coleta dos dados

A coleta de dados ocorreu por meio da apresentação do questionário aos participantes do estudo. Como já mencionado anteriormente, colaboraram para o presente trabalho o coordenador de projetos, o gerente de planejamento, o engenheiro de planejamento e o consultor externo. A seguir estão descritas as respostas de cada entrevistado.

3.2.3.1 Coordenador de Projetos

No bloco correspondente ao processo de projeto, o coordenador comentou que não existe um processo de projeto estabelecido dentro da empresa. As equipes são divididas por projeto, sendo que cada obra conta com um arquiteto responsável pela validação dos projetos do empreendimento.

Com relação aos escopos dos projetos, assim como no processo de projeto, não existe um padrão a ser seguido. Os escopos são elaborados a partir de experiências passadas e exigências do cliente, e atrelada a essa questão está a qualificação dos projetistas, que também envolve experiências anteriores. Por fim, no que diz respeito ao processo de projeto, a coordenação dos projetos entregues é voltada mais para a cobrança de prazos do que para um procedimento interno de coordenação.

No bloco referente ao BIM, o coordenador de projetos define a ferramenta como uma tecnologia. O entrevistado tomou conhecimento da modelagem da informação entre cinco e dez anos, e começou a trabalhar com o conceito entre dois e cinco anos, sendo que, atualmente, utiliza modelos BIM no seu cotidiano.

Quando o assunto envolve as dificuldades encontradas, o entrevistado revela que a falta de conhecimento dos participantes, aliada à cultura enraizada do método tradicional, são alguns dos pontos críticos. Ademais, o coordenador também cita como entraves os elevados custos de infraestrutura tecnológica necessária.

Em contrapartida, a grande vantagem apontada é o envolvimento de todos os *players* no processo de maneira colaborativa. Outros pontos importantes são a melhoria da comunicação; a parametrização, que permite a otimização do tempo; e o aumento da qualidade final do produto.

Por último, o entrevistado respondeu aos questionamentos pertinentes à modelagem 4D; para ele, a ideia central é facilitar o entendimento da sequência construtiva, pois trata-se de uma ferramenta muito poderosa que pode auxiliar grandemente a equipe de produção.

A principal potencialidade citada foi a visualização da construção. Por sua vez, a falta de conhecimento da equipe, somada à oposição em romper com o método tradicional, foram as principais barreiras identificadas. A definição do uso da modelagem 4D no projeto foi considerada um ponto-chave, pois impactará no processo de detalhamento da EAP e na definição da qualificação dos *players*.

O coordenador defende que a principal diretriz para o desenvolvimento da modelagem 4D refere-se ao nível de detalhamento, pois o planejamento 4D já é uma realidade adotada por toda a indústria da construção.

3.2.3.2 Gerente de Planejamento

Para o gerente de planejamento, BIM é um processo de integração entre os participantes do projeto. O entrevistado tomou conhecimento da metodologia entre um e dois anos e, atualmente, trabalha com a modelagem da informação.

Na sua visão, a principal barreira é a ausência de conhecimento e de colaboração por parte dos participantes, mas a questão do acultramento, ou seja, a dificuldade que os colaboradores sentem para sair da zona de conforto, também merece destaque. Quanto às potencialidades, a possibilidade de desenvolver todo o projeto de forma virtual com uma representação 3D é apontada como uma grande vantagem.

No processo de planejamento e controle, as principais vantagens de trabalhar com o modelo tradicional são a simplicidade e a praticidade, que não exigem um conhecimento aprofundamento da ferramenta (MS Project). Por ser similar ao Excel, todos já possuem uma noção básica de seu funcionamento e, em paralelo, as limitações complementam as vantagens. A simplicidade de informações prejudica tanto a realização de análises mais profundas quanto a visualização do sequenciamento da obra, em razão da sua complexidade.

Segundo o entrevistado, a modelagem 4D, em um primeiro momento, correspondia à associação do modelo ao cronograma, contudo, com este case, foi possível perceber que o produto resultante não era somente a representação visual do sequenciamento da obra – análises mais profundas podem ser elaboradas, dependendo do nível de informação presente nos modelos 4D.

A representação visual é vista como uma das potencialidades do BIM, uma vez que a construção virtual possibilita a melhoria do entendimento por parte dos participantes, influenciando na colaboração e na comunicação. As identificações de conflitos antes da construção são outro aspecto positivo e, no que se refere às barreiras, nota-se que a falta de apoio de todos os setores da empresa, com destaque para o nível gerencial, a resistência à mudança e a falta de qualificação por parte dos colaboradores são fatores determinantes.

Os pontos relevantes a serem considerados são as definições relacionadas aos processos, políticas e tecnologias envolvidas, e, segundo o entrevistado, toda a indústria deverá adotar a modelagem 4D em um período de cinco anos.

Por fim, o alinhamento de expectativas com a clareza do escopo na hora da contratação é apontado como a principal diretriz para o desenvolvimento de projetos com foco na modelagem 4D.

3.2.3.3 Engenheiro de Planejamento

De acordo com o engenheiro de planejamento, *Building Information Modelling* é uma metodologia que envolve processos, políticas e pessoas, e que tem como finalidade melhorar o produto final da construção civil. Há menos de um ano conheceu a ferramenta com a qual trabalha atualmente.

A dificuldade inicial foi entender o valor que o BIM podia agregar no seu trabalho. Sob sua ótica, tratava-se de mais uma tarefa a ser executada, mas na verdade, era justamente o contrário, já que seu uso estava apoiando o serviço desenvolvido. Outra dificuldade citada foi a falta de mão de obra qualificada, porém, a grande barreira é a quebra de paradigma com o método praticado. Na outra ponta, a principal vantagem consiste na identificação de incompatibilidades de projeto antes da execução da obra.

No que concerne ao processo de planejamento e controle, a praticidade e a simplicidade são consideradas pontos positivos do modelo atual exercido no projeto. As limitações do modelo vigente residem na dificuldade de entender o sequenciamento construtivo e realizar análises mais profundas.

O engenheiro de planejamento definiu a modelagem 4D como a representação visual do cronograma e elencou como potencialidades a representação da sequência construtiva, a análise de cenários e a possibilidade de checar se os dados oriundos do *software* de planejamento estão coerentes com o que foi realmente planejado. Na contramão, a principal barreira é a falta de qualificação dos profissionais da empresa para entender o processo.

Para o entrevistado, a definição dos objetivos, a determinação das unidades de controle e a definição da *baseline* no início da obra são consideradas pontos-

chave; segundo ele, a modelagem 4D já está sendo usada em toda a indústria da construção.

Finalizando, o profissional elegeu as seguintes diretrizes para o desenvolvimento direcionado para a modelagem 4D: conhecimento do processo de projeto; definição dos objetivos do projeto e dos usos BIM; clareza de escopo e alinhamento das expectativas.

3.2.3.4 Consultor

Segundo o consultor, BIM é um processo que integra um conjunto de ferramentas, atrelado a objetivos específicos que tragam maior confiabilidade ao processo, mitigando os riscos envolvidos; enfim, trata-se de uma solução estratégica.

O entrevistado conheceu a metodologia com a qual trabalha atualmente entre dois e cinco anos. As principais dificuldades observadas no seu uso são a interoperabilidade, fato que ele acredita ser um gargalo significativo, e a precificação dos serviços; na outra vertente, a das vantagens, estão a previsibilidade e a possibilidade de mitigar riscos.

Na seção referente ao processo de planejamento e controle, nos dias atuais, o profissional entende que o grande benefício do modelo de planejamento adotado até então é a aderência com pessoas e recursos para atender às necessidades de mercado. Por outro lado, na parte das limitações, o modelo de planejamento tradicional é muito engessado, pois há dificuldade de visualização e entendimento da sequência construtiva, dificultando a realização de análises mais profundas.

Na visão do consultor, a modelagem 4D difere da modelagem convencional por focar na segmentação, nos trechos e nas unidades de controle para monitoramento. O entrevistado entende que o modelo precisa ser leve e conter as propriedades geométricas necessárias, como por exemplo, os parâmetros de área e volume que auxiliarão na tomada de decisões e estudo de cenários.

Para o profissional, o que diferencia o processo de planejamento atual da modelagem 4D é a validação visual do que foi planejado, possibilitando imprimir credibilidade e confiabilidade ao que foi planejado. No seu entendimento, os pontos-

chave correspondem à clareza de escopo e ao nível de detalhamento do planejamento em função das unidades de controle. Em contrapartida, as diretrizes relevantes para o desenvolvimento da modelagem 4D contemplam a definição dos softwares, do processo e da qualificação dos participantes.

Por fim, o consultor acredita que a adoção do *Building Information Modelling* já é uma realidade dentro do universo da construção civil.

3.2.4 Análises comparativas

A ideia deste subitem é examinar o posicionamento dos participantes do estudo, com o objetivo de realizar análises comparativas em relação aos blocos contemplados no questionário.

Para facilitar o entendimento das análises, optou-se por separá-las em função da estrutura apresentada aos envolvidos; portanto, a divisão ficou estabelecida da seguinte maneira: processo de projeto; BIM; processo de planejamento e controle e modelagem 4D.

3.2.4.1 Processo de projeto

Analisando os dados coletados, é possível verificar que somente o coordenador de projetos entende o processo de projeto praticado pela empresa.

3.2.4.2 *Building Information Modelling* (BIM)

Há diversas definições para o BIM: para o coordenador, é sinônimo de tecnologia; para os profissionais da área de planejamento da empresa, corresponde a um processo de integração. Em paralelo, para o consultor, trata-se de uma solução estratégica que credita maior confiabilidade ao processo, mitigando os riscos presentes.

Com relação ao conhecimento da metodologia, nota-se que o coordenador de projetos possui mais tempo de experiência em comparação aos demais participantes. Hoje, todos os entrevistados trabalham com modelos BIM.

No que concerne ao início dos trabalhos com a metodologia, o coordenador e o consultor atuam há mais tempo com a ferramenta do que os colaboradores do setor de planejamento. Quando o assunto volta-se para as dificuldades encontradas, todos os entrevistados apontaram para a falta de conhecimento e para o aculturamento em relação ao método tradicional. Em contraponto, o consultor externo foi mais cirúrgico em sua análise, identificando a interoperabilidade como o grande gargalo.

Quanto às potencialidades observadas, de certo modo, todas as respostas convergiram para a mesma direção: detectar as inconsistências de projeto antes da sua execução.

3.2.4.3 Processo de planejamento e controle

Quando o assunto envolve as vantagens e as limitações do modelo de planejamento tradicional, nota-se uma concordância entre os entrevistados. A simplicidade e a praticidade são os grandes benefícios e, no extremo das barreiras, está a dificuldade de entender o sequenciamento construtivo e realizar análises mais aprofundadas.

3.2.4.4 Modelagem 4D

O entendimento dos participantes no que diz respeito à modelagem 4D é bem amplo. As respostas são de todos os tipos: enquanto para o coordenador e o engenheiro de planejamento ela corresponde à representação visual da sequência construtiva, para o gerente de planejamento e para o consultor é possível, além de visualizar virtualmente a construção, tomar decisões e simular cenários.

A grande potencialidade, na visão dos colaboradores da empresa, é a representação visual da sequência construtiva, que permite a identificação de possíveis conflitos, favorecendo a aderência ao planejamento. Em contrapartida, as barreiras e desafios encontrados são a falta de pessoal qualificado e de incentivo dos níveis superiores.

O coordenador de projetos relata que o ponto-chave é a definição do uso da modelagem 4D no projeto, pois esta impactará no processo; paralelamente, o

gerente de planejamento enxerga a questão da definição de processos, políticas e tecnologias pertinentes ao projeto. Por sua vez, o engenheiro de planejamento assinala a definição dos objetivos esperados e a determinação das unidades de controle, e outro ponto destacado pelo profissional abraça a cravação da linha de base no início do projeto.

A adoção do planejamento 4D pela indústria da construção, do ponto de vista do coordenador, do consultor e do engenheiro de planejamento, já é uma realidade. O gerente de planejamento, no entanto, acredita que o conceito será adotado em um período de cinco anos.

Para o coordenador de projetos, a diretiva principal engloba o nível de desenvolvimento (LoD); para os profissionais de planejamento da empresa que participaram do estudo, o alinhamento de expectativas e a clareza na definição do escopo são as principais diretrizes. O consultor entende que a definição do processo, dos softwares e a qualificação dos profissionais são as diretrizes essenciais.

3.2.5 Análise crítica da observação por parte do autor versus o referencial teórico

Com base no referencial teórico e nas respostas dos participantes, o passo seguinte é a realização da análise crítica do relato, segmentada em consonância com os eixos analíticos da fundamentação teórica e da estrutura do questionário, que são: BIM, processo de planejamento e controle e modelagem 4D.

