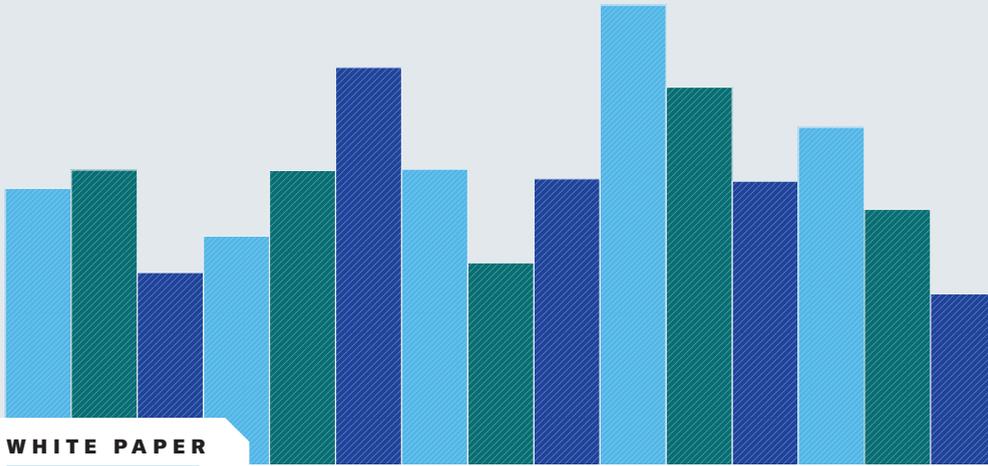




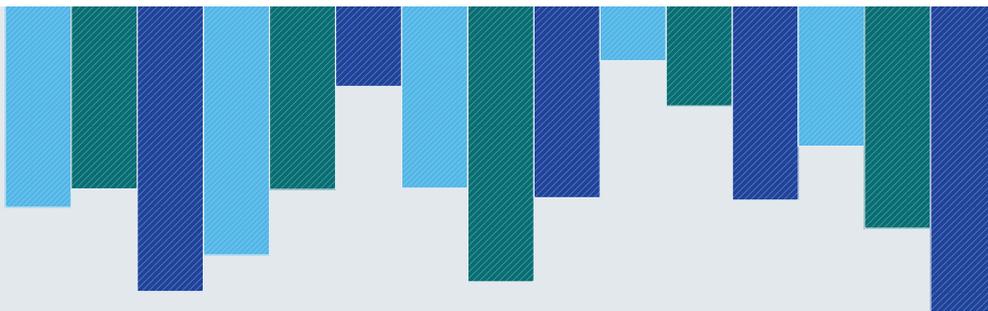
**Harvard
Business
Review**

ANALYTIC SERVICES



WHITE PAPER

Derrubar barreiras para projetos de fábrica mais colaborativos



Patrocinado por

 **AUTODESK**

PERSPECTIVA DO PATROCINADOR

Independentemente de estarmos falando de setores B2B ou B2C, as expectativas dos clientes em termos de individualização, funcionalidade e sustentabilidade de produtos e serviços está aumentando enormemente.

Para lidar com o ritmo acelerado e a complexidade adicional, muitas empresas já adaptaram suas maneiras de planejar, desenvolver e projetar seus produtos, pensando neles em termos de ciclos de vida mínimos e frequentemente adotando métodos de desenvolvimento ágil, engenharia simultânea e engenharia de sistemas.

Incrível como pareça, as fábricas muitas vezes ainda são projetadas e construídas de maneira muito tradicional, assim como o manuseio de dados durante a operação e a manutenção: área por área, disciplina por disciplina, silo de dados por silo de dados.

O aumento das expectativas do cliente inevitavelmente leva a tamanhos de lotes menores e mudanças frequentes, o que significa que operações de manufatura adaptáveis e elásticas são mais importantes do que nunca.

Acreditamos que as medidas já tomadas no projeto e na engenharia de produtos em termos de integração e colaboração também estão abrindo caminho para as operações de manufatura. Domínios como infraestrutura de fábrica e informações de construção precisam ser integrados aos dados do sistema de produção para revelar todo o potencial de um gêmeo digital abrangente da fábrica. Além disso, é necessária a reutilização dos dados em todo o ciclo de vida de produção, mesmo que diferentes partes interessadas estejam envolvidas em diferentes estágios, ou precisamente por esse motivo, para evitar redundâncias e tarefas que não agregam valor.

A digitalização está permitindo que os fabricantes liderem suas fábricas em direção a essa nova era. Esta pesquisa da Harvard Business Review Analytic Services fornece alguns insights úteis sobre o estado atual do setor, bem como algumas orientações sobre como se preparar para um futuro de sucesso para suas operações de manufatura existentes ou planejadas usando modelos de fábrica integrados.

Incentivo os leitores a considerar os exemplos dos líderes do setor apresentados neste relatório à medida que eles respondem às mudanças nos ambientes de mercado.



Srinath Jonnalagadda
Vice-presidente, estratégia industrial, projeto e manufatura
Autodesk

Derrubar barreiras para projetos de fábrica mais colaborativos

As mudanças são constantes para as fábricas, pois novos produtos, expectativas dos clientes e pressões competitivas forçam os fabricantes a retrabalhar repetidamente em suas atuais operações por meio de reformas ou construções inteiramente novas. À medida que eles empreendem esses projetos, as metas tradicionais de cumprir o prazo e o orçamento ficam cada vez mais complicadas por novos objetivos, desde metas de sustentabilidade até o uso mais eficiente da mão de obra e os requisitos da Indústria 4.0.

