



Prêmio
Tecnologia &
Desenvolvimento
Metroferroviários



32ª SEMANA DE TECNOLOGIA METROFERROVIÁRIA
13º PRÊMIO TECNOLOGIA E DESENVOLVIMENTO METROFERROVIÁRIOS
CATEGORIA 3

CDE COMO NÚCLEO ESTRATÉGICO DA TRANSFORMAÇÃO DIGITAL E DA
INTEGRAÇÃO MULTIDICIPLINAR NA ENGENHARIA

1. INTRODUÇÃO

A transformação digital tem redefinido a forma como a engenharia concebe, desenvolve, gerencia e compartilha informações ao longo do ciclo de vida dos empreendimentos. A crescente adoção do Building Information Modeling (BIM), associada à computação em nuvem, à automação de processos, à Inteligência Artificial (IA), ao Business Intelligence (BI) e à integração entre plataformas por meio de Application Programming Interfaces (APIs), evidencia uma mudança de paradigma na gestão dos empreendimentos. Nesse contexto, a competitividade das organizações depende menos da adoção isolada de tecnologias e mais da capacidade de integrar pessoas, processos, produtos e informações em



32ª SEMANA DE TECNOLOGIA METROFERROVIÁRIA 13º PRÊMIO TECNOLOGIA E DESENVOLVIMENTO METROFERROVIÁRIOS

uma estrutura de Governança da Informação orientada por dados (EASTMAN et al., 2011; DAMA INTERNATIONAL, 2017).

Sob essa perspectiva, a Gestão da Informação e os princípios da Ecologia da Informação assumem papel estratégico ao reconhecerem a informação como um ativo organizacional capaz de gerar conhecimento, inteligência e apoiar a tomada de decisão. Assim, a transformação digital deixa de representar apenas a digitalização das atividades e passa a exigir mudanças relacionadas à cultura organizacional, à governança, à interoperabilidade, à rastreabilidade e à padronização dos fluxos informacionais, favorecendo a colaboração multidisciplinar ao longo de todo o ciclo de vida dos empreendimentos (DAVENPORT, 1997; DRUCKER, 1999).

A ABNT NBR ISO 19650 estabelece diretrizes para o gerenciamento da informação, definindo o Ambiente Comum de Dados (Common Data Environment – CDE) como a infraestrutura responsável pela organização, centralização, compartilhamento e controle das informações. Entretanto, esta pesquisa sustenta que o papel do CDE extrapola sua função operacional de gerenciamento documental. Sob a perspectiva da Governança da Informação, o CDE constitui a infraestrutura que operacionaliza essa governança, integrando BIM, gestão da informação, colaboração multidisciplinar, interoperabilidade, rastreabilidade, indicadores de desempenho, Business Intelligence e Inteligência Artificial em um ecossistema digital orientado à tomada de decisão (ABNT, 2021; DAMA INTERNATIONAL, 2017).



32ª SEMANA DE TECNOLOGIA METROFERROVIÁRIA

13º PRÊMIO TECNOLOGIA E DESENVOLVIMENTO METROFERROVIÁRIOS

Apesar dos avanços observados, o panorama nacional evidencia que a maturidade digital das organizações ainda apresenta limitações significativas. Embora a adoção do BIM, da automação e da Inteligência Artificial venha crescendo, grande parte das empresas ainda enfrenta dificuldades relacionadas à integração entre pessoas, processos e informações, demonstrando que a transformação digital depende não apenas da implementação de tecnologias, mas da consolidação de modelos organizacionais capazes de estruturar a Governança da Informação e promover a evolução da maturidade digital (CBIC, 2024; BIM FÓRUM BRASIL, 2025).

Diante desse contexto, esta pesquisa parte do pressuposto de que o Ambiente Comum de Dados pode atuar como núcleo estratégico da transformação digital na engenharia, integrando BIM, gestão da informação, governança, colaboração multidisciplinar e tecnologias emergentes em uma única infraestrutura informacional. Para analisar essa hipótese, desenvolveu-se uma pesquisa qualitativa fundamentada em revisão bibliográfica e análise documental, complementada por um diagnóstico conceitual e pelo panorama nacional da transformação digital na engenharia. Posteriormente, empregou-se a metodologia SWOT, associada à lógica analítica do 5W2H, para interpretar os fatores internos e externos que influenciam a consolidação do CDE como elemento estruturante da gestão da informação.

O objetivo geral deste trabalho consiste em analisar o Ambiente Comum de Dados (CDE) como núcleo estratégico da transformação digital e da integração multidisciplinar na engenharia, evidenciando sua contribuição para a Governança da Informação, a geração de inteligência organizacional e o apoio à tomada de decisão.



32ª SEMANA DE TECNOLOGIA METROFERROVIÁRIA 13º PRÊMIO TECNOLOGIA E DESENVOLVIMENTO METROFERROVIÁRIOS

Como objetivos específicos, pretende-se: (i) analisar a relação entre Gestão da Informação, BIM, ABNT NBR ISO 19650 e Ambiente Comum de Dados na transformação digital da engenharia; (ii) avaliar, por meio do diagnóstico e da análise SWOT, os fatores estratégicos que influenciam a consolidação do CDE nas organizações; e (iii) propor um modelo conceitual que reposicione o CDE como infraestrutura estratégica da Governança da Informação e da transformação digital.

Espera-se que os resultados contribuam para ampliar a compreensão do Ambiente Comum de Dados como infraestrutura estratégica da Governança da Informação, capaz de integrar pessoas, processos, produtos e tecnologias em um ecossistema digital orientado por dados, fortalecendo a maturidade digital, a colaboração multidisciplinar e a tomada de decisão na engenharia.

2. DIAGNÓSTICO DA GESTÃO DA INFORMAÇÃO E DA TRANSFORMAÇÃO DIGITAL NA ENGENHARIA

A consolidação da transformação digital na engenharia exige, inicialmente, a compreensão dos fatores que influenciam a gestão, a produção e a utilização das informações ao longo do ciclo de vida dos empreendimentos. Assim, este capítulo apresenta um diagnóstico conceitual fundamentado na revisão da literatura e na análise do panorama nacional, com o objetivo de identificar os principais elementos que condicionam a evolução da maturidade digital das organizações. Para isso, são discutidos conceitos relacionados à gestão da informação, à Ecologia da Informação, à centralização e governança dos dados, ao



Prêmio
Tecnologia &
Desenvolvimento
Metroferroviários



32ª SEMANA DE TECNOLOGIA METROFERROVIÁRIA

13º PRÊMIO TECNOLOGIA E DESENVOLVIMENTO METROFERROVIÁRIOS

Building Information Modeling (BIM), à ABNT NBR ISO 19650, ao Ambiente Comum de Dados (Common Data Environment – CDE) e ao cenário brasileiro da transformação digital. A análise desses temas permite compreender as relações entre pessoas, processos, produtos e tecnologias, evidenciando desafios como a fragmentação das informações, a interoperabilidade, a rastreabilidade e a colaboração multidisciplinar, bem como as oportunidades proporcionadas pela integração digital. Esse diagnóstico estabelece a base conceitual e contextual da pesquisa, fundamentando a análise estratégica desenvolvida no capítulo seguinte, na qual a metodologia SWOT, aprofundada pela lógica analítica do 5W2H, é empregada para interpretar os fatores que influenciam a consolidação do CDE como núcleo estratégico da transformação digital na engenharia.

2.1 Gestão da informação na engenharia

A análise da literatura evidencia que a Gestão da Informação constitui um dos principais pilares da transformação digital na engenharia. O aumento da complexidade dos empreendimentos, aliado ao elevado volume de dados produzidos ao longo do ciclo de vida dos ativos, demonstra que a informação deixou de possuir caráter exclusivamente operacional para assumir função estratégica nas organizações. Nesse cenário, a capacidade de estruturar processos que assegurem qualidade, confiabilidade, rastreabilidade e disponibilidade das informações tornou-se essencial para fortalecer a colaboração multidisciplinar, a Governança da Informação e a tomada de decisão baseada em dados (DRUCKER, 1999; DAVENPORT, 1997).



32ª SEMANA DE TECNOLOGIA METROFERROVIÁRIA 13º PRÊMIO TECNOLOGIA E DESENVOLVIMENTO METROFERROVIÁRIOS

2.1.1 Informação, conhecimento e tomada de decisão

Os referenciais analisados demonstram que a geração de valor organizacional está diretamente relacionada à capacidade de transformar dados em informação e conhecimento aplicável aos processos decisórios. Dados isolados possuem reduzido valor estratégico quando não são organizados, contextualizados e compartilhados de forma estruturada, limitando sua utilização na gestão dos empreendimentos. Sob essa perspectiva, a Gestão da Informação deixa de representar apenas uma atividade de armazenamento e passa a constituir um processo estratégico capaz de reduzir incertezas, apoiar decisões e ampliar a maturidade organizacional, estabelecendo as bases para a transformação digital da engenharia (DRUCKER, 1999; DAVENPORT; PRUSAK, 1998).