Autores como Limmer (2017) e Formoso et al. (1999) defendem que o planejamento envolve a tomada de decisão, o estabelecimento de objetivos e os meios para alcançá-los, assim como a comunicação dos resultados pretendidos entre as partes interessadas do projeto. Com o relato, foi possível constatar que o gerente e o engenheiro de planejamento não conseguiram definir o conceito de planejamento e expressar as palavras-chave apontadas pelos autores – fato este considerado inexplicável, uma vez que suas atividades estão diretamente ligadas ao planejamento.

Embora alguns funcionários da empresa desconheçam o conceito de plano de longo prazo defendido por Bernardes (2021), pode-se dizer que ele é executado. Da

estrutura desenvolvida por Limmer (2017), foi possível verificar que a construtora segue as práticas e atende às ideias propostas.

Apesar de o diagrama de barras ser utilizado com frequência pelo gerente e pelo engenheiro de planejamento, estes não conseguiram definir o conceito e o processo, em concordância com Limmer (2017) e Mattos (2019).

Assim como visto no diagrama de barras, os responsáveis do setor de planejamento da construtora também não conseguiram definir o diagrama de redes.

A prática exercida pela construtora não vai ao encontro dos princípios de Limmer (2017) e Mattos (2019) em relação ao CPM e ao PERT. Em contrapartida, os responsáveis, além de não saberem o significado dessas siglas, somente identificam as atividades críticas em função da sua duração, e não do caminho crítico, e não utilizam as três estimativas de tempo, como a boa prática sugere.

O diagrama tempo-caminho, também denominado por Limmer (2017) como Linha de Balanço, foi outro conceito desconhecido pelos envolvidos do setor de planejamento da construtora.

O ciclo de planejamento exposto por Laufer e Tucker (1987 apud FORMOSO et al. 1999) é aplicado na construtora, todavia, existem gargalos entre a etapa de difusão da informação e a avaliação do processo de planejamento, uma vez que, como observado nas respostas ao questionário, a obra não possui um processo de planejamento estruturado.

A construtora, na maioria dos casos, não segue o que foi idealizado pelo engenheiro de planejamento, que teve como base o plano mestre, ponto. A comunicação sugerida pelo autor entre o planejador e a equipe de produção, visando destacar que a produção é um compromisso de todos, não existe. A construtora tem uma visão limitada do processo e não consegue olhar no horizonte de médio prazo, conforme recomendado por Bernardes (2021).

No que concerne ao conceito de modelagem 4D, as respostas da equipe da construção convergiram com a visão de Leinonen et al. (2005) e Collier e Fischer (1995), na qual os modelos 4D correspondem à associação dos elementos 3D com a variável tempo e representam a compreensão da sequência construtiva entre projetistas, planejadores, fornecedores e construtores envolvidos.

Em relação à definição do BIM, nota-se um alinhamento de ideias entre os colaboradores da construtora com as instituições direcionadas à disseminação da metodologia. Os principais pontos identificados relatam que o BIM envolve processos, políticas, pessoas, comunicação, integração e tecnologia.

A modelagem 4D não contou com a integração entre os setores mencionados por Coble, Blatter e Agaj (2005), fato por eles considerado imprescindível. Para os autores, é fundamental entender os potenciais ganhos com a tecnologia, pois mesmo em um estágio inicial, os setores podem se beneficiar pela simples visualização. Em um primeiro momento, os envolvidos enfrentaram dificuldades para compreender a real potencialidade da tecnologia, o que acabou por acarretar uma falta de interesse para implantação do 4D como ferramenta de gestão de obra.

O escopo de modelagem foi bem debatido ao longo do estudo. Fischer, Haymaker e Liston (2005) defendem que as partes interessadas do projeto precisam definir seus objetivos para, então, identificar quais usos BIM atendem às suas expectativas – o que não ocorreu neste estudo. Conforme mencionado anteriormente, a concorrência para a realização do serviço disparada para o mercado continha como premissa somente a necessidade de execução do 4D; não havia detalhamento do escopo, o que acabou ocasionado um desalinhamento de expectativas.















O escritor inglês Carroll é autor de uma frase que sintetiza muito bem a situação: “Se você não sabe para onde ir, qualquer caminho serve”. No estudo realizado por Fischer, Haymaker e Liston (2005), foi possível identificar um padrão de escopo dos modelos 4D: a revisão da construtibilidade do processo de construção. No caso, o escopo não tinha esse viés, pois a tecnologia só havia sido mencionada em razão de uma exigência do cliente.













Foram observadas algumas dificuldades na definição das unidades de controle das atividades, fato este considerado fundamental para Leite et al. (2011), pois está associado ao seu propósito de uso, que impacta no detalhamento dos elementos do modelo. Eastman et al. (2021) e Fischer, Haymaker e Liston (2005) também defendem que o nível de detalhamento está relacionado com os objetivos e expectativas dos usuários.

Como descrito ao longo do estudo, a solução tecnológica de modelagem 4D escolhida foi a Synchro Pro, da Bentley, por desempenhar todas as funcionalidades que se espera de um *software* voltado para esse uso específico, de acordo com Eastman et al. (2021). Por meio dessa ferramenta, obteve-se conexão automática, capacidade de importação BIM, capacidade de importação do cronograma, combinação/atualização do modelo 3D, reorganização, componentes temporários, animação, análises e saídas.

Com o intuito de sintetizar todas as comparações realizadas entre o relato e o referencial teórico, o Quadro 8 foi desenvolvido para confrontar os conceitos e as boas práticas consolidados e implementados dentro da organização, e avaliar se estes agregam valor à mesma.

As comparações foram desenvolvidas segundo três variáveis: conceito, boas práticas e valor. No caso do conceito, a ideia era confirmar sua consolidação entre os participantes do estudo; no que se refere às boas práticas, o ponto de análise voltou-se para a verificação de sua presença dentro do processo de planejamento e controle da organização; por fim, o valor agregado teve a intenção de detectar se houve benefícios de custos, tempo e qualidade, em concordância ou discordância com os outros dois objetos de observação.

| GRUPO | SUBGRUPO | CONCEITO CONSOLIDADO | BOAS PRÁTICAS IMPLEMENTADAS | AGREGA VALOR |
|---|--|---|---|---|
| PLANEJAMENTO E CONTROLE DE OBRAS | Conceito |  |  |  |
| | Planejamento de curto, médio e longo prazo |  |  |  |
| FERRAMENTAS DE PLANEJAMENTO FÍSICO DA OBRA | Diagrama de Barras |  |  |  |
| | Diagrama de Rede |  |  |  |
| | Métodos CPM e PERT |  |  |  |
| | Diagramas Tempo-Caminho |  |  |  |
| SISTEMAS, MODELOS E MÉTODOS DE PLANEJAMENTO | Sistemas de planejamento tradicional |  |  |  |
| | <i>Location-Based Management System</i> |  |  |  |

| | | | | |
|---------------------|---|---|---|---|
| MODELAGEM 4D | Conceitos de Modelagem |  |  |  |
| | BIM |  |  |  |
| | Implantação da modelagem 4D na construção civil |  |  |  |
| | Definição de <i>software</i> de modelagem 4D |  |  |  |

Quadro 5 – Aferição dos conceitos e boas práticas adotadas pela organização

A análise do contexto geral permitiu o diagnóstico de alguns pontos interessantes. Embora os conceitos ainda não estejam consolidados, a geração de valor e a tradução de alguns eixos analíticos em boas práticas são notáveis. Sobre a modelagem 4D, o cenário não é animador, uma vez que conta com inúmeros assuntos que precisam ser consolidados e implementados. Como conclusão, dadas as circunstâncias, é visível a possibilidade de evolução das técnicas, processos e métodos de planejamento e controle dentro da organização.

No que se refere ao planejamento e controle de obras, percebe-se que o desconhecimento da equipe sobre o conceito consolidado não impediu que as boas práticas fossem implementadas, agregando valor; em contrapartida, o cenário observado nas ferramentas de planejamento físico de obra se mostrou preocupante. Embora os diagramas de barras e redes tenham sido aplicados sem definição sólida, mas com boas práticas agregando valor, os métodos CPM e PERT não executaram nenhuma das variáveis.

Em relação ao sistema de planejamento tradicional, nota-se que o conceito não estava amadurecido, mas havia boas práticas sendo adotadas. A agrura, no entanto, reside no fato de o método não adicionar valor. Por sua vez, o modelo *Location-Based Management System* não trazia consigo o conhecimento do conceito e a aplicabilidade das boas práticas, ocasionando uma ausência de arrojo.

Finalmente, apenas o conceito da modelagem 4D demonstrou uma base coerente, com boas práticas culminando para a formação de valor.

3.2.6 Análise crítica da modelagem 4D do relato versus o referencial teórico

Seguindo as diretrizes do último tópico, este subitem efetuou a análise crítica do processo de modelagem 4D presente no relato com o referencial teórico, em consonância com os modelos de Souza (2016) e GSA (2009). O eixo analítico principal foi o processo de planejamento e controle da produção ideal, segmentado em etapa do projeto, dimensão vertical do planejamento, entregáveis, ferramentas aplicadas e usos do 4D.

Visando a análise do escopo e dos objetivos correspondentes à modelagem 4D, o primeiro ponto envolveu a caracterização das etapas do processo de empreendimento. Souza (2016), com o intuito de propor diretrizes para a gestão do processo de projeto, definiu o empreendimento com as seguintes etapas: concepção, definição, detalhamento, construção e operação.

Por outro lado, a GSA (2009) estabelece as seguintes fases: *pré-design*, *design* e construção. A fim de desenvolver uma análise, foram utilizados os conceitos defendidos por Souza (2016), uma vez que o *pré-design* corresponde às fases de concepção e definição, e o *design* condiz com o detalhamento. Considerando os objetivos do estudo, a operação nas análises não foi contemplada.

De acordo com Souza (2016), a concepção envolve a criação e a organização das informações necessárias para definir os requisitos de informação por parte do cliente, o Plano de Necessidades e os estudos iniciais do empreendimento. Para o autor, a definição diz respeito aos estudos técnicos e de viabilidade econômico-financeira, com foco na minimização de riscos para a tomada de decisão.

Dando continuidade à estruturação das etapas do projeto, a fase de detalhamento pode ser entendida como o prosseguimento da atividade analítica, nas definições e na tomada de decisões antes da etapa de construção (SOUZA, 2016).

Por fim, Souza (2016) acredita que a etapa de construção corresponde à transição entre a fase projetual e a de produção, e envolve a execução da obra por parte da equipe responsável, respeitando os projetos. Em razão do modelo apresentado pelo autor, foi possível concluir que a gestão dos modelos, o ambiente colaborativo e as tecnologias estão presentes em todo o projeto.

A GSA (2009), buscando entender as necessidades dos projetos, mapeou as oportunidades de aplicação da modelagem 4D em cada fase do projeto; o resultado alcançado pode ser observado no Quadro 6.

| FASE | DESAFIOS DO PROJETO | OBJETIVOS |
|---|---|---|
| Concepção / Definição – <i>Pré-Design</i> | Como comunicar o plano de fases? Como visualizar alternativas de construção? Quais são os fatores de limitação? | Compreender melhor o uso do espaço; Economizar tempo no planejamento; Melhor comunicação com os envolvidos; Análise visual de alternativas de construção e atividades. |
| Detalhamento – <i>Design</i> | Como integrar as especificações de projeto com o cronograma de construção? Como comunicar o cronograma aos licitantes em potencial? | Melhor comunicação para as partes interessadas do projeto sobre o processo de construção, duração e intenções do projeto. |
| Construção | Como gerenciar o cronograma de construção e coordenar os subcontratados? Como manter o fluxo de tráfego durante a construção? Como comunicar o escopo de cada atividade às partes interessadas e aos trabalhadores durante o processo? Como implementar um projeto enxuto e eficiente? | Melhor coordenação de subcontratados, bem como atividades de outros ocupantes durante a construção; Mostrar o modelo 4D ao grupo apropriado, no momento certo. |

Quadro 6 – Oportunidades da modelagem 4D em cada fase
Fonte: Adaptado de GSA (2009)

Nota-se que as oportunidades de modelagem 4D estão presentes em praticamente todo o ciclo do empreendimento. Na fase de *pré-design* (concepção e definição), é possível realizar análises visuais de alternativas e métodos construtivos, com o propósito de reduzir o tempo de construção; no *design*, a comunicação entre as partes interessadas no que se refere ao processo de construção tem potencial para ser melhorada; finalizando, na construção, o 4D é capaz de democratizar o entendimento da sequência construtiva entre os envolvidos.