A complexidade desses projetos está aumentando, mas os processos usados para planejar e gerenciar projetos de fábrica não evoluíram na mesma medida. Projetos de fábrica envolvem uma ampla variedade de equipes no próprio fabricante e em toda a sua gama de parceiros de projeto e construção, todos focados no planejamento da construção, na engenharia da produção e em operações contínuas. Com muita frequência, essas equipes, e as ferramentas e os dados que elas usam para finalizar seus trabalhos, operam de maneira mais independente do que colaborativa, resultando em aumentos de custos, estouros de orçamento e atrasos.

“A construção e a engenharia de instalações são dois mundos separados que realmente não precisavam ser bem coordenados, até agora”, diz Frank Breitenbach, especialista técnico sênior em metodologia de planejamento e fábricas inteligentes para a EDAG Production Solutions, um provedor de serviços de engenharia com sede em Fulda, Alemanha para o setor automotivo. “Para que esses mundos cresçam juntos com eficiência, é quase necessária uma mudança de paradigma na maioria das empresas”.

Será necessária uma abordagem multidisciplinar e bem coordenada para projetos de planejamento e construção de fábricas para fechar essas lacunas e garantir que a construção, as operações e as equipes mecânicas, elétricas e hidráulicas do projeto colaborem estreitamente para minimizar atrasos, custos e falhas de comunicação, maximizando ao mesmo tempo as metas de negócios relacionadas ao projeto, operacionais e de longo prazo. Para chegar lá, os fabricantes e as empresas de construção industrial estão trabalhando para adotar novos paradigmas de planejamento e fluxo de trabalho, utilizar os dados de maneira mais inteligente e explorar mais tecnologias de fluxo de trabalho colaborativo que afetarão a construção muito tempo após a sua conclusão.

DESTAQUES

Cada vez mais solicitações de propostas para projetos de construção de fábricas **incluem expectativas em torno da sustentabilidade, digitalização e o desejo de fábricas inteligentes** que apoiem os conceitos da Indústria 4.0.

Apesar desses requisitos em constante evolução, **os processos e fluxos de trabalho usados para planejar** e implementar a nova construção ou reforma de uma fábrica nem sempre acompanharam o ritmo.

A tecnologia está se mostrando o principal facilitador para ajudar os fabricantes e seus parceiros de planejamento e produção a **desfazer silos em ferramentas, dados e colaboração** em sua busca por uma maneira cada vez mais perfeita e eficaz de planejar e construir uma fábrica.

Se sua visão for concretizada, as futuras fábricas serão muito mais mutáveis e resilientes, capazes de se ajustar com agilidade às mudanças do mercado e, ao mesmo tempo, minimizar seus próprios custos de manutenção e otimizar sua utilidade.

“Para ter fábricas altamente eficientes, você precisa de dados em tempo real para tomar as decisões certas no contexto certo”, diz Maximilian Viessmann, CEO do Viessmann Group, fabricante de soluções de aquecimento, refrigeração e climatização com sede em Allendorf, Alemanha. “Podemos ampliar nossa posição no mercado quando somos capazes de agir rápido para nossos parceiros e usuários. A Indústria 4.0 é a facilitadora dessa velocidade e, consequentemente, a capacitadora do nosso futuro”.

Novo mundo, novas pressões

As fábricas sempre tiveram que evoluir, adaptando instalações, linhas de produção, processos de desenvolvimento e operações para atender às demandas do dia. Os impulsionadores típicos dessas novas construções ou reformas incluem lançamentos de novos produtos, a necessidade de melhorar a qualidade dos produtos ou a eficiência da produção, mudanças na demanda, melhorias contínuas ou a substituição de equipamentos. Tendências específicas do setor também podem ser fatores, como a necessidade de lotes menores ou derivados de um produto base, maior personalização em massa, mudança do combustível fóssil para fontes de energia mais sustentáveis ou a

necessidade de acomodar a escassez de materiais, produzir mais próximo do mercado ou minimizar os requisitos de mão de obra diante da escassez. De acordo com o estudo de junho de 2020 da McKinsey & Co., “The Next Normal in Construction”, 87% dos entrevistados citam a escassez de mão de obra qualificada como tendo o maior impacto no setor. Porém, em um período de 10 anos, mais de 75% acreditam que a sustentabilidade, regulamentos de segurança no local de trabalho e estruturas mais flexíveis e digitalmente eficientes afetarão o setor em grande escala. FIGURA1

Mas, juntamente com esses impulsionadores, vem outro conjunto de requisitos que estão impondo demandas adicionais às equipes de projeto. Cada vez mais solicitações de propostas para projetos de construção de fábricas incluem expectativas em torno da sustentabilidade, digitalização e o desejo de fábricas inteligentes que apoiem os conceitos da Indústria 4.0. Os fabricantes também querem concluir projetos mais rápido do que nunca, principalmente em reformas. Minimizar o tempo de inatividade e acelerar o tempo de introdução no mercado tornaram-se necessidades competitivas.

“A sustentabilidade tem ocupado um lugar muito mais central do que costumava ocupar”, diz Rupert Hoecherl, diretor administrativo e sócio da io-consultants, uma empresa de consultoria de gestão em Bethlehem, Pa., cujos projetos incluem consultoria integrada.”

A necessidade de aumentar a velocidade foi agravada por desafios inesperados do mercado e da cadeia de suprimentos, mais recentemente com a pandemia.

