ENTAC 2024
XX ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO
Maceió, Brasil, 9 a 11 de outubro de 2024

Filosofia Lean aplicada ao BIM: um estudo de caso de um projeto de infraestrutura linear

Lean philosophy applied to BIM: A case study of a linear infrastructure project

Márcia da Silva Dóring
Universidad Europea del Atlântico | Rio de Janeiro | Brasil | marcia@marciadoringconsultoria.com

Resumo

Este trabalho tem como objetivo apresentar a aplicação das práticas da filosofia Lean no desenvolvimento de projetos de infraestrutura urbana linear em BIM, visando otimizar o processo. Adotaram-se duas abordagens metodológicas: revisão bibliográfica e estudo de caso para explorar a integração. Os resultados indicam que a integração da filosofia Lean ao processo de desenvolvimento do modelo de informação proporcionou benefícios em todas as etapas do ciclo de vida do projeto melhorando significativamente o fluxo de trabalho em direção ao valor desejado pelo cliente e estruturou as atividades com foco em diferenciais de um processo BIM eficiente: automação, padronização, redução de desperdícios e valorização dos profissionais envolvidos. Este estudo contribui para o campo da engenharia digital ao demonstrar como a filosofia Lean pode ser efetivamente integrada em projetos BIM, sugerindo um modelo que pode ser replicado em outras iniciativas de infraestrutura urbana, potencializando os benefícios do BIM e promovendo uma cultura de melhoria contínua.

Palavras-chave: BIM. Lean. Gestão. Infraestrutura. Engenharia. Engenharia Digital.

Abstract

This study aims to present the application of Lean philosophy practices in the development of linear urban infrastructure projects using Building Information Modeling (BIM), aiming to optimize the process. Two methodological approaches were adopted: a literature review and a case study to explore the integration of Lean into BIM. The results indicate that integrating the Lean philosophy into the information model development process provided benefits at all stages of the project's life cycle, significantly improving the workflow towards the client's desired value and structuring activities with a focus on the differentials of an efficient BIM process: automation, standardization, waste reduction, and professional appreciation. This study contributes to the field of digital engineering *by demonstrating how the Lean philosophy can be effectively integrated into BIM projects, suggesting a model that can be replicated in other urban infrastructure initiatives, enhancing the benefits of BIM, and promoting a culture of continuous improvement.*

Keywords: BIM. Lean. Management. Infrastructure. Engineering. Digital Engineering.

Como citar:
DORING, M. Filosofia Lean aplicada ao BIM: um estudo de caso de um projeto de infraestrutura linear. In: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 20., 2024, Maceió. Anais... Maceió: ANTAC, 2024.

INTRODUÇÃO

Este estudo foi motivado pela observação da autora quanto a relação entre o sucesso do desenvolvimento de projetos em BIM e uma gestão criteriosa. A complexidade do processo surge principalmente do grande volume de informações gerado, gerenciado e manipulado para atender aos usos pretendidos. Essa gestão de informações se não executada de forma estruturada pode resultar em desperdícios significativos de tempo e recursos, além de possíveis falhas no cumprimento dos objetivos do projeto.

Este trabalho investiga a integração do BIM com princípios e práticas Lean como abordagem de gestão pode otimizar o fluxo de trabalho, reduzir desperdícios e melhorar a entrega de projetos. Segundo [1], a filosofia Lean foca na maximização do valor para o cliente através da eliminação de desperdícios e na melhoria contínua dos processos. Em paralelo, o BIM representa uma metodologia avançada para planejamento, projeto e gestão de construções, facilitando a colaboração e a troca de informações entre os envolvidos [2].

A pesquisa de [4] sobre a filosofia Lean aplicada à construção ressalta a importância de considerar o projeto como um sistema de produção, onde o BIM atua como uma ferramenta de facilitação. Segundo [5], a combinação do BIM com práticas Lean não apenas melhora a precisão dos projetos, mas também aumenta a satisfação do cliente por meio de processos mais transparentes e eficientes.

Em relação aos estudos de caso, pesquisas como a de [6] exemplificam como projetos de infraestrutura urbana podem se beneficiar da aplicação conjunta de BIM e Lean, resultando em reduções de custo e tempo e melhor alinhamento com as necessidades dos clientes, corroborando quanto a viabilidade e os benefícios de adotar um modelo integrado Lean-BIM, como proposto neste trabalho.

O artigo aqui apresentado abordará os princípios das duas abordagens e as possíveis sinergias e integrações entre eles.

METODOLOGIA

Este artigo emprega uma abordagem metodológica que combina revisão bibliográfica e análise de estudo de caso para investigar a aplicação de práticas Lean em projetos de infraestrutura urbana utilizando o BIM. Esta abordagem foi escolhida para permitir uma análise da integração avaliando tanto a teoria existente quanto as aplicações práticas.

REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Inicialmente, foi realizada a revisão da literatura para estabelecer uma base teórica sólida e identificar práticas documentadas da implementação do Lean em conjunto com BIM. As fontes incluem artigos acadêmicos, livros, teses e relatórios de conferências acessados através de bases de dados como JSTOR, PubMed, Scopus e Google Scholar. As palavras-chaves usadas incluíram "Lean Construction", "Building Information Modeling", "Lean BIM integration", e "Digital Project Management". Esta

revisão permitiu delinear o estado da arte na pesquisa existente que o estudo de caso visou explorar.

ESTUDO DE CASO

O estudo de caso concentra-se em projeto específico de infraestrutura urbana onde práticas Lean foram aplicadas juntamente com ferramentas BIM. O projeto conduzido pela equipe da autora foi selecionado por sua relevância e uso das técnicas integradas. Métodos qualitativos foram empregados para coletar dados, incluindo observações no local e análise documental dos processos de projeto. As informações coletadas foram utilizadas para ilustrar como a integração do Lean com o BIM influenciou a eficácia do projeto e eficiência operacional.

