



# UTILIZAÇÃO DA METODOLOGIA BIM NO PLANEJAMENTO E CONTROLE DE OBRAS INDUSTRIAIS COM LINHA DE BALANÇO

## *BIM METHODOLOGY WITH LINE OF BALANCE FOR PLANNING AND CONTROL OF INDUSTRIAL WORKS*

Submetido em: 28/10/2021

Aceito em: 15/04/2022

Luiz Paulo Oliveira Scaglioni<sup>1</sup>

Francine Lima Ribeiro Bernardo<sup>2</sup>

Matheus Costa Silva<sup>3</sup>

Gustavo Henrique Dias Trevenzoli<sup>4</sup>

Leandro Vinícius Pereira Lopes<sup>5</sup>

Pedro Henrique Freire dos Santos<sup>6</sup>

Gláucia Nolasco de Almeida Mello<sup>7</sup>

### RESUMO

Como as atividades tradicionais de planejamento não forneciam informações precisas como, por exemplo, os índices de produção de uma determinada obra, causando grande desorganização, a construção civil buscou investir em novos processos de gestão visando melhorar o desempenho físico e a gestão financeira das atividades desenvolvidas no canteiro de obras. Este artigo buscou identificar os benefícios do planejamento e controle da gestão de obras industriais, utilizando a metodologia BIM 4D associada a um método tradicional -Gráfico de Gantt - e à técnica de Linha de Balanço. A metodologia aplicada a esta investigação foi a realização de um estudo de uma das obras correntes da PHD Engenharia LTDA. O planejamento 4D, preenche a lacuna do MS Project relacionada à visualização da atuação da equipe. Portanto, juntamente com a LOB, torna-se possível identificarmos onde a equipe está atuando e como deveria estar o trecho, em que essa se encontra, ao final do período.

---

<sup>1</sup> Graduando do curso de Engenharia Civil da PUC Minas, e-mail: [lposcaglioni@gmail.com](mailto:lposcaglioni@gmail.com)

<sup>2</sup> Graduando do curso de Engenharia Civil da PUC Minas, e-mail: [francine.bernardo@sga.pucminas.br](mailto:francine.bernardo@sga.pucminas.br)

<sup>3</sup> Graduando do curso de Engenharia Civil da PUC Minas, e-mail: [mat0717@hotmail.com](mailto:mat0717@hotmail.com)

<sup>4</sup> Graduando do curso de Engenharia Civil da PUC Minas, e-mail: [gugutrevenzoli@hotmail.com](mailto:gugutrevenzoli@hotmail.com)

<sup>5</sup> Graduando do curso de Engenharia Civil da PUC Minas, e-mail: [lvplopes@sga.pucminas.br](mailto:lvplopes@sga.pucminas.br)

<sup>6</sup> Graduando do curso de Engenharia Civil da PUC Minas, e-mail: [pedro.frsa@gmail.com](mailto:pedro.frsa@gmail.com)

<sup>7</sup> Professora Adjunto II do curso de Engenharia Civil da PUC Minas, doutora em Engenharia de Estruturas, e-mail: [gnamello@pucminas.br](mailto:gnamello@pucminas.br)

**Palavras-chave:** Metodologia BIM; BIM 4D; Planejamento e Controle de obras; Linha de Balanço; Obras industriais.

### **ABSTRACT**

*Usually, the traditional planning activities do not provide accurate information, such as the production rates of a given work, causing great disorganization. In this way, civil construction sought to invest in new management processes to improve the physical performance and financial management of the activities developed at the construction site. This article sought to identify the benefits of planning and controlling the management of industrial works, using the BIM 4D methodology associated with a traditional method -Gantt Chart - and the Line of Balance technique. The methodology applied to this investigation was to carry out a study of one of the current works of PHD Engenharia LTDA. It was concluded 4D planning fills the gap in MS Project related to visualizing the team's performance. Therefore, together with the LOB, it becomes possible to identify where the team is working and how the stretch should be, in which it is located, at the end of the period.*

**Keywords:** BIM Methodology; BIM 4D; Construction Planning and Control; Line of Balance; Industrial Works.

## **1. INTRODUÇÃO**

A indústria da construção civil (ICC) exerce um papel de grande importância na economia brasileira e encontra-se em constante crescimento. Porém, o setor ainda apresenta diversos obstáculos que comprometem, de certa forma, a sua expansão, e que podem ser associados a diversos fatores, dentre os quais a resistência a mudanças, que leva ao uso de metodologias convencionais, pouco racionalizadas, no planejamento e execução de obras.

Segundo Eastman *et al.* (2014), os processos tradicionalmente adotados na gestão da construção demandam uma compilação e avaliação de volumosos dados que, muitas vezes, não permite que seja feito um controle eficaz no acompanhamento do serviço.

E, quando se trata de obras industriais, estas demandam planejamento e controle mais rigorosos, pois são serviços com notável complexidade construtiva e comumente com prazos de execução reduzidos (LAMB, 2010).

Na busca pelo aprimoramento do planejamento e execução de obras, vem sendo adotada de forma crescente a metodologia BIM (*Building Information Modeling* - Modelagem de Informação da Construção). Com o BIM, é desenvolvido um modelo virtual da construção no qual são incorporadas informações que auxiliam na tomada de decisões ao longo do ciclo de vida do projeto, tornando o processo mais integrado, proporcionando às construções uma maior qualidade com prazos de execução e custos reduzidos (EASTMAN, 2014).

A junção dos modelos tridimensionais ao cronograma da obra é definida como a quarta dimensão do BIM. O planejamento 4D permite uma melhor visualização da sequência executiva do serviço ao possibilitar que sejam feitas simulações de cada uma das etapas, de forma a ter um cronograma dinâmico em que se pode fazer correções com antecedência, promovendo um aumento de produtividade (BORGES, 2019).

A baixa produtividade ainda é um problema presente principalmente na construção civil brasileira, e os processos de planejamento adotados exercem influência direta sobre este fator (SILVA; CRIPPA; SCHEER, 2019).

Objetivando um melhor desempenho na indústria da construção, alguns pesquisadores estudaram a aplicação de conceitos do mercado industrial em projetos de construção, desenvolvendo assim a técnica de Linha de Balanço (LOB) (VARGAS, 2009), definida por Losekann (2020) como “uma técnica de planejamento e controle de prazo, que tem como princípio organizar e planejar os locais da obra no tempo determinado, favorecendo as obras que têm padrões de repetição de serviços no tempo mais claro”.

De acordo com Corrêa (2019), o uso integrado do planejamento BIM 4D com a técnica de LOB contribui para a visualização espacial da estrutura ao longo de sua construção e para a avaliação direta da viabilidade do cronograma por meio de uma série de ferramentas para planejar, gerenciar e comunicar os planos do projeto. Porém, pouco se sabe sobre a aplicação da Linha de Balanço em obras industriais uma vez que o método foi criado para obras repetitivas (VARGAS, 2009).

