



GESTÃO & GERENCIAMENTO

**Edição 33
Abril 2025**

ISSN: 2447-1291





Gestão & Gerenciamento

MELHORIA DA PRODUTIVIDADE NA CONSTRUÇÃO CIVIL: REVISÃO DA LITERATURA SOBRE FERRAMENTAS LEAN, INCLUINDO BALANCEAMENTO DE ATIVIDADES E DIAGRAMA YAMAZUMI

*IMPROVING PRODUCTIVITY IN CIVIL CONSTRUCTION: A LITERATURE
REVIEW ON LEAN TOOLS, INCLUDING CREW BALANCE CHART AND
YAMAZUMI DIAGRAM*

Matheus de Faria Mendonça

Bacharel em Engenharia de Produção; Pós-graduando em Planejamento, gestão e controle de Obras Civis pela Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, RJ, Brasil;

matheusdefariamendonca@gmail.com

Vania Maria Britto Cunha Lopes DuCAP

Arquiteta e urbanista, M. Sc.; Especialista em Engenharia Sanitária Ecologia e Meio Ambiente pela Universidade do Estado do Rio de Janeiro, RJ, Brasil; doutoranda em Engenharia Ambiental na Universidade Federal do Rio de Janeiro, RJ, Brasil

vaniaducap@yahoo.com.br

Resumo

Este estudo investiga a aplicação de ferramentas *Lean* na construção civil, com foco em obras residenciais multifamiliares, visando aumentar a eficiência na gestão da mão de obra. Métodos como balanceamento de atividades, diagrama *Yamazumi*, estudos de tempos e movimentos e cartões *Kanban* foram utilizados para otimizar os processos. A metodologia consistiu em uma revisão abrangente da literatura seguida de uma análise detalhada dos estudos de caso em diferentes contextos e etapas da obra, incluindo fundação e infraestrutura, supraestrutura (alvenaria) e acabamentos (revestimentos, instalações elétricas e hidráulicas). Os resultados mostram reduções expressivas nas atividades que não agregam valor, mas necessárias, e nos desperdícios, resultando em um aumento mínimo de produtividade de 15%, melhorias na qualidade do produto final, redução nos custos operacionais e maior satisfação dos operários devido à melhor alocação de suas capacidades. Conclui-se que a adoção de práticas *Lean* – embora exija um planejamento e pré-preparo rigoroso da operação, e principalmente, uma mudança de mentalidade dos gestores para uma visão mais industrializada de seus canteiros – promove uma abordagem mais metódica, industrializada e eficiente, contrastando com as práticas tradicionais de planejamento de produção que focam apenas na sequência de atividades que de fato agregam valor.

Palavras-chave: *Lean Construction*; balanceamento de atividades; estudos de tempos e movimentos; diagrama *Yamazumi*; aumento de produtividade.

Abstract

This study investigates the application of Lean tools in civil construction, focusing on multifamily residential projects, aiming to increase efficiency in workers management. Methods such as crew balance chart, Yamazumi diagram, time and motion studies, and Kanban cards, were used to improve processes. The methodology consisted of a comprehensive literature review followed by a detailed analysis of case studies in different contexts and stages of construction, including foundation and infrastructure, superstructure (masonry), and finishes (coatings, electrical, and plumbing installations). The results show significant reductions in non-value-adding activities, auxiliary activities, and waste, resulting in a minimum productivity increase of 15%, improvements in the final product quality, reduction in operational costs, and greater satisfaction of workers due to better allocation of their capacities. It is concluded that the adoption of Lean practices, although requiring rigorous planning and preparation of the operation and, primarily, a change in the mindset of managers towards a more industrialized view of their construction sites, promotes a more methodical, industrialized, and efficient approach, contrasting with traditional production planning practices that focus only on the sequence of value-adding activities.

Keywords: *Lean Construction*; crew balance chart; time and motion studies; Yamazumi diagram; productivity increase.

1 Introdução

A construção civil está presente com o ser humano desde os primórdios, acompanhando o desenvolvimento da espécie e suas formas de interagir com o meio que habita, sempre no modelo de pessoas transformando matéria-prima para criar valor. Ao longo da história, diferentes formas e métodos de construção foram realizados empregando mão-de-obra, matéria-prima, máquina/tecnologias e tempo, em diferentes proporções na representação de cada um no resultado final.

Hoje, as empresas da cadeia da construção civil, estão em um contexto de grandes desafios, conforme indicado por Marko (2024), devido às margens de lucro espremidas pelos preços que os clientes estão dispostos e aptos a pagar e pelos altos custos de operação de toda a sua cadeia produtiva. Com clientes cada vez mais exigentes em termos de preço e qualidade, é mais urgente do que nunca para as empresas olharem com afinco para como são despendidos os recursos internos, materiais, tempo e mão de obra. E a gestão dessa última – reduzindo desperdícios e melhorando a eficiência – é, portanto, fator crucial para ter competitividade no mercado.

1.1 Lean

O método *Lean*, originalmente desenvolvido na indústria automobilística por Taiichi Ohno e sua equipe da Toyota em meados dos anos 70, tem sido amplamente aplicado em diversos setores para otimizar processos e eliminar desperdícios. Na construção civil, a aplicação do *Lean*, através do *Lean Construction* visa reduzir atividades que não agregam valor ao cliente final. No estudo de Kosaka *et al.* (2018), em uma empresa de produtos da cadeia produtiva da construção civil, foi demonstrado como a aplicação da filosofia, métodos, conceitos e ferramentas *Lean* podem levar a reduções significativas em tempos de produção e espera, de estoque entre processos e aumento da eficiência e satisfação dos operários.

Shingo (1996) também apontou como esses métodos permitem equilibrar a capacidade dos operários com a carga de trabalho demandado para o atingir as metas, permitindo aos operários atuarem com eficiência e à linha permanecer livre de gargalos.

1.2 Ferramentas Lean: Estudo de tempos e movimentos

O trabalho de estudar os tempos e movimentos relacionados aos operários durante sua rotina de trabalho passa pelo entendimento de cada ação que é realizada (seja ela produtiva ou não), o objetivo dela, como é realizada, os instrumentos e ferramentas envolvidos, os deslocamentos realizados e, inclusive, os erros e retrabalhos existentes, como aponta o próprio Taiichi Ohno (1997) no primeiro livro referência no tema, “O Sistema Toyota de Produção”. Um exemplo real dessa aplicação é encontrado no estudo de Saggin *et al.* (2017) que demonstra como uma profunda análise nos tempos e movimentos dos operários de uma empresa de construção civil no Brasil, aliado a uma subsequente padronização dos novos processos, levou a resultados expressivos no processo estudado, como a redução dos desperdícios de tempo de espera, estoque parado entre os processos dos diferentes operários, distâncias percorridas, redução da necessidade de retrabalhos e uma melhora na qualidade e segurança do ambiente de trabalho. Este estudo destaca a importância das ferramentas e os resultados que geram no ganho de eficiência dos operários.

1.3 Ferramentas Lean: Diagrama Yamazumi

De origem japonesa como os demais termos oriundos da filosofia *Lean*, *Yamazumi* significa “empilhar” tarefas, no formato de blocos de barras, de acordo com Obara (2012). O autor ainda aponta como a ferramenta auxilia tanto na identificação e eliminação de desperdícios do processo quanto no balanceamento de atividades entre operários, permitindo uma visão de cada atividade que compõe o ciclo de trabalho e categorizando-as de acordo com a agregação de valor gerada para o produto e cliente final.

Segundo o mesmo autor, no diagrama, os blocos de atividades são classificados em cores: as verdes são as atividades que “Agregam Valor”, as amarelas as que “Não Agregam

Valor, mas são necessárias” – muitas vezes necessárias devido ao contexto no qual as atividades são realizadas. E em vermelho, as atividades que seriam “Desperdício”, ou simplesmente que “Não Agregam Valor”, que comumente são o ponto de partida de ações de melhoria, por se tratar de atividades que são desperdícios puros. Pode-se ter ainda, na parte superior do diagrama, uma linha que representa o *Takt Time* do processo, que é o tempo que ele deve respeitar para conseguir entregar o produto final dentro do prazo estabelecido. No presente trabalho não será explorado a fundo esse conceito, portanto, *Takt Time*, é a meta de tempo para a conclusão do processo/atividade.

Pieńkowski (2014) destaca que, quando emparelhados os diagramas de operários que trabalham em conjunto, em um mesmo processo, fica facilitada a identificação visual dos desperdícios, gargalos e ociosidades, possibilitando a projeção de cenários mais eficientes, onde se aproveita melhor a mão de obra.

1.4 Ferramentas *Lean*: Os 7 Desperdícios

Ohno (1997) apresentou os 7 desperdícios da produção, o primeiro e mais impactante deles, por gerar outros desperdícios como sua consequência, a Superprodução, quando é produzido em maior quantidade, com antecipação, ou com maior qualidade que o necessário; a Espera, que pode ser tanto de um material esperando para ser processado, quanto dos operários esperando alguma forma de condição para iniciarem o trabalho; o Transporte de matéria-prima de um local para outro, que por si só não agrega valor ao produto final, mas que tem potencial para gerar perdas, portanto deve sempre ser minimizado com melhorias de Layout; a Movimentação dos operários, seguindo a mesma lógica do Transporte, uma vez que o operário ir de um ponto a outro não aumenta o valor do produto; o Superprocessamento são atividades que mesmo realizadas no produto final não agregam valor a ele, como uma demão extra de pintura quando não necessário; o Estoque em excesso, quando além das necessidades dos processos, se formatados de forma puxada, contínua, sem interrupções e balanceados, incluindo Estoque entre processos; e por fim os desperdícios por Retrabalho, quando o produto não atinge aos padrões de aceite e é necessário retorná-lo para algum ponto anterior na sua sequência produtiva.

1.5 Ferramentas *Lean*: Gráfico de balanceamento de atividades

Estudo como os dos autores Hemalatha e Priyanth (2018) em uma obra residencial multifamiliar ressaltam que, para aumentar a produtividade dos trabalhadores, é necessário dividir o trabalho de forma equilibrada por todos e ter em mente que trabalhos especializados devem ser realizados por trabalhadores especializados, na contramão do pensamento primário de que ao buscar aumentar a produtividade será, obrigatoriamente, aumentada a carga de trabalho gerando sobrecarga aos operários. Eles demonstram como chegar a uma nova divisão do trabalho de forma eficiente e eficaz, através do mapeamento das atividades e da sua representação em gráficos de balanceamento de atividades *Yamazumi*.

1.6 Ferramentas *Lean*: Cartão *Kanban*

De acordo com Shingo (1996), o sistema *Kanban* foi inspirado pelo sistema dos supermercados varejistas, já que eles têm várias características particulares que também são evidentes no sistema *Kanban*, uma delas é que ao invés de utilizar um sistema de reabastecimento estimado, o estabelecimento repõe somente o que foi vendido, reduzindo, dessa forma, os estoques.

O *Kanban*, segundo Narusawa e Shook (2016) é um dispositivo sinalizador que dá autorização e instrução para a produção ou retirada de itens em processos anteriores. “Retirada” significa a movimentação requerida pela operação fluxo abaixo (processos anteriores), ou seja, ao movimentar um cartão *Kanban* os processos anteriores são sinalizados para que reponham o produto “retirado”, ou consumido.

1.7 Objetivos do Estudo

Em resumo, o objetivo principal deste estudo é revisar e analisar ferramentas, métodos e práticas para aumentar a eficiência da gestão da mão de obra aplicada em obras residenciais multifamiliares, focando no balanceamento de atividades entre os operários e na redução dos desperdícios na rotina. Após a apresentação da revisão da literatura sobre o método *Lean* e sua relação com a construção civil, será detalhada a metodologia do estudo. Em seguida, será realizada uma análise de casos de sucessos e boas práticas replicáveis, passando pelas dificuldades existentes na implementação da filosofia *Lean* no dia a dia. Por fim, algumas recomendações serão consolidadas para a implementação eficaz em obras residenciais multifamiliares.

2 Metodologia

A metodologia para a elaboração do estudo foi uma revisão da literatura sobre o tema central do trabalho, ganho de eficiência na mão de obra na construção civil. Diferentes formatos de trabalhos foram coletados (artigos, teses, textos on-line, periódicos) a fim de gerar robustez nas análises e conclusões, uma vez que estudos individuais são de extrema valia para o aprofundamento em determinados cenários e conhecimentos, porém não permitem a consolidação e síntese dos conhecimentos.

Siddaway *et al.* (2018) apontam como nos dias atuais, trabalhos de revisão da literatura são ainda mais valiosos, pois, permitem a consolidação e síntese dos conhecimentos gerados pelos inúmeros trabalhos individuais que são publicados com velocidade e em quantidade cada vez maiores, através da difusão da Internet. Baumeister e Leary (1997) ressaltam também o benefício dos estudos de revisão bibliográfica por facilitarem o entendimento sobre possíveis falhas e necessidades de aprofundamento do tema, visto que une diferentes, e complementares, experimentos e opiniões de especialistas.

2.1 Critérios de Inclusão e Exclusão

De acordo com Dijkers (2009), uma revisão de literatura científica é por si só um método de pesquisa, onde os dados de estudo são os resultados de vários estudos, que direta ou indiretamente, tratam sobre o mesmo objeto de estudo, independentemente de cada estudo ter sido realizado seguindo diferentes metodologias, em diferentes países, em diferentes tempos e publicados em diferentes linguagens. Por isso, o autor resalta a importância de ter uma vasta coleção de estudos como base para a revisão da literatura, evitando vieses pré-determinados na interpretação e conclusão. No entanto, é irrealista esperar uma compilação extensiva de todos os estudos relevantes sobre um mesmo tema, já que os recursos e tempo necessários para tal seriam enormes e inviabilizariam a conclusão do estudo Levay *et al.* (2015).

Os trabalhos incluídos neste estudo foram selecionados a partir dos seguintes critérios:

Quadro 1: Inclusão e Exclusão de estudos

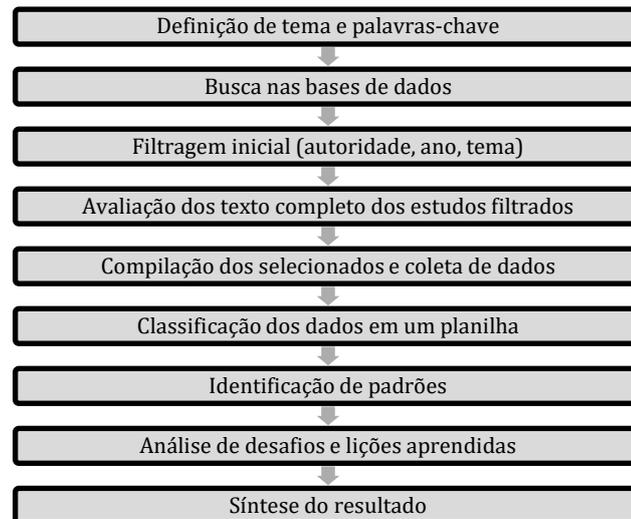
Critério	Inclusão	Exclusão
Tipo de publicação	Publicações revisadas por pares e Estudos de caso	Artigos de opinião; Relatórios técnicos e outros
Ano da publicação	2013-2024	Publicações anteriores a 2013
Relevância do tema	<i>Lean Construction</i> ; Balanceamento de atividades; Tempos e movimentos; Eficiência na mão de obra	Outros temas não relacionados

Fonte: O autor.

2.3 Estratégia de busca e análise dos dados

Para uma elaboração consistente de estudos de revisão da literatura, Fernández e Guillén (2021) apresentam fatores cruciais no desenvolvimento de trabalhos deste cunho, como a utilização de mais de uma fonte acadêmica para pesquisa; buscar extensivamente sobre o tema, particionando em questões menores que o componham; considerar também a utilização de sinônimos para os termos pesquisados. Em seguida, categorizar os trabalhos de acordo com a sua inclusão ou exclusão no cerne do estudo em questão e, por fim, inspecionar os resultados finais dos estudos escolhidos, bem como suas conclusões, para o entendimento da sinergia com o presente estudo.

Figura 1: Metodologia de pesquisa



Fonte: Elaborado pelo autor.

As fontes de pesquisa incluíram o Google *Scholar*, repositório de sites de instituições internacionais como o *Lean Construction Institute (LCI)*, *Lean Construction Institute United Kingdom (LCI - UK)* e o *Institute for Lean Construction Excellence (ILCE – Índia)*, além de sites de organizações brasileiras referência que trabalham diretamente com o tema, como *Deloitte* e *Climb Consulting Group*. As palavras-chave utilizadas foram “*lean construction*”, “*balanceamento de atividades*”, “*redução de desperdícios*”, “*eficiência da mão de obra*”, “*estudos de tempos e movimentos*”, “*construção civil*” e “*canteiro de obra*”. As pesquisas foram realizadas combinando essas palavras-chave em inglês e português, com limite de data de publicação de 2013 a 2024. Os estudos compilados foram lidos e seus dados inseridos em uma planilha para análise, identificando quais atendem ao tema e contêm as palavra-chave

destacadas. Foram totalizados 33 trabalhos, sendo 7 publicações em plataformas digitais especializadas, 2 livros, 1 trecho de revista periódica, 1 tese de mestrado e 22 artigos científicos publicados e disponibilizados em sua íntegra na Internet.

Os experimentos e resultados foram analisados sob a ótica de semelhanças procedimentais, desafios e limitações relatados durante os trabalhos. Foram então destacadas as boas práticas e lições aprendidas, também os desafios e resultados gerados.

3 Análise e Síntese dos Resultados

A aplicação de conceitos e práticas do *Lean* na construção civil tem se mostrado eficaz em diversos estudos para melhorar a eficiência e produtividade das obras. Este trabalho visa analisar a utilização do balanceamento de atividades em diferentes etapas de uma construção multifamiliar e os ganhos obtidos com essas práticas. Serão abordados três momentos cruciais durante a construção de qualquer empreendimento, chamaremos esses momentos de etapas, são elas: Fundação & Infraestrutura, Superestrutura (Alvenaria) e Acabamentos (revestimentos, instalações elétricas e hidráulicas).

A primeira etapa é caracterizada por agregar valor através da utilização de maquinários (operário “toma conta” do maquinário durante essa agregação, o que não agrega valor), também há constantes necessidades de pré-preparo de materiais e abastecimento das máquinas. Já a segunda etapa é caracterizada por agregar valor diretamente pela aplicação da mão de obra no produto, além de não demandar tantas atividades de pré-preparo. Quanto à última etapa, também é predominante a agregação de valor através do emprego de mão de obra diretamente no produto; porém, em diferenciação à segunda etapa, é comum necessitar de um pré-preparo mais complexo e duradouro dos subprodutos (kit de instalações, azulejos e cerâmicas dimensionados...) que serão aplicados ao produto final (empreendimento), apresentando recorrentes atividades que não agregam valor, mas são necessárias.

3.1 Etapa de Fundação & Infraestrutura

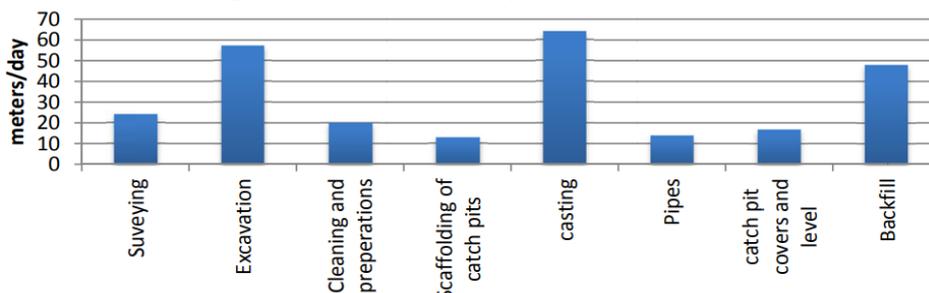
3.1.1 Divisão de Tarefas Inicial e Dificuldades Existentes:

O processo de fundação descrito por Mariz *et al.* (2013) envolvia, no estado atual, um total de 11 máquinas: 3 betoneiras, 3 pás-carregadeiras para concreto, 1 pá-carregadeira para agregados e 4 bate-estacas. Todas as máquinas eram alugadas, portanto, qualquer redução de tempo empregado do maquinário representaria uma economia imediata para o projeto. Quanto aos operadores, eram 7 os envolvidos (3 operadores de betoneira, 3 ajudantes e 1 operador de bate-estaca). As tarefas eram distribuídas de forma desigual, levando a frequentes períodos de ociosidade dos operadores enquanto aguardavam a conclusão das atividades manuais necessárias para abastecer as máquinas. Além disso, o layout do trabalho era desorganizado, o que causava desperdício de tempo com deslocamentos desnecessários e retrabalhos frequentes.

Já o projeto de reforma de infraestrutura (tubulação) urbana estudado por Yassine *et al.* (2014) possuía, no cenário atual, 8 etapas (topografia, escavação, limpeza e preparo do terreno, montagem de andaimes para poços de captura, instalação dos tubos, fundição, elevar e fechar a tampa do poço, enchimento) realizadas por 32 operários com previsão de conclusão em 105 dias. Dessas etapas a montagem dos andaimes e a instalação dos tubos eram as com

menor produção absoluta por dia, enquanto escavação, fundição e enchimento eram as mais produtivas (quase 6x mais produtivas que as anteriormente citadas) (ver Figura 2). Foi identificado ainda que a metodologia de planejamento da obra era “*as soon as possible*”, ou seja, “o mais breve possível”, ao invés de retardar o início de alguma atividade para ter um balanceamento melhor delas.

Figura 2: Cenário atual dos processos mapeados



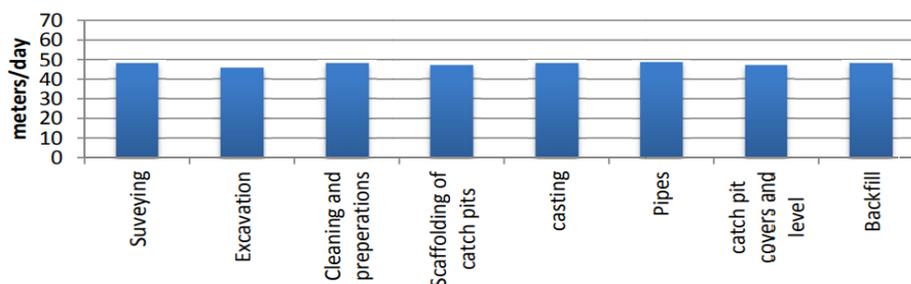
Fonte: Yassine *et al.* (2014).

3.1.2 Proposta de Melhoria e Conceitos Utilizados:

No estudo de Mariz *et al.* (2013), após uma análise profunda dos detalhes das tarefas realizadas, foram identificadas as atividades que agregavam valor e as que não agregavam, sendo necessárias ou não (desperdício). A proposta de melhoria passava pela implementação de uma nova distribuição das atividades entre os operários. Observado os ciclos de trabalho e destacando o tempo desperdiçado pelos operários ao esperarem suas máquinas trabalharem, foi possível remanejar algumas atividades entre eles. Dentre elas, principalmente as que não agregavam valor, mas eram necessárias (por exemplo, abastecer as máquinas com cimento e agregados).

Para dar suporte ao novo método de trabalho foi redefinido o layout do local de trabalho, organizando as áreas de forma a minimizar os deslocamentos e facilitar o acesso aos materiais e equipamentos. Implementou-se também um sistema de coordenação visual, como sinalização e quadros de controle, para garantir que todos os operadores estivessem cientes do progresso das tarefas e das suas próximas etapas.

Figura 3: Cenário melhorado dos processos mapeados



Fonte: Yassine *et al.* (2014).

Quanto ao estudo de Yassine *et al.* (2014), as ações vieram em um nível macro, não entrando no mérito da agregação de valor das atividades em detalhes que são realizadas, mas sim na capacidade produtiva de cada processo destacado. Com o objetivo de ter-se uma linha de produção mais eficiente e, conseqüentemente, reduzir o tempo total para a sua conclusão.

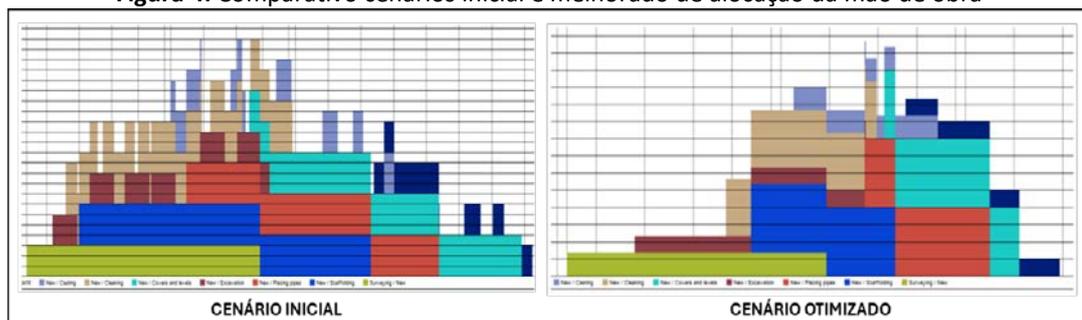
A solução proposta foi uma nova distribuição dos operários entre os processos estudados, a fim de permitir um melhor balanceamento entre eles, proporcionando uma produção contínua e sem grandes esperas entre o final de um processo e o início de outro. A capacidade produtiva dos processos com menor entrega por dia foi quase triplicada, enquanto a dos processos com alta produtividade foi reduzida cerca de 20%, através do remanejamento dos operários entre as equipes.

3.1.3 Ganhos Finais:

Mariz *et al.* (2013) apresentou, após a implementação das melhorias, que seria possível ter o mesmo desempenho com apenas 2 operários (1 na betoneira e 1 no bate-estaca), representando um ganho de 71% na produtividade da mão de obra. Além de 5 máquinas (2 betoneiras, 1 pá-carregadeira, 2 bate-estaca), apesar de que no estudo foi encontrado o fator de 1,05 betoneiras necessárias (foi sugerido pelos autores que poderia ser feito um trabalho de otimização específico na utilização das betoneiras para que não fosse necessário ter 2 exemplares em obra, ou então, manter 2 unidades e ter uma flexibilidade maior na sua utilização), representando uma redução de mais de 50% no custo de maquinário mobilizado.

Já Yassine *et al.* (2014) ressaltou como uma sequência de processos, quando balanceada, ou nivelada, entrega benefícios para todas as áreas da empresa. Como exemplo, gerou uma menor quantidade de contratações e demissões ao longo da obra (conforme comparativo Antes x Depois, ver Figura 4), visto ter um planejamento de necessidade de mão de obra constante com o passar dos meses, sem picos ou vales em momentos pontuais, mas sim com uma constância de demanda de mão de obra. Além disso, foi possível reduzir o tempo de 105 dias para conclusão da obra para 54 dias, aproximadamente 50% de redução no prazo, o que consequentemente impacta na redução de custo da obra, visto a menor duração na mobilização da mão de obra e dos equipamentos, além de possíveis multas por extrapolação ao prazo pré-acordado.

Figura 4: Comparativo cenários inicial e melhorado de alocação da mão de obra



Fonte: Adaptado de Yassine *et al.* (2014).

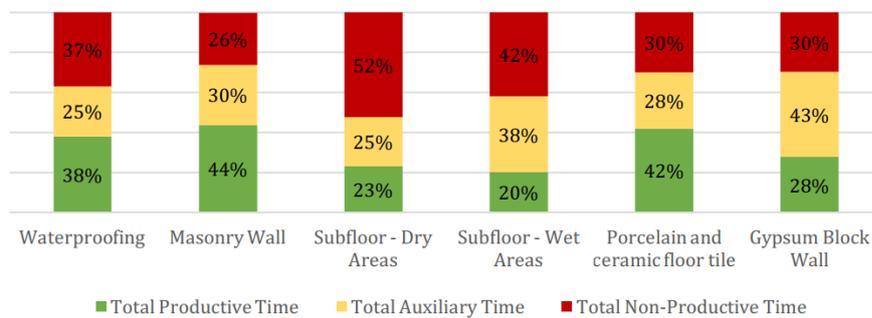
3.2. Etapa de Supraestrutura (Alvenaria)

3.2.1 Divisão de Tarefas Inicial e Dificuldades Existentes:

Na etapa de alvenaria, a maior parte das atividades envolvia trabalho manual intensivo, como a colocação de tijolos e o preparo de argamassa. Estudos como o de Saggin *et al.* (2017) destacam que, frequentemente, a falta de planejamento adequado resultava em sobrecarga de trabalho para alguns operários enquanto outros ficavam ociosos, além de

problemas com a qualidade da argamassa e a precisão da colocação dos tijolos. Neste estudo, foram analisadas em 3 canteiros diferentes as seguintes 6 atividades: Impermeabilização, Parede de alvenaria, Concretagem de piso em áreas secas, Concretagem de piso em áreas molhadas, Piso de porcelanato e cerâmico, Parede de blocos de gesso. As equipes estudadas apresentavam formações diferentes, porém de maneira geral, cada uma era composta por dois profissionais (pedreiro ou carpinteiro) e um ajudante. No estudo analisado não foi aprofundado o mapeamento nas atividades dos ajudantes, focando exclusivamente nos profissionais. Também, foi apontado pelos autores que algumas das atividades analisadas tinham seu tempo de execução restrito por questões técnicas, como a cura do concreto, tornando, portanto, necessário ações específicas de melhoria para cada atividade.

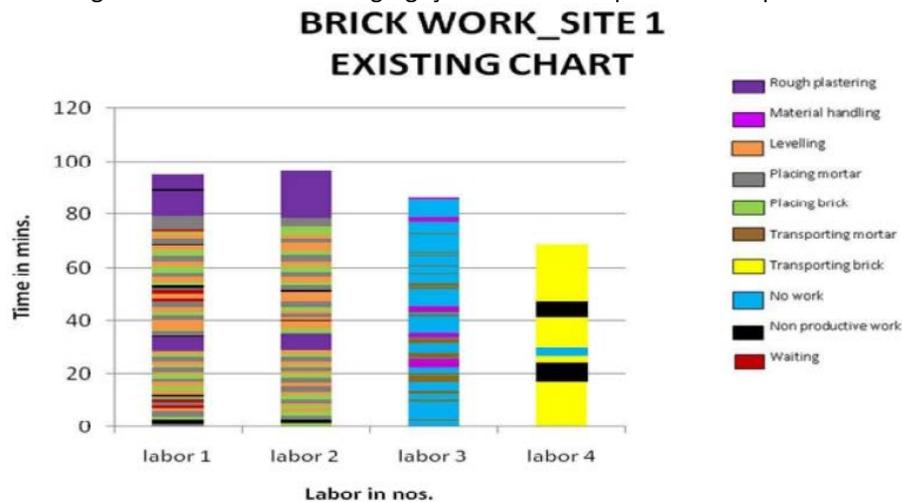
Figura 5: Distribuição do tempo de agregação de valor dos processos mapeados
Time Distribution



Fonte: Saggin *et al.* (2017).

O estudo de Hemalatha e Priyanth (2018) abordou exclusivamente a produção de alvenaria tradicional com tijolo cerâmico. Inicialmente a equipe de alvenaria era composta por 2 pedreiros e 2 ajudantes, sendo um desses pedreiros mais qualificado que o outro, um ajudante exclusivo para transporte de tijolos e o outro para transporte de argamassa e todos os demais itens necessários.

Figura 6: Cenário atual da agregação de valor dos processos mapeados



Fonte: Hemalatha & Priyanth (2018).

Foi identificado ainda que o pedreiro menos qualificado despendia mais tempo em atividades que não agregavam valor, mas eram necessárias, como o alinhamento e nivelamento dos blocos cerâmicos, atividade esta que era pouco expressiva na rotina do pedreiro mais qualificado. Além disso, foi identificado que a idade mais avançada do pedreiro menos qualificado poderia colaborar para sua menor produtividade. Também, foi identificado que não havia elevador cremalheira ou outro equipamento para transporte dos materiais entre os pavimentos, sendo todos materiais transportados manualmente. O gráfico de balanceamento elaborado pelos autores está disposto abaixo.

3.2.2 Proposta de Melhoria e Conceitos Utilizados:

A proposta de melhoria apresentada por Saggin *et al.* (2017) envolveu a implementação de estudos de tempos e movimentos para identificar e eliminar atividades não produtivas, e a padronização do trabalho utilizando gráficos de balanceamento de atividades *Yamazumi*. Após o mapeamento e de posse da duração das atividades e sua classificação, quanto à agregação de valor, algumas das melhorias propostas foram, por exemplo, redefinir o trajeto logístico da entrega de argamassa e a utilização de cartões *Kanban* para sua solicitação a cada turno. Já nas atividades relativas aos pisos de porcelanato e cerâmico, foi identificado que muitas das interrupções no trabalho ocorrem devido a espera por argamassa ou à necessidade de “buscar” o material e levar até o posto de trabalho. Portanto, foram analisados os estoques de matéria-prima de cada atividade, identificando se estão obstruindo alguma área de passagem, perturbando a execução normal das atividades e se estão disponíveis no volume correto e local adequado para as necessidades das.

Na atividade de impermeabilização foi proposta a criação de uma caixa de ferramenta para o operário carregar consigo todas as ferramentas necessárias para a conclusão da atividade em sua plenitude, reduzindo deslocamentos. Além disso, foi proposta a criação de dois modelos de banco para melhorar a postura do operário em algumas das atividades, consequentemente, aumentando sua produtividade. Já a melhoria proposta nas atividades relativas às paredes de bloco de gesso foi a substituição do equipamento utilizado (serra simples por serra circular).

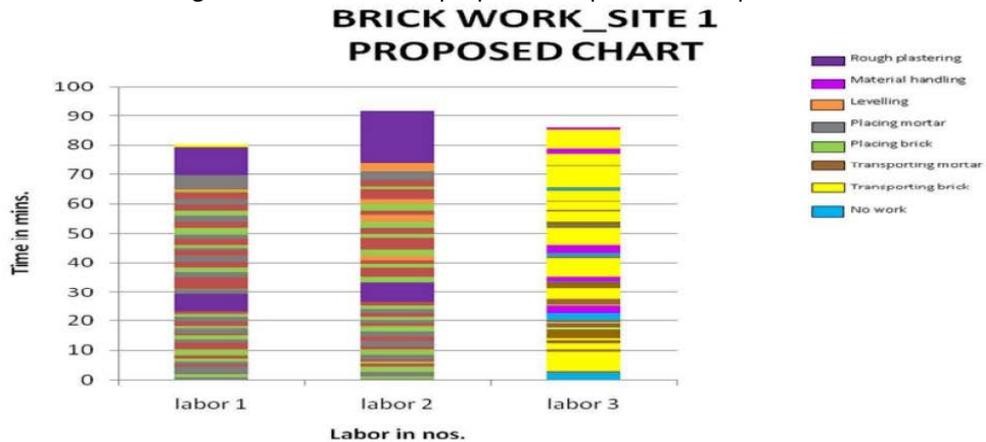
Quanto as atividades de concretagem de piso (área seca e molhada) e parede de alvenaria, foi observado pelos autores que houve, em um primeiro momento, uma piora na produtividade, visto a dificuldade na utilização eficaz dos cartões *Kanban* na solicitação de argamassa, resultado em frequentes e longos tempos de espera. Então, foi realizado um novo treinamento com os operários sobre *Kanban*, também foi redefinido o trajeto da distribuição de argamassa no canteiro e replanejada a utilização do elevador cremalheira para a entrega do material nos pavimentos desejados.

Por fim, todas as atividades, após aprimoradas, foram incluídas em cartões de rotina para auxiliar as próprias equipes a saberem suas atividades diárias e ritmos de produção que devem atender, alinhando com as solicitações de argamassa por cartões *Kanban*.

No caso das melhorias propostas pelos autores Hemalatha e Priyanth (2018), houve a eliminação dos tempos inicialmente classificados ociosos, esperas e não produtivos. Também foi sugerido que, caso necessário, poderia haver a troca do pedreiro menos qualificado por um mais novo e mais qualificado. Quanto aos ajudantes, foi proposta a necessidade de apenas um deles, que seria responsável pelo transporte e manuseio de todos os materiais (argamassa, tijolos etc.). E para dar suporte a ele, deve ser planejado no dia anterior, e se possível

executado, todas as movimentações de materiais. Ainda quanto ao planejamento no dia anterior, foi recomendado o pré-planejamento, por parte do gestor da obra, de todas as atividades que serão realizadas no dia seguinte, planejando a alocação de mão de obra e materiais que serão necessários. Além disso, foi proposto a utilização de elevador cremalheira para agilizar a movimentação vertical dos materiais.

Figura 7: Cenário futuro proposto dos processos mapeados

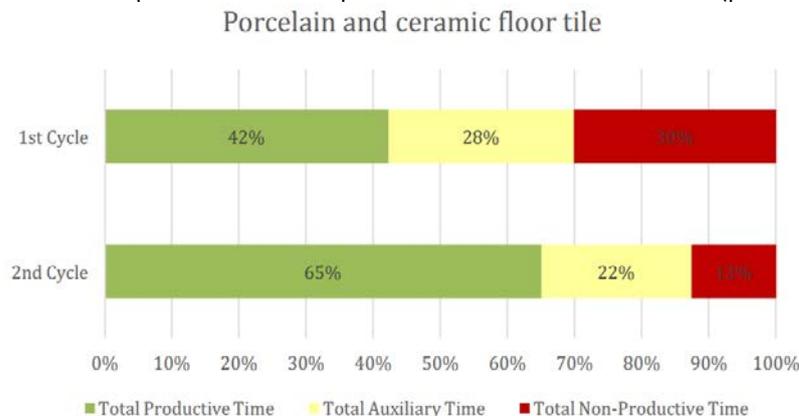


Fonte: Hemalatha e Priyanth (2018).

3.2.3 Ganhos Finais:

Após as melhorias, a produtividade dos operários aumentou significativamente. A aplicação das ferramentas de análise resultou em uma redução dos principais desperdícios segundo a ótica do *Lean*, como deslocamento, retrabalho, estoques e desperdício de material (refugo). Nas atividades de piso de porcelanato e cerâmico houve a redução do tempo que não agrega valor, mas é necessário, de 30% para 13%, enquanto o tempo de agregação de valor aumentou de 42 para 65%. Já nas atividades de parede de alvenaria e concretagem de piso (área seca e molhada) houve um ganho de 25% de produtividade e uma redução em 10% do tempo que não agregava valor (principalmente através das esperas de argamassa). Além de 25% de redução do tempo desperdiçado nas atividades de parede de bloco de gesso e 15% de aumento na produtividade dela.

Figura 8: Ganho de produtividade nos processos de acabamento de obra (pavimentação)



Fonte: Saggin et al. (2017).

Em conclusão, houve um aumento de 15 a 20% de produtividade em todas as atividades, como explicado por Saggin *et al.* (2017), que a criação de uma sequência de trabalho bem definida, utilizando os cartões Kanban e de rotina, reduz a variabilidade no trabalho e a mão de obra ociosa.

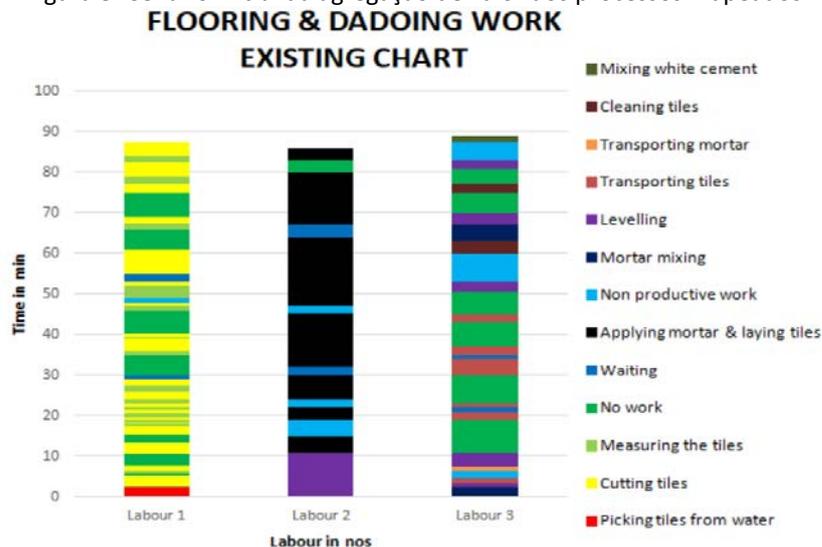
No segundo estudo, dos autores Hemalatha e Priyanth (2018), houve um ganho de cerca de 30% de produtividade na mão de obra, através de uma nova divisão de tarefas e o planejamento das atividades e disponibilização dos materiais necessários com antecedência ao dia da execução.

3.3 Etapa de Acabamentos (revestimentos, instalações elétricas e hidráulicas)

3.3.1 Divisão de Tarefas Inicial e Dificuldades Existentes:

Na etapa de acabamento e instalações, os autores Kumar e Farid (2021) apresentaram como as tarefas eram frequentemente interrompidas devido à falta de materiais ou ferramentas e problemas de coordenação das tarefas, gerando inúmeros momentos não produtivo dos funcionários. O processo estudado pelos autores era de instalação de pisos cerâmicos e a distribuição inicial de tarefas entre os 3 operários era de tal forma que apenas o operário 2 era especializado (pedreiro) e tinha muitos momentos na sua rotina de trabalho não produtivo e de espera pelos materiais que eram preparados pelos outros dois operários (ajudantes). O operário 1 ficava prioritariamente com tarefas de transporte, medição e corte dos pisos, já o operário 3 ficava com as atividades de transporte de pisos e argamassa, limpeza dos pisos e nivelamento da superfície para aplicação deles.

Figura 8: Cenário inicial da agregação de valor dos processos mapeados



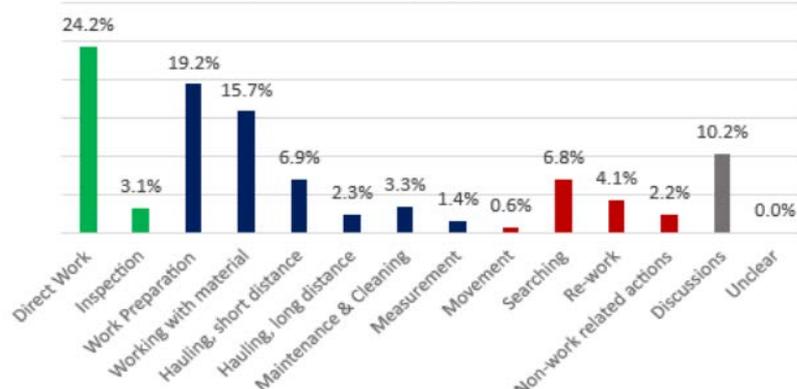
Fonte: Kumar e Farid (2021).

Quanto às atividades de instalações, no estudo de Görsch *et al.* (2022), foram acompanhadas atividades relativas a tarefas de encanamento, instalação de tubos de cobre para água fria e quente. Nesse processo, foram acompanhadas 14 tarefas diferentes, todas executadas por um mesmo operário, que foram posteriormente classificadas em 1) Agrega valor, 2) Não agrega valor, mas é necessário e 3) Desperdícios. Ficando da seguinte forma: Trabalho Direto (inclui dobrar, cortar, furar, aparafusar, nivelar e soldar) – Agrega valor; Inspeção – Agrega valor; Preparação do trabalho – Não agrega valor, mas é necessário; Pré-

preparo/Manuseio do material - Não agrega valor, mas é necessário; Mensuração - Não agrega valor, mas é necessário; Manutenção e Limpeza - Não agrega valor, mas é necessário; Transporte de material por menos de 30m - Não agrega valor, mas é necessário; Transporte de material por mais de 30m - Não agrega valor, mas é necessário; Procura - Desperdício; Deslocamento – Desperdício; Retrabalho – Desperdício; Discussões – Desperdício; Ociosidade – Desperdício; Outros não identificados – Desperdício. Após o acompanhamento e classificação das atividades realizadas foi gerado o gráfico abaixo.

Resumindo os resultados levantados, houve 27,3% do tempo classificado como “Agregação de Valor”, 48,8% como “Não agrega valor, mas é necessário” e 10,2% como “Desperdício”. Os autores Görsch *et al.* (2022) também identificaram um padrão de comportamento de realizar no posto de trabalho muitas atividades que não agregam valor, mas são necessárias como Preparação do Trabalho (19,2%) e Pré-preparo/Manuseio do material (15,7%), evidenciando que há a necessidade de expressivas preparações de materiais e equipamentos antes de realizar as atividades que agregam valor.

