

IMPACTOS SOCIOECONÔMICOS ATRAVÉS DE METODOLOGIA BIM PARA PROJETOS PORTUÁRIOS

Leonardo Nunes ⁽¹⁾, Vitor Martins ⁽²⁾, Renato Gama ⁽³⁾, Vinícius Santana ⁽⁴⁾

(1) LPC Latina, São Caetano do Sul, 0009-0009-6762-6917

(2) LPC Latina, São Paulo, 0009-0001-9683-5007

(3) LPC Latina, São Paulo, 0009-0007-5077-3924

(4) LPC Latina, São Paulo, 0009-0003-1815-4606

Resumo

Este artigo investiga os impactos socioeconômicos através da implementação da metodologia BIM no setor portuário. Num contexto econômico, infraestruturas portuárias exigem elevados investimentos, onde o BIM se destaca, proporcionando colaboração com o intuito de gerar eficiência e transparência na gestão de dados para a tomada de decisões. O estudo foca-se na importância da governança de dados através de um método que centraliza fluxos de trabalho para fornecer informações baseadas em dados estruturados, com a meta de integrar os stakeholders, estabelecendo uma base de comunicação centralizada e colaborativa. Esta abordagem viabiliza a Gestão Eletrônica de Documentos (GED), os fluxos de SSMA (Saúde, Segurança e Meio Ambiente), os Formulários de Verificação de Serviços (FVS), o planejamento e cronograma (Curva S) e o controle do fluxo financeiro. Na esfera social, a transição digital exige a capacitação massiva de recursos humanos. Inúmeras pessoas são treinadas para analisar e coletar dados através de fluxos de trabalho. Esta formação engloba a utilização de dispositivos remotos (celulares/tablets) em obra, o que elimina a emissão de papel e garante a coleta de dados em tempo real para o CDE. Crucialmente, estas informações coletadas em campo alimentam dashboards dinâmicos, que fundamentam a tomada de decisões estratégicas. Conclui-se que esta transformação, fundamentada na inteligência de dados, maximiza o retorno do investimento e impulsiona a competitividade logística e o desenvolvimento regional.

1. Introdução

O setor portuário representa um dos pilares fundamentais da logística global e do desenvolvimento econômico regional. No entanto, a gestão de projetos de infraestrutura portuária enfrenta historicamente desafios críticos, como a fragmentação da informação, a falta de dados estruturados e a baixa integração entre as áreas de planejamento, design, construção e operação e manutenção dos ativos. Este cenário resulta em tomadas de decisão baseadas em dados qualitativos imprecisos, gerando ineficiências e custos imprevistos.

Este artigo apresenta uma evidência abrangente sobre como a implementação da metodologia BIM (Building Information Modelling) pode atuar como catalisador na governança de informação, gerando impactos socioeconômicos positivos no setor portuário. O objetivo central é demonstrar que a estruturação de processos e dados não apenas integra informações, mas acelera a resposta a resolução e identificação de problemas complexos através da análise de dados multisetorial, conforme descrito por Knaflitz [2] “antes de começar a criar uma apresentação ou comunicação de dados, a atenção e o tempo devem estar voltados a entender o contexto da necessidade de se comunicar”. Mais do que uma mudança tecnológica, argumenta-se que o BIM promove uma transformação cultural, onde a colaboração e a consciência da interdependência de dados otimizam tempo, custos e qualificam o capital humano envolvido.

2. Contexto

O setor portuário desempenha um papel estratégico nas cadeias logísticas e no desenvolvimento econômico, movimentando grandes volumes de cargas e exigindo elevados investimentos em infraestrutura e gestão. Tradicionalmente, a execução de projetos portuários enfrenta desafios significativos relacionados à fragmentação de dados, baixa integração entre áreas técnicas e gestão de informações, o que impacta diretamente a eficiência, custos e prazos de execução. Nos últimos anos, a digitalização de processos tem sido impulsionada pela adoção de metodologias como o Building Information Modelling (BIM), que visa estruturar dados e integrar fluxos de trabalho ao longo do ciclo de vida dos ativos. Embora existam estudos sobre a aplicação do BIM em setores como construção civil e infraestrutura urbana, há uma lacuna de conhecimento quanto aos efeitos socioeconômicos dessa implementação no contexto portuário, especialmente no que tange à governança de dados, colaboração entre stakeholders e resultados financeiros, operacionais e sociais.