ANÁLISE E SÍNTESE

Os dados derivados da revisão bibliográfica e do estudo de caso foram analisados para identificar tendências comuns, avaliar a eficácia das práticas implementadas e discutir desafios encontrados. Esta análise envolveu uma reflexão crítica sobre as contribuições do Lean e do BIM para os objetivos do projeto, bem como a consideração de como essas práticas podem ser aprimoradas ou modificadas para uso futuro.

CONSIDERAÇÔES ÉTICAS

Todas as pesquisas e levantamento de dados foram conduzidos de acordo com os princípios éticos de confidencialidade, assegurando que todas as informações e dados sensíveis fossem manipulados com o maior cuidado e respeito pela privacidade dos envolvidos.

DESENVOLVIMENTO

VANTAGENS DO USO DO BIM EM TODO O CICLO DE VIDA DE UM EMPREENDIMENTO

O BIM proporciona uma modelagem detalhada da geometria e do conjunto de informações dos componentes da construção permitindo simulações de desempenho e análises integradas desde a fase de projeto, melhorando o processo de tomada de decisão, otimizando soluções, e reduzindo conflitos e alterações durante as fases subsequentes. [2]

Segundo [7] o BIM facilita a coordenação entre as diversas equipes de trabalho, integrando diferentes especialidades e gerando a documentação do modelo de informação que orientará a construção, aumentando a eficiência nas obras através do planejamento mais eficiente de recursos que resultará em execução mais rápida e com menor custo.

O modelo de informação suportará o empreendimento durante todo o seu ciclo de vida permitindo análises de reformas e renovações. Promovendo práticas sustentáveis ao facilitar a reutilização e reciclagem desses materiais, permitindo um descomissionamento mais eficiente e menos disruptivo. [9]

Assim o BIM é uma ferramenta poderosa para melhorar todas as fases do ciclo de vida de um empreendimento, desde o planejamento inicial até a gestão do ativo construído, proporcionando benefícios significativos em termos de eficiência, custo e sustentabilidade.

A IMPORTÂNCIA DO PLANEJAMENTO E ESTRUTURAÇÃO INICIAL DO BIM NO PROCESSO DE PROJETO

Para que todos os benefícios do uso do BIM possam ser apropriados durante o ciclo de vida do empreendimento é necessário um planejamento criterioso e integração de todas as disciplinas envolvidas desde a fase inicial de projeto.

Este planejamento deve incluir a definição de metas claras, configuração de padrões de dados, e escolha de ferramentas adequadas para integrar todos os envolvidos no projeto [10]

INTEGRAÇÃO COLABORATIVA E INTERDISCIPLINAR

O planejamento inicial do BIM também envolve estabelecer uma colaboração efetiva entre todas as disciplinas envolvidas no projeto, garantindo que as informações estejam alinhadas e sejam consistentemente aplicadas ao longo de todas as fases do projeto. [7]

ESTUDOS DE CASO E EVIDÊNCIAS EMPÍRICAS

Implementar o BIM desde a etapa de projeto não apenas facilita a gestão do projeto, como também maximiza o potencial de melhorias em eficiência, sustentabilidade e rentabilidade em projetos de construção. Sua adoção crescente desde a fase de projeto está transformando os padrões da indústria da construção, elevando os níveis de precisão, eficiência e colaboração em projetos futuros.

Analisando os princípios do Lean observa-se que são focados em maximizar o valor para o cliente, eliminando desperdícios e melhorando os processos continuamente:

DEFINIR VALOR

O primeiro princípio é definir valor do ponto de vista do cliente. É crucial entender o que os clientes valorizam em um produto ou serviço para focar os esforços de melhoria nesses aspectos [1]. Este entendimento direciona todas as outras decisões no processo de produção.

MAPEAR O FLUXO DE VALOR

Após definir o valor, é necessário mapear todo o processo de produção e entrega, identificando as atividades a executar. Este mapeamento inclui tanto as atividades que agregam valor quanto aquelas que são desperdícios. O objetivo é visualizar oportunidades para eliminar ou minimizar atividades que não agregam valor [11]

CRIAR FLUXO

O terceiro princípio envolve fazer com que processos que agreguem valor fluam de maneira suave e contínua, minimizando interrupções, atrasos e gargalos. Isso é essencial para garantir que a produção seja eficiente e que os produtos sejam finalizados [12].

ESTABELECER PRODUÇÃO PUXADA

O princípio de produção puxada significa que nada é produzido até que haja uma demanda real para isso. Este sistema ajuda a minimizar o excesso de produção e o inventário, reduzindo custos e aumentando a eficiência ao responder diretamente às necessidades dos clientes [13]

MELHORIA CONTÍNUA

A melhoria contínua é a essência do Lean. Este princípio implica buscar constantemente formas de aprimorar os processos e eliminar desperdícios, com o objetivo de se aproximar cada vez mais da perfeição. Todos são incentivados a participar e contribuir para a melhoria contínua, criando uma cultura de inovação e adaptação constante [14].

A CASA LEAN

Figura 1 - A Casa Lean



Fonte: a autora.

A "Casa Lean" é uma representação visual que ilustra os principais elementos e objetivos da filosofia Lean. A estrutura representa a base, as principais práticas e processos e o objetivo final de agregar valor ao cliente. Ela orienta como os princípios Lean interagem nos processos produtivos, onde cada estrutura tem seu papel:

FUNDAÇÕES

As fundações representam a estabilidade da filosofia que é um conceito fundamental servindo como a base sobre a qual todos os processos Lean são construídos.

HEIJUNKA

O conceito de Heijunka ou nivelamento da produção é essencial para a estabilização do processo produtivo nas práticas Lean. Segundo [13] Heijunka é a técnica de distribuir a produção de forma uniforme tanto em volume quanto em variedade. Esta abordagem minimiza as oscilações de demanda e distribui a carga de trabalho uniformemente, facilitando uma resposta flexível e eficiente às mudanças no mercado sem sacrificar eficiência ou qualidade.