Desta forma, o objetivo deste artigo é estudar a aplicação da metodologia BIM associada a dois processos de planejamento e controle comumente utilizados em obras industriais, os processos. LOB e o do Gráfico de Gantt.

### **1.1. BIM e Planejamento 4D**

O iminente desenvolvimento do setor da construção civil foi um dos fatores que o levou à necessidade de se criar um modelo representativo dos processos construtivos, o que indicava a necessidade de abandonar o modelo convencional de traços, formas e textos (técnicas mais tradicionais do CAD) e, assim, fazer a transição para o modelo com a associação de elementos individuais, por meio de modelos e objetos orientados. Com esses modelos orientados, eles recebem uma estrutura que divide as disciplinas, que possuem características geométricas, físicas e outras. Nos parâmetros foram especificados o tipo de material, propriedades físicas e térmicas, custo do material, entre outros. Estes são os conceitos que compõem a metodologia BIM.

O BIM é um modelo digital gerado como forma de representação das características físicas e funcionais de uma construção (NBIMS, 2015). De acordo com Crotty (2012), “a modelagem BIM permite ao projetista construir o empreendimento em um mundo virtual antes deste ser construído no mundo real. Ele o cria utilizando componentes virtuais inteligentes, cada um deles sendo perfeitamente análogo a um componente real no mundo físico”.

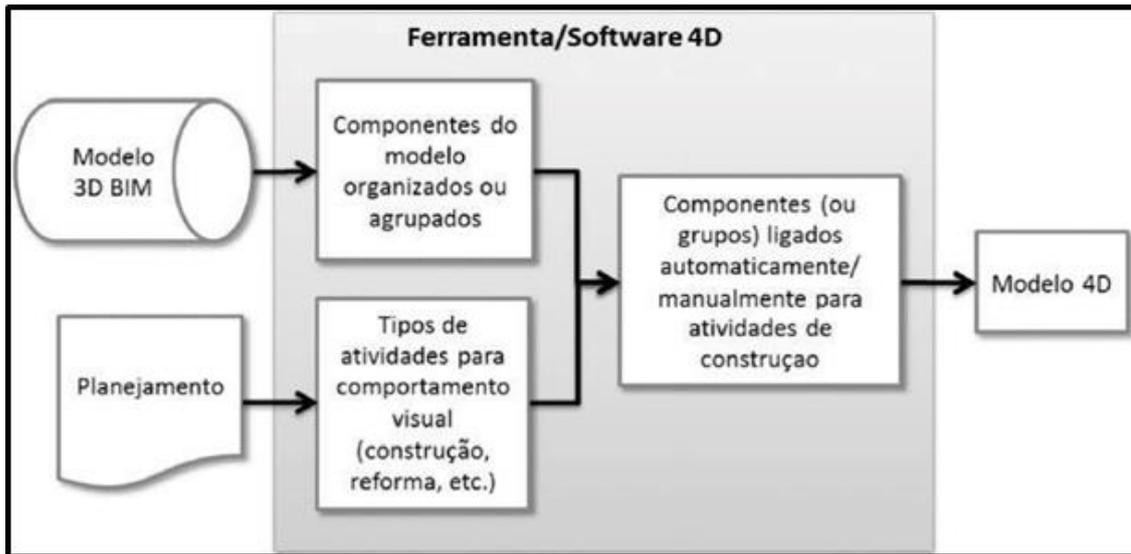
A tecnologia BIM serve como um recurso de compartilhamento de dados sobre uma edificação, sendo assim uma base confiável de informações que servirá para tomar decisões durante todo o ciclo de vida da estrutura (NBIMS, 2015). Por utilizar um modelo 3D, esta estrutura preliminar virtual visa detectar precocemente erros ou incompatibilidades em projetos, para dar mais segurança ao produto final através de alguns softwares, pois podem ser integrados trabalhando juntos, trocando informações entre si, obtendo um melhor conhecimento de toda a gestão do projeto, visualizando a análise e a ordem de construção, o orçamento e o planejamento da obra, além de ser principalmente uma ferramenta de otimização da execução, garantindo maior eficiência da construção, alcançando o produto final muito mais próximo à realidade.

O modelo tridimensional em si não é considerado um modelo BIM. É necessário que sejam agregadas às características geométricas informações e inteligência que proporcionem uma usabilidade que vai muito além do projeto, abordando características como, por exemplo: planejamento, orçamento, sustentabilidade e operações construtivas (GENUINO e FERREIRA, 2019). Estas características são contempladas por meio das n dimensões contidas no BIM. Os modelos 4D são uma extensão do modelo BIM que incorporam diversos aspectos de informação de projeto necessárias em cada estágio do ciclo de vida de uma edificação (LEE et al apud Biotto, Formoso, Isatto, 2019).

A incorporação do tempo ao modelo tridimensional corresponde ao BIM 4D. Por meio deste planejamento 4D, pode-se associar o modelo virtual da edificação ao cronograma da obra, fazendo a vinculação com as tarefas, o que gera um planejamento visual de andamento da obra, o que proporciona um melhor acompanhamento do avanço físico de cada etapa (GONÇALVES, 2019). Na Figura 1 é possível observar como se dá o vínculo entre o modelo 3D da obra e o planejamento da mesma.

Por meio deste cronograma dinâmico, torna-se possível efetuar simulações de arranjo físico e deslocamento em canteiro de obras, controlar melhor os prazos, prever situações críticas, facilitar a tomada de decisões durante as etapas de planejamento e execução e reduzir riscos com relação a equipamentos e logística (GONÇALVES, 2019).

Figura 1 - Planejamento 4D



Fonte: Adaptado de Eastman et al., 2014

## 1.2. Interoperabilidade

Entende-se por interoperabilidade a troca e uso de diversos participantes de um projeto ao longo do ciclo de vida de um empreendimento, através da comunicação direta entre aplicações de softwares (CBIC, 2016). É a interoperabilidade que possibilita que seja colocado em prática um dos principais conceitos de metodologia BIM: a integração e troca de informações. Ela faz com que seja possível o aperfeiçoamento e a otimização do serviço por meio das trocas e a reutilização dos arquivos e suas informações associadas (ARCARI et al, 2015).

Um dos grandes desafios da interoperabilidade é a interação entre os softwares. É possível que ocorram conflitos entre alguns softwares BIM, porém há uma proposta promissora para resolver este problema, conhecida como *Industry Foundation Class* (IFC).

Segundo Haagenrud et al. (apud BARROS; MELO, 2020, p.12) o IFC pode ser definido como:

Um esquema básico e um conteúdo de dados, composto de acordo com um padrão internacional, aberto e acessível ao público, para a estruturação e a troca de informação entre aplicativos computacionais voltados para a indústria do AEC.

No caso dos *softwares* utilizados neste estudo, estes não apresentam conflitos. O projeto 3D modelado no Autocad Plant 3D pode ser facilmente exportado para o Navisworks com a extensão DWG.