2.1.2 Governança, qualidade e rastreabilidade da informação

O diagnóstico demonstra que a evolução da engenharia digital exige mecanismos capazes de garantir governança, qualidade e rastreabilidade das informações produzidas ao longo do ciclo de vida dos empreendimentos. A ausência de processos padronizados compromete a confiabilidade dos dados, dificulta a definição de responsabilidades e reduz a transparência dos fluxos informacionais, impactando a integração entre disciplinas e a tomada de decisão. Nesse contexto, a informação passa a ser tratada como um ativo organizacional, cuja gestão depende da integração entre pessoas, processos e produtos, conforme estabelecido pela ABNT NBR ISO 19650, fortalecendo a Governança da Informação e a gestão estruturada dos ativos (DAMA INTERNATIONAL, 2017; ABNT, 2021).



32ª SEMANA DE TECNOLOGIA METROFERROVIÁRIA 13º PRÊMIO TECNOLOGIA E DESENVOLVIMENTO METROFERROVIÁRIOS

2.1.3 Desafios da gestão da informação em empreendimentos complexos

A revisão bibliográfica evidencia que empreendimentos de infraestrutura apresentam elevada complexidade informacional em razão da participação simultânea de múltiplas disciplinas, organizações e fases do ciclo de vida dos ativos. A integração de informações provenientes de áreas como estruturas, drenagem, edificações, via permanente e sistemas exige fluxos colaborativos capazes de assegurar consistência, continuidade e disponibilidade das informações. Entretanto, a fragmentação dos dados favorece inconsistências, perda de rastreabilidade, retrabalhos e dificuldades na coordenação multidisciplinar, comprometendo a maturidade digital das organizações. Esse diagnóstico reforça a necessidade de estruturas capazes de centralizar e governar as informações, estabelecendo as bases para a adoção do Ambiente Comum de Dados (CDE) como infraestrutura da transformação digital (EASTMAN et al., 2011; DAVENPORT, 1997; ABNT, 2021).

2.2 Centralização da informação e fonte única de dados

O diagnóstico evidencia que a fragmentação das informações permanece como um dos principais desafios para a transformação digital da engenharia. A manutenção de documentos, modelos e dados distribuídos entre diferentes plataformas, departamentos e disciplinas compromete a integração dos processos, reduz a confiabilidade das informações e dificulta a consolidação de uma governança estruturada. Nesse contexto, a centralização da informação deixa de representar apenas uma solução tecnológica e passa a constituir uma



32ª SEMANA DE TECNOLOGIA METROFERROVIÁRIA

13º PRÊMIO TECNOLOGIA E DESENVOLVIMENTO METROFERROVIÁRIOS

estratégia organizacional voltada à integração multidisciplinar, à rastreabilidade e à tomada de decisão baseada em informações confiáveis.

2.2.1 Fragmentação informacional e silos organizacionais

Os estudos analisados demonstram que a expansão das tecnologias digitais ampliou significativamente a capacidade de produção e armazenamento de informações, mas também favoreceu a formação de silos informacionais, caracterizados por bases de dados independentes e pouco integradas. Essa fragmentação compromete a continuidade dos fluxos informacionais, favorecendo duplicidade de registros, perda de histórico, utilização de versões divergentes e retrabalhos entre disciplinas. Como consequência, reduz a colaboração, a interoperabilidade entre sistemas e a capacidade das organizações de estabelecer uma gestão integrada da informação, limitando a evolução da maturidade digital (DAVENPORT, 1997; DAVENPORT; PRUSAK, 1998).

2.2.2 Single Source of Truth (SSOT) como estratégia organizacional

Como resposta à fragmentação informacional, o conceito de Single Source of Truth (SSOT) propõe a consolidação de uma fonte única e confiável de informações, assegurando consistência, rastreabilidade e padronização dos processos organizacionais. Essa abordagem transcende a simples centralização documental, exigindo uma estrutura de governança capaz de definir responsabilidades, controlar fluxos informacionais e garantir a integridade dos dados ao longo do ciclo de vida dos empreendimentos. Nesse contexto, o Ambiente Comum de Dados (CDE) configura-se como a principal aplicação desse conceito ao integrar pessoas,



32ª SEMANA DE TECNOLOGIA METROFERROVIÁRIA

13º PRÊMIO TECNOLOGIA E DESENVOLVIMENTO METROFERROVIÁRIOS

processos e informações em um ambiente único, promovendo colaboração multidisciplinar e gestão estruturada da informação conforme os princípios da ABNT NBR ISO 19650 (ABNT, 2021).

2.3 BIM como metodologia de gestão da informação

O diagnóstico realizado evidencia que a evolução da transformação digital na engenharia está diretamente relacionada à consolidação do Building Information Modeling (BIM) como metodologia orientada à gestão da informação. Embora sua difusão seja frequentemente associada à modelagem tridimensional, a literatura demonstra que seu principal diferencial reside na capacidade de estruturar, integrar e compartilhar informações ao longo do ciclo de vida dos empreendimentos. Essa abordagem fortalece a colaboração multidisciplinar, a interoperabilidade entre disciplinas e a gestão integrada dos ativos (EASTMAN et al., 2011; SUCCAR, 2009).

2.3.1 Conceito e evolução do BIM

Os referenciais analisados indicam que o BIM representa uma evolução dos métodos tradicionais baseados em CAD ao incorporar informações técnicas aos elementos digitais e possibilitar sua utilização nas diferentes fases do empreendimento. Assim, o foco deixa de estar na representação gráfica e passa para a gestão estruturada da informação, permitindo o compartilhamento de dados consistentes em ambientes colaborativos. Dessa forma, o BIM consolida-se como uma metodologia de integração dos processos, e não apenas como uma ferramenta de modelagem tridimensional (EASTMAN et al., 2011).



32ª SEMANA DE TECNOLOGIA METROFERROVIÁRIA 13º PRÊMIO TECNOLOGIA E DESENVOLVIMENTO METROFERROVIÁRIOS

2.3.2 BIM além da modelagem geométrica

A literatura demonstra que uma das principais contribuições do BIM consiste na incorporação de informações não geométricas aos modelos digitais, integrando requisitos técnicos, construtivos e operacionais em uma única estrutura informacional. Essa característica amplia a compatibilização entre disciplinas, reduz inconsistências e favorece a continuidade dos fluxos informacionais. Assim, o BIM passa a representar um ecossistema de processos, tecnologias e políticas voltado à gestão colaborativa da informação, fortalecendo a interoperabilidade e a maturidade digital das organizações (SUCCAR, 2009).

2.3.3 BIM como processo colaborativo baseado em informação

O diagnóstico evidencia que a efetividade do BIM depende da integração entre pessoas, processos e tecnologias. Os modelos digitais somente produzem benefícios quando inseridos em uma estrutura organizacional capaz de controlar, compartilhar e validar informações de forma padronizada. Nesse contexto, a colaboração multidisciplinar exige mecanismos de governança que assegurem rastreabilidade, consistência e continuidade dos fluxos informacionais. Assim, o Ambiente Comum de Dados (CDE) consolida-se como a infraestrutura responsável por operacionalizar os princípios colaborativos do BIM, permitindo a gestão integrada das informações durante todo o ciclo de vida dos empreendimentos, conforme as diretrizes da ABNT NBR ISO 19650 (ABNT, 2021).

2.4 ABNT NBR ISO 19650 e a organização da informação no ciclo de vida



32ª SEMANA DE TECNOLOGIA METROFERROVIÁRIA

13º PRÊMIO TECNOLOGIA E DESENVOLVIMENTO METROFERROVIÁRIOS

O diagnóstico da literatura evidencia que a consolidação da transformação digital exige modelos padronizados de gestão capazes de organizar a produção, o compartilhamento e a utilização das informações ao longo de todo o ciclo de vida dos empreendimentos. Nesse contexto, a série ABNT NBR ISO 19650 estabelece diretrizes para a gestão da informação utilizando o BIM, estruturando responsabilidades, fluxos e requisitos para assegurar qualidade, rastreabilidade e governança dos ativos informacionais. Dessa forma, a norma desloca o foco da tecnologia para a organização dos processos, evidenciando que a maturidade digital depende da integração entre pessoas, processos e informações (ABNT, 2021).

2.4.1 Princípios da ABNT NBR ISO 19650

Os referenciais analisados demonstram que a série ABNT NBR ISO 19650 estabelece princípios voltados à padronização da gestão da informação, considerando os requisitos dos agentes envolvidos e os objetivos de cada fase do empreendimento. A definição de responsabilidades, critérios de validação e processos padronizados reduz inconsistências, fortalece a rastreabilidade e aumenta a confiabilidade das informações compartilhadas entre diferentes disciplinas. Assim, a informação passa a ser tratada como um ativo estratégico, cuja gestão acompanha continuamente o ciclo de vida dos empreendimentos (ABNT, 2021).