TRABALHO PADRONIZADO

Trabalho padronizado é o pilar que assegura a consistência e a eficiência em todas as operações, ele estabelece uma sequência clara e consistente para os processos,

garantindo que cada tarefa seja executada de maneira idêntica, maximizando a eficiência e a qualidade. [12]

KAIZEN

Kaizen ou melhoria contínua é o processo de fazer pequenas alterações incrementais que contribuem para a eliminação de desperdícios e aprimoramento contínuo da qualidade e eficiência. [15] descreve o Kaizen como um elemento integrante da competitividade japonesa, envolvendo todos os níveis da organização na busca por eficiência operacional.

PILARES

Os pilares da Casa Lean não só sustentam os processos de produção de uma maneira que maximiza a eficiência e minimiza os desperdícios, mas também garantem que as entregas atendam consistentemente aos padrões de qualidade exigidos pelos clientes.

JUST IN TIME

Just in Time é um sistema de produção que visa aumentar a eficiência e diminuir o desperdício pela produção e recebimento de mercadorias apenas quando necessário e nas quantidades necessárias [1]. No Just in Time três principais elementos são destacados:

- Fluxo Contínuo: Objetiva fazer com que a produção das entregas flua continuamente através do sistema de produção.
- Tempo Takt: Refere-se ao ritmo de produção alinhado à demanda do cliente, garantindo que a produção esteja sincronizada com a necessidade do mercado.
- Sistema Puxado: cada processo sinaliza suas necessidades ao processo anterior, criando uma cadeia de produção que responde diretamente à demanda real.

JIDOKA (AUTONOMAÇÃO)

Segundo [14] Jidoka é a capacidade de uma máquina ou processo parar automaticamente quando ocorre uma condição anormal, permitindo que problemas sejam corrigidos imediatamente, garantindo qualidade e eficiência.

TELHADO

O telhado da Casa Lean simboliza os objetivos finais da implementação do Lean, que são maximização da qualidade, minimização dos custos e redução do tempo de entrega (lead time). Estes objetivos refletem a promessa central do Lean de entregar o máximo valor ao cliente, utilizando os mínimos recursos necessários.

MAIOR QUALIDADE

A qualidade é vista não apenas como a ausência de defeitos, mas como a capacidade de atender e superar as expectativas dos clientes. A implementação de práticas Lean,

como Jidoka e trabalho padronizado garante que cada produto seja construído com alta precisão e de acordo com as especificações exatas resultando em menor número de falhas e maior satisfação do cliente [14].

MENOR CUSTO

Reduzir custos no contexto Lean é a eliminação sistemática de desperdícios em todos os processos. Onde todos os recursos são utilizados da maneira eficiente levando naturalmente à redução de custos sem comprometer a qualidade ou a entrega.

MENOR LEAD TIME

A redução do tempo de entrega é alcançada através da implementação de fluxo contínuo e sistemas puxados dentro da produção. Isso significa que as entregas se movem rapidamente através do sistema de produção com menos paradas e atrasos, permitindo uma resposta mais rápida às demandas do cliente e melhorando a flexibilidade geral do sistema.

ESTUDO DE CASO

A carteira da empresa em questão consiste em projetos desenvolvidos para a iniciativa privada onde o BIM não é uma exigência e quase todos são contratados em 2D, com isso o BIM precisa ser sustentável para todos os tipos de contratação, além disso são projetos de infraestrutura urbana e portuária, industriais e de obras de arte especiais. Para esses projetos ainda estão sendo mapeadas todas as necessidades de classificação de componentes e esse mercado ainda carece de padronização.

Na empresa, os projetos de todas as disciplinas são elaborados por equipe própria treinada na organização pela necessidade de grande especialização.

O objeto de estudo consiste num projeto de infraestrutura urbana linear que se estende por quinze quilômetros, abrangendo quatro municípios. Para uma gestão mais eficiente o projeto foi segmentado em blocos correspondentes a cada município. Essa divisão permitiu a administração de um escopo reduzido por vez, facilitando a replicação do processo entre blocos.

Figura 2 - Visão Geral do Projeto



Fonte: a autora.

Devido à complexidade dos projetos, existem poucas soluções de softwares disponíveis e todas são de alto custo. A estratégia de adotar o ambiente de apenas um desenvolvedor de softwares é possível reduzir custos e maximizar a eficiência nas entregas. Esta escolha elimina a necessidade de adquirir múltiplas ferramentas de diferentes fabricantes, concentrando-se no uso intensivo de um único fornecedor complementado apenas pela aquisição de plugins específicos que otimizam o processo. Tal abordagem não só reduz os custos associados à aquisição de software, como também promove uma linguagem uniforme, facilitando a integração e a colaboração entre as equipes, reduzindo desperdícios de tempo e esforço em conversões.

Considerando a necessidade de cumprimento rigoroso de prazo das entregas e atendimento a uma padronização inicialmente concebida para projetos desenvolvidos em 2D, as ferramentas devem garantir o cumprimento de tais requisitos, além de possuir uma base de conhecimento em português acessível e ampla para que dúvidas sejam dirimidas com rapidez.

Como os projetos são desenvolvidos por equipe própria num processo padronizado o ambiente escolhido tem atendido de forma satisfatória e a equipe se sente confortável, já que consegue cumprir suas metas de prazo e qualidade.

Nos projetos de grande porte as soluções diferem muito entre si por necessitar de uma engenharia muito especializada, onde metodologias executivas pouco comuns precisam ser adotadas, daí a importância da filosofia Lean, para que se tenha sempre em mente o que é valor nos projetos e foque nos resultados, soluções e nas pessoas e não apenas em rotinas ou códigos de computador, que ajudam enormemente, mas que não substituem a velha e boa engenharia.

