



Utilização de Simulação 4D para Visualização e Acompanhamento do Avanço Físico de Projetos

Use of 4D Simulation for Visualization and Monitoring of Project Physical Progress

FERREIRA, Edgar H.¹; ALMEIDA, Gustavo M. C. de²
edgarhferr@gmail.com¹; gustavo.mcalmeida@gmail.com²

¹ Especialista em Gestão e Gerenciamento de Projetos, Rio de Janeiro – RJ.

² Especialista em Gestão e Gerenciamento de Projetos, Rio de Janeiro – RJ.

Informações do Artigo

Palavras-chave:

BIM

Simulação 4D

Avanço Físico de Projetos

Key word:

BIM

4D Simulation

Project Physical Progress

Resumo:

Este artigo tem como objetivo apresentar uma alternativa interessante para a gestão do avanço físico de projetos, utilizando ferramentas computacionais de simulação 4D disponíveis no mercado. A gestão do tempo é uma das áreas do conhecimento da Gestão e Gerenciamento de Projetos mais importantes e fundamentais para o sucesso de um empreendimento. Planejar, monitorar e controlar as ações para a execução de um projeto, a fim de que ele se inicie e finalize dentro dos prazos estipulados é de suma importância na vida profissional de qualquer Gerente de Projeto. O grande volume e formas de apresentação das informações durante o ciclo de vida de um projeto muitas vezes dificultam a interpretação desses dados, culminado em falhas de comunicação e ações equivocadas, gerando atrasos, aumento de custos e insatisfação das partes interessadas. As ferramentas tradicionais de gestão do cronograma de execução não permitem aos seus usuários uma visão cronológica e espacial conjunta da evolução do projeto. A utilização da simulação 4D, proporciona uma melhor compreensão, comunicação e visualização do cronograma do projeto, mitigando riscos de falhas de interpretação e tomadas de decisão pelos usuários. Os softwares Autodesk Navisworks e Microsoft MS Project foram utilizados em conjunto para o desenvolvimento deste trabalho.

Abstract

This article aims to present an interesting alternative for managing the physical progress of projects using 4D simulation computational tools available on the market. Time management is one of the most important and fundamental knowledge areas of Project Management for the success of an enterprise. Planning, monitoring, and controlling actions for the execution of a project, so that it starts and finishes within the stipulated deadlines, is of utmost importance in the professional life of any Project Manager. The large volume and forms of information presentation during the project lifecycle often make it difficult to interpret these data, resulting in communication failures and incorrect actions, leading to delays, cost increases, and stakeholder dissatisfaction. Traditional tools for managing the execution schedule do not allow their users to have a combined chronological and spatial view of the project's evolution.

The use of 4D simulation provides better understanding, communication, and visualization of the project schedule, mitigating risks of interpretation failures and decision-making by users. Autodesk Navisworks and Microsoft MS Project software were used together for the development of this work.

1. Introdução

Os projetos da indústria e construção civil vêm se tornando cada vez mais complexos e desafiadores. A gestão e gerenciamento do custo, escopo, prazo e qualidade do projeto é objeto de diversos estudos e metodologias disponíveis no mercado, dos quais o Gerente de Projeto deve estar bem familiarizado para garantir o desempenho de suas funções.

Dentre esses 4 pilares citados, o prazo é o que mais vem desafiando os gestores de projetos. Um estudo de benchmarking do PMI (*Project Management Institute*) de 2012 é citado por Almeida, onde ele destaca que “o gerenciamento de tempo dos projetos ainda é um dos problemas mais frequentes nas empresas, sendo o não cumprimento de prazos o segundo problema mais incidente, citado por 64,5% das empresas” [1]. Vargas aponta como uma das principais causas de fracasso em projetos, a inclusão de muitas atividades em muito pouco tempo para realizá-las, bem como não destinar o tempo necessário para as estimativas e planejamento [2].

A maioria dos softwares comerciais disponíveis no mercado para gerenciamento de projetos e utilizados para o planejamento da sequência de atividades, somente conduzem a um planejamento conceitual abstrato do projeto. Embora essa sequência de atividades possa ser representada por diagramas de rede e gráficos de barra tipo Gantt, a falta de visualização torna a comunicação colaborativa entre os envolvidos no projeto mais difícil [3].