2.4.2 Pessoas, processos e produtos

A literatura evidencia que um dos principais fundamentos da ABNT NBR ISO 19650 consiste na integração entre pessoas, processos e produtos como condição para uma gestão



32ª SEMANA DE TECNOLOGIA METROFERROVIÁRIA 13º PRÊMIO TECNOLOGIA E DESENVOLVIMENTO METROFERROVIÁRIOS

eficiente da informação. A transformação digital não depende exclusivamente da adoção de plataformas tecnológicas, mas da capacidade organizacional de definir responsabilidades, padronizar métodos de trabalho e estabelecer fluxos colaborativos entre os diferentes agentes envolvidos. Essa integração fortalece a governança da informação, amplia a colaboração multidisciplinar e favorece a evolução da maturidade digital das organizações (ABNT, 2021).

2.4.3 Fluxos e estados da informação

Os estudos analisados indicam que a organização da informação em estados e fluxos controlados constitui um dos principais mecanismos para assegurar rastreabilidade, transparência e governança ao longo do ciclo de vida dos ativos. Conforme ilustrado na Figura 1, a estrutura proposta pela ABNT NBR ISO 19650 organiza a informação em quatro estados principais: Trabalho em Desenvolvimento (Work in Progress – WIP), destinado à produção e ao desenvolvimento interno das informações; Compartilhado (Shared), voltado à coordenação e validação entre as disciplinas; Publicado (Published), correspondente às informações oficialmente aprovadas para utilização; e Arquivado (Archived), destinado à preservação do histórico e da rastreabilidade documental. Essa organização reduz os riscos associados ao uso de informações desatualizadas, fortalece o controle de revisões, amplia a transparência dos processos colaborativos e assegura que cada informação seja utilizada conforme seu nível de validação. Dessa forma, estabelecem-se as condições necessárias para que o Ambiente Comum de Dados (CDE) opere como uma infraestrutura capaz de integrar



Prêmio
Tecnologia &
Desenvolvimento
Metroferroviários

ANP
TRILHOS
TIC TRENS

32ª SEMANA DE TECNOLOGIA METROFERROVIÁRIA 13º PRÊMIO TECNOLOGIA E DESENVOLVIMENTO METROFERROVIÁRIOS

informações, controlar revisões e garantir a continuidade dos fluxos informacionais entre as disciplinas participantes do empreendimento (ABNT, 2021).



Figura 1 – Fluxo dos estados da informação segundo a ABNT NBR ISO 19650. Fonte: Elaborado pelo autor com base na ABNT NBR ISO 19650 (ABNT, 2021).

2.5 Ambiente Comum de Dados (CDE) como infraestrutura estratégica da informação

O diagnóstico realizado evidencia que a evolução da transformação digital na engenharia depende da existência de uma infraestrutura capaz de integrar pessoas, processos e informações em um ambiente único de governança. Nesse contexto, o Ambiente Comum de Dados (Common Data Environment – CDE) deixa de representar apenas uma plataforma para armazenamento documental e passa a assumir papel estratégico na centralização da informação, na integração multidisciplinar e na gestão dos ativos ao longo de todo o ciclo de



32ª SEMANA DE TECNOLOGIA METROFERROVIÁRIA

13º PRÊMIO TECNOLOGIA E DESENVOLVIMENTO METROFERROVIÁRIOS

vida dos empreendimentos. Essa mudança demonstra uma transição da gestão baseada em documentos para uma abordagem orientada pela informação, alinhada aos princípios estabelecidos pela ABNT NBR ISO 19650 (ABNT, 2021).

2.5.1 Conceito e funcionamento do CDE

A análise da literatura demonstra que o CDE constitui a principal infraestrutura para operacionalizar a gestão da informação em ambientes BIM. O diagnóstico evidencia que sua função ultrapassa o armazenamento de documentos, abrangendo o gerenciamento dos fluxos informacionais, o controle de revisões, a definição de responsabilidades e a administração dos níveis de acesso. Dessa forma, o ambiente estabelece uma fonte única e confiável de informações, fortalecendo a governança, a rastreabilidade e a colaboração entre as diferentes disciplinas envolvidas no empreendimento (ABNT, 2021).

2.5.2 Evolução do CDE documental para estratégico

Os referenciais analisados indicam que grande parte das organizações ainda utiliza o CDE predominantemente como um ambiente de gestão documental. Embora essa utilização represente um avanço em relação aos modelos tradicionais de armazenamento, o diagnóstico demonstra que ela restringe o potencial da plataforma para apoiar a transformação digital. A evolução para um CDE estratégico ocorre quando a informação passa a ser tratada como ativo organizacional, permitindo integrar indicadores, automação de processos, inteligência de negócios, fluxos colaborativos e diferentes sistemas corporativos. Conforme ilustrado na Figura 2, essa evolução amplia o papel do CDE, que passa a atuar como a infraestrutura



32ª SEMANA DE TECNOLOGIA METROFERROVIÁRIA 13º PRÊMIO TECNOLOGIA E DESENVOLVIMENTO METROFERROVIÁRIOS

responsável por integrar fundamentos organizacionais, tecnologias habilitadoras, informações e processos, consolidando uma estrutura orientada pela Governança da Informação. Essa transição evidencia a mudança de uma gestão centrada em documentos para um modelo orientado por dados, fortalecendo a governança da informação e ampliando a maturidade digital das organizações (DAVENPORT, 1997; ABNT, 2021).

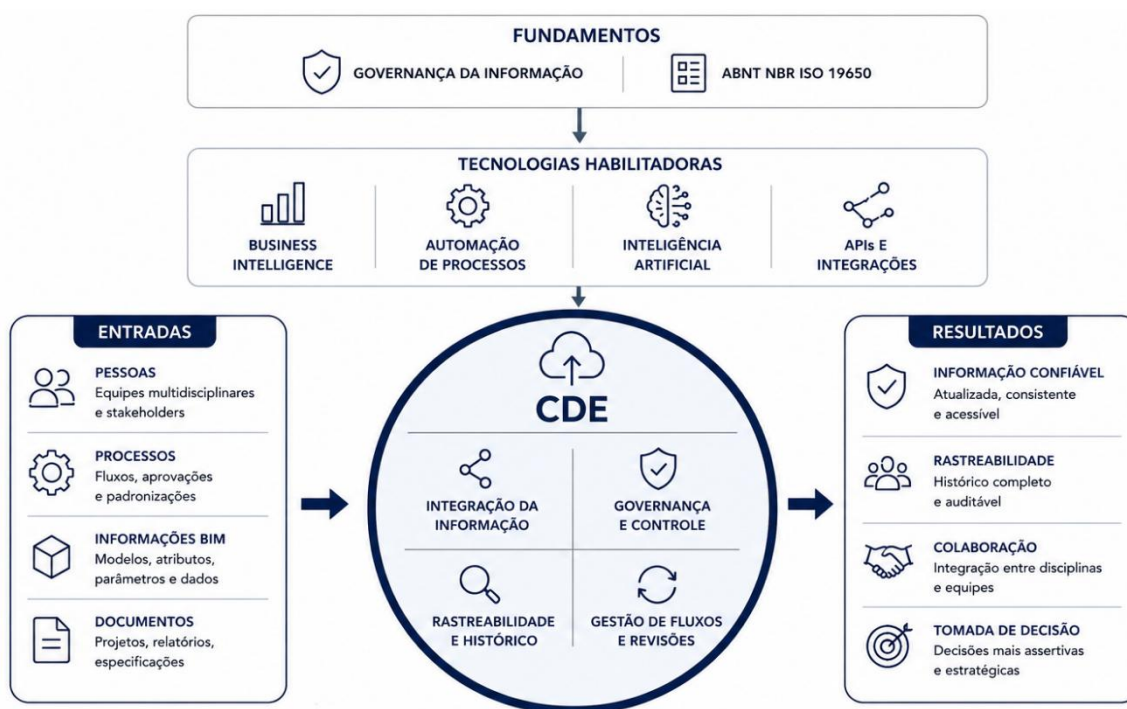


Figura 2 – Arquitetura conceitual do CDE como infraestrutura da Governança da Informação.
Fonte: Elaborado pelo autor (2026).

2.5.3 CDE como núcleo estratégico da transformação digital

O modelo conceitual apresentado na Figura 2 evidencia que tecnologias como Inteligência Artificial (IA), Business Intelligence (BI), automação de processos e Digital Twins



32ª SEMANA DE TECNOLOGIA METROFERROVIÁRIA 13º PRÊMIO TECNOLOGIA E DESENVOLVIMENTO METROFERROVIÁRIOS

compartilham um requisito comum: a disponibilidade de informações estruturadas, padronizadas e confiáveis. Nesse contexto, o CDE exerce função estratégica ao integrar essas tecnologias por meio de uma base única de informações governadas, permitindo que os dados produzidos nas fases de projeto, construção e operação permaneçam conectados ao longo de todo o ciclo de vida do ativo. Essa constatação reforça que a transformação digital depende menos da adoção isolada de novas tecnologias e mais da capacidade organizacional de estruturar uma governança capaz de integrar pessoas, processos e informações, posicionando o CDE como elemento central desse ecossistema digital (EASTMAN et al., 2011; ABNT, 2021).