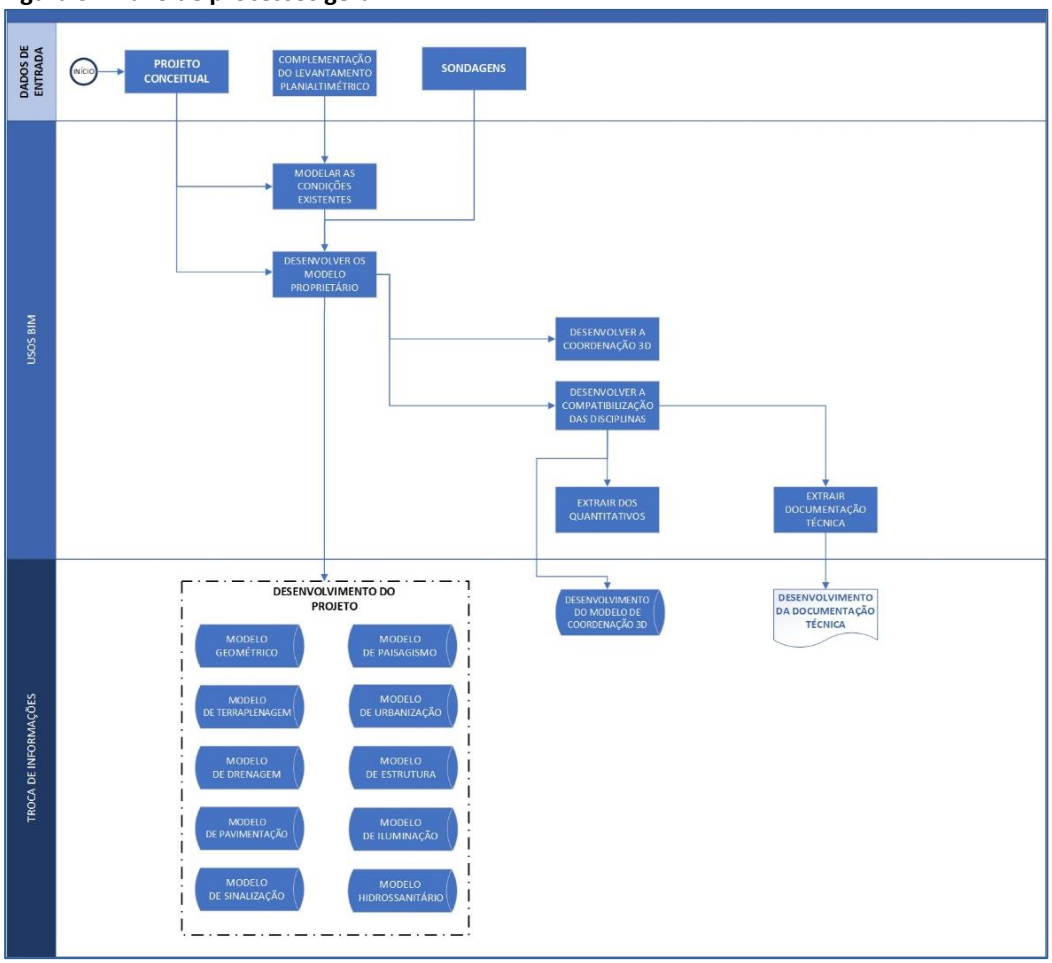
Os clientes de forma geral não estabelecem “Usos BIM” já que nem sempre contratam em BIM, portanto o processo deve contemplar os usos que atenderão tanto ao processo 2D quanto o BIM.

No projeto objeto do estudo de caso, o modelo foi elaborado para atender aos seguintes usos BIM.

- Verificações geométricas assegurando a redução de interferências entre as disciplinas e as condições existentes, já que o projeto abrange uma área densamente povoada.
- Extração de quantitativos precisa para cotação da construção.

Com base nessa definição de valor, foi mapeado o fluxo que orientou todo o processo de elaboração e desenvolvimento do BIM incorporando as informações necessárias, permitindo otimizar o projeto para alcançar esses usos pretendidos de forma mais rápida e precisa.

Figura 3 - Fluxo de processos geral



Fonte: a autora.

Dentro do ponto de vista da melhoria contínua foi estabelecido um fluxo de trabalho contemplando um município por vez, que foi ainda subdividido por disciplinas, ativos e componentes. Desta forma o processo foi se aperfeiçoando ao longo do projeto otimizando a curva de aprendizado e a cada trecho o trabalho foi se mostrando mais eficiente.

Quadro 1 - Descrição dos atributos

ATRIBUTO	DESCRIÇÃO
TRECHO	REFERENTE A CIDADE ONDE O MODELO ESTÁ LOCALIZADO
DISCIPLINA	REFERENTE A DISCIPLINA DO MODELO
ATIVO	REFERENTE AOS ESPAÇOS DO MODELO
CÓDIGO ATIVO	REFERENTE AO IDENTIFICADOR DO ATIVO DENTRO DO TRECHO
DESCRIÇÃO COMPONENTE	DESCRIÇÃO DO SERVIÇO
CÓDIGO COMPONENTE	CÓDIGO DO COMPONENTE RELACIONADO AO COMPONENTE

Fonte: a autora.

Quadro 2 - Estrutura de divisão do projeto

TRECHO	DISCIPLINA	ATIVOS (*)	ELEMENTOS
- CIDADE A - CIDADE B - CIDADE C - CIDADE D	GEOMÉTRICO	GERAL	DEFINIÇÃO DOS NÍVEIS, FORMATO, CURVAS, OU SEJA, SUPERFÍCIE DE REFERÊNCIA PARA GERAR OS MODELOS DAS DEMAIS DISCIPLINAS
		CICLOVIA	
		PRAÇAS	
		PASSAGENS DE PEDESTRES (PP)	
		PONTES	
		PASSAGENS DE NÍVEIS (PPN)	
		CICLOPASSARELA	
	URBANIZAÇÃO	GERAL	PAVIMENTAÇÃO, EQUIPAMENTOS URBANOS, VAGAS
		PRAÇAS	PAVIMENTAÇÃO, EQUIPAMENTOS URBANOS
		PASSAGENS DE PEDESTRES (PP)	DEFINIÇÃO DO FORMATO DA PASSAGEM
		PASSAGENS DE NÍVEL (PPN)	
	PAISAGISMO	GERAL	GRAMA, ÁRVORE EXISTENTE, ÁRVORE EXISTENTE A RETIRAR, ÁRVORE PROPOSTA
		PRAÇAS	
	TERRAPLENAGEM	GERAL	CORTE E ATERRO
		CICLOVIA	
		PRAÇAS	
	PAVIMENTAÇÃO	CICLOVIA	PISO DE CONCRETO, BASE DE SOLO, SUB-BASE

Fonte: a autora.