## **2. PLANEJAMENTO E GERENCIAMENTO DE OBRAS E PROJETOS**

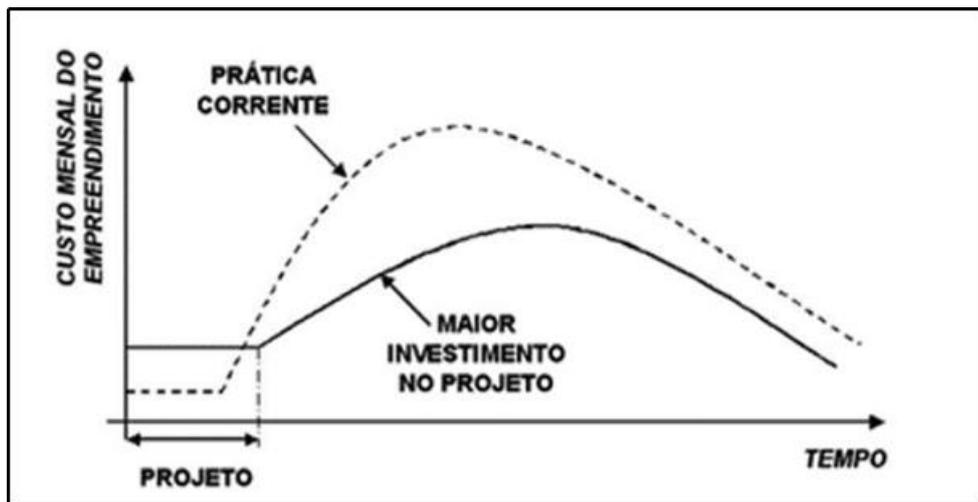
Segundo MATTOS (2019) o planejamento de obras propicia o conhecimento pleno da obra; permite a previsão de situações desfavoráveis, a agilidade na tomada de decisões, a otimização da alocação de recursos e a padronização. O profissional responsável pelo planejamento deve elaborar uma série de estudos e cálculos para avaliar em que circunstâncias a construção do empreendimento é mais rentável e econômica, tudo de acordo com as políticas internas da empresa e das leis em vigor na região onde a obra acontecerá. Mediante um planejamento completo e detalhado, a empresa pode ter uma visão real da obra, com base para a tomada de decisões adequadas ao longo da execução do projeto. Por isso, é fundamental que os profissionais responsáveis por cada etapa do planejamento conheçam bem as particularidades do setor e saibam gerenciar tarefas e pendências de forma otimizada e inteligente.

O gerenciamento de um projeto é, para Limmer (1997), a coordenação eficaz eficiente de recursos de diferentes tipos, como recursos humanos, materiais, financeiros, de equipamentos e esforços necessários para obter-se o produto desejado, atendendo-se a parâmetros previamente definidos. Mediante informações, o desempenho é comparado com os planos e as programações, podendo motivar, caso haja desvio significativo, a revisão dos planos, das programações, dos orçamentos e dos recursos alocados para a implementação do projeto, motivando novo planejamento.

Segundo Limmer (1997) também devem ser levados em consideração os valores e prazos considerados no orçamento e sua viabilidade de acordo com a localização da obra e data de execução a fim de não extrapolar os valores orçados e prazos de entrega e sempre que possível reduzi-los visando maiores lucros e satisfação do cliente adaptar às situações adversas que acontecem durante este período. Existem vários softwares que auxiliam neste acompanhamento como o MSProject, o Construct e o Excel onde podemos acompanhar todos os desvios financeiros, executivos e de prazo e assim criar alternativas para reduzir os impactos causados por esses. Atualmente, o sistema BIM, que concentra todas as etapas da obra em único planejamento de forma mais efetiva e dinâmica, vem sendo empregado para essa finalidade.

Segundo Barros e Melo (2020), a importância de uma gestão eficiente na elaboração de projetos pode ser justificada mediante a Figura 2, descrevendo a curva de projetos, sendo que o planejamento elaborado de forma adequada se reverte, posteriormente, em benefícios como: diminuição do tempo e custo do empreendimento.

Figura 2 - Impactos do projeto no custo do empreendimento.



Fonte: Sul21 apud Barros e Melo (2020)

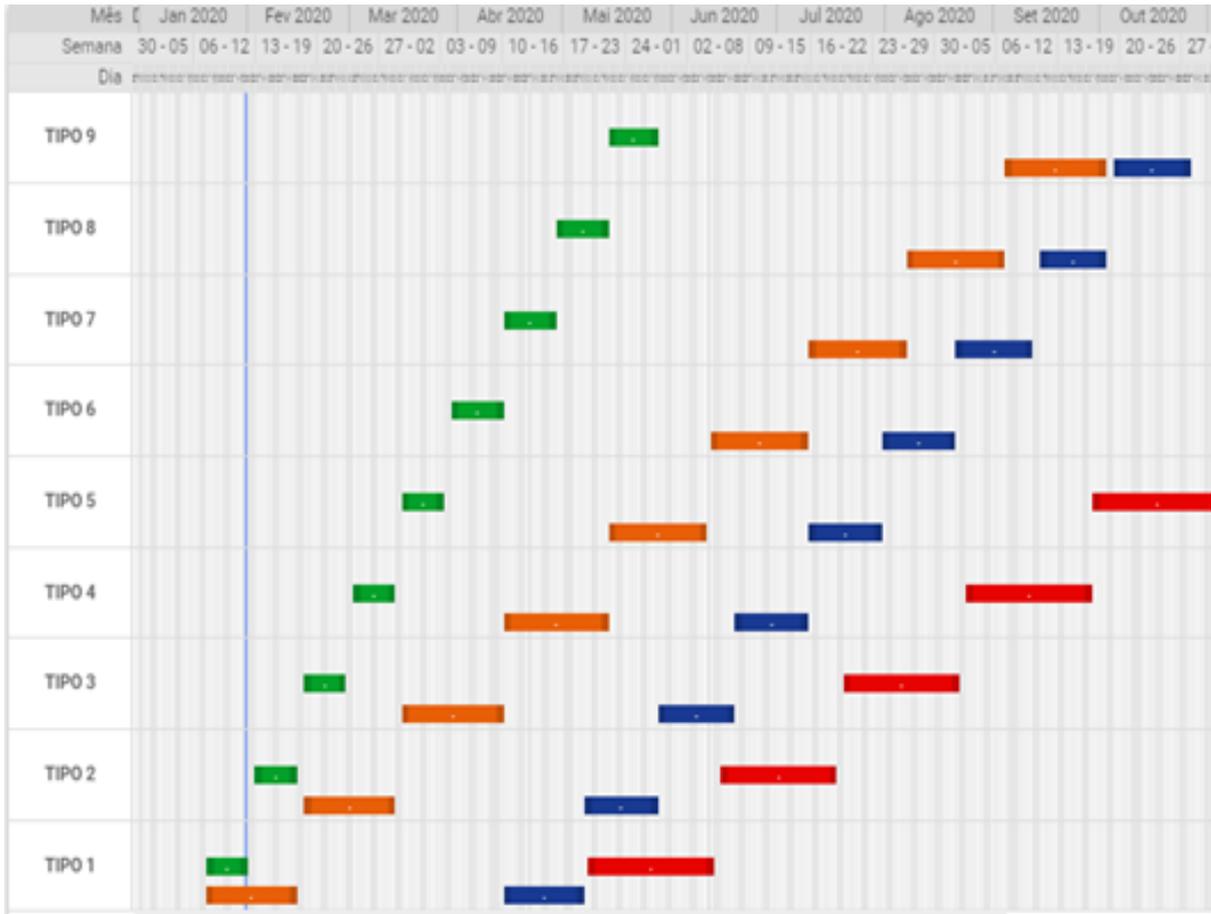
Durante o planejamento e controle de obras podem ser empregadas técnicas específicas para a programação dos projetos, como por exemplo, as técnicas da rede de precedência (PERT e CPM), a de cronograma de barras (Gantt) e a técnica da linha de balanço (*Line of Balance* - LOB). Neste trabalho, foi abordado especificamente o método LOB.