Este cenário motiva a investigação sobre como práticas baseadas em BIM podem influenciar positivamente a gestão de projetos portuários, com foco em eficiência, transparência e desenvolvimento sustentável, considerando também os desafios de capacitação de recursos humanos e transformação cultural.

3. Metodologia

A abordagem metodológica envolveu a combinação de práticas de gestão de projetos, padrões internacionais de gestão da informação, organização de processos internos, desenvolvimento de estrutura própria de categorizações, capacitação continuada de pessoas para gerar dados, indicadores de desempenho e análise integrada de resultados. A metodologia aplicada fundamenta-se no uso de um Ambiente Comum de Dados (CDE), operado sob o paradigma da colaboração em tempo real, superando a visão tradicional de simples compartilhamento de arquivos. O fluxo de trabalho foi desenhado para garantir a integridade da informação desde a coleta em campo até a análise estratégica.

Representação de dados e integração: O CDE adotado possui integração nativa com ferramentas de Business Intelligence (PowerBI) conforme figura 1, e disponibiliza APIs

abertas. Isso permite a extração e o cruzamento de dados entre diferentes setores, stakeholders e fases do ativo, criando uma "única fonte da verdade".



Figura 1: Dashboards do ciclo de vida do ativo

Coleta in loco: Com a implementação de um ambiente único, foi realizada a criação de relatórios digitalizados, conforme figura 2, preenchidos diariamente pelos colaboradores da LPC Latina em campo, para coleta de dados em tempo real como fichas de verificações de serviços (FVS), fichas de verificações de materiais (FVM), saúde, segurança e meio ambiente (SSMA) e outros checklists de qualidade, onde são realizados via dispositivos móveis (tablets e smartphones), eliminando o tempo entre a inspeção física e o registro digital.

Figura 2: Exemplo de Inspeção diária de segurança do trabalho

Capacitação contínua: Reconhecendo que a tecnologia é dependente do fator humano, a metodologia inclui um programa de treinamento realizado semanalmente, conforme figura 3, para capacitação de todos os envolvidos, garantindo que a equipe não apenas opere as ferramentas, mas compreenda a importância da qualidade dos dados inseridos durante o ciclo de vida do ativo, como observado por Fawcett e Provost [1] “conforme você se aprimora no pensamento analítico de dados, você desenvolve intuição sobre como e onde aplicar a criatividade e o conhecimento de domínio”. A implementação dos métodos de capacitação, contribuiu para um aumento perceptível na capacidade das equipes em utilizarem ferramentas digitais, entender padrões de dados e colaborar de forma mais eficaz na resolução de problemas técnicos e operacionais.