Por conta dessas dificuldades, algumas empresas desenvolvedoras de softwares para engenharia vêm introduzindo no mercado alternativas de modelagem 4D, na qual mais

uma dimensão virtual é acrescentada aos tradicionais modelos 3D por meio da associação com o tempo em cronogramas. Essa união conduz a uma visualização espacial virtual das etapas do planejamento executivo do projeto, numa sequência cronológica, além de permitir facilmente a interpretação e distinção entre as atividades planejadas, em atraso ou adiantadas.

No presente artigo, serão demonstrados exemplos dessa interação por meio da utilização dos softwares Navisworks da Autodesk para modelagem e simulação 4D, e do Microsoft MS Project, como editor de cronograma.

2. Planejamento e Controle de Obras

O planejamento das atividades envolvidas nas etapas de construção de um empreendimento, é algo de suma importância para o seu sucesso, no que tange ao alcance das metas pré-estabelecidas para cumprimento do escopo, prazo, custos, qualidade e segurança. Planejar é o que se faz antes de agir, ou seja, a tomada antecipada de decisão [4]. Este processo produz no presente, uma visão dos objetivos que deverão ser alcançados no futuro, seja ele num curto espaço de tempo ou a longo prazo. Dentro desse mesmo processo, de forma intimamente relacionada, está o controle, que de maneira iterativa, mede os resultados alcançados, os compara com as metas e coloca em prática ações corretivas necessárias para o perfeito alinhamento entre o avanço físico com a linha de base do projeto.

A deficiência do planejamento pode trazer consequências desastrosas para uma obra, por extensão, para a empresa que a executa [5]. Por outro lado, mesmo que o planejamento tenha sido bem executado, se o

controle é ineficiente, o mapeamento das condições reais da evolução do projeto fica comprometido, e por consequência, as ações para a correção do curso do projeto também.

Ainda se observa no mercado, uma parcela significativa de obras que são tocadas sem qualquer tipo de planejamento. Para esses casos, cabe ao engenheiro residente valer-se de sua capacidade para administrar os diversos assuntos concomitantes com o andamento da obra. O planejamento envolve várias etapas que não podem ser desconsideradas por falta de tempo ou por excesso de confiança na própria experiência [5].

3. BIM – *Building Information Modeling*

Building Information Modeling (BIM), traduzido para o português como Modelagem da Informação da Construção, também chamado de Modelagem n-D (multidimensional) ou Tecnologia de Prototipagem Virtual, é uma ferramenta revolucionária que está rapidamente remodelando a indústria de Arquitetura, Engenharia e Construção (AEC). BIM pode ser considerado como uma tecnologia e também um processo. A componente tecnologia, ajuda os *stakeholders* (partes interessadas) do projeto a visualizar o que deverá ser construído em um ambiente de simulação virtual, identificando de maneira antecipada, potenciais problemas de projeto, construção ou operação. Já o componente processo, permite uma colaboração estreita e incentiva a integração das funções de todas as partes interessadas em um projeto. [6]

O comitê nacional norte americano de normas de modelagem e informações de construção NBIMS, define BIM da seguinte forma:

É uma representação digital das características físicas e funcionais de uma instalação. É um recurso de conhecimento compartilhado para obter informações sobre uma instalação que forma uma base confiável para decisões durante seu ciclo de

vida; definido como existente desde a concepção inicial até a demolição. Uma premissa básica do BIM é a colaboração de diferentes partes interessadas em diferentes fases do ciclo de vida de uma instalação para inserir, extrair, atualizar ou modificar informações no BIM para apoiar e refletir as funções dos stakeholders. [7]

A principal diferença entre o BIM e os sistemas CAD (*Computer Aided Design*) tradicionais está baseada na tecnologia de modelagem paramétrica e interoperabilidade. A modelagem paramétrica representa objetos por parâmetros e regras que determinam sua geometria, bem como propriedades e características não geométricas. Esses parâmetros e regras podem ser expressões relacionados a outros objetos, que podem ser automaticamente atualizados de acordo com controle do usuário ou contexto de mudança. A utilização de modelagem paramétrica, permite a geração de relatórios e checagem de inconsistências [8].

A interoperabilidade entre os mais diversos tipos de informações gerados durante o ciclo de vida de um projeto, permite a compatibilização dessas informações em um ambiente computacional integrado, eliminando a necessidade de retrabalhos para conversão de arquivos, mitigando riscos de perda de informações essenciais ao projeto.