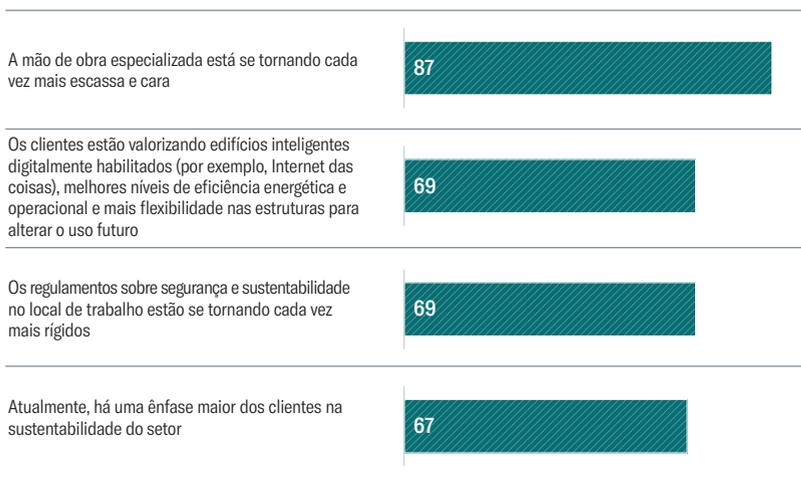
FIGURA1

Fatores de mercado complicam projetos de construções

Mão de obra escassa, edifícios inteligentes e regulamentos de segurança e sustentabilidade são os principais problemas

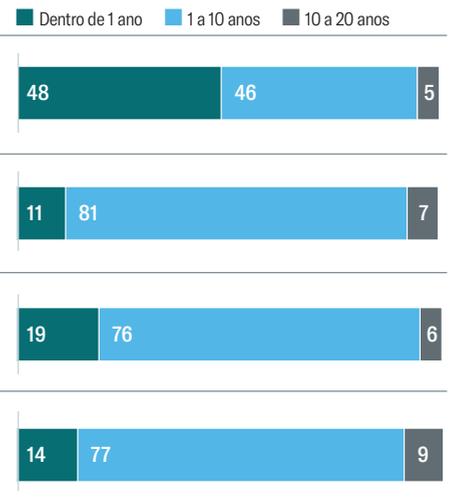
Maior impacto no setor de construção

Porcentagem de entrevistados



Quando essa mudança nas características do mercado afetará em grande escala

porcentagem de entrevistados



Fonte: McKinsey&Co., junho de 2020

"Nós vimos flutuações extremas durante a pandemia, aliadas a restrições regionais ou internacionais. Essa [flutuação] tornou particularmente difícil identificar o horário certo para pausar a produção para projetos de retrofit", diz Viessmann do Viessmann Group.

Lacunas no processo de planejamento de fábrica

Apesar desses requisitos em constante evolução, os processos e fluxos de trabalho usados para planejar e implementar a nova construção ou reforma de uma fábrica nem sempre acompanharam o ritmo. O fato é que uma fábrica é, por definição, um sistema complexo, cada vez mais complexo graças aos avanços da automação e da tecnologia. A confluência de complexidade crescente e fluxos de trabalho desconexos também dificulta cada vez mais a coordenação da sua construção. "A fábrica não é composta apenas por um edifício", diz Robert Ostermann, projetista de fábrica da Magna Steyr, fabricante de automóveis com sede em Graz, na Áustria. "Existem muitos sistemas de transporte, muita estrutura de aço, equipamentos de maquinário e assim por diante. Portanto, uma fábrica é mais do que um processo de BIM (modelagem de informações de construção), e coordenar ou manter todo esse espectro digital ainda não é um processo de rotina".

Em geral, as abordagens tradicionais são em grande parte sequenciais, com uma equipe concluindo o trabalho antes de entregar o produto desse trabalho à próxima equipe. Os dados e as ferramentas que elas utilizam geralmente também são separados, exigindo conversões de formato caras e uma enxurrada de e-mails para gerenciar alterações e acompanhamentos.

"As tecnologias digitais permitiram que as pessoas replicassem informações, mas isso é replicação sem gestão, o que significa que elas perdem a confiança nessas informações", diz Brian Gancy, chefe de estratégia de BIM do Kingspan Group.

As lacunas de comunicação tornam-se inevitáveis, principalmente na transição de uma etapa para a seguinte.

Os motivos das lacunas de comunicação são variados. Empresas de pequeno e médio porte geralmente levam de 10 a 15 anos entre novos projetos de fábrica e, por isso, seus processos de planejamento podem estar desatualizados ou ser inexistentes, diz Matthias Dannapfel, engenheiro-chefe de planejamento de fábrica na RWTH Aachen University, em Aachen, Alemanha. No caso das empresas, muitas vezes elas "lutam um pouco com a forma de introduzir requisitos de longo prazo e como os converter em estruturas de fábrica. Devido ao ambiente de mercado dinâmico, elas precisam se desfazer das velhas suposições. Elas precisam desafiar a maneira como pensam e imaginam as fábricas".

Os problemas não são apenas internos. Os projetos de fábrica exigem coordenação entre equipes internas e externas, muitas vezes divididas entre aqueles que trabalham no próprio edifício e aqueles focados nos processos e equipamentos que farão parte dele. Cada uma normalmente traz suas próprias ferramentas e armazenamentos de dados para a tarefa.



"As tecnologias digitais permitiram que as pessoas replicassem informações, mas isso é replicação sem gestão, o que significa que elas perdem a confiança nessas informações", diz Brian Gancy, chefe de estratégia de BIM do Kingspan Group.

"Todo mundo usa ferramentas de software diferentes que não têm interfaces claras para poder fornecer ou alimentar informações de uma para outra", diz Dannapfel. "Portanto, temos uma enorme perda de informações ao repassar o retrabalho manual ou a comunicação manual para garantir que todas as informações que queremos tentar trazer sejam transmitidas para a próxima equipe e as equipes seguintes. Esse é um processo altamente ineficiente".