2.6 Panorama nacional da transformação digital na engenharia

O panorama nacional evidencia que a transformação digital da engenharia brasileira apresenta evolução contínua, impulsionada pela disseminação do Building Information Modeling (BIM), da automação de processos e de outras tecnologias digitais. Entretanto, os estudos demonstram que esse avanço ocorre em diferentes níveis de maturidade entre as organizações, indicando que a adoção de tecnologias, isoladamente, não garante a consolidação de uma Gestão da Informação estruturada nem de modelos consistentes de Governança da Informação. Nesse contexto, a transformação digital depende da integração entre pessoas, processos e tecnologias, sustentada por mecanismos capazes de assegurar qualidade, rastreabilidade e continuidade dos fluxos informacionais (CBIC, 2024; BIM Fórum Brasil, 2025).



32ª SEMANA DE TECNOLOGIA METROFERROVIÁRIA 13º PRÊMIO TECNOLOGIA E DESENVOLVIMENTO METROFERROVIÁRIOS

2.6.1 Indicadores nacionais da transformação digital

Os indicadores apresentados pela COIC/CBIC (Figura 3) evidenciam o avanço da digitalização na construção civil brasileira. A pesquisa demonstra que 65% das empresas já utilizam automação de processos e 14% encontram-se em fase de adoção. Em relação ao BIM, 38% das organizações já utilizam a metodologia, enquanto 20% estão em processo de implantação. No caso da Inteligência Artificial, 12% das empresas declararam utilizá-la e 13% encontram-se em fase de adoção, indicando que sua aplicação ainda ocorre de forma mais restrita quando comparada a outras tecnologias digitais (CBIC, 2024).

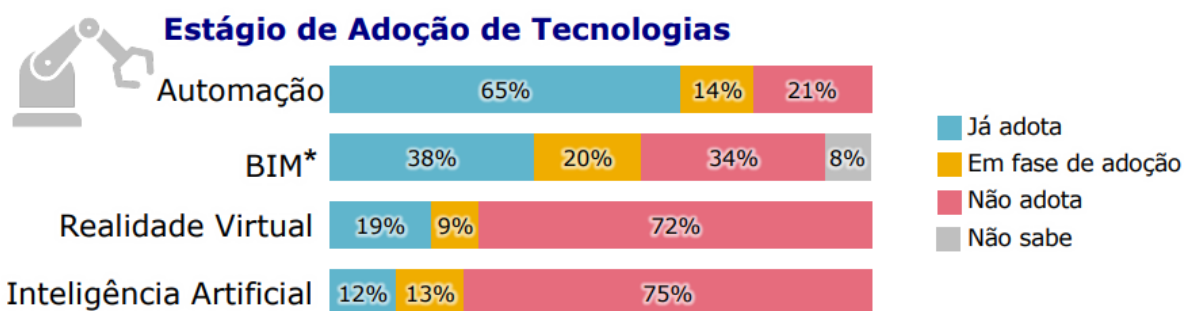


Figura 3 – Estágio de adoção de tecnologias digitais na construção civil brasileira. Fonte: Câmara Brasileira da Indústria da Construção (CBIC, 2024).

Os resultados demonstram que a adoção de tecnologias digitais apresenta crescimento consistente, sobretudo em automação de processos e BIM. Entretanto, observa-se que tecnologias mais recentes, como a Inteligência Artificial, ainda se encontram em estágio inicial de disseminação, reforçando que a evolução tecnológica ocorre em ritmos distintos dentro do setor.



32ª SEMANA DE TECNOLOGIA METROFERROVIÁRIA

13º PRÊMIO TECNOLOGIA E DESENVOLVIMENTO METROFERROVIÁRIOS

2.6.2 Maturidade digital das organizações

Apesar da evolução dos indicadores tecnológicos, a Pesquisa Nacional de Maturidade Digital demonstra que a transformação digital da construção civil brasileira ainda se encontra em estágio inicial. O estudo evidencia que mais de 70% das organizações permanecem nos perfis Tradicional e Iniciante, indicando que, embora exista reconhecimento da importância da digitalização, ainda são incipientes as práticas estruturadas capazes de sustentar a transformação digital. Esse cenário evidencia que a maturidade organizacional depende não apenas da adoção de tecnologias, mas da consolidação da Gestão da Informação, da Governança da Informação e da integração entre pessoas, processos e tecnologias (BIM Fórum Brasil, 2025).

Outro aspecto identificado refere-se à inexistência de levantamentos nacionais consolidados sobre a utilização do Ambiente Comum de Dados (CDE) como infraestrutura estratégica para gestão da informação. Da mesma forma, não foram identificados estudos que mensurem sua aplicação como elemento integrador entre projeto, construção e operação ou como base para tecnologias como Business Intelligence, Inteligência Artificial e Digital Twins. Essa lacuna evidencia que, embora o setor apresente avanços significativos na adoção de tecnologias digitais, ainda existe reduzida produção científica voltada à avaliação do CDE sob a perspectiva da Governança da Informação e da transformação digital.

Esse diagnóstico fundamenta a presente pesquisa, que propõe analisar o Ambiente Comum de Dados não apenas como uma plataforma de armazenamento documental, mas



32ª SEMANA DE TECNOLOGIA METROFERROVIÁRIA 13º PRÊMIO TECNOLOGIA E DESENVOLVIMENTO METROFERROVIÁRIOS

como uma infraestrutura estratégica capaz de operacionalizar a Governança da Informação, integrar BIM, promover a colaboração multidisciplinar e apoiar a transformação digital. A partir dessa lacuna, o capítulo seguinte emprega a análise SWOT, complementada pela lógica do 5W2H, para avaliar os fatores que influenciam a consolidação do CDE como elemento estruturante da maturidade digital das organizações de engenharia (ABNT, 2021).

Os conceitos discutidos ao longo deste capítulo demonstram que a transformação digital da engenharia não decorre da adoção isolada de tecnologias, mas da evolução progressiva da gestão da informação, da governança, da padronização dos processos e da integração proporcionada pelo Ambiente Comum de Dados. A Figura 4 sintetiza essa evolução conceitual, evidenciando como os fundamentos apresentados ao longo da revisão bibliográfica convergem para o CDE como infraestrutura da Governança da Informação e elemento integrador das tecnologias digitais que apoiam a tomada de decisão.



Figura 4 – Evolução conceitual da transformação digital na engenharia. Fonte: Elaborado pelo autor (2026).



32ª SEMANA DE TECNOLOGIA METROFERROVIÁRIA 13º PRÊMIO TECNOLOGIA E DESENVOLVIMENTO METROFERROVIÁRIOS

3. ANÁLISE E DISCUSSÃO ESTRATÉGICA DOS RESULTADOS

O diagnóstico conceitual apresentado no capítulo anterior evidenciou que a transformação digital da engenharia não depende exclusivamente da adoção de tecnologias, mas da capacidade das organizações em estruturar uma Governança da Informação capaz de integrar pessoas, processos, produtos e tecnologias ao longo de todo o ciclo de vida dos empreendimentos. Sob essa perspectiva, a revisão da literatura e o panorama nacional demonstraram que, embora o Building Information Modeling (BIM), a automação de processos, o Business Intelligence (BI) e a Inteligência Artificial (IA) apresentem crescimento contínuo, ainda persistem desafios relacionados à maturidade digital, à fragmentação das informações, à interoperabilidade, à rastreabilidade e à consolidação de modelos organizacionais orientados por dados.

Nesse contexto, o Ambiente Comum de Dados (Common Data Environment – CDE) destaca-se como a infraestrutura capaz de centralizar informações, operacionalizar a Governança da Informação e viabilizar a integração multidisciplinar entre diferentes disciplinas e sistemas. Dessa forma, sua contribuição extrapola o gerenciamento documental, consolidando-o como elemento estratégico da transformação digital e como base para geração de indicadores, automação de processos e apoio à tomada de decisão.

À luz desse diagnóstico, este capítulo apresenta a análise e discussão estratégica dos resultados por meio da metodologia SWOT, aprofundada pela lógica analítica do 5W2H, permitindo interpretar de forma sistêmica os fatores internos e externos que influenciam a



32ª SEMANA DE TECNOLOGIA METROFERROVIÁRIA 13º PRÊMIO TECNOLOGIA E DESENVOLVIMENTO METROFERROVIÁRIOS

consolidação do CDE. Diferentemente de uma aplicação tradicional, limitada à classificação de forças, fraquezas, oportunidades e ameaças, a abordagem adotada busca compreender as relações entre Gestão da Informação, Ecologia da Informação, Governança da Informação, BIM, ABNT NBR ISO 19650, maturidade digital e integração multidisciplinar, identificando seus impactos sobre a colaboração, a rastreabilidade, a interoperabilidade e a tomada de decisão. A partir dessa interpretação, são discutidos os potenciais estratégicos, as limitações organizacionais, as oportunidades do ecossistema digital integrado e os riscos associados à consolidação da transformação digital, culminando na proposição de um modelo conceitual que sintetiza os principais achados da pesquisa.