Com o objetivo de corroborar com a análise das etapas de projeto, ampliou-se o campo de investigação para o processo de planejamento e controle da produção. A observação teve como base os conceitos de dimensão horizontal e vertical, e as informações foram sintetizadas em etapa de projeto, dimensão vertical, nível

hierárquico, descrição, entregáveis, ferramentas aplicadas e 4D. O Quadro 7 resume o processo de planejamento e controle da produção ideal.

| PROCESSO DE PLANEJAMENTO E CONTROLE DA PRODUÇÃO IDEAL | | | | | | |
|---|-----------------------------|---------------------------------------|---|---|---|---|
| ETAPA | DIMENSÃO VERTICAL | NÍVEL HIERÁRQUICO / TOMADA DE DECISÃO | DESCRIÇÃO | ENTREGÁVEIS DA ETAPA | FERRAMENTAS APLICADAS | 4D |
| Concepção | Planejamento de longo prazo | Estratégico | <p>Idealização do produto</p> <p>Identificação dos requisitos da edificação, em concordância com os objetivos operacionais</p> <p>Estruturação do programa da edificação, que deve ser desenvolvido segundo objetivos e requisitos operacionais</p> <p>Avaliação da viabilidade do empreendimento na esfera do tempo e do custo</p> <p>Ciência e análise das restrições legais de uso e ocupação para o terreno em estudo</p> | <p>Plano baseado em previsões de longo prazo</p> <p>Definição das metas a serem alcançadas</p> <p>Plano mestre</p> <p>Planejamento dos recursos de longo <i>lead time</i></p> <p>Previsão de fluxo de caixa</p> <p>Levantamento de dados</p> <p>Programa de necessidades</p> <p>Estudo de viabilidade</p> | <p>Planilha das restrições legais</p> <p>Atas de reunião</p> <p>Planilha de premissas</p> <p>Plano de Execução BIM (BEP)</p> <p>Cronograma físico-financeiro</p> <p>Matriz RACI</p> <p>Plano de gerenciamento dos <i>stakeholders</i></p> <p>Estrutura Analítica de Projeto (EAP)</p> | <p>Suporte à decisão no que se refere a sistemas construtivos a análise de custos indiretos no tempo</p> <p>Maior comunicação com as partes interessadas por meio de visualização e de melhor compreensão</p> <p>Análise preliminar de fluxos de tráfego e atividades de construção</p> <p>Apoio ao desenvolvimento de alternativas de sequenciamento de construção</p> |

(Continua)

| | DIMENSÃO VERTICAL | NÍVEL HIERÁRQUICO / TOMADA DE DECISÃO | DESCRIÇÃO | ENTREGÁVEIS DA ETAPA | FERRAMENTAS APLICADAS | 4D |
|------------|-----------------------------|---------------------------------------|--|---|---------------------------------|--|
| Construção | Planejamento de médio prazo | Tático | <p>Vinculação das metas fixadas no plano de longo prazo com aquelas definidas no curto prazo</p> <p>Planejamento móvel neste nível, conhecido como <i>lookahead planning</i></p> <p>Melhoria da eficácia do plano de curto prazo</p> <p>Análise do fluxo de trabalho para redução das atividades que não agregam valor ao processo</p> | <p>Detalhamento das metas</p> <p>Identificação e remoção de restrições</p> <p>Gestão de materiais, mão de obra, equipamentos, espaço e instalações provisórias</p> <p>Realização de ajustes para recuperar atrasos ou absorver incertezas</p> | Plano <i>lookahead</i> | <p>Melhor coordenação dos subcontratados</p> <p>Redução do número de interferências construtivas</p> <p>Redução dos custos de construção</p> |
| | Planejamento de curto prazo | Operacional | <p>Planejamento direcionado na realização de atividades voltadas a proteger a produção dos efeitos causados pelas incertezas</p> <p>Garantia de continuidade dos trabalhos para as equipes</p> | <p>Distribuição de tarefas para as equipes</p> <p>Inclusão de pacotes executáveis</p> <p>Promoção e gerenciamento de compromissos</p> <p>Controle da produção semanal</p> | Lista de tarefas semanais (PPC) | <p>Suporte na tomada de decisões</p> <p>Democratização do entendimento do projeto, por meio da sequência construtiva</p> |

Quadro 7 – Processo de planejamento e controle da produção ideal

O nível de detalhamento e incertezas está atrelado ao nível de planejamento. Na medida em que os avanços no projeto vêm sendo implementados, as informações se tornam mais precisas, assim como as certezas; adicionalmente, tem-se a modelagem 4D presente desde o primeiro momento. O objetivo do 4D é enriquecer o processo de planejamento por meio de melhor comunicação e compreensão da sequência construtiva, subsidiando o processo de tomada de decisão no que se refere a processos de produção desde o estudo de viabilidade.

A seguir, apresenta-se o sistema de planejamento e controle da produção da empresa estudada. A caracterização tem como objetivo a explicitação do processo para identificar se o mesmo está compatível com as práticas realizadas.

O processo tem início com a elaboração do plano de longo prazo; esse horizonte de planejamento baseia-se no orçamento da obra, que é desenvolvido a partir da análise dos projetos disponíveis e da utilização dos índices de produtividade. Outro ponto inerente à preparação do plano de longo prazo é o cronograma físico-financeiro: constatada a existência do orçamento e do mencionado cronograma, a próxima etapa envolve a verificação, junto ao departamento financeiro, da disponibilidade de recursos da empresa para o período.

Estabelecidas as datas de início e de término das atividades, tem-se a elaboração do cronograma geral, com o estabelecimento de metas a serem alcançadas pela equipe de produção. Com o início da obra, as metas cravadas no plano de longo prazo são atualizadas com as informações provenientes do andamento das tarefas no canteiro.

O plano de curto prazo tem como norteador o plano de longo prazo. O engenheiro residente ajusta as atividades programadas para a semana e informa as metas para as equipes de produção. O processo é retroalimentado com o cumprimento das tarefas definidas no plano de curto prazo e com o estabelecimento de novos serviços.

Posteriormente à caracterização do sistema de planejamento e controle da produção da empresa, foi possível sintetizar as informações, favorecendo a comparação entre a prática ideal e a adotada pela empresa. Na sequência, o Quadro 8 apresenta o resumo do processo de planejamento e controle da produção corrente.

| PROCESSO DE PLANEJAMENTO E CONTROLE DA PRODUÇÃO – ESTUDO DE CASO | | | | | | |
|--|-----------------------------|---------------------------------------|---|---|--|------------------|
| Etapa | Dimensão vertical | Nível hierárquico / Tomada de decisão | Descrição | Objetivo | Ferramentas | 4D |
| Construção | Planejamento de curto prazo | Operacional | Planejamento direcionado da realização de atividades voltadas ao atendimento do plano de longo prazo Produção diária | Distribuição de tarefas para as equipes Controle da produção (semanal) | Plano mestre Planilha de controle da produção | <i>Marketing</i> |

Quadro 8 – Processo de planejamento e controle da produção vigente

Verifica-se que o quadro resumo do processo de planejamento e controle da produção da empresa na fase de construção evidencia a ausência de um horizonte de planejamento de médio prazo. A dimensão de curto prazo visa atender às metas estipuladas no plano de longo prazo, com a distribuição das atividades para as equipes de produção. Há um controle da produção semanal e a aplicabilidade do planejamento 4D teve um viés comercial.

Considerando que o estudo foi realizado na fase de produção, a análise teve como objeto de verificação a etapa de construção. Confrontando os processos, foi possível notar algumas diferenças.

O primeiro ponto de análise entre os dois modelos envolveu o planejamento de médio prazo. Enquanto a boa prática enfatiza sua importância, dentro do processo de trabalho da empresa estudada, ela não existe. Tal fato poderia reduzir as restrições no ambiente produtivo e gerencial, a tempo de impedir interferências visando o plano de curto prazo, as incertezas envolvidas no projeto e a melhoria da eficácia do planejamento, por meio da análise dos fluxos de trabalho. Com o planejamento 4D, poderia haver um ganho de coordenação e comunicação dos subcontratados nessa etapa, além da prevenção das interferências construtivas.

No planejamento de curto prazo foram observadas incoerências significativas entre as propostas. As metas são definidas por quantidade, dificultando o controle e o monitoramento da atividade. Foi possível notar o estabelecimento de metas inatingíveis, a falta de integração entre a engenharia e a equipe de produção e suprimentos para determinar as atividades, e a inexistência de indicadores para acompanhar as causas de falha no planejamento, combatendo-as posteriormente.

Algumas comparações entre a aplicabilidade da modelagem 4D nos estudos de caso citados no referencial com o trabalho em questão foram realizadas com o intuito de concluir a análise crítica. Os eixos analíticos foram escopo, objetivos, desenvolvimento do fluxo de trabalho, potencialidades, barreiras e o nível de informação necessária.

O primeiro ponto de comparação envolveu a definição de escopo. O que foi observado na prática é totalmente diferente dos conceitos da GSA (2009) e do *4D Construction Group* (2021). Segundo os autores, é fundamental elaborar um diagnóstico das necessidades do empreendimento para, então, mapear as possíveis aplicabilidades do 4D para alcançar os objetivos propostos. Consolidada essa etapa, o próximo passo é a definição do escopo, a partir da seleção da ferramenta 4D e, posteriormente, com a implementação e a avaliação do processo 4D. No relato, apenas a etapa de implementação foi executada.

De acordo com o *4D Construction Group* (2021), nota-se que os requisitos-chave de responsabilidade da consultoria não foram atendidos em sua totalidade, com destaque para a ausência do Plano de Execução BIM (PEB).

A questão dos objetivos do projeto é crucial para o seu sucesso. Como visto anteriormente, não houve clareza dos objetivos e se os usos do BIM estavam aderentes a eles. Ao contrário do que ocorreu no projeto do Hospital Al-Najaf, no Iraque, os objetivos foram mapeados e serviram como base para a proposição dos usos BIM, como o planejamento 4D. A aplicação da quarta dimensão teve como foco a redução do custo e do tempo, e a melhoria da qualidade do produto final.

Analisando o fluxograma do trabalho desenvolvido no que se refere à modelagem 4D, foi possível identificar semelhanças e diferenças entre os estudos de caso do referencial e da pesquisa. O fluxo mais aderente ao do relato foi o projeto da Dubai Arena; por outro lado, o projeto do Aeroporto Internacional do Chile expôs etapas mais detalhadas.

No desenvolvimento da modelagem 4D do aeroporto foram executadas três atividades consideráveis para o sucesso do planejamento 4D: o projeto do canteiro, com o acréscimo de equipamentos como guas e andaimes; o planejamento diário, com o auxílio do modelo 4D; e a comunicação com as partes envolvidas.

As potencialidades apontadas pelos envolvidos estão em sintonia com aquelas descritas pelos autores citados no referencial teórico. Dentre elas, destacam-se a visualização e o entendimento da sequência construtiva, a identificação de conflitos e a melhora na comunicação entre os participantes do projeto. A seguir, o Quadro 9 sintetiza os benefícios apontados por cada estudo.

| Potencialidades | Estudo de Caso | Dubai Arena Project | Hospital Al-Najaf Iraque | Aeroporto Internacional de Santiago (Chile) |
|---|----------------|---------------------|--------------------------|---|
| Visualização da sequência construtiva | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ |
| Identificação de conflitos | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ |
| Entendimento do processo construtivo | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ |
| Melhora na comunicação entre as partes envolvidas | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ |
| Análise de cenários | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ |
| Potencialização da aderência entre o planejamento | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ |
| Geração de relatórios do progresso da obra, comparando o cronograma real à linha de base planejada e aprovada | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ |
| Rastreamento e controle de materiais | ✗ | ✓ | ✗ | ✗ |
| Simulações de logística de canteiro | ✗ | ✓ | ✗ | ✗ |
| Análises de planos de segurança e simulações de acordo com a legislação oficial local e informações fornecidas pela equipe de segurança | ✗ | ✓ | ✗ | ✗ |

Quadro 9 – Potencialidades apontadas em cada estudo de caso

Há uma sinergia muito grande entre os trabalhos no que se refere às barreiras encontradas para adoção do planejamento 4D. A cultura do processo tradicional de projeto e a falta de conscientização das vantagens e dos benefícios que esse novo processo oferece para o universo da construção são os principais obstáculos. Os

grandes desafios estão apoiados nas pessoas, nos processos, na tecnologia e na gestão.

No que concerne às pessoas, é nítida a ausência de profissionais especializados na área. Sobre a tecnologia, existem dois pontos a serem considerados: o investimento em infraestrutura tecnológica e a assistência aos usuários por parte dos desenvolvedores das ferramentas de planejamento 4D.