O método LOB foi criado pela Goodyear na década de 40, e posteriormente foi aprimorado pela Marinha dos Estados Unidos, durante a Segunda Guerra Mundial. Seu objetivo na indústria é auxiliar na produção em série e contínua (ICHIHARA, 1997).

A LOB, também denominada de diagrama tempo-caminho ou diagrama espaço-tempo, é uma técnica de planejamento desenvolvida para obras que possuem grupos de atividades repetitivas, como por exemplo, edifícios, estradas, instalações de tubulações, entre outras. Ao contrário do cronograma de barras tradicionais, como o de Gantt, que se fixa na duração das atividades, a LOB representa a produtividade do serviço (MATTOS, 2019).

A construção do diagrama é feita da seguinte forma: no eixo das abscissas é representada a grandeza do tempo e nas ordenadas tem-se o trecho onde a atividade é realizada. A inclinação das retas formadas mostra o ritmo em que cada atividade avança (MATTOS, 2019), como mostra a Figura 3.

Figura 3 - Linhas de Balanço no MS Project



Fonte: Losekann (2020)

### 3. ESTUDO DE CASO

Para que o estudo pudesse ser realizado, a PHD Engenharia LTDA forneceu os dados de uma de suas obras correntes. No caso, trata-se de uma obra eletromecânica de captação de água da barragem de Maravilhas III para levar até a barragem de Maravilhas II, localizada nas proximidades da cidade de Itabirito (MG) na Mina do Pico.

A Figura 4 representa o início do trecho escolhido para análise, elaboração do modelo 3D e elaboração do Planejamento 4D. E a Figura 5 representa a segunda parte do trecho escolhido para análise, elaboração do modelo 3D e elaboração do Planejamento 4D.

Figura 3 - Trecho 01 - Lote 01



Fonte: Cedida pela PHD Engenharia

Figura 4 - Trecho 01 - Lote 02



Fonte: PHD Engenharia

A Figura 6 representa a continuação do trajeto à Barragem de Maravilhas II. No início do trecho 02 há uma estrutura chamada Pipe Rack, estrutura essa que auxilia na transição do trecho 01 para este trecho subsequente. E a Figura 7 representa a segunda parte do trecho 2. Há neste ponto a chamada travessia que é a passagem subterrânea de parte da tubulação devido ao fato de existir uma via por onde equipamentos e funcionários se locomovem ao longo do expediente.

Figura 5 - Trecho 02 - Lote 01



Fonte: PHD Engenharia

Figura 6 - Trecho 02 - Lote 02



Fonte: Cedida pela PHD Engenharia

A Figura 8 representa última parte do trajeto da Barragem de Maravilhas III à Barragem de Maravilhas II. Neste trecho há a transição do tipo de tubulação de aço carbono ASTM-36 para PEAD, uma vez que é necessário que esta percorra o restante do caminho pela própria barragem.

Figura 7 - Trecho 03 (Transição aço carbono ASTM a PEAD)



Fonte: Cedida pela PHD Engenharia

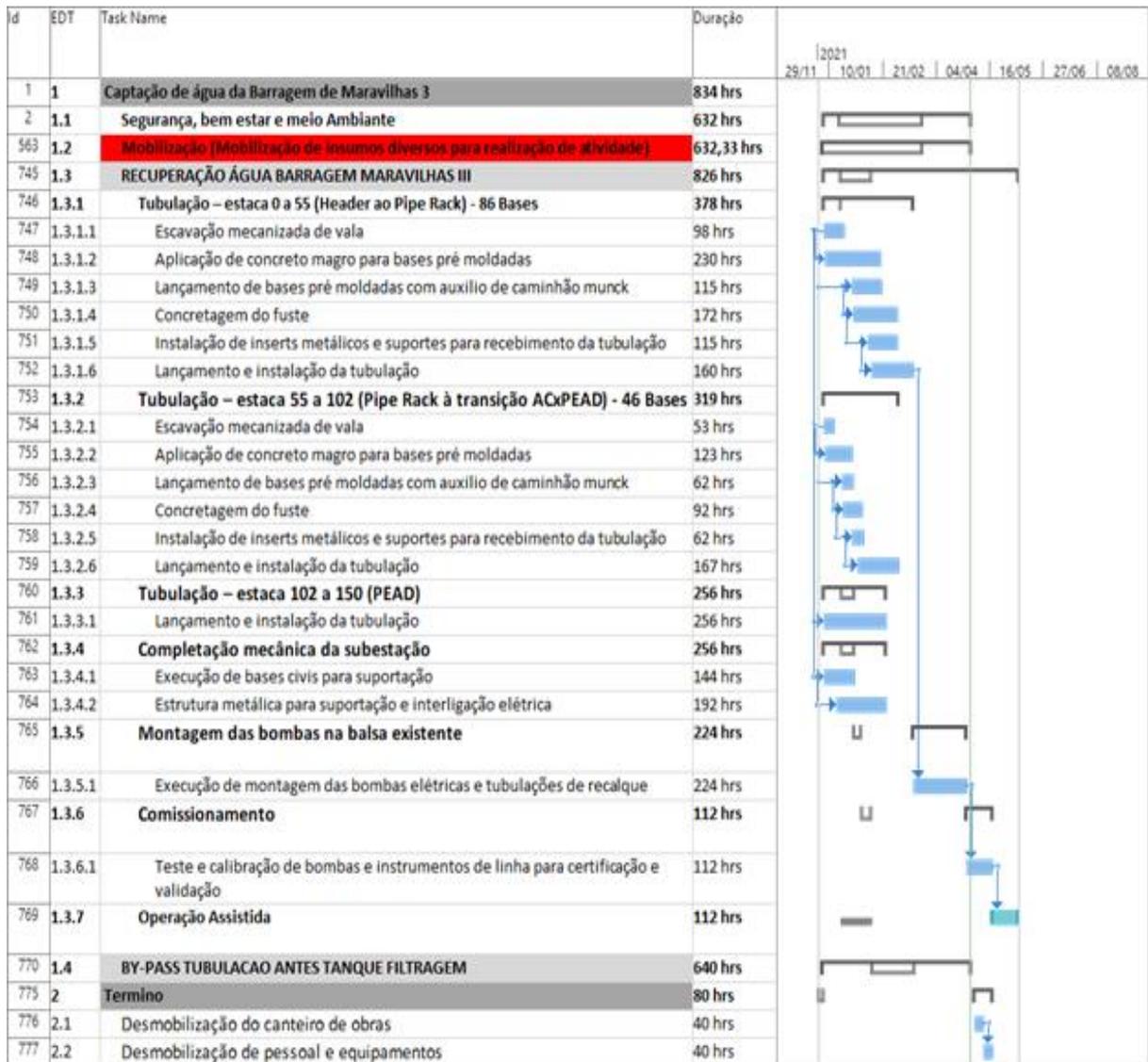
Por meio de documentos como o PTO (Plano de Trabalho Operacional) obteve-se o escopo da obra, efetivo e índices de produtividade, para que fosse possível elaborar os cronogramas. Primeiro, fez-se o chamado Cronograma Convencional, como apresentado na Figura 9.