3.1 As dimensões do BIM

Tradicionalmente, a apresentação gráfica geométrica de um projeto é feita em 2D ou 3D, representando as dimensões concretas de um artefato nos eixos coordenados (x, y, z). A característica de modelagem paramétrica do BIM permite que novas dimensões virtuais sejam adicionadas à essas representações convencionais, agregando informações valiosas ao projeto durante seu ciclo de vida. A característica multidimensional dessa ferramenta está em contínua evolução.

De acordo com Arnal, a Teoria das 10 Dimensões BIM desenvolve um ciclo que incluiu durante o processo de trabalho ferramentas, meios e finalidade que ajudam a entender o processo de construção como ferramentas digitais de modelagem

tridimensional, juntamente com um banco de dados, culminando em uma nova forma de trabalho que pode ser chamado de processo colaborativo, com objetivo de alinhar todos os participantes do ciclo de vida de uma construção ou infraestrutura para chegar ao estágio de construção industrializada [9].

As dimensões propostas por Arnal podem ser sumarizadas da seguinte maneira e representadas de acordo com a figura 1:

- 1D: implica a implantação de protocolos BIM em um país ou organização;
- 2D: é baseada na introdução de fluxos de trabalho colaborativos e envolve novas maneiras de contratar e criar um compromisso com soluções de gerenciamento integradas;
- 3D: trata da modelagem digital e, a essa dimensão, adiciona-se a identificação de inconsistências, captura de realidade e produtos BIM;
- 4D: trata do planejamento temporal precisamente vinculado a cada um dos elementos modelados e vinculados;
- 5D: lida com a economia do projeto ou como cada elemento BIM é sincronizado com seu preço, sua origem, sua instalação e os custos de sua implantação e manutenção;
- 6D: trata da sustentabilidade dos projetos e da construção focada em seu vértice ambiental, tal como a sua contabilidade de CO₂;
- 7D: é dedicada à operação e manutenção de instalações construídas e ativos manufaturados;
- 8D: voltada para o conceito de Acidente Zero, para segurança e saúde durante o projeto e a fase de manutenção das construções;
- 9D: trata da introdução da filosofia de gestão enxuta no setor de construção, chamada de construção enxuta.
- 10: é o objetivo comum de todas as outras dimensões que é industrializar a

construção, transformar o setor de construção em um setor mais produtivo, integrando as novas tecnologias através de sua digitalização [9].

Figura 1 – Dimensões do BIM



Fonte: MAFA ENG [10]

3.2 Modelagem 4D

Segundo Eastman et al. [8], a modelagem 4D é o processo de ligação entre o planejamento executivo e a representação gráfica tridimensional de um projeto, possibilitando a simulação virtual do processo construtivo, mostrando como a edificação e o canteiro de obras ficariam em qualquer ponto do tempo. Esta técnica permite uma interpretação menos abstrata da sequência lógica dos passos envolvidos em um processo de construção de um empreendimento.

A interpretação do planejamento via cronogramas tradicionais e sua ligação com a representação gráfica de um projeto em 2D, exigem um alto grau de expertise por parte do leitor para que o processo de construção reflita na prática o que foi planejado. Frequentemente se observa problemas de interpretação e comunicação por conta da falta de experiência ou fatores individuais de conceitualização do planejamento [3].

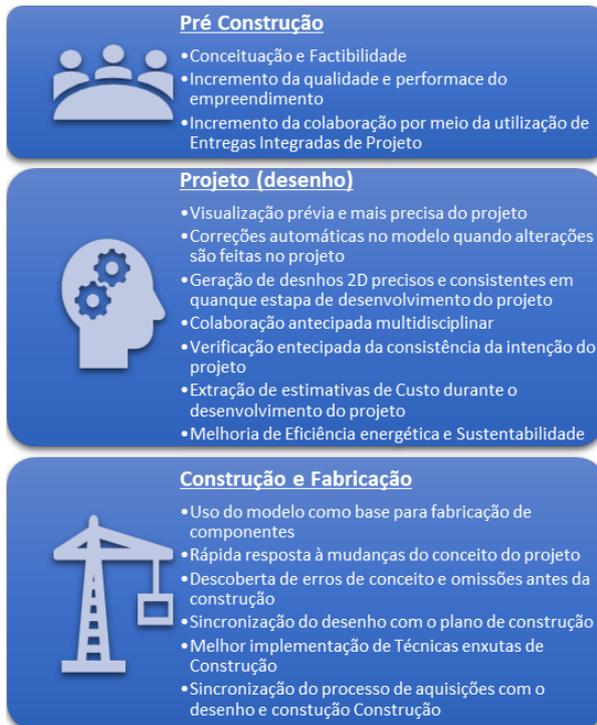
Modelos 4D integram os aspectos lógicos, temporais e espaciais das informações do planejamento construtivo, permitindo aos usuários, a detecção antecipada de problemas potenciais, tais como inconsistências na lógica de planejamento mostrada no cronograma ou barreiras de construtibilidade [3].