Finalizando, a gestão a nível estratégico não demonstra suporte para a adoção de novos processos em razão dos custos e do tempo envolvido. A seguir, o Quadro 10 sintetiza as barreiras apontadas por cada estudo.

| BARREIRAS | ESTUDO DE CASO | HOSPITAL AL-NAJAF IRAQUE |
|-------------------------------------|----------------|--------------------------|
| Cultural | ✓ | ✓ |
| Falta de mão de obra especializada | ✓ | ✓ |
| Infraestrutura tecnológica | ✓ | ✓ |
| Falta de apoio do nível estratégico | ✓ | ✓ |

Quadro 10 – Barreiras apontadas em cada estudo de caso

No estudo de caso, foi possível notar a utilização de diferentes níveis de desenvolvimento e de representações temporais, como apontaram Butkovic, Hessom e Oloke (2019). A estrutura metálica foi modelada para atender aos requisitos do planejamento 4D e simplificar a complexidade dos elementos, que estavam representados com padrões de fabricação, fato este que não agregava valor ao uso do *Building Information Modelling*.

Situação semelhante aconteceu com as instalações. Em razão da complexidade do projeto e por não compor valor à simulação construtiva, optou-se pelo desenvolvimento de uma modelagem genérica por setores, visando reproduzir o andamento das atividades de instalação. As representações temporais, por sua vez, foram definidas em função das unidades de controle e em consonância com a atualização do planejamento.

Para sintetizar todas as comparações realizadas entre o relato e o referencial teórico, apresenta-se, a seguir, o Quadro 11, que confronta os conceitos e as boas

práticas, a fim de verificar se os mesmos estão consolidados e implementados dentro da organização e se há valor agregado.

| TÓPICO | CONCEITO CONSOLIDADO | BOAS PRÁTICAS IMPLEMENTADAS | AGREGA VALOR |
|-----------------------|-------------------------------------|-------------------------------------|-------------------------------------|
| Escopo de contratação | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| Objetivos | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| Fluxograma | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| Potencialidades | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> |
| Barreiras | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| Nível de detalhe | <input type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> |

Quadro 11 – Aferição dos conceitos e boas práticas adotadas pela organização no que concerne à modelagem 4D

Da análise do quadro, percebe-se que a grande maioria dos tópicos não está em sintonia com as boas práticas, culminando com a ausência da geração de valor agregado ao produto. Em compensação, as potencialidades, as barreiras e o nível de detalhe exibiram pontos de similaridade entre os conceitos e as boas práticas, apresentando como resultado um impacto positivo no valor final do processo de projeto.

4 DISCUSSÃO DAS PRÁTICAS DE PLANEJAMENTO E CONTROLE NA CONSTRUÇÃO INDUSTRIAL

Tendo como base o processo de planejamento e controle descrito nas seções anteriores, este capítulo apresenta questões a cerca da contribuição da modelagem 4D, que tem como eixo a equipe de planejamento e controle, as técnicas de planejamento e controle, com destaque para as técnicas PERT/CPM, Linha de Balanço e *Last Planner System*, e as soluções 4D direcionadas para o ciclo de vida do empreendimento, compreendidas entre as fases de concepção e de construção. A seguir, a Figura 2 ilustra a visualização do modelo conceitual proposto.

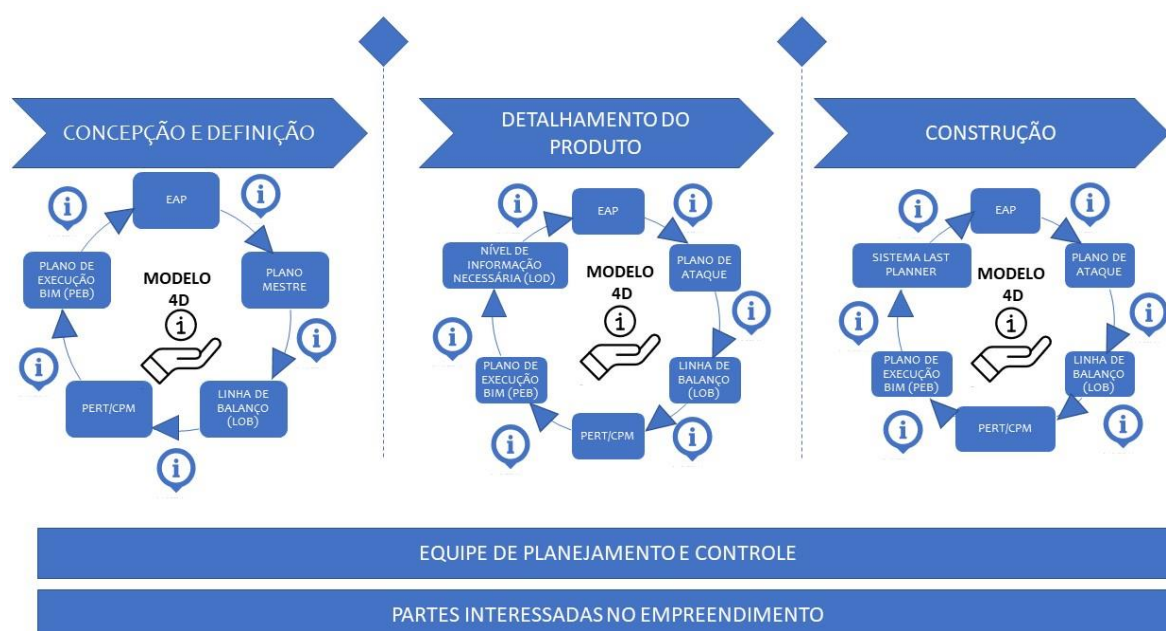


Figura 2 – Modelo conceitual

Segundo a imagem acima, o Modelo conceitual parte das macro fases do empreendimento industrial, sendo elas concepção, definição, detalhamento do produto e construção, do uso das técnicas de planejamento e controle do empreendimento e do envolvimento das principais partes interessadas, no caso, o incorporador, os projetistas, os consultores e a equipe de produção, ao longo de todo o ciclo de desenvolvimento do empreendimento.

No cenário proposto, as fases de concepção e definição estão sendo consideradas como uma fase única. A concepção auxilia o incorporador na organização e no desenvolvimento das informações necessárias para a elaboração

do Programa de Necessidades e estudos iniciais do empreendimento; a segunda fase, ou seja, a definição do empreendimento, tem como foco a minimização de riscos na tomada de decisão com relação ao produto imobiliário a ser empreendido, por meio de estudos técnicos e de viabilidade econômico-financeira.

Em relação aos agentes envolvidos, recomenda-se a atuação das seguintes partes: incorporador/cliente; projetistas, com destaque para as disciplinas de arquitetura, estrutura, fundações e instalações prediais; consultores, como os coordenadores de projeto e especialistas na metodologia BIM; e finalizando, se possível, com a equipe de produção.

O incorporador é o dono do negócio e compete a ele alimentar os projetistas de diretrizes para o desenvolvimento do Programa de Necessidade e dos estudos iniciais do empreendimento. Os projetistas são responsáveis por desenvolver soluções que atendam às expectativas do cliente, e os consultores tem como papel avaliar se as informações do projeto estão em conformidade com a normatização vigente, e garantir o atendimento das necessidades e exigências do cliente. Por fim, a equipe de produção deve atestar a complexidade construtiva proposta e se posicionar sobre a possibilidade de soluções construtivas.

Como ferramentas oriundas dessa etapa, tem-se a Estrutura Analítica de Projeto (EAP) e o Plano Mestre do empreendimento. A EAP funciona como um norteador para a elaboração do plano, pois envolve o entendimento do escopo do empreendimento a ser projetado e, posteriormente, executado. Com relação ao Plano Mestre, citam-se como técnicas de planejamento utilizadas o CPM (Gantt) e a Linha de Balanço.

O ponto de partida envolve a análise do escopo a ser construído, e a EAP atua como a principal ferramenta para a sua gestão, pois envolve a decomposição hierárquica do trabalho em componentes menores e mais gerenciáveis. Trata-se de uma ferramenta que agrupa e define as entregas projetuais, e a falha na definição do que será desenvolvido pode impactar no custo, no prazo, na qualidade e, possivelmente, no lucro do projeto.

Concluída essa atividade, é possível iniciar o desenvolvimento do Plano Mestre, que é empregado para auxiliar na identificação dos principais objetivos do empreendimento e descrever a totalidade do que será executado por meio de metas

gerais. Entre as técnicas de planejamento aplicadas na sua elaboração, destacam-se aquelas já citadas anteriormente – Gantt e Linha de Balanço –, cada qual com as suas particularidades.

O Gantt possibilita a identificação, por meio de barras, da duração das atividades e da relação de dependência entre as atividades, todavia, o ponto crucial dessa técnica corresponde ao reconhecimento do caminho crítico do projeto. Em contrapartida, a Linha de Balanço determina o ritmo de produção e de equipes para a inclinação da reta, e identifica fluxos, gargalos e folgas.

Com o entendimento do Programa de Necessidades e definidas a EAP e a técnica de planejamento a ser aplicada, compete aos envolvidos no processo de projeto a indicação de uso do 4D. É recomendável que, para compreender a intenção do cliente no que se refere à quarta dimensão, sejam estabelecidas algumas definições: por qual motivo a empresa quer usar o 4D; quais os benefícios esperados com esse uso; quais resultados a empresa pretende alcançar; qual é o escopo a ser definido com o uso da quarta dimensão; como a empresa quer trabalhar com o modelo 4D e com qual frequência deseja publicar e revisar os modelos produzidos.

Vale destacar o que ocorreu no estudo de caso do Aeroporto do Chile, que vai ao encontro da proposta apresentada por este estágio. Em função da complexidade do projeto e, conseqüentemente, do planejamento, o gerente BIM organizou um *benchmark* com a finalidade de identificar uma solução 4D capaz de assistir às necessidades do projeto em termos de simulação construtiva. Como resultado foi desenvolvido o Plano de Implementação 4D.

Definida a aplicação da modelagem 4D no projeto, o Plano de Execução BIM deve conter as seguintes informações: nomeação do responsável pela modelagem 4D, cuja função é garantir a conformidade dos requisitos 4D dentro do plano; capacitação da equipe para o uso da ferramenta 4D, seja por treinamentos ou apresentações, e a periodicidade desses encontros; cronograma proposto para o cumprimento das tarefas e fornecimento das entregas do contrato, além do propósito pretendido com o 4D.

O Quadro 12, apresentado a seguir, sintetiza as soluções 4D, a aplicação na etapa do projeto e demonstra se existe associação entre a técnica e a solução.

| FASE | OBJETIVO | AGENTES ENVOLVIDOS | TÉCNICA DE PLANEJAMENTO | EXISTE ASSOCIAÇÃO COM SOFTWARES DE PLANEJAMENTO? | FERRAMENTA 4D | JUSTIFICATIVA |
|------------------|--|--|-------------------------|--|--|---|
| Concepção | Desenvolvimento do Programa de Necessidades e dos estudos iniciais do empreendimento | Incorporador Projetistas Consultores | Gantt PERT/CPM | MS Project Primavera | DP Manager Innovaya Navisworks Synchro Edificius PoweProject BIM ITWO | Suporte à decisão no que se refere a sistemas construtivos e análises de custos indiretos no tempo Maior comunicação com as partes interessadas, por meio da visualização e melhor compreensão Análise preliminar de fluxos de tráfego e atividades de construção |
| Definição | Estudos técnicos e de viabilidade econômico-financeira | Equipe de produção | Linha de Balanço | | Vico Office | Apoio ao desenvolvimento de alternativas de sequenciamento de construção |

Quadro 12 – Soluções 4D e técnicas de planejamento para a fase de detalhamento do projeto

A partir da análise do quadro acima, é possível notar que, para fases de concepção e definição, existe integração entre as técnicas de planejamento e controle e as soluções 4D.

O Quadro 13 reúne todos os produtos desta etapa, sendo que os produtos em destaque carregam alguma influência da etapa de planejamento e controle.

| PRODUTOS PROVENIENTES DAS ETAPAS DE CONCEPÇÃO E DEFINIÇÃO | |
|---|--|
| Programa de Necessidades atualizado Requisitos Técnicos – Legais Requisitos Técnicos – Sustentabilidade Modelos de Informações – Aprovações Legais Modelos de Informações – Análises para Sustentabilidade Modelos de Informações – Análises para Produção Plano de Contratações atualizado Escopos de trabalhos por especialidade Estrutura Analítica de Projeto (EAP) atualizada Gestão dos contratos Gestão do fluxo de informações para o desenvolvimento do trabalho, análises e tomada de decisão | Cronograma físico-financeiro atualizado Orçamento do projeto atualizado Gestão do orçamento e fluxo de custos do projeto Gestão do cronograma Plano Mestre atualizado Plano de Execução BIM (BEP) atualizado Plano de médio prazo Plano de curto prazo Indicadores de performance associados ao tempo |

Quadro 13 – Produtos das etapas de concepção e definição

O segundo estágio tem como foco o detalhamento do projeto e possui a missão de dar suporte ao incorporador e à equipe de projeto na continuidade do processo analítico, nas definições e na tomada de decisões pertencentes à fase que antecede a produção.