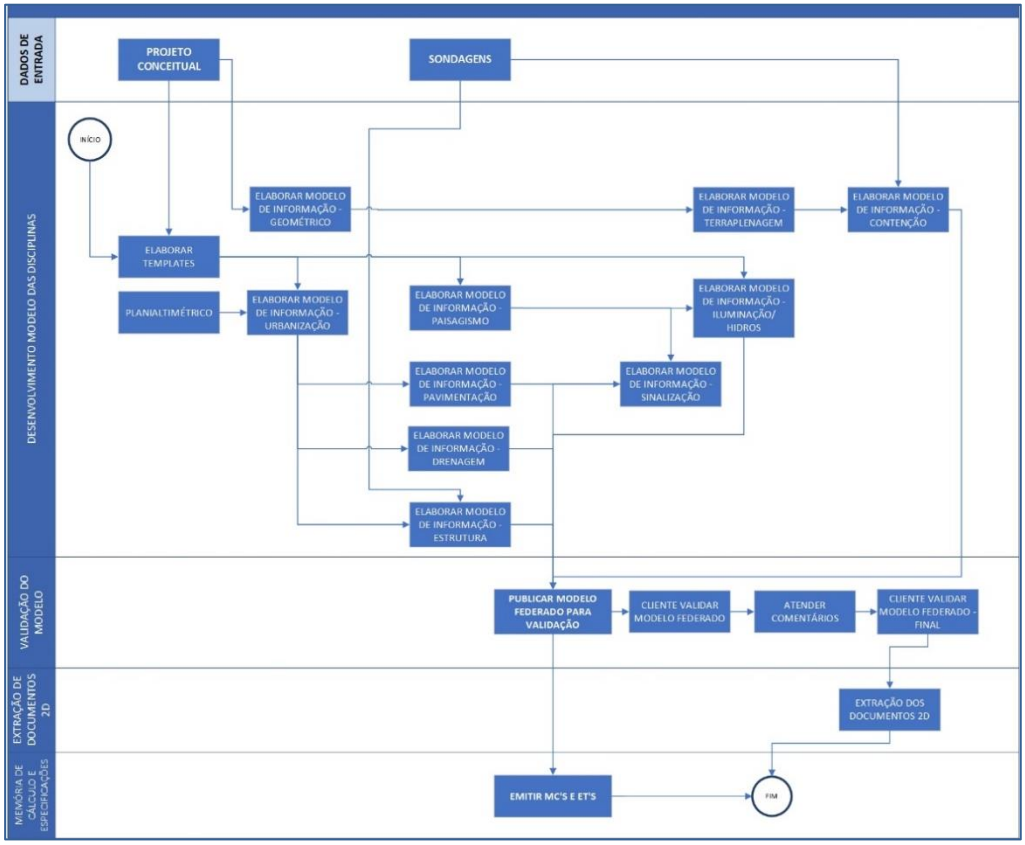
Quadro 3 - Orientação para codificação dos ativos

CÓDIGOS ATIVOS	ATIVO	EXEMPLOS DE CÓDIGOS	OBSERVAÇÃO
	PASSAGENS DE PEDESTRES (PP)	PP-1, PP-2, PP-3...	OS ATIVOS DEVEM TER SUAS COORDENADAS ASSINALADAS PARA EFEITO DE CONSOLIDAÇÃO DAS DISCIPLINAS
	PRAÇAS	PRAÇA 1 ...	
	PONTES	PNT_xxx , PNT_xxxx, PNT_xxx...	
	PASSAGENS DE NÍVEL (PPN)	PPN-1, PPN-2, PPN-3...	
	CICLOPASSARELAS	OAE_CIDADE A ...	

Fonte: a autora.

O processo de desenvolvimento do modelo se iniciou após a criação do *template* de cada disciplina, que foram desenvolvidos considerando os atributos necessários para as extrações de quantitativos e com informações geométricas corretamente atribuídas. Isso garantia que o modelo estaria corretamente configurado em termos de dimensões e características geométricas de seus componentes.

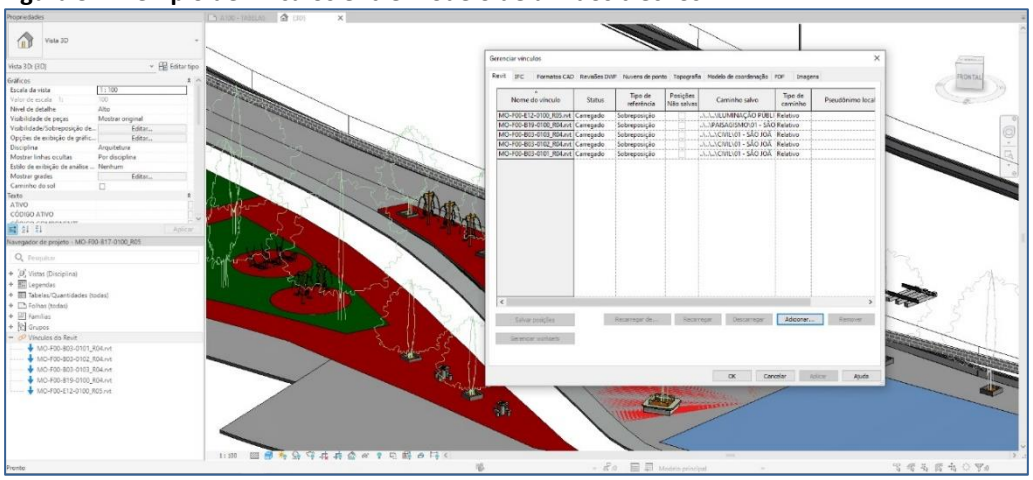
Figura 4 - Fluxo das disciplinas



Fonte: a autora.

Os modelos foram desenvolvidos com vínculos entre eles em ordem de importância estabelecida em função do fluxo do projeto, o que garantiu que as interferências fossem minimizadas desde a fase inicial de elaboração, reduzindo a necessidade de longas análises no modelo federado, reduzindo o *lead-time*.