3.3 Benefícios do BIM e Modelagem 4D

Segundo Koo e Fischer [3], há diversas vantagens na utilização da modelagem 4D frente aos métodos tradicionais de

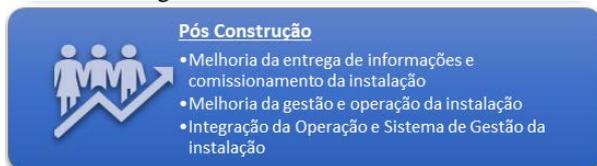
apresentação do planejamento de uma obra, tais como: ferramentas de visualização, Integração e análise. Eastman et al. [8], citam vantagens não apenas durante o processo construtivo, mas também nas etapas de pré-construção, conceituação e pós projeto, como visto na figura 2:

Figura 2a – Benefícios do BIM



fonte: adaptado de Eastman et al. [8]

Figura 2b – Benefícios do BIM



Fonte: Adaptado de Eastman et al. [8]

Adicionalmente, a modelagem 4D oferece a possibilidade da agregação de elementos temporários à construção, tais como: andaimes, guindastes, veículos industriais, guas, canteiro de obras, etc. Esses elementos podem ser conectados às atividades do cronograma e refletidos no plano de construção desejado [8]. Uma vez adicionados ao modelo, usuários podem facilmente, simular, visualizar e gerir sua

utilização e interface com os demais elementos da obra, reduzindo custos e evitando conflitos espaciais e logísticos.

4. Metodologia

A metodologia utilizada para elaboração deste trabalho foi dividida em duas etapas: revisão bibliográfica sobre a utilização de modelagem e simulação 4D para o acompanhamento do avanço físico de projetos; aplicação dos conceitos teóricos na descrição de uma metodologia para desenvolvimento de um estudo de caso. Para este estudo de caso, foi utilizado um modelo tridimensional de uma planta de destilação de derivados de petróleo desenvolvido no *software* de modelagem paramétrica E3D PDMS da Aveva Group plc. Este modelo foi baixado de uma plataforma digital de compartilhamento de modelos 3D, Realidade Virtual e Realidade Aumentada [11], com direitos de distribuição e utilização regidos por licenças tipo *Creative Commons BY* [12]. Este modelo, possui elementos paramétricos classificados em objetos com atributos que se relacionam entre si e que representam algumas das diversas disciplinas que são necessárias para a construção de um empreendimento desse tipo, tais como: civil, mecânica estrutural, tubulação, equipamentos e infraestrutura elétrica.

O modelo 3D foi importado para o *software* Navisworks Manage da Autodesk, e associado ao planejamento proposto, desenvolvido no *software* MS Project da Microsoft, gerando o modelo 4D.

5. Estudo de Caso

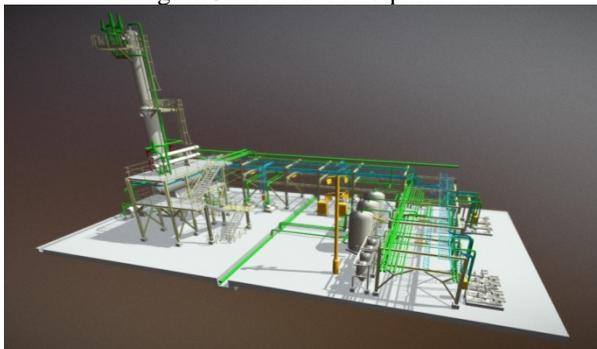
O estudo de caso apresentado neste trabalho tem como objetivo aplicar os conceitos teóricos envolvidos, no desenvolvimento da simulação 4D das etapas de construção de uma planta petroquímica.

A grande maioria do material pesquisado na literatura sobre o tema deste trabalho, utiliza como objeto de estudo de caso, empreendimentos de arquitetura e construção

civil. A escolha de um modelo de uma planta industrial, visa abordar também a aplicação dos conceitos de modelagem 4D ao mercado de construções industriais, uma vez que este tipo de empreendimento tem uma estrutura construtiva similar à de uma obra civil comum, porém com características distintas.