Os agentes envolvidos no detalhamento do projeto tendem a ser os mesmos das fases de concepção e definição, porém, com atuações diferentes, com a ressalva do acréscimo de participantes em função da metodologia e tecnologias construtivas escolhidas.

Ao incorporador/cliente compete avaliar se suas diretrizes e necessidades estão sendo atendidas na esfera de prazo, custo e qualidade. Os projetistas são responsáveis por detalhar as soluções dos estudos iniciais para fins de produção; os consultores, por sua vez, têm como atribuição validar e até mesmo propor soluções que atendam às normas vigentes. Nesse ponto é importante, se possível, o ingresso dos consultores de norma de desempenho, estrutura, bombeiros, instalações e

operação e manutenção. Por fim, a equipe de produção deve entender o sistema construtivo e também sugerir alternativas construtivas.

Em função de o projeto ser um processo em desenvolvimento as ferramentas da fase de detalhamento tendem a ser as mesmas da etapa anterior, com a diferença do acréscimo de informação. Nesta etapa, conseguimos alimentar o planejamento estratégico do empreendimento, os projetos e especificações, assim como o leiaute, projetar receitas e desenvolver o orçamento com um maior nível de detalhamento e com um menor grau de incertezas.

Tais acréscimos de informações, acabam por impactar na EAP, uma vez que, existe uma acurácia maior em relação ao escopo a ser desenvolvido. Este maior grau de certeza acaba impactando também o Plano Mestre, e por sua vez as técnicas de planejamento e controle como é o caso do CPM (Gantt) e a Linha de Balanço. A diferença entre as fases inicial, concepção e definição, reside no detalhamento dos projetos e especificações que contribuem para tomada de decisões, definição da estratégia de ataque, o estabelecimento de padrões e a identificação de restrições.

É nesse momento que o planejamento deve ser desenvolvido, com a elaboração de um cronograma com um índice de incertezas inferior em função da maturidade do projeto, com a definição de prazo e de marcos contratuais. É possível, portanto, definir as técnicas, os métodos construtivos e os planos de ataque, ou seja, a forma e o local de execução, em concordância com o plano de ataque, desenvolvido de modo colaborativo com a equipe de campo. Este ciclo também é acionado quando a atividade deve ser realizada, por meio das durações e da sequência construtiva.

Nesse contexto, é interessante mencionar o estudo de caso de Butkovic, Heesom e Oloke (2019) sobre a necessidade de simulações que envolvem diferentes níveis de informação. Os autores defendem dois tipos de níveis: os gráficos e os temporais, corroborando com as citações anteriores sobre a integração das equipes de projeto e planejamento, consideradas fundamentais para o sucesso da implementação da solução 4D.

Definidos os processos de trabalho do 4D no primeiro estágio, é possível adotar as soluções tecnológicas que darão suporte para a decisão relativa aos

sistemas construtivos e aos custos indiretos no tempo, auxiliando na análise preliminar de fluxos de tráfego e atividades da construção, e apoiando no desenvolvimento de alternativas de sequenciamento de construção.

Dentre as ferramentas descritas no referencial teórico, a grande maioria utiliza o Gantt (PERT/CPM) como técnica de planejamento e integração, com ressalva para o *software* Vico Office, da Trimble, que possui como técnica a linha de balanço.

A seguir, o Quadro 14 sintetiza as soluções 4D, a aplicação na etapa do projeto e avalia se existe associação entre a técnica e a solução.

| FASE | OBJETIVO | AGENTES ENVOLVIDOS | TÉCNICA DE PLANEJAMENTO | EXISTE ASSOCIAÇÃO COM SOFTWARES DE PLANEJAMENTO? | FERRAMENTA 4D | JUSTIFICATIVA |
|--------------------------------|--|--|-------------------------|--|--|---|
| Detalhamento do Produto | Permitir o entendimento exato do que deve ser construído, possibilitando um orçamento detalhado do custo da obra | Incorporador Projetistas Consultores Equipe de produção | Gantt PERT/CPM | MS Project / Primavera (P6) | Innovaya Navisworks Synchro Edificius PoweProject BIM ITWO | Suporte à decisão no que se refere a sistemas construtivos e análises de custos indiretos no tempo Maior comunicação com as partes interessadas, por meio da visualização e melhor compreensão Análise preliminar de fluxos de tráfego e atividades de construção |
| | | | Linha de Balanço | | Vico Office | Apoio ao desenvolvimento de alternativas de sequenciamento de construção |

Quadro 14 – Avaliação 4D, aplicação na etapa de projeto e avaliações quanto à associação entre técnica e solução

Assim como na etapa anterior, a partir da análise do quadro acima, é possível perceber que, para esta fase, há integração entre as técnicas de planejamento e controle e as soluções 4D.

O Quadro 15 reúne todos os produtos desta etapa. Vale pontuar que os produtos em destaque carregam alguma influência da etapa de planejamento e controle.

| PRODUTOS PROVENIENTES DA ETAPA DE DETALHAMENTO DO PRODUTO | |
|--|--|
| Programa de Necessidades atualizado | Escopos de trabalhos por especialidade |
| Requisitos Técnicos – Legais | Estrutura Analítica de Projeto (EAP) atualizada |
| Requisitos Técnicos – Sustentabilidade | Gestão dos contratos |
| Requisitos Técnicos – Desempenho, Segurança e Conforto | Gestão do fluxo de informações para o desenvolvimento do trabalho, análises e tomada de decisão |
| Requisitos Técnicos – Tecnologias Construtivas | Cronograma físico-financeiro atualizado |
| Modelos de Informações – Aprovações Legais | Orçamento do projeto atualizado |
| Modelos de Informações – Análises para Sustentabilidade | Gestão do orçamento e fluxo de custos do projeto |
| Modelos de Informações – Análises para Desempenho, Conforto e Segurança | Gestão do cronograma |
| Modelos de Informações – Análises para Definição das Tecnologias Construtivas | Plano Mestre atualizado |
| Modelos de Informações – Análises para Produção | Plano de Execução BIM (BEP) atualizado |
| Plano de Contratações atualizado | Indicadores de performance associados ao tempo |

Quadro 15 – Produtos da etapa de detalhamento do produto

A fase de construção envolve a transição entre a fase projetual e de produção, e seu foco centra-se no gerenciamento das quantidades e dos custos, em conformidade com a execução da obra, respeitando os projetos e a coordenação das revisões.

As atribuições das principais partes interessadas envolvem atividades de monitoramento e controle. Ao incorporador compete o acompanhamento, por meio de indicadores, do andamento da obra. Os projetistas, assim como os consultores, têm o dever de estar em contato direto com a equipe de produção para verificar se as diretrizes do projeto estão sendo seguidas. A equipe de produção, por sua vez, é responsável por seguir o Plano Mestre e, a partir dele, desenvolver pacotes de trabalho de médio e curto prazo.

A respeito da técnica de planejamento presente nesta etapa, destaca-se o *Last Planner System*. Trata-se de um modo de planejamento e controle da produção

que segue os princípios da produção enxuta, e corresponde a transformar o que deveria e o que pode ser feito.

Para tanto, há atividades que alimentam o *Last Planner System*, que são o planejamento de curto e de médio prazo. O primeiro visa orientar a execução da obra com a designação de pacotes de trabalho para as equipes de produção; o segundo faz a intermediação entre o planejamento de longo e o de curto prazo. A identificação de restrições pode ser considerada um dos principais objetivos, pois possibilita o desenvolvimento de ações para removê-las, aumentando a confiabilidade do planejamento de curto prazo.

A rotina do curto prazo envolve as seguintes etapas: acompanhamento diário das tarefas; coleta de dados executados e atualização do quadro de controle visual; análise do plano de curto prazo e indicadores; elaboração do plano de curto prazo e reunião de curto prazo.

O médio prazo tem como rotina a coleta dos executados; a atualização dos documentos de referência; a análise do progresso físico e financeiro; o cálculo de indicadores; a reunião de análise dos custos; o cálculo dos indicadores de custo; a atualização do fluxo de caixa; o *dashboard* e a eliminação das restrições.

A solução 4D consegue auxiliar a técnica de planejamento de modo colaborativo a partir da participação da equipe de produção, suprimentos e empreiteiros, com o intuito de produzir um fluxo de trabalho confiável na obra com a estabilização da produção e a melhoria contínua dos processos, favorecendo a existência de um sistema de planejamento e controle da produção desenvolvido para produzir um fluxo de trabalho previsível e de rápido aprendizado. A seguir, o Quadro 16 resume a associação entre a técnica e solução 4D.

| FASE | OBJETIVO | AGENTES ENVOLVIDOS | TÉCNICA DE PLANEJAMENTO | EXISTE ASSOCIAÇÃO COM SOFTWARES DE PLANEJAMENTO? | FERRAMENTA 4D | JUSTIFICATIVA |
|-------------------|--|--|-----------------------------|--|---|--|
| Construção | Transição entre a fase projetual e a de produção | Incorporador Projetistas Consultores Equipe de produção | Sistema <i>Last Planner</i> | Sim | Tekla Structures Innovaya Navisworks Synchro Edificius PoweProject BIM ITWO Vico Office | Melhor coordenação dos subcontratados Redução do número de interferências construtivas Redução dos custos de construção Suporte na tomada de decisões Democratiza o entendimento do projeto, por meio da sequência construtiva |

Quadro 16 – Associação entre a técnica e a solução 4D

Como diagnóstico, nota-se que, para a fase de construção, todas as soluções 4D possuem um modo ou características de se comunicar com as técnicas de planejamento e controle.

A seguir, o Quadro 17 reúne todos os produtos desta etapa. Vale pontuar que os produtos em destaque carregam consigo alguma influência da etapa de planejamento e controle.

| PRODUTOS PROVENIENTES DA ETAPA DE CONSTRUÇÃO | |
|--|--|
| Programa de Necessidades atualizado Requisitos Técnicos – Legais Requisitos Técnicos – Sustentabilidade Modelos de Informações – Aprovações Legais Modelos de Informações – Análises para Sustentabilidade Modelos de Informações – Análises para Produção Plano de Contratações atualizado Escopos de trabalhos por especialidade Estrutura Analítica de Projeto (EAP) atualizada Gestão dos contratos Gestão do fluxo de informações para o desenvolvimento do trabalho, análises e tomada de decisão | Cronograma físico-financeiro atualizado Orçamento do projeto atualizado Gestão do orçamento e fluxo de custos do projeto Gestão do cronograma Plano Mestre atualizado Plano de Execução BIM (BEP) atualizado Plano de médio prazo Plano de curto prazo Indicadores de performance associados ao tempo |

Quadro 17 – Produtos da etapa de construção

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O setor industrial exerce um papel significativo no desenvolvimento econômico e social brasileiro. Dentre os diversos pontos, destacam-se a contribuição na composição do produto interno bruto (PIB), a geração de empregos e o progresso das regiões nas quais as indústrias são instaladas. Nesse cenário, a construção civil surge como um dos principais responsáveis pelos resultados do setor.

O sucesso do empreendimento está atrelado ao acesso à informação precisa, no local correto e no momento apropriado, logo, o planejamento e o controle de obras são processos cruciais para que os objetivos do empreendimento sejam alcançados.

Vale reforçar o trabalho de Cain (2004), que revela que aproximadamente 70% dos empreendimentos nos Estados Unidos são entregues além do prazo previsto em contrato e cerca de 73% são finalizados acima do valor estabelecido.

Percebe-se, portanto, uma deficiência na gestão de custos e prazo das construções. Com base nesse estudo foi possível identificar e mapear as causas e realizar associações capazes de auxiliar na explicação do problema do não cumprimento do tempo de construção dos empreendimentos. Ademais, nota-se que o limite para assegurar a aderência entre o prazo de construção e o planejado envolve três pilares: pessoas, processos e tecnologias.

A falta de conhecimento dos colaboradores no que se refere às técnicas, às ferramentas de planejamento e controle e à consolidação do escopo é fator considerado primordial tanto no referencial teórico quanto no estudo de caso ora apresentado. Isto posto, conclui-se que existem dois responsáveis por esse fato: a equipe de planejamento e o contratante.

Com relação à equipe de planejamento, observa-se a falta de domínio e conhecimento das técnicas e dos métodos de planejamento tradicionais, além do desconhecimento das potencialidades pertinentes à quarta dimensão do conceito BIM. Em contrapartida, o contratante não compreende nem o escopo a ser contratado, nem a modelagem 4D, que, sob sua ótica, pode ser caracterizada como um “filme” da construção.