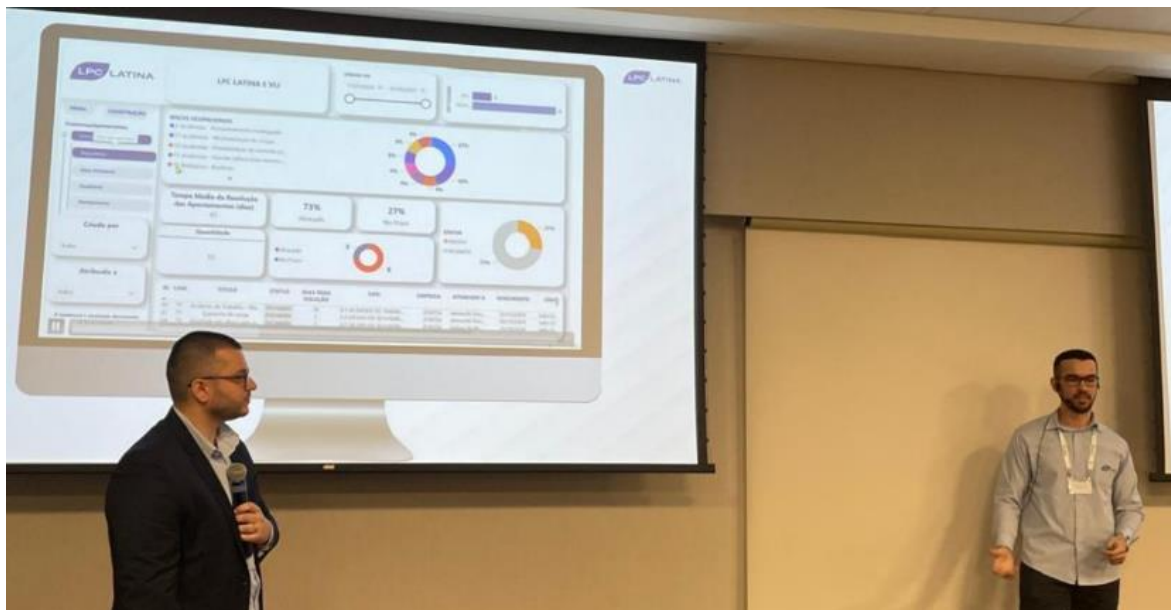


Figura 3: Capacitação de stakeholders

Variáveis, métricas e critérios de avaliação: Desenvolvimento de uma taxonomia interna de verificações e categorizações setoriais, ver figura 4, conforme cada fase do ativo para coleta de informações que alimentam indicadores-chave de performance (*KPIs*), tanto quantitativos quanto qualitativos, apoiando os princípios Lean de melhoria contínua.

Foram consideradas as seguintes variáveis:

- Causas de não conformidade, com categorizações específicas;
- Riscos ocupacionais, codificados por tipo (acidentais, administrativos, biológicos, ergonômicos, físicos e químicos);
- Riscos ambientais, com categorias definidas;
- Causas de paralisação de serviço, com fatores técnicos, logísticos e externos;
- Causas de design/engenharia, relacionando defeitos, ausência de informação ou desvios;
- Criticidade, classificada em Alta, Média e Baixa para cada tipo de evento.

Essas variáveis foram utilizadas para compor indicadores de desempenho e métricas que apoiam a análise de eficiência dos processos implementados, bem como o impacto da governança de dados sobre a gestão da engenharia.

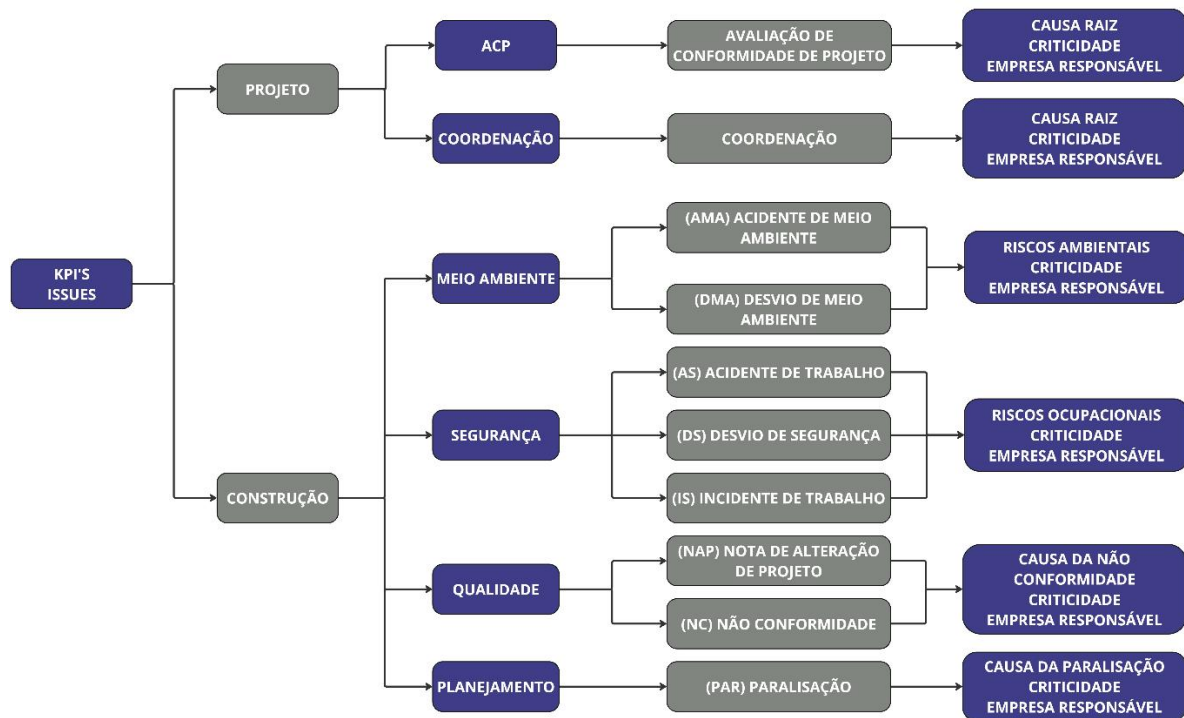


Figura 4: Indicadores de desempenho e métricas setoriais

4. Resultados

A implementação deste ecossistema digital consolidou resultados em diferentes frentes: nos âmbitos ambiental, operacional e econômico, bem como na governança, segurança e gestão de dados durante o projeto e a construção.