"O que podemos fazer melhor é a comunicação sobre o processo, a coordenação do modelo e como o projeto da fábrica evolui", acrescenta Ostermann, da Magna Steyr. "A comunicação precisa ocorrer diretamente no modelo, e não pode ser separada em diferentes sistemas que não se comunicam bem".

Uma abordagem para lidar com os obstáculos de comunicação tem sido converter dados muito diferentes para que eles possam ser reunidos em um único ambiente de projeto assistido por computador (CAD), mas essa etapa é bastante cara. As comunicações e solicitações de alteração tendem a ocorrer fora desse ambiente, resultando em atrasos e erros, e as alterações em um sistema não ficam automaticamente disponíveis para os demais. Mesmo os esforços para praticar a engenharia simultânea de processos de planejamento díspares falham quando as comunicações são interrompidas.

Embora a maioria das fábricas tenha sido amplamente digitalizada desde a década de 1990, muitos dos dados não foram utilizados, e as tentativas de criar um único padrão de dados entre as ferramentas utilizadas para planejar, construir e manter esses dados avançaram lentamente.

"As tecnologias digitais permitiram que as pessoas replicassem informações, mas isso é replicação sem gestão, o que significa que elas perdem a confiança nessas informações", diz Brian Gancy, chefe de estratégia de BIM do Kingspan Group, fabricante de materiais de construção em Kingscourt, Irlanda. "É por isso que tentamos garantir procedimentos de governança em torno das informações". Em um padrão familiar, algumas empresas de tecnologia que geram dados de projeto como parte de seus conjuntos de ferramentas resistiram às tentativas de criar os padrões abertos para os quais outros desenvolvedores oferecem suporte. "Acho que esse é um dos maiores problemas, algo que precisamos resolver quando falamos de



“Somente equipes interdisciplinares podem gerenciar a complexidade e os desafios de reunir todos os processos operacionais perfeitamente. Verificações regulares dos principais números de toda a cadeia de valor e simulações frequentes dos processos garantem que possamos atingir as métricas necessárias e atender às metas do nosso projeto”, diz Maximilian Viessmann, CEO do Viessmann Group.

uma visão holística da fábrica propriamente dita e quando queremos obter todos os benefícios oferecidos pelo BIM e pela fábrica digital”, diz Breitenbach.

De acordo com um artigo acadêmico produzido pela RWTH Aachen University, intitulado “An Approach to the Analysis of Causes of Delays in Industrial Construction Projects through Planning and Statistical Computing”, o BIM foi concebido especificamente para abordar as desconexões entre os processos de planejamento do edifício e planejamento de construções, mas é muito mais usado na construção de casas e edifícios públicos do que no planejamento de fábricas.

A pesquisa para respaldar o artigo revelou “implementação escassa em projetos de planejamento de fábrica devido à (1) ausência de especificações de nível de maturidade e (2) à falta de padrões de gerenciamento de dados”.

Nem todos os desafios são técnicos, diz Breitenbach. Juntamente com a mudança para maiores níveis de compartilhamento de dados e a colaboração que isso permite, as equipes variadas também devem se comprometer com novas formas de trabalho. “Precisamos de uma cultura de reuniões e uma estrutura de reuniões em nossos projetos, reuniões regulares para que as pessoas sejam motivadas a

Os custos das lacunas de planejamento

Falhas no processo de planejamento e construção da fábrica estão saindo caro para fabricantes em várias dimensões que podem afetar não só o projeto propriamente dito, como também as operações e a manutenção da fábrica a longo prazo.

“No final das contas, os impactos ocorrem sempre em algum lugar entre escopo, tempo e orçamentos”, diz Hoecherl, da io-consultants. “Se as coisas passarem despercebidas, se você precisar fazer ajustes posteriormente no projeto, isso terá um impacto no cronograma e, provavelmente, no orçamento também. Uma reação pode ser repensar o escopo em um esforço para mitigar o impacto. Erros significativos ou falhas de projeto podem inadvertidamente reduzir a capacidade instalada e potencialmente limitar a utilidade e a longevidade do edifício”.

Os dilemas em termos da quantidade ou do tipo de equipamentos ou tecnologias que um projeto consegue incluir podem significar a contratação de mais mão de obra ou a perda de benefícios técnicos, acrescenta ele, mas, felizmente, a qualidade do produto em si geralmente não é afetada. Outros impactos podem incluir falha na

integração de fornecedores, a necessidade de reengenharia mais frequente e perdas de eficiência.

Até mesmo um projeto de construção concluído com sucesso, produzido de maneira tradicional, fica aquém do nível do projeto de fábrica em termos de seu impacto na vida útil do edifício. Sem o benefício de conceitos mais recentes, como modelagem, estabelecimento de um plano visual de como uma fábrica e seus equipamentos de produção serão criados e gêmeos digitais, criando uma réplica digital exata de um recurso físico, é mais difícil manter um registro digital das decisões e dos detalhes que entraram nas opções de projeto. A falta de dados torna as modificações futuras mais caras e difíceis.

A visão da fábrica integrada

O conceito de um processo de projeto de fábrica totalmente integrado é baseado na visão das próprias fábricas do futuro. A forma como as fábricas são criadas desempenha um papel cada vez maior em sua capacidade de cumprir metas, incluindo aquelas relacionadas a flexibilidade, sustentabilidade e inteligência.

“É absolutamente necessário que tenhamos fábricas altamente eficientes e flexíveis em todos os aspectos: sustentabilidade, produtividade e infraestrutura global. Essa eficiência e flexibilidade são a base da nossa resiliência”, diz Viessmann. A realização desses aspectos se conecta diretamente ao processo de planejamento.