3.1 Potencial estratégico do CDE para a transformação digital (Forças)

Os resultados do diagnóstico evidenciam que a principal força do Ambiente Comum de Dados não está associada à centralização física dos documentos, mas à sua capacidade de estruturar uma governança da informação capaz de integrar diferentes disciplinas, processos e tecnologias em uma única fonte confiável de dados. Conforme demonstrado no Capítulo 2, a fragmentação informacional compromete a rastreabilidade, favorece retrabalhos e reduz a interoperabilidade entre equipes, limitando a efetividade da metodologia BIM e da gestão colaborativa dos empreendimentos. Nesse contexto, o CDE operacionaliza os princípios discutidos pela Ecologia da Informação e pela ABNT NBR ISO 19650, consolidando uma estrutura organizacional orientada pela informação e não apenas pela documentação (DAVENPORT, 1997; ABNT, 2021).



32ª SEMANA DE TECNOLOGIA METROFERROVIÁRIA 13º PRÊMIO TECNOLOGIA E DESENVOLVIMENTO METROFERROVIÁRIOS

Essa capacidade de integração amplia significativamente o potencial colaborativo do BIM. À medida que modelos, documentos, comunicações, revisões e registros passam a compartilhar um ambiente comum, reduz-se a utilização de informações divergentes e fortalece-se a rastreabilidade dos fluxos informacionais durante todo o ciclo de vida do empreendimento. Os resultados do panorama nacional reforçam essa interpretação ao demonstrarem que a adoção do BIM cresce continuamente no setor, porém ainda permanece concentrada em atividades de modelagem e compatibilização. Sob essa perspectiva, observa-se que o CDE representa o elemento capaz de ampliar a maturidade BIM ao integrar os modelos digitais aos processos de governança da informação, aproximando a prática organizacional dos princípios estabelecidos pela ABNT NBR ISO 19650.

Entretanto, os resultados desta pesquisa indicam que a principal contribuição estratégica do CDE ainda é pouco explorada na literatura e na prática profissional. Tradicionalmente, essas plataformas são compreendidas como ambientes destinados ao armazenamento e controle documental. A análise realizada demonstra uma perspectiva distinta: o principal produto do CDE não são os documentos, mas as informações estruturadas que deles podem ser extraídas. Quando organizadas de forma padronizada e continuamente atualizadas, essas informações tornam-se capazes de gerar indicadores relacionados à produtividade, qualidade, rastreabilidade, conformidade documental, desempenho das equipes, cumprimento de prazos e governança dos processos. Dessa forma, documentos transformam-se em dados; dados em indicadores; e indicadores em conhecimento para apoio à tomada de decisão.



32ª SEMANA DE TECNOLOGIA METROFERROVIÁRIA 13º PRÊMIO TECNOLOGIA E DESENVOLVIMENTO METROFERROVIÁRIOS

Essa mudança de perspectiva aproxima o CDE de uma plataforma de inteligência organizacional. Integradas a ferramentas de Business Intelligence, as informações produzidas durante o desenvolvimento dos empreendimentos deixam de possuir apenas finalidade operacional e passam a subsidiar análises gerenciais, identificação de gargalos, acompanhamento da produção e monitoramento contínuo dos processos. Sob essa ótica, o valor estratégico do CDE deixa de estar associado ao armazenamento da informação e passa a concentrar-se na sua capacidade de produzir conhecimento para gestão, fortalecendo modelos organizacionais orientados por dados (data-driven).

Os resultados obtidos demonstram, portanto, que o CDE deve ser compreendido como uma infraestrutura de governança da informação capaz de conectar BIM, rastreabilidade, interoperabilidade, colaboração multidisciplinar e inteligência organizacional em uma única estrutura de gestão. Essa interpretação reforça a tese central desta pesquisa de que a transformação digital da engenharia não depende apenas da implementação de novas tecnologias, mas da capacidade de transformar informações dispersas em conhecimento estruturado para apoio à tomada de decisão, posicionando o CDE como núcleo estratégico desse processo (EASTMAN et al., 2011; DAVENPORT; PRUSAK, 1998; ABNT, 2021).

3.2 Limitações organizacionais para consolidação do CDE (Fraquezas)

Os resultados obtidos demonstram que as principais limitações para consolidação do Ambiente Comum de Dados não estão relacionadas à disponibilidade de tecnologias digitais, mas à capacidade das organizações em estruturar modelos consistentes de gestão da



32ª SEMANA DE TECNOLOGIA METROFERROVIÁRIA 13º PRÊMIO TECNOLOGIA E DESENVOLVIMENTO METROFERROVIÁRIOS

informação. Conforme evidenciado no diagnóstico apresentado no Capítulo 2, a transformação digital depende da integração entre pessoas, processos e informações, sendo diretamente influenciada pelo nível de maturidade organizacional, pela governança dos dados e pela padronização dos fluxos de trabalho. Dessa forma, a simples implantação de uma plataforma colaborativa não garante a efetiva utilização do CDE como núcleo estratégico da transformação digital.

Essa interpretação torna-se ainda mais evidente quando relacionada ao panorama nacional. Embora os indicadores demonstrem crescimento contínuo na adoção do BIM, da automação de processos e da Inteligência Artificial, aproximadamente 70% das organizações ainda permanecem nos níveis Tradicional ou Iniciante de maturidade digital, indicando que a evolução tecnológica ocorre em ritmo superior à evolução organizacional. Esse comportamento evidencia que muitas empresas investem em softwares, porém mantêm processos fragmentados, modelos de gestão tradicionais e estruturas informacionais pouco integradas, limitando significativamente os benefícios esperados da transformação digital.

Outro fator identificado refere-se à qualidade das informações produzidas durante os empreendimentos. Conforme discutido anteriormente, a efetividade do CDE depende diretamente da consistência, padronização e confiabilidade dos dados inseridos ao longo dos fluxos colaborativos. Informações incompletas, modelos desatualizados, atributos inconsistentes e procedimentos não padronizados comprometem a rastreabilidade, reduzem a interoperabilidade e limitam a geração de indicadores confiáveis para apoio à tomada de decisão. Nesse contexto, observa-se que a gestão da informação representa uma condição



32ª SEMANA DE TECNOLOGIA METROFERROVIÁRIA

13º PRÊMIO TECNOLOGIA E DESENVOLVIMENTO METROFERROVIÁRIOS

prévia para o funcionamento eficiente do CDE, e não uma consequência de sua implementação.

Os resultados também evidenciam que a resistência à mudança permanece como uma das principais limitações organizacionais da transformação digital. A incorporação de novas metodologias frequentemente exige revisão de procedimentos consolidados, redefinição de responsabilidades e desenvolvimento de novas competências profissionais. Entretanto, quando essas mudanças não são acompanhadas por ações estruturadas de capacitação, comunicação e alinhamento organizacional, observa-se a manutenção de práticas paralelas, como controles em planilhas independentes, compartilhamento informal de informações e utilização simultânea de diferentes bases de dados, reduzindo a efetividade da governança estabelecida pelo CDE.

À luz desses resultados, verifica-se que a principal fragilidade para consolidação do CDE não está associada à tecnologia, mas à ausência de uma estrutura organizacional capaz de sustentar sua utilização de forma contínua. Essa constatação evidencia uma lacuna entre a evolução tecnológica observada no setor e a capacidade das organizações de transformar essa evolução em processos padronizados, colaborativos e orientados pela informação. Essa lacuna constitui um dos principais desafios identificados nesta pesquisa e fundamenta a proposição de um modelo conceitual voltado à consolidação da transformação digital, apresentado posteriormente.

3.3 Ecossistema digital integrado como vetor de inovação (Oportunidades)



32ª SEMANA DE TECNOLOGIA METROFERROVIÁRIA

13º PRÊMIO TECNOLOGIA E DESENVOLVIMENTO METROFERROVIÁRIOS

Os resultados do diagnóstico evidenciam que o avanço da transformação digital cria oportunidades que ultrapassam a adoção individual de novas tecnologias. Conforme discutido no Capítulo 2, a centralização das informações em um Ambiente Comum de Dados estabelece a infraestrutura necessária para integração entre diferentes plataformas digitais, permitindo que dados produzidos ao longo do ciclo de vida dos empreendimentos sejam compartilhados, reutilizados e processados continuamente. Sob essa perspectiva, a principal oportunidade identificada nesta pesquisa consiste na formação de um ecossistema digital integrado, no qual o CDE atua como elemento central de conexão entre metodologias, sistemas e tecnologias emergentes.