Uma dificuldade encontrada no estudo em questão foi que, para a divisão estabelecida em locais, a representação gráfica das tarefas resumo não ficou adequada para a visualização das inclinações entre as linhas, como o exemplo da Figura 3, pois as atividades foram iniciadas simultaneamente por várias equipes diferentes impedindo o escalonamento das linhas (ver Figura 10), o que diverge do modelo padrão de LOB.

Para este estudo definiu-se LOD (*Level of Development*) 300, ou seja, os elementos possuíam informações (*specs*) que não foram utilizadas pois a finalidade era mesmo a interação entre o padrão temporal e o modelo 3D. Para a modelagem 3D o *software* utilizado foi o *Autocad Plant 3D*, um *software CAD* muito utilizado na área industrial para esse tipo de modelagem, com uma interface bem amigável (lembrando, inclusive, o próprio *Autocad*) representando os elementos dos pacotes de serviços definidos na elaboração do cronograma, ver Figura 11.

Figura 8 - Cronograma Convencional

Utilização da metodologia BIM no planejamento e controle de obras industriais com linha de balanço



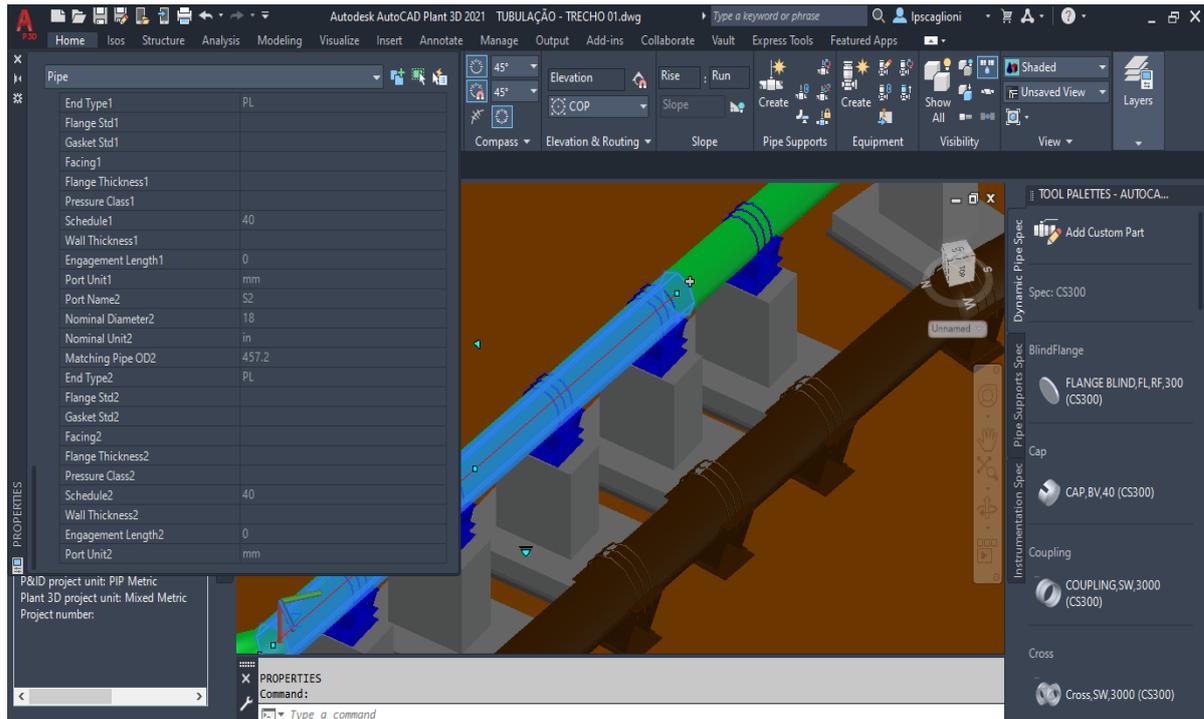
Fonte: Elaborado pelos autores (2021)

Figura 90 - Representação gráfica da Linha de Balanço em estudo.



Fonte: Elaborado pelos autores (2021)