“O impacto do planejamento integrado e colaborativo da fábrica é imenso”, continua Viessmann. “Somente equipes interdisciplinares podem gerenciar a complexidade e os desafios de reunir todos os processos operacionais perfeitamente. Verificações regulares dos principais números de toda a cadeia de valor e simulações frequentes dos processos garantem que possamos atingir as métricas necessárias e atender às metas do nosso projeto”.

Uma representação digital da fábrica também diminui os riscos de possíveis problemas de planejamento, como dois tubos que interferirão entre si, ou dados geométricos incorretos sobre uma peça de maquinaria que é fundamental para projetar corretamente o espaço que ela ocupará. Evitar esses problemas por meio da colaboração entre equipes em um estágio inicial economiza milhares de dólares em processos de atenuação do local que seriam acumulados se o problema surgisse apenas no estágio de construção. Além do processo de construção propriamente dito, a integração e a digitalização perfeitas

de processos de projeto integrados também podem melhorar o início das operações da fábrica e o uso contínuo da fábrica.

“Estamos começando a explorar a ideia de criar tudo que existe digitalmente antes de você criar a contraparte física”, diz Gancy da Kingspan.

“Quando você tem uma representação digital, com o avanço da realidade aumentada, da realidade virtual e tecnologias semelhantes, podemos começar a andar por esses edifícios, até mesmo treinar operadores em equipamentos antes que estes sejam colocados no local físico. Essa [capacidade] seria um grande aumento em termos de melhorar a inicialização, o treinamento e a qualidade”.

Esses benefícios continuarão enquanto um modelo digital for atualizado, à medida que a fábrica mudar ao longo do tempo, tornando-se um diário de bordo vivo da história das instalações. Um modelo totalmente concretizado, como um gêmeo digital, pode conduzir tudo, desde alimentar a manutenção preditiva até acelerar as reformas, simular o impacto de modificações propostas e analisar o desempenho dos materiais e do próprio projeto.

“Acho que as pessoas vão dar maior valor à compreensão de mais aspectos de um edifício no futuro do que fazem agora”, diz Gancy.

Simplificar o processo de projeto da fábrica

Mesmo que a visão da fábrica do futuro tenha evoluído, tem persistido a lacuna entre esse estado final e os processos atuais para planejar e executar o projeto e a construção da fábrica. Os fabricantes desenvolveram inúmeras soluções ao longo dos anos para integrar e agilizar o processo, de modo que agora muitas etapas do processo de planejamento são automatizadas, auxiliadas por computador, digitalizadas e verificadas quanto a condições. Esses avanços servem como base para as inovações de hoje, mesmo tendo estado muito à frente das capacidades técnicas para funcionar de maneira eficaz na ocasião em que foram introduzidos.

“Nos anos 90, falava-se sobre manufatura integrada por computador (CIM). A ideia era ter um modelo 3D, um modelo CAD, e trazê-lo diretamente para a máquina que produziria as peças, uma ideia muito boa. Porém, nos anos 90, esse tipo de software não tinha esse grau de maturidade”, explica Breitenbach. “Começamos com a fábrica digital na década de 1990.

Uma fábrica digital é uma visão holística da fábrica que combina produtos, processos de fabricação e pessoas, máquinas, robôs e outros recursos que permitem que ela opere”.

Atualmente, os softwares, os dados e as tecnologias de comunicação chegaram no mesmo nível dos conceitos. Os especialistas esperam construir processos de modelagem de informações, gêmeos digitais, câmeras e sensores, inteligência artificial (IA), aprendizado de máquina (ML) e até mesmo realidade aumentada e virtual para dar suporte a um processo integrado e colaborativo de projeto de fábrica no futuro. Cada vez mais, as empresas poderão coordenar as atividades de design em tempo real.

O artigo da Aachen University define o BIM como uma metodologia que integra todas as partes interessadas de um projeto de construção,

gerenciando um banco de dados compartilhado relacionado ao edifício para facilitar o planejamento, a construção e a gestão das instalações em operação. De acordo com uma pesquisa da Dodge Data & Analytics, os projetistas cujo trabalho inclui uso alto ou muito alto do BIM relataram obter benefícios em taxas muito maiores do que aqueles com uso médio. Esses benefícios abrangem tudo, desde melhor colaboração entre equipes (67% versus 27%) até transferências de dados aprimoradas (61% versus 27%) e aumento da capacidade de carga de trabalho (55% versus 28%). FIGURA2

Porém, alguns veem o BIM como um processo que não se estende à produção. “Temos processos de BIM, mas estes começam e terminam com o edifício propriamente dito e, na Magna, temos fábricas”, diz Ostermann, da Magna Steyr. “O que o BIM faz pelo edifício propriamente dito é algo que queremos tentar alcançar para todo o projeto da fábrica”.

Então, é necessária uma maneira de estender os benefícios do BIM ao projeto inteiro, integrando o planejamento do próprio edifício e das máquinas e dos equipamentos que ele conterà.