A crescente disponibilização de Application Programming Interfaces (APIs) pelos principais softwares utilizados na engenharia representa um dos fatores mais relevantes para essa evolução. Plataformas de gestão documental, planejamento, Business Intelligence, bancos de dados e sistemas corporativos passaram a disponibilizar mecanismos de comunicação capazes de integrar informações anteriormente isoladas. Como consequência, processos que tradicionalmente dependiam de atividades manuais passam a operar de forma automatizada, ampliando a interoperabilidade entre sistemas e fortalecendo a governança da informação.

Essa integração amplia significativamente o potencial de automação dos processos organizacionais. Atividades como classificação documental, distribuição automática de arquivos, controle de revisões, emissão de notificações, consolidação de bases de dados, atualização de indicadores e monitoramento de fluxos podem ser executadas por plataformas



32ª SEMANA DE TECNOLOGIA METROFERROVIÁRIA 13º PRÊMIO TECNOLOGIA E DESENVOLVIMENTO METROFERROVIÁRIOS

como Power Automate, Python, N8N e outras soluções baseadas em APIs. Sob essa perspectiva, observa-se uma mudança no papel das equipes técnicas, que passam a direcionar seus esforços para atividades de análise, coordenação e tomada de decisão, enquanto tarefas repetitivas são progressivamente automatizadas.

Outro aspecto identificado refere-se ao avanço da Inteligência Artificial Generativa como ferramenta de apoio à gestão da informação. Modelos como ChatGPT, Claude, Gemini e assistentes corporativos baseados em IA permitem apoiar atividades relacionadas à elaboração de atas, consolidação de relatórios, interpretação de normas técnicas, organização documental, estruturação de procedimentos, classificação de informações e síntese de grandes volumes de dados produzidos durante os empreendimentos. Entretanto, os resultados desta pesquisa indicam que a efetividade dessas soluções depende diretamente da existência de informações estruturadas, padronizadas e rastreáveis. Assim, a Inteligência Artificial não substitui a gestão da informação, mas amplia seu potencial ao operar sobre bases organizadas pelo CDE. Sob essa perspectiva, verifica-se uma mudança de paradigma na engenharia. Se anteriormente a digitalização concentrava-se na produção de modelos BIM, observa-se atualmente a evolução para ecossistemas digitais conectados, nos quais BIM, CDE, automação, APIs, Business Intelligence e Inteligência Artificial passam a compartilhar uma mesma infraestrutura informacional. Esse cenário amplia significativamente a capacidade das organizações de gerar indicadores, monitorar o desempenho dos empreendimentos em tempo real e apoiar decisões fundamentadas em evidências, consolidando modelos de gestão orientados por dados (data-driven).



32ª SEMANA DE TECNOLOGIA METROFERROVIÁRIA 13º PRÊMIO TECNOLOGIA E DESENVOLVIMENTO METROFERROVIÁRIOS

Os resultados demonstram, portanto, que a principal oportunidade da transformação digital não reside na adoção isolada de novas tecnologias, mas na capacidade de integrá-las por meio de uma infraestrutura comum de governança da informação. Nesse contexto, o CDE deixa de representar apenas um ambiente colaborativo e passa a configurar o núcleo de um ecossistema digital capaz de conectar automação, Inteligência Artificial, Business Intelligence e demais tecnologias emergentes, potencializando continuamente a geração de valor para a engenharia.

3.4 Riscos para consolidação da transformação digital (Ameaças)

Embora os resultados obtidos evidenciem o potencial estratégico do Ambiente Comum de Dados (CDE), a análise realizada demonstra que sua consolidação ainda está condicionada a fatores capazes de comprometer a efetividade da transformação digital. Diferentemente das limitações internas discutidas anteriormente, esses fatores representam riscos externos e organizacionais que podem reduzir os benefícios da governança da informação, da integração multidisciplinar e da colaboração proporcionadas pelo CDE. Assim, observa-se que o sucesso da transformação digital depende menos da evolução das tecnologias e mais da capacidade das organizações em adaptar continuamente seus modelos de gestão às mudanças impostas pelo ambiente digital.

O panorama nacional apresentado no Capítulo 2 demonstra que a maturidade digital da engenharia brasileira ainda constitui um dos principais desafios para essa consolidação. Embora a utilização do BIM, da automação de processos e da Inteligência Artificial apresente



32ª SEMANA DE TECNOLOGIA METROFERROVIÁRIA

13º PRÊMIO TECNOLOGIA E DESENVOLVIMENTO METROFERROVIÁRIOS

crescimento contínuo, aproximadamente 70% das organizações permanecem nos níveis Tradicional ou Iniciante de maturidade digital, evidenciando que a adoção de tecnologias ocorre de forma mais acelerada do que a evolução dos processos organizacionais. Como consequência, observa-se que ferramentas concebidas para apoiar a gestão da informação passam a ser utilizadas apenas como soluções operacionais, limitando significativamente sua capacidade de gerar valor estratégico.

Outro risco identificado refere-se à permanência de estruturas organizacionais baseadas em informações descentralizadas. Mesmo diante da disponibilidade de plataformas colaborativas, muitas organizações continuam utilizando planilhas paralelas, trocas informais de informações e bases de dados independentes, reproduzindo o cenário de fragmentação informacional identificado no diagnóstico. Esse comportamento compromete a rastreabilidade, favorece inconsistências entre disciplinas e reduz a confiabilidade das informações utilizadas na tomada de decisão, contrariando os princípios de governança estabelecidos pela ABNT NBR ISO 19650.

A rápida evolução tecnológica também representa um desafio para as organizações. O crescimento contínuo da Inteligência Artificial, da automação de processos, dos Digital Twins e da integração entre plataformas por meio de APIs amplia constantemente as possibilidades da transformação digital. Entretanto, quando a evolução organizacional ocorre em ritmo inferior ao avanço dessas tecnologias, cria-se um descompasso capaz de comprometer sua efetiva utilização. Sob essa perspectiva, o principal risco não está na evolução tecnológica,



32ª SEMANA DE TECNOLOGIA METROFERROVIÁRIA 13º PRÊMIO TECNOLOGIA E DESENVOLVIMENTO METROFERROVIÁRIOS

mas na incapacidade das organizações em absorver, integrar e governar essas inovações de forma estruturada.

Por fim, observa-se que a crescente dependência de plataformas digitais amplia a responsabilidade das organizações quanto à segurança, integridade e disponibilidade das informações. À medida que documentos, modelos BIM, indicadores e registros estratégicos passam a concentrar-se em um Ambiente Comum de Dados, tornam-se indispensáveis mecanismos robustos de controle de acesso, rastreabilidade, gestão de permissões e proteção contra incidentes cibernéticos. Assim, a segurança da informação deixa de representar apenas um requisito tecnológico e passa a integrar a própria governança organizacional.

Os resultados desta pesquisa demonstram, portanto, que a principal ameaça à transformação digital não está relacionada à ausência de tecnologias, mas à incapacidade das organizações em evoluir sua gestão da informação na mesma velocidade em que evoluem as soluções digitais. Essa constatação evidencia que o diferencial competitivo da engenharia contemporânea deixa de estar associado à adoção de softwares específicos e passa a depender da capacidade organizacional de integrar informação, pessoas, processos e tecnologias em uma estratégia única de transformação digital.

3.5 Modelo Conceitual Proposto para Consolidação da Transformação Digital

A análise integrada dos resultados permite inferir que as forças, fraquezas, oportunidades e ameaças identificadas nesta pesquisa apresentam um elemento comum: todas convergem para a necessidade de estruturar uma governança da informação capaz de



32ª SEMANA DE TECNOLOGIA METROFERROVIÁRIA 13º PRÊMIO TECNOLOGIA E DESENVOLVIMENTO METROFERROVIÁRIOS

sustentar a transformação digital ao longo de todo o ciclo de vida dos empreendimentos. Sob essa perspectiva, observa-se que o sucesso do Ambiente Comum de Dados (CDE) não depende exclusivamente da implementação de plataformas tecnológicas, mas da construção de uma base organizacional capaz de integrar estratégia, cultura, processos e tecnologias em um modelo único de gestão. Essa interpretação evidencia que a transformação digital não pode ser compreendida por meio de fatores isolados, mas pela integração entre os elementos estratégicos e operacionais discutidos ao longo desta pesquisa. Como síntese dessa relação, propõe-se um modelo conceitual capaz de representar essa integração de forma sistêmica.