Figura 9: Cenário inicial da proporção quanto a agregação de valor entre os processos mapeados

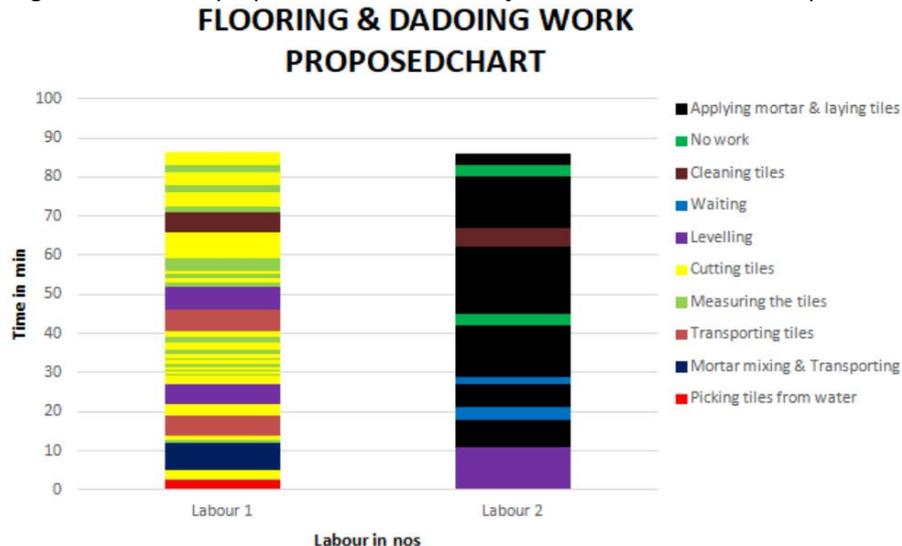


Fonte: Görsch et al. (2022).

3.3.2 Proposta de Melhoria e Conceitos Utilizados:

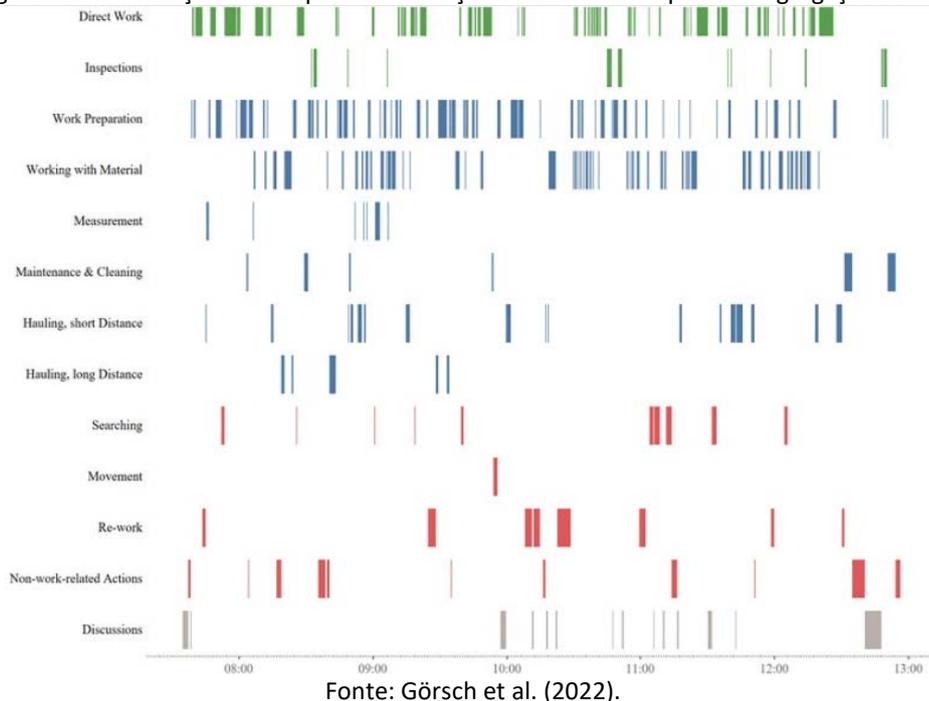
A melhoria proposta incluiu a aplicação de análises quantitativas de fluxo de trabalho para identificar e mitigar interrupções, conforme descrito por Kumar e Farid (2021). Esta técnica envolve a coleta e análise de dados sobre o fluxo de trabalho para identificar pontos de interrupção e desperdícios. Os autores utilizaram ferramentas como o diagrama de *Yamazumi* para visualizar a agregação de valor gerada por cada operário, identificando desperdícios e atividades que não agregavam valor, mas eram necessárias. Então, removeram tarefas classificadas como não produtivas, tempos de espera e tempos de ociosidade para então redividir as atividades do operário 3 entre os operários 1 e 2, mantendo as atividades de agregação de valor concentradas no operário 2 que é o mais especializado.

Figura 10: Cenário proposto da nova distribuição de atividades entre os operários



Com o mapeamento das atividades do operário de instalações hidráulicas realizado por Görsch *et al.* (2022) foi analisada a sequência com que as atividades eram realizadas ao longo do dia, gerando o gráfico abaixo.

Figura 11: Distribuição no tempo e classificação das atividades quanto a agregação de valor



Através dela, os autores Görsch *et al.* (2022) puderam identificar que os maiores causadores de interrupções não planejadas no Trabalho direto (Agregação de Valor) eram justamente as atividades que “Não agregavam valor, mas eram necessárias” (Preparação do Material interrompeu 27 vezes e Pré-preparo/Manuseio de Material interrompeu 23 vezes. “Essas atividades de apoio eram gerenciadas pelo próprio trabalhador e os componentes

críticos tinham de ser personalizados no local, causando interrupções frequentes no fluxo de trabalho” (GORSCH *ET AL.*, 2022). Dessa forma, foi apontado que seria possível aumentar a produtividade do operário, através da divisão de suas atividades com um ajudante, deixando para este as atividades de preparação, permitindo ao instalador (profissional especializado) ocupar seu tempo com atividades de agregação de valor direta. Além disso, também seria necessária uma reorganização dos locais onde são estocados materiais e equipamentos ao longo do canteiro, para permitir menor deslocamento de todos os operários.

3.3.3 Ganhos Finais:

Com a nova distribuição e organização das tarefas proposta pelos autores Kumar e Farid (2021), foi possível ter ganhos de produtividade próximos a 33%, permitindo uma redução no custo da etapa e mantendo o atendimento ao prazo acordado. Ainda, foi apontado que para dar sustentabilidade ao novo método de trabalho, se faz necessário, pela gerência da obra, que organize com pelo menos um dia de antecedência os materiais e mão de obra que serão necessários, disponibilizando-os (os materiais) nos postos necessários antes do operário iniciar suas tarefas.

Após a conclusão do estudo e a proposição das melhorias, era esperado uma redução significativa nas interrupções de trabalho e na necessidade de retrabalhos, de acordo com Görsch *et al.* (2022). Relataram também que era esperado uma melhoria na eficiência do fluxo de trabalho e uma maior qualidade no trabalho final. A análise mostrou que a especialização do operário permite aumento na produtividade e o balanceamento de suas atividades com as de seu futuro ajudante permite um fluxo de trabalho mais contínuo e eficiente, resultando em uma conclusão mais rápida das instalações e uma redução das falhas.

4 Considerações Finais

Este estudo destacou a eficácia das ferramentas *Lean* quando aplicadas em canteiros de obra da construção civil, particularmente nas obras residenciais multifamiliares. Através de métodos como o balanceamento de atividades, diagrama *Yamazumi*, estudos de tempos e movimentos e sistema de cartões *Kanban*, foi possível observar melhorias significativas em termos de prazo, custo e qualidade, mesmo em diferentes contextos sociais, geográficos, empresariais e de serviço.

Essas ferramentas e metodologias proporcionam uma visão mais abrangente dos processos, indo além das metodologias tradicionais, considerando todas as atividades, incluindo as de suporte e preparação, como partes cruciais para a eficiência total da produção. Ao focar na agregação de valor em todas as etapas, permitem uma melhor alocação do tempo, habilidade e capacidade dos operários e máquinas, otimizando não apenas os recursos da empresa, mas também aumentando a satisfação dos trabalhadores. Como evidenciado pelos estudos, todos os casos tiveram ganhos substanciais de mais de 15% em produtividade. O principal benefício foi a redução na rotina dos operários das atividades que não agregam valor, mas são necessárias, e das atividades classificadas como desperdício, aumentando a produtividade, melhorando a qualidade do produto final, a segurança e, por fim, a rentabilidade do empreendimento para a companhia.

Sobre as etapas de obra, na Fundação e Infraestrutura, observou-se uma redução expressiva no uso de maquinário e mão de obra, através de uma melhoria na coordenação

das atividades, reduzindo os tempos de espera dos funcionários enquanto as máquinas operam. Na etapa de Supraestrutura (Alvenaria), a padronização dos processos e o planejamento e preparação antecipados resultaram em uma distribuição mais equilibrada das tarefas, reduzindo tempos ociosos e aumentando a produtividade. Já na etapa de Acabamentos, o ajuste nas atividades de preparação e a reorganização dos postos de materiais (estoque em processo) no canteiro permitiram uma execução mais fluida das tarefas, reduzindo as interrupções e aumentando a eficiência.

Para o sucesso dessas implementações, é impreterível um planejamento rigoroso e uma preparação antecipada cuidadosa da produção por parte dos gestores de obra. A implementação bem-sucedida dessas técnicas exige que as atividades sejam planejadas com antecedência, garantindo que os materiais e recursos estejam disponíveis no momento necessário. Sem esse planejamento de pré-produção, os benefícios das práticas *Lean* podem ser significativamente limitados.

A visão tradicional de canteiros de obra como uma sequência de trabalhos artesanais precisa ser substituída por uma abordagem mais industrializada, onde o trabalho é altamente padronizado e cíclico. Esse ajuste gradual na perspectiva permitirá a adoção mais ampla e eficaz das práticas *Lean*. Embora cada ferramenta possa ser implementada de forma isolada, gerando resultados expressivos, a mudança de mentalidade dos gestores de obra representa o principal desafio na escalabilidade da aplicação de ferramentas e métodos *Lean* no dia a dia dos canteiros de obra.

Como sugestão para trabalhos futuros, aprofundar nos tipos de atividades realizadas e em suas classificações padrão (transporte, espera, conferência, operação...) pode ajudar a modelar uma distribuição de atividades e formação de equipes próxima do ideal e facilmente replicável. Além disso, estudos longitudinais que acompanhem a implementação das práticas *Lean* ao longo do tempo podem avaliar os impactos de longo prazo na produtividade, qualidade e satisfação dos operários. Por fim, uma análise comparativa entre diferentes ferramentas e métodos *Lean*, explorando quais combinações de técnicas oferecem os melhores resultados em determinados cenários, e a integração de tecnologias emergentes como construção digital e BIM (*Building Information Modeling*, ou Modelagem da Informação da Construção) nas rotinas otimizadas pela ótica *Lean*, também podem fornecer insights valiosos para a melhoria contínua dos processos na construção civil.

Para encerrar, a citação de Abraham Lincoln ilustra bem a essência das práticas *Lean*: "Se eu tivesse oito horas para derrubar uma árvore, passaria as primeiras seis afiando o machado." Assim, ao "afiar o machado" dos processos e rotinas, podemos garantir que cada esforço seja eficaz e produtivo, resultando em uma construção mais eficiente e de alta qualidade.

Referências

BAUMEISTER, Roy F.; LEARY, Mark R. **Writing Narrative Literature Reviews**. Review of General Psychology, v. 1, n. 3, p. 311–320, 1997. DOI: <https://doi.org/10.1037/1089-2680.1.3.311>.

DIJKERS, Marcel P. **The Value of "Traditional" Reviews in the Era of Systematic Reviewing**. American Journal of Physical Medicine & Rehabilitation, v. 88, n. 5, p. 423–430, 2009. DOI: [10.1097/PHM.0b013e31819c59c6](https://doi.org/10.1097/PHM.0b013e31819c59c6).

FERNÁNDEZ, Yolvi O.; GUILLÉN, Doris F. **The bibliographical review as a research methodology**. Revista Tempos e Espaços em Educação, v. 14, n. 33, p. e15614, 2021. DOI: <https://doi.org/10.20952/revtee.v14i33.15614>.

GÖRSCH, Christopher *et al.* **Uncovering and Visualizing Work Process Interruptions through Quantitative Workflow Analysis**. Lean Construction Journal, p. 171-183, 2022. DOI: <https://doi.org/10.60164/c5e1b7g1a>.

HEMALATHA, R.; PRIYANTH, G. **Studies on improvement of labor productivity in construction sites using lean technique**. International Journal of Application or Innovation in Engineering & Management (IJAEM), v. 7, n. 4, p. 76-81, 2018.

KOSAKA, Gilberto *et al.* **Implementing Standardized Work at ThyssenKrupp in Brazil**. Lean Institute Brasil. 2018.

KUMAR, Bharath B.; FARID, Sheik A. **Study on Improvement of Labor Productivity Using Crew Balance Chart**. International Journal of All Research Education and Scientific Methods (IJARESM), v. 9, n. 6, p. 3499-3504, 2021.

LEVAY, Paul *et al.* **Identifying evidence for public health guidance: a comparison of citation searching with Web of Science and Google Scholar**. Research Synthesis Methods, v. 7, n. 1, p. 34–45, 2015. DOI: <https://doi.org/10.1002/jrsm.1158>.

MARIZ, Renato N.; PICCHI, Flávio A.; GRANJA, Ariovaldo D. **Application of Standardized Work in Franki Piles Concrete Work**. Production System Design. Lean Construction Intitute UK. 2013.

MARKO, Rafael. **Construção registra piora das condições financeiras**. Sindicato da Indústria da Construção Civil (SINDUSCON SP), São Paulo, 23 de abr. 2024. Disponível em: <<https://sindusconsp.com.br/construcao-registra-piora-das-condicoes-financeiras/>>. Acesso em: 21 de ago. de 2024.

NARUSAWA, Toshiko; SHOOK, John. **Kaizen Express: fundamentos para a sua jornada lean**. 3. ed. São Paulo, Sp: Lean Institute Brasil, 2016. 151 p. Prefácio original Jim Womack; Prefácio edição brasileira João Bayma; Tradução BTS Traduções; revisores técnicos José Roberto Ferro e Telma Rodriguez.

OBARA, S.; WILBURN, D. **Toyota by Toyota: Reflections from the inside leaders on the techniques that revolutionized the industry**. Boca Raton, Fl: Crc Press, 2012.

OHNO, Taiichi. **O Sistema Toyota de Produção: além da produção de larga escala**. Porto Alegre, Editora Bookman, 1997.

PIEŃKOWSKI, Maciej. **Waste measurement techniques for Lean companies**. International Journal of Lean Thinking (IJLT), v.5, n. 1, 2014.

SAGGIN *et al.* **Standardized Work: Practical Examples in a Brazilian Construction Company**. Annual Conference of the International Group for Lean Construction, 2017. DOI: <https://doi.org/10.24928/2017/0128>.

SHINGO, Shigeo. **Sistema Toyota de produção: do ponto de vista da engenharia de produção**. Porto Alegre, Editora Bookman, 1996.

SIDDAWAY, Andy P.; WOOD, Alex M.; HEDGES, Larry V. **How to Do a Systematic review: a Best Practice Guide for Conducting and Reporting Narrative reviews, meta-analyses, and meta-syntheses.** Annual Review of Psychology, v. 70, n. 1, p. 747–770, 2018. DOI: <https://doi.org/10.1146/annurev-psych-010418-102803>.

YASSINE *et al.* **Implementing Takt-Time Planning in construction to improve workflow.** Annual Conference of the International Group for Lean Construction, v. 22, p. 787-798, 2014. DOI: [10.13140/RG.2.1.4721.8726](https://doi.org/10.13140/RG.2.1.4721.8726).



Gestão & Gerenciamento

VIABILIDADE TÉCNICO-FINANCEIRA DE PROJETOS DA CONSTRUÇÃO CIVIL

TECHNICAL-FINANCIAL FEASIBILITY OF CIVIL CONSTRUCTION PROJECTS

Edson de Souza Resende

Bacharel em Arquitetura e Urbanismo; Pós-graduando em Planejamento, Gestão e Controle de Obras Civas, Rio de Janeiro, RJ, Brasil

edsonresende23@gmail.com

Gabriel Paulo De M. Sousa

Bacharel em Engenharia Civil; Especialista em Planejamento, Gestão e Controle de Obras Civas, Rio de Janeiro, RJ, Brasil

gabrielpmsousa@gmail.com

Resumo

O artigo visa apresentar teoria e prática aplicadas que compõem o processo necessário para a confecção de um estudo técnico de viabilidade técnico-financeira. Inicialmente são apresentadas definições sobre o que vem a ser empresa e projeto, ambos os significados aplicados no sentido amplo dos termos. Além disso, existem os principais componentes de um projeto, quanto a sua classificação, natureza, dependências e suas fontes de financiamento - próprias ou provenientes de terceiros. Em paralelo, há os riscos intrínsecos ao processo, cuja natureza pode ser ambiental, cataclísmica, creditícia, econômica e operacional. Quanto à gerência de projetos, existe a metodologia Ambiental, Social e Governança que oferece a gestores ferramentas importantes na administração de projetos quanto a questões ambientais. Aliado ao método ASG, existem outros que auxiliam na análise de projetos, quais sejam, convencionais, otimização de programação mista, tomada de decisão multicritério, entre outras. De modo semelhante, há a confecção de viabilidade técnico-financeira no âmbito da administração pública, cujo processo se desdobra em diversas etapas, de modo a elaborar um estudo correto sob o ponto de vista de princípios constitucionais. Por fim, há a experiência trazida de um estudo de caso em que uma empresa de grande porte da construção civil deseja executar projeto multifamiliar, cujo processo se desdobra em uma série de etapas teóricas e práticas.

Palavras-chave: Viabilidade Técnico-Financeira; Projeto; Metodologia Ambiental, Social e Governança; Custo.

Abstract

The article aims to present applied theory and practice that make up the process necessary to carry out a technical-financial feasibility study. Initially, definitions of what constitutes a company and a project are presented, both meanings applied in the broad sense of the terms. Furthermore, there are the main components of a project, in terms of its classification, nature, dependencies and its sources of financing - own or from third parties. In parallel, there are risks intrinsic to the process, whose nature can be environmental, cataclysmic, credit, economic and operational. Regarding project management, there is the Environmental, Social and Governance methodology that offers managers important tools in project management regarding environmental issues. Allied to the ASG method, there are others that assist in project analysis, such as conventional, mixed programming optimization, multi-criteria decision making, among others. In a similar way, there is the creation of technical-financial feasibility within the scope of public administration, the process of which unfolds in several stages, in order to prepare a correct study from the point of view of constitutional principles. Finally, there is the experience brought from a case study in which a large construction company wishes to execute a multifamily project, the process of which unfolds into a series of theoretical and practical steps.

Keywords: *Technical-Financial Feasibility; Project; Environmental, Social and Governance Methodology; Cost.*

1 Introdução

1.1 Apresentação do tema

Na indústria da construção civil, o tema custo é primordial para que se entenda um projeto como viável ou não sob o ponto de vista financeiro, socioeconômico e técnico. Para se obter um custo, o estudo de viabilidade técnica-financeira se apresenta com uma ferramenta eficiente no levantamento de variáveis existentes em um projeto independentemente de sua natureza. Apesar disso, desvios de planejamento são passíveis de

acontecer, quando um estudo de viabilidade é desenvolvido de modo insuficiente ou com pouco profundidade analítica.

O objetivo deste trabalho é apresentar teoria e prática presentes e como eles se relacionam com a realidade material tanto na administração pública, como a iniciativa privado, trazendo inclusive um estudo de caso que ajuda a demonstrar a aplicação da teoria acadêmicas - métodos gerencial, qualitativo e quantitativo. Além disso, o ele tem a pretensão de se justificar ao tentar demonstrar, através da literatura especializada e do que é praticado no dia a dia, teoria e prática na construção de estudo de viabilidade técnico-financeiro, tendo como referência o paradigma brasileiro sobre o tema, visando refletir sobre os processos de levantamento de custos aplicados à construção civil. E, por fim, foram utilizadas metodologia de análise teórica de bibliografias sobre projetos, estudo de viabilidade técnico-financeira, sítios eletrônicos sobre o tema e como este se relaciona âmbito da administração pública.

2 Fundamentação teórica

2.1 Organização

Antes de qualquer explicação teórica acerca de projetos, precisamos entender o que vem a ser uma empresa: Organização pode ser traduzida como um empreendimento socioeconômico, cujo objetivo é oferecer produtos e serviços a um público consumidor, alinhando capital, mão de obra e terra, além do conhecimento técnico-científico, objetivando auferir lucro a seus financiadores (DUARTE JÚNIOR, 2024). Como exemplo, imaginemos uma família que deseje adquirir uma habitação que se encontra em construção por uma empresa da construção civil. A partir da vontade da aquisição, a família contrai um financiamento imobiliário através de uma instituição bancária. Após a liberação do empréstimo habitacional e a construção do produto, os moradores precisarão de eletrodomésticos, móveis, entre outros, cuja fabricação se dará pela indústria moveleira e de tecnologia. Para que todo o processo seja iniciado e finalizado, desde o desejo da família, passando pela entrega das chaves do imóvel até a instalação e transporte de móveis e máquinas, foram necessários insumos e conhecimento técnico para a concretização do ciclo habitacional, desde a fabricação da habitação e de móveis, além da disposição do financiamento.

2.2 Projeto

Projeto é um de processo de alocação de recursos financeiros e humanos, de modo a atingir objetivos de capital podendo bens e serviços, traçados previamente pelos seus idealizadores. Entretanto, para que a empreitada se realize, torna-se necessário um processo decisório que perpassa algumas etapas:

- a) *Brainstorm*: Etapa através da qual os idealizadores se reúnem para pensarem sobre o projeto a ser escolhido, considerando suas qualidades. Em muitos casos, há pessoas mais experientes que outras, características estas que podem suscitar discussões importantes na tomada de decisão.
- b) Coleta de dados: Após a rodada de ideias acerca do tipo de projeto a ser desenvolvido pelo grupo, esta etapa visa o aprimoramento de informações debatidas, no sentido de quantificar cientificamente os dados levantados, de modo a refiná-los.

- c) Escolha e Programa a ser desenvolvido: Com a escolha do projeto e dados necessários levantados, dá-se início à comparação de tais informações com os custos e benefícios envolvidos no projeto. Aliado a isso, acontece a comparação de alternativas em função do desembolso previsto, bem como limitações de recursos que, porventura, venham a acontecer no decorrer do processo estrutural, quais sejam, questões ambientais, entre outros.
- d) Desenvolvimento e Acompanhamento: Fase na qual soluções técnicas são empregadas, ao passo que intercorrências e possíveis desvios de finalidade possam ser mapeadas, analisadas e solucionadas. Dessa forma, é possível desenvolver ferramentas e procedimentos para este fim.

2.3 Classificação de um projeto

Os projetos podem assumir diversos caracteres a depender do ramo de atividade a qual podem ser empregados. Abaixo são apresentadas três classificações:

- a) Quanto à natureza:

De início, há os projetos inovadores, vinculados ao lançamento de bens, serviços e investimentos em novas áreas, possuem alto grau de risco devido a incertezas do mercado consumidor, ainda que possam ensejar em alto retorno de benefício. Para que o sucesso do negócio ocorra, é necessária maior atenção por parte dos idealizadores quando da implantação de projetos. Além disso, existem os projetos de substituição que referem-se a troca de máquinas e bens que utilizados na produção da mercadoria da empresa, objetivando modernizar os processos produtivos e controlar a organização, tendo tais projetos representando um risco menor àqueles de propósito inovador. Indo adiante, tem-se os projetos de expansão que visam o aumento do alcance operacional da empresa sem que haja aumento de quantidade e categoria de mercadorias. Apesar disso, são projetos com baixo grau de risco se comparados aos Inovadores. E, por último, há projetos impositivos que são aqueles que precisam ser implantados por diversos motivos como ambientais, trabalhistas, de segurança, entre outros. Além disso, eles podem representar custos elevados para sua implantação.

- b) Quanto à dependência

Existem os categorizados como independentes que possuem autonomia em relação outros projetos para serem executados. Por outro lado, há os dependentes que, como o próprio nome sugere, dependem da execução prévia de outros projetos. Como exemplo, tem-se o projeto de instalações elétricas que precisam que a alvenaria de uma construção esteja já executada ((DUARTE JÚNIOR, 2024)

- c) Quanto ao financiamento:

Quanto ao financiamento, tem-se os de modo interno que são projetos financiados com recursos próprios da Organização. Ademais, há aqueles de financiamento externo, cujo capital advém de terceiros, pelo menos em parte do montante. Como exemplo, tem-se instituições bancárias que oferecem linha de financiamento habitacional tanto a pessoa física (o adquirente de imóvel), quanto a pessoa jurídica (grandes empresas da construção civil), cujo desembolso financia a execução da obra. Ademais, o financiamento externo possui duas características quanto à fonte de recursos. Adiante tem-se os de aporte direto genérico, isto é, captação direta de recursos financeiros pela empresa junto ao mercado de capitais, cuja

alocação é decidida por diretores e responsáveis da organização. Uma característica desta forma de crédito é que os financiadores têm acesso aos balanços financeiros da empresa, especialmente aos fluxos de caixa. Por sua vez, a organização poderá decidir a melhor forma de alocar tais recursos, podendo até usá-los para financiar outros projetos. Além disso, existe a categoria chamada de *Project Finance* ou subsídio direto a projeto específico sem que haja ligação a outros projetos da organização. Diferente do antecessor, nesta modalidade seus financiadores têm acesso somente aos fluxos de caixa do projeto em questão. Ademais, pode-se fazer comparações entre as duas formas de financiamento. Quanto à estrutura jurídica, o *project finance* requer que uma personalidade jurídica seja criada. Em relação aos ativos e fluxos de caixa, o capital investido é distinto de outros projetos, fazendo com que os investidores tenham mais transparência no controle e dispêndio. Outro ponto importante e de vantagem do *project finance* é que a governança se torna mais ágil, bem como a tomada de decisão devido a um grau burocrático menor se comparado a projeto tradicional.

2.4 Riscos De Um Projeto

Em todo projeto, existe a possibilidade de ocorrência de eventos não esperados, gerando problemas de naturezas diversas, quais sejam, financeiros, ambientais, administrativos, de tempo, entre outros. Assim são apresentados alguns dos riscos que podem existir no início, no decorrer e após a execução de projeto.

- a) Riscos ambientais: Tais desvios podem ocorrer por diversos motivos. Dentre os quais, pode-se citar promulgação de novas leis, situação que impacta em novas aprovações de projetos, ocasionando assim em atraso no cronograma e aumento nos custos do empreendimento. Aliado a isso, a metodologia Ambiental, Social e Governança - ASG -, ou do inglês Environmental, Social e Governance – ESG -, é desenvolvida mundo a fora, objetivando que tomadores de decisões tenham mais conhecimento sobre o assunto.
- b) Riscos cataclísmicos: Terremotos, pandemias, desabamentos etc., que podem acontecer no decorrer de um projeto. Esta situação provoca atraso no cronograma de obras, impactando diretamente nos balancetes financeiros, mesmo que, com tais fenômenos, a organização possa ser indenizada pelo seguro.
- c) Riscos creditícios: Possíveis perdas decorrentes do não pagamento por parte dos compradores de bens materiais ou serviços oriundos do projeto, impactando negativamente o fluxo de caixa.
- d) Risco econômico: Quando o capital investido, seja por meio de bens ou serviços, não se realiza, impactando diretamente no fluxo de caixa da organização, bem como fornecedores externos.
- e) Riscos Operacionais de administração: Riscos passíveis de ocorrência quando a estrutura interna administrativa se mostra incapaz de gerir as diversas ações, bem como dirimir eventuais desvios que podem ocorrer ao longo do projeto.
- f) Risco operacional de engenharia: Quando no momento da implementação do projeto a tecnologia implantada se demonstrar ineficaz ou até mesmo obsoleta, ocasionando assim custos adicionais com a aquisição de novos *softwares*.

- g) Risco operacional de finalização: Quando um projeto não tem executada a sua finalização devida. Com isso, custos por depreciação do investimento, técnico e de administração se sobrepõem ao projeto.
- h) Risco operacional de suprimentos: Ocorre quando os insumos do projeto se tornam escassos, sejam por conta de logística ou por aumento de preço no mercado. Um bom exemplo é o aço que, muito utilizado na construção civil, pode impactar fortemente no orçamento previsto.

2.5 Metodologia Ambiental, Social e Governança - ASG

A metodologia Ambiental, Social e Governança, doravante denominado metodologia ASG, é um método que tem como objetivo oferecer aos gestores ferramentas que considerem não somente aspectos econômico-financeiros, mas também aspectos ambientais na tomada de decisões, pois particularidades socioambientais se apresentam em mesmo grau de importância que os relativos à capital financeiro. Além disso, a metodologia ASG objetiva gestão transparente e profissional dos responsáveis pelos projetos. O desenvolvimento do método se deu a partir de diversas conferências climáticas ao redor do mundo, como a Rio-92, evento sediado na cidade do Rio de Janeiro em 1992. Além disso, o evento pode ser considerado como um marco para o aprimoramento do método, pois a partir dele governantes passaram a se preocupar com a urgência climática e social a que o planeta já estava inserido à época e que são geradas por grandes projetos pelo mundo. Após o encontro, diversos protocolos ambientais foram instituídos, além da criação de legislações e normas ambientais mais rígidas. Como exemplo, tem-se o Protocolo de Quioto, assinado em 1997, e mais recentemente o Acordo de Paris, de 2015, em que foram debatidas possibilidade de diminuição da poluição gerada pelas diversas naturezas de indústrias. Entretanto não se pode perder a referência de que os países mais poluentes são os do chamado norte global, cujas empresas, para fugir de leis ambientais e trabalhistas de seus países sede, estabelecem-se em nações com pouca ou nenhuma proteção trabalhista, exploraram riquezas naturais desses, inclusive fazendo *lobby* em favor de legislação de livre mercados, de modo a garantir fluxos de capitais constantes provenientes do extrativismo, deixando somente uma pequena parte dessa produção aos países explorados.

Além disso, outro fator que incentivou a adoção da metodologia ASG foi o fato de que consultorias mundialmente conhecidas desenvolveram classificação *ESG Risk*, cujo objetivo é avaliar riscos ambientais aos quais empresas estariam sujeitas. Por exemplo, consultoria *Sustainalytics Morningstar* oferece classificação ambiental de forma pública, de modo a auxiliar bancos, Organizações Não Governamentais, investidores etc., na avaliação de empresas em função do risco ambiental que potencialmente estão submetidas (DUARTE JÚNIOR, 2024).

Ademais, de forma mediata, está a reputação das empresas perante a sociedade. Quando acontece um grande desastre, como o que ocorreu em Brumadinho em 2019, a empresa responsável, a Vale, viu sua reputação diminuir nacional e internacionalmente, fazendo com que seu valor de mercado caísse 71 bilhões de reais (RIBEIRO, 2019).

Diante disso, as empresas buscam medidas para lidarem com suas imagens diante o público. Elas fazem a gestão de riscos reputacionais através de campanhas propositivas, educativa em meio à comunidade diretamente afetada pelo funcionamento da empresa, podendo até mesmo antecipar possíveis ingerências ambientais.

2.6 Análise de projetos

O Investimento empregado em um projeto é limitado, geralmente, fazendo com que a escolha pela natureza de projetos futuros seja cautelosa independentemente da fatia de mercado em que a organização atue. Segundo Duarte Júnior (2024), analisar um projeto pressupõe interrelacionar ideias e métricas que irão auxiliar na tomada de decisão, cujas experiências registradas previamente são comparadas e auferidas a partir de critérios comparativos, a fim de escolher o programa que melhor se encaixe ao objetivo vislumbrado pela organização. A seguir são apresentados alguns princípios que apoiam a análise de projetos:

- a) Convencionais: Neste método, estão presentes valor presente líquido (VPL) - estima se o projeto é lucrativo ou não, considerando os custos envolvidos -, Taxa interna de retorno – estima os custos de capital -, relação custo-benefício (RCB) - a relação entre o capital investido e benefícios que possam existir -, período de repagamento - métrica através da qual se é possível saber o período necessário para o retorno do investimento a partir do primeiro desembolso executado - e retorno total – momento em que o capital excedente de lucro retorna, em parte, como reinvestimento.
- b) Otimização de programação mista: Consiste na imposição de limitações orçamentárias a projetos, podendo estas serem limitadas no tempo, além de interdependência de projeto quanto à sequência de execução, isto é, para se dar início a um programa, é necessário que um anterior esteja finalizado.
- c) Tomada de decisão multicriterial: Método no qual diversos são as variáveis levadas em conta como critérios quantitativos (taxa de retorno do investimento, impactos positivos no mercado de trabalho) e qualitativos que tende a dialogar com os impactos socioculturais gerados pela iniciativa.

Com as ferramentas descritas acima, quando da escolha do projeto a ser seguido, os gestores da organização têm a sua disposição diferentes métricas comparativas, sejam do ponto de vista quantitativo e qualitativo, que considerem os impactos socioeconômicos de suas ações, que irão lhes auxiliar na melhor tomada de decisão.

3 Elaboração de viabilidade técnica no âmbito da administração pública

Tal qual produzido no âmbito da iniciativa privada, em instituições pública, sejam elas da administração direta e indireta, o estudo de viabilidade técnica, doravante representado pela sigla EVT, é estruturado a partir de um rito técnico-financeiro que compreende questões de ordens diversas da estrutura estatal. Em linhas gerais, pode-se considerar EVT que:

é aquela que fará análises e avaliações do ponto de vista técnico, legal e econômico e que promove a seleção e recomendação de alternativas para a concepção dos projetos. Permite verificar se o programa, terreno, legislação, custos e investimentos são executáveis e compatíveis com os objetivos do órgão (BONATTO, 2010. p. 1982).

Além disso, o serviço público precisa seguir legislação que versem sobre licitação, com finalidade de se atender aos princípios da legalidade, impessoalidade, moralidade, publicidade e da eficiência, tendo assim isonomia nas relações para com o particular. Diante disso, tomemos como exemplo Caderno 01 – Estudo de Viabilidade -, desenvolvido pelo Governo do

Estado do Paraná, em que são apresentadas etapas relativas à construção de um EVT. (MAZINI SOLER, Alonso. SIEGE, 2024.

3.1 Disparo e Recebimento da Demanda

Inicialmente, determinada demanda é enviada por um ente municipal, organização não-governamental etc, solicitando a construção de alguma obra ou serviço a ser desempenhado. Recebido o pedido, este é encaminhado à diretoria técnica responsável que dará seu parecer favorável ou não à aprovação do EVT. Em caso de pertinência, isto é, o órgão responsável pela julgando a demanda necessária e dentro da norma e lei estabelecidos, o Estudo é iniciado formalmente ao passo que o prazo de resposta do órgão responsável é estabelecido. Ainda nessa fase de análise de estudo, é mandatório que haja estimativa de custos, possíveis impactos ambientais, prazos necessários para elaboração e execução do projeto, além de proveniência de recursos materiais, financeiros e humanos.

3.2 Análise de Aspectos Técnicos, Ambientais, Socioeconômicos e Sustentáveis e Legais

- a) Aspectos técnicos e Ambientais: Avaliação de possibilidade técnica de implantação da obra civil ou projeto em local determinado. Nesta etapa perpassam a escolha do terreno, sempre levando em consideração menores custos possíveis quanto à terraplanagem, possíveis extensões de água, esgoto, energia, vias a serem projetadas, existência ou não de fornecedores de materiais de construção. Por outro lado, em caso de impossibilidade técnica, após análise preliminar, a equipe técnica precisa avaliar alternativas à implantação do projeto. Em ambos os casos, os aspectos ambientais precisam ser considerados, de modo que o projeto atenda a legislação em vigor.
- b) Aspectos Socioeconômicos: Nesta etapa, são avaliados os possíveis impactos positivos e negativos que possam ser gerados à comunidade quando da execução do projeto. Em muitos casos, modificações em um local podem trazer consequências negativas no dia a dia das pessoas como uma nova avenida implantada, cujas características podem gerar engarrafamentos, poluição ou até mesmo gentrificação - processo socioeconômico através do qual áreas de uma cidade passam por alta valorização imobiliária, provocando o aumento dos custos de vida e forçando a saída de antigos moradores da região por não conseguirem arcar com os novos custos de vida estabelecidos. (CAMPOS, Mateus, 2024.)
- c) Aspectos de Sustentabilidade: Esta fase versa sobre normas gerais de licitação e contratação constantes na Lei 14133/2021, garantindo a aplicação dos princípios constitucionais em atos administrativos, inclusive nas transações feitas com o particular, como compra, alienação, locação, entre outros.
- d) Aspectos Legais: Para a aprovação e licenciamento do projeto, é necessário que este atenda a premissas da legislação urbanísticas, do código de obra do ente público, da licença ambiental, além de normas técnicas implementados pela Associação Brasileira de Normas Técnicas - ABNT.

3.3 Visita ao terreno

Após os estudos preliminares executados, acontece a visita ao terreno para levantamento de suas condicionantes físicas, de seu entorno imediato. Além disso, deve-se avaliar a topografia do terreno, se há necessidade de contenções nos limites, de estudos geotécnicos e hidrológicos - para averiguar o lençol freático -, entre outros em caso de se

julgar necessário. Se todos os aspectos levantados durante a visita estiverem consonantes com aqueles estudados previamente, o projeto segue para a etapa de análise de documentos do terreno.

3.4 Documentação do Terreno

Após visita ao terreno para levantamento das questões técnicas gerais, dá-se início ao estudo de toda documentação pertinente ao terreno, em que o setor jurídico do órgão interessado pela obra emite um parecer. Além disso, deve-se verificar a propriedade do terreno que deve constar em nome do Estado do Paraná. Caso contrário, isto é, a propriedade do terreno conste em nome de terceiro, é necessário regularizar tal situação.

3.5 Vistoria do Terreno

A vistoria visa o levantamento de questões para além da primeira visita ao terreno. Nesta etapa, cuja visita é feita por engenheiros e/ou arquitetos, há um *Check list* com os itens a serem analisados:

Figura 1 - Check list - Caderno_01_estudo_de_viabilidade

- a. Natureza e finalidade da edificação;
- b. Órgão interessado no empreendimento público;
- c. Autor da indicação do terreno;
- d. Endereço;
- e. Condições de escoamento das águas pluviais;
- f. Possibilidade de alagamento;
- g. Ocorrência de poeiras, ruídos, fumaças, emissões de gases, etc;
- h. Ocorrência de passagem pelo terreno de:
 - i. Fios de alta tensão;
 - ii. Adutoras
 - iii. Emissários;
 - ix. Córregos;
 - v. Existência de árvores, muros, benfeitorias a conservar ou demolir

Fonte: SECID, 2012

3.6 Existência de Serviços Públicos

Bem como o item anterior, nesta etapa são levantadas as condicionantes urbanas do terreno:

Figura 2 - Check list: Existência de Serviços Públicos - Caderno_01 – Estudo de Viabilidade

- i. Ruas de acesso, indicando a principal e a mais conveniente;
- ii. A pavimentação, seu estado e natureza;
- iii. Guias e passeios, seu estado e natureza, inclusive obediência ao padrão municipal;
- iv. Arborização e espécies existentes ou exigidas;
- v. Rede de água: informação sobre a rua de entrada, regularidade de abastecimento e eventual necessidade de extensão; Se necessária a escavação de poço, verificar a qualidade da água na vizinhança e dimensões prováveis do poço (o caso de abastecimento de água por poço, análise da mesma em laboratório categorizado);
- vi. Rede de esgoto: informar a rua de saída e/ou eventual necessidade de extensão; verificar a necessidade e condições de implantação de fossa séptica e sumidouro: é necessária a utilização de fossa séptica, filtro anaeróbico e sumidouro;
- vii. Rede de eletricidade (tensão de distribuição, rua de acesso de eventual necessidade de extensão ou rebaixamento de tensão);
- viii. Rede de gás;
- ix. Rede telefônica (indicando a rua de acesso e eventual extensão).

Fonte: SECID, 2012

3.7 Guia de Consulta Prévia a Órgãos de Fiscalização e Controle

O órgão empreendedor deverá consultar a prefeitura responsável com o objetivo de obter informações acerca da lei de zoneamento, limitações urbanísticas como gabarito e coeficiente máximos permitidos, recuos, entre outros. Ademais, é imprescindível se atentar a questões ambientais que possam limitar a construção como faixa *non aedificandi*, Faixa Marginal de Proteção e contrapartidas ambientais em caso de supressão vegetal. Tais condicionantes são preconizadas na Lei 14.133, de 01 de abril de 2021, bem como na Política Nacional do Meio Ambiente, Lei 6.938, de 31 de agosto de 1981.

3.8 Estimativa de Custos

Após consulta aos órgãos competentes, dá-se início as estimativas de custo que consiste na avaliação prévia do projeto, levando em consideração a base de orçamento histórico se comparado a projetos similares, permitindo assim ao orçamentista uma ideia de custo, ainda que numa fase preliminar. Mas para tal comparação, é importante que se compare condicionantes como prazo de execução, o padrão construtivo, área a ser projetada e número de pavimentos. Com isso é utilizada a métrica do metro quadrado construído na confrontação de dados. A seguir é demonstrado o Custo Unitário Básico - CUB – do Estado do Paraná:

Figura 3 – CUB junho-2024-sem-desoneracao

VALORES EM R\$/m²

PROJETOS - PADRÃO RESIDENCIAIS

PADRÃO BAIXO			PADRÃO NORMAL			PADRÃO ALTO		
R-1	2.290,58	0,27%	R-1	2.848,70	0,43%	R-1	3.502,67	0,71%
PP-4	2.099,98	0,15%	PP-4	2.667,97	0,34%	R-8	2.840,28	0,57%
R-8	1.993,91	0,12%	R-8	2.321,66	0,26%	R-16	2.861,46	0,12%
PIS	1.582,53	0,11%	R-16	2.250,27	0,27%			

PROJETOS - PADRÃO COMERCIAIS CAL (Comercial Andares Livres) e CSL (Comercial Salas e Lojas)

PADRÃO NORMAL			PADRÃO ALTO		
CAL-8	2.627,71	0,05%	CAL-8	2.832,47	0,13%
CSL-8	2.272,30	0,07%	CSL-8	2.538,31	0,14%
CSL-16	3.030,87	0,03%	CSL-16	3.382,51	0,12%

PROJETOS - PADRÃO GALPÃO INDUSTRIAL (GI) E RESIDÊNCIA POPULAR (RP1Q)

RP1Q	2.446,94	0,05%
GI	1.263,80	0,19%

Fonte: SINDUSCON-PR, (2024)

3.9 Planejamento Orçamentário

Nesta etapa é imperativo que se verifique a dotação orçamentária para serviços de engenharia determinada pela Lei orçamentária Anual do Estado, pois a Constituição Federal (CF88), especialmente em seu artigo 167, veda início de qualquer projeto sem que seus custos estejam provisionados na lei. Além disso, dentro do arcabouço fiscal do país, existem outras legislações que versam sobre o assunto, principalmente a Lei de Responsabilidade Fiscal – Lei nº 101/2000. Ainda dentro da legislação, o Decreto Estadual, em seu artigo 6º diz:

Dispõe sobre a Programação Orçamentária - Financeira dos recursos do Tesouro Geral do Estado, Os Órgãos da Administração Direta do Poder Executivo Estadual, as entidades da Administração Indireta, incluindo as Empresas Dependentes, e os Fundos adotarão a prática da projeção anual das despesas por Projetos, Atividades e Operações Especiais, incorporando sempre as despesas realizadas e a realizar, bem como, os produtos e as obras objeto da Lei Orçamentária, ajustadas a cada trimestre às possibilidades de arrecadação, ingressos de recursos ou de liberações possíveis do Tesouro do Estado. (BONATTO, 2010. p. 1982).

3.10 Aprovação do Estudo de Viabilidade

Após toda a análise técnica, documental e orçamentária, o EVT é aprovado pela direção e, ato contínuo, a autoridade superior do mesmo órgão emite um despacho. Tal rito é importante para trâmite, uma vez que somente a partir dele é que se pode iniciar os procedimentos licitatórios.

4 Estudo de caso

O Estudo de caso visa apresentar os desafios na viabilidade técnico-financeiro de uma organização do mercado da construção civil, cujo projeto é a execução de um residencial

multifamiliar, lote de aproximadamente 7500 metros quadrados, na região metropolitana do Rio de Janeiro. Cabe lembrar que o processo a ser descrito é parte de um todo e não se esgota em si, cuja etapa inicial se dá pela prospecção de terreno pelo setor responsável. Evoluindo as tratativas com o vendedor e corretor, os estudos preliminares são disparados, dando sequência de processos até a construção e entrega das unidades a seus respectivos proprietários. Diante de todo processo descrito, será apresentado a forma pela qual os estudos preliminares são desenvolvidos.

4.1 Visita a terreno indicado

A visita ao terreno teve por objetivo, dentre outros, identificar os paradigmas existentes quanto a diversos fatores técnicos. Logo de início, foi identificado que entorno era majoritariamente residencial, ainda que houvesse pequenos comércios ao longo da rua. Sob a perspectiva urbana, foi verificado que algumas obras deveriam ser executadas como reforma do calçamento, pintura complementares, entre outros. Além disso, Já dentro do terreno, havia uma camada de entulho considerável nos primeiros cinquenta metros lineares, bem como grande quantidade de árvores que, visualmente, eram de espécies diferentes. Mais adiante, foi notado que os vizinhos laterais estavam colados ao muro de divisa, tendo alguns desses vizinhos esquadrias voltadas para dentro do lote.