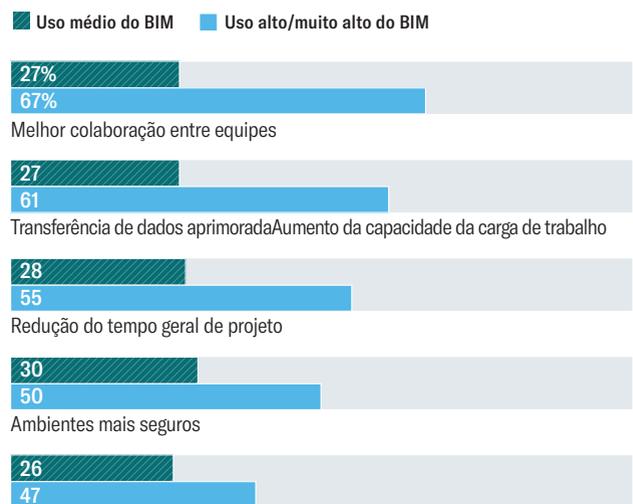
Entrar no modelo de fábrica integrada

Gêmeos digitais e modelos de fábrica 3D surgiram como ferramentas valiosas para ajudar a evoluir do estado atual do projeto de fábrica para um processo de projeto totalmente integrado. De acordo com a JuniperResearch, a manufatura será o maior setor para a implantação

FIGURA2

A colaboração supera os benefícios de projeto do BIM

Os projetistas que usam a modelagem de informações de construção em níveis altos e muito altos relatam os maiores benefícios



Fonte: Dodge Data & Analytics, 2021



“O gêmeo digital é o núcleo da mudança para o setor e o BIM: o processo de mudança. Se o utilizamos para entregar um projeto digitalmente perfeito, podemos replicar isso fisicamente”, diz Glance da Kingspan.

de gêmeos digitais em 2021, respondendo por 34% do total de gastos com a tecnologia.

O termo gêmeo digital assumiu uma ampla gama de definições em todo o setor de manufatura. O que alguns chamariam de gêmeo digital, por exemplo, outros poderiam descrever como um modelo avançado/3D. O Digital Twin Consortium reuniu especialistas para definir o termo. Sua definição descreve um gêmeo digital como uma representação virtual de uma entidade e/ou processo do mundo real, sincronizada com uma frequência e fidelidade especificadas. O gêmeo digital usa dados históricos e em tempo real para representar o passado e o presente e, em seguida, simula futuros previstos que são inspirados por resultados desejados e muitas vezes adaptados a casos de uso específicos. Um gêmeo digital é alimentado por integração, baseado em dados, orientado pelo conhecimento de domínios e implementado em sistemas de TI/TO.

Especialistas acreditam que os gêmeos digitais têm o potencial de transformar projetos de negócios e fábricas, acelerando a compreensão holística, decisões ideais e ações eficazes. De acordo com uma pesquisa da McKinsey & Co., “as empresas podem melhorar a eficiência e integrar a fase de projeto com o restante da cadeia de valor usando a modelagem de informações de construção (BIM) para criar um modelo tridimensional completo (um ‘gêmeo digital’), e adicionar mais camadas, como cronograma e custo, logo no início do projeto, em vez de finalizar o projeto enquanto a construção já está em andamento.”³ A McKinsey afirma que o uso do BIM e de gêmeos digitais mudará significativamente os riscos e a sequência da tomada de decisão que ocorre durante os projetos de construção e colocará em questão os modelos tradicionais de engenharia, aquisição e construção (EPC). Usando um modelo tão avançado para um projeto de fábrica em execução, as partes interessadas podem navegar e visualizar a estrutura em 2D e 3D de qualquer ângulo, detalhar visualmente para ver recursos específicos, acessar as especificações relacionadas a um determinado item, rastrear o histórico de quaisquer alterações feitas em um determinado elemento e muito mais.

Na io-consultants, os projetistas de fábrica estão “extremamente entusiasmados por serem mais instantâneos em seu processo de tomada de decisões e serem capazes de abordar cenários hipotéticos em vários estágios do processo de projeto”, diz Hoecherl.

Em um gêmeo digital “verdadeiro”, os sensores embutidos na própria fábrica coletam dados continuamente para garantir que estejam sempre atualizados com o edifício físico, permitindo casos de uso pós-construção. Outros casos de uso contínuos para gêmeos digitais em operações de fábrica incluem entender quais espaços podem ser afetados por falhas de equipamentos e

comparar o desempenho real de ativos e sistemas com o esperado. Essas informações podem ajudar a prever eventos para melhorar a disponibilidade e embasar decisões para maximizar o retorno sobre o investimento. Viessmann diz que sua empresa está usando um gêmeo digital para melhorar as comunicações e a colaboração durante as fases de planejamento, projeto e construção de um novo local de produção de bombas de calor em Legnica, na Polônia. Ver o layout real da fábrica ajuda a empresa a identificar e resolver conflitos relacionados ao uso do espaço, gargalos e possíveis “engarrafamentos” internos no mundo digital durante as fases iniciais do projeto e sem os altos custos ou riscos que costumam surgir quando esses problemas são descobertos mais tarde. Eles também os usam para monitorar continuamente o progresso da construção e a adesão aos planos, sem esforço adicional.

“Todos nós planejamos na mesma base, no mesmo status mutuamente combinado, sem conflitos de versão causados pelos participantes, como engenheiros industriais, arquitetos, planejadores de saúde e segurança ambiental e todos os vários departamentos de produção, capazes de levar a mal-entendidos, desinformação ou interpretações errôneas que podem acabar saindo caro”, diz Viessmann.

“O gêmeo digital é o núcleo da mudança para o setor e o BIM: o processo de mudança”, explica Glancy. “Se o utilizamos para entregar um projeto digitalmente perfeito, podemos replicar isso fisicamente”. Ele diz que sua empresa usou gêmeos digitais em uma abordagem de modelo para manufatura, criando um gêmeo digital fabricável o mais próximo possível de um modelo construído para solucionar problemas de detalhes propostos, como aço estrutural, que pode afetar o revestimento/envelope ou uma máquina colocada onde uma coluna é planejada.