Figura 5 - Exemplo de vínculos entre modelo de um dos trechos



Fonte: a autora.

A necessidade de inserir novos componentes foi realizada através de um processo padronizado e muito simples, utilizando apenas uma planilha no ambiente de colaboração. Esta planilha foi estruturada com critérios predefinidos para a codificação dos componentes. Conforme os projetistas BIM identificavam a necessidade de novos

componentes, inseriam na planilha que automaticamente gerava o código correspondente. Este método assegurou que a planilha permanecesse atualizada e acessível a todos os envolvidos, garantindo conformidade com os procedimentos estabelecidos.

Quadro 4 - Trecho da planilha de codificação

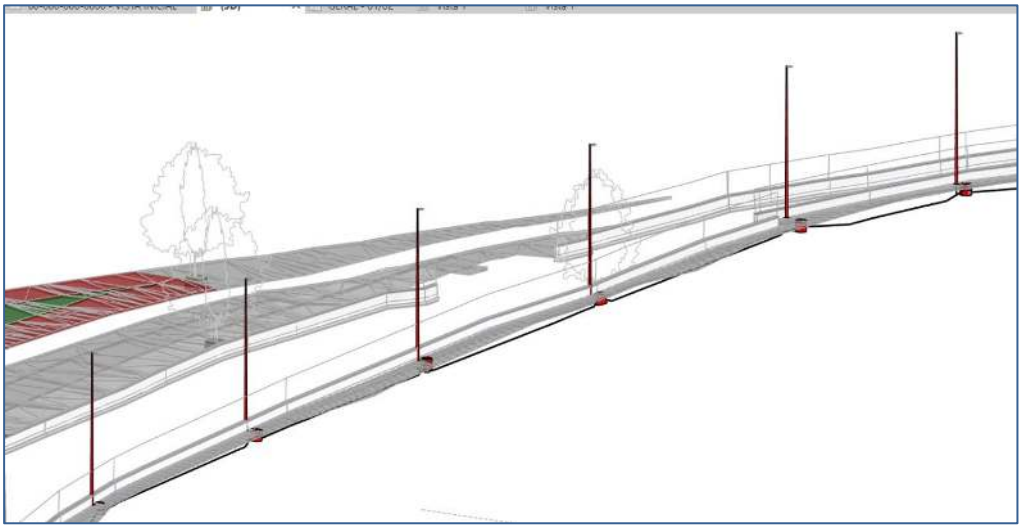
DISCIPLINA	DESCRIÇÃO	ESTRATÉGIA	COD_DISC	ELEMENTO	TIPO	SEQ	CODIGO_COMPONENTE OU CODIGO_PARAMETRO
DRENAGEM	Escavação Mecanizada De Vala Com Prof. Até 1,5 M (Média Entre Montante E Jusante/Uma Composição Por Trecho), Com Retroescavadeira (0,26 M3/88 Hp), Larg. De 0,8 M A 1,5 M, Em Solo De 1a Categoria, Em Locais Com Alto Nível De Interferência. Af_01/2015	FÓRMULA (TUBO/BDL)	MVT	ESC	MEC	0001	PLV-MVT-ESC-MEC-0001
DRENAGEM	Escoramento De Vala, Tipo Descontínuo, Com Profundidade De 1,5 A 3,0 M, Largura Maior Ou Igual A 1,5 M E Menor Que 2,5 M, Em Local Com Nível Baixo De Interferência. Af_06/2016	FÓRMULA (TUBO/BDL)	MVT	ESV	DES	0001	PLV-MVT-ESV-DES-0001
DRENAGEM	Espalhamento De Material Em Bota Fora, Com Utilizacao De Trator De Esteiras De 165 Hp	FÓRMULA (TUBO/BDL)	MVT	ESP	BOT	0001	PLV-MVT-ESP-BOT-0001
DRENAGEM	Grelha para canaleta de ferro fundido, com (30 x 100cm) carga mínima para teste 12t, resistência máxima de rompimento 15t e flecha residual máxima 20mm FORNECIMENTO e ASSENTAMENTO		DRE	GRE	FFU	0001	PLV-DRE-GRE-FFU-0001
DRENAGEM	Lastro De Vala Com Preparo De Fundo, Largura Menor Que 1,5 M, Com Camada De Areia, Lançamento Manual, Em Local Com Nível Alto De Interferência. Af_06/2016	FÓRMULA (TUBO/BDL)	DRE	LAS	ARE	0001	PLV-DRE-LAS-ARE-0001
ILUMINACAO PÚBLICA	Cabo singelo de cobre, encordoamento classe 5, isolação em HEPR 90°, capa em PVC ST2 na cor preta, classe de isolamento 0,6/1kV, seção 16,0mm².	FÓRMULA (QDL/ELETROD)	ELE	CAB	HEP	0016	PLV-ELE-CAB-HEP-0016
ILUMINACAO PÚBLICA	Carga E Descarga Mecanica De Solo Utilizando Caminhao Basculante 6,0m3/16t E Pa Carregadeira Sobre Pneus 128 Hp, Capacidade Da Caçamba 1,7 A 2,8 M3, Peso Operacional 11632 Kg	FÓRMULA (CXS)	MVT	CAR	MEC	0001	PLV-MVT-CAR-MEC-0001
ILUMINACAO PÚBLICA	Escavação Manual Reaterro E Compactação Em Material De 1ª Categoria	FÓRMULA (CXS)	MVT	ESC	MAN	0001	PLV-MVT-ESC-MAN-0001
OAE	Formas de Madeira Compensada	FÓRMULA (ELEM_ESTR)	INF	FOR	COM	0001	PLV-INF-FOR-COM-0001
OAE	Escavação Manual Reaterro E Compactação Em Material De 1ª Categoria	FÓRMULA (INFRA)	MVT	ESC	MAN	0001	PLV-MVT-ESC-MAN-0001
OAE	Reaterro Mecanizado De Vala Com Escavadeira Hidráulica (Capacidade Da Caçamba: 0,8 M³ / Potência: 111 Hp), Largura Até 1,5 M, Profundidade De 1,5 A 3,0 M, Com Solo De 1ª Categoria Em Locais Com Alto Nível De Interferência. Af_04/2016	FÓRMULA (INFRA)	MVT	REA	MEC	0001	PLV-MVT-REA-MEC-0001
OAE	Carga Manual De Material A Granel (2 Serventes) Em Caminhao Basculante C/ Cacamba De 6,0m3 Incluindo Descarga Mecânica	FÓRMULA (INFRA)	MVT	CAR	GRA	0001	PLV-MVT-CAR-GRA-0001
OAE	Espalhamento De Material Em Bota Fora, Com Utilizacao De Trator De Esteiras De 165 Hp	FÓRMULA (INFRA)	MVT	CAR	GRA	0001	PLV-MVT-CAR-GRA-0001
OAE	Junta elástica Jeene JJ0612M		EST	JUN	JEE	0001	PLV-EST-JUN-JEE-0001
OAE	STEEL DECK 59s, ESPESSURA DE 0,8mm		EST	PER	STE	0001	PLV-EST-PER-STE-0001
OAE	Guarda-corpo de aço galvanizado de 0,80m de altura e montantes tubulares de Ø1.1/2", com pintura esmalte		ESQ	GCO	MET	0080	PLV-ESQ-GCO-MET-0080