Tais características representaram custos a serem considerados, pois o entulho impactaria no projeto de terraplanagem, os indivíduos arbóreos precisariam ser removidos – fator que mais tarde, gerou contrapartidas ambientais junto ao órgão responsável -, e os vizinhos colados ao muro demandaram custo por grades metálicas. Complementando os dados, um relatório fotográfico foi elaborado demonstrando o interior do lote, bem como o entorno como a ruas e vizinhos.

4.2 Documentações e Consultorias contratadas para viabilidade técnica

De posse das informações acima citadas, documentos complementares precisaram ser solicitados a órgãos competentes. Inicialmente, foram pedidas Declaração de Possibilidade de Abastecimento – DPA – e Declaração de Possibilidade de Esgotamento – DPE, à Concessionária de água e esgoto responsável. Nele são descritas as exigências técnicas colocadas ao empreendedor como execução de extensões de tubulações, instalação de equipamento de tratamento de esgoto – ETE -, entre outros. Outro documento necessário foi uma declaração na qual são atestadas as existências ou não de *Faixa Non Aedificandi* - FNA - e Faixa Marginal de Proteção - FMP. Esta situação se mostrou necessário uma vez que havia um rio próximo ao terreno.

Além disso, deu-se início a algumas consultorias técnicas que auxiliaram na construção da viabilidade. Uma dessas foi contratação de empresa de topografia, cujo objetivo foi o levantamento topográfico do terreno, dos vizinhos e rua em frente. Além desse, foi contratado o levantamento de indivíduo arbóreo, cujo objetivo era catalogar as árvores existentes – espécies, diâmetros e alturas -, inclusive identificando possíveis árvores consideradas raras. Outro serviço contratado foi a consultoria hidrológica, cujo resultado é o estudo de micro e de macrodrenagem. O primeiro aponta a melhor solução para o escoamento de águas pluviais com caimento superficial ou projeção de tubulações enterradas, conduzindo a contribuição hidráulica para o ponto do terreno com níveis topográficos mais baixos. Já o segundo, a macrodrenagem, apontou os tempos de recorrência

de chuvas dos 10 até 200 anos, pois tal estudo se faz necessário frente à exigência da instituição bancária que financiou o projeto.

Outra consultoria foi a de solo, cujo estudo aponto a necessidade de fundação tipo hélice contínua, com profundidades na ordem de 15 metros. Uma quarta consultoria solicitada foi a de estudo de cone aéreo, que tinha por finalidade a consecução de anuência da Aeronáutica quanto à possibilidade de se construir torres de dezoito pavimentos sem que isso prejudicasse o espaço aéreo, especialmente em relação à aviação civil. Outras duas autorizações foram necessárias nesta etapa: A primeira se trata da Carta de Viabilidade da concessionária de gás natural, enquanto a segunda é referente à capacidade de energia elétrica disponível no entorno para suprir o necessário para o empreendimento.

4.3 Elaboração da viabilidade técnico-financeiro do terreno

Após as viabilidades estarem disponíveis, deu-se início à confecção da viabilidade técnico-financeira. De começo, ficou conhecido que na testada do terreno havia tubulação de água para abastecer o local, bem como rede esgoto disponível, tendo tal fato se mostrado favorável aos custos. Outro fator positivo foi a existência de estrutura de energia elétrica e de gás natural próximas ao terreno, especialmente a segunda, fazendo que não fosse preciso projetar grande extensões de redes pela concessionária. Por outro lado, o estudo hidrológico demonstrou que se fazia necessário a substituição da rede de águas pluviais existente por se mostrar incapaz de receber a futura demanda do projeto. Este fato ocasionou em execução de rede de 700 e 800mm de 850 metros de extensão. Além disso, foram levantados custos de terraplanagem, de contenções, de supressão de indivíduo arbóreo, de projetos complementares - hidrossanitários, elétrico -, de fundações, entre outros. Após o levantamento e quantificação de todos os custos, tanto relacionados ao custo da obra, como os ligados ao tecido urbano, o relatório foi enviado ao setor responsável para avaliar a pertinência dos custos em função dos objetivos da companhia. Após aprovação, o projeto seguiu para as novas etapas.

5 Considerações finais

Ao longo do artigo, foram apresentados os componentes estruturantes de um estudo de viabilidade técnico-financeira. Fosse por abordagens teóricas, desenvolvidas por autores consagrados pela academia e pela iniciativa privada, fossem por características práticas aplicadas no dia a dia, um estudo de viabilidade possui marcas advindas de diferentes fontes. Além disso, o estudo em questão é uma ferramenta que possibilita o levantamento qualitativo e quantitativo de custos de um projeto e, ato contínuo, seu desenvolvimento. Dessa forma, torna-se possível prever e até em certo grau antecipar situações ofensoras ao projeto. Diante disso, torna-se importante estudar de forma detalhada e prévia quaisquer programas, não importando o fim a que se destine.

Referências

BONATTO, Hamilton. **Licitações e Contratos de Obras e Serviços de Engenharia**. Belo Horizonte: Fórum. 2010. p. 1982.

BRASIL. **Constituição da República Federativa do Brasil**. 1988. Brasília, DF: Presidente da República, [2016]. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/constituicao/constituicao.htm Acesso em 28 jun. 2024

BRASIL. Lei Nº 101, de 04 de maio de 2000. **Estabelece normas de finanças públicas voltadas para a responsabilidade na gestão fiscal e dá outras providências**. Brasília, DF: Diário Oficial da União, [2000]. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/lcp/lcp101.htm. Acesso em: 20 jun. 2024.

BRASIL. Lei Nº 14133, de 01 de abril de 2021. **Lei de Licitações e Contratos Administrativos**. Brasília, DF: Diário Oficial da União, [2021]. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/ato2019-2022/2021/lei/l14133.htm. Acesso em: 17 set. 2024.

BRASIL. Lei Nº 6938, de 31 de agosto de 1981. **Dispõe sobre a Política Nacional do Meio Ambiente, seus fins e mecanismos de formulação e aplicação, e dá outras providências**. Brasília, DF: Diário Oficial da União, [2021]. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/ato2019-2022/2021/lei/l14133.htm. Acesso em: 17 set. 2024.

CAMPOS, Mateus. Mundo Educação. **O que é gentrificação**. Disponível em: <https://mundoeducacao.uol.com.br/geografia/gentrificacao.htm>. Acesso em: 16 jun. 2024.

DUARTE JÚNIOR, Antônio. **Análise de Investimentos em Projetos: Viabilidade Financeira e Risco**. 2ª Edição. Brasil: Saint Paul Editora, 2024.

MAZINI SOLER, Alonso. SIEGE. **Estudo de viabilidade técnica e financeira de obras públicas**. Disponível em: <https://www.sienge.com.br/blog/estudo-de-viabilidade-tecnica-e-financeira-de-obras-publicas/>. Acesso em: 27 jun. 2024.

RIBEIRO, Mariana. **Vale perde R\$ 71 bilhões em valor de mercado após desastre em Brumadinho**. Poder360. 03 fev. 2019. Economia. Disponível em: <https://www.poder360.com.br/economia/vale-perde-r-71-bilhoes-em-valor-de-mercado-apos-desastre-em-brumadinho/>. Acesso em: 30 jun. 2024.

SECID. Secretaria das cidades. Governo do Paraná. **Cadernos Orientadores, Caderno 01 – Estudo de Viabilidade**. 2012. Disponível em: <https://www.secid.pr.gov.br/Pagina/Cadernos-Orientadores>. Acesso em 01 mai. 2024.

SIEGE. Estudo de viabilidade técnica e financeira de obras públicas. Disponível em: <https://www.sienge.com.br/blog/estudo-de-viabilidade-tecnica-e-financeira-de-obras-publicas/>. Acesso em: 27 jun. 2024.

SINDUSCONPR. **CUB-PR - Tabelas**. Paraná. Disponível em: <https://sindusconpr.com.br/tabelas-cub-pr>. Acesso em: 27 jun. 2024



Gestão & Gerenciamento

APLICAÇÃO DO MÉTODO DE MATURIDADE EM CONSTRUÇÕES DE PAREDES DE CONCRETO PARA HABITAÇÕES DE INTERESSE SOCIAL

*APPLICATION OF THE MATURITY METHOD IN CONSTRUCTION OF
CONCRETE WALLS FOR SOCIAL HOUSING*

Beatriz de Souza Masuda

Engenheira Civil; Pós-graduanda em Planejamento, Gestão e Controle de Obras Civas,
NPPG/POLI – UFRJ; Rio de Janeiro, RJ, Brasil;

bia.masuda@hotmail.com

Rafael Felipe Teixeira Rodrigues

Especialista em Engenharia de Segurança do Trabalho; NPPG/POLI - UFRJ; Rio de Janeiro, RJ,
Brasil;

rafaelftr@poli.ufrj.br

Resumo

Este estudo avalia comparativamente dois métodos de avaliação da resistência do concreto: o tradicional ensaio de compressão e o método baseado na maturidade. O ensaio de compressão, amplamente utilizado, requer amostras curadas por períodos prolongados, impactando cronogramas e custos de construção. Em contraste, o método da maturidade permite monitorar em tempo real a evolução da resistência do concreto através do histórico de temperatura, oferecendo uma alternativa mais eficiente. Um estudo de caso em habitações de interesse social demonstra que a aplicação do método da maturidade permite a desforma em menos de dois dias, otimizando a produtividade e reduzindo custos. No entanto, a eficácia do método é limitada ao período inicial de cura, necessitando do método de compressão para avaliações posteriores. A escolha entre os métodos deve considerar as especificidades de cada projeto, equilibrando rapidez e precisão no controle da resistência do concreto.

Palavras-chave: Resistência do concreto; Método da maturidade; Ensaio de compressão; Construção civil; Habitação social

Abstract

This study provides a comparative analysis of two methods for assessing concrete strength: the traditional compression test and the maturity-based method. The compression test, widely used, requires prolonged curing of samples, affecting construction timelines and costs. In contrast, the maturity method allows real-time monitoring of concrete strength evolution through temperature history, offering a more efficient alternative. A case study in social housing projects demonstrates that applying the maturity method enables formwork removal in less than two days, optimizing productivity and reducing costs. However, the method's effectiveness is limited to the initial curing period, necessitating the compression method for subsequent evaluations. The choice between methods should consider each project's specifics, balancing speed and accuracy in concrete strength monitoring.

Key words: Concrete strength; Maturity method; Compression test; Civil construction; Social housing

1 Introdução

O concreto é o principal material de construção na engenharia civil e necessita de métodos precisos para avaliar sua resistência e durabilidade para garantir a segurança e longevidade das estruturas. Tradicionalmente, o ensaio de resistência à compressão tem sido o padrão ouro para avaliar a resistência do concreto, sendo amplamente reconhecido e utilizado tanto no mercado nacional quanto internacional. Este método é amplamente adotado devido à sua confiabilidade e precisão na determinação da capacidade de carga do concreto. De acordo com a American Concrete Institute (2022), o ensaio de compressão continua a ser a prática padrão na indústria da construção, sendo fundamental para garantir a segurança e a durabilidade das estruturas de concreto. No entanto, os avanços na tecnologia e nas metodologias introduziram abordagens alternativas, entre as quais, o uso combinado de dispositivos tecnológicos com o método baseado na maturidade do concreto vem ganhando destaque. Este artigo procura fornecer uma comparação abrangente entre o método tradicional de resistência à compressão e o método baseado na resistência pela maturidade, esclarecendo seus princípios, procedimentos, vantagens e limitações por meio de um estudo de caso em habitações de interesse social com estrutura em parede de concreto.

O ensaio de resistência à compressão tem sido empregado há muito tempo como procedimento padrão para determinar a resistência do concreto (NBR 7215:2019). Este método consiste em moldar corpos de prova cilíndricos ou cúbicos de concreto, submetê-los a condições de carregamento controladas e medir a força necessária para rompê-los. Embora amplamente aceito e padronizado no Brasil, o teste de resistência à compressão exige técnicas apuradas para realização e pode levar vários dias até que os corpos de prova (CP) estejam aptos ao rompimento, já que depende que as amostras sejam curadas por um período específico antes do teste, o que, em casos específicos, pode causar atrasos no cronograma de avanço físico de serviços. Além disso, há a demanda por local apropriado para que sejam realizadas as moldagens, cura e, em alguns casos, o rompimento dos CPs quando estes acontecem no próprio canteiro de obras, podendo ser também um fator de aumento dos custos do projeto.

Em contraste, a abordagem baseada no cálculo da resistência por meio do método da maturidade, se apresenta como uma alternativa simplificada, em termos logísticos e, teoricamente, mais ágil, na obtenção dos resultados. Este método, que considera a interação entre tempo e temperatura, é essencial para o monitoramento da maturidade do concreto. Ao acompanhar continuamente o histórico de temperatura das amostras durante o processo de cura, engenheiros podem avaliar a maturidade do concreto e estimar sua resistência de forma não destrutiva. De acordo com a American Concrete Institute (2020), o uso de sensores de temperatura e a aplicação do método de maturidade permitem previsões precisas da resistência do concreto, minimizando a necessidade de testes destrutivos e otimizando o controle da qualidade durante a cura.

Este monitoramento em tempo real permite que as equipes de construção tomem decisões sobre remoção de fôrmas, pós-tensionamento (em caso de concreto protendido), içamento de peças pré-moldadas de concreto, entre outras atividades críticas de construção.

O conceito do método de maturidade do concreto baseia-se na relação direta entre a taxa de ganho de resistência do concreto e sua maturidade, que é medida por meio do histórico de temperatura-tempo. À medida que o concreto cura, o processo de hidratação gera calor, elevando a temperatura do concreto. Com isso, é possível monitorar o desenvolvimento da resistência ao registrar a temperatura em intervalos regulares. Segundo o American Concrete Institute (2020), a maturidade do concreto é um parâmetro crucial para avaliar seu progresso na cura e estimar sua resistência sem a necessidade de testes destrutivos.

Embora o teste de resistência à compressão forneça medições diretas e precisas da resistência do concreto, ele requer cura e teste de amostras, o que pode levar de vários dias a semanas. Em contraste, o método baseado na maturidade oferece uma avaliação não destrutiva e em tempo real da resistência do concreto, permitindo a tomada de decisões oportunas e potencialmente acelerando os cronogramas de construção.

Desta forma, o objetivo principal deste artigo é avaliar o impacto do uso método de resistência pela maturidade no contexto de projetos em parede de concreto de habitação de interesse social - unidades residenciais destinadas a atender famílias com baixa renda, visando garantir o acesso à moradia digna e acessível. De acordo com o Ministério das Cidades do Brasil, essas habitações são impulsionadas por programas governamentais que têm como

objetivo a inclusão social e a diminuição do déficit habitacional, o que impacta tanto o processo de desforma quanto o prazo de execução das obras.

2 Paredes de concreto moldadas in loco

De acordo com a ABNT NBR 16055:2012 (Parede de Concreto Moldada no local para a Construção de Edificações - Requisitos e Procedimentos) parede de concreto é um elemento estrutural autoportante, moldado no local, com comprimento maior que dez vezes a sua espessura e capaz de suportar carga no mesmo plano da parede.

Figura 1 – Edificação em parede de concreto



Fonte: Autora, (2021)

Segundo Missureli; Massuda (2009), o método construtivo Parede de Concreto, é um sistema que permite produção em grande escala, garante o controle de qualidade e a redução dos prazos, o que torna o sistema muito atrativo para o mercado da construção.

É recomendado que o sistema seja utilizado em empreendimentos que têm alta repetitividade devido à sua eficiência em termos de tempo e custo e podem ser utilizadas em obras de pequeno, médio e alto padrão, devido a sua grande versatilidade. A definição do uso do sistema, pelo empreendedor, passa por uma criteriosa análise de custos, que leva em consideração vários fatores, como mão-de-obra e custos indiretos. Este sistema pode ser utilizado em edificações de casas térreas, sobrados ou edifícios (PINHO, 2010).

Esse método reduz a necessidade de trabalho manual e improvisações, diminuindo o número de operários e acelerando a produção. A eficiência é garantida pela escala, velocidade e padronização do sistema. Para assegurar qualidade e cumprir prazos, é crucial que o engenheiro acompanhe de perto todas as fases da obra, desde o projeto até a entrega, com

foco especial na montagem e desforma das fôrmas e nas etapas de concretagem (SOUZA; FERNANDES, 2015).

Considerando as características físicas do método de parede de concreto, destacam-se principalmente a espessura padrão das paredes e lajes, que é de 10 cm, e o uso de telas de aço eletrossoldadas com malha quadrada. Este método é amplamente adotado devido à sua eficiência e praticidade, proporcionando uma construção mais rápida. O processo envolve a montagem de um projeto estrutural metálico, apoiado por escoras, que cria um vão a ser preenchido com concreto, resultando em uma solução robusta e ágil para empreendimentos (TECNOSIL, 2017).

A definição da formulação de composição do concreto (traço) é outro aspecto fundamental para o perfeito funcionamento do sistema. Ele deverá atingir resistências mínimas calculadas em projeto específico e ter maleabilidade mínima suficiente para a baixa trabalhabilidade ou até sua ausência, não comprometa a produtividade da equipe ou o preenchimento de todos os espaços da forma, evitando a formação de espaços vazios (popularmente conhecidas como “brocas” ou “bicheiras”) que comprometem o desempenho estrutural do sistema.

Antes do início do lançamento do concreto, deve-se definir o correto posicionamento de passagem, de acordo com o projeto de instalações, de todas as tubulações elétricas e hidráulicas necessárias, deve-se considerar as exigências de manutenção ao longo da vida útil da edificação.

Figura 2 - Concretagem de parede de concreto moldada in loco



Fonte: Votorantim, (2016)

Após a finalização da etapa de concretagem, na maioria das vezes, no dia seguinte as paredes já alcançaram resistência suficiente para se sustentarem sozinhas, de acordo com American Concrete Institute (2022) indica que, em condições normais, o concreto atinge cerca de 70% de sua resistência final em 24 horas, então as fôrmas metálicas são retiradas e toda a estrutura está finalizada. Sendo conferida após a execução do concreto, para identificar

possíveis divergências da fase anterior ou movimentações durante o processo, a fim de garantir que a estrutura esteja pronta para a fase de acabamentos.

Esse método é amplamente adotado por muitas construtoras no âmbito do Programa Minha Casa, Minha Vida (PMCMV), devido à sua eficiência e custo-benefício. Dados da Associação Brasileira de Cimento Portland (ABCP) indicam que, no período de 2014 a 2019, aproximadamente 60% das novas construções habitacionais financiadas pelo PMCMV utilizaram métodos construtivos que incluem paredes de concreto, devido à sua capacidade de acelerar o processo de construção e reduzir custos operacionais tem sido uma grande vantagem, além de suas características bem padronizadas e por manter sempre uma rotina de trabalho, foi possível reduzir o tempo de construção significativamente, de acordo com Padilha (2018) esta redução pode ser de 50% em relação a uma construção convencional, influenciando diretamente na redução de custo no canteiro de obra e na contratação de profissionais.

3 O método do ensaio de compressão

O método construtivo de paredes de concreto, oferece durabilidade, estabilidade e versatilidade em diversos projetos de construção. Parte integrante do processo de construção é a aplicação meticulosa de concreto, um material conhecido por sua resistência à compressão e capacidade de suporte de carga.

A utilização do ensaio de compressão do concreto, de acordo com a NBR 7215:2019, tem papel fundamental na garantia da qualidade e confiabilidade das paredes de concreto. Ao submeter amostras de concreto a cargas compressivas axiais até que ocorra a falha, este teste permite que seja avaliada com precisão a resistência à compressão do material, informando assim decisões cruciais de projeto e construção, contribuindo, em última análise, para a integridade estrutural e segurança das construções de paredes de concreto.

Este método é o mais comum para avaliar fck - resistência característica à compressão do concreto, medida em megapascals (MPa) e obtida a partir de ensaios em corpos de prova após 28 dias de cura. Este parâmetro é fundamental para garantir a capacidade de carga e a segurança das estruturas de concreto - padronizado por Escobar; Andreotti; Fabro (2011), envolve procedimentos meticulosos de moldagem e cura normalmente realizados em laboratório. Embora eficazes para o controle de qualidade, estes testes podem não representar totalmente o concreto tal como existe na estrutura.

Martins; Maia Filho (2015) e Mazepa; Rodrigues (2011) enfatizam a importância desses ensaios como medida de controle tecnológico do concreto fresco. No entanto, a necessidade de avaliar a resistência in-situ do concreto em diferentes idades, considerando as fases de construção, a longevidade estrutural e a necessidade de reforços ou reparações, leva à exploração de métodos alternativos. Como destacam Escobar, Andreotti e Fabro (2011), isso levou ao aumento do estudo de métodos de ensaios destrutivos e não destrutivos, conforme descrito por Castro (2009). Estas técnicas emergentes oferecem o potencial para avaliações

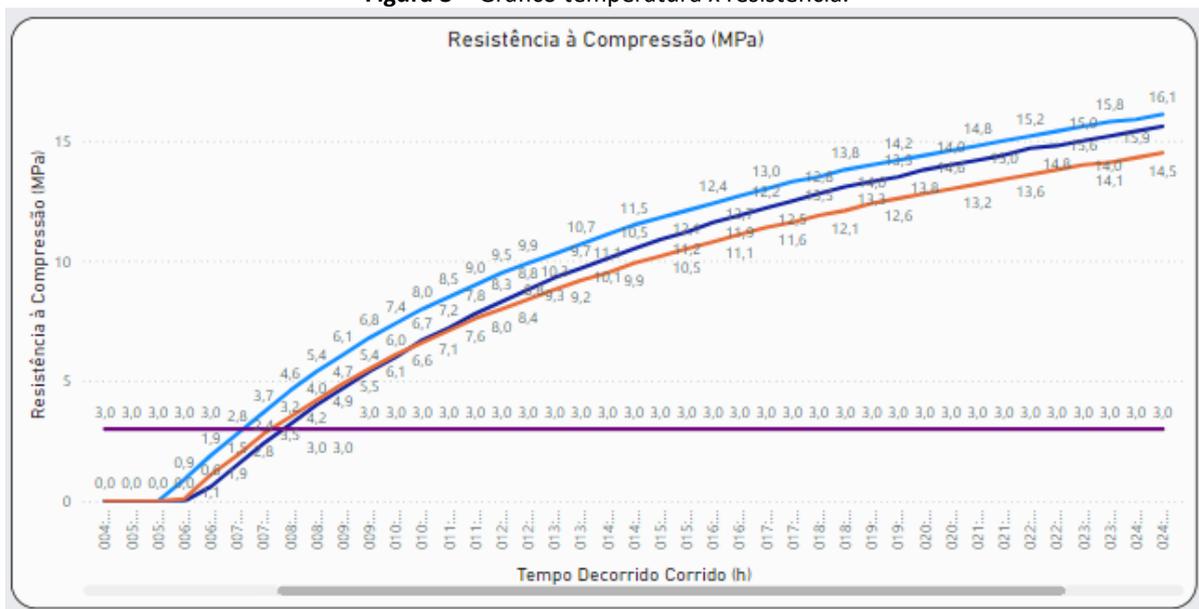
mais precisas e representativas da resistência do concreto, abordando as limitações dos testes tradicionais de corpos de prova.

4 O método da maturidade: características

O conceito de maturidade originou-se de estudos realizados nas décadas de 1940 e 1950 na Inglaterra por McIntosh, Nurse e Saul. Inicialmente focados em prever a resistência do concreto curado a vapor, esses primeiros pesquisadores investigaram os efeitos das flutuações de temperatura no concreto ao longo do tempo. Eles observaram que o concreto com a mesma composição de materiais (traço) e maturidade (determinada por cálculos de temperatura-tempo) exibia resistência semelhante, independentemente da combinação específica de temperatura e tempo utilizada para atingir essa maturidade. Este conceito fundamental de maturidade sugere que a resistência do concreto permanece consistente em um determinado nível de maturidade, independentemente das variações de temperatura e tempo.

Os estudos iniciais sobre a maturidade do concreto enfatizaram uma descoberta significativa quanto à relação entre o ganho de maturidade, o aumento de temperatura e o ganho de resistência. Os pesquisadores observaram que, ao comparar diferentes traços de concreto com o mesmo índice de maturidade, as amostras submetidas a temperaturas mais elevadas durante as fases iniciais não exibiam, de forma consistente, os valores mais elevados de resistência à compressão nas idades subsequentes. Este fenômeno, conhecido como “efeito *crossover*”, evidencia uma relação não linear entre a temperatura e o desenvolvimento da resistência do concreto ao longo do tempo, o que ressalta a complexidade do comportamento do material.

Figura 3 – Gráfico temperatura x resistência.



Fonte: Autora, (2024)

Nesse contexto, a disseminação do método de maturidade no Brasil tem ocorrido de forma progressiva, impulsionada pelo crescente interesse da indústria da construção civil em

adotar tecnologias que promovam a eficiência e a redução de custos. Empresas do setor, especialmente aquelas envolvidas em projetos de grande escala, como infraestrutura e habitação, têm demonstrado uma receptividade crescente ao método. Segundo um relatório da McKinsey e Company (2023), 30% das empresas de construção que operam em grandes projetos de infraestrutura adotaram tecnologias de monitoramento de maturidade para acelerar a construção e garantir a qualidade do concreto, refletindo uma tendência crescente na adoção de métodos avançados. Devido aos benefícios comprovados na otimização dos cronogramas de obra e na melhoria do controle de qualidade.

Além disso, a divulgação de estudos de caso e pesquisas acadêmicas tem desempenhado um papel crucial na aceitação e implementação do método, evidenciando sua aplicabilidade e as vantagens específicas, tais como o monitoramento em tempo real da resistência do concreto e a redução do tempo necessário para a desforma. Organizações e institutos de engenharia também têm contribuído significativamente para a promoção do método, através da organização de seminários, workshops e publicações técnicas, que buscam capacitar os profissionais do setor sobre os princípios e as práticas associadas ao método de maturidade.

Adicionalmente, De acordo com o relatório da Deloitte (2023), o setor de construção está experimentando uma rápida transformação digital, com um crescimento de 20% na adoção de tecnologias digitais e IoT nos últimos três anos. O relatório destaca que 45% das empresas de construção estão implementando tecnologias IoT para monitoramento e otimização de operações. Com essa crescente adoção de tecnologias digitais e de Internet das Coisas na construção civil tem facilitado a implementação do método de maturidade, com o desenvolvimento de plataformas online e dispositivos de monitoramento que permitem o acompanhamento remoto das propriedades do concreto, tornando o método cada vez mais acessível a diversos tipos de obras no Brasil.

4.1 Estudo de caso

Este estudo tem como objetivo avaliar, por meio de um estudo de caso, o desempenho da técnica de maturidade na otimização do processo de desforma das paredes de concreto. Conforme discutido anteriormente, o método da maturidade visa analisar a evolução da temperatura do concreto ao longo do tempo. Esse método baseia-se na reação de hidratação do cimento, a qual gera calor à medida que a resistência do concreto se desenvolve. Em outras palavras, quanto mais avançado for o processo de maturação do concreto, mais completa será a hidratação do cimento, resultando em um material mais resistente.

A primeira fase do estudo consiste na elaboração da curva de calibração. Esta curva é obtida através da simulação do traço de concreto que será aplicado na obra, permitindo assim calcular a resistência adquirida ao longo do tempo em conjunto com o monitoramento da temperatura desse traço específico. Dessa forma, é possível correlacionar a maturidade do concreto com a sua resistência, por meio das curvas de maturidade e de tempo versus resistência.

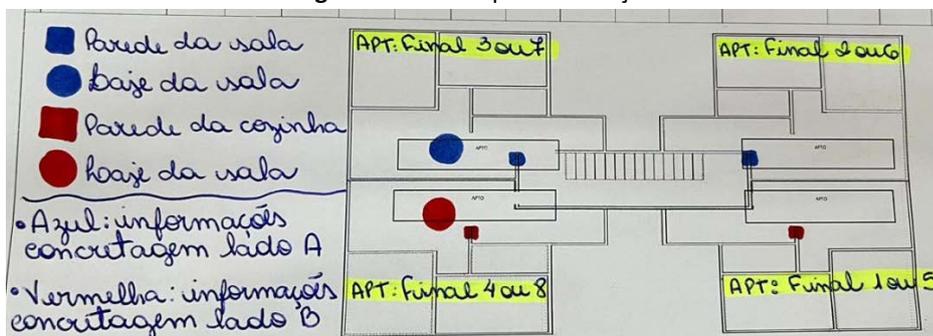
Para a obtenção da curva de calibração, foram coletadas amostras dos insumos utilizados na usina fornecedora do concreto para a obra. O traço de concreto foi preparado em laboratório para a caracterização completa do material. Com a curva de calibração devidamente estabelecida, iniciou-se a segunda etapa do processo, que envolve a instalação dos dispositivos de monitoramento. A empresa estudada desenvolveu internamente uma

solução que permite o monitoramento remoto e em tempo real das propriedades do concreto. Esta solução possibilita o acesso às informações da obra a partir de qualquer lugar do mundo com acesso à internet, visto que o próprio dispositivo de monitoramento possui conectividade e envia os dados diretamente para uma plataforma online, onde as curvas podem ser analisadas.

A instalação do sistema de monitoramento geralmente requer apenas um dispositivo medidor e os cabos de captação de temperatura. No entanto, na obra em questão, o sinal de internet disponível para o dispositivo era insuficiente, o que demandou a adição de equipamentos suplementares para garantir a transmissão dos dados. Esses equipamentos incluíram um telefone móvel com capacidade de roteamento de internet e um carregador portátil para evitar a interrupção do monitoramento em caso de descarregamento da bateria do dispositivo móvel.

Com todos os materiais em obra, procedeu-se à instalação do dispositivo de monitoramento. Inicialmente, realizou-se um estudo para determinar os locais adequados para a instalação dos pontos de monitoramento. Recomenda-se que o ponto de medição seja posicionado no local onde será depositado o último volume de concreto, uma vez que este ponto tende a demorar mais para iniciar o processo de maturação. Contudo, devido a variações na padronização dos caminhões betoneira, optou-se por definir três pontos de monitoramento, comparados a um volume total de 27,5m³ de concreto. Esses pontos foram: uma parede do primeiro apartamento concretado, uma parede do segundo apartamento concretado e um ponto na laje que captasse o último caminhão descarregado.

Figura 4 – Pontos para instalação



Fonte: Autora, (2024)

Após a definição dos pontos de monitoramento, procedeu-se à instalação dos equipamentos. Neste estudo, visando garantir a segurança dos dispositivos, foram utilizadas caixas equipadas com cadeados para o armazenamento dos equipamentos durante a captação dos dados do concreto. Além disso, essas caixas proporcionaram proteção contra intempéries, assegurando que o funcionamento dos dispositivos não fosse comprometido por fatores externos.

Figura 5 – Instalação dos equipamentos de maturidade



Fonte: Autora, (2024)

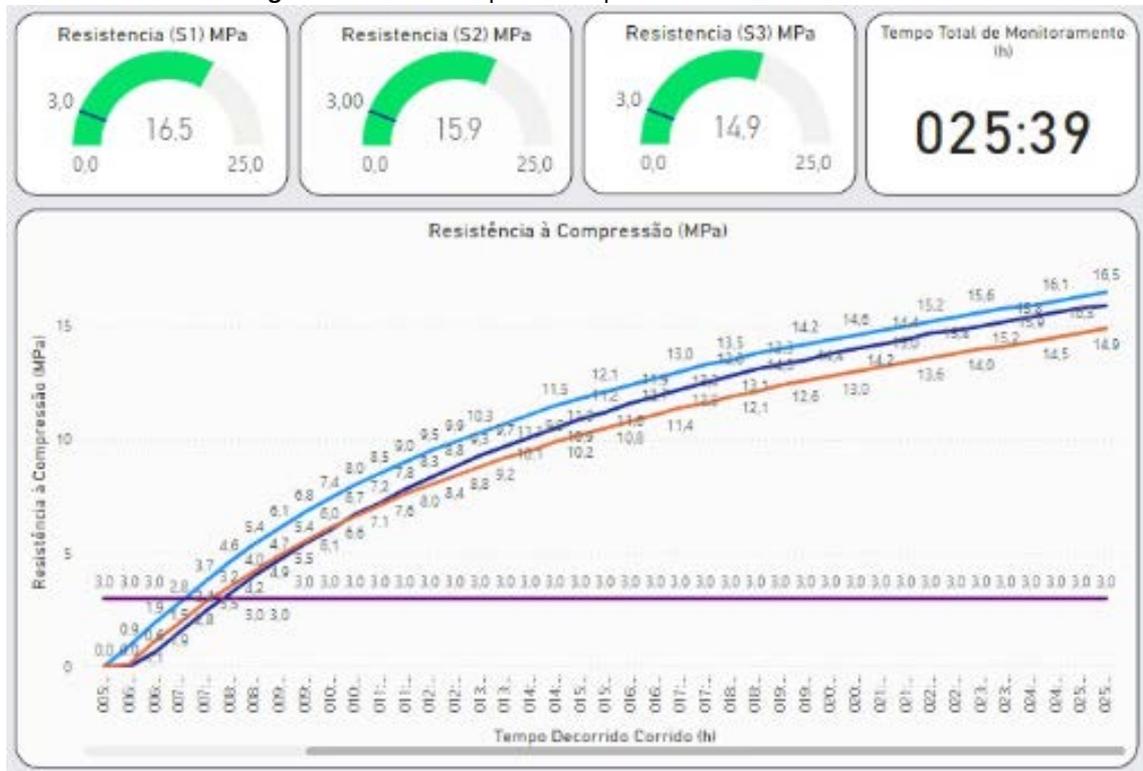
Após a finalização da instalação, o dispositivo de monitoramento deve ser ativado e colocado em modo de espera, de forma que, ao iniciar a concretagem, ele possa registrar a evolução da temperatura e, conseqüentemente, identificar a resistência associada a essa variação térmica. No presente estudo, o dispositivo foi instalado no final do expediente do dia anterior à concretagem, aproximadamente às 16h. No início da concretagem, às 7h, o responsável pela configuração do dispositivo naquele dia era informado sobre o número do aparelho e o horário de conclusão da concretagem. Essas informações eram essenciais para iniciar a captação dos dados de temperatura, permitindo assim o acompanhamento em tempo real da evolução da resistência através do gráfico gerado.

Além dos benefícios oferecidos pelo método, o dispositivo de monitoramento é reutilizável, não sendo descartado após cada concretagem. Apenas uma parte do cabo é perdida, mas essa substituição é simples. Com a concretagem finalizada por volta das 9h, o acompanhamento da evolução da resistência do concreto foi realizado através de um *dashboard* online, ou seja, um painel digital que reúne e resume os resultados atingidos com interface amigável. Após meses de testes, verificou-se que a resistência inicialmente prevista para ser atingida em cinco dias era alcançada em aproximadamente 26 horas. Isso permitiu a remoção do escoramento das lajes em menos de dois dias, o que resultou em um aumento significativo na produtividade da obra.

Adicionalmente, foi considerada a possibilidade de ajuste do traço de concreto, o que poderia resultar em reduções significativas no custo, devido ao menor uso de aditivos e cimento Portland de alta resistência inicial (CPV). Além disso, o monitoramento permitiu a

identificação precoce de possíveis falhas no traço, como a ausência de evolução da temperatura ou fissuras por retração térmica, logo nas primeiras horas após a concretagem.

Figura 6 – Dashboard para acompanhamento da resistência.



Fonte: Autora, (2024)

É relevante destacar que o método de maturidade é eficaz até o sétimo dia, pois a reação de hidratação do concreto continua a liberar calor, o que promove a evolução do gráfico de resistência. No entanto, após esse período, a aplicação do método se torna menos vantajosa, pois a taxa de hidratação e, conseqüentemente, a liberação de calor diminui com o tempo com isso, o ritmo de evolução da resistência torna-se mais lento e menos uniforme, o que pode tornar as estimativas menos precisas, sendo necessário recorrer ao método convencional de compressão para garantir a obtenção precisa da resistência do concreto. Durante o estudo de caso, foram coletados dois corpos de prova de cada caminhão betoneira, os quais foram submetidos a ensaios de compressão aos 28 dias, no intuito de verificar se a resistência especificada no projeto foi atingida.

O método de maturidade foi aplicado em mais de 50 concretagens, e em todas elas os resultados obtidos estiveram dentro das expectativas, tanto durante o acompanhamento dos primeiros sete dias quanto nos ensaios de compressão realizados ao final dos 28 dias de cura. Assim, mesmo considerando que o método ainda está em fase de implementação no Brasil, já se constata benefícios significativos para as obras que adotarem essa tecnologia. Além disso, é relevante notar que, mesmo em projetos com menor nível de tecnologia, como o abordado neste estudo, é possível a utilização eficaz deste método.

5 Consideração Final

Este estudo destacou a aplicação e os benefícios do método da maturidade no monitoramento da resistência do concreto, comparando-o com o método tradicional de compressão. O método da maturidade demonstrou ser uma ferramenta eficaz para otimizar o processo de desforma das paredes de concreto, possibilitando a remoção do escoramento em menos de dois dias, o que antes era realizado em 5 dias com o método convencional, conseguindo obter uma aceleração na atividade de 5 para 2 dias. Além disto através do monitoramento em tempo real da evolução da temperatura e da resistência do concreto, foi possível acelerar o cronograma da obra e reduzir custos, principalmente com o uso de aditivos e cimento Portland de alta resistência inicial (CPV).

Entretanto, é crucial reconhecer as limitações do método da maturidade. Sua eficácia é predominante até o sétimo dia, período em que a reação de hidratação ainda libera calor suficiente para influenciar positivamente a resistência do concreto. Após esse período, o método perde sua precisão, tornando necessário o recurso ao método convencional de compressão para garantir a continuidade do controle de qualidade.

Por outro lado, o método de compressão permanece como a técnica padrão e mais amplamente aceita para a avaliação da resistência do concreto ao longo de toda a vida útil do material. Ele é essencial em fases mais avançadas, onde o método da maturidade já não é aplicável.

Em síntese, a escolha entre o método da maturidade e o método de compressão deve ser cuidadosamente avaliada com base nas características específicas de cada obra. Para projetos que exigem rapidez na desforma e têm ciclos curtos de execução, como é o caso do estudo de caso deste artigo, o método da maturidade pode proporcionar ganhos significativos em termos de produtividade e economia. No entanto, para obras com prazos mais longos ou que demandam um controle rigoroso da resistência ao longo do tempo, o método de compressão tradicional continua sendo a opção mais segura e confiável.

Essa análise comparativa evidencia que ambos os métodos têm seus pontos fortes e limitações, e a decisão sobre qual técnica utilizar deve considerar as especificidades de cada projeto, o cronograma, os custos envolvidos e a necessidade de precisão no monitoramento da resistência do concreto.

Referências

ABNT. Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR 16055: Parede de Concreto Moldada no Local para a Construção de Edificações - Requisitos e Procedimentos**. Rio de Janeiro. 2012.

ABNT. Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR 7215:2019 – Concreto – Ensaio de compressão de corpos de prova cilíndricos**. Rio de Janeiro. 2019.

ACI. American Concrete Institute. **Maturity Methods for concrete**. [S.l.], 2020. Disponível em: <https://www.concrete.org/standards/maturity>. Acesso em: 14 setembro 2024.

ACI. American Concrete Institute. **ACI 318-19(22): Building Code Requirements for Structural Concrete (Reapproved 2022)**. Disponível em:

https://www.concrete.org/store/productdetail.aspx?ItemID=318U19&Language=English&Units=US_Units. Acesso em: 10 setembro 2024.

CASTRO, Elisângela de. **Estudo da resistência à compressão do concreto por meio de testemunhos de pequeno diâmetro e esclerometria**. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Civil, Programa de Pós Graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2009. 122 f. Cap. 8. Disponível em: <https://repositorio.ufu.br/handle/123456789/14137>. Acesso em: 12 abril 2024.

CAVALCANTE, Luis Henrique Nascimento. **Estudo sobre a resistência à compressão do concreto com agregado reciclado**. Monografia (Graduação em Engenharia Civil) – Universidade Federal de Alagoas. Maceió. 2022.

DELOITTE. **Engineering and Construction Industry Outlook**. Deloitte, 2023. Disponível em: <https://www2.deloitte.com/us/en/insights/industry/construction/engineering-and-construction-industry-outlook.html>. Acesso em: 06 setembro 2024.

ESCOBAR, Celcio José; ANDREOTTI, Darlinton; FABRO, Gilmar. **Avaliação de desempenho do ensaio de esclerometria na determinação da resistência do concreto endurecido**. Ibracon, Salvador, v. 1, n. 1, p.1-16, set. 2011. Anual. Anais do 50º Congresso Brasileiro do Concreto 2008.

MARTINS, Adriel Shumacher Fernandes da Silveira; MAIA FILHO, Hercilio Macena. **Verificação da resistência do concreto “in loco”**: métodos de ensaios mais usuais. Vektor, Rio Grande, v. 25, n. 2, p.25-40, jun. 2015. Disponível em: <https://periodicos.furg.br/vektor/article/view/4794>. Acesso em: 17 abril 2024.

MAZEPA, Romualdo Chaiben; RODRIGUES, Tissiane de Castro. **Estudo comparativo entre corpos de prova cilíndrico e cúbico para o ensaio de resistência a compressão axial**. 50 f. TCC (Graduação) - Curso Superior de Tecnologia em Concreto, Departamento Acadêmico de Construção Civil, Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Curitiba, 2011. Disponível em: <https://repositorio.utfpr.edu.br/jspui/handle/1/9322>. Acesso em: 17 abril 2024.

McKINSEY, COMPANY. **Building the future: Construction industry trends**. McKinsey & Company, 2023. Disponível em: <https://www.mckinsey.com/business-functions/operations/our-insights/building-the-future-construction-industry-trends>. Acesso em: 14 setembro 2024.

MISURELLI, Hugo; MASSUDA, Clovis. **Como Construir: paredes de concreto**. Revista Técnica, São Paulo, n.147, p.74-80, jun. 2009.

PADILHA, Eduardo Felipe Ferreira. **Análise comparativa de custos de sistemas construtivos de alvenaria estrutural e parede de concreto**. Monografia (Graduação em Engenharia Civil) – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás – Campus Aparecida de Goiânia. 2018.

PINHO, Dino de Tarso Pinheiro. **Sistema construtivo parede de concreto – Um estudo de caso**. Monografia (Graduação em Engenharia Civil) – Universidade Federal do Ceará. Fortaleza. 2010.

SANTOS, Daniele Moreira; PIACENTE, Fabrício José; NEVES, José Manoel Souza das; AZEVEDO, Marília Macorin de. **Estudo comparativo da implementação da Modelagem da Informação da construção em obras públicas no Brasil e no Reino Unido**. Artigo (Research, Society and

Development). 2021. Disponível em: <https://www.researchgate.net/publication/348428116> Estudo comparativo da implementação da Modelagem da Informação da construção em obras públicas no Brasil e no Reino Unido. Acesso em: 13 de junho de 2024.

SOUZA, Angelo Parrini Pereira; FERNANDES, Tharley Silva. **Paredes de concreto: utilização, características, viabilidade e execução**. Monografia (Graduação em Engenharia Civil) – Faculdade Doctum Minas Gerais. Caratinga. 2015.

TECNOSIL. **Paredes de concreto moldadas in loco**: o que são e por que usá-las na sua obra? 2017. Disponível em: <https://www.tecnosilbr.com.br/paredes/>. Acesso em: 01 de abril de 2024.



Gestão & Gerenciamento

DESIGN-BUILD: UMA ABORDAGEM INTEGRADA ENTRE PROJETO E CONSTRUÇÃO

*DESIGN-BUILD: A UNIFIED APPROACH TO DESIGN AND
CONSTRUCTION*

Camila Barbato Radici

Arquiteta, Especialista; Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, RJ, Brasil;

radicicamila@gmail.com

Isabeth da Silva Mello

Arquiteta, M.Sc.; Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, RJ, Brasil;

isa@poli.ufrj.br

Resumo

Este estudo apresenta o método Design-Build (DB), comparando sua eficiência e a eficácia com o método tradicional Design-Bid-Build (DBB) na construção civil, com base em uma revisão sistemática da literatura. Os resultados indicaram que o método DB apresenta vantagens significativas em termos de redução de custos (até 6,1% em relação ao DBB) e de tempo de execução (até 102% mais rápido). A integração das fases de projeto e construção no DB promove maior colaboração, reduzindo conflitos e otimizando recursos. No entanto, a implementação do DB enfrenta desafios como a falta de familiaridade e a necessidade de adaptações culturais. A pesquisa conclui que o DB é uma alternativa promissora para a indústria da construção, especialmente quando associado a tecnologias como o BIM.