Ambiental: Considerando que cada projeto consome, em média, 1.000 folhas de papel e que a LPC Latina realiza cerca de 50 projetos anuais, estima-se a economia de 50.000 folhas por ano. Sabendo que uma árvore eucalipto produz aproximadamente 10.000 folhas de papel A4, a metodologia poupa, no mínimo, 5 árvores anualmente, além de reduzir custos de logística e armazenamento físico.

Eficiência operacional e otimização econômica: A digitalização dos fluxos de trabalho gerou uma redução direta nos custos operacionais e uma melhoria significativa na produtividade das equipes. No modelo tradicional, a elaboração de relatórios e documentação técnica exigia que os colaboradores se ausentassem das frentes de serviço, o que demandava a criação de turnos adicionais ou equipes maiores para garantir que a presença física na obra não fosse interrompida. Esta mudança eliminou a necessidade de alterar ou estender turnos para fins de documentação, uma vez que o registro ocorre simultaneamente à inspeção conforme ilustrado

na figura 5. O resultado é um aproveitamento superior do capital humano, onde a presença física é otimizada para a fiscalização técnica e a tomada de decisão in loco, reduzindo gastos com horas excedentes e logística de pessoal, ao mesmo tempo em que aumenta a precisão dos dados coletados.



Figura 5: Registro simultâneo da inspeção

Governança e segurança da informação: A centralização de em um ambiente comum de dados, ver figura 6, elevou o padrão de segurança através de autenticação de dois fatores, gestão de acessos por perfis (cargo/função) e fluxos de aprovação com assinaturas digitais. O tempo de resposta para solicitações de informação (RFIs) e apontamentos foi drasticamente reduzido devido à concentração das notificações. Adicionalmente, a conexão entre equipes de diferentes fases do ativo com equipes de projeto (design), equipes de construção e de operação e manutenção, facilitou a rastreabilidade e integração de informações. Esses resultados demonstraram melhorias tanto nos aspectos de gestão de processos, quanto na governança da informação gerando agilidade nas tomadas de decisões, confirmando a eficácia da abordagem adotada no ambiente de engenharia.

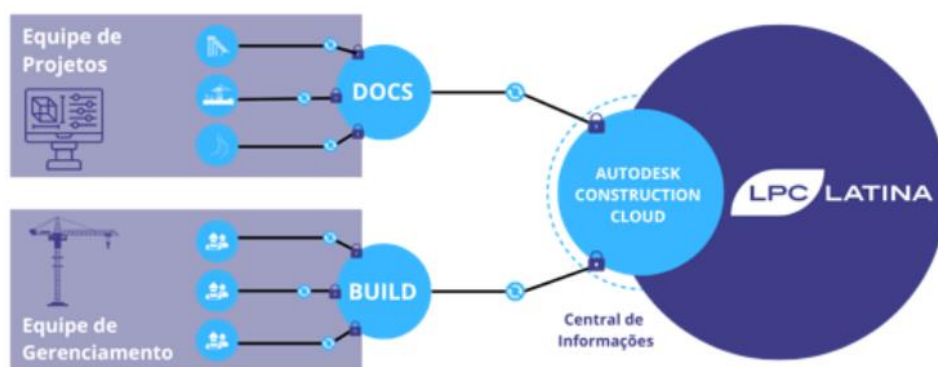


Figura 3: Governança e segurança da informação

Gestão da informação na fase de projeto (design): A utilização de apontamento com metadados personalizados, tornou possível classificar, agrupar e visualizar rapidamente causas

de não conformidade, conforme figura 7. Isso facilitou a priorização de ações corretivas e a tomada de decisão em tempo real. Dashboards configurados e alimentados por dados integrados via API e scripts Python, trouxeram visibilidade em um único ambiente de indicadores como: causa de não conformidade, tempo de tramitação de workflows, desempenho por disciplina, frequência de causas e criticidade. Essas visualizações se tornaram ferramentas indispensáveis para gestão e coordenação do projeto.