Como resultado da carência de percepção do processo direcionado ao planejamento e controle, tem-se como saída informações inconsistentes que acabam por impactar negativamente o projeto.

No que se refere ao conhecimento em relação a metodologia BIM, embora todos os profissionais da empresa estudada tivessem noção do conceito, notou-se diferentes níveis de maturidade sobre o assunto. Outro ponto que vale destacar é que a implantação de processos BIM se deu em função de uma demanda externa e não de uma percepção interna.

O objetivo desta monografia é proporcionar aos profissionais da construção, sejam eles contratantes, engenheiros, gerentes ou diretores, condições para o aperfeiçoamento do processo de planejamento e controle dos seus empreendimentos. Nesse contexto, seu desenvolvimento buscou a discutir sugestões para o processo de planejamento e controle na construção industrial, por meio do conceito BIM. Por se tratar de uma deficiência e por ser considerada essencial pelos participantes do projeto, a complexidade do tema torna o estudo envolvente e atual.

A grande contribuição deste trabalho para a base do conhecimento em gestão de projetos consiste em propor a aproximação entre as técnicas de planejamento e controle e as soluções de 4D, assim como retratar as práticas de planejamento e controle aplicadas em empreendimentos industriais e servir de referência para trabalhos futuros. Em síntese, evidencia-se que há recomendações e mudanças sobre os processos que visam a eficácia na adoção da modelagem 4D.

Algumas lições puderam ser identificadas ao término do estudo. A primeira delas abrange a necessidade de capacitação e treinamento dos colaboradores no que se refere aos métodos de planejamento e ao processo de modelagem 4D. É fundamental que a colaboração, a compreensão e a cooperação entre as partes interessadas sejam aprimoradas, pois, sozinho, o modelo 4D não corresponde ao ato de planejar: em função de uma série de processos e procedimentos padronizados, ele é considerado a consequência, o fim.

A modelagem 4D torna possível a materialização virtual do empreendimento, possibilitando o entendimento da sequência construtiva, a identificação de falhas de

consistência entre as atividades e o auxílio na tomada de decisões e na gestão de mudanças, por meio da simulação de cenários.

O fato de existirem poucos trabalhos desenvolvidos sobre a questão do planejamento e controle em ambientes industriais foi considerado um fator limitante para a elaboração desta pesquisa. Outros pontos a serem citados envolvem a delimitação do tema, focado no tempo e não em custos; o detalhamento das recomendações propostas, que se configuram como restrições que fogem ao assunto; e o debate sobre a infraestrutura tecnológica, que não foi objeto de análise.

O segmento da construção congrega uma grande variabilidade de tipos de obras e diferentes modelos de contratação e partes interessadas. Mesmo diante desse cenário, o leitor tem em suas mãos a possibilidade de aplicar e aprimorar as proposições aqui presentes em outras tipologias.

Como sugestões para trabalhos futuros relacionados ao tema, acredita-se na importância de adotar as recomendações propostas em tipologias distintas e realizar a integração entre tempo e custos, a gestão da informação dos dados da construção e a aplicação dos conceitos VDC.

De modo geral, com base nas informações apresentadas, entende-se que o objetivo deste trabalho foi atingido de forma satisfatória.

REFERÊNCIAS

4D CONSTRUCTION GROUP | SOLUTIONS REVIEW. Disponível em: <https://www.4d.construction/solutions-review>. Acesso em: 01 jul. 2022.

ACKOFF, R. L. **Planejamento empresarial.** Rio de Janeiro: Livros Técnicos e Científicos Editora S.A., 1976.114 p apud LIMMER, C. V. **Planejamento, orçamentação e controle de projetos e obras.** Rio de Janeiro: LTC, 2017.

AHANKOOB, A. et al. Optimizin construction scheduling through use of Building Information Modelling in construction industry. *In: MANAGEMENT IN CONSTRUCTION RESEARCH ASSOCIATION*, 2012, Malaysia. **Proceedings [...]**. Malaysia: UTM RAZAK School of Engineering & Advanced Technology Universiti Teknologi Malaysia.

BALLARD, G.; HOWELL, G. A. Shielding production: an essential step in production control. Technical Report n. 97-1, Construction Engineering and Management Program, Department of Civil and Environmental Engineering, University of California, 1997 apud BERNARDES, M. M. S. **Planejamento e controle da produção para empresas de construção civil.** 2. Ed. Rio de Janeiro: LTC, 2021.

BEDIN, Yan. **BIM 4D para planejamento e controle de obras.** 2020. Disponível em: <https://www.prevision.com.br/blog/bim-4d-para-planejamento-e-controle/>. Acesso em: 14 jul. 2021.

BERNARDES, M. M. S. **Planejamento e controle da produção para empresas de construção civil.** 2. Ed. Rio de Janeiro: LTC, 2021.

BIM Guide 04 – 4D Phasing. Disponível em: <https://www.gsa.gov/real-estate/design-and-construction/3d4d-building-information-Modelling/bim-guides/bim-guide-04-4d-phasing>. Acesso em: 01 jul. 2022.

BIOTTO, C. N. **Método para projeto e planejamento de sistemas de produção na construção civil com uso da modelagem BIM 4D.** 2012. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Programação de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2012.

BIOTTO, C. N.; FORMOSO, C. T.; ISATTO, E. L. Uso de modelagem 4D e Building Information Modelling na gestão de sistemas de produção em empreendimentos de construção. **Ambiente Construído**, v. 15, n. 2, p. 79-96, jun. 2012.

BRITO, D. M. de; FERREIRA, E. de A. M. Avaliação de estratégias para a 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.

BUTKOVIC, B.; HEESOM, D.; OLOKE, D. The need for multi-LOD 4D simulations in construction projects. **Journal of Information Technology in Construction**, v. 24, p. 256-272. 2019.

CAIN, C. T. **Profitable partnering for Lean Construction.** Wiley-Blackwell, 2004.

CBIC – CÂMARA BRASILEIRA DA INDÚSTRIA DA CONSTRUÇÃO. **Road show BIM: resultado da pesquisa e desdobramentos. RESULTADO DA PESQUISA E DESDOBRAMENTOS.** 2018. Disponível em: <https://cbic.org.br/inovacao/wp-content/uploads/sites/23/2018/05/RoadShow.pdf>. Acesso em: 02 fev. 2021.

CNI – CONFEDERAÇÃO NACIONAL DA INDÚSTRIA. **Perfil da indústria brasileira.** 2022. Disponível em: <https://industriabrasileira.portaldaindustria.com.br/grafico/total/producao/#!/industria-total>. Acesso em: 26 jun. 2022.

COBLE, R. J.; BLATTER, R. L.; AGAJ, I. Application of 4D CAD in the construction workplace. In: ISSA, R. R. A.; FLOOD, I.; O'BRIEN, W. J. **4D CAD and Visualization in Construction: developments and applications.** Lisse / Abingon/Exton (PA)/Tokyo: A. A. Balkema Publishers, 2005. p. 195-210.

COLLIER, E.; FISCHER, M. Four-dimensional Modelling in design and construction. **CIFE Technical Report**, n. 101, Salford: Salford University, 1995.

CRESWELL, J. W. **Projeto de pesquisa: métodos qualitativo, quantitativo e misto.** Tradução: Luciana de Oliveira da Rocha. 5.ed. Porto Alegre: Artmed, 2007.

EASTMAN, C. M. et al. **BIM handbook: a guide to Building Information Modelling for owners, managers, designers and contractors,** 2nd ed. Weinheim: Wiley, 2014.

EASTMAN, C. M. et al. **Manual de BIM: um guia de modelagem da informação da construção para arquitetos, engenheiros, gerentes, construtores e incorporadores,** 3.ed. Porto Alegre: Bookman, 2021.

FERREIRA, A. V. **Estudo sobre produtividade na construção civil: desafios e tendências no Brasil.** 2014. Disponível em: https://edisciplinas.usp.br/pluginfile.php/5278164/mod_resource/content/1/Estudo%20EY%20e%20Poli%20Produ%C3%A7%C3%A3o%20sobre%20produtividade%20na%20constru%C3%A7%C3%A3o%20civil.pdf. Acesso em: 24 abr. 2021.

FORMOSO, C. T. **A Knowledge Based Framework for Planning House Building Projects.** 1991. Tese (Doutorado em Quantity and Building Surveying) – Department of Quantity and Building Surveying, University of Salford, Salford, 1991 apud BERNARDES, M. M. S. **Planejamento e controle da produção para empresas de construção civil.** 2. Ed. Rio de Janeiro: LTC, 2021.

FORMOSO, C. T. et al. **Termo de referência para o processo de planejamento e controle da produção em empresas construtoras.** Universidade Federal do Rio do Grande do Sul. Porto Alegre: PPGEC/UFRGS, 1999.

GIL, A. C. **Como elaborar projetos de pesquisa.** 6. ed. São Paulo: Atlas, 2017. 208 p.

GSA. **GSA Building Information Modelling Guide Overview.** Serie 01. 2009.

HARTMANN, T.; GAO, J.; FISCHER, M. Areas of application for 3D e 4D models on construction projects. **Journal of Construction Engineering and Management,** ASCE, p. 776-785. Oct. 2008.

ISSA, R. R. A.; FLOOD, I.; O'BRIEN, W. J. **4D CAD and Visualization in Construction: developments and applications**. Lisse / Abingon/Exton (PA)/Tokyo: A. A. Balkema Publishers, 2005.

LAUFER, A.; HOWELL, G. Construction Planning: Revising the Paradigm. *Project Management Journal*, London, v. 24, n.3, p. 23-33, set., 1993 apud BERNARDES, M. M. S. **Planejamento e controle da produção para empresas de construção civil**. 2. Ed. Rio de Janeiro: LTC, 2021.

LAUFER, A.; TUCKER, R. L. Is construction project planning really its job? A critical examination of focus, role and process. **Construction Management and Economics**, 1987, v. 5, n. 3, 243-266 p apud BERNARDES, M. M. S. **Planejamento e controle da produção para empresas de construção civil**. 2. Ed. Rio de Janeiro: LTC, 2021.

LAUFER, A.; TUCKER, R. L. Is construction project planning really its job? A critical examination of focus, role and process. **Construction Management and Economics**, 1987, v. 5, n. 3, 243-266 p apud FORMOSO, C. T. et al. **Termo de referência para o processo de planejamento e controle da produção em empresas construtoras**. Universidade Federal do Rio do Grande do Sul. Porto Alegre: PPGEC/UFRGS, 1999.

LEINONEN J. et al. New construction management practice based on the virtual reality technology. *In*: ISSA, R. R. A.; FLOOD, I.; O'BRIEN, W. J. **4D CAD and Visualization in Construction: developments and applications**. Lisse / Abingon/Exton (PA)/Tokyo: A. A. Balkema Publishers, 2005. p. 75-100.

LEITE, F. et al. Analysis of Modelling effort and impact os different levels of detail in building information models. **Automation in Construction**, v. 20, n. 5, p. 601-609, 2011.

LIMMER, C. V. **Planejamento, orçamentação e controle de projetos e obras**. Rio de Janeiro: LTC, 2017.

LIU, H.; AL-HUSSEIN, M.; LU, M. BIM-based integrated approach for detailed construction scheduling under resource constraints. **Automation in Construction**, v. 53, p. 29-43, 2015.

MATTHEWS, J. et al. Real time progress management: Re- engineering processes for cloud- based BIM in construction. **Automation in Construction**, v. 58, p. 38-47, 2015.

MATTOS, A. D. **Planejamento e controle de obras**. 2. ed. São Paulo: Oficina de Textos, 2019.

MELHADO, S. B.; DE FILIPPI, G. A. Um estudo sobre as causas de atrasos de obras de empreendimentos imobiliários na região Metropolitana de São Paulo. **Ambiente Construído**, Porto Alegre, v. 15, n. 3, p. 161-173, jul./set. 2015. ISSN 1678-8621 Associação Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído.

OFFICE OF NAVAL MATERIAL. **Line of Balance Technology, a Graphic Method of Industrial Programming**. Estados Unidos, U.S. Government Printing Office, 1962.

PMI. **Um Guia do Conhecimento em Gerenciamento de Projetos (Guia PMBOK 6)**. 6ª ed. São Paulo: Project Management Institute, 2017.

RILEY, D. The role of 4D Modelling in trade sequencing and production planning. *In*: ISSA, R. R. A.; FLOOD, I.; O'BRIEN, W. J. **4D CAD and Visualization in Construction: developments and applications**. Lisse / Abingon/Exton (PA)/Tokyo: A. A. Balkema Publishers, 2005. p. 125-144.