O modelo escolhido para este estudo de caso possui os elementos gráficos necessários para representar a maioria dos componentes existentes numa planta desse tipo, tais como: bases civis, canaletas, sapatas, estruturas metálicas, escadas, tubulação, válvulas, instrumentação, equipamentos, suportes, eletrocalhas, painéis elétricos e suportação. A figura 3 mostra uma vista isométrica e renderizada da planta objeto deste estudo.

Figura 3 – Planta Petroquímica



Fonte: “E3D Plant” por “dbrgraintec” licenciado sob CC-BY [11]

5.1 Processo de Modelagem 4D

O processo de modelagem 4D envolve etapas de aquisição, desenvolvimento, adequação, atribuição e conversão de dados, oriundos de sistemas CAD e a associação desses dados com os de sistemas de planejamento e gestão de projetos, gerando informações dinâmicas espaço-temporais de fácil interpretação para o leitor.

Este estudo de caso, envolveu a seguinte sequência de atividades, representada de acordo com a figura 4:

- **Escolha do modelo 3D:** Foi pesquisado na internet, desenhos 3D com modelagem paramétrica e elementos necessários para representação das etapas de construção de um empreendimento.

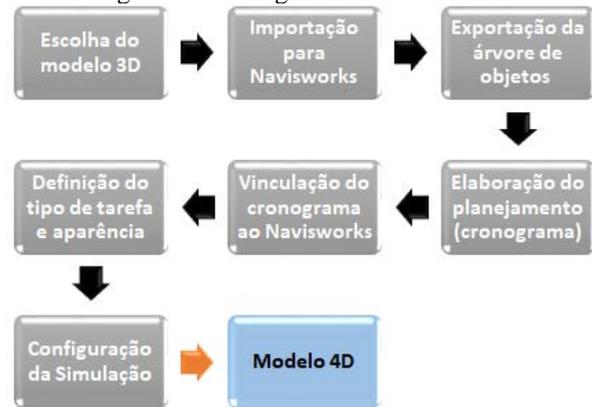
Dentre as diversas opções disponíveis para *download*, escolheu-se o modelo de uma planta industrial;

- **Importação para Navisworks:** O modelo foi baixado com o formato FBX (*FilmBox*), importado para o Navisworks Manage e salvo no formato nativo NWD (*Navisworks Document*);
- **Exportação da árvore de objetos:** A árvore de objetos, que é uma divisão hierárquica dos elementos que compõem o modelo, foi exportada para um arquivo de texto delimitado CSV. Este arquivo foi importado para o Microsoft Excel e salvo com o formato XLS;
- **Elaboração do planejamento (cronograma):** A árvore de objetos foi importada para o MS Project, reestruturada e organizada em pacotes de trabalho de uma EAP (Estrutura Analítica do Projeto). Essa divisão foi classificada em 7 pacotes de trabalho (1º nível da EAP), representando as disciplinas envolvidas na construção (civil, mecânica estrutural, suportes, equipamentos mecânicos, tubulação, elétrica de infraestrutura e equipamentos elétricos). Cada grupo foi subdividido em 3 áreas (2º nível da EAP) de acordo com a localização do objeto na planta (Área 01, Área 02 e Área 03). Para fins didáticos, foi atribuído à maioria das tarefas a duração de 1 dia. Foi estabelecido o relacionamento entre as tarefas, de acordo com o sequenciamento lógico de cada atividade e suas interdependências. Para fins didáticos, o relacionamento adotado para as tarefas foi do tipo Conclusão para Início (FS - *Finish to Start*);
- **Vinculação do cronograma ao Navisworks:** O cronograma executivo foi importado e vinculado ao modelo 3D por meio da ferramenta *TimeLiner* do Navisworks. A correlação entre cada tarefa do cronograma e o objeto do modelo 3D que a representa, foi feita pela vinculação da linha do cronograma por meio de um hyperlink à uma entidade

do objeto, objeto completo, conjunto de objetos (sets) ou camada (*layer*). Essa vinculação pode ser feita de maneira manual ou automática. Para esse modelo, o nome adotado para cada tarefa foi o mesmo atribuído ao objeto, dessa maneira, esse processo foi feito de maneira automática;