Com base nessa interpretação, esta pesquisa propõe o Framework Conceitual 3M–3P para Consolidação da Transformação Digital na Engenharia, apresentado na Figura 5. O framework sintetiza os principais achados do diagnóstico conceitual e da análise SWOT, demonstrando que a transformação digital deve ser compreendida como a integração entre duas dimensões complementares: uma camada estratégica, representada pelos elementos Mentalidade, Metodologia e Modelo (3M), e uma camada operacional, composta por Pessoas, Processos e Produtos (3P). Essas dimensões não são concorrentes nem substituem conceitos já consolidados na literatura; ao contrário, complementam-se ao estabelecer uma relação entre o planejamento estratégico e a execução operacional da transformação digital.



Prêmio
Tecnologia &
Desenvolvimento
Metroferroviários

ANP
TRILHOS
TIC TRENS

32ª SEMANA DE TECNOLOGIA METROFERROVIÁRIA 13º PRÊMIO TECNOLOGIA E DESENVOLVIMENTO METROFERROVIÁRIOS

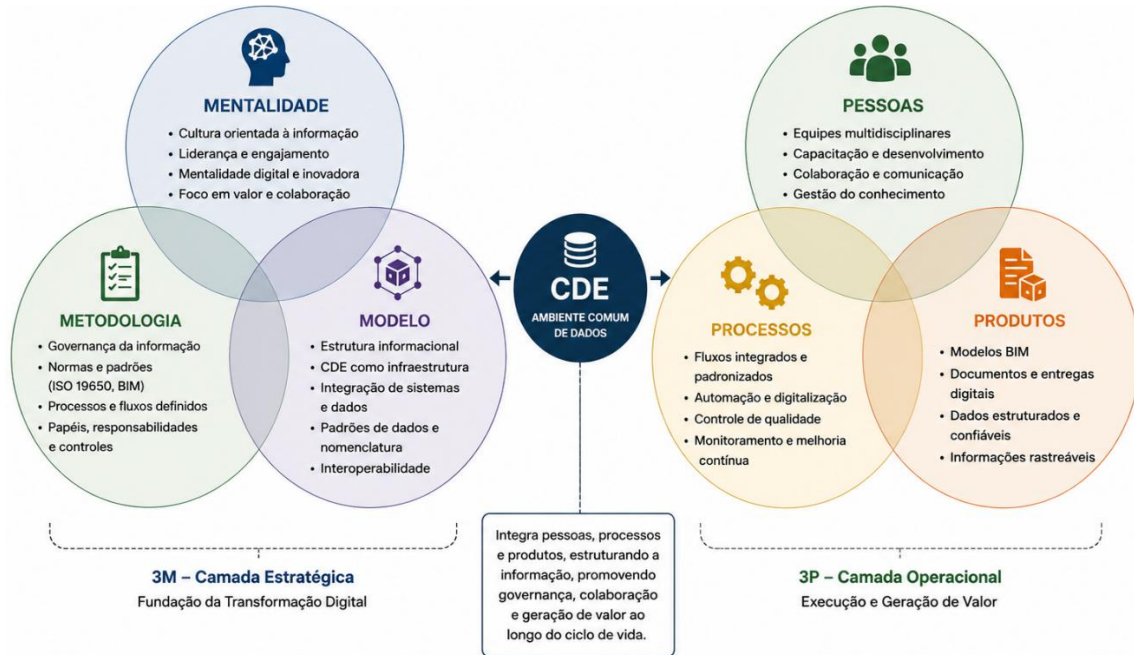


Figura 5 – Framework conceitual da relação entre a camada estratégica (3M) e a camada operacional (3P). Fonte: Elaborado pelo autor (2026).

Conforme ilustrado na Figura 5, a camada estratégica (3M) estabelece os fundamentos necessários para a consolidação da transformação digital. A Mentalidade representa a construção de uma cultura organizacional orientada ao compartilhamento da informação, à colaboração multidisciplinar e à tomada de decisão baseada em dados. A Metodologia corresponde à definição das diretrizes de governança, normas, responsabilidades e processos necessários para garantir padronização, rastreabilidade e interoperabilidade das informações. Por sua vez, o Modelo define a estrutura informacional que suportará os empreendimentos, compreendendo a organização dos dados, a utilização do BIM, a adoção do CDE e os mecanismos de integração entre sistemas.



32ª SEMANA DE TECNOLOGIA METROFERROVIÁRIA 13º PRÊMIO TECNOLOGIA E DESENVOLVIMENTO METROFERROVIÁRIOS

Em paralelo, a camada operacional (3P) representa a materialização dessa estratégia por meio das Pessoas, responsáveis pela produção e utilização das informações; dos Processos, que operacionalizam os fluxos de trabalho e garantem sua padronização; e dos Produtos, entendidos como os ativos informacionais gerados durante o ciclo de vida dos empreendimentos. Nesse contexto, o modelo proposto evidencia que a consolidação dos elementos operacionais depende diretamente da maturação dos elementos estratégicos, estabelecendo uma relação de complementaridade entre os dois ciclos.

O Ambiente Comum de Dados (CDE) ocupa posição central no framework por atuar como a infraestrutura responsável por operacionalizar a governança da informação e conectar essas duas dimensões. Dessa forma, o CDE deixa de ser compreendido apenas como um ambiente destinado ao armazenamento documental e passa a constituir o elemento integrador entre estratégia e operação, centralizando informações, promovendo colaboração multidisciplinar, assegurando rastreabilidade e viabilizando a interoperabilidade entre pessoas, processos, produtos e tecnologias.

Como consequência dessa integração, o framework demonstra que informações produzidas ao longo dos empreendimentos podem ser estruturadas e reutilizadas para geração de indicadores, monitoramento do desempenho, apoio ao Business Intelligence, automação de processos e utilização de tecnologias baseadas em Inteligência Artificial. Assim, documentos transformam-se em dados; dados em indicadores; indicadores em conhecimento; e conhecimento em decisões estratégicas, consolidando modelos organizacionais orientados por dados (data-driven).



32ª SEMANA DE TECNOLOGIA METROFERROVIÁRIA

13º PRÊMIO TECNOLOGIA E DESENVOLVIMENTO METROFERROVIÁRIOS

O framework proposto sintetiza, portanto, a principal contribuição desta pesquisa ao demonstrar que a transformação digital da engenharia não deve ser compreendida como um processo exclusivamente tecnológico, mas como a integração entre uma base estratégica (3M), uma base operacional (3P) e uma infraestrutura de governança da informação representada pelo CDE. Sob essa perspectiva, o Ambiente Comum de Dados consolida-se como o núcleo estratégico capaz de conectar BIM, gestão da informação, automação, Business Intelligence, Inteligência Artificial e demais tecnologias emergentes em um ecossistema digital integrado, sustentando a evolução da maturidade digital das organizações.

4. CONCLUSÕES

Os resultados desta pesquisa demonstram que a transformação digital da engenharia constitui um processo de evolução organizacional fundamentado na gestão da informação, na governança, na integração multidisciplinar e na capacidade de transformar dados em conhecimento para apoio à tomada de decisão. Embora o setor apresente avanços relacionados ao Building Information Modeling (BIM), à automação de processos, ao Business Intelligence (BI) e à Inteligência Artificial (IA), permanecem desafios associados à fragmentação informacional, à baixa maturidade digital, à limitada interoperabilidade e à ausência de estruturas consolidadas de governança. À luz da Ecologia da Informação, esses resultados reforçam que a transformação digital não depende apenas das tecnologias disponíveis, mas da integração entre pessoas, processos, produtos, cultura organizacional e informações confiáveis, rastreáveis e acessíveis.



32ª SEMANA DE TECNOLOGIA METROFERROVIÁRIA

13º PRÊMIO TECNOLOGIA E DESENVOLVIMENTO METROFERROVIÁRIOS

A fundamentação teórica evidenciou uma relação complementar entre os conceitos analisados. Davenport e Prusak compreendem a informação e o conhecimento como ativos estratégicos; Eastman et al. posicionam o BIM como metodologia de integração e gestão das informações ao longo do ciclo de vida dos empreendimentos; Succar relaciona sua evolução à maturidade dos processos e das organizações; e a ABNT NBR ISO 19650 estabelece diretrizes para a produção, o compartilhamento, o controle e a rastreabilidade das informações em ambientes colaborativos. O panorama nacional, por sua vez, demonstrou que a adoção de BIM, automação e IA vem avançando, porém em velocidade superior à consolidação dos modelos organizacionais necessários para sustentar essas tecnologias.

A análise dos resultados, estruturada pela metodologia SWOT e aprofundada pela lógica analítica do 5W2H, permitiu interpretar os fatores internos e externos que influenciam a consolidação do Ambiente Comum de Dados. As forças evidenciaram seu potencial para centralizar informações, padronizar fluxos, fortalecer a colaboração multidisciplinar e ampliar a rastreabilidade. As fraquezas revelaram a dependência da maturidade organizacional, da capacitação das equipes, da qualidade dos dados e da definição de responsabilidades. As oportunidades destacaram a integração entre CDE, APIs, automação, BI, Inteligência Artificial, Digital Twins e Internet das Coisas, enquanto as ameaças estiveram relacionadas à fragmentação persistente, à dependência de soluções proprietárias, à segurança cibernética e ao descompasso entre evolução tecnológica e capacidade organizacional de adaptação. Dessa forma, os quadrantes não representam fatores isolados, mas relações de causa e efeito que condicionam a evolução da maturidade digital.