Fonte: a autora.

A organização resultou na implementação de um sistema de codificação detalhado, otimizando a coordenação, execução do projeto e servindo de chave para o processo de extração de quantidades e orçamentação.

Para verificação do preenchimento dos atributos em cada componente foi adotada uma planilha de verificação de atributos ou filtros que apontam as inconsistências de forma visual.

Figura 6 - Exemplo de verificação de atributos



Os itens inconsistentes aparecem em vermelho. Fonte: a autora.

Após o desenvolvimento do modelo com a estrutura de informações, foi criado um *property set* exclusivo para a extração de quantidades que permitia a geração de arquivos no formato IFC para a extração de quantidades. Esse processo garantiu precisão, além de facilitar a interoperabilidade e a precisão dos dados ao longo de todo o projeto.

Figura 7 - Fluxo para extração de quantitativos

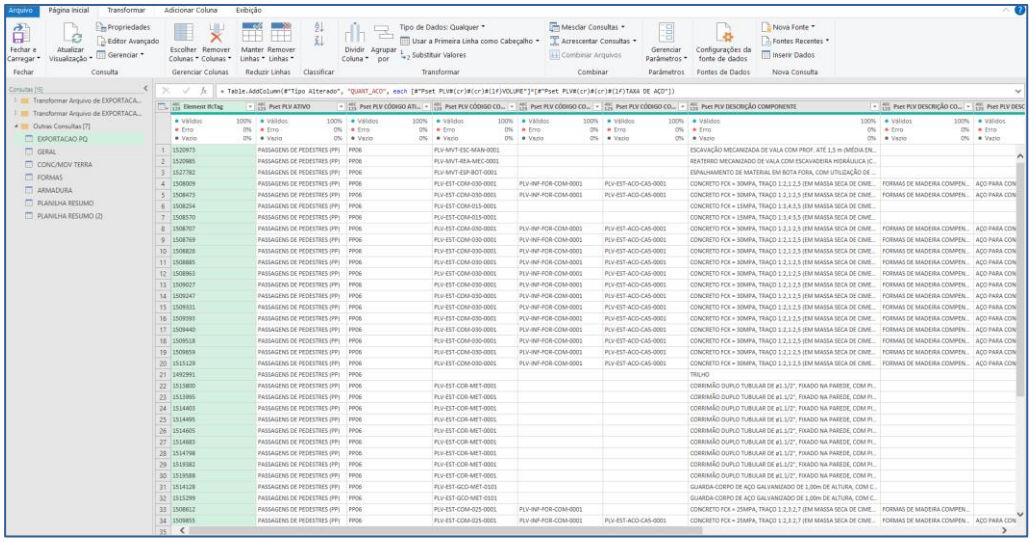


Fonte: a autora.

um *template* elaborado em PowerQuery, os dados são carregados em uma planilha no Excel.

Esse processo de exportação, tratamento e carga de dados garante a precisão e a adequação das informações, facilitando análises detalhadas e aprimorando a precisão das estimativas e dos relatórios finais.

Figura 8 - Template do PowerQuery para tratamento de dados



Fonte: a autora.

Não foi possível usar o IFC nativo para a extração de quantitativos porque para esse tipo de projeto, onde prevalece a disciplina de estruturas boa parte dos serviços não são modelados, mas seus quantitativos precisam ser extraídos do modelo. Além disso, como é um projeto básico a armadura não é modelada.

Esses itens não possuem IFC e foram associados a parâmetros específicos. Os serviços estão mostrados no quadro a seguir:

Quadro 5 – Serviços para construção de uma PP

Item	Descrição	Peso (%)	Observações
1	CIVIL - ESTRUTURA - PASSAGENS E PONTILHOES		
1.1	ESCAVAÇÃO MECANIZADA DE VALA COM PROF. ATÉ 1,5 M	1,37 %	Não existe componente no modelo
1.2	CARGA, MANOBRA E DESCARGA DE SOLOS E MATERIAIS GRANULARES	1,20 %	Não existe componente no modelo
1.3	ESPALHAMENTO DE MATERIAL	0,06 %	Não existe componente no modelo
1.4	REATERRO MECANIZADO DE VALA	1,56 %	Não existe componente no modelo
1.5	TRANSPORTE COM CAMINHÃO BASCULANTE	0,14 %	Não existe componente no modelo
1.6	CONCRETO FCK = 15MPA	1,48 %	Existe no modelo
1.7	CONCRETO FCK = 25MPA	4,77 %	Existe no modelo
1.8	CONCRETO FCK = 30MPA	14,96 %	Existe no modelo
1.9	FORMAS MANUSEÁVEIS PARA PAREDES DE CONCRETO MOLDADAS IN LOCO	6,49 %	Não existe componente no modelo
1.10	ARMAÇÃO DE ESTRUTURAS DIVERSAS DE CONCRETO ARMADO	52,47 %	Não existe componente no modelo de projeto básico
1.11	GUARDA-CORPO DE AÇO GALVANIZADO	7,19 %	Existe no modelo
1.12	CORRIMÃO SIMPLES	8,29 %	Existe no modelo

Fonte: a autora.