Palavras-chaves: *Design-Build; Projeto e Construção; Gestão de Projetos; Gestão da Construção; Sistemas de Entrega de Projeto.*

Abstract

This study conducted a comparative analysis between Design-Build (DB) and Design-Bid-Build (DBB) project delivery methods. The research aimed to highlight the advantages and challenges of DB and its relevance to the Brazilian construction industry. The results indicated that the DB method offers significant advantages in terms of cost reduction (up to 6.1% compared to DBB) and shorter project duration (up to 102% faster). The integration of design and construction phases in DB promotes greater collaboration, reduces conflicts, and optimizes resources. However, implementing DB faces challenges such as a lack of familiarity and the need for cultural and legal adaptations. The study concludes that DB is a promising alternative for the construction industry, especially when combined with technologies such as BIM.

Key Words: *Design-Build; Design and Construction; Project Management; Construction Management; Project Delivery Systems.*

1 Introdução

A construção civil desempenha um papel crucial no desenvolvimento econômico e social, sendo responsável pela criação das infraestruturas essenciais que sustentam a vida moderna. A complexidade e os desafios associados à gestão de projetos nesse setor têm intensificado a demanda por métodos de entrega de projetos mais eficientes e integrados. Tradicionalmente, o modelo *Design-Bid-Build* (DBB) tem sido amplamente utilizado, caracterizando-se pela separação entre as fases de projeto(design), orçamento/licitação e construção. Neste modelo, o cliente contrata separadamente os profissionais responsáveis pelo projeto dos profissionais responsáveis pela construção, o que frequentemente resulta em uma fragmentação do processo, maior tempo de execução, e potenciais conflitos entre as partes envolvidas.

Com o objetivo de superar essas limitações, o *Design-Build* (DB) emergiu como uma alternativa eficaz. No modelo DB, uma única entidade é responsável por ambos os serviços de projeto(design) e construção(build), o que promove uma maior integração entre as fases do projeto e tem como premissa resultar em economia de tempo e custo. Esse modelo tem ganhado popularidade, especialmente em projetos onde a eficiência e a rápida entrega são essenciais. Conforme Beard, Loukakis e Weaver (2001), o modelo DB possibilita uma gestão

mais coesa e assertiva, reduzindo conflitos e aumentando a eficácia na execução dos projetos.

Historicamente, o conceito de *Design-Build* não é uma novidade. Grandes mestres da construção, como Ictinus e Callicrates, responsáveis pelo Panteão de Atenas, ou Filippo Brunelleschi, com o Domo de Florença, atuavam como projetistas e construtores, função que hoje se assemelha aos *design-builders*. O termo grego *arkhitekton*, que originou a palavra arquiteto, referia-se justamente a esses mestres construtores (BEARD; LOUKAKIS; WEAVER, 2001). Além disso, registros antigos, como o Código de Hamurabi, já mencionavam a figura do projetista-construtor, atribuindo-lhes responsabilidades pelo projeto, construção e garantias pós-ocupação.

Contudo, foi no Renascimento que a divisão entre projeto e construção começou a se consolidar. Leone Battista Alberti, em sua obra "*De re aedificatoria*", defendia que o arquiteto deveria fornecer apenas os esboços, enquanto a execução do projeto caberia ao construtor. Esse pensamento marcou o início da separação clara entre as funções de projetista e construtor, estabelecendo as bases do modelo *Design-Bid-Build* que prevalece até hoje (CUSHMAN; LOULAKIS, 2001).

Segundo Konchar e Sanvido (1998), a abordagem tradicional de separação entre design e construção é, na verdade, um conceito relativamente recente, com cerca de 150 anos. Esse modelo começou a se consolidar durante a Revolução Industrial, quando o aumento da complexidade dos projetos industriais, assim como as novas demandas tecnológicas, exigiu uma maior especialização entre os profissionais de design e construção. As novas e crescentes exigências de instalações industriais complexas e especializações para atender às demandas da sociedade moderna obrigaram os projetistas a focarem suas habilidades em áreas técnicas e estéticas, enquanto os construtores lidavam com a execução e a viabilização desses projetos.

Além disso, os governos desempenharam um papel importante no fortalecimento dessa separação, ao desenvolverem leis de contratos públicos que exigiam a distinção entre as fases de projeto e construção.

No século XX, novos desafios emergiram, como os frequentes conflitos entre as partes envolvidas, reivindicações legais e atrasos na execução dos projetos, problemas que começaram a impactar severamente o resultado das obras. A área da gestão de projetos foi desenvolvida como uma tentativa de mitigar alguns desses problemas, mas os contratantes continuaram em busca de soluções mais eficientes. A partir desse contexto, houve um retorno gradual ao conceito de mestre construtor, agora revitalizado no modelo *Design-Build*, que propõe maior integração e coesão ao longo de todas as fases do projeto (CUSHMAN; LOULAKIS, 2001).

Assim, o modelo *Design-Build* não representa apenas uma evolução dos métodos de entrega de projetos, mas também um retorno às práticas antigas, adaptadas às necessidades e complexidades da contemporaneidade. Esse sistema de entrega de projetos, busca resgatar a eficiência e a unidade de gestão que caracterizavam os mestres construtores, ao mesmo tempo em que responde aos desafios contemporâneos da construção civil.

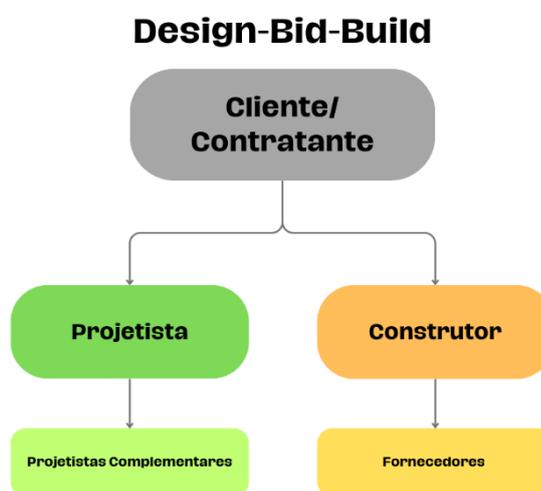
Este artigo busca apresentar o método *Design-Build*, ainda pouco conhecido e difundido no Brasil, comparando com o chamado modelo tradicional, também conhecido

como *Design-Bid-Build* em termos de custo, tempo e qualidade, e analisando as circunstâncias em que o *Design-Build* pode ser mais vantajoso na construção civil.

2 O Método Tradicional: *Design-Bid-Build*

Design-Bid-Build (DBB) é o método mais tradicional de sistema de entrega de projetos na construção civil, amplamente difundido ao redor do mundo. Caracterizado por separar as fases de projeto (design), orçamento ou licitação (bid) e construção (build). Nesse modelo, o cliente é o responsável pela contratação inicial de uma empresa de arquitetura e/ou engenharia para o desenvolvimento do projeto completo e após a conclusão do projeto, novamente o contratante é responsável pela realização de um processo licitatório para a escolha e contratação da empresa construtora que será responsável pela execução da obra.

Gráfico 1 – Organograma DBB.



Fonte: Elaborado pela autora, 2024.

2.1 Principais Desvantagens do *Design-Bid-Build*

De acordo com Beard, Loukakis e Weaver (2001), o método *Design-Bid-Build* apresenta diversas desvantagens que podem limitar sua aplicabilidade em certos tipos de projetos, especialmente aqueles que exigem maior agilidade e flexibilidade. Uma das principais desvantagens é que o contratante atua como intermediário entre projetistas, construtores e fornecedores, o que aumenta o risco de desentendimentos entre as partes. Esses desentendimentos precisam ser gerenciados pelo contratante ou por um gerente de projeto designado, criando um ônus adicional na gestão.

Outra desvantagem apontada por Beard, Loukakis e Weaver (2001) é que os objetivos dos projetistas e construtores muitas vezes divergem. Enquanto os projetistas se concentram na qualidade, precisão e acabamento do projeto, os construtores têm como prioridade o cumprimento de prazos e o controle dos custos. Essa diferença de enfoque pode gerar conflitos e prejudicar o alinhamento com os objetivos gerais do contratante.

Além disso, conforme destacado pelos autores, o orçamento no DBB é geralmente realizado apenas após a conclusão do projeto completo, o que pode resultar em retrabalho

caso o custo estimado exceda as expectativas iniciais do contratante. Isso pode aumentar os custos na fase de planejamento e causar atrasos significativos no cronograma da obra.

A flexibilidade também é um ponto crítico no método DBB. Mudanças no projeto durante a execução tendem a ser complexas e caras, devido à quantidade de partes envolvidas e à separação das equipes, que possuem diferentes objetivos, conforme apontado por Beard, Loukakis e Weaver (2001). Essa falta de adaptabilidade pode ser um grande empecilho em projetos que exigem ajustes ao longo do processo de construção.

Outra desvantagem significativa mencionada pelos autores é o fato de o DBB ser um processo frequentemente mais demorado. Isso ocorre devido à estrutura linear do sistema, na qual as etapas são realizadas de forma sequencial, sem sobreposição, prolongando o tempo de execução do projeto.

Por fim, Beard, Loukakis e Weaver (2001) também destacam que o DBB aumenta a possibilidade de litígios. Quando ocorrem erros ou problemas na obra, é comum que projetistas e construtores culpem uns aos outros, forçando o contratante a mediar disputas, o que pode complicar ainda mais a gestão do projeto.

Nesse contexto, o método *Design-Build* surge como uma alternativa eficiente para superar muitas das desvantagens do *Design-Bid-Build*. Ao unir projetistas e construtores sob um único contrato, o *Design-Build* promove uma colaboração mais integrada, minimizando conflitos de interesse e desentendimentos comuns no DBB, os benefícios trazidos pelo DB foram alvo de diversos estudos acadêmicos ao longo das últimas décadas, mais adiante iremos analisar dois, dos principais, estudos que comprovam sua eficácia em relação ao método tradicional.

3 O Método Alternativo: *Design-Build*

Embora pouco difundido no Brasil, o *Design-Build* tem sido amplamente utilizado ao redor do mundo, especialmente nos Estados Unidos, onde, segundo dados divulgados em 2023a pelo *Design-Build Institute of America* (DBIA), quase metade de todos os projetos e construção está sendo realizada utilizando alguma forma de DB. Ele é amplamente usado tanto no setor privado quanto no público e é aplicado em diversos tipos de projetos, incluindo edificações, transportes e saneamento. Atualmente, o *Design-Build* é o método de entrega de projetos que mais cresce e é o mais popular naquele país, devendo representar quase metade de todos os investimentos na construção civil até 2026, segundo a DBIA.

O método DB começou a ganhar popularidade nas décadas de 1980 e 1990, especialmente nos Estados Unidos, como resposta a uma série de deficiências observadas no modelo tradicional de entrega de projetos. Entre essas deficiências, destaca-se a ocorrência frequente de atrasos e sobrecustos. No método tradicional, muitas vezes há uma desconexão entre os arquitetos e engenheiros e os construtores, o que pode resultar em problemas de coordenação e revisões de projeto durante a fase de construção, gerando atrasos e aumento de custos (MOLENAAR; SONGER, 1998).

Outro fator que impulsionou a adoção do DB foi a crescente demanda por maior eficiência e a necessidade de otimizar os processos de entrega de projetos, em razão do aumento da competitividade no setor da construção civil. Nesse contexto, o DB se destacou

ao permitir uma maior integração entre as fases de projeto e construção, resultando em melhorias nos cronogramas e nos custos (MOLENAAR; SONGER, 1996).

Além disso, a evolução da legislação também desempenhou um papel importante na difusão desse modelo. Em muitos países, mudanças de regulamentação facilitaram sua implementação, especialmente em projetos públicos que anteriormente eram obrigados a seguir o método *Design-Bid-Build*. Nos Estados Unidos, por exemplo, várias jurisdições começaram a adotar leis que incentivavam o uso do *Design-Build* em obras públicas, a fim de aumentar a eficiência e reduzir os gastos públicos (BEARD; LOULAKIS; WUNDRAM, 2001).

No contexto brasileiro, o Governo Federal introduziu em 2011 a modalidade de Contratação Integrada, na qual uma única entidade é responsável tanto pela elaboração do projeto quanto pela execução das obras (NÓBREGA, 2015). Essa medida representou uma inovação em relação à Lei Geral de Licitações, nº 8.666/1993, que exigia a separação entre as fases de projeto e execução de obras públicas.

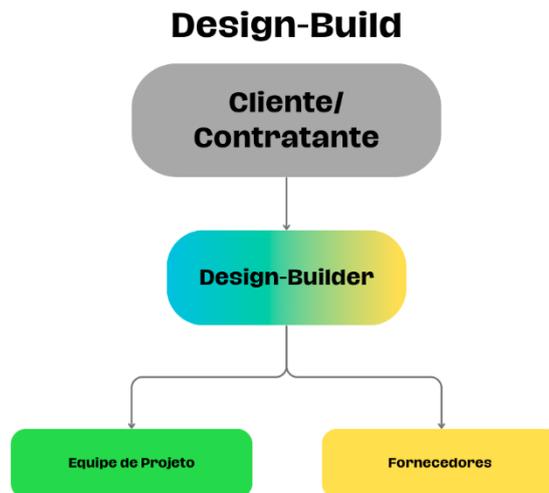
Em síntese, o método *Design-Build* consolidou-se globalmente como uma alternativa eficiente e integrada ao modelo tradicional de entrega de projetos. No item a seguir, será exploradas suas vantagens em comparação ao sistema tradicional, *Design-Bid-Build*.

3.1 Vantagens e Comparações do *Design-Build* em Relação ao *Design-Bid-Build*

O sistema de entrega de projetos *Design-Build* é amplamente reconhecido como uma abordagem eficiente e integrada para o desenvolvimento de projetos de construção. Sua principal característica é que uma única entidade — geralmente uma empresa ou consórcio que reúne profissionais de design, engenharia e construção — assume tanto o projeto quanto a execução da obra. Segundo Beard, Loukakis e Weaver (2001), essa integração entre as fases de concepção e construção proporciona maior sinergia entre os profissionais envolvidos, resultando em uma otimização significativa dos cronogramas e custos. Além disso, como apontam Konchar e Sanvido (1998), o DB, ao contrário do DBB, promove uma transição mais suave entre as etapas, minimizando erros e imprevistos.

No *Design-Build*, essa única entidade, composta por uma equipe multidisciplinar, geralmente formada por engenheiros, arquitetos e construtores, já tem familiaridade com os processos colaborativos, o que facilita a comunicação e a eficiência no desenvolvimento do projeto. Como destacam Beard, Loukakis e Weaver (2001), ao lidar com uma única entidade, o contratante simplifica a gestão do projeto, já que a responsabilidade por qualidade, orçamento, cronograma e desempenho final da instalação recai exclusivamente sobre o *design-builder*. Isso permite que o contratante se concentre mais na definição de suas necessidades e em decisões estratégicas, sem a necessidade de gerenciar diversos contratos com stakeholders distintos, como ocorre no *Design-Bid-Build* (CUSHMAN; LOULAKIS, 2001; HALE *et al.*, 2009).

Gráfico 2 – Organograma DB.



Fonte: Elaborado pela autora, 2024.

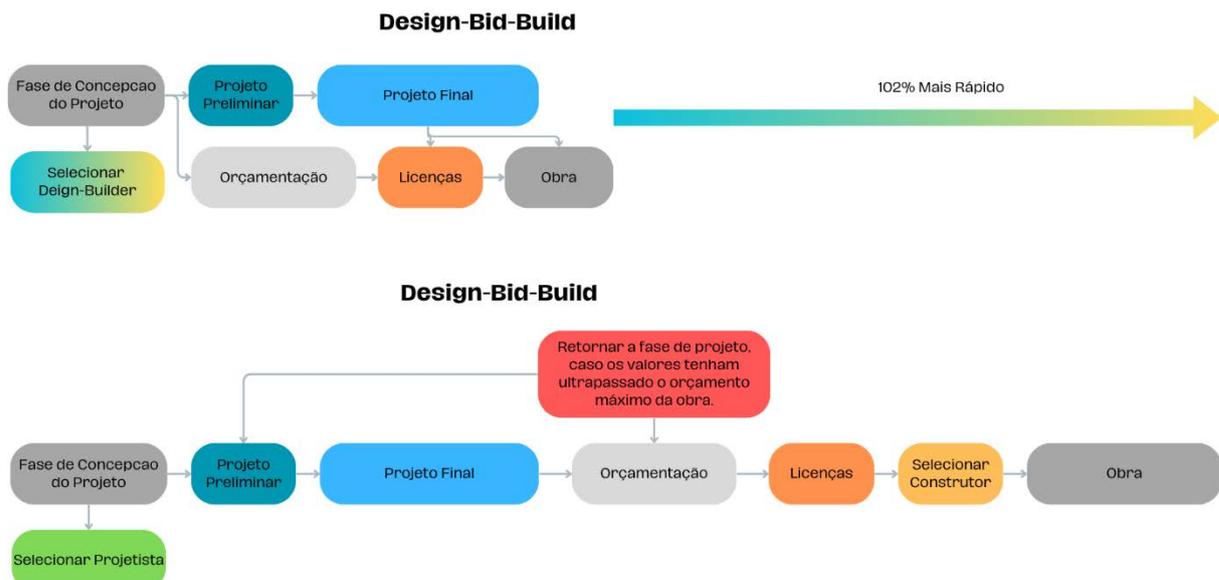
A integração eficiente proporcionada pelo *design-builder*, reflete diretamente nas principais etapas do processo DB, que inclui a concepção, o desenvolvimento do projeto e a construção. A primeira fase, concepção, envolve uma colaboração intensa entre o cliente e a equipe de projeto para definir os requisitos e objetivos do projeto. A integração das equipes é essencial para garantir que as soluções projetadas atendam às restrições de orçamento e cronograma. Como destacado por Allen (2001), "essa fase inicial ajuda a alinhar melhor as expectativas do cliente com a realidade do projeto, promovendo maior eficiência e reduzindo atrasos."

Após a fase de concepção, inicia-se o desenvolvimento detalhado do projeto, onde engenheiros, arquitetos e construtores trabalham em conjunto para garantir que o projeto não apenas atenda aos requisitos estéticos, mas também seja viável dentro dos parâmetros estabelecidos na primeira fase. A interação contínua entre as equipes reduz a necessidade de revisões e alterações futuras, uma vantagem destacada por Beard, Loulakis e Wundram (2001), que afirmam que "a natureza colaborativa do Design-Build assegura que as soluções técnicas sejam analisadas em profundidade desde o início, evitando retrabalhos dispendiosos durante a construção". No sistema *Design-Bid-Build*, essas revisões podem ser frequentes, uma vez que as equipes envolvidas na construção não estão integradas ao processo de projeto desde o início (HALE *et al.*, 2009).

A fase de construção no DB também se mostra mais eficiente em comparação com o DBB. Em função de as equipes de construção estarem envolvidas desde o início do projeto, há uma redução significativa nos erros e imprevistos durante a execução. De acordo com Konchar e Sanvido (1998), "o Design-Build proporciona uma transição suave para a fase de construção, resultando em menor tempo de execução e em custos controlados". Outro diferencial importante é que a construção no modelo DB deve começar antes da finalização completa dos projetos, graças à integração entre as equipes de projeto e execução. Isso permite maior flexibilidade para ajustes durante a obra e facilita a resolução de problemas inesperados, como enfatiza Camargo (2014), "a sinergia entre as equipes de projeto e execução e a possibilidade de ajustes em tempo real são fatores que tornam viável a sobreposição no modelo Design-Build."

Beard, Loukakis e Weaver (2001) explicam que a sobreposição das fases de projeto e construção no modelo DB, juntamente com a redução do tempo dedicado exclusivamente à fase de projeto e a eliminação de potenciais litígios — comuns no DBB, devido a erros ou alterações durante a obra — resulta em uma redução significativa no tempo total de execução. Esse processo acelerado permite que o cliente utilize a instalação mais cedo, gerando vantagens econômicas e um retorno mais rápido sobre o investimento (HALE *et al.*, 2009).

Gráfico 3 – Fluxograma comparativo DB e DBB.



Fonte: Elaborado pela autora, 2024.

Outro ponto relevante do Design-Build é o maior controle e previsibilidade dos custos. Como a mesma entidade é responsável por design e construção, as estimativas de custo são mais precisas desde o início do projeto, mesmo em fases preliminares. Esse conhecimento antecipado dos custos firmes, como observado por Beard, Loukakis e Weaver (2001), permite ao proprietário tomar decisões mais informadas e com maior segurança quanto ao escopo do projeto. Em comparação, o DBB frequentemente apresenta estimativas menos precisas até a conclusão do projeto completo, o que pode resultar em aumentos de custo inesperados durante a construção (KONCHAR; SANVIDO, 1998).

No que diz respeito à qualidade, Beard, Loukakis e Weaver (2001) argumentam que o compromisso do *design-builder* com a entrega final, dada a responsabilidade integral por todas as fases, motiva uma busca contínua pela excelência. Ao contrário do DBB, onde erros de projeto podem ser atribuídos a outras partes, no DB, a responsabilidade total recai sobre o *design-builder*, fortalecendo seu compromisso com a qualidade em todas as etapas do projeto. Contudo, Hale *et al.* (2009) ressaltam que, em alguns casos, essa concentração de responsabilidades pode resultar em soluções menos detalhadas ou na redução de alternativas de design, o que pode impactar a qualidade percebida.

A comunicação contínua entre as equipes de design e construção também promove a inovação e o custo-benefício. Beard, Loukakis e Weaver (2001) afirmam que essa interação constante facilita a exploração de alternativas que melhorem o projeto. O *design-builder*, ao

trabalhar diretamente com fornecedores e subcontratados, pode integrar soluções criativas e técnicas de engenharia de valor que otimizam a construtibilidade e o desempenho do projeto, gerando resultados mais eficazes e econômicos.

Outro aspecto relevante do DB é a alocação de riscos. Beard, Loukakis e Weaver (2001) destacam que esse sistema permite que os riscos sejam geridos de forma mais eficiente, uma vez que o *design-builder* assume a responsabilidade integral pelo projeto. Dessa forma, os riscos podem ser discutidos e alocados de forma mais clara e adequada, resultando em menos conflitos e litígios. No DBB, os riscos são mais fragmentados, o que pode gerar disputas entre os projetistas e o construtor sobre a responsabilidade por eventuais problemas (HALE *et al.*, 2009).

Essas definições e conceitos do *Design-Build* refletem sua evolução como uma metodologia que busca otimizar a entrega de projetos de construção, proporcionando uma alternativa mais integrada e potencialmente mais eficiente em comparação com os modelos tradicionais, como o *Design-Bid-Build* (CUSHMAN; LOULAKIS, 2001).

3.2 Análise de Impactos

Em 1998, os pesquisadores Mark Konchar e Victor Sanvido publicaram um estudo que comparava três dos principais sistemas de entrega de projetos utilizados nos Estados Unidos: *Design-Bid-Build*, *Construction Manager at Risk* e *Design-Build*. A pesquisa analisou mais de 350 projetos concluídos na década de 1990 e demonstrou que o método *Design-Build* superava as demais abordagens em termos de custo, tempo e confiabilidade no cronograma, estabelecendo novos padrões para a indústria da construção.

Com o passar dos anos, o setor passou por mudanças e o interesse em avaliar novamente o desempenho desses sistemas cresceu. Em 2018, uma nova pesquisa liderada por Keith Molenaar e Bryan Franz revisitou os índices de desempenho, comparando-os com os resultados de projetos contemporâneos. O estudo incluiu uma amostra de 212 novos projetos, concluídos entre 2008 e 2013, reafirmando a superioridade do *Design-Build*, tanto em termos de custo quanto de eficiência no cronograma.

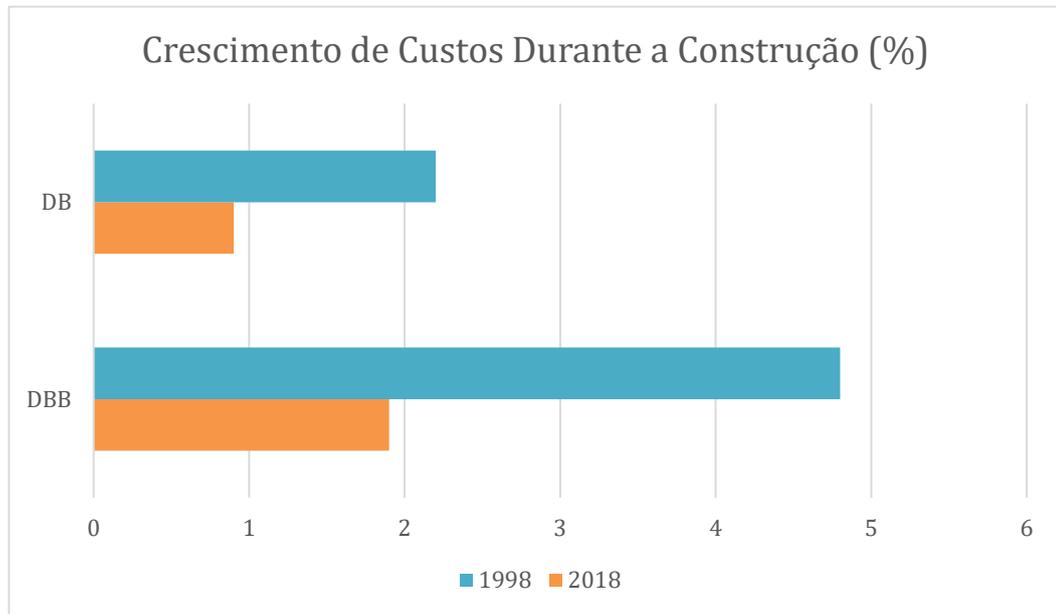
A atualização de 2018 demonstrou que, mesmo com as mudanças tecnológicas e organizacionais no setor, os projetos executados via *Design-Build* continuavam sendo entregues mais rapidamente e com maior previsibilidade de custos e prazos.

3.2.1 Impactos no Custo

De acordo com os resultados de 1998, os projetos DB foram entregues com um custo por metro quadrado cerca de 6,1% menor em comparação aos do DBB. Já a atualização de 2018 mostrou que essa diferença diminuiu, mas o DB continuou mais eficiente, apresentando um custo até 0,3% menor por metro quadrado do que o DBB.

Além disso, o crescimento de custos durante a execução da obra é um ponto crítico em ambas as análises. Em 1998, o crescimento médio de custos em projetos DB foi de 2,2%, comparado a 4,8% no DBB. Em 2018, essa diferença permaneceu significativa, com o crescimento de custos no DB sendo 3,8% menor que no DBB. A principal razão para essa economia é a colaboração integrada entre as equipes de projeto e construção, que permite a resolução precoce de problemas e minimiza a necessidade de alterações e retrabalhos, fatores que tradicionalmente elevam os custos em projetos conduzidos pelo método DBB.

Gráfico 4 – Comparação De Crescimento De Custos Durante a Construção Entre DB e DBB.

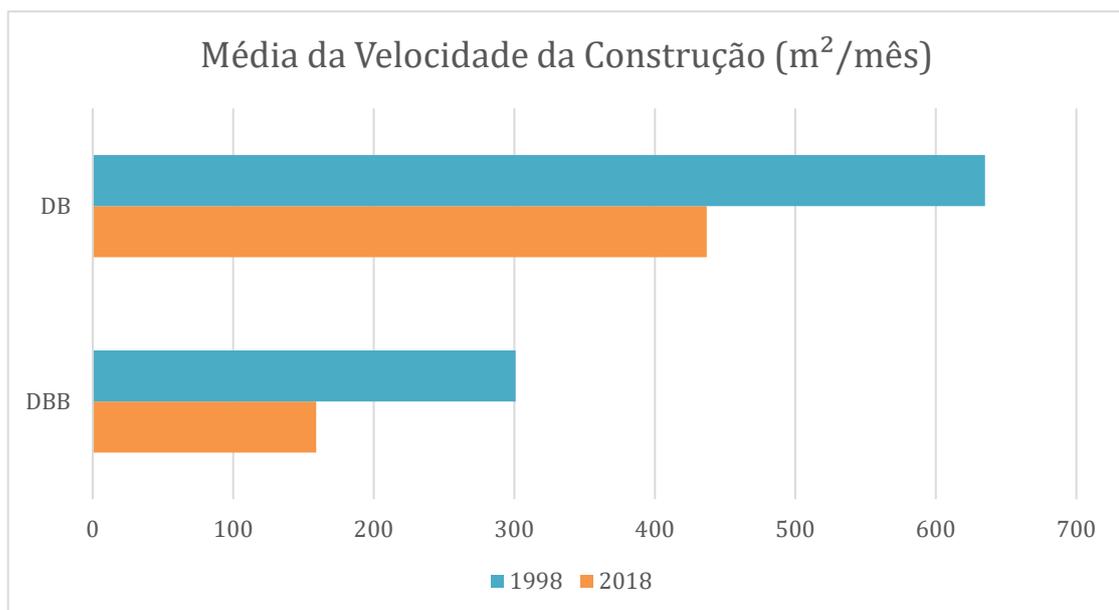


Fonte: MOLENAAR; FRANZ, 2018. Elaborado pela autora, 2024.

3.2.2 Impactos no Cronograma

A eficiência no cronograma é um dos principais benefícios da metodologia Design-Build, conforme evidenciado tanto pelo estudo de 1998 quanto pela análise atualizada de 2018. No estudo de Konchar e Sanvido (1998), os projetos DB foram entregues com 33% mais rapidez do que os do método DBB. Na atualização de 2018, essa eficiência aumentou ainda mais, com os projetos DB sendo entregues 102% mais rápido do que os do DBB.

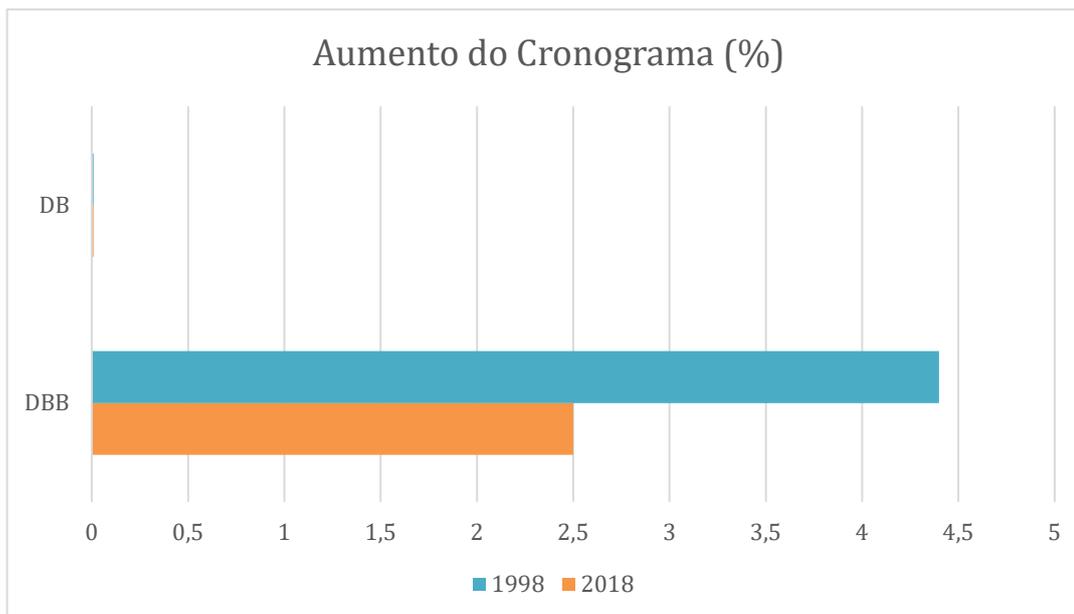
Gráfico 5 – Média De Velocidade da Construção DB e DBB.



Fonte: MOLENAAR; FRANZ, 2018. Elaborado pela autora, 2024.

Outro aspecto importante é o crescimento do cronograma, ou seja, o quanto o projeto se prolonga além do prazo inicialmente previsto. Em 1998, não foram identificados crescimentos significativos no cronograma para projetos DB, enquanto para o DBB foi de 4,4%. Em 2018, essa tendência de superioridade do DB foi mantida, com o crescimento do cronograma no DB sendo 1,7% menor que no DBB. Esses dados refletem a eficiência proporcionada pela sobreposição de fases no DB, permitindo que design e construção ocorram de forma simultânea, além de promover uma tomada de decisões mais ágil e integrada.

Gráfico 6 – Aumento do Cronograma DB e DBB.



Fonte: MOLENAAR; FRANZ, 2018. Elaborado pela autora, 2024.

3.3 Potenciais Desvantagens e Riscos do *Design-Build*

O método de entrega de projetos *Design-Build* apresenta algumas desvantagens que devem ser consideradas, antes da escolha do método e início dos projetos. Uma das principais desvantagens é a falta de familiaridade com o processo, tanto por parte dos clientes e contratantes, quanto dos profissionais envolvidos. Esse modelo de entrega de projetos envolve uma mudança significativa de abordagem, que exige colaboração entre projeto e construção desde o início. Beard, Loukakis e Weaver (2001) apontam que a transição de um processo tradicional, como o *Design-Bid-Build*, para o *Design-Build* pode ser desafiadora para organizações acostumadas com métodos mais tradicionais. Essa mudança de cultura, de um ambiente fragmentado para um colaborativo, exige tempo de adaptação e treinamento, o que pode comprometer a eficácia do processo em seus estágios iniciais.

Além disso, Albuquerque, Primo e Pereira (2015) reforçam que essa falta de familiaridade pode ser ainda mais pronunciada no setor público, onde gestores nem sempre possuem conhecimento adequado sobre as particularidades do *Design-Build*. Essa lacuna de conhecimento pode gerar incertezas e dificuldades na formulação de contratos adequados, aumentando os riscos de sobrecustos e litígios.

Devido à falta de familiaridade com o processo e à exigência de que os clientes tomem decisões rápidas e detalhadas logo no início, muitas vezes eles enfrentam dificuldades para acompanhar as demandas do projeto. Isso pode levar a decisões precipitadas, que acabam comprometendo a qualidade final da obra (ALBUQUERQUE; PRIMO; PEREIRA, 2015; BEARD; LOUKAKIS; WEAVER, 2001).

Além disso, o Design-Build pode transferir riscos significativos para o *design-builder*. A responsabilidade por falhas no projeto ou na execução da obra recai sobre a equipe contratada, o que pode gerar disputas se os riscos não forem claramente definidos e atribuídos. Beard, Loukakis e Weaver (2001) observam que, apesar da capacidade das equipes de *Design-Build* de gerenciar riscos, o cliente ainda precisa ter clareza sobre sua capacidade de absorver riscos preestabelecidos para si, para não comprometer o projeto.

4 Tecnologia e Inovação associadas ao *Design-Build*

O Building Information Modeling (BIM) se destaca como uma das principais inovações tecnológicas no processamento de informações da construção, trazendo uma verdadeira revolução no modo de produção. De acordo com Eastman *et al.* (2011), o BIM quebra o fluxo linear tradicional de compartilhamento de informações. Contudo, esses mesmos autores destacam que, apesar de seu potencial, o BIM não conseguiu eliminar a fragmentação existente nos processos produtivos da construção civil, o que ressalta a importância de realizar mudanças organizacionais e legais para alcançar uma integração completa (OLIVEIRA; GIACAGLIA, 2018).

No modelo Design-Build, o BIM exerce um papel crucial ao possibilitar uma cooperação e coordenação eficaz entre projetistas e construtores, eliminando a divisão entre as fases do projeto e permitindo que decisões importantes sejam tomadas de forma colaborativa e antecipada. Nesse processo, projetistas e construtores trabalham simultaneamente, tornando possível que as equipes de obra *in loco* recebam atualizações em tempo real. Conforme Oliveira e Giacaglia (2018), essa colaboração desde as etapas iniciais facilita a utilização do BIM, criando um ambiente integrado onde a troca de informações é constante e fluida. Esse fator é mais um potencializador para o sucesso do *Design-Build*, que se apoia na confiança e integração entre todos os participantes (DBIA, 2023b).

Além disso, o uso de tecnologias emergentes associadas ao BIM, como realidade aumentada (AR) e inteligência artificial (AI), traz novas possibilidades de otimização, reduzindo erros e retrabalhos durante a execução física do projeto. Essas inovações permitem simulações precisas e ajustes em tempo real, o que reduz ineficiências e melhora a coordenação entre as equipes envolvidas.

Ferramentas como robôs de *tracing* e robôs que escaneiam o progresso da obra tem desempenhado um papel crucial nesse processo de digitalização. De acordo com Anane *et al.* (2023), esses robôs, integrados com sistemas de BIM, facilitam a interoperabilidade entre o design e a obra, permitindo uma troca eficiente de informações ao longo do ciclo de vida do projeto. Os robôs de *tracing* mapeiam e demarcam áreas de construção com alta precisão, reduzindo erros e otimizando o tempo de execução, enquanto os robôs de escaneamento, equipados com sensores e câmeras, capturam dados tridimensionais para

monitorar o progresso da obra, permitindo comparações contínuas com o modelo BIM e garantindo que o trabalho siga conforme planejado.

Figura 1 – Robô de *tracing*, desenhando o projeto no contrapiso da obra.



Fonte: Dusty Robotics. www.dustyrobotics.com (2024).

A integração dessas ferramentas robóticas com o BIM proporciona uma gestão mais eficiente, tanto no canteiro de obras quanto na fabricação fora do canteiro, promovendo maior precisão e eficiência nos processos construtivos. O uso combinado do BIM com tecnologias emergentes e robótica está transformando a maneira como os projetos são concebidos, construídos e geridos, gerando benefícios significativos em termos de qualidade, custo e prazo (DBIA, 2023b).

Na minha atuação profissional como arquiteta, tenho acompanhado o trabalho de uma empresa parceira da organização onde atuo, que opera no modelo Design-Build, a qual chamarei de X para fins de referência. Nos últimos dois anos, tive a oportunidade de vivenciar de perto a experiência do Design-Build nos projetos que atuo de desenvolvimento e acompanhamento de obras (de forma virtual) para uma empresa de varejo esportivo, no Canadá. Embora a agilidade na condução dos projetos tenha sido um fator que chamou minha atenção e motivou o desenvolvimento deste artigo, identifiquei também uma desvantagem significativa: a falta de familiaridade dos stakeholders com o processo. No entanto, essa dificuldade é temporária e tende a diminuir à medida que os envolvidos se familiarizam com o método ao longo de múltiplos projetos. Essa constatação, junto ao meu desejo de difundir este método de entrega de projetos altamente eficiente, foi uma das razões que me incentivou a escrever sobre o tema.

Outro aspecto relevante que observei foi a aplicação de tecnologias inovadoras que aceleram o processo de construção, eliminando a necessidade de incluir certos tipos de informações no projeto, como cotas, por exemplo. A empresa X utiliza um robô de *tracing*

para demarcar os elementos a serem construídos, transferindo diretamente os dados dos modelos BIM para o robô. Este, por sua vez, é capaz de interpretar o modelo e desenhar a planta baixa dos elementos a serem construídos diretamente no contrapiso. Com isso, informações anteriormente indispensáveis podem ser significativamente reduzidas, o que não apenas acelera a execução da obra, mas também reduz a necessidade de detalhes adicionais nos desenhos, economizando tempo dos projetistas.

Adicionalmente, por não estar fisicamente presente no local, pode experimentar os benefícios de tecnologias de escaneamento 3D, que permitem o acompanhamento detalhado da obra à distância, proporcionando uma visão precisa do progresso em tempo real.

Essa combinação de inovações tecnológicas e a eficiência do modelo Design-Build reforça ainda mais a importância de explorar e disseminar essas práticas no setor.

5 Considerações Finais

A análise realizada neste estudo demonstra que o *Design-Build* é uma solução estratégica para a construção civil, especialmente em projetos que demandam agilidade na execução. Ao unificar as fases de projeto e construção sob a responsabilidade de uma única entidade, esse modelo otimiza os processos, reduzindo significativamente os prazos de entrega. A integração entre as equipes, a tomada de decisões mais ágil e a possibilidade de sobreposição de fases são fatores cruciais para essa acelerada execução.

Embora nem todos os projetos se beneficiem igualmente do *Design-Build*, a flexibilidade e a capacidade de adaptação desse modelo o tornam uma alternativa viável para a maioria das obras, especialmente aquelas que exigem prazos curtos e resultados previsíveis. A capacidade de responder rapidamente a mudanças e imprevistos, característica inerente ao *Design-Build*, é fundamental em um cenário cada vez mais dinâmico e competitivo.

A integração do *Design-Build* com tecnologias de ponta, como o BIM e a robótica, revoluciona a gestão de projetos, acelerando significativamente a tomada de decisões e a execução. O BIM permite simular cenários complexos e identificar interferências de forma precoce, otimizando o planejamento e a execução. A robótica, por sua vez, automatiza tarefas repetitivas e garante precisão nas operações, reduzindo a margem de erro e aumentando a produtividade. Essa sinergia tecnológica, combinada com a gestão integrada do Design-Build, possibilita uma tomada de decisões mais rápida e assertiva, resultando em uma construção mais eficiente e na entrega antecipada dos projetos.

Conclui-se que o Design-Build se revela como uma metodologia inovadora e eficaz para a construção civil, capaz de acompanhar a evolução constante do setor. A demanda por soluções personalizadas e a busca por otimização de processos impulsionam a adoção do Design-Build, que oferece maior agilidade, flexibilidade e integração entre as etapas do projeto, alinhando-se perfeitamente às tendências do mercado.

Referências

ALBUQUERQUE, Ana E. C. de; PRIMO, Marcos André de Mendes; PEREIRA, Felipe Augusto. **Vantagens, riscos e desvantagens na adoção do método de contratação design-build pelo**

setor público brasileiro. Revista Brasileira de Gestão de Negócios, São Paulo, v. 17, n. 54, p. 828-838, jan./mar. 2015.

ALLEN, Linda. **Comparison of Design-Build to Design-Bid-Build as a project delivery method.** Naval Postgraduate School, 2001.

ANANE, Walid; IORDANOVA, Ivanka; OUELLET-PLAMONDON, Claudiane. **Building Information Modeling (BIM) and Robotic Manufacturing Technological Interoperability in Construction – A Cyclic Systematic Literature Review.** Digital Manufacturing Technology, v. 3, n. 1, p. 1-29, 3 fev. 2023.

BEARD, Jeffrey L.; LOUKAKIS, Edward C.; WEAVER, Michael C. **Design-Build: Planning Through Development.** New York: McGraw-Hill, 2001.

CAMARGO, Antônio. **Gestão de Projetos na Construção Civil.** São Paulo: Editora Técnica, 2014.

CUSHMAN, Robert F.; LOULAKIS, Michael C. **Design-build contracting handbook.** Aspen Law & Business, 2001.

DBIA. **Design-Build Data Sourcebook.** Washington, 2023a. Disponível em: <https://store.dbia.org/product/2023-design-build-data-sourcebook/>. Acesso em: 13 set. 2024.

DBIA. **Virtual Design & Construction Primer.** Washington, 2023b. Disponível em: <https://store.dbia.org/product/virtual-design-construction-primer/>. Acesso em: 13 set. 2024.

DUSTY ROBOTICS. Disponível em: www.dustyrobotics.com. Acesso em: 13 set. 2024.

HALE, Darren R.; SHRESTHA, Pramen P.; GIBSON, Gene Edward; MIGLIACCIO, Giovanni C. **Empirical comparison of design/build and design/bid/build project delivery methods.** Journal of Construction Engineering and Management, v. 135, n. 7, p. 579-587, 2009.

KONCHAR, Mark; SANVIDO, Victor. **Comparison of U.S. project delivery systems.** Journal of Construction Engineering and Management, v. 124, n. 6, p. 435-444, 1998.

MOLENAAR, Keith; FRANZ, Bryan. **Revisiting project delivery performance 1998–2018.** Design-Build Institute of America, 2018.

MOLENAAR, Keith; SONGER, Anthony. **Modeling the relationship between project delivery and performance in North America.** Journal of Construction Engineering and Management, v. 124, n. 6, p. 499-508, 1998.

MOLENAAR, Keith; SONGER, Anthony. **Selecting design-build: public and private sector owner attitudes.** Journal of Management in Engineering, v. 12, n. 6, p. 47-53, 1996.

NÓBREGA, Maria Sylvia Zanella Di Pietro. **Contratação integrada: Inovações da Lei nº 12.462/11 (RDC) e suas implicações para o setor público brasileiro.** Revista de Direito Público, v. 12, n. 2, p. 125-138, 2015.

OLIVEIRA, Ana Beatriz de Figueiredo; GIACAGLIA, Marcelo Eduardo. **Collaborative or adversarial production and BIM: a method for better understanding of contracting types, based on BPMN.** XXII Congresso Da Sociedade Iberoamericana De Gráfica Digital, USP, São Carlos, 2018.