- **Definição do tipo de tarefa e aparência:** No *TimeLiner*, existe a possibilidade de se definir o tipo de tarefa correspondente a cada linha do cronograma. *Construct* (Construção), *Demolish* (Demolição), *Temporary* (Temporário), ou de acordo com a definição do usuário. É possível também, definir a aparência com a qual cada tipo de tarefa é mostrada na tela, tais como: nome, transparência e cor, inclusive definir a aparência para seus estados de evolução (inicial, final, adiantada e atrasada). Para fins didáticos, e por se tratar de um exemplo puramente construtivo, o tipo de tarefa adotado foi o *Construct*;
- **Configuração da Simulação:** O *TimeLiner* apresenta algumas opções de configuração da forma de apresentação da simulação 4D. É possível configurar o intervalo do cronograma que se quer apresentar e duração da simulação. O texto que é apresentado durante a simulação pode ser configurado para mostrar diversas informações, tais como: data, dia, semana e avanço da atividade, entre outras. Também é possível configurar o tipo de visualização das linhas de base do cronograma (Planejado e Real) mostrando suas diferenças e comparações.

Figura 4 – Fluxograma do modelo 4D



Fonte: O Autor

5.2 Ajustes no Cronograma

Visando aplicar os conceitos teóricos obtidos por meio da pesquisa acadêmica, arbitrou-se algumas datas para elaboração do cronograma executivo. De acordo com a duração de cada atividade e a rede de precedência, definida pela análise do modelo 3D, foi verificado que a duração total da obra seria de 200 dias úteis (277 dias no total). A fim de simular todo esse período, o planejamento do início da obra foi definido para novembro de 2019. Dessa forma, a obra seria finalizada em agosto de 2020. Antes do início da obra, uma linha de base foi criada e salva no cronograma, servindo como referência comparativa entre as datas início e fim de cada tarefa, previstas no planejamento inicial da obra, com as datas reais, nas quais as tarefas foram executadas.

Na prática, o andamento de uma obra sofre interferências internas ou externas, fazendo com que haja um descolamento entre o que foi planejado e o que foi executado. Esse fenômeno deve ser monitorado e controlado pelo Gerente do Projeto, a fim de cumprir os prazos estabelecidos. Algumas ferramentas podem ser utilizadas para eliminar ou mitigar atrasos, como o *Fast Tracking* (colocar atividades em paralelo) e *Crashing* (adição de recursos na tarefa).

A simulação 4D deste estudo de caso, propõe mostrar graficamente situações que podem ocorrer no andamento da construção, tais como atraso ou adiantamento de uma tarefa em relação ao planejado. Para isso, o

acompanhamento e entrada dos avanços no cronograma, foram feitos de tal forma que algumas atividades começassem antes e outras após o planejado. Além disso, foi utilizada técnica de *Crashing* em uma das atividades para colocar o cronograma em linha com o planejamento.

O Navisworks tem o poder de se comunicar com o MS Project, baixando as atualizações feitas no cronograma. Dessa maneira, qualquer alteração feita no planejamento ou avanço do projeto inserida no cronograma vinculado ao modelo, é refletida na simulação 4D.

5.3 Configurações do TimeLiner

A ferramenta do Navisworks que vincula o modelo 3D ao planejamento para geração do modelo 4D e por consequência da simulação, é chamada de *TimeLiner*. Para demonstrar graficamente na simulação as discrepâncias entre o planejado e real, algumas configurações adicionais foram feitas. As cores de exibição da aparência dos objetos e seus estágios de construção foram configuradas conforme mostrada da figura 5:

Figura 5 – Cores de aparência dos objetos

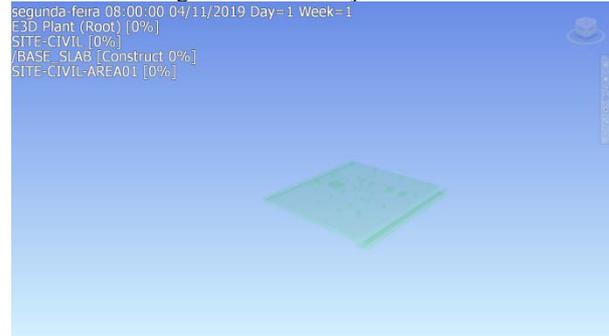


Fonte: O Autor

5.4 A Simulação 4D

Após todos os ajustes e configurações finalizados, a ferramenta de simulação foi iniciada. A animação do avanço físico da obra então é mostrada no canto direito inferior da tela, e os detalhes de porcentagem de avanço, data, dia e semana no canto superior esquerdo. A figura 6 mostra o estado da obra no seu primeiro dia, com o início da construção da base de concreto da Área 01:

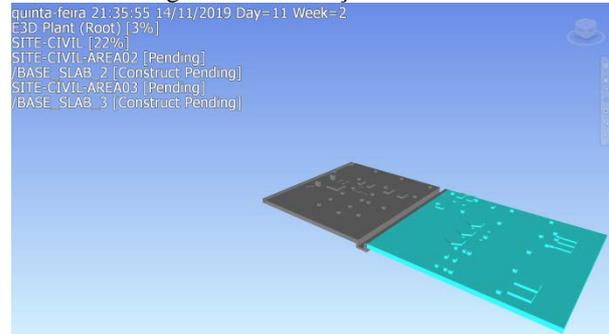
Figura 6 – Simulação do dia 1



Fonte: O Autor

A figura 7 mostra o estado da obra no seu 11º dia. A base civil da Área 03 é mostarda em ciano, pois está adiantada em relação ao planejado:

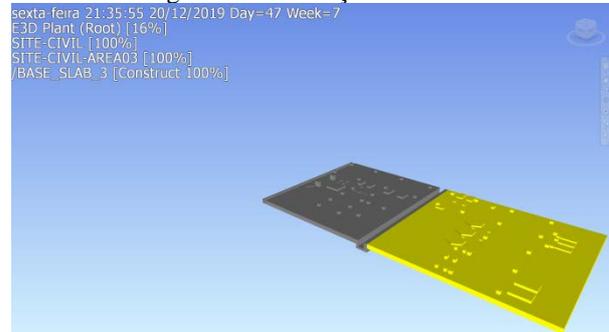
Figura 7 – Simulação do dia 11



Fonte: O Autor

A figura 8 mostra o estado da obra no seu 47º dia. A base civil da Área 03 é mostarda em amarelo, pois está atrasada em relação ao planejado:

Figura 8 – Simulação do dia 47

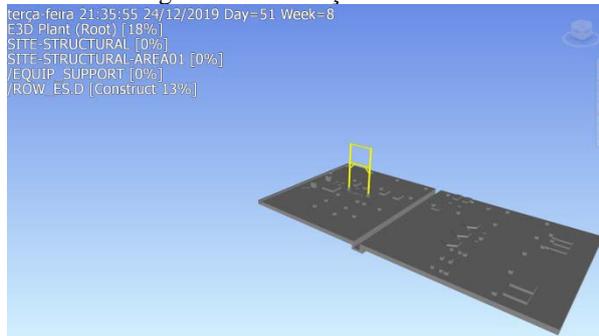


Fonte: O Autor

A figura 9 mostra o estado da obra no seu 51º dia. A estrutura da Área 03 é mostarda em

amarelo, pois está atrasada em relação ao planejado:

Figura 9 – Simulação do dia 51

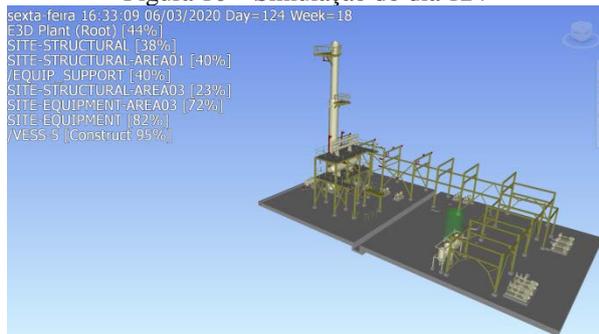


Fonte: O Autor

Para trazer o cronograma em linha com o planejado, foi adotado o *Crashing*, para essa tarefa. Pelo planejamento inicial, ela deveria ter sido completada em 10 dias, porém com a adição de recurso, foi feita em 8 dias, culminando no alinhamento entre o planejado e real para as próximas tarefas.