SAINI, V. K.; MHASKE, S. BIM based project scheduling and progress monitoring in AEC Industry. **International Journal of Scientific Engineering and Research (IJSER)**, 2013.

SILVA, Paula Heloisa da; CRIPPA, Julianna; SCHEER, Sergio. BIM 4D no planejamento de obras: detalhamento, benefícios e dificuldades. **PARC Pesquisa em Arquitetura e Construção**, Campinas, SP, v. 10, p. e019010, fev. 2019.

SOUZA, F. R. **A gestão do processo de projeto em empresas incorporadoras e construtoras**. 2016. Tese (Doutorado em Engenharia de Construção Civil e Urbana) – Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2015. doi:10.11606/T.3.2016.tde-11052016-115144. Acesso em: 01 mar. 2022.

SYAL, M. G.; GROBLER, F.; WILLENBROCK, J.; PARFITT, M. K. **Construction Project Planning Model for Small Builders**. *Journal of Construction Engineering and Management*, New York, ASCE, v. 1188, n. 4, dez., p.651-666, 1992 apud BERNARDES, M. M. S. **Planejamento e controle da produção para empresas de construção civil**. 2. Ed. Rio de Janeiro: LTC, 2021.

SYNCHRO. **Digital Construction Awards**. 2017. Disponível em: <https://cdn2.hubspot.net/hubfs/209864/Customer%20Success/Santiago%20Airport-Vinci%20Construction%20Grands%20Projets.pdf>. Acesso em: 20 mar. 2021.

SYNCHRO. **Digital Construction Awards**. 2017. Disponível em: <https://cdn2.hubspot.net/hubfs/209864/Customer%20Success/ASGC%20Library%20-%20Building%20Project%20Award%20-%20Synchro%202017%20Digital%20Construction%20Awards.pdf>. Acesso em: 20 mar. 2021.

TOMMELEIN, I. D. Acknowledging variability and uncertainty in product and process development. *In*: ISSA, R. R. A.; FLOOD, I.; O'BRIEN, W. J. **4D CAD and Visualization in Construction: developments and applications**. Lisse/Abingon/Exton (PA)/Tokyo: A. A. Balkema Publishers, 2005. p. 165-194.

YIN, R. K. **Estudo de caso: planejamento e métodos**. Tradução: Daniel Grassi. 2.ed. Porto Alegre: Bookman, 2001.

APÊNDICE

Apêndice I – Survey Completa

| BLOCO 2 – PROCESSO DE PROJETO | | | | |
|---|--|------------------------------------|---------------------------------------|--------------------|
| | COORDENADOR DE PROJETOS | GERENTE DE PLANEJAMENTO | ENGENHEIRO DE PLANEJAMENTO | CONSULTORIA |
| Como você descreve o processo de projeto da empresa, no que tange os processos, as ferramentas, as competências e políticas envolvidas? | Não tem um processo bem definido. As equipes são divididas por projeto. Cada obra conta com um arquiteto que é responsável pelos projetos do empreendimento. | - | - | - |
| Como é desenvolvido os escopos dos projetos? | Não tem um escopo bem definido. De acordo com a nossa experiência e as exigências do cliente buscamos desenvolver o processo de projeto | - | - | - |

| | | | | |
|--|---|---|---|---|
| Como é realizada a qualificação dos projetistas? | Não tem um padrão de qualificação dos projetistas. Esta qualificação está direcionada a experiências de outras obras | - | - | - |
| Como é realizada coordenação dos projetos entregues? | Hoje, a coordenação dos prazos envolve a cobrança de prazos. Não existe um procedimento interno de coordenação propriamente dito. | - | - | - |

| BLOCO 3 – BIM | | | | |
|-----------------------|---|--|--|--|
| | COORDENADOR DE PROJETOS | GERENTE DE PLANEJAMENTO | ENGENHEIRO DE PLANEJAMENTO | CONSULTORIA |
| Como você define BIM? | Do meu ponto de vista BIM é tecnologia. | Para mim BIM é um processo de integração entre os envolvidos do processo de projeto. | É uma metodologia que envolve processos, políticas e pessoas que tem como finalidade melhorar o produto final da construção civil. | Como um processo que integra um conjunto de ferramentas, atrelado a objetivos específicos para que possa trazer uma maior confiabilidade ao processo mitigando os riscos envolvidos. É uma |

| | | | | |
|---|---------------------------------------|---------------------------------------|---------------------------------------|---------------------------------------|
| | | | | solução estratégica.- |
| Há quantos anos a empresa tomou conhecimento do BIM? | Entre 5 e 10 anos | Entre 2 e 5 anos | Entre 2 e 5 anos | • Entre 2 e 5 anos |
| Há quantos anos você tomou conhecimento do BIM? | Entre 5 e 10 anos | Entre 1 e 2 anos- | Há menos de 1 ano | Entre 2 e 5 anos- |
| Com relação a modelos BIM, é possível afirmar que a empresa: | Atualmente trabalha com modelos BIM | Atualmente trabalha com modelos BIM | Atualmente trabalha com modelos BIM | Atualmente trabalha com modelos BIM |
| Com relação a modelos BIM, você diria que: | Atualmente trabalho com modelos BIM | Atualmente trabalho com modelos BIM | Atualmente trabalho com modelos BIM | Atualmente trabalho com modelos BIM |
| Com relação a processos BIM, é possível afirmar que a empresa | Atualmente trabalha com processos BIM | Atualmente trabalha com processos BIM | Atualmente trabalha com processos BIM | Atualmente trabalha com processos BIM |
| Há quanto tempo a empresa começou a trabalhar em BIM? | Entre 2 e 5 anos | Entre 2 e 5 anos | Entre 2 e 5 anos | Entre 2 e 5 anos |

| | | | | |
|--|---|--|---|---|
| Há quanto tempo você começou a trabalhar em BIM? | Entre 2 e 5 anos | Entre 1 e 2 anos | Há menos de 1 ano | Entre 2 e 5 anos |
| Caso a empresa trabalhe em BIM, há quanto tempo seus processos foram adaptados ao BIM? | Entre 2 e 5 anos | Entre 2 e 5 anos | Entre 2 e 5 anos | Entre 2 e 5 anos |
| Caso a empresa trabalhe em BIM, qual o principal fator que demandou a adoção do BIM? | Demanda dos contratantes (clientes, proprietários, construtoras, etc) | Demanda dos contratantes (clientes, proprietários, construtoras, etc) | Demanda dos contratantes (clientes, proprietários, construtoras, etc) | Identificação de uma oportunidade estratégica, anterior à demanda dos contratantes |
| Caso a empresa trabalhe em BIM, de que forma o BIM foi implementado na empresa? | Contratação de uma consultoria externa, pontual Integração ao quadro de colaboradores de pessoal capacitado a implementá-lo, visando ao longo prazo Capacitação estratégica de antigos colaboradores (ou sócios)" | Integração ao quadro de colaboradores de pessoal capacitado a implementá-lo, visando ao longo prazo" | Contratação de uma consultoria externa, pontual | Integração ao quadro de colaboradores de pessoal capacitado a implementá-lo, visando ao longo prazo |

| | | | | |
|--|---|--|--|---|
| <p>Caso a empresa trabalhe em BIM, quais dessas práticas já foram ou são adotadas no que tange ao treinamento e capacitação focada em BIM?</p> | <p>Treinamento externo, com direcionamento de colaboradores para treinamentos específicos, adequados às necessidades da empresa</p> <p>Difusão interna de conhecimento, com colaboradores capacitados transmitindo conhecimento aos demais de forma padronizada e protocolar"</p> | <p>Treinamento interno, com consultores contratados para aplicação de cursos generalistas</p> <p>Difusão interna de conhecimento, com colaboradores capacitados transmitindo conhecimento sem padronização</p> | <p>Treinamento interno, com consultores contratados não para aplicar cursos, mas para resolver problemas pontuais</p> | <p>Treinamento externo, com direcionamento de colaboradores para treinamentos específicos, adequados às necessidades da empresa</p> <p>Difusão interna de conhecimento, com colaboradores capacitados transmitindo conhecimento aos demais de forma padronizada e protocolar"</p> |
| <p>Quais são as principais dificuldades de se trabalhar em BIM?</p> | <p>A falta de conhecimento dos participantes do projeto somado a cultura enraizada do método tradicional. Outro ponto é a questão dos elevados custos de infraestrutura tecnológica necessária.</p> | <p>A principal dificuldade está na falta de conhecimento e de colaboração por parte dos participantes. A questão do acultramento, do pessoal sair da zona de conforto.</p> | <p>Em primeiro momento a principal dificuldade foi entender o valor que a metodologia podia agregar no meu trabalho. Entendia que era mais uma tarefa que teria que realizar e na verdade era o contrário, ela estava apoiando o meu serviço. Um segundo ponto é a falta de mão de obra qualificada. Portanto,</p> | <p>Interoperabilidade é um gargalo significativo. Precificação.</p> |

| | | | | |
|--|---|--|--|--|
| | | | podemos dizer que a quebra de paradigma com o método praticado é a principal barreira. | |
| Quais são as principais vantagens de se trabalhar em BIM? | <p>Acredito que a grande vantagem é o envolvimento de todos os players no processo de maneira colaborativa.</p> <p>Outros pontos importantes é a melhoria da comunicação e o aumento da qualidade final do produto. E por último, a parametrização que permite uma otimização do tempo.</p> | <p>Na minha visão a possibilidade de desenvolver todo o projeto de forma virtual. Poder ter uma representação 3D do projeto.</p> | <p>Identificar as incompatibilidades de projeto antes da execução da obra.</p> | <p>Trazer previsibilidade e mitigar riscos.</p> |
| Quais são as principais dificuldades para adaptação de processos ao BIM? | <p>O entendimento de todos os envolvidos e a falta de apoio da alta gerência.</p> | <p>Como já foi dito anteriormente a questão do acultramento e da falta de conhecimento dos colaboradores são as principais dificuldades para a adaptação de processos ao BIM. Motivar a equipe para adaptar os processos também é um</p> | <p>A falta de conhecimento dos colaboradores da empresa e a falta de apoio da diretoria.</p> | <p>As principais dificuldades para a adaptação de processos ao BIM é a INFORMAÇÃO. Falta maturidade por parte de alguns participantes do entendimento do processo com a metodologia BIM.</p> |

| | | | | |
|--|--|--|---|--|
| | | ponto que merece ser mencionado. | | |
| Como o BIM é aplicado no cenário atual da empresa? | Hoje o BIM é aplicado nos empreendimentos por uma demanda do cliente no desenvolvimento dos projetos e nas obras com a modelagem 4D. | Depende muito do cliente. Hoje em muitas situações é comum a solicitação de usar a metodologia BIM estar na carta convite. No caso dos galpões industriais, a grande maioria tem como premissa o desenvolvimento do projeto em BIM por meio de modelos 3D e da modelagem 4D. | - | Compatibilização dos projetos. Planejamento 4D. |
| Como são contratados os modelos em BIM? | Experiências passadas de outras obras. | - | - | É elaborado uma matriz RACI e pactuamos entregáveis por etapa. |
| Quais as disciplinas que tem modelos contratados? | Todas as disciplinas têm modelos contratados. | - | - | Praticamente todos |
| Quais são os softwares utilizados na modelagem? | Basicamente o Revit. | - | - | Revit. |

| | | | | |
|---|---|---|---|--|
| Como é realizada a verificação dos modelos? | Hoje a verificação da qualidade dos modelos é realizado por uma empresa terceirizada. | - | - | A verificação é realizada através da checagem de regras com o uso do Solibri. Em relação ao 4D, analisamos os modelos enviados pela nossa CONTRATANTE para o input dos parâmetros. |
|---|---|---|---|--|

| BLOCO 3 –PROCESSO DE PLANEJAMENTO E CONTROLE | | | | |
|---|--------------------------------|---|---|--------------------|
| | COORDENADOR DE PROJETOS | GERENTE DE PLANEJAMENTO | ENGENHEIRO DE PLANEJAMENTO | CONSULTORIA |
| Como você descreve o processo de planejamento e controle da empresa, no que tange os processos, as ferramentas, as competências e políticas envolvidas? | - | Não existe um processo de planejamento e controle padronizado na empresa, está em desenvolvimento. As ferramentas não tem uma definição, acredito com a padronização dos processos será uma consequência. Em relação aos colaboradores eles são qualificados e competentes, porém estão estacionados na zona de | O processo de planejamento e controle da empresa não é bem definido. Existem os setores de planejamento, produção e suprimentos que não se comunicam entre si. Falta de integração entre as áreas e apoio da direção. | - |