Figura 101 - Interface do *Autocad Plant 3D*



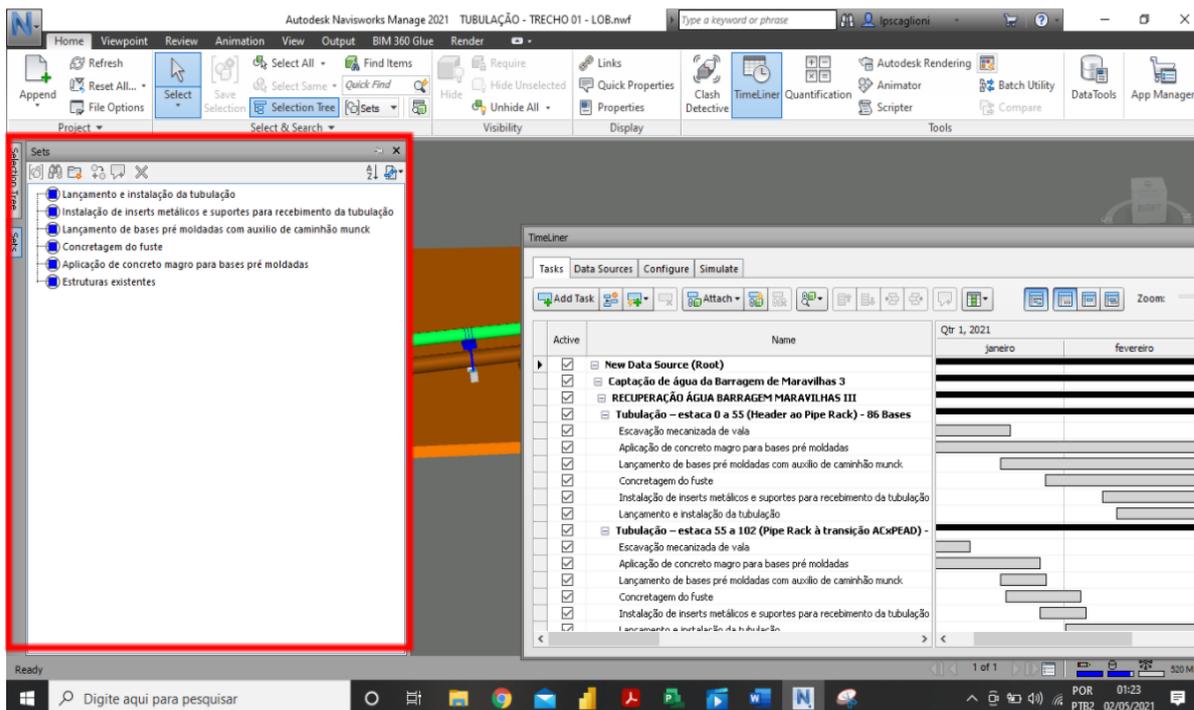
Fonte: Elaborado pelos autores (2021)

Finalizados os cronogramas e a modelagem, fez-se a integração destes no terceiro e último *software* utilizado neste estudo. Trata-se do *Navisworks*, um *software* BIM, utilizando principalmente para compatibilização, animações e o chamado Planejamento 4D.

Importou-se o modelo no *Navisworks* e fez-se o estudo em duas etapas: na primeira, vinculou-se o modelo ao cronograma convencional e fez-se a simulação das atividades num período pré-determinado. Em seguida, fez-se o mesmo procedimento, porém utilizando-se o cronograma feito em Linha de Balanço com a simulação para o mesmo período.

Para vincular as tarefas aos elementos, criaram-se os chamados *sets* que são os pacotes de serviço, nos quais os elementos do modelo que fazem parte de um determinado pacote, são inseridos, como mostra a Figura 12. Estes foram estrategicamente criados com o mesmo nome das tarefas dos cronogramas para facilitar os vínculos entre estas e aqueles, utilizando-se as regras do próprio *software* e ganhando assim, agilidade no processo.

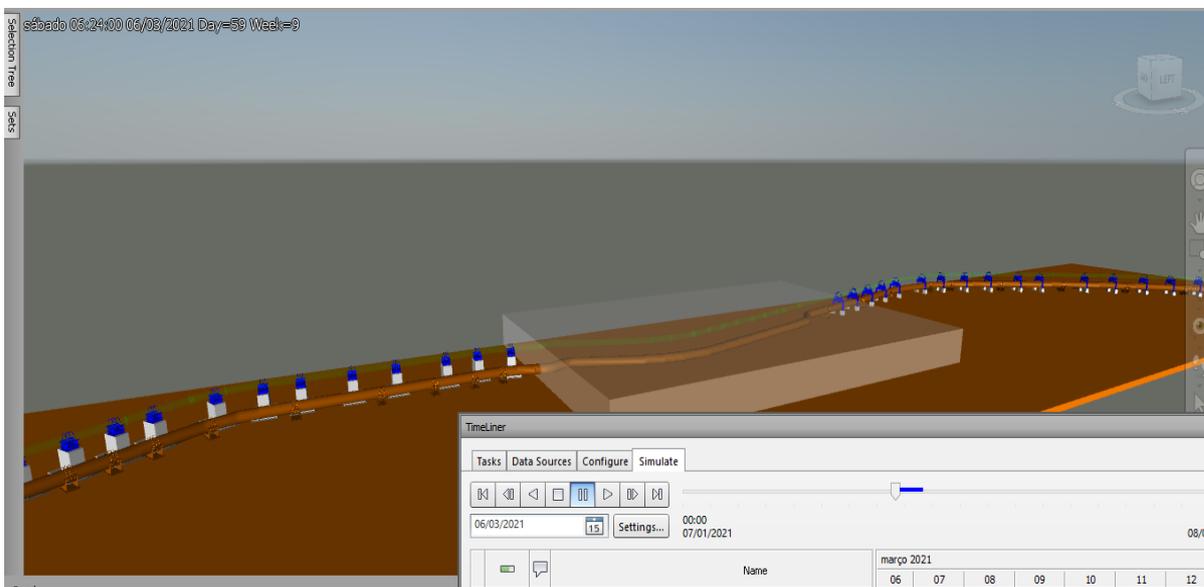
Figura 112 - Definição dos Sets no Navisworks.



Fonte: Elaborado pelos autores (2021)

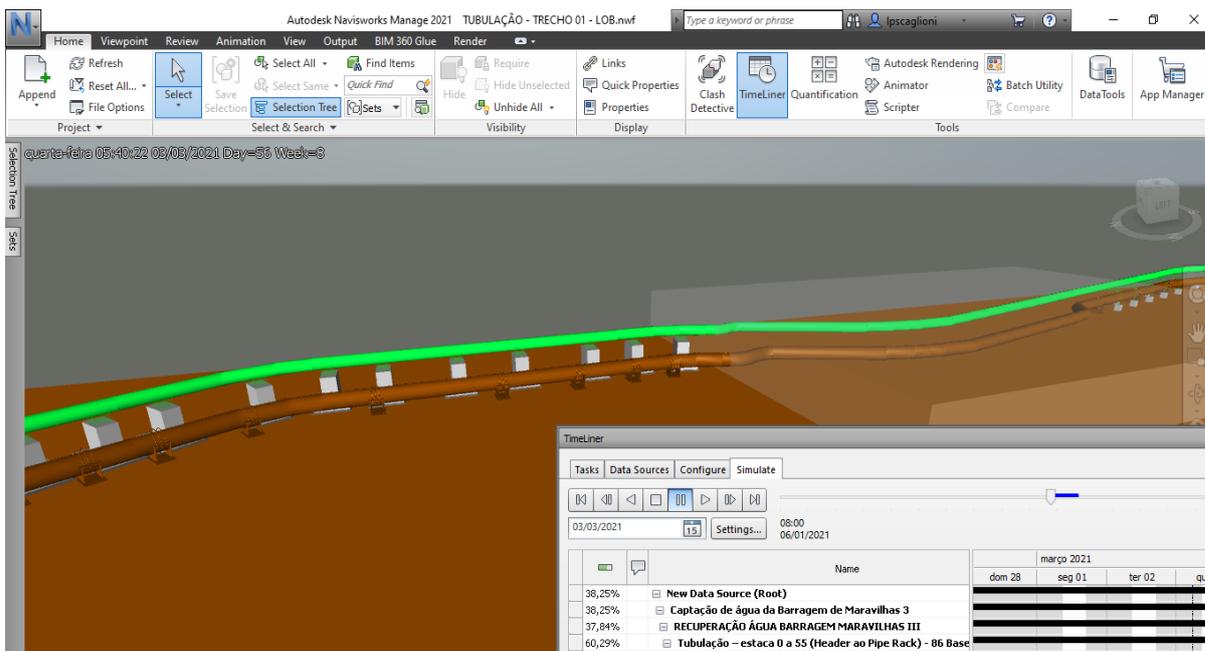
Observou-se no modelo as seguintes diferenças: na Figura 13, a grande maioria das bases com os respectivos suportes já estavam lançadas, conforme o planejado, enquanto na Figura 14, a tubulação se mostrou lançada sem os suportes.