Gestão & Gerenciamento

DESCOMISSIONAMENTO DE PLATAFORMAS DE PETRÓLEO *OFFSHORE*

DECOMMISSIONING OFFSHORE OIL PRODUCTION PLATFORMS

Dayana de Oliveira Machado Borges

Gestão e Gerenciamento de Projetos; Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro,
RJ, Brasil.

dayana_borges@hotmail.com

Reynaldo Galvão Antunes

Mestre em Sistemas de Gestão, Universidade Federal Fluminense; EMMATECH Engenharia
Ltda, Diretor de Sustentabilidade, Rio de Janeiro, RJ, Brasil.

reynaldo.antunes@emmatech.com.br

Resumo

Todo projeto passa por várias fases, e isso se aplica também a uma unidade produtiva de petróleo, onde cada etapa é fundamental. Ao final de um projeto, seja por inviabilidade econômica ou por exaustão física, ocorre o encerramento. Este trabalho foca na fase final da vida das plataformas de produção de petróleo offshore: o descomissionamento. No Brasil, diversas unidades estão alcançando esse estágio crítico, especialmente devido ao amadurecimento dos campos de petróleo. Serão discutidas as dificuldades, alternativas e possibilidades envolvidas, levando em conta as técnicas, ferramentas e métodos utilizados nesse processo. Serão destacados aspectos como altos investimentos, impactos ambientais, metodologias de desmonte e a regulamentação brasileira, entre outros. O objetivo deste artigo é apresentar uma estrutura concisa para o descomissionamento de plataformas, alinhada às exigências atuais por práticas empresariais socialmente responsáveis.

Palavras-chave: plataformas; descomissionamento; projetos.

Abstract

Every project goes through several phases, and this also applies to an oil production unit, where each stage is fundamental. At the end of a project, whether due to economic unfeasibility or physical exhaustion, closure occurs. This work focuses on the final phase of the life of offshore oil production platforms: decommissioning. In Brazil, several units are reaching this critical stage, especially due to the maturation of oil fields. The difficulties, alternatives and possibilities involved will be discussed, taking into account the techniques, methods and used tools in this process. Aspects such as high investments, environmental impacts, dismantling methodologies and Brazilian regulations, among others, will be highlighted. The article objective is to present a concise framework for platform decommissioning, aligned with current demands for socially responsible business practices.

Keywords: platforms; decommissioning; projects

1 Introdução

O setor de produção de gás natural e petróleo no Brasil, se concentra, em grande parte, em campos marítimos. Dos 9.123 poços que estão atualmente em operação, 789 estão localizados em águas profundas, e, desses, 64 são específicos da camada do pré-sal, uma região conhecida por sua rica concentração de hidrocarbonetos (SDP-ANP, 2024). Neste contexto, o país conta, no presente, com aproximadamente 167 unidades estacionárias de produção (UEP) que operam em alto-mar. Essas estruturas são projetadas e construídas para se adaptar a um campo específico destinado à extração de petróleo ou gás, com uma vida útil que varia entre 20 a 30 anos, permitindo, assim, uma exploração eficiente e sustentável dos recursos energéticos marinhos.

Assim, as atividades relacionadas à extração de petróleo e gás em uma região inevitavelmente chegam a uma fase final conhecida como abandono. Essa etapa pode ser desencadeada por diversos fatores, como condições técnicas adversas, exaustão dos recursos ou inviabilidade econômica. Consequentemente, ocorre a desativação da infraestrutura existente. O abandono é definido como a fase final da vida útil das instalações de produção, durante a qual são realizadas a desativação das estruturas, o tamponamento dos poços produtores, o desmantelamento e a remoção dos equipamentos. Esse processo é frequentemente referido como descomissionamento.

Segundo Santos (2011), as operações de descomissionamento são relativamente recentes, especialmente nos campos brasileiros. A indústria nacional está apenas começando a enfrentar o desafio do encerramento da vida produtiva de alguns campos e da vida útil das plataformas nas áreas exploratórias e produtivas de petróleo e gás. Essa tarefa se torna ainda mais complexa devido à profundidade das regiões onde os sistemas estão instalados.

De acordo com Silva e Mainer (2008), o projeto de descomissionamento é um processo complexo que se divide em cinco etapas fundamentais. A primeira etapa envolve o planejamento e o gerenciamento do projeto, onde são traçadas as diretrizes e estratégias para garantir que todas as fases subsequentes sejam realizadas de forma eficaz e planejada. A segunda etapa consiste no encerramento da produção de óleo e gás, marcando a transição das atividades de extração para a fase de desativação. Em seguida, ocorre a remoção da estrutura offshore, que inclui o desmantelamento das plataformas e a retirada dos equipamentos instalados.

A quarta etapa abrange a disposição final ou reciclagem dos equipamentos que foram removidos, assegurando que materiais possam ser reaproveitados de maneira adequada, minimizando impactos ambientais. Por último, a etapa final envolve a limpeza e o monitoramento do ambiente submarino, garantindo que a área seja restaurada e monitorada para evitar qualquer tipo de contaminação residual.

O conjunto dessas etapas visa assegurar que o processo de desmantelamento das atividades de produção de gás e petróleo seja conduzido de maneira segura e eficiente, atendendo a todas as normas e regulamentos pertinentes. Neste trabalho, a pesquisa se dedica a dissertar o processo de descomissionamento das plataformas no Brasil, com ênfase nos aspectos regulatórios que cercam esse importante procedimento.

Para Ruivo (2011), atualmente, existem cinco abordagens distintas para o descomissionamento de estruturas no ambiente submarino: (a) remoção completa com descarte na superfície; (b) remoção completa com descarte no fundo do mar; (c) remoção parcial; (d) tombamento no local; e (e) abandonar a estrutura no local podendo ser reaproveitada em outro projeto. Cada uma dessas opções apresenta diferentes níveis de impacto, que variam de acordo com a área e são influenciados por fatores ambientais, como a biodiversidade local, além de considerações econômicas, sociais e políticas.

O descomissionamento da atividade de petróleo e gás é uma fase delicada que pode trazer uma série de impactos. Nesse momento, os custos costumam ser elevados, e os lucros podem ser praticamente inexistentes. Além disso, todo esse processo deve seguir rigorosas regulamentações legais no país. Por isso, é essencial que a gente converse e reflita sobre esses assuntos, levando em conta suas implicações para o meio ambiente e a sociedade.

2 Metodologia

Foi realizada uma pesquisa abrangente que incluiu produções científicas, bem como legislações e normas atuais relacionadas ao descomissionamento de estruturas de produção offshore. Além disso, foram realizados levantamentos e análises detalhadas sobre o cenário nacional dessas estruturas e o potencial para o descomissionamento delas. As informações sobre a infraestrutura de produção de petróleo e gás no ambiente offshore foram coletadas no site da ANP, especificamente na seção dedicada a dados estatísticos mensais, com foco nos

dados referentes ao mês de junho de 2024. Essa investigação visa proporcionar uma visão mais clara e fundamentada sobre a situação atual e os desafios que o descomissionamento pode apresentar.

3 Descomissionamento

Segundo Pereira (2004), o descomissionamento é um conjunto de atividades que marca o encerramento das operações dos sistemas de produção de petróleo e gás, abrangendo plataformas, poços e equipamentos submarinos que estão chegando ao fim de sua vida operacional e produtiva. Essa etapa é crucial no ciclo de vida das infraestruturas marinhas. À medida que os campos de petróleo se esgotam ou se tornam economicamente inviáveis, é necessário remover essas estruturas de maneira segura e sustentável. O grande desafio consiste em garantir que esse processo minimize os impactos ambientais, ao mesmo tempo em que maximiza a recuperação de recursos, respeitando tanto a natureza quanto a necessidade de uma transição responsável na indústria.

O descomissionamento refere-se ao processo de retirada e desmantelamento de plataformas e equipamentos utilizados na exploração e produção de petróleo e gás. Isso envolve a gestão de resíduos, a desmontagem de estruturas e a restauração dos ambientes afetados. Com a crescente demanda para reduzir as emissões de carbono e proteger ecossistemas marinhos, o descomissionamento sustentável tornou-se uma prioridade.

3.1 Desafios Ambientais e Econômicos

Segundo Silva e Mainer (2008), o descomissionamento de plataformas pode enfrentar vários desafios, tanto ambientais quanto econômicos. Entre os principais problemas estão impactos ambientais, custos elevados, regulamentação e compliance conforme demonstrado a seguir:

- a) **Impactos Ambientais:** O processo pode gerar poluição marinha e afetar ecossistemas locais. Resíduos tóxicos e materiais contaminados precisam ser tratados e descartados adequadamente.
- b) **Custos Elevados:** A remoção e o tratamento de plataformas podem ser extremamente caros, especialmente para estruturas em águas profundas. O custo pode ser um impedimento significativo para empresas, que podem buscar soluções mais econômicas, mas potencialmente menos sustentáveis.
- c) **Regulamentação e Compliance:** As leis e regulamentações para descomissionamento podem variar significativamente entre países, o que pode complicar a implementação de práticas uniformes e eficazes.

Segundo Silva e Mainer (2008), o descomissionamento sustentável busca promover a recuperação de recursos, reduzindo assim o impacto ambiental das operações. Algumas práticas incluem o planejamento e avaliação, recuperação e utilização, gestão de resíduos e restauro de ecossistemas, todos descritos a seguir:

- d) **Planejamento e Avaliação:** Um planejamento detalhado é fundamental. Avaliações de impacto ambiental e estudos de viabilidade ajudam a identificar as melhores abordagens e tecnologias a serem utilizadas.

e) Recuperação e Reutilização: Sempre que possível, os materiais e componentes das plataformas devem ser reciclados ou reutilizados. Isso pode incluir a desmontagem de estruturas para reaproveitamento em novos projetos ou a recuperação de metais e outros materiais valiosos.

f) Gestão de Resíduos: O tratamento e descarte adequado de resíduos perigosos são essenciais para minimizar a poluição. Tecnologias avançadas podem ajudar a tratar resíduos de forma mais eficiente e menos poluente.

g) Restauo de Ecossistemas: Após a remoção das estruturas, o ambiente marinho deve ser restaurado. Isso pode envolver a replantação de vegetação marinha e a monitorização dos impactos a longo prazo.

3.2 Descomissionamento das plataformas offshore no Brasil

Atualmente, o descomissionamento dos campos de petróleo e gás offshore no Brasil é guiado por uma série de leis federais e regulamentações da ANP. A Lei Federal nº 9.478, de 1997, estabelece que, ao final da concessão, os concessionários têm a responsabilidade de retirar os equipamentos e bens que não precisam ser retornados ao governo. Além disso, eles devem reparar ou indenizar quaisquer danos causados por suas atividades e realizar as ações de recuperação ambiental determinadas pelos órgãos competentes.

A Portaria da ANP nº 25, de 2002, regula o abandono de poços que foram perfurados para exploração ou produção de petróleo e gás. Já a Resolução nº 27, de 2006, define as diretrizes para o Programa de Desativação de Instalações (PDI). Esses regulamentos são essenciais para garantir que o processo de descomissionamento seja realizado de maneira responsável e que os impactos ambientais sejam minimizados.

É importante destacar que a Resolução nº 27, em seus artigos 2º e 3º, estabelece que, ao final da fase de produção de um empreendimento, ou em caso de rescisão do contrato de concessão, ou ainda quando a ANP considerar necessário, o concessionário deve entregar à ANP o Programa de Desativação de Instalações (PDI) para as estruturas que foram retiradas definitivamente de operação. Conforme o cronograma estipulado no relatório, após concluir as 17 atividades previstas no PDI, o concessionário deverá apresentar à ANP o Relatório Final de Desativação de Instalações (ANP, 2006). Abaixo, no Quadro 1, estão listados os conteúdos necessários para a elaboração do PDI.

Quadro 1 - Conteúdo para a elaboração Programa de Desativação de instalações

Referência	Indicação do número do Contrato de Concessão; Campo de produção de gás natural ou petróleo; Data de emissão e número da revisão do Programa de Desativação de Instalações (PDI); Informar sobre a desativação do sistema de produção (total ou parcial)
Motivo para desativação	Apresentação sobre os motivos para a Desativação das Instalações Previstas
Objetivo (Poços, linhas e outras instalações)	Fornecer uma descrição concisa das Instalações de Produção que serão desativadas, detalhando seu tipo, função dentro do Sistema de Produção e especificações técnicas.
Premissas	Justificar a escolha para os procedimentos de construções e remoção de instalações,

	Justificar tecnicamente caso não ocorra remoção das instalações; Descrever as operações de limpeza e descarte de produtos perigosos e nocivos eventualmente dispostas nas Instalações de Produção; Detalhar as atividades para a restauração das áreas marinhas, inclusive aquelas que citam a recuperação dos impactos ambientais causados pela desinstalação de estruturas, considerando os métodos de limpeza, recuperação a ser utilizada, incluindo as áreas dos deque e das vias de acesso.
Cronogramas	Cronograma das operações, detalhado por Instalação de Produção apontada no item anterior, e fases (demolição, remoção, e recuperação de áreas); Informar previsão de entrega do Relatório Definitivo de Desativação de Instalações.
Programa de desativação apresentado ao órgão pertinente	Anexar uma cópia do programa de desativação da atividade de produção que foi submetido ao órgão ambiental durante o processo de licenciamento da instalação do sistema de produção e escoamento do campo e/ou de seus componentes, incluindo a versão mais recente. Também deve ser incluída uma cópia dos condicionantes relacionados à desativação que constam nas respectivas licenças.
Apresentação das atividades realizadas (Poços, linhas e outras instalações)	Apontar as atividades de remoção das instalações e recuperação das áreas dando ênfase aos aspectos de proteção ambiental e segurança operacional, considerando registro fotográfico com identificação das instalações e áreas.

Fonte: Adaptado de Resolução da ANP nº 27 de 2006.

De acordo com Teixeira e Machado (2012), o descomissionamento de plataformas de petróleo e gás é um processo essencial ao fim do projeto que pode variar bastante dependendo das circunstâncias em que a estrutura se encontra. Será explorado como diferentes abordagens são aplicadas de forma mais fluida e conectada. Cada método de descomissionamento tem seus próprios desafios e benefícios, e a escolha entre eles pode depender de vários fatores, incluindo o tipo de estrutura, localização e regulamentações.

Quando a abordagem aplicada se trata de descomissionamento total, se refere ao método mais abrangente e complexo. Esse processo envolve a remoção completa da plataforma e de todos os seus componentes. Cada peça do equipamento e cada estrutura são cuidadosamente desmontados, o que pode exigir guindastes enormes e tecnologias avançadas. Após a desmontagem, os materiais são transportados para instalações de reciclagem ou descarte. Metais, plásticos e outros materiais são reciclados sempre que possível, enquanto resíduos perigosos são tratados de acordo com as regulamentações. Além disso, uma vez que a estrutura foi removida, a área é restaurada, o que pode incluir a replantação de vegetação marinha e a monitoração contínua para garantir que o ambiente esteja se recuperando adequadamente. Embora esse método seja o mais impactante em termos de logística e custo, é também o mais completo quando se trata de remoção e restauração ambiental.

No caso do descomissionamento parcial, a abordagem é distinta: a plataforma é desmantelada apenas em parte, deixando algumas partes da estrutura no lugar. Essa decisão pode ser tomada por várias razões: a remoção completa pode ser extremamente cara ou tecnicamente desafiadora, ou a remoção poderia causar mais danos ao meio ambiente do que simplesmente deixar algumas partes no fundo do mar. Além disso, algumas regulamentações permitem que partes da estrutura permaneçam, desde que não representem riscos

ambientais significativos. Por exemplo, pilastras e fundações podem ser deixadas no fundo do mar, onde podem até servir como habitat para a vida marinha, promovendo a biodiversidade.

O descomissionamento subaquático é uma abordagem especializada, frequentemente utilizada em águas profundas onde o acesso é mais difícil. Nesse método, a desmontagem é realizada debaixo d'água usando veículos operados remotamente (ROVs) e outras tecnologias avançadas. O gerenciamento dos resíduos é igualmente crucial e deve seguir as regulamentações, sendo que a logística é mais complexa devido à profundidade.

Outra abordagem é o descomissionamento através da reutilização, onde a estrutura não é removida, mas adaptada para novos usos. Isso pode incluir a transformação da plataforma em um habitat artificial para a vida marinha, ajudando a promover a biodiversidade, ou a adaptação da estrutura para novas finalidades, como turismo ou pesquisa científica. Esse tipo de descomissionamento pode trazer benefícios ecológicos e econômicos, mas requer um planejamento cuidadoso para garantir que a nova função não cause problemas ambientais.

Finalmente, o descomissionamento por isolamento é uma abordagem em que a plataforma é deixada no fundo do mar, mas de forma segura, para evitar impactos ambientais futuros. Isso envolve selar os poços de petróleo ou gás para prevenir vazamentos e monitorar a área regularmente para garantir que não surjam problemas.

Cada uma dessas abordagens tem seus próprios desafios e vantagens, e a escolha do método mais adequado depende de vários fatores, incluindo custos, impacto ambiental e regulamentações locais.

4 Tipos de plataformas de petróleo e gás passíveis de descomissionamento

As plataformas são imensas estruturas que são montadas em locais específicos para a produção de petróleo. A escolha do tipo de plataforma geralmente é baseada, principalmente, na profundidade do local onde será instalada. (RUIVO, 2001).

4.1. Plataformas fixas

Essas plataformas são projetadas tanto para a produção quanto para a perfuração de petróleo. Sua principal característica é a estrutura de revestimento, composta por tubos de aço, conhecida como jaqueta. Além disso, elas possuem uma estrutura treliçada que é ancorada ao fundo do mar por meio de estacas.

As plataformas fixas são um componente vital da infraestrutura de exploração e produção de petróleo e gás no Brasil, especialmente em águas rasas, onde o país possui vastos recursos. Essas estruturas majestosas e robustas desempenham um papel crucial na indústria petrolífera e na economia nacional. Vamos explorar o funcionamento e a importância dessas plataformas de uma forma acessível e detalhada.

A operação de uma plataforma fixa envolve uma série de etapas meticulosas. Primeiro, a perfuração é realizada para alcançar as reservas de petróleo ou gás localizadas no fundo marinho. A plataforma precisa suportar a perfuração profunda e o equipamento necessário. Após a perfuração, o petróleo e o gás são extraídos e processados no próprio convés da plataforma. A manutenção dessas plataformas é crucial, considerando a agressividade do ambiente marinho. Manter a integridade estrutural e o funcionamento dos equipamentos é

uma tarefa desafiadora, e as plataformas são submetidas a inspeções e manutenção regulares para garantir sua longevidade e segurança (SANTOS, 2021).

4.2. Plataforma semissubmersível

A plataforma semissubmersível é um tipo de instalação muito utilizada no sistema de produção, projetada para operar em alto-mar e realizar a perfuração e produção de petróleo e gás em águas profundas. Ela se apoia em colunas e pontoons submarinos, que formam a ligação estrutural, permitindo uma flutuação ajustável. A profundidade da plataforma é regulada por um sistema de bombeamento que movimenta água para dentro e para fora dos tanques de lastro.

Graças a essa estrutura, os flutuadores permanecem sempre abaixo das ondas, garantindo uma maior estabilidade. Para se manterem no lugar, essas plataformas são ancoradas com oito a doze âncoras e cabos, evitando qualquer deslocamento causado por fatores físicos, como ondas, correntes marítimas ou ventos. Uma das grandes vantagens desse tipo de instalação é sua excelente mobilidade, que permite que a unidade se adapte às condições do mar, como correntes e ventos, além de possibilitar a desconexão e o deslocamento ao final de uma operação (STANIEWICZ, 2014).

Segundo Staniewicz (2014), a principal função de uma plataforma semissubmersível é perfurar e extrair petróleo e gás de reservas localizadas em águas profundas, muitas vezes a vários quilômetros abaixo da superfície. Graças ao seu design inovador, que distribui seu peso de maneira eficiente e se ancora ao fundo do mar, ela pode suportar o peso dos equipamentos pesados e resistir às forças das tempestades e ondas gigantes. Uma das características mais notáveis dessas plataformas é a sua estabilidade. Apesar de estarem flutuando, a estrutura submersa ajuda a minimizar o impacto das ondas e das correntes marítimas, garantindo que a plataforma permaneça nivelada e segura durante as operações. Isso é crucial para garantir a segurança dos trabalhadores e a eficiência das operações de perfuração.

A plataforma semissubmersível também possui sistemas avançados de navegação e ancoragem, que permitem que ela se mantenha no lugar mesmo em locais remotos e desafiadores. A sua mobilidade permite que seja deslocada para diferentes locais de perfuração, conforme novas reservas de petróleo e gás são descobertas.

4.3. Plataformas auto-eleváveis

Segundo Mello e Lima (2006), também conhecida como “jack-up”, a Plataforma Auto elevável é utilizada exclusivamente para a perfuração de poços, não sendo empregada na produção. Projetada para águas rasas de até 150 metros de profundidade, essa plataforma é composta por um casco flutuante e possui três ou quatro pernas de aço que se autoelevam. Ao chegar ao local de perfuração, as pernas são acionadas mecanicamente ou hidráulicamente em direção ao leito marinho. Após se fixarem no fundo do mar, a plataforma é elevada a uma altura desejada acima do nível do mar.

Essas plataformas são projetadas para atuar em águas rasas e consistem em uma balsa com estruturas de apoio que se movimentam para baixo, seja de forma mecânica ou hidráulica, até atingirem o fundo do mar. Uma de suas principais vantagens é a boa estabilidade que oferecem. Elas são móveis e podem ser transportadas por rebocadores ou ter propulsão própria. Durante a movimentação, as pernas da plataforma são elevadas, permitindo que o conjunto seja rebocado até seu novo destino. A grande vantagem desse tipo

de plataforma é sua capacidade de locomoção, pois podem ser facilmente transportadas por embarcações rebocadoras, mantendo as características de uma estrutura fixa e permitindo o controle dos poços na superfície (STANIEWICZ, 2014).

4.4. Plataformas FPSO

Segundo Mariano (2007), as plataformas FPSO (Floating Production Storage and Offloading) são estruturas flutuantes essenciais para a indústria de petróleo e gás. Essas plataformas desempenham três funções principais: produção, armazenamento e descarregamento de petróleo e gás. Primeiramente, a FPSO é equipada com instalações para extrair petróleo e gás diretamente do fundo do mar, utilizando sistemas avançados que a conectam a poços submarinos.

Após a extração, a FPSO processa esses recursos, removendo impurezas e preparando o produto para armazenamento. O desenvolvimento das FPSO foi impulsionado pela necessidade de exploração em águas profundas e pela disponibilidade de navios petroleiros que estavam chegando ao fim de sua vida útil. O convés da FPSO possui uma seção dedicada onde o fluido extraído é armazenado, tratado e separado. O petróleo é então armazenado em tanques, de onde é transferido para um navio petroleiro aliviador, que leva o produto para uma unidade de refino em terra. As maiores FPSOs têm uma capacidade de produção diária de até 200 mil barris de petróleo e 2 milhões de metros cúbicos de gás.

Segundo Staniewicz (2014), uma das grandes vantagens das plataformas FPSO é sua mobilidade. Diferente de plataformas fixas que são ancoradas no fundo do mar, uma FPSO pode ser movida para diferentes locais conforme as necessidades de exploração e produção mudam. Isso é especialmente útil em áreas onde os recursos são encontrados em locais diversos ou em águas profundas.

Em suma, uma FPSO é como uma cidade flutuante no oceano, com toda a infraestrutura necessária para extrair, processar, armazenar e transferir petróleo e gás, tudo enquanto se adapta às exigências do ambiente marinho e contribui significativamente para a produção global de energia.

4.5. Plataformas tipo sonda

O navio sonda é um outro tipo de plataforma projetada para a perfuração de poços submarinos. Ele se diferencia do FPSO principalmente pela sua estrutura topside. Essa plataforma funciona como uma verdadeira indústria autossuficiente, composta por diversos sistemas que a tornam quase independente dos serviços fornecidos pela terra firme. Os navios sondas são equipados para receber uma torre de perfuração, que passa por cima do casco. (AGUIAR, 2010).

Além disso, essas plataformas contam com propulsores que neutralizam os efeitos de ventos, ondas e correntes marinhas, garantindo uma operação estável. Elas são amplamente utilizadas na extração de petróleo em águas profundas, geralmente a partir de 1.000 metros de profundidade.

4 Considerações finais

Considerando as características da produção offshore no Brasil, conclui-se que o descomissionamento de suas estruturas representa um desafio eminente ao país,

principalmente devido à carência de legislações ambientais que regulamentes estas atividades. Portanto é necessário melhor regulamentação, tecnologias e planejamento financeiro para a esta etapa da produção de petróleo e gás. O descomissionamento de plataformas, uma etapa essencial na indústria de petróleo e gás, vai além dos aspectos técnicos e revela um panorama complexo e interligado de desafios econômicos, ambientais e sociais. Durante este artigo, foi apresentado de forma sucinta esse processo, entendendo que seu impacto é muito maior do que a simples retirada de estruturas.

A fase de descomissionamento tem um grande potencial para gerar impactos ambientais negativos, os quais precisam ser cuidadosamente analisados e considerados na hora de escolher o método de descomissionamento. No Brasil, a maioria das plataformas de produção offshore é fixa, e sua desmobilização envolve complexidades operacionais, ambientais e de custos. Uma alternativa viável para algumas dessas estruturas é sua conversão em recifes artificiais.

No entanto, o Brasil está testemunhando um aumento no número de estruturas offshore em águas profundas, que são frequentemente equipadas com Unidades Estacionárias de Produção (UEPs) flutuantes, proporcionando maior mobilidade e facilitando a remoção. Por outro lado, o descomissionamento dos sistemas submarinos ainda representa um desafio significativo devido à profundidade, exigindo tecnologia avançada e investimentos substanciais para garantir que essas operações sejam realizadas de forma a minimizar os impactos ambientais negativos.

O que fica claro é que o descomissionamento é mais do que uma questão de desmontar e remover equipamentos; é um momento importante para refletir sobre como podemos minimizar os danos e buscar alternativas sustentáveis. Trata-se de um esforço que deve ser planejado com extremo cuidado, levando em conta não apenas a segurança imediata, mas também as consequências a longo prazo para o meio ambiente e para as comunidades envolvidas.

Conclui-se este estudo com a certeza de que, embora o caminho à frente seja cheio de obstáculos, ele também é repleto de oportunidades para deixar um impacto positivo. O descomissionamento deve ser visto como um passo em direção a um futuro mais sustentável, onde o cuidado com os recursos e com o meio ambiente é uma prioridade.

5 Referências bibliográficas

ANP. Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis, 2002. **Portaria ANP nº 25, de 06 de março de 2002**. Disponível em: <<http://www.anp.gov.br/>> Acessado em: 20/08/2024.

ANP. Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis, 2006. **Resolução ANP nº 27 de 18 de outubro de 2006**. Disponível em: <<http://www.anp.gov.br/>> Acessado em: 20/08/2024.

AGUIAR, R. O. de. **Condicionamento e Comissionamento dos Sistemas Elétricos da Sonda Petrobras III 1000. 2010. 56 f. Monografia (Especialização)** - Curso de Engenharia de Condicionamento e Comissionamento, Departamento de Engenharia Mecânica, Universidade Federal do Espírito Santo, Vitória, 2010. Disponível em:

http://mecanica.ufes.br/sites/engenhariamecanica.ufes.br/files/field/anexo/rogerio_aguiar-final01.pdf. Acessado em: 20/08/2024.

MARIANO, J.; ROVERE, L. E.; **Oil and gas exploration and production activities in Brazil: The consideration of environmental issues in the bidding rounds**. *Energy Policy*. V. 35, p. 2899–2911, 2007.

PEREIRA, F. A. P. **Metodologia de análise econômica de projetos de óleo e gás**. Monografia, Engenharia de Produção - Escola de Engenharia, UFRJ: Rio de Janeiro. 2004.

RUIVO, F. M., 2001. **Descomissionamento de sistemas de produção offshore**. Dissertação de mestrado, Ciências e Engenharia de Petróleo - UNICAMP: Campinas.

RUIVO, F. M.; MOROOKA, C. K.; GUERRA, S. M., 2001. **Descomissionamento de instalações offshore**. In: XVI Congresso Brasileiro de Engenharia Mecânica - Uberlândia.

SANTOS, L. F. D., 2011. **Descomissionamento de sistemas offshore técnicas, potenciais problemas e riscos relacionados ao final da vida produtiva**. Relatório de Projeto Final em Engenharia Naval - Universidade Federal do Rio de Janeiro, Escola Politécnica: Rio de Janeiro.

STANIEWICZ, A. J. B. **Atividade de Perfuração Offshore e os Impactos Causados pelo Fluido de Perfuração e Cascalho**. 2014. 60 f. Monografia (Graduação) - Curso de Aperfeiçoamento de Oficial da Náutica, Rio de Janeiro. Centro de Instrução Almirante Graça Aranha, 2014.

SILVA, R. S. L.; MAINIER, F. B., 2008. **Descomissionamento de sistemas de produção offshore de petróleo**. In: IX Congresso Nacional de Excelência em Gestão - Rio de Janeiro. Resumos.

Superintendência de Desenvolvimento e Produção – SDP/ANP, 2024. Boletim da Produção de Petróleo e Gás Natural – Circulação Externa. **ANP**. N. 78, julho. Acessado em: 23/08/2024.

TEIXEIRA, B. M.; MACHADO, C. J. S., 2012. **Marco regulatório brasileiro do processo de descomissionamento ambiental da indústria do petróleo**. *Revista de Informação Legislativa* - Brasília, a. 49, n. 196, p. 183-203.



Gestão & Gerenciamento

O USO DA TECNOLOGIA NA CONSTRUÇÃO CIVIL PARA AUMENTO DE PRODUTIVIDADE E MELHORIA DA GESTÃO

*THE USE OF TECHNOLOGY IN CIVIL CONSTRUCTION FOR INCREASED
PRODUCTIVITY AND IMPROVED MANAGEMENT*

Beatriz Alves da Costa

Arquiteta e Urbanista, M.Sc.; Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, RJ,
Brasil

bia-ac1@hotmail.com

Vania Maria Ducap

Mestre em Arquitetura, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, RJ, Brasil

vaniaducap@yahoo.com.br

Resumo

A construção civil no Brasil ainda é deficitária em relação às demais indústrias que já estão evoluindo para 4.0. Apesar dos avanços da década de 1940, onde o Brasil se destacou no conhecimento de técnicas avançadas de construção, essa evolução foi desacelerada e hoje é muito tímida. Percebe-se que a construção civil, apesar de ser um setor vital para desenvolvimento da economia, ainda precisa de muitos avanços, tanto em tecnologia quanto sustentabilidade e segurança. Nota-se baixo incentivo das construtoras devido aos custos de implementação de tecnologias. Existem diversas inovações acessíveis da indústria da construção 4.0 tais como drones, tecnologia Bim, softwares e sistemas de gestão, entre outros. O objetivo deste trabalho é buscar alternativas tecnológicas e práticas para melhoria da eficiência, produtividade e sustentabilidade em todo o ciclo de vida de um projeto, adotando os conceitos da Construção 4.0. Com um mercado bem mais competitivo, as empreiteiras devem visualizar a inovação como oportunidade de melhoria e otimização de recursos, bem como um mecanismo de gestão mais confiável.

Palavras-chave: Indústria 4.0; Tecnologia; Inovação; Construção Civil

Abstract

The construction industry in Brazil is still lagging compared to other industries that are evolving to Industry 4.0. Despite the advances made in the 1940s, when Brazil stood out for its knowledge of advanced construction techniques, this evolution slowed down and is now very modest. It is evident that the construction sector, despite being vital for economic development, still requires significant progress in technology, sustainability, and safety. There is a noticeable lack of incentive from construction companies due to the high costs of implementing new technologies. Various accessible innovations from Industry 4.0 are available in the construction sector, such as drones, BIM technology, software, and management systems, among others. The aim of this work is to explore technological alternatives and modern practices to improve efficiency, productivity, and sustainability throughout the lifecycle of a project by adopting the concepts of Construction 4.0. With an increasingly competitive market, construction companies should view innovation as an opportunity for improvement and resource optimization, as well as a more reliable management mechanism.

Keywords: Industry 4.0; Technology; Innovation; Construction

1 Introdução

Apesar de muitas discussões sobre o tema Indústria 4.0, muitas pessoas ainda não sabem o que é e quais os impactos que a tecnologia pode trazer para um país em desenvolvimento como o Brasil.

A denominação Indústria 4.0 foi adotada na Alemanha em 2011 e foi conhecida como quarta revolução industrial, que se baseia na combinação de tecnologias inovadoras com a capacidade humana, buscando mudar o sistema industrial, de forma a este se tornar um sistema mais eficiente.

Segundo Brettel *et al* (2014), "a Indústria 4.0 teve sua 1ª aparição na feira de Hannover em 2011, onde houve a promessa do aumento de produtividade, economia de energia, além de corte de gastos e diminuição dos erros no processo produtivo".

A primeira revolução ocorreu entre 1760 - 1840, foi motivada pela o uso do carvão como combustível para máquinas a vapor (que foram desenvolvidas nessa mesma época) e a construção das ferrovias. A segunda revolução ocorreu no fim do século XIX motivada pelo

uso da eletricidade, a criação do aço, os combustíveis derivados de petróleo e a linha de montagem. A terceira revolução ocorreu já no século XX e foi conhecida como a era da informática. A quarta revolução, que é atual, é conhecida como a revolução da conectividade, considerada “a era dos dados e da tecnologia”.

A evolução tecnológica permite que empresas utilizem as redes de comunicação e tecnologia para gerenciar o seu processo, de forma a controlar como, quando e onde produzir, bem como propor o ciclo PDCA (melhoria contínua) na sua cadeia produtiva, baseado na premissa fazer mais com menos.

Este artigo tem como objetivo identificar os principais impactos da Indústria 4.0 na construção civil, tanto em sua aplicação quanto no desenvolvimento das técnicas envolvidas, e analisar as mudanças ocorridas ao longo da evolução até a quarta revolução industrial bem como sua aplicação no setor da construção.

2 Indústria 4.0 na Construção Civil

Em meados de 2011, surgiu a primeira referência a uma nova revolução, atribuída à Alemanha, onde houve uma ação conjunta entre autoridades governamentais, além da iniciativa privada e acadêmica, com o objetivo de tornar a indústria alemã mais competitiva. Como o próprio nome sugere, uma revolução representa uma mudança drástica em diversos eixos, marcando assim o início da 4ª Revolução Industrial.

Seguem algumas tecnologias usadas:

- Utilização de análise virtual para a gestão e o desenvolvimento de projetos, unindo as visões do mundo físico e digital;
- Utilização de impressão 3D para criação de objetos tridimensionais a partir de modelos digitais, que se inicia com um modelo digital e depois sua impressão camada a camada;
- Utilização de Robôs independentes, máquinas inteligentes projetadas para executar tarefas, com pouca ou nenhuma ação humana, de forma a aumentar a complexidade das tarefas;
- Utilização da Inteligência artificial através de máquinas inteligentes, reduzindo o uso de mão de obra humana;
- Uso de realidade aumentada, através de ferramentas para a interação on-line entre dispositivos e sistemas com conectividade;
- Conexão entre ambientes, máquinas, equipamentos/veículos, através da troca de dados entre ambientes reais e virtuais;
- Utilização de armazenamentos de dados para posterior análise;
- Computação em nuvem, através de servidores remotos hospedados na Internet;
- Segurança Cibernética, de forma a proteger as informações com o intuito de evitar fragilidades e vazamento de dados.

A Indústria 4.0, representa uma transformação profunda nos processos industriais, impulsionada pela integração de tecnologias cada vez mais avançadas.

“Essa revolução está remodelando a forma como as fábricas operam, permitindo a criação de “fábricas inteligentes”, onde sistemas físicos e digitais estão interconectados e comunicam entre si de maneira contínua e autônoma”. (SCHWAB, 2016)

Na Indústria 4.0, a conectividade e automação dos processos produtivos geram uma maior eficiência, flexibilidade e personalização. As máquinas são equipadas com sensores que transmitem dados virtualmente, permitindo que as empresas monitorem e controlem suas operações com uma precisão maior. Isso possibilita a manutenção preventiva e preditiva, onde os equipamentos são reparados antes de falharem, reduzindo o tempo de equipamento inoperante e custo de manutenção.

Essa terminologia refere-se às transformações que resultaram das inovações, muitas ainda em desenvolvimento, que têm o potencial de modificar profundamente os processos, a organização da produção e economia.

A Indústria 4.0 tem como objetivo transformar o sistema industrial em um sistema inteligente utilizando, para isto, os nove pilares da Indústria 4.0, sendo eles: Big Data, Robôs Autônomos, Simulação, Integração Vertical e Horizontal, Internet das Coisas (IoT), Segurança Cibernética, Nuvem, Manufatura Aditiva e Realidade Aumentada (CNI, 2017; RÜßMANN et al., 2015).

Segundo Weck *et al* (2013, p. 26), “Indústria 4.0 é o conjunto de soluções que integram equipamentos, serviços de elevado valor agregado e softwares para explorar o uso de insumos em processos ultra eficiente na produção de bens customizados.”

Segundo Hermann; Pentek e Otto (2016) atribuem os seguintes 9 pilares: Segurança da informação, Realidade aumentada, Big data e Analytics, Robôs autônomos, Simulações, Manufatura aditiva, Sistemas integrados e inteligência artificial, Computação em nuvem, Internet das coisas.

Um exemplo disso é a produção através da digitalização de modelos e impressão de diversos produtos, de forma a criar objetos com formas geométricas variadas e sem excesso de resíduos. Além disso, há uma maior flexibilidade na linha de produção, permitindo a customização em massa. Outro exemplo são máquinas e equipamentos que se adaptam às atividades programadas na área da robótica, controlados por inteligência artificial com conexão remota e comunicação integrada. Os avanços tecnológicos, impulsionados principalmente pela nanotecnologia, também incluem a criação de novos materiais com capacidades inovadoras, como a autorregeneração, autolimpeza e flexibilidade/adaptabilidade.

Uma tecnologia que está sendo amplamente divulgada e passou a ter obrigatoriedade por lei é o uso da tecnologia BIM (Modelagem da Informação da Construção), que passa a ser uma abordagem digital para o planejamento, projeto, construção e gestão de edificações e infraestrutura, que adota um modelo tridimensional que não apenas representa visualmente o projeto, mas também integra informações detalhadas sobre cada componente (materiais, dimensões, propriedades etc.). Cada elemento do modelo BIM contém dados relacionados a suas especificações e desempenho, permitindo análises detalhadas e simulações. Além disso, facilita a colaboração entre diferentes profissionais envolvidos no projeto, permitindo que trabalhem em um único

modelo centralizado e permite a simulação de diversos aspectos do projeto, como desempenho energético, acústico e estrutural, antes da construção física.

3. Aplicabilidade na Construção Civil

Para uma melhor compreensão das possíveis vantagens e desvantagens da aplicação dos avanços tecnológicos na construção civil brasileira, foi realizado um levantamento por meio de pesquisas em artigos científicos e bibliografias. O objetivo foi entender e descrever o que é essa Indústria, quais as mudanças em relação à 3ª Revolução, além de identificar quais tecnologias podem ser aplicadas na construção civil além de avaliar as vantagens e desvantagens deste uso.

A indústria da construção apresenta uma contribuição importante na economia mundial, representando um dos principais setores econômicos, afinal a procura por moradia cresce a cada ano. “Aproximadamente 7% da população mundial que atua no mercado de trabalho está relacionada neste ramo, gerando uma contribuição aproximada de 11 trilhões de dólares” (EZAKI, 2020).

O setor da construção civil foi pioneiro ao adotar a Tecnologia da Informação e Comunicação (TIC), se iniciando por volta de 1970 com a utilização de softwares de análise estrutural. Na década de 1980, a computação gráfica abriu caminhos para desenhos assistidos por computadores. Na década de 1990, a informática da construção se tornou disciplina de estudos científicos independente dentro da indústria da construção (KLINC; TURK, 2019).

A construção civil tem grande impacto na economia brasileira, contribuindo na geração de empregos e até em subempregos, além da tributação de impostos e controle da economia. Esse setor, apesar de grande potencial ainda é deficitário e precisa assumir um papel mais protagonista na busca contínua por melhoria tecnológica. É nítido que a aplicação desses conceitos serão fundamentais para o aumento da produtividade e otimização dos processos.

A indústria da construção civil está acompanhando a tendência de outros setores ao incluir princípios da Indústria 4.0. Isto resultou o surgimento de um segmento específico denominado “Construção 4.0” ou “Canteiro 4.0”. Esta perspectiva visa a aplicação de tecnologias avançadas e conceitos de automação na indústria da construção, buscando a modernização e enfrentamento de desafios atuais do mercado (ALALOUL; LIEW; ZAWAWI; MOHAMED, 2018).

O conceito de "Canteiro 4.0" refere-se à aplicação das tecnologias durante as etapas de execução da obra. Ele envolve a digitalização e automação dos processos nos canteiros de obras, utilizando ferramentas como a inteligência artificial, bancos de dados, softwares especializados, drones/monitoramento remoto, impressoras 3D, e realidade aumentada. Essas tecnologias permitem maior eficiência, segurança, controle de qualidade e sustentabilidade nas obras.

É possível analisar influências da Indústria 4.0 em criações de atividades automatizadas em canteiros de obras. Neste ambiente, é comum a utilização de robôs para a realização de tarefas rotineiras, além de sensores para o rastreamento de equipamentos, monitoramento do progresso das atividades e locação de mão-de-obra de maneira eficiente. Neste contexto também está sendo comum o emprego de

software e aplicativos de simulação, sendo ferramentas que permitem a visualização e verificação antecipada das possíveis atividades de construção (OSUNSANMI, AIGBAVBOA; OKE; LIPHADZI, 2020).

No Canteiro 4.0, câmeras e dispositivos conectados monitoram remotamente a evolução da obra, identificando possíveis problemas antes que se tornem críticos. A automação de tarefas repetitivas e a utilização de equipamentos colaborativos podem reduzir o tempo de execução e melhorar a performance das atividades. Além disso, a análise de dados e o uso de modelos digitais (BIM - Building Information Modeling) auxiliam na tomada de decisões mais assertivas, otimizando recursos e minimizando desperdícios.

Em relação ao armazenamento de documentos e informações relacionada à construção, outro componente essencial nesta indústria é a virtualização. Este proporciona o acesso rápido e seguro aos principais dados para os participantes do processo construtivo, agilizando a troca de informações e otimizando a colaboração entre os envolvidos. Ainda, tecnologias como estas estão transformando o âmbito da construção, tornando assim mais produtivo, seguro e eficiente (OSUNSANMI; AIGBAVBOA; OKE; LIPHADZI, 2020).

Para Klinc e Turk (2019), “embora a indústria da construção seja considerada resistente em relação a novas tecnologias, existe uma crescente conscientização de que tecnologias digitais acabarão de transformar o setor”.

Ainda segundo Klinc e Turk (2019), a digitalização da construção concentra vários aspectos relacionados a processos.

Seguem alguns exemplos desse tipo de tecnologia:

- a. Produção com viés industrial, através de materiais pré-fabricados ou impressão 3D, que visam o aumento da produtividade da obra através de montagem em série;
- b. Robótica, com a utilização de drones no monitoramento remoto e levantamento de informações;
- c. Aplicação de tecnologias como o Building Information Modeling (BIM), com objetivo de tornar a construção mais eficiente, com menos erros e mais precisão construtiva.

O uso da tecnologia em contrapartida necessita de custos de implantação tais como compra de equipamentos computacionais e câmeras no local da obra e treinamento das equipes para seu uso, além da mudança de paradigmas corporativos, o que pode acarretar uma certa resistência a mudanças e adoção de tecnologias, impactando negativamente a incorporação dessa metodologia.

Além disso, é possível perceber que quanto mais tecnologia aplicada, maior é a necessidade de comunicação mais confiável e eficiente, bem como maior conectividade, de forma a possibilitar maior integração entre as partes envolvidas.

4. Vantagens e Desvantagens do Uso da Construção 4.0

Para que uma organização implemente as tecnologias da Indústria 4.0 de forma eficaz, é essencial realizar um planejamento mais detalhado para adotar os princípios e

práticas da “era dos dados e conectividade”. Esse planejamento deve considerar a integração de ferramentas, visando otimizar os resultados da empresa.

Observa-se que a relação entre a execução de atividades adotando Big Data e a digitalização resulta em melhorias significativas na produtividade e qualidade das construções. Assim, é possível perceber a forte conexão entre a implementação de tecnologias digitais e o aperfeiçoamento da indústria da construção, promovendo processos com resultados maiores.

Em resumo, o Canteiro 4.0 representa uma evolução significativa na construção civil, trazendo benefícios como aumento da produtividade, redução de custos e melhoria na qualidade das obras, ao mesmo tempo em que promove a inovação e a sustentabilidade no setor.

Entretanto, a implementação da Construção 4.0 enfrenta grandes desafios. Entre os principais obstáculos estão a resistência a mudanças, os elevados custos de implementação, a escassez de capacitação profissional e a falta de conscientização sobre os benefícios das novas técnicas.