| | | | | |
|--|---|---|---------------------|---|
| | | conforto. Não existem uma cartilha pré-estabelecida de características mínimas para os profissionais da área. Outro ponto, em relação a política, a empresa não possui uma cultura de desenvolvimento direcionada para essa área. | | |
| " Das técnicas e métodos de planejamento tradicionais, quais vocês utilizam e em quais momentos? •Diagrama de barras? •Diagrama de rede? •Método CPM? •Método PERT? •Sistema tradicional? | - | Sistema tradicional | Sistema tradicional | - |

| | | | | |
|--|---|--|---|---|
| <ul style="list-style-type: none"> •Sistema Last Planner? •Sistema LBMS? •Sistema Lean Construction?" | | | | |
| Quais os softwares utilizados no modelo de planejamento utilizado pela empresa? | - | MS PROJECT | MS PROJECT | MS PROJECT |
| Quais são as principais vantagens de se trabalhar com o modelo de planejamento tradicional? | - | Simplicidade e praticidade. Deveria, porém não exige um conhecimento aprofundando da ferramenta. Por ser similar ao Excel, todos tem uma noção básica. Na maioria dos casos, já saem preenchendo as linhas com a tarefa e a duração delas. | Praticidade e a simplicidade. Não requer mão de obra qualificada. | Aderência com a necessidade de mercado. Pessoas e recursos para atender as necessidades de mercado. |
| Quais são as limitações do modelo tradicional de planejamento? | - | Acho que se complementa com a pergunta anteriormente. A simplicidade de informações prejudica na | As limitações do modelo de planejamento residem na dificuldade de entender o sequenciamento construtivo e poder | Ele é muito engessado. Dificuldade de visualização. Tangibilidade de informações. Impossível |

| | | | | |
|--|--|---|--|--------------------------------|
| | | realização de análises mais profundas. Outra limitação reside no fato de não visualizar o sequenciamento da obra em função da sua complexidade. | realizar análises mais profundas. Muito engessado. | fazer análises mais profundas. |
|--|--|---|--|--------------------------------|

| BLOCO 4 –MODELAGEM 4D | | | | |
|---------------------------------------|---|---|-------------------------------------|--|
| | COORDENADOR DE PROJETOS | GERENTE DE PLANEJAMENTO | ENGENHEIRO DE PLANEJAMENTO | CONSULTORIA |
| O que você entende como modelagem 4D? | A ideia central da modelagem 4D é facilitar o entendimento da sequência construtiva. É uma ferramenta muito poderosa que pode auxiliar bastante a equipe de produção. | Em um primeiro momento entendia que era simplesmente a associação do modelo ao cronograma. Com esse case notei que o produto resultante da modelagem 4D não era somente a representação visual do sequenciamento da obra. Por meio do 4D é possível | Representação visual do cronograma. | Difere da modelagem convencional. Na modelagem 4D estamos mais focados na segmentação, nos trechos e nas unidades de controle para monitoramento. Tem que ser um modelo leve. Um modelo voltado para o 4D, na minha visão, tem que |

| | | | | |
|--|--|--|---|--|
| | | realizar análises mais profundas dependendo do nível de informação presente. | | entregar as propriedades geométricas, parâmetros como, por exemplo, de área e volume que servirão para o auxílio na tomada de decisões e cenários. |
| Como é realizada a contratação da modelagem 4D pela empresa? | Não existe um processo de contratação bem definido. É lançada a carta convite e ela diz que precisamos do planejamento 4D. | Carta convite/BID | - | As empresas não sabem contratar modelos 4D. No nosso caso, o primeiro ponto é a análise dos modelos. Feito isto, realizamos o tratamento dos modelos para o 4D. No final, entramos com a análise crítica do planejamento elaborado pela construtora para na sequencia associarmos os objetos presentes nos modelos com as tarefas do cronograma. |
| Como é realizada a qualificação das empresas | Esta qualificação ela é baseada em experiências | - | - | - |

| | | | | |
|--|---|---|---|--|
| de modelagem 4D? | provenientes de outras obras. | | | |
| Como é realizado o escopo da modelagem 4D pela empresa? | Não temos um padrão. Depende muito da exigência do cliente. | - | - | - |
| Como é definido os entregáveis da modelagem 4D pela empresa? | Também não existe uma definição dos entregáveis da modelagem 4D. Basicamente, esperamos como entrega o vídeo comparativo e os as imagens do planejamento 4D para anexarmos no nosso relatório gerencial. | - | - | 1 Análise crítica dos modelos; 2 Análise crítica dos modelos; 3 Input de Parâmetros; 4 Definição da Baseline. |
| Como é definido o pagamento da modelagem 4D pela empresa? | Não estipulamos a maneira do pagamento. Muitas vezes seguimos a sugestão da própria contratada. No caso em questão, ficou acordado que 60 % do valor seria pago após a apresentação da baseline e o restante diluído no decorrer da | - | - | A definição do pagamento é proposta por nós. Tentamos remunerar a maior parte do nosso trabalho no Baseline e o resto diluído ao longo da duração da obra. |

| | | | | |
|---|--|---|---|---|
| | obra. | | | |
| Como é o processo de modelagem 4D dentro da empresa, suas etapas e os players envolvidos? | Depois de contratada a empresa, nos reunimos para debater se o EAP atende ao 4D. A consultoria faz os apontamentos que entende serem pertinentes. A equipe da empresa faz as alterações necessárias. E por fim, a terceirizada vincula os dados do cronograma com os objetos do modelo que resultará no planejamento 4D. | O primeiro passo é contratação da consultoria externa. No segundo momento é disponibilizado o planejamento para o parceiro externo realizar os apontamentos necessários para o desenvolvimento da modelagem 4D. Por fim, são feitas rodadas entre a equipe de planejamento e o engenheiro VDC para alinhar alguns pontos visando a definição da baseline. Após a cravação da baseline são feitas as atualizações do cronograma e imputadas no software de modelagem 4D. | O processo de modelagem 4D envolvia basicamente uma análise preliminar da consultoria para alinhar com o uso BIM pretendido e na sequência era feitas as medições e alimentadas no modelo 4D. | Temos um ciclo que começa com a análise dos modelos e do planejamento. Depois, imputamos os parâmetros nos modelos. E por último, definimos a Baseline. |
| Quais são os usos previstos dos entregáveis oriundos do modelo 4D pela empresa? | Não existe um uso específico dos entregáveis oriundos da modelagem 4D. Entendo que os planejadores da empresa | Não tem um uso previsto definido. Neste case, por ser um projeto piloto não enxergamos onde poderíamos usar os | - | Os usos previstos dos entregáveis oriundos do modelo 4D pela empresa tem um direcionamento institucional de marketing |

| | | | | |
|--|---|--|---|---|
| | conseguem verificar se o que foi planejado está de acordo. | entregáveis. Os entregáveis foram usados internamente com um bônus. | | visando um diferencial competitivo do que ferramenta de aplicação e controle no campo. |
| Quais pontos você acha que devem ser revisados para adequar a prática de planejamento aplicada hoje na empresa com a modelagem 4D? | Acredito que o alinhamento das expectativas quanto a modelagem 4D e a definição da EAP pensando nas unidades de controle. | Acredito que o ponto central é a definição da EAP de planejamento. Com essa definição, identificamos as unidades de controle para estabelecer o quanto antes a baseline. Outro ponto é a colaboração e apoio de todos os players do projeto desde a diretoria até a equipe de campo. | Definição do nível de detalhamento do planejamento. Apoio da gerência e inclusão de colaboradores qualificados com experiência na área. Integração entre os envolvidos. | Repensar o processo desde a origem do momento da contratação do serviço. Nesta etapa é que teremos a definição e o alinhamento de expectativas. Rever a relação CONTRATANTE e executor. |
| Quais as potencialidades que você identificou no processo de modelagem 4D da empresa? | A questão da visualização da construção é a grande potencialidade na minha opinião | Representação visual da sequência construtiva da obra com isso melhora o entendimento dos participantes do projeto influenciando na colaboração e comunicação. Identificações de conflitos antes da construção. | Representação da sequência construtiva. Análise de cenários. Possibilita checar se os dados oriundos do software de planejamento estão coerentes com o que foi realmente pensado. | - |

| | | | | |
|---|---|--|---|---|
| Quais as barreiras e desafios que você identificou no processo de modelagem 4D da empresa? | As grandes barreiras são a falta de conhecimento da equipe, assim como a dificuldade de romper com o método tradicional. | Apoio de todos os setores da empresa, sendo o mais importante o nível de diretoria. A quebra de paradigma com o modelo atual e a falta de qualificação dos colaboradores | A barreira principal é a falta de qualificação dos profissionais da empresa em entender o processo. | - |
| Quais as diferenças identificadas entre o processo de planejamento hoje e com a modelagem 4D? | A grande diferença é a necessidade do engajamento de todos no projeto, fato que no modelo tradicional não era necessário. | A modelagem 4D para você ter sucesso precisa do apoio, integração e colaboração de todos, diferente do modelo tradicional onde esses não se fazem tão presentes. | A rapidez das informações e o maior grau de detalhamento do planejamento. Verificação se o planejamento está de acordo com o planejado. | Validação visual do que foi planejado. Dar credibilidade e confiabilidade ao que foi planejado. |
| Quais são os pontos-chaves, que devem ser levados em consideração para a modelagem 4D? | Acredito que o primeiro ponto envolve a definição do uso da modelagem 4D no projeto, pois ela impactará no processo. Sendo no detalhamento da EAP, como na definição da qualificação dos players. | Definição dos processos, políticas e das tecnologias envolvidas. | A definição dos objetivos esperados e a determinação das unidades de controle. Assim como a definição da baseline no início da obra. | A clareza de escopo e o nível de detalhamento do planejamento em função das unidades de controle. |

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| <p>Você acredita que o planejamento 4D será adotado por toda a indústria da construção? Em qual período de tempo?</p> | <p>Sim, acredito que já realidade.</p> | <p>Sim. Acredito daqui uns 5 anos.</p> | <p>Sim. Acredito que já está sendo adotado.</p> | <p>Sim, já é uma realidade. A adoção vai ser bastante rápida.</p> |
| <p>Quais as diretrizes de projeto relevantes para o desenvolvimento voltado para a modelagem 4D?</p> | <p>A diretriz principal seria a questão do nível de detalhamento (LoD).</p> | <p>Alinhamento de expectativas. Definição clara do escopo na hora de contratação.</p> | <p>Conhecimento do processo de projeto. Definição dos objetivos do projeto e os usos BIM. Clareza de escopo. Alinhamento das expectativas.</p> | <p>Definição dos softwares, do processo, da qualificação dos participantes.</p> |
| <p>Você consegue notar alterações no fluxo de trabalho com o acréscimo da modelagem 4D? Quais?</p> | <p>Sim. A modelagem 4D alterou o nosso fluxo de trabalho, pois agora aquela etapa que acabava com a atualização do cronograma tem mais a fase da compilação dos dados do MS Project para o software 4D.</p> | <p>Sim. Com a modelagem 4D tivemos alterações no fluxo de trabalho. Acarretou na transferência dos dados do Ms Project para a solução 4D.</p> | <p>Sim. A inclusão da modelagem 4D acrescentou mais tarefas ao fluxo de problema. Antes era realizada somente a medição no Ms Project e agora a medição gerada por ele é aproveitada no software de modelagem 4D.</p> | <p>Sim. O fluxo de trabalho com o acréscimo da modelagem 4D ficou mais denso.</p> |

| | | | | |
|--|--------------------------------|---|---|---|
| Você acredita que modelagem 4D possibilita facilidade no processo analítico e de tomada de decisão, no que se refere a planejamento e controle de obras? | Sim | Sim | Sim. Com certeza. | Sim. Sem dúvida. |
| Quais as diferenças entre a análise e tomada de decisão pelo método tradicional com a modelagem 4D? | O ganho de agilidade e rapidez | A rapidez das informações e detalhamento delas. | A rapidez das informações e detalhamento delas. | Rapidez de simulação de cenários. |
| A empresa consegue notar alterações no processo de análise de riscos? | - | - | - | Sim. Através do input de parâmetros de produção conseguimos simular cenários e analisar os riscos de forma rápida e com um maior grau de confiabilidade para a tomada de decisão. |

| | | | | |
|--|---|--|--|--|
| <p>A empresa consegue notar alterações no valor agregado do produto final entregue ao cliente?</p> | <p>Por se tratar do projeto piloto, não conseguimos notar alterações no valor agregado do produto final entregue ao cliente</p> | <p>Não foi possível notar alterações no valor do produto final entregue ao cliente. Por se tratar de um case piloto o cliente não chegou a receber o produto resultante da modelagem 4D.</p> | <p>Não. Acredito por se tratar do projeto piloto a modelagem 4D nem chegou ao conhecimento do cliente.</p> | <p>O valor agregado já está presente desde o momento da definição da Baseline.</p> |
|--|---|--|--|--|