Gêmeos digitais e modelos de fábrica 3D também oferecem suporte para modelagem de fábrica integrada, reduzindo o tempo de inatividade necessário para projetos de reforma e facilitando uma melhor colaboração entre equipes por meio da integração das visões de várias disciplinas de planejamento para apoiar as metas gerais, em vez de otimizar com base em apenas um ponto de vista. Durante o processo de construção, um gêmeo digital pode simular sequências de construção para ajudar a acelerar a instalação e reduzir a quantidade de pedidos de alteração. Outro caso de uso valioso é impulsionar a integração fácil e rápida de fornecedores, permitindo uma integração estruturada de qualquer fornecedor ao longo de todo o ciclo de vida da fábrica, desde o planejamento até a operação. Ao reduzir o desperdício e otimizar em áreas de eficiência, confiabilidade, sustentabilidade e

objetivos relacionados, os gêmeos digitais, esperam os especialistas, melhorarão radicalmente o planejamento e as operações da fábrica.

“Por um lado, esses métodos e ferramentas me ajudam na fase de engenharia a criar uma fábrica ou fazer alterações no sistema de produção”, diz Breitenbach da EDAG. “O BIM e a fábrica digital mapeiam as estruturas, o produto/ processo/recurso, enquanto o gêmeo digital garante que eu possa verificar os cenários com segurança e antecedência. Na fase de operação, o gêmeo digital me ajuda registrando e avaliando os dados operacionais. Aplicativos de inteligência artificial me oferecem a possibilidade de agir proativamente, por exemplo, com medidas de qualidade ou medidas de manutenção.”

O BIM e os gêmeos digitais “são facilitadores tecnológicos para nós, mas primeiro precisamos projetar os processos, os fluxos de informações e as responsabilidades”, acrescenta Dannapfel, da RWTH Aachen University. “Se fizermos isso, essas tecnologias poderão mostrar seu verdadeiro poder, porque então temos esse planejamento baseado em modelo. Teremos a única fonte da verdade com a qual podemos planejar”. A natureza visual de ferramentas como modelos de fábrica 3D e gêmeos digitais promete enriquecer o processo colaborativo.

“Somos pessoas visuais, usando a tecnologia para demonstrar coisas e permitir que as pessoas entendam bases, relacionamentos e layouts de uma maneira muito mais clara. Acho que ela será enorme em termos de compreensão dos resultados”, diz Gancy. “Quando você pode percorrer um gêmeo digital em um ambiente virtual, é mais fácil conversar sobre o que deve ser colocado nesse ambiente e por qual motivo. Porque metade da batalha está em realmente ajudar alguém a entender a questão. Esse tipo de experiência imersiva melhorará a comunicação com as partes interessadas”.

Uma tecnologia complementar relacionada aos gêmeos digitais e aos modelos de fábrica 3D é o design generativo, que também está encontrando seu caminho em processos de projeto de fábrica mais eficientes e simplificados. O design generativo é uma tecnologia de exploração de projeto que usa um conjunto de restrições e fornece opções para filtragem até se chegar ao projeto final. Embora ele tenha sido amplamente utilizado no setor de manufatura, seu uso na construção até o momento é menos frequente.

“Você pode avaliar vários layouts de linha, talvez até duas ou três linhas na fábrica com o design generativo, e entender que este é o melhor uso do espaço e como os seus operadores podem trabalhar nesse ambiente dependendo do layout”, aproveitando o aprendizado de máquina para participar do projeto, diz Gancy. “No momento em que ocorrer a democratização de todas essas tecnologias, particularmente quando elas fizerem parte do kit de ferramentas dos recém-formados, veremos essa explosão de mudanças. Acho que isso acontecerá daqui a três ou cinco anos. É impressionante e assustador ao mesmo tempo”.



Ao reduzir o desperdício e otimizar em áreas de eficiência, confiabilidade, sustentabilidade e objetivos relacionados, os gêmeos digitais, esperam os especialistas, melhorarão radicalmente o planejamento e as operações da fábrica.

Mais capacitadores de projeto de fábrica integrados

O BIM, o design generativo e os gêmeos digitais não são as únicas tecnologias aproveitadas para acelerar e agilizar o processo de projeto e construção. O movimento em direção ao projeto de fábrica totalmente integrado também está sendo viabilizado por varredura a laser, realidade aumentada e virtual (AR/VR), Internet das coisas, IA e ML. Outros elementos essenciais incluem a nuvem, modelos de dados compartilhados e recursos de colaboração integrados às próprias plataformas de projeto.

As tecnologias de câmera e varredura a laser estão cada vez mais em uso para gerar dados, como para coletar e carregar medições para um projeto de reforma, para que os planejadores remotos possam tomar decisões de planejamento. As tecnologias de AR e VR permitem que os membros da equipe visitem virtualmente um modelo de construção em andamento. A inteligência artificial e o aprendizado de máquina têm papéis a desempenhar no aprimoramento de tudo, desde a automatização de partes do planejamento e manutenção da fábrica até o controle da qualidade.

A nuvem está se mostrando fundamental para facilitar o acesso fácil e compartilhado às enormes quantidades de dados gerados pelos processos de planejamento da fábrica, dados que podem ser mantidos e, esperamos, modificados sempre que a fábrica mudar, para impulsionar as atividades de manutenção e facilitar o condicionamento e o replanejamento. Os dados de planejamento devem ser bem gerenciados para garantir sua integridade e disp

“Para nós, o sistema de gerenciamento de dados foi o maior desafio”, diz Ostermann. “Um sistema de gerenciamento de dados afetou bastante a nossa fábrica, porque, no passado, às vezes era difícil encontrar os dados no momento certo.” O movimento em direção



A comunicação e a colaboração integradas são componentes decisivos dessas novas soluções, para que todas as equipes possam acessar uma única visão compartilhada e em tempo real do modelo de fábrica.

aos padrões de dados, que está ocorrendo por meio de organizações como os grupos industriais The Digital Twin Consortium e o CESMII — The Smart Manufacturing Institute,⁴ tornará o gerenciamento de dados ainda mais simples”.