Portanto, superar esses desafios é crucial para uma adoção bem-sucedida da Construção 4.0, que busca como referência à aplicação de tecnologias avançadas. Abaixo segue um resumo das principais vantagens e desvantagens dessa abordagem:

Vantagens:

- a. **Eficiência e Produtividade:** Ferramentas como modelagem da informação da construção (BIM) permitem uma coordenação mais eficaz e reduzem erros. Tecnologias digitais e automação reduzem o tempo de construção e melhoram a eficiência. Essas ferramentas passaram a ter um apoio governamental para sua aplicação, o que é um avanço considerável;
- b. **Redução de Custos:** Com o uso da robótica e modelagem, os custos de mão de obra e materiais podem ser reduzidos, além de minimizar desperdícios de recursos. Além disso a melhoria no planejamento e na execução reduz custos inesperados;
- c. **Segurança:** Tecnologias avançadas e sensores podem monitorar condições inseguras e fornecer alertas em tempo real, aumentando a segurança nas frentes de serviço;
- d. **Qualidade e Precisão:** O uso de sistemas automatizados e de modelagem ajuda a garantir maior precisão na construção, reduzindo a probabilidade de erros e retrabalhos. Maior controle e monitoramento aumentam a qualidade das construções e reduzem os erros;
- e. **Sustentabilidade:** A Construção pode integrar práticas sustentáveis, como o uso eficiente de recursos e a implementação de tecnologias verdes, contribuindo para edificações mais ecológicas;
- f. **Gerenciamento e Manutenção:** A análise de dados em tempo real permite um gerenciamento melhor dos projetos e uma manutenção preditiva/preventiva mais precisa.

Desvantagens:

- a. **Custo Inicial Alto:** A aplicação de tecnologias pode exigir um investimento inicial significativo, o que pode ser um obstáculo para pequenas e médias empresas;
- b. **Complexidade Tecnológica:** A integração de novas tecnologias pode ser complexa e exigir treinamento especializado, o que pode desmotivar as equipes ou reduzir o interesse por sua implementação;
- c. **Dependência Tecnológica:** A dependência de sistemas e tecnologias digitais pode levar a problemas em caso de falhas tecnológicas ou ataques cibernéticos;
- d. **Resistência à Mudança:** A adoção de novas tecnologias pode encontrar resistência de profissionais acostumados a métodos tradicionais de trabalho, dificultando a implementação;
- e. **Problemas de Privacidade e Segurança de Dados:** O armazenamento de grandes volumes de dados pode ocasionar preocupações sobre sua privacidade e sobre a sua segurança;
- f. **Desafios na Integração:** A integração de diferentes tecnologias e sistemas pode ser desafiadora e exigir esforços adicionais para garantir que todos os componentes funcionem de maneira coesa.

Em resumo, enquanto a Construção 4.0 fomenta oportunidades significativas para melhoria da eficiência, promoção de práticas sustentáveis e otimização produtiva também apresenta desafios relacionados a custos iniciais, complexidade e segurança. A adoção bem-sucedida dessas tecnologias exige um equilíbrio mais minucioso entre inovação e gestão dos riscos associados.

A Indústria 4.0 na construção civil está transformando o setor ao tornar os processos mais inteligentes, integrados e sustentáveis, embora a adoção e implementação possam enfrentar desafios significativos.

5. Estudo de Caso

O estudo de caso aqui descrito tem como base as observações da autora sobre a implantação da tecnologia BIM em uma empresa de grande porte que gerencia obras executadas por diversas construtoras no qual a autora trabalha. A empresa não nos autorizou a divulgação de seu nome.

Ao longo dos anos 2021-24 foram implementadas algumas soluções técnicas fundamentadas na indústria 4.0. Uma das tecnologias implementadas foi a tecnologia BIM, que foi utilizada em 10% das obras executadas no período e apresentou diversas vantagens, tais como:

- a. **Melhoria na Coordenação:** Redução de conflitos e inconsistências entre disciplinas, pois permitiu que todos os envolvidos visualizem e trabalhem no mesmo modelo;
- b. **Eficiência e Precisão:** A modelagem detalhada ajudou a identificar problemas e resolver questões antes da construção, aumentando a precisão e eficiência do projeto;

- c. Redução de Custos e Tempo: A identificação antecipada de problemas/falhas e a coordenação detalhada do processo reduziu retrabalho e desperdícios, resultando em economias de custo e tempo;
- d. Facilidade na Gestão e Manutenção: O modelo BIM pode ser usado ao longo de todo o ciclo de vida da construção, facilitando a sua gestão e manutenção, ao fornecer informações detalhadas sobre todos os componentes;
- e. Documentação Completa: Gerou uma documentação mais precisa e atualizada automaticamente, melhorando a qualidade dos entregáveis e a conformidade com normas e regulamentos.

Embora traga benefícios significativos em termos de colaboração, definição, precisão e economia, sua implementação exige um investimento inicial considerável e adaptação, além de uma gestão cuidadosa para superar desafios tecnológicos e culturais. Foram identificados alguns desafios, como a dificuldade de conseguir empresas parceiras que utilizassem essa tecnologia, necessidade de equipes mais capacitadas, pois nem todos os profissionais estão familiarizados com o uso de modelos 3D e software avançado, necessidade de maior cuidado com a coordenação e segurança dos dados, além da necessidade de mudança cultural, pois a adoção do BIM encontrou um pouco de resistência devido a mudanças nos processos de trabalho tradicionais e na cultura organizacional.

Outra tecnologia adotada foi a gestão remota 360 graus (monitoramento em tempo real) com uma empresa especializada que apoiou no controle à distância das obras. Trata-se de uma plataforma de software voltada para a indústria da construção, projetada para otimizar a gestão e a colaboração em projetos de construção, permitindo acesso a informações atualizadas sobre o progresso do projeto através de fotos em 360 graus, comunicação em tempo real e recursos para tomada de decisões. Suas principais funcionalidades é permitir a criação e visualização de modelos 3D do projeto, integrando informações detalhadas sobre os componentes da construção, facilitar a comunicação entre equipes e partes interessadas, possibilitando o compartilhamento de informações, documentos e atualizações em tempo real, geração de relatórios, além de monitorar e gerenciar a qualidade da construção e a segurança no local, ajudando a garantir conformidade com normas e regulamentos.

Vantagens citadas pela empresa e comprovadas após piloto implementado:

- a. Integração e Centralização: Centralização de todas as informações do projeto em uma única plataforma, melhorando a coordenação entre diferentes partes e reduzindo o risco de erros e omissões;
- b. Eficiência e Produtividade: Automatização de tarefas e processos, como o rastreamento de progresso e a gestão de mudanças, o que pode aumentar a eficiência e reduzir o tempo necessário para conclusão destas;
- c. Transparência e Acesso à Informação: Oferta de acesso fácil e transparente às informações do projeto para todas as partes interessadas, melhorando a colaboração e a tomada de decisões;

- d. **Análise e Monitoramento:** Fornecimento de ferramentas analíticas e de monitoramento para acompanhar o desempenho do projeto e identificar problemas antes que se tornem críticos;
- e. **Facilidade de Uso:** Geralmente, o software foi criado com uma interface mais intuitiva, auxiliando a sua adoção por profissionais da construção que não são especialistas em tecnologia.

Essa solução apresentou bons resultados, permitindo melhor acompanhamento da obra, monitoramento de itens de segurança e o custo de investimento não foi significativo por se tratar de empresa com capital para investimento, o que permitiu a implementação desse monitoramento em mais de 50 obras, porém a desvantagem é a dependência de uma plataforma digital, que pode gerar certa preocupação se houver problemas técnicos ou interrupções no serviço.

Além disso, já está em construção uma plataforma unificada para gestão das obras otimizada desenvolvida por setor de tecnologia da informação interno, já que hoje o sistema é controlado por Power BI e ferramentas auxiliares como o MS Project e PPM. Em uma análise preliminar das implementações feitas até o momento foi possível identificar otimização de recursos, aumento da gestão da carteira e redução de retrabalho. Além disso o monitoramento remoto permitiu maior controle de execução das obras, tanto na parte de qualidade como segurança.

A unificação de todos os dados em um banco de dados único, bem como o uso do Power BI, permite acesso remoto de toda a carteira de obras dessa unidade, permitindo que os gestores consigam ter controle dos indicadores de performance das obras, para facilitar a tomada de decisões. Essa ferramenta permite fácil acesso as informações e permite que o sistema seja mais confiável, bem como a volumetria dos dados em tempo real.

Após todas essas ações foi possível confirmar que é vantajoso o uso de tecnologia na construção civil, mas que para empresas de menor porte ainda haverá resistência devido a custos de implementação e mão-de-obra além da resistência às mudanças.

Todas essas aplicações só foram possíveis devido a liderança ser o principal motivador de sua implantação e manutenção, sem o patrocínio dessas iniciativas não seria possível sua aplicabilidade.

6. Considerações Finais

A implementação dos princípios da Construção 4.0 na construção civil proporciona ganhos significativos. Entre os benefícios destacados estão a redução financeira e temporal das obras, a execução conforme o orçamento estabelecido, maior agilidade na execução e a oportunidade de colaboração entre as organizações.

Esses resultados indicam que a aplicação da Construção 4.0 pode oferecer vantagens lucrativas e competitivas para as empresas, de forma a buscar mais capacidade operacional para atendimento ao setor da construção civil. Através do estudo de caso foi possível identificar que houve uma melhoria no controle e administração das obras, possibilitando maior acesso aos seus dados em tempo real, bem como maior uniformização do processo.

É importante destacar que a falta de informações sobre os benefícios dessa implementação tanto para construtoras como incorporadoras, ainda constitui um obstáculo a ser superado, não possibilitando sua aplicabilidade de forma mais ampla, por não conseguirem mapear o custo-benefício do uso da tecnologia no processo construtivo e não conseguirem incentivos para sua implementação. Com a compreensão desses conceitos, espera-se que mais empresas do setor possam adotar as inovações tecnológicas nas suas operações.

Logo, quanto mais conscientização, disseminação de informações e engajamento de profissionais e líderes/gestores, mais rápido será possível abordar todo o potencial de sua aplicabilidade, procurando melhores alternativas e possibilitando maior acesso a essas tecnologias, já que existe uma correlação entre oferta-procura.

Com o incentivo governamental da adoção de práticas tecnológicas e sustentáveis é possível a sua disseminação e aplicabilidade, como ocorre em outros setores. Com a maior procura por esse nicho, acredita-se que pode resultar em um aumento significativo para uma maior qualidade, eficiência e performance dos projetos, medidas essas que podem impulsionar o crescimento do setor e contribuir para o desenvolvimento econômico do Brasil.

Referências

ALALOUL, W. S.; LIEW, M. S.; ZAWAWI, N. A. W. A.; MOHAMMED, B. S. (2018). **Industry revolution IR 4.0: future opportunities and challenges in construction industry**. In MATEC web of conferences (Vol. 203, p. 02010). EDP Sciences.

BRETTEL, M.; FRIEDERICHSEN, N.; KELLER, M.; ROSENBERG, M. **How virtualization, decentralization and network building change the manufacturing landscape: An Industry 4.0 Perspective**. International Journal of Mechanical, Aerospace, Industrial, Mechatronic and Manufacturing Engineering, v.8, n.1, p.37-44, 2014.

CNI. Confederação Nacional da Indústria. **Oportunidades para a indústria 4.0: aspectos da demanda e oferta no Brasil**. Brasília: 2017.

EZAKI, C. R. M. (2020). **Como a indústria da construção lida com a produtividade**. Sienge. <https://www.sienge.com.br/blog/industria-da-construcao/>. Acesso em 11 de maio de 2024

HERMANN, M.; PENTEK, T.; OTTO, B. (2015). **Design principles for Industrie 4.0 scenarios: a literature review**. Technische Universität Dortmund, Dortmund, 45.

KLINC, R.; TURK, Ž. (2019). **Construction 4.0—digital transformation of one of the oldest industries**. Economic and Business Review, 21(3), 4.

OSUNSANMI, T. O.; AIGBAYBOA, C. O.; OKE, A.E; LIPHADZI, M. (2020). **Appraisal of stakeholders' willingness to adopt construction 4.0 technologies for construction projects**. Built Environment Project and Asset Management, 2020.

RÜßMANN, Michael *et al.* **Industry 4.0: The future of productivity and growth in manufacturing industries**. Boston Consulting Group, v. 9, 2015.

SCHWAB, K. **The fourth industrial revolution**. Geneva: World Economic Forum, 2016.

WECK, O. et al. **Trends in Advanced Manufacturing Technology Innovation**. Production in the Innovation Economy (PIE) Study. Cambridge: Massachusetts Institute of Technology (MIT), 2013.



Gestão & Gerenciamento

GERENCIAMENTO DO VALOR AGREGADO EM PROJETOS DE ENGENHARIA RODOVIÁRIA: UMA ABORDAGEM PARA O CONTROLE DE CUSTOS E PRAZOS

APPLICATION OF EARNED VALUE MANAGEMENT IN ROAD ENGINEERING PROJECTS: AN APPROACH TO COST AND SCHEDULE CONTROL

Robson Augusto Soares Fontinele

Especialização em Gestão e Gerenciamento de Projetos; Universidade Federal do rio de Janeiro, Rio de Janeiro, RJ, Brasil;

robsonfontinele@hotmail.com

Luiz Henrique Costa Oscar

Mestrado em Engenharia Urbana; Universidade Federal do rio de Janeiro, Rio de Janeiro, RJ, Brasil;

lhcosta@poli.ufrj.br

Resumo

O objetivo deste estudo é analisar a implementação da metodologia de Gerenciamento do Valor Agregado (GVA) em projetos de engenharia, utilizando-a como ferramenta de controle de custos e prazos. O GVA combina os três principais fatores do gerenciamento de projetos: escopo, tempo e custo, fornecendo uma visão integrada e objetiva do progresso e desempenho. A metodologia foi aplicada em um estudo de caso de uma empresa de médio porte na área de projetos rodoviários, localizada no Rio de Janeiro, ao longo de quatro meses. A análise utilizou indicadores de desempenho como o CPI (Indicador de Desempenho de Custo) e o SPI (Indicador de Desempenho de Prazo). Os resultados mostraram que a aplicação do GVA proporcionou uma maior precisão no controle de custos e no monitoramento de prazos, permitindo ajustes e medidas corretivas com maior eficiência. O estudo conclui que a adoção do GVA é essencial para uma gestão eficiente de grandes projetos de engenharia.

Abstract

The objective of this study is to analyze the implementation of the Earned Value Management (EVM) methodology in engineering projects, using it as a tool for cost and schedule control. EVM integrates the three main factors of project management: scope, time, and cost, providing a comprehensive and objective view of progress and performance. The methodology was applied in a case study at a medium-sized company specializing in road engineering projects, located in Rio de Janeiro, over a four-month period. The analysis used performance indicators such as the Cost Performance Index (CPI) and the Schedule Performance Index (SPI). The results showed that the application of EVM provided greater accuracy in cost control and schedule monitoring, allowing for more effective adjustments and corrective actions. The study concludes that adopting EVM is crucial for the efficient management of large engineering projects.

Palavras-chaves: Gerenciamento do Valor Agregado; Gestão de Custos; Gestão de Projetos;

1 Introdução

O gerenciamento de custos em projetos de engenharia civil é um fator crítico para garantir a viabilidade e o sucesso de empreendimentos, especialmente em tipologias complexas como obras de contenção de encostas. Essas obras, que incluem serviços de topografia, sondagem e drenagem, demandam um planejamento financeiro rigoroso para mitigar riscos e evitar o aumento dos custos projetados. No entanto, no contexto atual, muitos projetos enfrentam desafios significativos relacionados à falta de precisão nas previsões de gastos e ao atraso na entrega de etapas intermediárias, o que resulta em aumento de custos e perda de valor agregado ao produto final.

Um dos principais problemas detectados no segmento é a inconsistência no planejamento financeiro, o que compromete tanto o cumprimento dos prazos quanto a alocação eficiente de recursos. A aplicação de uma gestão de custos adequada poderia melhorar a assertividade das decisões ao oferecer uma visão mais clara sobre os cronogramas e os custos envolvidos, possibilitando uma alocação otimizada dos recursos.

Nesse cenário, uma análise baseada na gestão de custos pode ser uma ferramenta estratégica para melhorar o controle do projeto e aumentar o valor agregado dos serviços prestados. O desenvolvimento de um modelo eficiente de controle, focado na análise do valor agregado e no acompanhamento dos prazos de execução, poderia proporcionar maior transparência e controle na execução de projetos de contenção de encostas. Tal modelo ainda

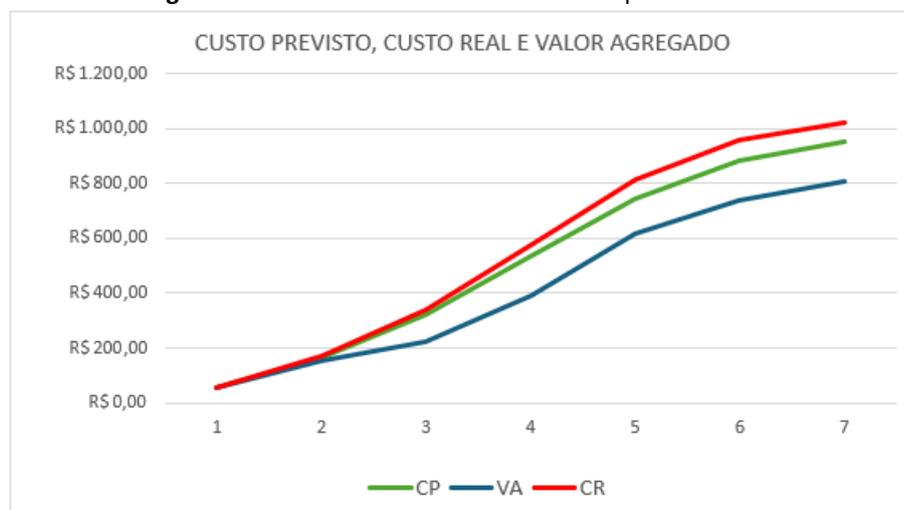
poderia ser expandido para incorporar indicadores de desempenho financeiro, fornecendo uma base sólida para a tomada de decisões e a entrega de produtos de maior qualidade e dentro dos prazos estipulados.

2 Gerenciamento do Valor Agregado (GVA)

O gerenciamento do Valor Agregado (GVA) ou, do inglês, Earned Value Management (EVM) é uma metodologia desenvolvida para medir o desempenho e progresso de um projeto de forma integrada. A ferramenta combina três fatores determinantes do projeto como escopo, tempo e custo, que devido sua importância e interdependência, são chamados de Triângulo de Ferro pelo Project Management Institute (PMI), para fornecer uma visão clara, simples e objetiva da evolução do projeto, a um determinado tempo, em relação ao planejamento original elaborado no início do projeto.

Valor Agregado consiste em avaliar se o que foi obtido ou produzido, em determinado tempo, corresponde ao que foi realmente gasto e ao que se planejou gastar para o mesmo período da análise. Segundo Vargas, a Análise do Valor Agregado tem como foco a relação entre os custos reais consumidos e o produto físico obtido no projeto através de uma quantidade específica de trabalho, ou seja: o que foi obtido pelo projeto em relação à quantidade de capital consumida para atingir esse resultado. Para tanto, considera-se que o valor a ser agregado ao projeto corresponde ao valor inicial orçado para as mesmas atividades no período. Desta forma, conforme as atividades ou tarefas de um projeto são concluídas, o valor inicialmente orçado para estas, passa a constituir o Valor Agregado do projeto. A figura 1 apresenta o gráfico dos indicadores de desempenho do GVA. Integrando as três principais variáveis: Valor Planejado (Planned Value - PV), que representa o valor que deveria ter sido gasto em determinado ponto do projeto de acordo com o planejamento; o Custo Real (Actual Cost - AC), que reflete o quanto foi efetivamente gasto; e o Valor Agregado (Earned Value - EV), que indica o progresso real do projeto em relação ao que foi planejado. O gráfico compara esses valores ao longo do tempo, permitindo identificar se o projeto está adiantado ou atrasado, e se está dentro do orçamento ou com sobrecusto.

Figura 1 - Gráfico dos indicadores de desempenho do GVA



Fonte: autor (2024)

O Valor Agregado (VA) da forma como se conhece hoje teve sua origem no departamento de defesa norte americano (DOD) em 1967 para controlar e administrar riscos e custos de grande projetos e programas (VARGAS, 2018). A aplicação da técnica do Gerenciamento do Valor Agregado se utiliza de elementos básicos de análise:

- 1) Custo Previsto (CP) ou Planned Value (PV): conhecido também como BCWS (Budget Cost of Work Scheduled) (COTA- Custo Orçado do Trabalho Agendado), corresponde ao valor da parcela do orçamento previsto a ser gasto em determinado período considerando o custo da linha de base da atividade.
- 2) Valor Agregado (VA) ou Earned Value (EV): conhecido também como BCWP (Budget Cost of Work Performed) (COTA- Custo Orçado do Trabalho Agendado), corresponde ao valor da parcela do orçamento que, considerando o que efetivamente foi concluído no período de análise e o custo da linha de base para a atividade, deveria ter sido gasto pelo projeto. Na medida em que cada atividade é finalizada, o valor inicialmente orçado passa a constituir o Valor Agregado.
- 3) Custo Real (CR) ou Actual Cost (AC): conhecido também como ACWP (Actual Cost of Work Performance), indica quanto da parcela do orçamento foi realmente gasto nas atividades desenvolvidas em determinado período, proveniente de dados financeiros.

A Variação de Custo (CV – Cost Variance) é dada pela diferença entre o Valor Agregado (VA) e o Custo Real (CR) e a Variação de Prazo (SV – Schedule Variance) obtém-se através da diferença entre o Valor Agregado (VA) e o Custo Previsto (CP). A análise desses dois indicadores de forma isolada pode gerar conclusões precipitadas e errôneas quanto ao desempenho do projeto pois variações positivas de custos e prazos não correspondem, necessariamente, ao cumprimento do orçamento e prazo planejados.

A relação entre os três parâmetros apresentados permite ao gestor aferir a situação atual do projeto e fazer previsões futuras quanto ao cumprimento de prazos e custos previstos no planejamento através de indicadores de desempenho. Segundo Narbaev e De Marco (2014), os principais indicadores de desempenho do GVA são: o Indicador de Desempenho de Custo (Cost Performance Index - CPI) e o Indicador de Desempenho de Prazo (Schedule Performance Index):

- 1) CPI - Indicador de Desempenho de Custo (Cost Performance Index): obtém-se através da razão entre o Valor Agregado (VA) e o Custo Real (CR). Este indicador permite mensurar quanto de retorno o projeto está tendo em relação ao custo investido, proporcionando ao gestor identificar atividades que estejam consumindo recursos sem que haja o progresso planejado. A análise deste indicador é desenvolvida com a lógica: indicador maior que 1 significa economia, uma vez que o Valor Agregado (VA) é maior que o Custo Real (CR), ou seja, o retorno obtido para o projeto é maior que o custo investido na atividade; indicador igual a 1 significa o cumprimento do orçamento sem que haja desperdício, uma vez que o Valor Agregado (VA) ao projeto é igual ao Custo Real (CR); e indicador menor que 1 significa que existe gastos adicionais em atividades sem que o projeto tenha o retorno correspondente ao Valor Agregado, uma vez que o Custo Real (CR) é maior que o Valor Agregado(VA).
- 2) SPI – Indicador de Desempenho de Prazo (Schedule Performance Index): obtém-se através da razão entre o Valor Agregado (VA) e o Custo Previsto (CP). A análise desse

indicador possibilita acompanhar o desenvolvimento das atividades em relação cronograma planejado, proporcionando ao gestor identificar as atividades que estão consumindo mais tempo que o previsto, gerando atrasos no cronograma. A análise desse indicador é desenvolvida com a lógica: indicador maior que 1 significa economia de tempo, pois os trabalhos estão sendo concluídos antes do previsto, uma vez que o Valor Agregado(VA) ao projeto está maior que o Custo Previsto(CP) para o período, ou seja, há uma maior produção com o valor previsto; indicador igual a 1 significa que o cronograma está sendo cumprido conforme o planejado sem que haja desperdício de tempo, uma vez que o Valor Agregado (VA) é igual ao Custo Previsto (CP) para o período; e indicador menor que 1 significa que há atrasos em atividades que impactam negativamente o desenvolvimento do projeto e que a eficiência do uso do tempo pela equipe é baixa, uma vez que o Valor Agregado é menor que o Valor Previsto.

A aplicação do Gerenciamento do Valor Agregado (GVA) como indicador de desempenho deve ser precedida da adoção de uma série de processos e boas práticas de gestão iniciados na fase de planejamento do projeto e posteriormente, desenvolvidas nas etapas de execução e controle.

A figura 2 apresenta as etapas de implantação e utilização do Gerenciamento do Valor Agregado. O ciclo de planejamento envolve a definição clara do escopo do projeto, o detalhamento das atividades, e a criação da linha de base de custo e cronograma. Nessa fase, são estabelecidos o Valor Planejado (PV) e os marcos de medição. No ciclo de operação, o foco está em monitorar o progresso e comparar o Valor Agregado (EV) e o Custo Real (AC) com o planejamento. Indicadores como o SPI e o CPI são calculados para avaliar o desempenho e orientar possíveis ajustes no projeto, garantindo a aderência ao cronograma e ao orçamento.

Figura 2 – Etapas de implantação e utilização do GVA



Fonte: Adaptado de PMI (2011)

3 Planejamento do Projeto para o emprego da Análise do Valor Agregado

Segundo Vargas, para que um projeto seja controlado através da Análise do Valor Agregado, ele precisa ser planejado através de princípios básicos gerenciais aplicáveis a qualquer tipo de projeto.

Na fase de planejamento é necessário:

1. fazer decomposição do escopo de trabalho no nível adequado através de uma Estrutura Analítica de Projeto (EAP) de modo a definir as atividades a serem realizadas;
2. elaborar o cronograma definindo o início e fim de cada atividade distribuída ao longo do tempo do projeto;
3. elaborar o orçamento do projeto, distribuindo os recursos necessários, sendo esses humanos, equipamentos, materiais e demais despesas, ao desenvolvimento de cada tarefa da EAP; e
4. determinar a distribuição dos investimentos financeiros ao longo da duração do projeto definindo a Linha de Base (Baseline) do projeto.

A definição da Linha de Base (Baseline) do projeto é crucial para qualquer projeto, especialmente para aqueles gerenciados pelo método de Valor Agregado (VA). Ela desempenha um papel essencial na determinação do progresso físico do trabalho e nas estimativas futuras de esforço, custo e tempo necessários para a conclusão do projeto. O DOD (1997) pela Instrução 5000.2R. caracteriza a necessidade de estabelecimento da Linha de Base (Baseline) da seguinte forma:

“Estabeleça e mantenha uma linha de base para o orçamento no tempo dentro de cada centro de custo no qual o desempenho real possa ser confrontado. Orçamentos iniciais estabelecem que, para esse propósito, serão baseados nos custos negociados. Qualquer outra quantidade utilizada para medição de desempenho deve ser formalmente reconhecida pelo contratante e pelo governo.”

O ciclo de operações de um projeto que envolve as fases de execução e controle de custos é fundamental para garantir o sucesso da implantação do Gerenciamento do Valor Agregado (GVA).

Durante a fase de execução, as atividades planejadas na etapa de autorização dos trabalhos são implementadas, utilizando os recursos alocados.

A etapa de medir o desempenho consiste em controlar a evolução das atividades executadas e os custos, monitorando as despesas reais em relação ao orçamento previsto.

A etapa de atualizar o custo consiste em redimensionar os custos das atividades quando necessário. Considera-se os custos de mão de obra, equipamentos, materiais e demais despesas necessárias à execução das atividades previstas na autorização de trabalho.

A etapa de atualizar o cronograma consiste em registrar o andamento das atividades realizadas durante o ciclo, considerando os percentuais de evolução de cada tarefa realizada.

A etapa de gerenciar o desempenho inclui a identificação de desvios, análise de variações e adoção de medidas corretivas, quando necessário, para manter o projeto dentro do orçamento e cronograma planejados. O objetivo é assegurar que os recursos sejam

utilizados de forma eficiente e que o projeto seja concluído dentro dos limites financeiros estabelecidos, bem como assegurar o cumprimento do cronograma.

3.1 Desenvolvimento do Time do Projeto

A utilização de técnicas como a do Gerenciamento do Valor Agregado (GVA) é complexa e necessita de capacitação técnica da equipe a fim de gerar bons resultados.

O PMBOK Guide (PMI, 2021) apresenta os principais processos da área de conhecimento do Gerenciamento de Recursos Humanos, dentro das fases de planejamento e execução para tornar mais efetivos o uso dos recursos humanos envolvidos no projeto:

Durante a fase de Planejamento é preciso fazer o Planejamento Organizacional identificando, documentando e designando os papéis e responsabilidades de cada um dentro do projeto. Ainda na fase de planejamento é montado o time do projeto, com os recursos humanos necessários ao desenvolvimento das atividades determinadas no escopo do projeto.

Durante fase de execução do projeto, em relação ao Gerenciamento de Recursos Humanos, o time de projeto deve receber treinamento adequado com o objetivo de desenvolver competências individuais e de grupo para elevar o desempenho do projeto.

Estes processos são interligados aos processos das demais áreas de conhecimento e o desenvolvimento do time promove capacitação individual das partes envolvidas, contribuindo para uma melhora na capacitação do time de uma forma mais ampla. Segundo Vargas, O crescimento individual (gerencial e técnico) é a base necessária para desenvolver a equipe, tornando-se crucial para o sucesso dos projetos e, conseqüentemente, torna-se elemento-chave para a organização atingir seus objetivos.

3.2 Determinação dos parâmetros do Estudo

O estudo de caso apresentado consiste na implantação do Gerenciamento do Valor Agregado (GVA) na sede do Rio de Janeiro de empresa de porte médio, atuante na área de projetos e consultoria de engenharia rodoviária.

O escopo dos serviços já é bem definido por se tratar de um contrato de prestação de serviço com mais de dois anos de vigência. Associado a este fato têm-se a experiência da empresa na elaboração de projetos de restauração de pavimento. Todavia, por se tratar de logradouros em áreas urbanas, o desenvolvimento dos serviços exige certa atenção, sobretudo, quanto às restrições oriundas da densidade populacional e dificuldades construtivas impostas ao projeto.

O escopo do projeto consiste no desenvolvimento de projetos de solução de engenharia para restauração de pavimento asfáltico. As soluções podem incluir serviços de reparos estruturais quando constatado, através de ensaios, a incapacidade de suporte de carga exigida pela via por parte das camadas de base, sub-base e subleito. Em todos os projetos serão propostas soluções funcionais para o pavimento a fim de restaurar os danos causados pelo desgaste natural decorrente do tempo e do uso do revestimento asfáltico.

O escopo do projeto ainda inclui a entrega de relatório de projeto com apresentação de todos os ensaios e levantamentos de campo realizados, estudos desenvolvidos e memória de cálculo das soluções propostas.

A implantação da ferramenta foi feita na sede do Rio de Janeiro, no ano de 2024, nos meses de maio, mês de planejamento e implantação do projeto, junho, julho e agosto, meses em que foram avaliados os indicadores de desempenho CPI - Indicador de Desempenho de Custo (Cost Performance Index) e SPI – Indicador de Desempenho de Prazo (Schedule Performance Index).

A implantação da ferramenta seguiu os seguintes processos:

1. definir EAP;
2. definir orçamento;
3. definir cronograma; e
4. determinar o método de medição.

3.3 Elaboração da Estrutura Analítica de Projeto

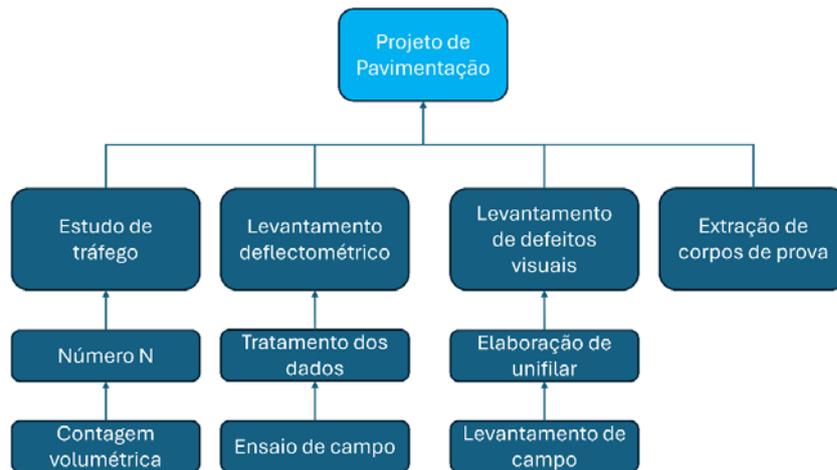
Para o desenvolvimento da Estrutura Analítica de Projeto (EAP) foram listados os serviços indispensáveis a elaboração de solução de engenharia de pavimentação em conformidade com o escopo de projeto definido:

- Estudo de tráfego: consiste em analisar a demanda exigida ao pavimento a ser restaurado, o quanto de carga de trânsito é sustentado pelo pavimento da via. Para elaboração do estudo é instalada uma câmera na via que deverá filmar por sete dias consecutivos, durante 24 horas a quantidade de carros, caminhões, ônibus, motos e demais veículos. A quantidade de cada tipo de veículo é planilhada separada por dias e horas de contagem. O número N, que corresponde ao número de repetições dos eixos dos veículos, equivalentes às solicitações do eixo padrão rodoviário de 8,2 tf, é calculado a partir da contagem de tráfego.
- Levantamento deflectométrico: consiste em avaliar a capacidade de carga do subleito da via medindo as deflexões máximas reversíveis do pavimento. Através do levantamento deflectométrico associado ao número N verifica-se a necessidade de reconstrução das camadas de base e sub-base do pavimento. O levantamento é executado com utilização de equipamento do tipo FWD (Falling Weight Deflectometer).
- Levantamento de defeitos visuais: consiste em avaliar a superfície do pavimento, de forma visual, a fim de verificar a situação funcional do revestimento. São levantadas todas as trincas, remendos, painelas e demais defeitos encontrados na via. Este levantamento é processado e implantado em um diagrama unifilar a fim de permitir a visualização da localização de cada defeito encontrado.
- Extração de corpos de prova: consiste em remover, com utilização de perfuratriz, uma amostra do revestimento do pavimento a fim de verificar a espessura asfáltica encontrada na via de forma permitir dimensionar a espessura da massa que será removida no processo de fresagem.

A figura 3 apresenta a Estrutura Analítica de Projeto do Projeto de Pavimentação contendo os pacotes de trabalho necessários ao desenvolvimento dos serviços. O estudo de tráfego será desenvolvido a partir da contagem volumétrica e classificatória da via. O levantamento deflectométrico medirá a capacidade de suporte da via através do tratamento

dos dados de ensaios de campo realizados. O levantamento dos defeitos visuais será desenvolvido a partir do levantamento de campo e da elaboração do unifilar de defeitos e permitirá a visualização da situação funcional do revestimento asfáltico atual da via. A extração de corpos de prova deverá ser feita com equipamento apropriado a fim de verificar a espessura do revestimento asfáltico disponível para fresagem e restauração do pavimento da via.

Figura 3 – Estrutura Analítica do Projeto de Pavimentação



Fonte: Autor (2024)

Os pacotes de trabalho foram elaborados de forma a permitir a decomposição e atendimento ao escopo do projeto com divisão hierárquica em partes menores e gerenciáveis dividindo o projeto de forma que cada nível inferior seja um detalhamento mais específico do nível superior. As atividades foram sequenciadas de acordo com a lógica das dependências entre elas, identificando quais tarefas precisam ser concluídas antes para garantir o aproveitamento do tempo e dos recursos disponíveis.

Durante a fase de implantação havia uma dificuldade em dimensionar os quantitativos de determinados itens do orçamento por não haver serviço de topografia no escopo do projeto e por isso o orçamento foi elaborado considerando a extensão total das vias a serem restauradas. A partir desta premissa, foram dimensionadas as quantidades totais de (i) Levantamento Deflectométrico, (ii) Levantamento de Defeitos Visuais e (iii) Extração de corpos de prova necessários ao desenvolvimento dos projetos de restauração de todos os logradouros.

As quantidades totais levantadas dos serviços relacionados à extensão do logradouro foram divididas igualmente entre as dezoito vias. O item de orçamento Estudo de Tráfego é indiferente quanto à extensão ou quantidades de faixas de rolamento da via, sendo considerado um estudo por logradouro.

A Linha de Base (Baseline) é um conjunto de referências do projeto, estabelecidos a partir da definição do escopo e cronograma do projeto:

“Na linha de base estão contidas todas as informações do plano do projeto, tais como cronograma previsto, custo previsto, pacotes de trabalho, células de controle, atribuições e responsabilidades, dentre outros.” (VARGAS, 2002).

A partir do desenvolvimento do orçamento e do cronograma foi definido a linha de base do projeto indispensável ao Gerenciamento do Valor Agregado.

4 Considerações sobre a GVA no estudo

As avaliações dos critérios de desempenho do projeto objeto do estudo ocorreram em junho, julho, agosto e setembro de 2024, tão logo quanto a disponibilização dos dados relativos aos custos do projeto foram feitas pelo setor financeiro da empresa.

Não foi possível apurar os custos do projeto decorrentes dos serviços realizados dentro do mês de setembro de 2024 a fim de verificar o custo total do projeto. Também não foi possível verificar se todos as soluções de engenharia foram entregues e aceites pelo cliente caracterizando a finalização do projeto.

Quanto ao critério de medição da evolução das atividades, foi proposto a medição de (i) 0% caso o serviço não tenha se iniciado; (ii) 50% caso o serviço tenha se iniciado e não tenha sido concluído até o último dia do mês avaliado; e (iii) 100% para serviços finalizados.

Todo o gerenciamento do cronograma foi feito a partir da utilização do Microsoft Excel, incluindo montagem do orçamento, cronograma, coleta e armazenamento de dados, bem como acompanhamento da evolução do projeto.

Ao final de cada mês os dados quanto aos custos e evolução das atividades desenvolvidas foram levantados e lançados na planilha de acompanhamento do cronograma.

As atividades do projeto foram iniciadas, conforme cronograma elaborado, no dia 13 de maio de 2024, com a previsão de finalização e entrega do último projeto de restauração no dia 16 de agosto de 2024.

Figura 4 – Resultados obtidos na análise dos indicadores de desempenho mês a mês

	mai/24	jun/24	jul/24	ago/24
GASTO REAL	R\$ 70.050,24	R\$ 122.417,18	R\$ 115.369,90	R\$ 78.878,31
GASTO REAL ACUMULADO	R\$ 70.050,24	R\$ 192.467,42	R\$ 307.837,32	R\$ 386.715,63
GASTO PREVISTO	R\$ 120.520,00	R\$ 129.560,00	R\$ 123.446,68	R\$ 68.863,34
GASTO PREVISTO ACUMULADO	R\$ 120.520,00	R\$ 250.080,00	R\$ 373.526,68	R\$ 442.390,02
TAREFAS REALIZADAS	51	59	33	16
VALOR MÉDIO	R\$ 1.373,53	R\$ 2.074,87	R\$ 3.496,06	R\$ 4.929,89
VALOR AGREGADO (EV)	R\$ 70.737,01	R\$ 126.566,91	R\$ 118.865,95	R\$ 83.808,20
EV ACUMULADO	R\$ 70.737,01	R\$ 197.303,92	R\$ 316.169,87	R\$ 399.978,08
COST VARIANCE - CV EV-AC	R\$ 686,77	R\$ 4.836,50	R\$ 8.332,56	R\$ 13.262,45
SCHEDULE VARIANCE - SV	R\$ 49.782,99	R\$ 52.776,08	R\$ 57.356,81	R\$ 42.411,94
CUSTO EV / AC COST PERFORMANCE INDEX - CPI	1,010	1,025	1,027	1,034
CRONOGRAMA EV/PV SCHEDULE PERFORMANCE INDEX - SPI	0,587	0,789	0,846	0,904
TIME AT COMPLETION (TAC) (meses)	6,815	5,070	4,726	4,424
TO-COMPLETE CPI - TCPI	1,00	0,98	0,94	0,76
QUANTO FALTA SER FEITO?	R\$ 371.653,02	R\$ 245.086,10	R\$ 126.220,15	R\$ 42.411,94
QUANTO VAI CUSTAR O PROJETO? EAC	R\$ 697.115,948	R\$ 495.495,894	R\$ 453.025,277	R\$ 432.069,338

Fonte: Autor (2024)

As medições de desempenho ocorreram nos dias 07 (sete) de junho de 2024 (referente aos custos e serviços realizados até 31 de maio de 2024), 09 (nove) de julho de 2024 (referente

aos custos e serviços realizados até 30 de junho de 2024), 09 (nove) de agosto de 2024 (referente aos custos e serviços realizados até dia 31 de julho de 2024) e 03 (três) de setembro de 2024 (referente aos custos e serviços realizados até o dia 31 de agosto de 2024).

O custo previsto para o primeiro mês de projeto era de R\$120.520,00 e a expectativa era concluir 70 atividades. No entanto, foram finalizadas apenas 51 atividades com um custo real de R\$70.050,24, significativamente abaixo do esperado. O Valor Agregado (EV) foi de R\$70.737,01, resultando em uma Variação de Custo (CV) positiva de R\$686,77, indicando que o projeto gastou menos do que o valor agregado. O Índice de Desempenho de Custo (CPI) foi 1,010, confirmando que, apesar dos atrasos e da menor quantidade de atividades finalizadas, o projeto estava dentro do orçamento. No entanto, o Índice de Desempenho de Prazo (SPI) foi de 0,587, apontando um atraso significativo. O atraso foi causado pela dificuldade em mobilizar toda a equipe e problemas na instalação de equipamentos, como a remoção de câmeras de contagem de tráfego por terceiros, o que prejudicou o avanço das atividades e impactou as entregas.

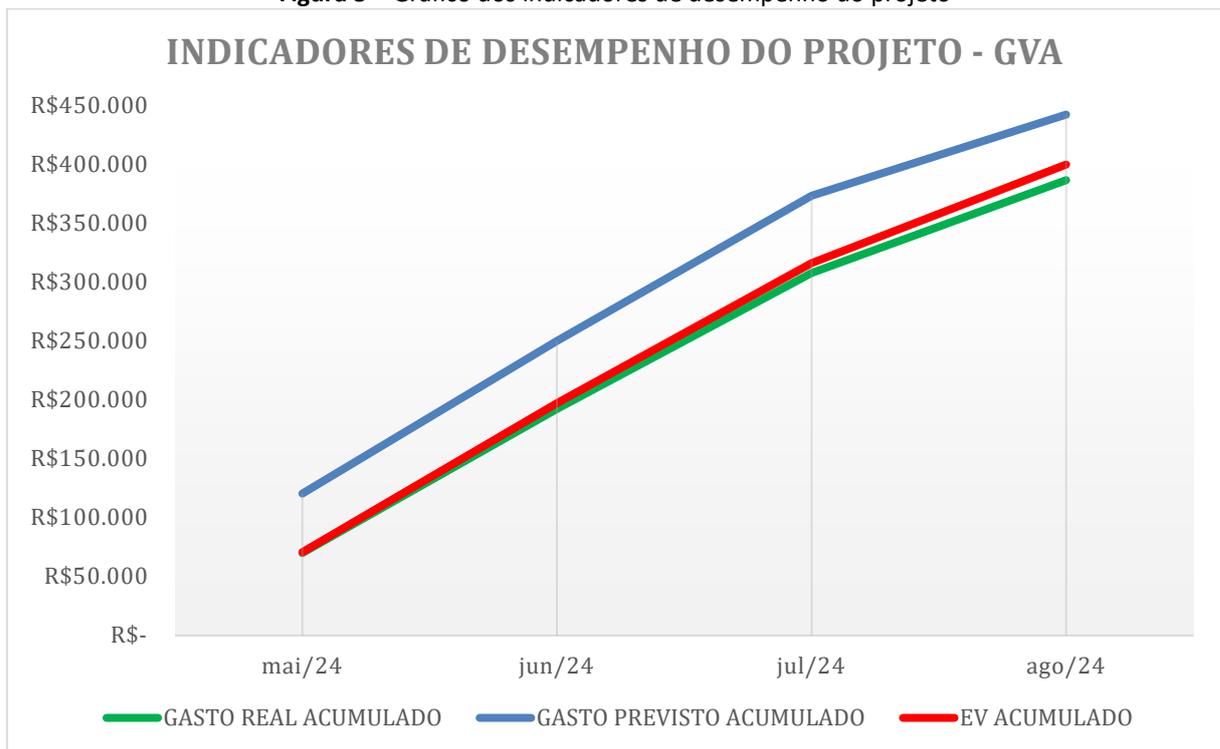
Para o segundo mês, o projeto tinha previsão de gastar R\$129.560,00 e finalizar 52 atividades. No entanto, o custo real foi de R\$122.417,18, e foram concluídas 59 atividades, superando a meta. O Valor Agregado (EV) foi de R\$126.566,91, resultando em uma Variação de Custo (CV) positiva de R\$4.836,50. O CPI foi de 1,025, confirmando que o projeto se manteve dentro do orçamento. O SPI subiu para 0,789, mostrando uma leve recuperação no cronograma, ainda que permanecesse abaixo de 1. A melhoria foi associada à maior execução das atividades, mas o atraso acumulado do mês anterior ainda impactou o andamento do projeto. O aumento de atividades finalizadas também elevou os custos, mas de forma positiva, agregando mais valor ao projeto.