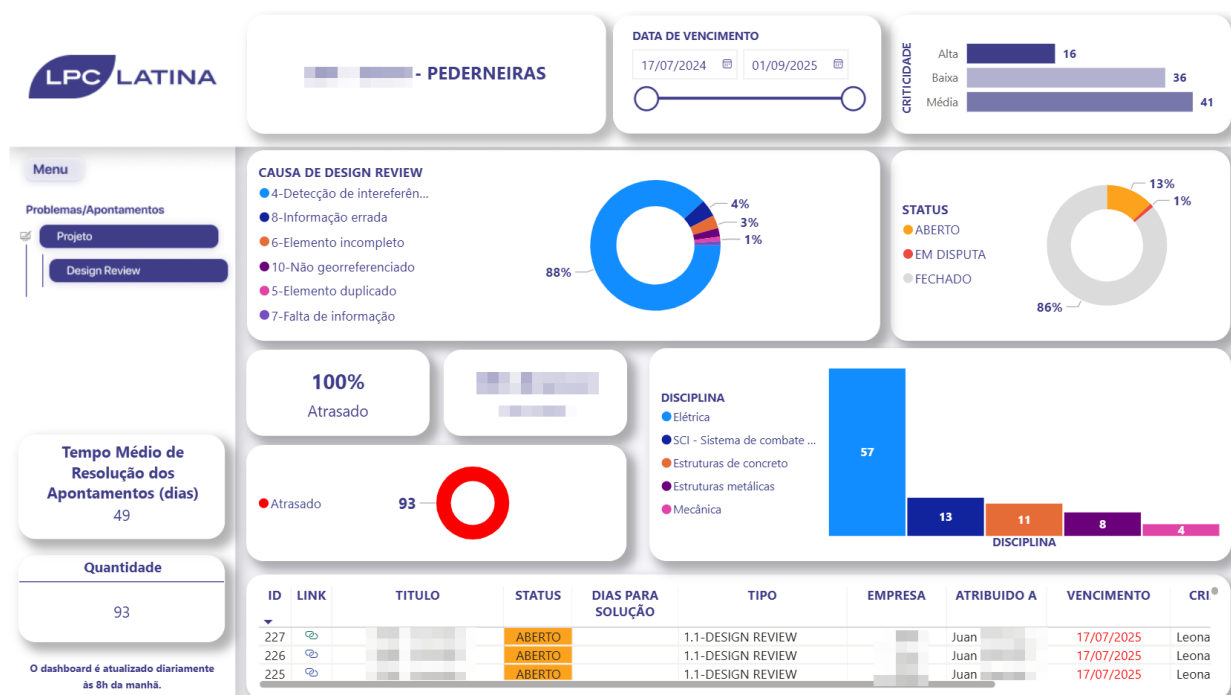


Figura 7: Visualização integrada de desempenho de projeto via dashboard

Gestão de informações na fase de construção: De forma histórica, nas fases de execução de obras, cada disciplina e equipe tendia a operar de forma fragmentada, focando primordialmente nas suas tarefas específicas e nos seus próprios indicadores de desempenho, muitas vezes sem compreensão clara sobre como suas decisões impactavam outras áreas ou o projeto como um todo. Ao integrarmos diferentes setores, houve maior colaboração e entendimento das interdependências entre os participantes do projeto, uma vez que criou um senso de contribuição para o sucesso do projeto e não apenas para seu departamento. Conforme o PMI [4] “Um sistema de entrega de valor funciona de forma mais eficaz quando informações e feedback são compartilhados consistentemente entre todos os componentes, mantendo o sistema alinhado à estratégia”.

Outra consequência relevante foi a adoção normas técnicas e de SSMA como parâmetros base para criação, classificação e verificação de trabalhos e processos. Por exemplo, a estruturação de checklists e formulários de verificação baseados em normas de saúde e segurança e meio ambiente (SSMA), padrões de qualidade e planejamento, resultou em maior precisão na coleta de dados de campo e maior confiabilidade nos indicadores gerados. Essa abordagem alinhada a normas técnicas garantiu que as decisões tomadas no canteiro de obras estivessem respaldadas por critérios objetivos de conformidade, segurança e qualidade conforme figura 8, reduzindo reprovações, retrabalhos e inconsistências de execução.