A figura 10 mostra o estado da obra no seu 124º dia. Neste estágio, a montagem de estruturas mecânicas e equipamentos estão em andamento. Os suportes para tubulação já foram montados:

Figura 10 – Simulação do dia 124



Fonte: O Autor

A figura 11 mostra a obra concluída, no seu último dia:

Figura 11 – Simulação do último dia



Fonte: O Autor

6. Considerações Finais

Este artigo teve como principal objetivo demonstrar na prática, por meio de um estudo de caso, a aplicabilidade do uso da modelagem 4D e suas ferramentas, na visualização e acompanhamento do avanço físico de uma obra. A escolha do modelo 3D de uma planta industrial, permitiu a extrapolação dos conceitos do BIM 4D para o âmbito de construções industriais, envolvendo disciplinas que geralmente não são vistas no ramo da construção civil. A apresentação deste estudo de caso, evidencia as principais vantagens do uso da modelagem 4D para acompanhamento do avanço físico da obra em relação aos métodos tradicionais. Dentre elas, pode-se destacar: incremento da capacidade de integração e melhorias na qualidade da comunicação entre as partes envolvidas; facilidade na interpretação de dados, uma vez que os conflitos espaço-temporais são diretamente visualizados, evitando-se assim falhas de interpretação; sincronização direta entre as mudanças e atualizações do cronograma com a ferramenta de simulação; capacidade de simular cenários alternativos em resposta à fatores internos ou externos ao projeto.

O Navisworks possui ainda outras potencialidades não abordadas nesse trabalho e que podem ser exploradas. A ferramenta de detecção de conflitos (*Clash Detective*), permite a detecção e geração de relatórios sobre interferências geométricas e temporais, facilitando a questão da logística no canteiro de obras. Além disso, há a possibilidade da inclusão de mais uma dimensão nessa

simulação, que é o 5D. Com isso, além do cronograma, o custo envolvido em cada tarefa pode ser visualizado e controlado.

As etapas e metodologia para a criação do modelo 4D foram abordadas para o estudo de caso deste trabalho, porém podem ser adaptadas para a aplicação em estudo de caso real. Vale a pena frisar que a apresentação desse estudo de caso tem caráter meramente didático, dando foco no tema do trabalho. Dessa maneira, foram assumidos e arbitrados dados que podem divergir da realidade prática no mundo das construções. Também foram suprimidas algumas etapas no processo de construção, tais como, sondagem de solo, topografia, terraplanagem, canteiro de obras, utilização de maquinário de içamento de carga e logística, andaimes, plataformas, etc.

Por último, vale a pena destacar que apesar das inúmeras vantagens que a utilização de sistemas BIM traz para um projeto, nas suas diversas dimensões, sua implementação exige grandes esforços, mudanças culturais e organizacionais.

7. Referências

- [1] ALMEIDA, N. Gerenciamento do tempo em projetos. 1. ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2014.
- [2] VARGAS, R. V. Gerenciamento de projetos: estabelecendo diferenciais competitivos. 7. ed. Rio de Janeiro: Brasport, 2009.
- [3] KOO, B.; FISCHER, M, Feasibility Study of 4D CAD in Commercial Construction. *Journal of Construction Engineering and Management*.
- [4] ACKOFF, R. L. Planejamento empresarial. LTC, 1976.
- [5] MATTOS, A. D. Planejamento e Controle de Obras. 1ª ed. São Paulo. PINI, 2010.
- [6] AZHAR, S; KHALFAN, M; MAQSOOD, T. Building information modelling (BIM): now and beyond. *Construction Economics and Building*, v. 12, n. 4, p. 15-28, 2012.
- [7] NBIMS-US. National BIM Standard–United States Version 3. 2015. Disponível em:<https://www.nationalbimstandard.org/files/NBIMS-US_FactSheet_2015.pdf>. Acesso em: 30 jun. 2020.
- [8] EASTMAN, C. M. et al. BIM Handbook: A guide to building information modeling for owners, managers, designers, engineers and contractors. 2ª ed. Hoboken. John Wiley & Sons, 2011.
- [9] ARNAL, Ignasi Pérez. Why don't we start at the beginning? The Basics of a Project: Lean Planning and Pre-Construction, BIM News Last trends of the AECO sector, BIM Community, 2018. Disponível em:<<https://www.bimcommunity.com/news/load/490/why-don-t-we-start-at-the-beginning>>. Acesso em: 05 ago. 2020.
- [10] MAFA ENG. Building Information Modeling (BIM): Teoria das 10 dimensões BIM. Disponível em:<<http://mafa.eng.br/BIM/>>. Acesso em: 05 ago. 2020.
- [11] SKETCHFAB. E3D Plant. Disponível em:<<https://sketchfab.com/3d-models/e3d-plant-71f3942d93794088a929741bd81f8ba2>>. Acesso em: 01 ago. 2020
- [12] CREATIVE COMMONS. Sobre as Licenças. Disponível em:<https://creativecommons.org/licenses/?lang=pt_BR>. Acesso em: 01 ago. 2020