Figura 123 - Simulation utilizando o cronograma feito de forma tradicional



Fonte: Elaborado pelos autores (2021)

Figura 13 - *Simulation* utilizando o Cronograma feito com Linha de Balanço



Fonte: Elaborado pelos autores (2021)

Conforme a Figura 15, observou-se que analisando o andamento por trechos, a definição do plano de execução tornou-se mais clara. No caso, levantou-se a possibilidade de lançar as bases no primeiro lote do primeiro trecho (Figura 4) e, logo em seguida, lançar as demais no segundo lote do mesmo trecho (Figura 5) após a execução do lastro de concreto magro em ambos. Concluiu-se que a tarefa seria realizada com mais agilidade e ganhar-se-ia frente de serviço, podendo-se mobilizar a equipe bem como os equipamentos para os trechos posteriores mais rapidamente.

Figura 16 - Modelo 3D aplicado no MS Project.

IDT	Task Name	Local	Duração	Predecessoras	% concluída	Início	Termino	BIM
<b>Local: Etapa 1</b>								
4	1.1.1.1 Escavação mecanizada de vala	Etapa 1	100 hrs		0%	Ter 05/01/21	Sex 09/04/21	
5	1.1.1.2 Aplicação de concreto magro para bases pré moldadas	Etapa 1	262 hrs	48+1 dia	0%	Ter 05/01/21	Qui 24/04/21	Construct
6	1.1.1.3 Lançamento de bases pré moldadas com auxílio de caminhão munk	Etapa 1	315 hrs	58+8 dias	0%	Ter 05/01/21	Sex 09/04/21	Construct
7	1.1.1.4 Concretagem do fuste	Etapa 1	170 hrs		0%	Ter 19/01/21	Sex 28/03/21	Construct
8	1.1.1.5 Instalação de inserts	Etapa 1	115 hrs		0%	Ter 19/01/21	Sex 28/03/21	Construct
9	1.1.1.6 Lançamento e instalação de inserts	Etapa 1	160 hrs		0%	Ter 19/01/21	Sex 28/03/21	Construct
<b>Local: Etapa 2</b>								
11	1.1.2.1 Escavação mecanizada	Etapa 2	100 hrs		0%	Ter 05/01/21	Sex 09/04/21	
12	1.1.2.2 Aplicação de concreto magro para bases pré moldadas	Etapa 2	262 hrs	48+1 dia	0%	Ter 05/01/21	Qui 24/04/21	Construct
13	1.1.2.3 Lançamento de bases	Etapa 2	315 hrs	58+8 dias	0%	Ter 05/01/21	Sex 09/04/21	Construct
14	1.1.2.4 Concretagem do fuste	Etapa 2	170 hrs		0%	Ter 19/01/21	Sex 28/03/21	Construct
15	1.1.2.5 Instalação de inserts	Etapa 2	115 hrs		0%	Ter 19/01/21	Sex 28/03/21	Construct
16	1.1.2.6 Lançamento e instalação de inserts	Etapa 2	160 hrs		0%	Ter 19/01/21	Sex 28/03/21	Construct
<b>Local: Etapa 3</b>								
18	1.1.3.1 Lançamento e instalação de inserts	Etapa 3	160 hrs		0%	Ter 19/01/21	Sex 28/03/21	Construct
<b>Local: Etapa 4</b>								
20	1.1.4.1 Execução de bases civis para suportação	Etapa 4	145 hrs	48	0%	Ter 05/01/21	Sex 29/01/21	Construct
21	1.1.4.2 Estrutura metálica para suportação e interligação elétrica	Etapa 4	190 hrs	208+5 dias	0%	Sex 15/01/21	Seg 22/02/21	Construct
<b>Local: Etapa 5</b>								
28	1.2.1 Montagem eletromecânica da tubulação - estaca 0 a 29	Etapa 5	255 hrs		0%	Seg 04/01/21	Sex 19/02/21	Construct
29	1.2.2 Montagem eletromecânica da tubulação - estaca 29 ao TQ-1490P-02	Etapa 5	225 hrs	28	0%	Sex 19/02/21	Qui 11/03/21	Construct
30	1.2.3 Comissionamento	Etapa 5	110 hrs	29	0%	Qui 01/04/21	Qui 22/04/21	Temporary

Fonte: Elaborado pelos autores (2021)

O método da LOB tem como uma das principais vantagens justamente o formato gráfico que permite fácil visualização da produção e duração das atividades, bem com as suas possíveis interferências com as atividades mais próximas. Ele permite definir quantas unidades estarão concluídas num determinado tempo, permite o estudo de reaproveitamento de equipes (se for o caso), evita problemas de fluxo entre elas e conseqüentemente melhoram a produtividade.

O Gráfico de Gantt (representação gráfica do MS Project) é sim uma ótima ferramenta que permite a visualização de parâmetros como: atividades a serem realizadas e o período em que estas devem acontecer, suas durações, seqüências e vínculos de precedência, recursos e até custos associados. Porém, a rápida e ágil visualização propiciada na LOB e a quantificação de dias entre atividades muitas vezes não é possível de se obter com o Gráfico Gantt. Isso pode dificultar a reorganização imediata caso uma equipe (ou equipes) venha(m) a terminar suas atividades antes da data programada. Dessa forma, dificulta-se a realocação desta equipe para ganhar frente de serviço.

O planejamento 4D, por sua vez, facilita a análise visual desta unidade repetitiva. Ou seja, nos permite enxergar como o ponto da obra em questão deveria estar conforme o planejamento e como ele realmente se encontra. Isso, aliado aos parâmetros extraídos da LOB, permitem uma melhor tomada de decisão pela equipe de planejamento e a definição de nossas estratégias de ataque.

Assim, o planejamento 4D, de certa forma, permite preencher a lacuna do MS Project em relação à visualização da atuação da equipe. Portanto, juntamente com a LOB, torna-se possível identificarmos onde a equipe está atuando, e como deveria estar o trecho, em que essa se encontra, ao final do período.