No terceiro mês, o projeto tinha um orçamento de R\$123.446,68 e a meta de concluir 36 atividades. O custo real foi de R\$115.369,90, e foram finalizadas 33 atividades. O Valor Agregado (EV) foi de R\$118.865,95, gerando uma Variação de Custo (CV) positiva de R\$8.332,56. O CPI foi de 1,027, indicando mais uma vez que os custos estavam sob controle e dentro do orçamento. O SPI subiu para 0,846, mostrando uma nova melhora no cumprimento do cronograma, embora ainda houvesse atraso em relação ao plano inicial. A conclusão de atividades foi quase a esperada, e os custos permaneceram controlados. A tendência de melhora no índice de prazo continuava, embora o atraso acumulado ainda precisasse ser corrigido nos meses seguintes.

Em agosto, o último mês da análise, a previsão era de um custo de R\$68.863,34 com a finalização do projeto. Entretanto, o custo real foi superior, atingindo R\$78.878,31, e foram finalizadas 16 atividades. O Valor Agregado (EV) foi de R\$83.808,20, acumulando R\$399.978,08 em valor agregado ao longo dos quatro meses. A Variação de Custo (CV) foi positiva, com R\$4.929,89 e o CPI atingiu 1,034, reforçando que o projeto seguiu dentro do orçamento ao longo do período. No entanto, o SPI de 0,904 ainda indicava atraso na execução das atividades. Apesar de uma melhora no cumprimento de prazos, o projeto não conseguiu alcançar totalmente o cronograma planejado.

Apesar do resultado financeiro aparentemente positivo, o projeto não foi finalizado em quatro meses, desta forma, não atendendo ao cronograma. Houve a necessidade de se consumir mais recursos no mês de setembro de 2024 para que todos os serviços fossem finalizados e todas as soluções de engenharia pudessem ser entregues ao cliente.

Figura 5 – Gráfico dos indicadores de desempenho do projeto



Fonte: Autor (2024)

A imprecisão de dados quanto a área total dos projetos, decorrente da falta de serviço de topografia, pode ter afetado a elaboração do orçamento de projeto. Foi observado que os custos dos serviços dimensionados em função da área de projeto foram superestimados causado uma falsa ideia de cumprimento de orçamento visto que o gasto real acumulado ficou abaixo do gasto previsto acumulado.

A figura 5 apresenta o gráfico dos indicadores de desempenho do projeto com o Gasto Real Acumulado, Gasto Previsto Acumulado e o Valor Agregado Acumulado (EV Acumulado).

As análises de desempenho do projeto foram feitas em função dos meses de maio, junho, julho e agosto de 2024. Não contemplando o mês de setembro.

4 Considerações finais

O objetivo do trabalho apresentado foi propor a adoção do Gerenciamento do Valor Agregado (GVA) como ferramenta da Gestão de Custo em empresa de médio porte atuante no ramo de consultoria e projeto de engenharia rodoviárias a fim de permitir uma visualização mais clara e objetiva da evolução das atividades e custos praticados.

O desenvolvimento do trabalho proposto deu-se através da implantação da ferramenta de Gestão de Custo em contrato, mantido com cliente de direito público, de elaboração projeto de restauração de dezoito logradouros no bairro de Copacabana, cidade do Rio de Janeiro.

Após preparação do material necessário na fase de planejamento, os dados relativos à execução das tarefas previstas nos pacotes de serviços, bem como os custos relacionados a

execução das tarefas da EAP foram registrados de forma a permitir o cálculo dos indicadores de desempenho de custo e prazo do projeto.

O Valor Agregado (EV), o Índice de Desempenho de Custo (CPI) e o Índice de Desempenho de Prazo (SPI) calculados nos quatro meses de estudo contribuíram de forma significativa na visualização da evolução do projeto pois apresentavam de forma clara e objetiva a relação entre custo e prazo.

A análise do Índice de Desempenho de Custo (CPI) e do Índice de Desempenho de Prazo (SPI) não devem ser feitas separadamente pois podem induzir a erros, visto que tratam de aspectos diferentes, mas que devem ser relacionados e explorados de forma a garantir o bom desenvolvimento do projeto.

Uma das lições aprendidas durante a execução do trabalho se refere a questão da importância da elaboração de orçamentos e cronogramas em conformidade com as necessidades do projeto. O risco de execução das atividades em área urbana e de grande densidade foi superdimensionado gerando previsões de custos elevados e permitindo que o projeto, mesmo com grande atraso no cronograma, estivesse até o último mês dentro da meta do orçamento e agregando grande valor ao projeto.

A utilização do Gerenciamento do Valor Agregado (GVA) de forma efetiva deve ser precedida por treinamento de todo o time do projeto, incluindo as equipes responsáveis pela execução das tarefas da EAP. Durante o desenvolvimento do trabalho não foi possível conversar com a equipe de campo e isso gerou certa desorganização na evolução e medição dos trabalhos.

A empresa não possuía nenhum grau de maturidade quanto a utilização da Gestão do Valor Agregado (GVA). Este fato associado a ausência de software adequado à utilização da ferramenta torna a gestão das informações de dados mais trabalhosa e suscetível a erros de apropriação de dados.

O apoio do setor financeiro da empresa, no sentido de fornecer os dados necessários aos custos do projeto, é importantíssimo. Grande parte dos dados é sensível por se tratar de salários e benefícios dos funcionários. Apresentar esses dados em tempo hábil, de forma que se aproveite as informações para traçar estratégias para o projeto dentro do mês e, ainda assim, atender a Lei Geral de Proteção de Dados (LGPD) se faz uma tarefa muito difícil sem apoio do setor responsável.

Não foi possível fazer a análise dos dados e dos indicadores de desempenho do mês de setembro de 2024. O cronograma estabelecia quatro meses de projeto, porém, com o atraso dos serviços, as atividades avançaram mais que o previsto gerando custos que não foram analisados.

Não foram considerados os retrabalhos gerados por revisão de projetos solicitados pelo cliente. Alguns impedimentos construtivos encontrados em fase de obra, como uma rede de instalação de concessionária que atrapalha a execução dos serviços, podem gerar retrabalhos, uma vez que a solução proposta deverá ser revista a fim de considerar tal impedimento.

A gestão de custo e prazo de projetos com utilização de Valor Agregado requer determinado grau de experiência do gerente de projetos. A análise dos dados obtidos não traz benefícios ao projeto caso não sejam tomadas decisões corretas em função da interpretação

desses dados. Devido à dificuldade na escolha da tomada de decisão face aos diversos cenários que podem ser apresentados no decorrer do projeto, quando da análise do valor agregado, fica sugerido a elaboração de novos estudos que associem ações a serem implantadas no projeto em função dos indicadores de desempenho obtidos a fim de controlar o prazo e o custo de projetos.

Referências

CÂNDIDO, L. F.; LIMA, S. H. de O.; BARROS NETO, J. de P. **Análise de Sistemas de Medição de Desempenho na Indústria da Construção**. Ambiente Construído, Porto Alegre, v. 16, n. 2, p. 189-208, abr./jun. 2016.

DOD. **Earned value Management Implementation Guide**. Washington: United States of America Department of Defense. 1997.

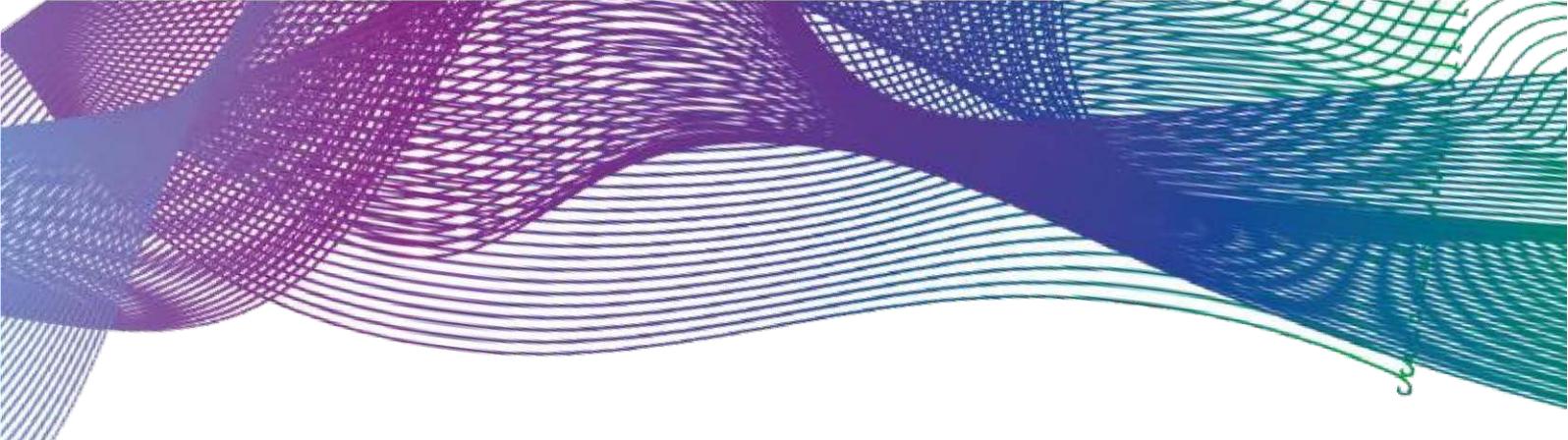
COSTA, D. B.; FORMOSO, C. T. **Fatores-Chave de Sucesso Para Sistemas de Indicadores de Desempenho Para Benchmarking Colaborativo Entre Empresas Construtoras**. Ambiente Construído, Porto Alegre, v. 11, n. 3, p. 143-159, jul./set. 2011.

TEIXEIRA NETTO, J. *et al.* **Estudo Comparativo Entre as Práticas Empresariais e a Teoria de Gerenciamento por Valor Agregado: o caso da construção civil**. Ambiente Construído, Porto Alegre, v. 15, n. 3, p. 145-160, jul./set. 2015b.

TEIXEIRA NETTO, J.T.; OLIVEIRA, N.L.F. de; FREITAS, A. P. A.; SANTOS, J. A. N. dos. **Utilização do Valor Agregado como ferramenta de gestão na construção civil: uma análise quantitativa**. Ambiente Construído, Porto Alegre, v. 18, n. 4, p. 237-257, out./dez. 2018.

PMI. Project Management Institute. **A guide to the Project Management Body of Knowledge. PMBOK**. Newton Square. 2021.

VARGAS, Ricardo V. **Análise de valor agregado: Revolucionando o Gerenciamento de Prazos e Custos**. 3. Ed. São Paulo: Brasport, 2005.



Gestão & Gerenciamento

EMPREGANDO INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL NO GERENCIAMENTO DE PROJETOS: AVANÇOS E APLICAÇÕES

*EMPLOYING ARTIFICIAL INTELLIGENCE IN PROJECT MANAGEMENT:
ADVANCES AND APPLICATIONS*

Stefano Pereira Mano

Analista e desenvolvedor de Sistemas; Pós graduando em Gestão e Gerenciamento de Projetos, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, RJ, Brasil.

stefano_236@hotmail.com

Luiz Henrique Costa Oscar

Mestre em Engenharia Urbana, especialista em Gestão e Gerenciamento de Projetos; Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, RJ, Brasil;

lhcosta@poli.ufrj.br

Resumo

O artigo explora a interseção entre Inteligência Artificial (IA) e gerenciamento de projetos, destacando a relevância dessa combinação para a otimização de processos e aprimoramento da tomada de decisão. Inicia com uma introdução à IA, seguida por uma visão geral das tecnologias envolvidas, como aprendizado de máquina. Aborda as diversas aplicações da IA no gerenciamento de projetos, enfatizando os benefícios, desafios e perspectivas futuras dessa integração. Conclui com uma reflexão sobre a importância da inovação contínua na adoção de IA para melhorar a eficiência e a eficácia no gerenciamento de projetos.

Palavras-chaves: Inteligência Artificial; Gerenciamento de Projetos; Otimização de Recursos.

Abstract

The article explores the intersection between Artificial Intelligence (AI) and project management, highlighting the relevance of this combination for process optimization and decision-making enhancement. It starts with an introduction to AI, followed by an overview of the technologies involved, such as machine learning. It addresses the diverse applications of AI in project management, emphasizing the benefits, challenges, and future prospects of this integration. It concludes with a reflection on the importance of continuous innovation in AI adoption to improve efficiency and effectiveness in project management.

Keywords: Artificial Intelligence; Project Management; Resource Optimization.

Introdução

A integração da Inteligência Artificial (IA) no gerenciamento de projetos representa uma revolução no modo como projetos são planejados, executados e monitorados (RUSSELL, NORVIG, 2020). A fusão dessas áreas permite uma abordagem mais eficiente e precisa, possibilitando a otimização de recursos e a melhoria na tomada de decisões. Este artigo visa explorar como a IA está sendo empregada no gerenciamento de projetos, seus benefícios, desafios e futuras perspectivas.

O gerenciamento de projetos é uma disciplina essencial que abrange a aplicação de conhecimentos, habilidades, ferramentas e técnicas para atender aos requisitos de um projeto (PMI, 2021). A IA, por sua vez, envolve a criação de sistemas capazes de realizar tarefas que normalmente requerem inteligência humana, como reconhecimento de padrões, aprendizado e tomada de decisão (GOODFELLOW, BENGIO, COURVILLE, 2016). A combinação dessas duas áreas pode resultar em significativas melhorias na eficiência e eficácia dos projetos.

A evolução da tecnologia e o aumento da complexidade dos projetos contemporâneos tornam a aplicação de IA uma necessidade estratégica para as organizações que buscam manter a competitividade e a inovação em um mercado cada vez mais dinâmico e exigente (BRYNJOLFSSON, MCAFEE, 2014).

1. IA: Definição e Tecnologias

1.1 Definição de Inteligência Artificial

A Inteligência Artificial é uma área da ciência da computação dedicada ao desenvolvimento de algoritmos e sistemas capazes de realizar tarefas que normalmente exigem inteligência humana (RUSSELL, NORVIG, 2020). Isso inclui desde o reconhecimento de voz e imagem até a tomada de decisões complexas e aprendizado contínuo.

A IA tem suas raízes em diversas disciplinas, incluindo matemática, neurociência, engenharia da computação e filosofia (GOODFELLOW *et al.*, 2016). Com o avanço da tecnologia e o aumento da capacidade computacional, a IA evoluiu para abranger uma ampla gama de técnicas e aplicações, transformando-se em um campo vital para a inovação tecnológica.

A IA pode ser categorizada em IA estreita (ou fraca) e IA geral (ou forte). A IA estreita é projetada para realizar tarefas específicas, como reconhecimento de imagem ou processamento de linguagem natural, enquanto a IA geral possui capacidades cognitivas semelhantes às dos seres humanos, podendo realizar uma variedade de tarefas intelectuais (DAVENPORT, RONANKI, 2018).

1.2 Tecnologias Envolvidas

Entre as principais tecnologias que compõem a IA, destacam-se:

1.2.1 Aprendizado de Máquina (Machine Learning - ML)

O aprendizado de máquina é uma subárea da IA que permite que sistemas aprendam e melhorem com a experiência sem serem explicitamente programados para isso (GOODFELLOW *et al.*, 2016). O ML utiliza algoritmos que analisam dados, identificam padrões e fazem previsões ou decisões com base nesses dados. Existem vários tipos de algoritmos de aprendizado de máquina, incluindo:

- **Supervisionado:** Onde o modelo é treinado com dados rotulados e aprende a mapear entradas para saídas. Exemplos incluem classificadores como árvores de decisão e regressão linear (BISHOP, 2006).
- **Não supervisionado:** Onde o modelo encontra padrões em dados não rotulados. Exemplos incluem algoritmos de agrupamento (clustering) como k-means (KELLEHER, NAMEE, D'ARCY, 2015).
- **Reforço:** Onde o modelo aprende a tomar decisões através de recompensas e punições. Esse tipo de aprendizado é utilizado em jogos e sistemas de controle robótico (RUSSELL, NORVIG, 2020).

1.2.2 Processamento de Linguagem Natural (Natural Language Processing - NLP)

O processamento de linguagem natural permite a interação entre humanos e máquinas utilizando a linguagem natural. O NLP é utilizado para entender, interpretar e gerar a linguagem humana de maneira significativa (HUANG, RUST, 2018). Isso inclui tarefas como tradução automática, análise de sentimentos e geração de texto. O NLP se baseia em diversas técnicas, incluindo redes neurais profundas, modelos estatísticos e algoritmos de aprendizado de máquina (LECUN, BENGIO, HINTON, 2015).

1.2.3 Redes Neurais Artificiais

Inspiradas na estrutura do cérebro humano, as redes neurais artificiais são compostas por unidades interconectadas (neurônios) que processam informações (GOODFELLOW *et al.*, 2016). As redes neurais são amplamente utilizadas em tarefas como reconhecimento de voz e imagem, onde a complexidade e a variabilidade dos dados requerem métodos de processamento avançados. Existem diferentes tipos de redes neurais, como redes neurais convolucionais (CNNs) para processamento de imagem e redes neurais recorrentes (RNNs) para processamento de sequências temporais (LECUN *et al.*, 2015).

1.2.4 Sistemas Especialistas

Os sistemas especialistas utilizam conhecimento especializado para tomar decisões em áreas específicas. Esses sistemas replicam a habilidade de um especialista humano em um campo particular, utilizando regras baseadas em conhecimento (RUSSELL, NORVIG, 2020). Sistemas especialistas são amplamente utilizados em diagnósticos médicos, aconselhamento financeiro e outros campos onde o conhecimento especializado é crucial.

2. Aplicações da IA no Gerenciamento de Projetos

2.1 Otimização de Recursos

A IA pode ser utilizada para otimizar a alocação de recursos em um projeto. Algoritmos de aprendizado de máquina podem analisar dados históricos para prever a demanda futura de recursos, garantindo que os recursos certos estejam disponíveis no momento certo (CHUI, MANYIKA, MIREMADI, 2016). Isso inclui a otimização de cronogramas, a alocação eficiente de pessoal e a gestão de inventário.

A alocação otimizada de recursos não apenas garante a utilização eficiente dos mesmos, mas também reduz os custos operacionais e minimiza o desperdício (DAVENPORT, RONANKI, 2018). Por exemplo, a IA pode prever períodos de alta demanda e sugerir a redistribuição de recursos humanos ou materiais para evitar gargalos.

2.2 Previsão e Gerenciamento de Riscos

Os sistemas de IA podem identificar riscos potenciais em um projeto com base em dados históricos e padrões (VAN DER AALST, 2016). Isso permite que os gerentes de projetos tomem medidas proativas para mitigar esses riscos antes que se tornem problemas significativos. Ferramentas de IA podem prever atrasos, problemas de qualidade e outras questões que podem impactar negativamente o projeto.

A capacidade de prever riscos de forma precisa permite que os gestores desenvolvam planos de contingência eficazes e aloquem recursos de forma mais estratégica (CHUI *et al.*, 2016). Além disso, a IA pode monitorar continuamente os indicadores de risco ao longo do ciclo de vida do projeto, proporcionando uma visão em tempo real das ameaças potenciais.

2.3 Automação de Tarefas Repetitivas

A automação de tarefas administrativas e repetitivas através da IA libera tempo dos gerentes de projeto, permitindo que se concentrem em atividades estratégicas (LACITY, WILLCOCKS, 2018). Por exemplo, a IA pode ser usada para atualizar automaticamente

cronogramas de projetos, gerar relatórios de progresso e gerenciar comunicações entre membros da equipe. Isso não apenas melhora a eficiência, mas também reduz a probabilidade de erros humanos.

A automação de tarefas repetitivas também pode incluir o processamento de documentos, a gestão de contratos e a coordenação de agendas de reuniões. Ao automatizar essas tarefas, a IA permite que os gerentes de projeto se concentrem em atividades que requerem maior criatividade e julgamento crítico (PARLOFF, 2016).

2.4 Análise de Dados e Relatórios

A IA pode analisar grandes volumes de dados de projetos para extrair insights valiosos, ajudando na tomada de decisões informadas (GOODFELLOW *et al.*, 2016). Ferramentas de IA podem gerar relatórios detalhados e visualizações que facilitam a compreensão do estado do projeto. Análises preditivas e prescritivas permitem que os gerentes de projeto antecipem problemas e otimizem suas estratégias (BRYNJOLFSSON, McAfee, 2014).

A análise de dados avançada permite a identificação de tendências e padrões ocultos que podem não ser aparentes em análises tradicionais. Por exemplo, a IA pode identificar correlações entre diferentes variáveis do projeto, ajudando a entender melhor os fatores que impactam o sucesso do projeto (RUSSELL, NORVIG, 2020).

2.5 Melhoria na Comunicação

Tecnologias de NLP podem ser utilizadas para melhorar a comunicação entre os membros da equipe do projeto (HUANG, RUST, 2018). Sistemas de IA podem analisar e interpretar comunicações, fornecendo resumos e destacando informações importantes. Isso facilita a colaboração e assegura que todos os membros da equipe estejam alinhados com os objetivos do projeto.

A IA também pode ser utilizada para tradução automática de documentos e mensagens, permitindo uma comunicação eficaz em equipes internacionais. Além disso, sistemas de IA podem monitorar o tom e o conteúdo das comunicações para identificar e resolver conflitos potenciais antes que se tornem problemas maiores (LECUN *et al.*, 2015).

2.6 Planejamento e Programação

A IA pode melhorar o planejamento e a programação dos projetos através da análise de dados históricos e padrões de trabalho (DAVENPORT, RONANKI, 2018). Algoritmos de IA podem sugerir cronogramas ideais, identificar dependências críticas e otimizar a sequência de tarefas para minimizar atrasos e maximizar a eficiência.

O planejamento automatizado com IA leva em consideração múltiplos fatores, incluindo disponibilidade de recursos, prazos de entrega e prioridades do projeto (RUSSELL, NORVIG, 2020). Isso resulta em cronogramas mais realistas e ajustáveis, que podem ser facilmente atualizados em resposta a mudanças nas condições do projeto.

2.7 Monitoramento de Progresso

A IA pode ser utilizada para monitorar o progresso dos projetos em tempo real, utilizando dados de sensores, dispositivos IoT e outras fontes de informação (VAN DER AALST,

2016). Isso permite uma visibilidade contínua e detalhada do status do projeto, facilitando a identificação de desvios e a implementação de ações corretivas imediatas.

O monitoramento automatizado reduz a necessidade de relatórios manuais frequentes e proporciona uma visão mais precisa e atualizada do progresso do projeto. Ferramentas de IA podem alertar os gerentes de projeto sobre atrasos ou problemas emergentes, permitindo uma resposta rápida e eficaz (CHUI *et al.*, 2016).

2.8 Tomada de Decisão

A capacidade de processamento de grandes volumes de dados e a análise preditiva da IA fornecem suporte significativo para a tomada de decisão em projetos (GOODFELLOW *et al.*, 2016). A IA pode oferecer recomendações baseadas em dados, ajudando os gerentes de projeto a escolherem as melhores ações a serem tomadas em diferentes cenários.

Sistemas de suporte à decisão baseados em IA podem simular diferentes cenários de projeto, permitindo que os gerentes avaliem o impacto potencial de suas decisões antes de implementá-las (DAVENPORT, RONANKI, 2018). Isso resulta em decisões mais informadas e estratégicas, que aumentam a probabilidade de sucesso do projeto.

3. Benefícios da IA no Gerenciamento de Projetos

3.1 Eficiência Operacional

A IA pode aumentar a eficiência operacional automatizando tarefas rotineiras, reduzindo erros humanos e acelerando processos (LACITY, WILLCOCKS, 2018). Isso resulta em economia de tempo e custo, além de melhorar a precisão e a consistência das operações. A automação de processos repetitivos libera os gerentes de projeto para focarem em atividades mais estratégicas e de maior valor (DAVENPORT, RONANKI, 2018).

A automação com IA também pode melhorar a eficiência de processos complexos, como a integração de novos membros da equipe ou a gestão de mudanças no escopo do projeto (GOODFELLOW *et al.*, 2016). Ao automatizar essas tarefas, a IA permite que os projetos sejam gerenciados de forma mais ágil e responsiva.

3.2 Tomada de Decisão Aprimorada

Com a capacidade de analisar grandes volumes de dados e identificar padrões, a IA oferece insights valiosos que suportam a tomada de decisão informada (RUSSELL, NORVIG, 2020). Gerentes de projeto podem basear suas decisões em dados precisos e previsões, aumentando as chances de sucesso do projeto. A análise de dados em tempo real permite que decisões sejam ajustadas conforme necessário, melhorando a adaptabilidade do projeto (BRYNJOLFSSON, MCAFEE, 2014).

A tomada de decisão baseada em dados também reduz o risco de viés humano e permite uma avaliação mais objetiva das opções disponíveis (DAVENPORT, RONANKI, 2018). Ferramentas de IA podem fornecer recomendações detalhadas e justificadas, que ajudam os gerentes a tomar decisões mais acertadas e estratégicas.

3.3 Flexibilidade e Adaptação

Sistemas de IA são capazes de aprender e se adaptar a novas situações e dados (GOODFELLOW *et al.*, 2016). Isso permite que os projetos se ajustem rapidamente a mudanças no ambiente ou nas condições do mercado, mantendo-se alinhados com os objetivos estratégicos (DAVENPORT, RONANKI, 2018). A capacidade de adaptação é particularmente importante em ambientes dinâmicos e incertos, onde as condições podem mudar rapidamente.

A flexibilidade proporcionada pela IA também permite que os projetos respondam de forma mais eficaz a oportunidades emergentes, como a introdução de novas tecnologias ou mudanças nas necessidades dos clientes (BRYNJOLFSSON, MCAFEE, 2014). A IA pode ajudar a identificar e capitalizar essas oportunidades, mantendo os projetos competitivos e inovadores.

3.4 Gestão Proativa de Riscos

A capacidade da IA de prever e identificar riscos permite uma gestão proativa, onde medidas preventivas podem ser implementadas antes que os riscos se materializem (van der Aalst, 2016). Isso reduz a probabilidade de atrasos e falhas no projeto. Ferramentas de IA podem monitorar continuamente o progresso do projeto, identificando sinais de alerta e sugerindo ações corretivas (CHUI *et al.*, 2016).

A gestão proativa de riscos com IA inclui a identificação de riscos emergentes, a avaliação contínua da eficácia das estratégias de mitigação e a adaptação rápida a novos riscos (DAVENPORT, RONANKI, 2018). Isso resulta em uma abordagem mais robusta e resiliente à gestão de riscos, que aumenta a segurança e a confiança no sucesso do projeto.

3.5 Melhoria na Qualidade

A IA pode contribuir para a melhoria da qualidade dos projetos através do monitoramento contínuo e da análise de dados (GOODFELLOW *et al.*, 2016). Algoritmos de aprendizado de máquina podem identificar padrões de qualidade e sugerir melhorias, garantindo que os produtos finais atendam aos padrões desejados (RUSSELL, NORVIG, 2020). Isso resulta em maior satisfação do cliente e redução de retrabalho.

A melhoria da qualidade com IA também envolve a detecção precoce de defeitos e a implementação de controles de qualidade automatizados. Isso garante que os problemas sejam identificados e resolvidos rapidamente, antes que possam impactar significativamente o projeto (HUANG, RUST, 2018).

3.6 Redução de Custos

A implementação de IA pode resultar em uma significativa redução de custos, tanto através da automação de tarefas quanto pela otimização de processos (LACITY, WILLCOCKS, 2018). A eficiência operacional e a redução de erros proporcionadas pela IA contribuem para a diminuição de desperdícios e retrabalhos, resultando em economia financeira (CHUI *et al.*, 2016).

A IA também pode ajudar a identificar e eliminar ineficiências ocultas nos processos do projeto, permitindo uma utilização mais eficaz dos recursos disponíveis (DAVENPORT, RONANKI, 2018). Isso não apenas reduz os custos, mas também aumenta a sustentabilidade e a rentabilidade dos projetos.

4. Desafios da IA no Gerenciamento de Projetos

4.1 Obstáculos Técnicos

A implementação de sistemas de IA pode enfrentar vários desafios técnicos, incluindo a necessidade de infraestrutura robusta, integração com sistemas existentes e a qualidade dos dados disponíveis (GOODFELLOW *et al.*, 2016). A precisão dos algoritmos de IA depende da qualidade e quantidade dos dados com os quais são treinados. A falta de dados de alta qualidade pode limitar a eficácia dos modelos de IA (RUSSELL, NORVIG, 2020).

Outro desafio técnico significativo é a escalabilidade dos sistemas de IA. A implementação de IA em projetos de grande escala pode exigir uma infraestrutura de TI avançada e uma capacidade de processamento considerável, o que pode ser um obstáculo para organizações menores ou com recursos limitados (CHUI *et al.*, 2016).

4.2 Questões Éticas

A adoção de IA levanta questões éticas relacionadas à privacidade, transparência e responsabilidade (SIAU, WANG, 2018). É essencial garantir que o uso de IA seja justo e transparente, com medidas para proteger os dados sensíveis e garantir a conformidade com regulamentos e normas éticas. As decisões tomadas por sistemas de IA devem ser explicáveis e auditáveis para garantir a responsabilidade (BRYNJOLFSSON, MCAFEE, 2014).

A ética na IA também envolve a consideração de impactos sociais e econômicos mais amplos. A automação de tarefas pode levar à substituição de empregos, e é importante considerar como as organizações podem mitigar esses impactos através de programas de requalificação e treinamento para os trabalhadores afetados (DAVENPORT, RONANKI, 2018).

4.3 Resistência à Mudança

A introdução de novas tecnologias pode encontrar resistência por parte dos stakeholders e membros da equipe que podem estar desconfortáveis com mudanças em seus processos de trabalho (Wirth, 2018). Gerentes de projeto devem gerenciar a mudança de forma eficaz, promovendo a aceitação e a adoção da IA. Isso pode envolver treinamento e comunicação clara sobre os benefícios e impactos da IA (LACITY, WILLCOCKS, 2018).

A resistência à mudança pode ser abordada através de uma abordagem gradual e colaborativa para a implementação da IA (DAVENPORT, RONANKI, 2018). Envolver os membros da equipe desde o início do processo e fornecer suporte contínuo pode ajudar a aliviar preocupações e aumentar a aceitação (SIAU, WANG, 2018).

4.4 Custo de Implementação

Embora a IA possa proporcionar economias a longo prazo, o custo inicial de implementação pode ser significativo (DAVENPORT, RONANKI, 2018). Isso inclui investimentos em tecnologia, treinamento e possíveis reestruturações organizacionais. As organizações precisam avaliar cuidadosamente o retorno sobre o investimento (ROI) e desenvolver uma estratégia de implementação gradual para mitigar os custos iniciais (CHUI *et al.*, 2016).

A consideração do custo-benefício da IA também deve incluir uma avaliação dos riscos e benefícios potenciais. Implementações piloto e projetos de teste podem ajudar a demonstrar o valor da IA e justificar o investimento inicial (WIRTH, 2018).

4.5 Dependência de Dados

A eficácia dos sistemas de IA depende da disponibilidade e qualidade dos dados (GOODFELLOW *et al.*, 2016). Dados incompletos, imprecisos ou enviesados podem comprometer a precisão e a confiabilidade dos modelos de IA. Portanto, é crucial estabelecer práticas robustas de gestão de dados e garantir a integridade e a segurança dos dados (RUSSELL, NORVIG, 2020).

governança de dados é uma componente crítica para o sucesso da IA. As organizações devem implementar políticas e processos para garantir que os dados sejam coletados, armazenados e utilizados de maneira ética e segura (SIAU, WANG, 2018). Isso inclui a conformidade com regulamentos de privacidade de dados, como o GDPR.

4.6 Complexidade dos Algoritmos

Os algoritmos de IA podem ser extremamente complexos e difíceis de entender para aqueles que não têm uma formação técnica aprofundada (GOODFELLOW *et al.*, 2016). Isso pode criar desafios na implementação e no uso eficaz da IA em projetos de gerenciamento. É importante fornecer treinamento adequado e desenvolver interfaces de usuário que facilitem a interação com sistemas de IA (WIRTH, 2018).

A complexidade dos algoritmos também pode dificultar a interpretação dos resultados e das recomendações fornecidas pela IA (Siau, Wang, 2018). Ferramentas de visualização de dados e técnicas de explicabilidade de IA (XAI) podem ajudar a tornar os resultados mais acessíveis e compreensíveis para os usuários (LeCun *et al.*, 2015)..

5. Futuro da IA no Gerenciamento de Projetos

5.1 Avanços Tecnológicos

O campo da IA está em constante evolução, com avanços contínuos em algoritmos, processamento de dados e capacidade computacional (RUSSELL, NORVIG, 2020). Essas inovações abrirão novas possibilidades para a aplicação de IA no gerenciamento de projetos, permitindo soluções mais sofisticadas e eficientes (GOODFELLOW *et al.*, 2016). O desenvolvimento de algoritmos mais avançados e a melhoria na capacidade de processamento de dados permitirão a análise em tempo real e a tomada de decisões mais rápidas e precisas (LECUN *et al.*, 2015).

Novas tecnologias, como a computação quântica, também podem acelerar significativamente o processamento de algoritmos de IA permitindo análises mais rápidas e complexas (PARLOFF, 2016). Isso abrirá novas oportunidades para a aplicação da IA em projetos de grande escala e alta complexidade.

5.2 Integração com Outras Tecnologias

A IA será cada vez mais integrada com outras tecnologias emergentes, como a Internet das Coisas (IoT) e blockchain, proporcionando uma visão mais abrangente e conectada dos

projetos (VAN DER AALST, 2016). Essa integração permitirá um monitoramento em tempo real e uma maior transparência nas operações do projeto. A combinação de IA com IoT pode permitir a coleta de dados de sensores em tempo real, enquanto o blockchain pode garantir a transparência e a segurança dos dados (SIAU, WANG, 2018).

A integração de IA com tecnologias de realidade aumentada (AR) e realidade virtual (VR) também pode transformar o gerenciamento de projetos, permitindo simulações imersivas e visualizações detalhadas de projetos complexos (DAVENPORT, RONANKI, 2018). Isso pode melhorar o planejamento, a colaboração e a comunicação entre as equipes de projeto.

5.3 Desenvolvimento de Ferramentas Especializadas

O desenvolvimento de ferramentas de IA específicas para o gerenciamento de projetos continuará a crescer (WIRTH, 2018). Essas ferramentas serão adaptadas para atender às necessidades particulares de diferentes indústrias e tipos de projetos, oferecendo soluções personalizadas e eficazes. Ferramentas de IA específicas podem fornecer insights detalhados e recomendações para setores como construção, tecnologia da informação, manufatura e outros (DAVENPORT, RONANKI, 2018).

Essas ferramentas especializadas também podem ser projetadas para integrar-se facilmente com sistemas existentes de gerenciamento de projetos, permitindo uma transição suave e uma adoção mais rápida (RUSSELL, NORVIG, 2020). O desenvolvimento de APIs e interfaces de usuário intuitivas facilitará a implementação e o uso dessas ferramentas (GOODFELLOW *et al.*, 2016).

5.4 Adoção Generalizada

À medida que os benefícios da IA se tornam mais evidentes, a adoção generalizada de tecnologias de IA no gerenciamento de projetos é esperada (BRYNJOLFSSON, MCAFEE, 2014). Organizações de todos os tamanhos reconhecerão o valor da IA em melhorar a eficiência, reduzir riscos e aumentar a competitividade. A IA se tornará uma ferramenta padrão no arsenal de gerenciamento de projetos, assim como os softwares de gerenciamento de projetos são hoje (SIAU, WANG, 2018).

A adoção generalizada de IA também será impulsionada pela disponibilidade crescente de plataformas de IA acessíveis e de fácil uso (LACITY, WILLCOCKS, 2018). Soluções baseadas em nuvem permitirão que mesmo pequenas e médias empresas (PMEs) aproveitem os benefícios da IA sem a necessidade de grandes investimentos em infraestrutura (DAVENPORT, RONANKI, 2018).

5.5 Aprendizado Contínuo e Adaptação

O futuro da IA no gerenciamento de projetos também envolverá aprendizado contínuo e adaptação (GOODFELLOW *et al.*, 2016). Os sistemas de IA se tornarão cada vez mais autônomos, capazes de aprender com novos dados e experiências, ajustando suas estratégias e melhorando continuamente (RUSSELL, NORVIG, 2020). Isso permitirá que os projetos se tornem mais resilientes e adaptáveis às mudanças nas condições do mercado e nas demandas dos stakeholders (DAVENPORT, RONANKI, 2018).

A adaptação contínua dos sistemas de IA permitirá que as organizações mantenham sua competitividade em um ambiente de negócios em rápida evolução (BRYNJOLFSSON, MCAFEE, 2014). A capacidade de ajustar rapidamente as estratégias e processos com base em novos dados e insights será um diferencial crítico para o sucesso a longo prazo (SIAU, WANG, 2018).

5.6 Colaboração Humano-IA

O futuro do gerenciamento de projetos também verá uma colaboração cada vez mais estreita entre humanos e sistemas de IA (WIRTH, 2018). Em vez de substituir completamente os gerentes de projeto, a IA atuará como um parceiro estratégico, oferecendo suporte e insights que complementam a experiência e o julgamento humano (DAVENPORT, RONANKI, 2018).

Essa colaboração permitirá que os gerentes de projeto se concentrem em aspectos criativos e estratégicos do gerenciamento de projetos, enquanto a IA lida com tarefas repetitivas e analíticas (GOODFELLOW *et al.*, 2016). A integração harmoniosa de IA e inteligência humana resultará em uma abordagem mais holística e eficaz para o gerenciamento de projetos (RUSSELL, NORVIG, 2020).

6 Considerações Finais

A integração da Inteligência Artificial no gerenciamento de projetos representa uma evolução significativa que oferece inúmeros benefícios, desde a otimização de recursos até a melhoria na tomada de decisão (RUSSELL, NORVIG, 2020). No entanto, também apresenta desafios técnicos e éticos que devem ser cuidadosamente gerenciados (SIAU, WANG, 2018). A inovação contínua e a adaptação às novas tecnologias são essenciais para aproveitar todo o potencial da IA no gerenciamento de projetos (BRYNJOLFSSON, MCAFEE, 2014). À medida que avançamos, a IA se tornará uma ferramenta indispensável para gerentes de projetos que buscam alcançar excelência e eficiência em suas operações (DAVENPORT, RONANKI, 2018). A colaboração entre humanos e máquinas permitirá que os projetos sejam gerenciados de maneira mais inteligente e eficaz, resultando em melhores resultados e maior satisfação dos stakeholders (GOODFELLOW *et al.*, 2016).

A transformação digital impulsionada pela IA continuará a moldar o futuro do gerenciamento de projetos, criando novas oportunidades e desafios (RUSSELL, NORVIG, 2020). Organizações que abraçarem essa mudança e investirem em tecnologias de IA estarão melhor posicionadas para enfrentar as demandas do mercado e alcançar um sucesso sustentável a longo prazo (BRYNJOLFSSON, MCAFEE, 2014).

Referências

1. RUSSELL, S.; NORVIG, P. (2020). **Artificial Intelligence: A Modern Approach**. Pearson.
2. GOODFELLOW, I.; BENGIO, Y.; COURVILLE, A. (2016). **Deep Learning**. MIT Press.
3. PMI. Project Management Institute. (2021). **A Guide to the Project Management Body of Knowledge (PMBOK Guide)**.

- CHUI, M.; MANYIKA, J.; MIREMADI, M. (2016). **Where machines could replace humans-and where they can't (yet)**. McKinsey Quarterly.
- DAVENPORT, T. H.; RONANKI, R. (2018). **Artificial Intelligence for the Real World**. Harvard Business Review.
- LECUN, Y.; BENGIO, Y.; HINTON, G. (2015). **Deep learning**. Nature, 521(7553), 436-444.
- VAN DER AALST, W. (2016). **Process Mining: Data Science in Action**. Springer.
- BRYNJOLFSSON, E.; McAfee, A. (2014). **The Second Machine Age: Work, Progress, and Prosperity in a Time of Brilliant Technologies**. W. W. Norton, Company.
- KELLEHER, J. D.; NAMEE, B. M.; D'ARCY, A. (2015). **Fundamentals of Machine Learning for Predictive Data Analytics: Algorithms, Worked Examples, and Case Studies**. MIT Press.
- BISHOP, C. M. (2006). **Pattern Recognition and Machine Learning**. Springer.
- WIRTH, N. (2018). **Hello marketing, what can artificial intelligence help you with?** International Journal of Market Research, 60(5), 435-438.
- LACITY, M. C.; WILLCOCKS, L. P. (2018). **Robotic Process Automation and Risk Mitigation: The Definitive Guide**. SB Publishing.
- PARLOFF, R. (2016). **Why Deep Learning Is Suddenly Changing Your Life**. Fortune.
- SIAU, K.; WANG, W. (2018). **Building trust in artificial intelligence, machine learning, and robotics**. Cutter Business Technology Journal, 31(2), 47-53.
- HUANG, M. H.; RUST, R. T. (2018). **Artificial Intelligence in Service**. Journal of Service Research, 21(2), 155-172.



Gestão & Gerenciamento

ESTUDO DE CASO NOS IMPACTOS DA FILOSOFIA LEAN EM OBRAS MULTIFAMILIARES

*CASE STUDY ON THE IMPACTS OF LEAN PHILOSOPHY ON MULTI-
FAMILY WORKS*

Renato Barbosa Oliveira

Engenheiro Civil; Universidade Presbiteriana Mackenzie, São Paulo, SP, Brasil;

oliveira.renato461@gmail.com

Rafael Felipe Teixeira Rodrigues

Mestrando em Engenharia Urbana; Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro,
RJ, Brasil

rafaelftr@poli.ufrj.br

Resumo

O presente estudo tem como objetivo analisar os impactos da filosofia lean em obras multifamiliares de empreendimentos da cidade de São Paulo. A pesquisa será baseada em um complexo da construtora MRV Engenharia e Participações chamadas Grand Reserva situado na zona norte de São Paulo. O complexo teve diversos empreendimentos que utilizaram ou não a filosofia Lean. O artigo analisará a questão de impacto nos custos indiretos e diretos dos empreendimentos, explicará os fundamentos do lean aplicados e quais foram os ganhos em prazo e em custo dos empreendimentos.

Palavras-chaves:

Abstract

The present study aims to analyze the impacts of the lean philosophy on multifamily projects in the city of São Paulo. The research will be based on a complex owned by the construction company MRV Engenharia e Participações called Grand Reserva located in the north of São Paulo. The complex had several projects that used or did not use the Lean philosophy. This article will analyze the issue of impact on the indirect and direct costs of projects, explain the fundamentals of Lean applied and what were the gains in time and cost of the projects.

Key words:

1 Introdução

Devido à crise do petróleo de 1973 que desencadeou uma recessão no mundo, a Toyota Motor Company mesmo com uma queda nos lucros, foi mantido números melhores que as outras empresas na época (OHNO, 1997).

O crescimento da Toyota mesmo em um período de recessão econômica despertou interesse em conhecer o sistema utilizado na companhia (Burgos; Ferreira, 2015). Nas tentativas de conhecer como eram feitos os processos foram reveladas duas ferramentas utilizadas na época. O “Just-in-Time (JIT) e o “Kanban”. Segundo Ghinato (1996), ambas as ferramentas eram processos chave do sucesso da metodologia.

Conforme explicado por Alves (1995) o JIT visa diminuir, ou até eliminar, desperdícios no processo, tal como retrabalho. Visto que isso é correção devido a alguma incapacidade no processo fabril. Outros dois itens da filosofia é sempre encorajar a melhoria constante do processo e entender e responder às necessidades dos clientes.

Já o Kanban é um sistema onde é utilizado cartões para informar a produção ou movimentação de interna (SILVA; VOLANTE, 2019).

Como citado acima o começo do Lean foi utilizado em montadoras de automóveis e em 1992 um finlandês chamado Lauri Koskela implementou na construção, assim dando o surgimento do *Lean Construction* (SILVA; PAIVA, 2017).

De acordo com o levantamento realizado pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2022) a construção teve uma receita bruta de 467 milhões de reais. Deste montante, 382 milhões foram destinados a despesas, divididos em 154 milhões gastos em serviços, 90 milhões em materiais e o restante em gastos diversos.

Considerando que na construção há um desperdício de 25% em média nas edificações (GALCERAN, 2013), tal como superprodução, espera, qualidade do serviço, entre outros, há um potencial de economia de 61 milhões considerando serviços e materiais do estudo levantado pelo IBGE em 2022.