“Acho que as pessoas vencerão essa batalha pelos padrões, e as empresas de software vão abrir seus registros e dizer: essa é a nossa estrutura”, afirma Breitenbach. “Você pode usá-la para trabalhar com o meu software, você pode trabalhar com outro software, com esse formato de dados. E você não terá nenhuma perda de informação ao trocar dados”.

A comunicação e a colaboração integradas são componentes decisivos dessas novas soluções, para que todas as equipes possam acessar uma única visão compartilhada e em tempo real do modelo de fábrica. É importante que atividades de comunicação, como solicitações de alteração, solicitações de informações e discussão de problemas, ocorram dentro das próprias plataformas de projeto colaborativo, para garantir que as informações estejam sempre atualizadas e acessíveis a todos e que exista um registro de todas as alterações feitas. “Nunca é demais enfatizar a importância da comunicação constante para todas as nossas partes interessadas”, diz Viessmann. “Para tomar a decisão certa, você precisa ter o contexto ideal e a compreensão certa. Minha experiência é que os métodos de discussão mudaram muito. Historicamente, os departamentos de construção planejavam o edifício, e a produção planejava o processo dentro do edifício. Hoje em dia, essa direção mudou: muitos edifícios são planejados principalmente em torno de processos de produção. Com base em comunicações e simulações, alcançamos os melhores resultados e o mais alto desempenho”.

Reinventar o planejamento de fábrica para o século XXI

“Dentro do prazo e do orçamento” não é mais o padrão pelo qual os projetos de construção de fábricas são julgados. Atualmente, os processos de planejamento e construção devem ser rápidos e bem integrados e apoiar novas metas em torno da sustentabilidade e da Indústria 4.0. Além de atender a esses objetivos, a instalação deve ser facilmente adaptada a usos futuros e capaz de minimizar seu próprio impacto em termos de manutenção e meio ambiente.

A tecnologia está se mostrando o principal facilitador para ajudar os fabricantes e seus parceiros de planejamento e produção a desfazer silos em ferramentas, dados e colaboração em sua busca por uma maneira cada vez mais perfeita e eficaz de planejar e construir uma fábrica. Aqueles que defendem ferramentas e dados mais integrados, e os processos e a cultura essenciais para o sucesso dessas ferramentas nas equipes que projetam, constroem e operam fábricas, estão otimistas quanto ao potencial de processos integrados de projeto de fábrica que reduzem riscos, economizam tempo e dinheiro e criam instalações resilientes e mutáveis capazes de suportar metas em constante evolução no futuro.

“Estou convencido de que o processo de planejamento sempre ficará mais integrado”, diz Hoecherl. “E acho que a colaboração ficará muito mais fácil, mesmo entre diferentes organizações parceiras. As plataformas digitais são fundamentais para permitir a coordenação perfeita entre os diferentes especialistas envolvidos, oferecendo acesso às informações mais recentes. Em combinação com os avanços na tecnologia e na simulação de gêmeos digitais, temos facilitadores ao nosso alcance que oferecem o potencial de atribuir custos razoáveis aos estágios iniciais dos projetos, reduzindo assim os riscos de implementação”.

Notas finais

1. Juniper Research, “Why Digital Twins Are Critical to the Industry”, junho de 2020. <https://www.juniperresearch.com/whitepapers/why-digital-twins-are-critical-to-the-industrial>.
2. DigitalTwinConsortium, “TheDefinitionofaDigitalTwin”. <https://www.digitaltwinconsortium.org/hot-topics/the-definition-of-a-digital-twin.htm>.
3. MariaJoãoRibeirinho, JanMischke, GernotStrube, ErikSjödín, JoseLuisBlanco, RobPalter, JonasBiörck, DavidRockhilleTimmyAndersson, “TheNext Normal in Construction”, McKinsey & Co., junho de 2020. <https://www.mckinsey.com/~media/McKinsey/Industries/Capital%20Projects%20and%20Infrastructure/Our%20Insights/The%20next%20normal%20in%20construction/The-next-normal-in-construction.pdf>.
4. TheDigital Twin ConsortiumCESMII—The Smart Manufacturing Institute, “Digital Twin Consortium Announces a Liaison with CESMII—The SmartManufacturingInstitute”, novembro de 2021. <https://www.digitaltwinconsortium.org/press-room/11-02-21.htm>.



**Harvard
Business
Review**

ANALYTIC SERVICES

SOBRE NÓS

A Harvard Business Review Analytic Services é uma unidade de pesquisa comercial independente dentro do Harvard Business Review Group, conduzindo pesquisas e análises comparativas sobre importantes desafios de gestão e oportunidades de negócios emergentes. Buscando fornecer inteligência de negócios e visão do grupo de pares, cada relatório é publicado com base nas descobertas de pesquisas e análises quantitativas e/ou qualitativas originais. Pesquisas quantitativas são realizadas com o Conselho consultivo da HBR, a comissão de pesquisa global da HBR, e as pesquisas qualitativas são conduzidas com executivos de negócios sênior e especialistas no assunto de dentro e fora da comunidade de autores da *Harvard Business Review*. Envie um e-mail para hbranalyticservices@hbr.org.

hbr.org/hbr-analytic-services