32ª SEMANA DE TECNOLOGIA METROFERROVIÁRIA

13º PRÊMIO TECNOLOGIA E DESENVOLVIMENTO METROFERROVIÁRIOS

Nesse contexto, a pesquisa ampliou a compreensão tradicional do Ambiente Comum de Dados (CDE). Seu valor estratégico não se restringe ao armazenamento, ao compartilhamento ou ao controle documental, mas à capacidade de operacionalizar a governança da informação, integrar modelos BIM, documentos, comunicações, processos e sistemas corporativos em uma fonte única e confiável de informações (Single Source of Truth – SSOT). Essa estrutura fortalece a interoperabilidade, reduz conflitos entre versões e permite que as informações produzidas durante projeto, construção, operação e manutenção permaneçam conectadas ao longo do ciclo de vida dos ativos.

Uma das principais conclusões consiste na identificação do CDE como infraestrutura para geração de inteligência organizacional. Documentos e modelos deixam de representar apenas entregáveis finais e passam a constituir fontes de dados estruturados; os dados, quando padronizados e governados, permitem gerar indicadores de qualidade, produtividade, desempenho, rastreabilidade e conformidade; e esses indicadores apoiam o monitoramento dos empreendimentos e a tomada de decisão. Assim, o CDE conecta gestão documental, BIM, BI, automação e IA em um ecossistema digital orientado por dados (data-driven). A efetividade dessas tecnologias, entretanto, depende da qualidade, da integridade e da atualização contínua da base informacional, uma vez que ferramentas analíticas e modelos de IA reproduzem as limitações dos dados aos quais têm acesso.

Os objetivos propostos foram integralmente atendidos. O objetivo geral foi alcançado ao demonstrar que o CDE pode atuar como núcleo estratégico da transformação digital e da integração multidisciplinar na engenharia, extrapolando sua função documental e



32ª SEMANA DE TECNOLOGIA METROFERROVIÁRIA

13º PRÊMIO TECNOLOGIA E DESENVOLVIMENTO METROFERROVIÁRIOS

consolidando-se como infraestrutura de governança, geração de indicadores e apoio à decisão. Os objetivos específicos foram contemplados ao estabelecer a relação entre gestão da informação, Ecologia da Informação, BIM, ABNT NBR ISO 19650 e CDE; analisar o panorama e a maturidade digital da engenharia brasileira; interpretar os fatores estratégicos por meio da SWOT associada ao 5W2H; e propor um modelo conceitual capaz de apoiar iniciativas de transformação digital orientadas pela informação.

Como principal contribuição conceitual, propõe-se o Framework Conceitual 3M–3P, fundamentado na relação entre Mentalidade, Metodologia e Modelo (3M) e Pessoas, Processos e Produtos (3P). O framework evidencia que a transformação digital deve ser precedida pela construção de uma mentalidade orientada à colaboração e ao compartilhamento do conhecimento, pela definição de metodologias de governança e pela estruturação de modelos informacionais padronizados. Esses fundamentos criam as condições para que pessoas atuem de forma integrada, processos sejam executados de maneira consistente e produtos informacionais apresentem qualidade, interoperabilidade e rastreabilidade. O CDE ocupa posição central nessa relação ao conectar as dimensões estratégica e operacional em uma única infraestrutura colaborativa.

Do ponto de vista prático, os resultados indicam que as organizações devem direcionar seus esforços para além da aquisição de softwares e da implantação isolada de plataformas BIM. A consolidação da transformação digital exige investimentos em governança da informação, capacitação, padronização, qualidade dos dados, interoperabilidade, segurança e desenvolvimento de indicadores. A integração por APIs e soluções de automação, BI e IA



32ª SEMANA DE TECNOLOGIA METROFERROVIÁRIA

13º PRÊMIO TECNOLOGIA E DESENVOLVIMENTO METROFERROVIÁRIOS

pode reduzir atividades repetitivas, aprimorar análises e ampliar a produtividade, desde que essas aplicações façam parte de uma arquitetura informacional integrada e não de iniciativas tecnológicas desconectadas.

Como limitações, destaca-se o caráter predominantemente conceitual e qualitativo da pesquisa, fundamentada em revisão bibliográfica, análise documental e interpretação estratégica. Embora os resultados permitam propor uma estrutura teórica consistente, o Framework Conceitual 3M–3P ainda demanda validação empírica em organizações de diferentes portes, segmentos e níveis de maturidade. Recomenda-se que estudos futuros desenvolvam indicadores para mensurar sua influência sobre os fluxos informacionais, a produtividade e o desempenho organizacional, além de aprofundar a integração entre CDE, Digital Twins, IoT, Machine Learning, análise preditiva, gestão de ativos, BI, automação inteligente e Inteligência Artificial aplicada à engenharia.

Conclui-se, portanto, que o futuro da engenharia não será definido apenas pela velocidade de incorporação de novas tecnologias, mas pela capacidade de governar e utilizar estrategicamente as informações produzidas. A transformação digital inicia-se na forma como a informação é estruturada, compartilhada, rastreada e convertida em conhecimento. Nesse processo, o CDE consolida-se como a infraestrutura capaz de conectar BIM, ABNT NBR ISO 19650, colaboração multidisciplinar, interoperabilidade, indicadores, automação, BI e IA em um ecossistema digital integrado. Mais do que centralizar documentos, o CDE passa a centralizar conhecimento, inteligência e decisões, estabelecendo as bases para organizações mais maduras, colaborativas, resilientes e orientadas por dados.



32ª SEMANA DE TECNOLOGIA METROFERROVIÁRIA **13º PRÊMIO TECNOLOGIA E DESENVOLVIMENTO METROFERROVIÁRIOS**

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). ABNT NBR ISO 19650-1: organização e digitalização de informações sobre edificações e obras de engenharia civil, incluindo modelagem da informação da construção (BIM) — Gestão da informação usando modelagem da informação da construção — Parte 1: Conceitos e princípios. Rio de Janeiro: ABNT, 2021.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). ABNT NBR ISO 19650-2: organização e digitalização de informações sobre edificações e obras de engenharia civil, incluindo modelagem da informação da construção (BIM) — Gestão da informação usando modelagem da informação da construção — Parte 2: Fase de entrega dos ativos. Rio de Janeiro: ABNT, 2021.

BIM FÓRUM BRASIL. 2ª Pesquisa sobre Digitalização no Âmbito da Indústria da Construção. São Paulo: BIM Fórum Brasil, 2025. Disponível em: <https://bimforum.org.br/publicacoes-bfb/>. Acesso em: **12 jul. 2026.**

BIM FÓRUM BRASIL. Pesquisa Nacional de Maturidade Digital: incorporadoras e construtoras. São Paulo: BIM Fórum Brasil, 2025. Disponível em: <https://bimforum.org.br/publicacoes-bfb/>. Acesso em: **12 jul. 2026.**

CÂMARA BRASILEIRA DA INDÚSTRIA DA CONSTRUÇÃO (CBIC). Pesquisa de maturidade gerencial: relatório de pesquisa. Brasília, DF: CBIC, 2024. Disponível em:



32ª SEMANA DE TECNOLOGIA METROFERROVIÁRIA

13º PRÊMIO TECNOLOGIA E DESENVOLVIMENTO METROFERROVIÁRIOS

<https://cbic.org.br/coic-impulsiona-sustentabilidade-gestao-compartilhada-e-valorizacao-da-engenharia-em-2024/>. Acesso em: **12 jul. 2026**.

DAMA INTERNATIONAL. *DAMA-DMBOK: Data Management Body of Knowledge*. 2. ed. Basking Ridge: Technics Publications, 2017.

DAVENPORT, Thomas H. *Information Ecology: Mastering the Information and Knowledge Environment*. New York: Oxford University Press, 1997.

DAVENPORT, Thomas H.; PRUSAK, Laurence. *Working Knowledge: How Organizations Manage What They Know*. Boston: Harvard Business School Press, 1998.

DRUCKER, Peter F. Knowledge-worker productivity: the biggest challenge. *California Management Review*, Berkeley, v. 41, n. 2, p. 79–94, 1999.

EASTMAN, Charles; TEICHOLZ, Paul; SACKS, Rafael; LISTON, Kathleen. *BIM Handbook: A Guide to Building Information Modeling for Owners, Managers, Designers, Engineers and Contractors*. 2. ed. Hoboken: John Wiley & Sons, 2011.

SUCCAR, Bilal. Building information modelling framework: A research and delivery foundation for industry stakeholders. *Automation in Construction*, Amsterdam, v. 18, n. 3, p. 357–375, 2009.