#### **4. CONSIDERAÇÕES FINAIS**

Com base nos materiais obtidos e que constam no referencial teórico, chegou-se a um resultado positivo.

Apesar de todas as restrições e limitações relacionadas à aplicação do LOB em obras industriais, atingiu-se o objetivo de pegar um cronograma, denominado de convencional, de uma obra industrial existente e em andamento e convertê-lo em um cronograma com a metodologia LOB. Trabalho este, muito elogiado pela equipe de planejamento da empresa.

Conseguiu-se observar a visualização das entregas em etapas e a visualização também do espaço de tempo entre as atividades.

Aliado a isso, com o planejamento 4D, conseguiu-se observar, em relação ao que foi planejado pela equipe de planejamento da obra, uma diferença na visualização de um dos pacotes de serviços – no caso, o lançamento das bases pré-moldadas, que no vínculo com o cronograma convencional, não havia acompanhado o lançamento da tubulação ao passo que, no vínculo com o LOB, aquela foi devidamente lançada antes desta.

## REFERÊNCIAS

ARCARI, Etienne do Amaral *et al.* **Interoperabilidade: um desafio para o processo de modelagem parametrizada de detalhes arquitetônicos e sua materialização.** In: XIX CONGRESSO DA SOCIEDADE IBERO-AMERICANA DE GRÁFICA DIGITAL 2015, 9., 2015, São Paulo. Anais do XIX Congresso da Sociedade Ibero-americana de Gráfica Digital 2015. São Paulo: Editora Edgard Blücher, 2015. p. 341-349. Disponível em: [http://papers.cumincad.org/data/works/att/sigradi2015\\_8.143.pdf](http://papers.cumincad.org/data/works/att/sigradi2015_8.143.pdf). Acesso em: 22 jun. 2021.

BARROS, Fernando da Costa; MELO, Humberto Coelho de. **Estudo sobre os benefícios do BIM na interoperabilidade de projetos.** Revista Científica Multidisciplinar Núcleo do Conhecimento. Ano 05, Ed. 01, Vol. 08, pp. 74-91. janeiro de 2020. ISSN: 2448-0959. Disponível em:

<https://www.nucleodoconhecimento.com.br/engenharia-civil/interoperabilidade-deprojetos>.

Acesso em: 1 out. 2020.

BIOTTO, C. N.; FORMOSO, C. T.; ISATTO, E. L. **O uso da modelagem BIM 4D no projeto e gestão de sistemas de produção em empreendimentos de construção.** ENTAC, 2012. Disponível em: <http://www.sipropro.eng.br/artigos/ENTAC%202012%20-%20O%20USO%20DA%20MODELAGEM%20BIM%204D%20NO%20PROJETO%20E%20GESTAO%20DE%20SISTEMAS%20DE%20PRODUCAO%20EM%20EMPREENDIMENTOS%20DE%20CONSTRUCAO.pdf>. Acesso em: 21 jun. 2021.

BORGES, M. L. A. E. **Método para a implementação da modelagem BIM 4D em empresas construtoras.** 2019. 198f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - Centro de Tecnologia, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2019.

**CBIC. Colaboração e integração BIM - Parte 3:** implementação do bim para construtoras e incorporadoras. Brasília: Câmara Brasileira da Indústria da Construção, 2016. 132 p.

Disponível em:

<https://saneamentobasico.com.br/wpcontent/uploads/2017/03/volume3-colaboracao-e-integracao-bim.pdf>. Acesso em: 02 out. 2020.

CORRÊA, Leonardo de Aguiar. **MÉTODO PARA FORMULAÇÃO DE PACOTES DE TRABALHO PARA OBRAS REPETITIVAS COM O USO DO BIM 4D.** 2019. 180 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Civil, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2019. Disponível em: <https://repositorio.ufsc.br/handle/123456789/214263>. Acesso em: 18 jun. 2021.

CROTTY, Ray; The Impact of Building Information Modelling. SPON Press. Nova Iorque, 2012.

EASTMAN, Chuck. et al. Manual de BIM: Um guia de modelagem da informação da construção para arquitetos, engenheiros, gerentes, construtores e incorporadores. Porto Alegre: Bookman, 2014.

GENUINO, Irismar da Silva. FERREIRA, Bárbara Gomes. **Análise da concepção de um planejamento de uma obra residencial utilizando a modelagem da informação da construção –BIM.** Revista Científica Multidisciplinar Núcleo do Conhecimento. Ano 04, Ed. 10, Vol. 13, pp. 34-52. Outubro de 2019. ISSN: 2448-0959, Link de acesso: <https://www.nucleodoconhecimento.com.br/engenharia-civil/obra-residencial>

GONÇALVES, Francisco A. A. **Dimensões do BIM e seus níveis de desenvolvimento de um modelo LOD.** Edição 157. Revista OSE Portal Elétrico, Novemp, São Paulo, 2019.

ICHIHARA, Jorge de Araújo. **A Base Filosófica da Linha de Balanço. São Paulo, 1997.** Disponível em: [http://www.abepro.org.br/biblioteca/ENEGEP1997\\_T3105.PDF](http://www.abepro.org.br/biblioteca/ENEGEP1997_T3105.PDF). Acesso em: 1 mai. 2021.

LAMB, J. C. B. Análise de método de gestão e planejamento de obras industriais: **aquisição de suprimentos.** 2010. 60 f. Trabalho de Diplomação (Graduação em Engenharia Civil) –

Departamento de Engenharia Civil, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2010.

LIMMER, Carl V. **Planejamento, orçamentação e controle de projetos e obras**. Rio de Janeiro: Livros Técnicos e Científicos, c. 1997.

LOSEKANN, Guilherme. **O que é Linha de Balanço**. 2020. Disponível em: <https://www.prevision.com.br/blog/linha-de-balanco-o-que-e/>. Acesso em: 8 maio 2021.

MATTOS, A. D. **Planejamento e Controle de Obras**. 2ª ed. São Paulo. Oficina de Textos, 2019.

NBIMS - **National Building Information Modeling Standard. Overview, Principles and Methodologies**, Version 3.0 – 2015. Disponível em: [https://www.nationalbimstandard.org/files/NBIMS-US\\_FactSheet\\_2015.pdf](https://www.nationalbimstandard.org/files/NBIMS-US_FactSheet_2015.pdf). Acesso em: 03 out. 2020.

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. ISSN 1980- 6809. Disponível em: <https://periodicos.sbu.unicamp.br/ojs/index.php/parc/article/view/8650258>. Acesso em: 04 nov. 2020.

VARGAS, B. H. **Aplicabilidade do Método da Linha de Balanço em Obras Industriais: Estudo de Caso para a Obra Industrial**. Porto Alegre, 2009. Disponível em: <https://revistaseletronicas.pucrs.br/ojs/index.php/graduacao/article/view/6044>. Acesso em: 15 abr. 2021