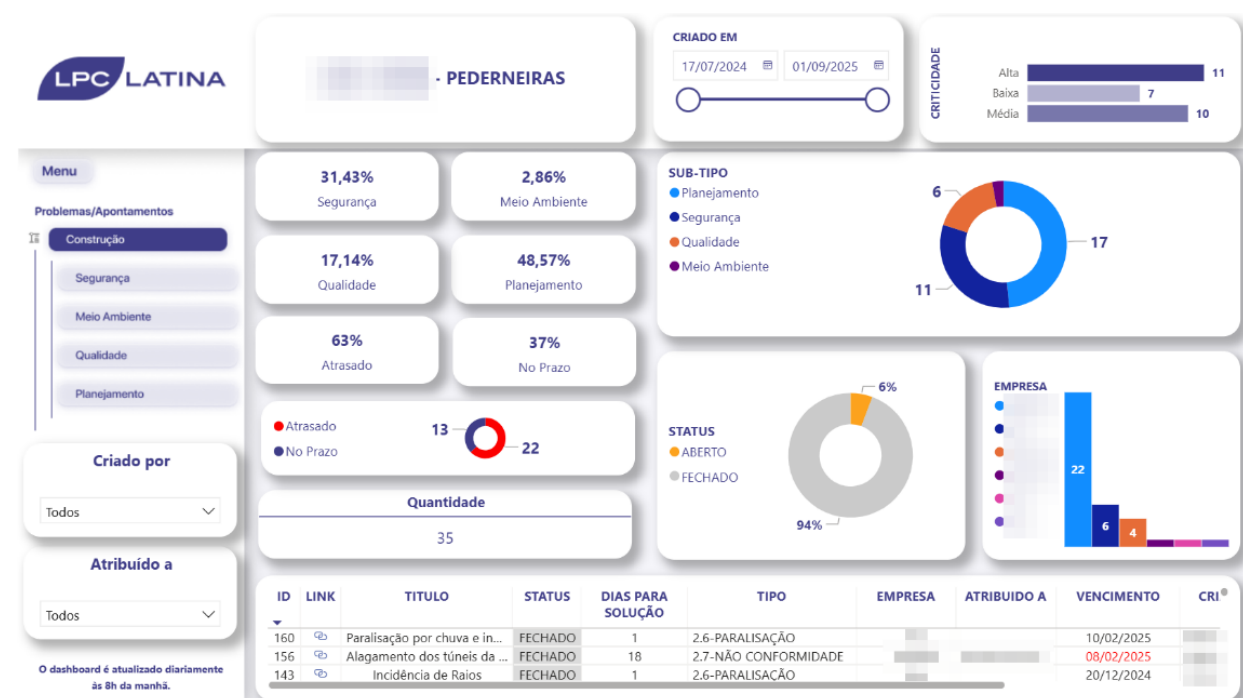


Figura 8: Visualização integrada de desempenho de construção via dashboard

5. Argumentação

A implementação do Building Information Modelling (BIM) em projetos portuários, difere de outros ativos, pois ativos portuários impõem uma interferência crítica na logística urbana e em toda a cadeia de suprimentos global, o que faz com que a adoção do BIM transcenda o uso de ferramentas digitais, exigindo uma reengenharia de processos e uma profunda transformação cultural. A resistência inicial, observada principalmente em profissionais experientes menos habituados a fluxos de trabalho digitalizados, é um fenômeno típico de mudanças paradigmáticas, mitigada na LPC Latina por meio de estratégias de engajamento baseadas em evidências e valor agregado da informação. Nesse contexto, a utilização de dashboards estruturados segundo princípios de Storytelling com dados [2] representou um divisor de águas, pois transformou dados brutos em narrativas visuais intuitivas, permitindo aos stakeholders correlacionar diretamente a qualidade da entrada de dados com os resultados de desempenho global do empreendimento.