Para os itens que possuem informações de quantidades no IFC, nem sempre são precisos por não considerar a metodologia executiva adequada, como é mostrado a seguir:

Quadro 6 – Comparação entre os processos

Componente/Seviço	Unid	BaseQuantities	Quant. Calculadas
PILARES			
CONCRETO	m3	0,134	
ÁREA	m2	1,79	1,79
ARMAÇÃO	kg	0	10,72
LAJES DE PISO			
CONCRETO	m3	0,63	
ÁREA	m2	6,3	1,03
ARMAÇÃO	kg	0	50,4
VIGA COM FORMATO REGULAR			
CONCRETO	m3	0,23	
ÁREA	m2	4,01	3,06
ARMAÇÃO	kg	0	18,4
VIGA COM FORMATO IRREGULAR			
CONCRETO	m3	1,255	
ÁREA	m2	18,84	17,18
ARMAÇÃO	kg	0	100,4

Fonte: a autora.

Embora pareça um desvio pequeno, essa estrutura é replicada mais 70 vezes o que torna significativo, então foram adotadas estratégias de modelagem de acordo com a metodologia de construção e associado a atributos e um conjunto de propriedades específicos.

Com esse processo de desenvolvimento do modelo de informação o levantamento de quantidades que poderia levar dias a depender da complexidade do projeto é realizado em pouquíssimos minutos.

CONCLUSÃO

O Lean não é uma metodologia, mas sim uma filosofia e deve permear os processos e a cultura de organização garantindo que os projetos sejam entregues com maior qualidade, menor custo, em menor prazo e entregando ao cliente aquilo que ele entende como valor de forma sustentável para garantir os resultados para os negócios.

A adoção de um conjunto de ferramentas de um mesmo ambiente, mostrou-se uma escolha estratégica para reduzir custos e promover uma linguagem uniforme que facilitou a integração e a colaboração entre as equipes, aumentando a produtividade.

A implementação de um sistema de codificação detalhado dos componentes garantiu a conformidade com os processos estabelecidos e facilitaram a coordenação e execução do projeto. O fluxo de trabalho de elaboração em etapas permitiu uma melhoria contínua ao longo do projeto, resultando em uma curva de aprendizado otimizada e em um processo cada vez mais eficiente a cada nova fase.

O estudo de caso também mostrou uma limitação do uso de formatos IFC para a extração de quantitativos em projetos de grande porte e alta complexidade. No contexto analisado, alguns quantitativos não puderam ser adequadamente extraídos utilizando o IFC devido às especificidades e metodologias executivas adotadas. Para contornar essa limitação, foram desenvolvidas estratégias de modelagem contemplando a realidade da construção, para garantir a precisão dos dados e o fluxo contínuo do processo.

A integração do BIM com a filosofia Lean desde o início do projeto resultou em um processo mais eficiente, colaborativo e sustentável. No contexto do estudo de caso, essas práticas não apenas facilitaram a gestão, mas também entregaram valor significativo aos clientes.

Os processos foram pensados para garantir o fluxo contínuo do trabalho, evitando desperdícios em função de retrabalhos por um processo mal formatado. Como seus processos são padronizados a organização está investindo em automação, com a criação de plugins e rotinas para algumas etapas que oferecem oportunidades de melhorias.

O BIM é uma ferramenta indispensável para o futuro da construção civil, proporcionando benefícios tangíveis em termos de custo, tempo e qualidade, mas para se apropriar dos benefícios é necessário investir nos processos adequados a cada organização. Nem todos os processos são bons para todas as empresas e não podemos esquecer que precisa sempre ser associado a uma engenharia de qualidade.

REFERÊNCIAS

[1] J. P. WOMACK, D. T. JONES e D. ROOS, A máquina que mudou o mundo: A história da produção enxuta – a arma secreta da Toyota nas guerras automobilísticas globais que agora está revolucionando a indústria mundial ., Simon e Schuster, 2007.

[2] R. Sacks, C. Eastman, G. Lee e P. Teicholz, Manual de BIM, Porto Alegre: Bookman, 2021.

[3] L. H. G. B. G. &. T. I. Koskela, “The foundations of lean construction. In Design and construction,” 2002.

[4] D. O'Sullivan e D. Kashiwagi, “The integration of BIM and Lean in construction projects: A literature review,” 2019.

[5] R. M. e. S. Paavola, “Beyond the BIM utopia: Approaches to the development and implementation of building information modeling.,” 2014.

[6] S. Azhar, “Building Information Modeling (BIM): Trends, Benefits, Risks, and Challenges for the AEC Industry. Leadership and Management in Engineering,” 2011.

[7] R. VOLK, J. STENGEL e F. SCHULTMANN, Building Information Modeling (BIM) for existing buildings—Literature review and future needs - Automation in construction,, 2014.

[8] B. Succar, “Building information modelling framework: A research and delivery foundation for industry stakeholders. Automation in Construction,” 2009.

[9] M. ROTHER e J. SHOOK, Learning to see: value stream mapping to add value and eliminate muda, Lean enterprise institute, 2003.

[10] J. K. Liker, “The Toyota Way: 14 Management Principles from the World's Greatest Manufacturer,” 2004.

[11] T. OHNO, Toyota production system: beyond large-scale production, Productivity press, 2019.

[12] S. Shingo, A study of the Toyota production system: From an Industrial Engineering Viewpoint., 2019.

[13] M. Imai, Kaizen: The Key to Japan's Competitive Success., McGraw-Hill Education., 1986.

[14] R. e. a. Sacks, Parametric tools and construction management: a case study of BIM implementation in construction., 2010.

[15] I. Motawa e A. Almarshad, A knowledge-based BIM system for building maintenance. Automation in Construction, 2013.