Um aspecto crítico da argumentação reside na constatação de que normas internacionais existentes, embora relevantes, como a ISO 15965, não cobrem integralmente a complexidade e as particularidades dos ativos portuários. Essa lacuna motivou a decisão estratégica de desenvolver, internamente, uma classificação e codificação de informações adaptada ao ciclo de vida desses ativos conforme figura 9, integrando fases de Front-End Loading (FEL-1, FEL-2, FEL-3) e suporte contínuo à execução da obra e à operação. Essa estrutura possibilitou que o Nível de Detalhe (ND) e o Nível de Informação (NI) evoluíssem de forma controlada conforme a maturidade do projeto, garantindo que o modelo BIM se tornasse um repositório dinâmico e confiável de dados operacionalmente úteis, e não apenas um artefato estático de desenho ou representação visual.

LPC LATINA		REQUISITOS DE INFORMAÇÕES - MECÂNICA				
NÍVEL DE PROJETO	CATEGORIA BIM	CÓDIGO DE CATEGORIA (LPC)	LPC_CATEGORIA	CRITÉRIO DE MEDIÇÃO	NÍVEL DE DETALHE (ND)	NÍVEL DE INFORMAÇÃO (NI)
FEL 1: VIABILIDADE	Mecanica	MEC.00	MEC.00:Mecanica	vb	ND1	NI1
FEL 2: CONCEITUAL	ControleEmissaoParticula	MEC.00.01	MEC.00.01:ControleEmissaoParticula	un.	ND2	NI2
FEL 3: BÁSICO	FiltroCompactoPontual	MEC.00.01.01	MEC.00.01.01:FiltroCompactoPontual	un.	ND3	NI3
FEL 3: BÁSICO	FiltroCompactoPontualInserivel	MEC.00.01.01	MEC.00.01.01:FiltroCompactoPontualInserivel	un.	ND3	NI3
FEL 3: BÁSICO	FiltroDeMangasCentral	MEC.00.01.02	MEC.00.01.02:FiltroDeMangasCentral	un.	ND3	NI3
FEL 3: BÁSICO	AbafadorPo	MEC.00.01.03	MEC.00.01.03:AbafadorPo	un.	ND3	NI3
FEL 3: BÁSICO	MoegaSupressoraPo	MEC.00.01.04	MEC.00.01.04:MoegaSupressoraPo	un.	ND3	NI3
FEL 3: BÁSICO	CortinaAr	MEC.00.01.05	MEC.00.01.05:CortinaAr	un.	ND3	NI3
FEL 2: CONCEITUAL	EquipamentoPesagem	MEC.00.02	MEC.00.02:EquipamentoPesagem	un.	ND2	NI2
FEL 3: BÁSICO	BalancaRodoviaria	MEC.00.02.01	MEC.00.02.01:BalancaRodoviaria	un.	ND3	NI3
FEL 3: BÁSICO	BalancaFerroviaria	MEC.00.02.02	MEC.00.02.02:BalancaFerroviaria	un.	ND3	NI3
FEL 3: BÁSICO	BalancaFluxo	MEC.00.02.03	MEC.00.02.03:BalancaFluxo	un.	ND3	NI3
FEL 3: BÁSICO	BalancaIntegradora	MEC.00.02.04	MEC.00.02.04:BalancaIntegradora	un.	ND3	NI3
FEL 2: CONCEITUAL	EquipamentoFluxo	MEC.00.03	MEC.00.03:EquipamentoFluxo	m	ND2	NI2
FEL 3: BÁSICO	Transportador	MEC.00.03.01	MEC.00.03.01:Transportador	m	ND3	NI3
FEL 3: BÁSICO	Redler	MEC.00.03.02	MEC.00.03.02:Redler	m	ND3	NI3

Figura 4: Classificação e codificação de informações

Ainda, no mercado de engenharia, observa-se grande subjetividade na interpretação dos conceitos de ND e NI, o que pode gerar ambiguidades no planeamento e estimativas de custo (CAPEX). Para mitigar essa variabilidade interpretativa, ancoramos essas variáveis a um parâmetro objetivo, a faixa de precisão de informação, associado às faixas de precisão exigidas para cada fase do ativo, ver **Error! Reference source not found.** Essa associação facilitou a compreensão técnica dos envolvidos, alinhou expectativas e permitiu estabelecer métricas claras de entrega e aceitabilidade de dados.

LPC LATINA		NÍVEIS DE DETALHE E INFORMAÇÕES DOS MODELOS BIM			
FASES DO ATIVO	NÍVEL DE DETALHE	DESCRIÇÃO	NÍVEL DE INFORMAÇÃO	DESCRIÇÃO	FAIXA DE PRECISÃO DE INFORMAÇÃO
FEL 1: VIABILIDADE	ND 1 LOD 100	Representação por meio de símbolos ou ilustração genérica.	NI 1 LOIN 100	As informações nesta fase são amplas e preliminares, com um nível de detalhamento mais superficial. O objetivo é estabelecer a viabilidade e o alinhamento estratégico do projeto.	MIN: -50% MÁX: +100%
FEL 2: CONCEITUAL	ND 2 LOD 200	Geometria genérica com dimensões estimadas.	NI 2 LOIN 200	As informações abrangem uma visão mais aprofundada do projeto, com foco no desenvolvimento e no refinamento do conceito inicial.	MIN: -30% MÁX: +50%
FEL 3: BÁSICO	ND 3 LOD 300	Geometria definida com dimensões específicas.	NI 3 LOIN 300	As informações são detalhadas preparando para posterior fase executiva do projeto. O objetivo é garantir que todas as variáveis sejam totalmente conhecidas e que o projeto seja exequível.	MIN: -20% MÁX: +30%
ENG. DETALHADA	ND 4 LOD 400	Detalhamento necessário para fabricação, montagem e instalação de elementos ou componentes da construção e/ou operação e manutenção.	NI 4 LOIN 400	Informações necessárias para fabricação, montagem e instalação de elementos ou componentes da construção.	MIN: -15% MÁX: +20%
AS BUILT	ND 5 LOD 500	As Built.	NI 5 LOIN 500	Informações necessárias para operação e manutenção.	MIN: -5% MÁX: +5%

Figura 10: Níveis de detalhe e de informações dos modelos BIM

6. Conclusão

Este artigo demonstrou que a adoção da metodologia Building Information Modelling (BIM), quando suportada por uma governança de dados estruturada e por um ambiente colaborativo (Common Data Environment – CDE), pode atuar como um vetor de desenvolvimento socioeconômico no setor portuário. Em concordância com Leusin [3] "O projeto em BIM deixa de ser apenas uma representação geométrica para se tornar um banco de dados integrado, onde a qualidade da informação é a chave para o sucesso do empreendimento". A migração de processos baseados em documentação analógica para fluxos de trabalho digitais integrados não apenas reduz impactos ambientais, por meio da eliminação do uso de papel e otimização de recursos, como também impulsiona a qualificação do capital humano mediante programas de capacitação contínua. Além dos benefícios operacionais observados nos terminais portuários, a maturidade digital alcançada pela organização revela potencial de impacto em níveis urbano e regional. Atualmente, a LPC Latina consolidou um repositório centralizado de modelos digitais de diversas cidades do Brasil, que ultrapassa a esfera dos projetos isolados e constitui uma base técnica para a implementação de práticas de City Information Modeling (CIM).

Conclui-se que a inteligência de dados aplicada à infraestrutura portuária maximiza o retorno sobre o investimento, fortalece a transparência na gestão e cria condições para tomadas de decisão mais estratégicas. A utilização de modelos digitais poderia ser estendida ou compartilhada com órgãos reguladores, tais como a Agência Nacional de Transportes Aquaviários (ANTAQ), a Marinha do Brasil, o Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis (IBAMA) e o Conselho Regional de Engenharia e Agronomia (CREA), representando um avanço qualitativo na fiscalização, no licenciamento de obras e na comunicação entre os diversos participantes de um projeto portuário. Assim, este estudo consolida o BIM não apenas como uma ferramenta tecnológica, mas como um instrumento de aprimoramento do capital humano, de inovação organizacional e de desenvolvimento logístico sustentável para o Brasil.

Referências

- [1] T. Fawcett e F. Provost, **Data science para negócios: o que você precisa saber sobre mineração de dados e pensamento analítico de dados**, São Paulo: Alta Books, 2018. ISBN 978-8550803906.
- [2] C. Nussbaumer Knaflitz, **Storytelling com dados: um guia sobre visualização de dados para profissionais de negócios**, 2. ed. São Paulo: Alta Books, 2019. ISBN 978-8550804682.
- [3] S. R. Leusin, **Gerenciamento e coordenação de projetos em BIM**, Rio de Janeiro: GEN — Grupo Editorial Nacional, 2020.
- [4] Project Management Institute, **A Guide to the Project Management Body of Knowledge (PMBOK Guide)**, 7. ed. Newtown Square, PA: Project Management Institute, 2021.