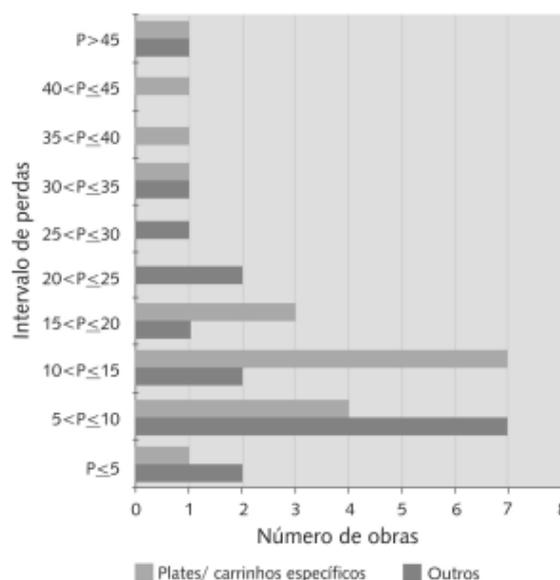
Em estudos realizados por Silva e Paiva (2017) foi notado que quando bem implementada a filosofia contribui para a redução de custos e melhoria da qualidade dos produtos, porém há dificuldades da implementação total do *Lean Construction*, sendo por comodismo das empresas ou por não enxergarem os ganhos.

Já Burgos e Ferreira (2015) chegaram a conclusões semelhantes e afirmando que o *Lean Construction* pode ser aplicado em construções residenciais e que podem ser um diferencial para empresas que utilizam a metodologia.

Galcenran (2013) compartilha da opinião dos autores citados anteriormente e reforçando que com ao avanço de novas tecnologias e melhora no controle de qualidade dos projetos haverá uma grande possibilidade na redução de desperdícios de material na construção. Assim, é possível perceber que a indústria da construção civil possui um grande potencial para aplicação do *Lean Construction*, principalmente em obras residenciais, onde o processo é repetitivo. O objetivo deste estudo é verificar a aplicação e os benefícios do Lean, tanto em termos de prazo quanto de custo em projetos multifamiliares.

Então, esta pesquisa visa analisar a metodologia *Lean Construction* no impacto de prazo, separando em estrutura, acabamento e externa do empreendimento. Verificar se há acréscimo nos custos indiretos em empreendimentos com a filosofia Lean. Estudar as principais variações em custos de construção dos empreendimentos que utilizaram a filosofia Lean. Que se justifica devido à escassez de mão de obra qualificada que produz grandes perdas na indústria da construção. Galcenran (2013) cita que isso ocorre devido a pouca experiência e treinamento dos funcionários. No universo analisado por Agopyan et al. (1998) foi analisado o desperdício de blocos e foi concluído que parte do desperdício foi pelo transporte inadequado do material.

Figura 1 – Distribuição amostral dos resultados de perdas considerando o tipo de equipamento de transporte



Fonte: Agopyan et al. 1998 (p.243)

Agopyan et al. (1998) analisou o desperdício em argamassa e concluiu que 80% do gasto maior do previsto é devido a espessura maior que o recomendado do material. Carvalho et al (2014) complementa que dentre os materiais que mais geram resíduos na construção são argamassa, concreto e cerâmica.

Dos itens que são considerados perdas na construção, há a perda no transporte. Onde Vargas et al. (1997) afirma que é possível perder até 50% do tempo da mão de obra de um ajudante.

Segundo a Associação Brasileira de Resíduos e Meio Ambiente (ABREMA) em 2010 o Brasil tinha um volume de 33 milhões de toneladas de resíduos de construção e demolição (RCD), porém em 2019 o volume aumento para 44,5 milhões reforçando o panorama de impacto ambiental constado por Carvalho et al. (2014).

Silva e Paiva (2017) cita que devido ao aumento dos custos para projetos habitacionais torna-se importante a aplicação de métodos onde seja possível uma redução de desperdícios. Antes mesmo Arantes (2008) afirma que as construtoras estão cada vez mais aplicando métodos onde seja possível a diminuição dos desperdícios, ou seja de mão de obra ou ferramentas ineficientes.

Dentre deste contexto, considerando as pesquisas citadas, desenvolvidas para análise da aplicação de uso do *Lean Construction* na construção civil verifica-se que há importância de um estudo que reforce a importância de métodos onde seja possível diminuir percas de tempo e material na construção civil.

3 Revisão da literatura

3.1 Sistema Toyota de Produção

Segundo Ohno (1997) antes da crise do petróleo em 1973 as pessoas demonstravam pouco interesse sobre a tecnologia de fabricação e processo de produção da Toyota Motor Company. O método de construção americano onde o foco era baixo custo produzindo em massa com menor lucro não poderia ser lucrativo, afirma Ohno (1997).

Womack e Jones (2004) citado por Silva (2016) afirma que após a segunda guerra muitos dos trabalhadores japoneses da Toyota foram demitidos. Silva (2016) cita que a empresa estava à beira da falência, porém apresentou bons resultados se comparado com outras companhias. Ohno (1997) reforça que mesmo com uma queda nos lucros o Toyota desempenhou melhor que outras empresas.

A Toyota enfrentou diversos desafios e segundo Dennis (2008, p25) foram os seguintes:

- *O mercado interno era pequeno e demandava uma grande variedade de veículos - caminhões grandes para carregar produtos para o mercado, caminhões pequenos para agricultores, carros de luxo para a elite e carros pequenos adequados para as estradas estreitas e altos preços do combustível do Japão.*

- *A economia japonesa, devastada pela guerra, estava carente de capital. Portanto, um grande investimento nas últimas tecnologias ocidentais era impossível.*
- *O mundo externo já possuía dezenas de fábricas de automóveis já estabelecidas, ansiosas para se fixar no Japão e defender seus mercados contra exportações japonesas.*

Tendo essas restrições citadas por Dennis (2008) Kiichiro Toyoda teve que fornecer algumas seguranças para os seus funcionários, dentre elas Dennis (2008) cita emprego vitalício e acesso às instalações.

Segundo Conte e Gransberg (2001) a ideia inicial de produção era atender conforme a demanda dos clientes. Assim se tornando superior que a de Ford, onde havia poucas variações. Segundo Silva (2016) era assegurado um ritmo planejado para o processo produtivo, gerando um fluxo contínuo de produção.

Ohno (1997) reforça que a base do sistema Toyota de produção era focada em eliminação de desperdícios e os dois principais pilares para isso ocorrer é Just in Time (JIT) e Automação com um toque humano.

3.2 Just in time (JIT)

Ghinato (1995) afirma que “verdadeira revolução” e “mudança de paradigma” eram frases constantemente associadas ao Just in Time (JIT) devido ao impacto que ele trouxe na administração da produção.

O JIT visa administrar a linha de produção de forma simples e eficiente, otimizando o uso de recursos, equipamentos e mão de obra, explica Alves (1995). Ainda é reforçado que há três ideias básicas sobre o JIT, sendo elas integração e otimização, melhoria contínua e entender a necessidade do cliente.

Arantes (2008) explica que o Just in Time (JIT) é o conceito de produção onde os itens são executados na hora certa e nas quantidades necessárias seguindo os requisitos do cliente. Alves (1995) reforça esse conceito em o fabricante ter somente os itens que são necessários para a produção do item.

No conceito JIT desenvolveu-se o sistema Kanban, citado por Silva e Volante (2019). Ambos explicam que esse sistema são cartões onde são autorizados a produção e movimentação dos itens pelo processo produtivo.

Como mostra Silveira et al. (2017) os cartões apresentam principais necessidades em um canteiro de obra, sendo concluído por eles que o tempo de espera é relativamente reduzido pois o abastecimento é realizado por turnos de trabalho de forma planejada.

Entretanto é explicado por Santos (2016) que o sistema Just in Time (JIT) precisa de uma priorização, já que toda a empresa acompanhará as mudanças do método.

3.3 Automação (Jidoka)

Ohno (1997) cita que além do JIT há automação humana foi fundamental para o sistema Toyota de produção. A automação, mais conhecido como Jidoka, foi explicado por Guinato (1995) que é além da automação de maquinário, mas sim “...o conceito de automação

tem muito mais identidade com a ideia de autonomia do que com automação.” (GUINATO, 1995, p. 172).

Dennis (2008) além de reforçar os pontos citados por Ohno (1997) e Guinato (1995) cita que Jidoka vai além disso, mas sim criar processos livres de defeitos por fortalecer a rápida atuação quando há defeitos no processo produtivo e feedback para tomadas de decisão.

Jidoka vai além de métodos para sistemas produtivos industriais, mas pode ser desenvolvido em qualquer tipo de negócio onde haja processos padronizados, como afirmado por Mendes et al. (2013).

Mendes et al. (2013) reforça que o Just in Time (JIT) o Jidoka é considerado um pilar de sustentação do Sistema Toyota de Produção.

Entretanto para a autonomia acontecer é necessário retirar a ação humana de determinados processos, já afirmado por Santos (2016). E é citado por Martins (2009) que para remover a ação humana é necessário possuir algumas características.

Tabela 1 – Características essenciais para automação

Ciclo automático	A energia para a execução da atividade não vem do operador.
Detecção autônoma de problemas	O foco da atividade do operador precisa estar na resolução do problema e a detecção deixar de forma autônoma.
Dispositivos de segurança adequados	Dispositivos de segurança sem a presença do operador precisa ser analisado e implementado.

Fonte: Martins, 2009 – Adaptado pelo autor

3.4 Lean Construction

Ao longo dos anos a indústria da construção vem sido negligenciada, demonstrando perdas, tal como com material (KOSKELA, 1992) e ainda afirma que para ocorrer mudanças no setor é necessário mudar a forma de pensar. Alarcón (1997) cita que a aplicação de Lean na construção é simples, bastando organizar o processo e eliminar desperdícios, mas há dificuldades que a peculiaridade de cada obra impõe, pontua Koskela (1992).

Burgos (2015) concluiu em seu estudo em obras do Brasil que o Lean Construction pode ser aplicado com sucesso nas obras e se tornar um diferencial para a construtora, porém é algo que precisa ter o envolvimento de toda a companhia.

Koskela (1992) menciona que recomenda dividir as atividades nas quais agregam valor e as que não agregam valor ao cliente. Sendo as que agregam valor as tarefas onde resulta o produto final e as que não agregam, que consomem tempo sem acréscimo a tarefa. Ele não é o único a explicar de uma divisão, Picchi (2003) exemplifica uma divisão voltada para a construção seguindo os itens.

- Fluxo de negócio: é o mais longo e abrange o processo inteiro. Focado mais na parte administrativa onde é a informação que é transferida entre os setores;
- Fluxo de projeto: é o fluxo focado em entender a necessidade do cliente e direcionado ao desenvolvimento dos projetos;

- Fluxo de suprimentos: fluxo com o objetivo de garantir entregas e esforço conjunto para a redução de desperdício;
- Fluxo de obra: fluxo que garante a aplicação dos esforços na construção utilizando as ferramentas adequadas;
- Fluxo de uso/manutenção: fluxo onde construções novas não são o foco, mas merecem atenção na eliminação dos desperdícios.

Para Koskela (1992) existem princípios que ajudam na gestão dos processos do *Lean Construction* que serão tratados no próximo tópico.

3.5 Princípios do Lean Construction

O Lean precisa de algumas estratégias para uma boa aplicação, conforme citado por Tonin e Schaefer (2013). Os autores citam que para um bom desempenho da filosofia é necessária uma boa estratégia.

3.5.1 Redução de atividades que não agregam valor

Esta etapa define em retirar dos processos as atividades que não agregam valor ao produto final, afirma Silva e Paiva (2017). Anteriormente Koskela (1992) cita exatamente a necessidade de definir quais tarefas agregam valor e quais não, assim podendo retirar essas.

Trazendo a definição de Torres (2024) onde atividades que não agregam valor se configuram como perdas e ao implementar práticas enxutas é possível reduzir, tornando-as visíveis as pessoas que participam do processo.

No estudo conduzido por Torres (2024) ela avaliou obras de estrutura de concreto e para mapear ela entrevistou quem participava do processo, afim de entender quais tarefa agregavam valor ou não.

Mas é importante destacar a importância das pessoas que envolvidas no processo participarem, como afirma Silva e Paiva (2017) há ações necessárias, tal como inspeções e treinamento de equipe que podem passar a impressão de atividade sem valor agregado. Santos (2016) reforça que o transporte de material não é uma atividade que agrega valor, porém é necessária para a execução do serviço.

3.5.2 Redução de variabilidade do processo

Maia Filho (2019) que a preocupação na redução de variabilidade está ligada diretamente aumento de ciclo do processo, já que tende a ter um aumento significativo das atividades.

Formoso (2000) entende que a variabilidade do processo é definida em três, sendo:

- Variabilidade nos processos anteriores: este item está relacionado ao fornecedor, tal como variação em tamanho de blocos de concreto;
- Variabilidade no próprio processo: variação na execução, tal como instalação de azulejo;
- Variabilidade na demanda: preferências do cliente, tal como solicitação de outro tipo de piso disponibilizado pela construtora.

Koskela (1992) reforça os mesmos itens citados por Formoso (2000) e acrescenta que é essencial lidar com a variabilidade medindo e entendendo, com isso encontrado a causa raiz e identificando se é possível trabalhar nela ou é algo inerente ao processo.

3.5.3 Redução de tempo de ciclo de produção

Formoso (2000) explica que a definição de tempo ciclo é feito com a soma de todos os tempos, sendo eles, transporte, espera, processamento e inspeção para produzir um produto.

Koskela (1992) afirma para diminuir o tempo de ciclo é necessário focar em redução dos tempos de transporte, espera e inspeção. Com a redução do tempo de ciclo, Formoso (2000) cita as principais vantagens:

- *Entrega mais rápida ao cliente: ao invés de se espalhar por todo o canteiro de obras, as equipes devem se focar na conclusão de um pequeno conjunto de unidades, caracterizando lotes de produção menores. [...];*
- *A gestão dos processos torna-se mais fácil: o volume de produtos inacabados em estoque (denominado de trabalho em progresso) é menor, o que tende a diminuir o número de frentes de trabalho, facilitando o controle da produção e do uso do espaço físico disponível;*
- *O efeito aprendizagem tende a aumentar: como os lotes são menores, existe menos sobreposição na execução de diferentes unidades. Assim, os erros apareçam mais rapidamente, podendo ser identificadas e corrigidas as causas dos problemas. [...];*
- *A estimativa de futuras demandas são mais precisas: como os lotes de produção são menores e concluídos em prazos mais reduzidos, a empresa trabalha com uma estimativa mais precisa da demanda. Isto torna o sistema de produção mais estável;*
- *O sistema de produção torna-se menos vulnerável a mudanças de demanda: pode-se obter um certo grau de flexibilidade para atendimento da demanda, sem elevar substancialmente os custos, pois algumas alterações de produto solicitadas podem ser implementadas com facilidade nos lotes de produção subsequentes.*

Santos (2016) afirma que em obras que não são aplicadas as metodologias lean há uma menor preocupação com o estudo do fluxo de trabalho e ao surgir um problema não é tratada a causa raiz.

3.5.4 Simplificar por movimentação

Arantes (2008) explica que qualquer movimento desnecessário e que não acrescenta valor ao processo é desperdício. Na construção ela define que essas percas em movimentação podem ocorrer com uma má distribuição do material.

Já Maia Filho (2019) cita um outro exemplo, que é o uso de elementos pré fabricados para a diminuição de etapas.

Ambos os autores citam uma diminuição de etapas no processo para uma simplificação de movimentos.

4 Aplicação do Lean Construction na construção civil

Para aplicação de Lean Construction em obras da MRV Engenharia e Participações foram utilizadas algumas ferramentas, que algumas foram citadas nas literaturas estudadas.

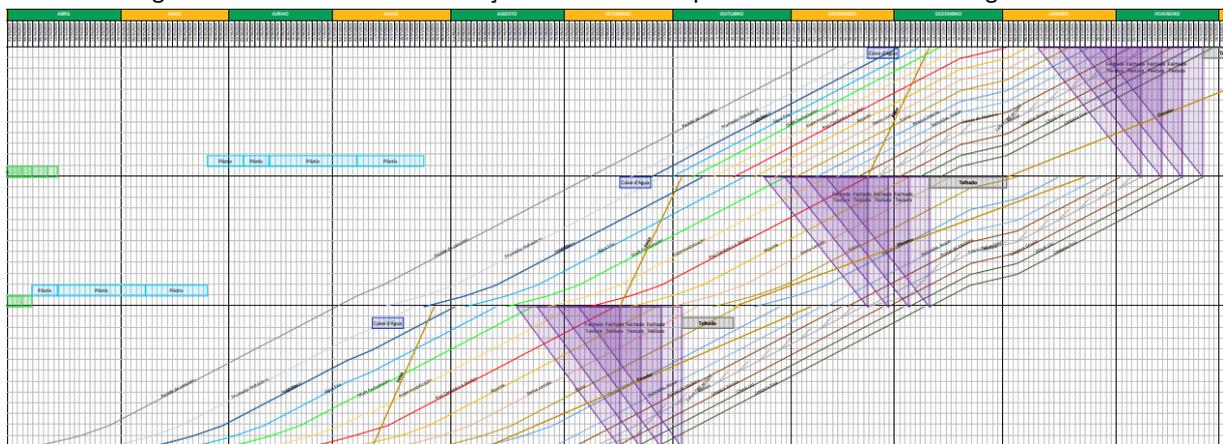
4.1 Linha de Balanço

Junqueira (2006) explica que a linha de balanço é uma técnica de planejamento que considera a repetição das atividades. Ele afirma que com ela é possível ter uma visão mais simples das atividades e sequenciamento.

Conforme afirma Gomes et al. (2021) a linha de balanço auxiliar na visualização de ritmo planejado e trazer o conceito lean de uma forma mais clara.

Nas obras da MRV Engenharia utiliza-se o conceito de linha de balanço onde o eixo vertical considera-se os blocos, horizontal as datas e cada linha representa uma atividade.

Figura 8 – Foto da linha de balanço utilizada em empreendimentos da MRV Engenharia



Fonte: MRV Engenharia e Participações

Como é possível ver as atividades planejadas apresentam um sequenciamento entre si, as linhas estão contínuas, e apresentando pouco tempo de espera entre atividades. O tempo de espera é possível perceber pela distância entre as linhas, quanto mais afastadas elas estão, maior o tempo de espera para iniciar a próxima atividade.

Nas obras que utilizaram a filosofia lean foram utilizadas o conceito da linha de balanço para ajudar a entender o início e fim das atividades, sequenciamento e se apresentava alguma atividade com tempo de espera maior que o recomendado.

4.2 Planejamento de médio prazo

A linha de balanço contribui para o planejamento de longo prazo, porém para entender as restrições e a gargalos nas atividades de uma obra, conforme citado por Ballard e Tommelein (2021).

Figura 9 – Aplicação de médio prazo em empreendimentos da MRV Engenharia

Fonte: MRV Engenharia e Participações

Nas obras da MRV Engenharia é aplicado o Médio Prazo, onde são analisadas as atividades das próximas 8 semanas do empreendimento. Nessas reuniões semanais o principal objetivo é levantar restrições, tanto de serviço quanto de material, para as próximas atividades.

Ao criar planos de ação para cada restrição há o mapeamento e clareza do processo e do que precisa ser feito para a atividade ocorrer conforme o planejamento.

Ballard e Tommelein (2021) cita em seu estudo essa mesma forma de trabalho, verificando as atividades críticas e suas restrições colocando uma análise entre 3 a 12 semanas a partir da semana da reunião.

5 Estudo de caso

Nesse capítulo será abordado o estudo de caso de um complexo executado pela MRV Engenharia e Participações na zona norte de São Paulo, chamado Grand Reserva.

Figura 13 – Foto do complexo Grand Reserva



Fonte: MRV Engenharia e Participações - Claudio Pires Costa

Os condomínios analisados tem um conjunto de 2 torres de 18 andares com oito apartamentos por andar, sendo um edifício para estacionamento pré-moldado. Entre eles estão 19 condomínios listados abaixo.

- Spazio Alto do Mirante
- Spazio Bosque dos Jequitibás
- Spazio Bosque Maia
- Spazio Cachoeira da Nascente
- Spazio Cambury
- Spazio Chácara das Flores
- Spazio Guarapiranga
- Spazio Ibirapuera
- Spazio Ilha Anchieta
- Spazio Interlagos
- Spazio Jardim Botânico
- Spazio Nascente do Riacho
- Spazio Pinheiros
- Spazio Por do Sol
- Spazio Praia da Enseada
- Spazio Rio Bonito
- Spazio Serra da Mantiqueira
- Spazio Serra do Mar
- Spazio Villa Lobos

Foram construídos ao longo de 6 anos tendo sua finalização no segundo semestre de 2023. Serão abordados os principais índices de custo e durações de obras com e sem aplicação de Lean Construction.

5.1 Ferramentas utilizadas nas obras

Nos 19 empreendimentos analisados somente alguns utilizaram a filosofia Lean Construction com algumas ferramentas que auxiliavam no planejamento da obra e análise de restrições.

Das obras apresentadas duas utilizaram a filosofia Lean, sendo elas Spazio Serra da Mantiqueira e Spazio Rio Bonito. Foram utilizadas as de médio prazo, Gaant, 5 porquês, diagrama de espinha de peixe, análise de restrições, reuniões diárias, entre outras.

5.2 Análise de prazo

Abaixo estão as datas de início dos empreendimentos sendo considerado todos com o marco do início da fundação.

Tabela 2 – Prazo dos empreendimentos

Empreendimento	Início	Término	Prazo (meses)	Lean?
Spazio Alto do Mirante	05/2017	11/2019	30	Não
Spazio Bosque dos Jequitibás	05/2019	02/2021	21	Não
Spazio Bosque Maia	08/2017	07/2019	23	Não
Spazio Cachoeira da Nascente	09/2017	01/2020	28	Não
Spazio Cambury	10/2019	08/2021	22	Não
Spazio Chácara das Flores	07/2017	09/2019	26	Não
Spazio Guarapiranga	08/2019	07/2021	23	Não

Tabela 2 – Prazo dos empreendimentos

Empreendimento	Início	Término	Prazo (meses)	Lean?
Spazio Ibirapuera	05/2020	07/2022	26	Não
Spazio Ilha Anchieta	10/2018	07/2020	21	Não
Spazio Interlagos	03/2020	12/2021	21	Não
Spazio Jardim Botânico	11/2018	11/2020	24	Não
Spazio Nascente do Riacho	08/2020	09/2022	25	Não
Spazio Pinheiros	03/2018	07/2020	28	Não
Spazio Por do Sol	05/2017	11/2019	30	Não
Spazio Praia da Enseada	11/2017	07/2020	32	Não
Spazio Rio Bonito	06/2021	07/2023	25	Sim
Spazio Serra da Mantiqueira	10/2020	04/2023	30	Sim
Spazio Serra do Mar	12/2017	04/2020	28	Não
Spazio Villa Lobos	03/2020	09/2022	30	Não

Fonte: Dados de MRV Engenharia e Participações

É possível notar que há uma grande variação de prazo entre os empreendimentos, indo de 21 meses até 32 meses. Dando uma média de 25 meses no tempo de execução de um empreendimento com 288 unidades habitacionais.

Analisando a tabela acima é possível concluir que ambas as obras que tiveram o Lean aplicado durante sua execução obtiveram prazos maiores que a média, sendo o Spazio Serra da Mantiqueira com o segundo maior tempo, empatado com outras 2 que não utilizaram a filosofia. Entretanto é um ponto de destaque que ambas as obras foram uma das primeiras a utilizarem a filosofia Lean na cidade de São Paulo pela MRV, com isso deve-se considerar curvas de aprendizagem e adaptação a nova filosofia.

Um ponto a ser considerado na diferença de obras que aplicaram o Lean e obras que não foi o ritmo da estrutura das torres. Obras que não utilizaram a metodologia estavam com um ritmo maior de estrutura, entregando um pavimento a cada dois dias, entretanto as obras que utilizaram Lean mudaram o ritmo e seguiram com um pavimento de estrutura a cada quatro dias. Ou seja, é possível concluir que em empreendimentos dessa categoria é interessante ritmos mais rápidos na estrutura.

Ou seja, no caso de prazo não foi obtido resultados conforme o esperado nesses empreendimentos, já que a expectativa era uma redução de retrabalhos e corte de atividades desnecessárias.

5.3 Análise de custos

Os custos analisados nos tópicos abaixo são divididos pelas unidades de cada empreendimento, que no caso do complexo Grand Reserva são 288 apartamentos por condomínio. Por exemplo, se o custo mensal da obra é de R\$ 100.000 o custo por apartamento é de R\$ 347,22.

5.3.1 Custos Administrativos

Os principais custos de uma obra são os custos indiretos, onde estão ligados diretamente com o prazo da obra. No tópico anterior foi visto que as obras que aplicaram o Lean em sua construção não tiveram o desempenho esperado pela literatura quanto a redução de tempo.

Tabela 3 – custos de itens administrativos por apartamento

Soma de Valor Real/Apto	
e ADM	
Rótulos de Linha	
SPAZIO SERRA DA MANTIQUEIRA	R\$ 37.591,91
SPAZIO VILLA LOBOS	R\$ 22.587,50
SPAZIO PRAIA DA ENSEADA	R\$ 21.849,41
SPAZIO IBIRAPUERA	R\$ 21.661,83
SPAZIO NASCENTE DO RIACHO	R\$ 20.001,86
SPAZIO ALTO DO MIRANTE	R\$ 19.873,36
SPAZIO PINHEIROS	R\$ 19.559,33
SPAZIO POR DO SOL	R\$ 19.357,87
SPAZIO RIO BONITO	R\$ 19.276,20
SPAZIO GUARAPIRANGA	R\$ 19.264,28
SPAZIO INTERLAGOS	R\$ 19.133,66
SPAZIO CACHOEIRA DA NASCENTE	R\$ 18.883,68
SPAZIO CAMBURY	R\$ 18.638,35
SPAZIO CHÁCARA DAS FLORES	R\$ 18.181,12
SPAZIO SERRA DO MAR	R\$ 16.783,29
SPAZIO BOSQUE DOS JEQUITIBÁS	R\$ 16.557,61
SPAZIO ILHA ANCHIETA	R\$ 15.836,55
SPAZIO JARDIM BOTÂNICO	R\$ 15.051,85
SPAZIO BOSQUE MAIA	R\$ 14.606,55

Fonte: Dados de MRV Engenharia e Participações

Como é possível observar a obra Spazio Serra da Mantiqueira, onde já apresentou um prazo alto teve um custo indireto acompanhando, onde destoa das demais obras. Diferente do Rio Bonito, onde teve um custo por apartamento na média entre as obras analisadas.

Com um custo médio por apartamento de R\$ 19.720,85 muitas obras que não utilizaram Lean em sua concepção mostraram resultados interessantes no índice administrativo.

Tabela 4 – custos de itens administrativos por apartamento

Empreendimento	Prazo	Valor Real/Apto	Valor Real/Apto/mês
Spazio Serra da Mantiqueira	30	R\$ 37.591,91	R\$ 1.253,06
Spazio Interlagos	21	R\$ 19.133,66	R\$ 911,13
Spazio Cambury	22	R\$ 18.638,35	R\$ 847,20
Spazio Guarapiranga	23	R\$ 19.264,28	R\$ 837,58
Spazio Ibirapuera	26	R\$ 21.661,83	R\$ 833,15
Spazio Nascente do Riacho	25	R\$ 20.001,86	R\$ 800,07
Spazio Bosque dos Jequitibás	21	R\$ 16.557,61	R\$ 788,46
Spazio Rio Bonito	25	R\$ 19.276,20	R\$ 771,05

Spazio Ilha Anchieta	21	R\$ 15.836,55	R\$ 754,12
Spazio Villa Lobos	30	R\$ 22.587,50	R\$ 752,92
Spazio Chácara das Flores	26	R\$ 18.181,12	R\$ 699,27
Spazio Pinheiros	28	R\$ 19.559,33	R\$ 698,55
Spazio Praia da Enseada	32	R\$ 21.849,41	R\$ 682,79
Spazio Cachoeira da Nascente	28	R\$ 18.883,68	R\$ 674,42
Spazio Alto do Mirante	30	R\$ 19.873,36	R\$ 662,45
Spazio Por do Sol	30	R\$ 19.357,87	R\$ 645,26
Spazio Bosque Maia	23	R\$ 14.606,55	R\$ 635,07
Spazio Jardim Botânico	24	R\$ 15.051,85	R\$ 627,16
Spazio Serra do Mar	28	R\$ 16.783,29	R\$ 599,40

Fonte: Dados de MRV Engenharia e Participações

Ao analisar esse custo por mês é possível que obras com um prazo longo ainda sim obtiveram um custo indireto baixo e isso deve-se ao fato de estar com uma equipe mais enxuta. Diferentemente do Spazio Serra da Mantiqueira, onde apresentava uma equipe maior e ainda levou mais tempo para a sua conclusão.

Na obra Spazio Rio Bonito onde foram 25 meses em sua conclusão, teve um custo por apartamento de indireto de R\$ 771,05 mensais, que é de destaque já que obras que levaram menos tempo, tal como o Spazio Bosque dos Jequitibás obteve um custo mensal maior.

Nos custos indiretos há uma grande variação, porém obras que não trabalharam com a filosofia Lean tiveram resultados mensais melhores que obras com o método. Ou seja, nas amostras analisadas obras sem o Lean trabalharam de uma forma mais enxuta com a equipe administrativa.

5.3.2 Custos construção

Os custos de construção são os itens gastos dentro da torre, que está definido como supra, e itens fora da torre, que está definido como infra. Itens de Infra estão considerando cabeamento para abastecer a torre, área de lazer, garagem, entre outros.

Esses custos não são muito afetados devido ao Lean, exceto no caso onde há os retrabalhos e improdutividade dos profissionais, que podem e tendem a aumentar o custo nos itens.

Tabela 5 – custos de construção

Empreendimento	Prazo	Valor Real/Apto INFRA	Valor Real/Apto SUPRA	Valor Real/Apto Construção
Spazio Rio Bonito	25	R\$ 48.591,78	R\$ 53.459,54	R\$ 102.051,32
Spazio Serra da Mantiqueira	30	R\$ 44.976,23	R\$ 52.727,00	R\$ 97.703,24
Spazio Nascente do Riacho	25	R\$ 39.517,36	R\$ 45.244,41	R\$ 84.761,78
Spazio Villa Lobos	30	R\$ 35.805,74	R\$ 43.745,24	R\$ 79.550,98
Spazio Ibirapuera	26	R\$ 36.429,72	R\$ 42.981,38	R\$ 79.411,09
Spazio Praia da Enseada	32	R\$ 38.129,58	R\$ 36.413,09	R\$ 74.542,66
Spazio Interlagos	21	R\$ 32.813,97	R\$ 38.582,89	R\$ 71.396,86

Spazio Guarapiranga	23	R\$ 33.479,22	R\$ 37.904,20	R\$ 71.383,41
Spazio Cachoeira da Nascente	28	R\$ 33.138,41	R\$ 35.597,02	R\$ 68.735,43
Spazio Cambury	22	R\$ 32.915,52	R\$ 35.372,49	R\$ 68.288,01
Spazio Serra do Mar	28	R\$ 30.354,60	R\$ 35.902,89	R\$ 66.257,50
Spazio Jardim Botânico	24	R\$ 29.637,60	R\$ 35.906,60	R\$ 65.544,19
Spazio Ilha Anchieta	21	R\$ 30.211,91	R\$ 35.032,03	R\$ 65.243,95
Spazio Pinheiros	28	R\$ 26.971,28	R\$ 36.408,40	R\$ 63.379,68
Spazio Bosque dos Jequitibás	21	R\$ 26.402,02	R\$ 36.104,61	R\$ 62.506,63
Spazio Chácara das Flores	26	R\$ 26.232,56	R\$ 35.338,82	R\$ 61.571,38
Spazio Bosque Maia	23	R\$ 26.559,08	R\$ 33.456,10	R\$ 60.015,18
Spazio Por do Sol	30	R\$ 25.054,79	R\$ 34.448,62	R\$ 59.503,41
Spazio Alto do Mirante	30	R\$ 24.173,85	R\$ 34.328,69	R\$ 58.502,54

Fonte: Dados de MRV Engenharia e Participações

Como é ambas as obras que utilizaram o Lean Construction obtiveram custos mais elevados, isso vale para supra quanto para infra. Importante destacar que ambas as obras tiveram que enfrentar o aumento do custo de material pós COVID-19.

Tabela 6 – custo de material e mão de obra

Empreendimento	Serviço/Apto	Material/Apto	Total / Apto
SPAZIO ALTO DO MIRANTE	R\$ 26.797,87	R\$ 31.715,78	R\$ 58.513,65
SPAZIO BOSQUE DOS JEQUITIBÁS	R\$ 24.192,71	R\$ 37.593,36	R\$ 61.786,07
SPAZIO BOSQUE MAIA	R\$ 24.833,08	R\$ 34.282,85	R\$ 59.115,92
SPAZIO CACHOEIRA DA NASCENTE	R\$ 32.124,46	R\$ 36.083,56	R\$ 68.208,01
SPAZIO CAMBURY	R\$ 27.661,09	R\$ 40.076,39	R\$ 67.737,47
SPAZIO CHÁCARA DAS FLORES	R\$ 25.189,12	R\$ 35.665,88	R\$ 60.855,00
SPAZIO GUARAPIRANGA	R\$ 29.855,67	R\$ 40.737,15	R\$ 70.592,82
SPAZIO IBIRAPUERA	R\$ 32.301,57	R\$ 47.100,22	R\$ 79.401,79
SPAZIO ILHA ANCHIETA	R\$ 28.581,37	R\$ 35.768,69	R\$ 64.350,07
SPAZIO INTERLAGOS	R\$ 27.498,43	R\$ 42.510,21	R\$ 70.008,64
SPAZIO JARDIM BOTÂNICO	R\$ 30.065,65	R\$ 34.786,96	R\$ 64.852,61
SPAZIO NASCENTE DO RIACHO	R\$ 32.830,29	R\$ 50.673,35	R\$ 83.503,64
SPAZIO PINHEIROS	R\$ 27.425,92	R\$ 35.152,65	R\$ 62.578,57
SPAZIO POR DO SOL	R\$ 26.333,30	R\$ 32.882,92	R\$ 59.216,22
SPAZIO PRAIA DA ENSEADA	R\$ 34.288,40	R\$ 39.570,67	R\$ 73.859,06
SPAZIO RIO BONITO	R\$ 37.766,19	R\$ 62.088,07	R\$ 99.854,26
SPAZIO SERRA DA MANTIQUEIRA	R\$ 38.319,00	R\$ 57.937,58	R\$ 96.256,58
SPAZIO SERRA DO MAR	R\$ 28.650,73	R\$ 36.985,54	R\$ 65.636,27
SPAZIO VILLA LOBOS	R\$ 34.762,85	R\$ 44.058,12	R\$ 78.820,98
Total	R\$ 569.477,70	R\$ 775.669,94	

Fonte: Dados de MRV Engenharia e Participações

Ao separar e analisar somente material e mão de obra e retirando outros tipos de custos podemos comparar que ambas as obras que aplicaram Lean teve um aumento em seu custo de mão de obra, porém menos acentuado que no material, onde é possível notar um acréscimo de 100% no custo total.

Ao analisar isoladamente o item de serviços podemos concluir que não teve uma grande redução, conforme esperado pela literatura.

5.3.3 Custos de mão de obra com retrabalho

Na literatura afirma que o principal ganho na metodologia Lean Construction é a diminuição de retrabalhos. No caso de empreendimentos conforme o estudo que são iguais, retrabalhos podem afetar diretamente o custo de uma obra.

Ao analisar os custos de mão de obra com retrabalho podemos ver que ambas as obras tiveram resultados significativos.

Tabela 7 – custos com mão de obra em retrabalhos

Rótulos de Linha	INFRA	SUPRA
+ SPAZIO VILLA LOBOS		R\$ 2.762,46
+ SPAZIO CHÁCARA DAS FLORES	R\$ 75,77	R\$ 965,38
+ SPAZIO NASCENTE DO RIACHO	R\$ 41,63	R\$ 796,27
+ SPAZIO CAMBURY	R\$ 178,79	R\$ 597,82
+ SPAZIO IBIRAPUERA		R\$ 595,23
+ SPAZIO ALTO DO MIRANTE	R\$ 78,23	R\$ 551,14
+ SPAZIO SERRA DA MANTIQUEIRA		R\$ 528,30
+ SPAZIO PINHEIROS	R\$ 13,85	R\$ 518,56
+ SPAZIO JARDIM BOTÂNICO	R\$ 19,04	R\$ 508,12
+ SPAZIO BOSQUE DOS JEQUITIBÁS	R\$ 39,22	R\$ 479,36
+ SPAZIO POR DO SOL	R\$ 55,18	R\$ 385,47
+ SPAZIO SERRA DO MAR	R\$ 20,67	R\$ 351,49
+ SPAZIO PRAIA DA ENSEADA	R\$ 40,69	R\$ 328,66
+ SPAZIO INTERLAGOS		R\$ 273,52
+ SPAZIO BOSQUE MAIA		R\$ 249,68
+ SPAZIO ILHA ANCHIETA		R\$ 239,61
+ SPAZIO CACHOEIRA DA NASCENTE	R\$ 24,68	R\$ 235,00
+ SPAZIO GUARAPIRANGA		R\$ 187,55
+ SPAZIO RIO BONITO		R\$ 164,70
Total Geral	R\$ 587,75	R\$ 10.718,32

Fonte: Dados de MRV Engenharia e Participações

A obra Spazio Rio Bonito teve o índice de mão de obra com retrabalho menor que as demais, mesmo incluindo as principais obras que não aplicaram o Lean Construction. Obra como o Spazio Ilha Anchieta onde teve um prazo baixo de 21 meses teve um custo mais que o dobro da obra Spazio Rio Bonito.

6 Considerações Finais

Os resultados apresentados no estudo mostraram que o Lean Construction teve um baixo impacto em empreendimentos multifamiliares nas características da MRV Engenharia e Participações. Isso deve-se ao fato de a filosofia precisar de um tempo para ser estabelecida e ter resultados mais claros. É possível concluir que a filosofia não apresentará resultados imediatos, podendo ter alguns números semelhantes ou até mesmo maiores que obras que não utilizam Lean. Porém, os resultados a longo prazo podem ser significativos, tal como apontam a literatura. Entretanto vale ressaltar que mesmo tendo seu início nas obras

estudadas, foi obtido uma melhora significativa nos itens de retrabalho, representando até 3 vezes menos que a média das outras obras.

Ou seja, *Lean Construction*, se bem aplicado, pode ter melhora significativa nos resultados da construção civil com produtos mais rápidos, com menos retrabalhos e mais baratos.

Referencias

AGOPYAN, Vahan et al. **Alternativas para a redução do desperdício de materiais nos canteiros de obras**. Relatório final de pesquisa, 1998.

ALVES, João Murta. **O Sistema *Just in Time* reduz os custos do processo produtivo**. II Congresso Brasileiro de Gestão Estratégica de Custos; Campinas, 1995.

BALLARD, Glenn; TOMMELEIN, Iris D. **Current process benchmark for the last planner system of project planning and control**. Berkeley, 2021.

BURGOS, André Perroni; FERREIRA, Falcão Daniel. **Lean Construction – O desafio da sua aplicação na construção civil**. 15ª Conferência Internacional da LARES (Latin American Real Estate Society). 2015.

CARVALHO, Humberto Almansa et al. **Benefícios da gestão de projetos e planejamento em relação ao impacto ambiental causado por desperdício em obras**. 15ª Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído (ENTAC). 2014.

CONTE, Antonio Sergio Itri; GRANSBERG Douglas D. **Lean Construction: From Theory to Practice**. Pennsylvania, 2021.

DENNIS, Pascal. **Produção Lean simplificada**. 2. ed. Porto Alegre: Bookman, 2008

FORMOSO, Carlos T. **Lean Construction: Princípios básicos e exemplos**. Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2000 Disponível em: https://www.google.com/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=&ved=2ahUKEwj45-LN1veHAXUBrpUCHWWLPd8QFnoECBMQAQ&url=https%3A%2F%2F09757804943637373558.googlegroups.com%2Fattach%2F128bd1cf0fb39740%2FApostila%2520Lean%2520Construccion.pdf%3Fpart%3D0.1%26vt%3DANaJvREgbcnKLV4bZhs4qNYOIIIdWMGNcw3m7LHXVnmXkcBO2_kCEeEtD2YGSuP9lUnLguaZx3SCrmrE-WARU17EfGMzOfYyMchkDc7M6DTjFn7-sMkR27ys&usg=AOvVaw1UHZC5cyhTujR4SJs4WM1z&opi=89978449. Acesso em 15 ago. 2024

GALCERAN, Bruno Augusto Pissini. **Redução do desperdício na construção civil através de técnicas construtivas mais eficazes**. Belo Horizonte, 2013.

GHINATO, Paulo. **Sistema Toyota de Produção: Mais do que simplesmente o Just-In-Time**. Porto Alegre, 1995.

GOMES, Maria Micheline Barreto et al. **Representações gráficas para uma visão conjunta de *Lean Construction* e linha de balanço**. Anais do XII Simpósio Brasileiro de Gestão e Economia da Construção (SIBRAGEC). Maceió, 2021.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **PAIC – Pesquisa Anual da Indústria da Construção**. Rio de Janeiro: 2022. Disponível em:

<https://www.ibge.gov.br/estatisticas/economicas/industria/9018-pesquisa-anual-da-industria-da-construcao.html#:~:text=A%20ind%C3%BAstria%20da%20Constru%C3%A7%C3%A3o%20gerou,servi%C3%A7os%20em%202021%2C>. Acesso em: 09 ago. 2024

JUNQUEIRA, Luiz Eduardo Lollato. **Aplicação da *Lean Construction* para redução dos custos de produção da casa 1.0®**. Monografia. Fundação Vanzolini. São Paulo, 2006

KOSKELA, Lauri. **Application of the new production philosophy to construction**. CIFE Technical Report 72, Stanford University, California, 1992.

MAIA FILHO, José Oswaldo. **Lean Construction: análise e estratégias de uso**. Monografia. Fundação de Ensino e Pesquisa do Sul de Minas (FEPESMIG). Minas Gerais, 2019.

MARTINS, Heitor de Araujo. **Estudo sobre os conceitos da automação e aplicação de PFMEA para auxílio na implementação de sistemas à prova de erro**. Monografia. Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2009

MENDES, Claudicéia et al. **JIDOKA: Pilar de sustentação do sistema Toyota de produção nas organizações**. São Luís, 2013.

OHNO, Taiichi. **O Sistema Toyota de Produção: Além da produção em larga escala**. Trad. Cristina Schumacher. Porto Alegre: Bookman, 1997.

PICCHI, Flávio Augusto. **Oportunidades de Aplicação do Lean Thinking na Construção**. Associação Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído, Porto Alegre. 2003.

SANTOS, Hotávio Barbosa dos; **Diretrizes para aplicação do método *Lean Construction* na construção de edifícios**. Monografia – Escola Politécnica, Universidade Federal do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro, 2016.

SILVA, Karen Milena da; VOLANTE, Carlos Rodrigo. **A importância do sistema Kanban para o Gerenciamento e controle de estoque de uma empresa**. Revista Interface Tecnológica, [S. l.], v. 16, n. 1, p. 629–640, 2019.

SILVA, Raíssa Borges; PAIVA, Thaynnan Patryck Duarte Araújo. **A aplicação do método Lean Construction na construção civil**. Goianésia, 2017

SILVEIRA, Amanda et al. **Dimensionamento de um sistema *Kanban* para uma obra de edificação**. 10º Simpósio Brasileiro de Gestão Economia da Construção. Ceará, 2017.

TORRES, Taiane Aparecida Santos. **Mecanismo Gerencial para redução de atividades que consomem recursos, mas não agregam valor em obras de paredes de concreto**. Monografia – Universidade Federal de Sergipe. São Cristóvão, 2024.

TONIN, Luiz Andrei Potter; SCHAEFER, Cecília Ogliari. **Diagnóstico e aplicação da *lean construction* em construtora**. Iniciação científica. Universidade Cesumar. Itajaí, 2013.

VARGAS, Carlos Luciano S. *et al.* **Avaliação de perdas em obras – aplicação de metodologia expedita**. Anais do 17º Encontro Nacional de Engenharia de Produção. Gramado, 1997.



Revista Gestão & Gerenciamento

Expediente

Supervisão Editorial:

Eduardo Linhares Qualharini

Comitê Editorial:

Ana Carolina Badalotti Passuelo, UFRGS

Bruno Barzellay, UFRJ/Macaé

Carlos Alberto Pereira Soares, UFF

Clara Rocha da Silva, NPPG/UFRJ

Elaine Garrido Vazquez, POLI/UFRJ

Isabeth da Silva Mello, NPPG/UFRJ

Liane Flemming, UNIASALLE, Brasil

Maria Alice Ferruccio, POLI/UFRJ

Maurini Elizardo Brito, NPPG/UFRJ

Nikiforos Joannis Philyppis Jr, FACC/UFRJ

Assistente de Supervisão Editorial:

Luiz Henrique da Costa Oscar

Jornalista Responsável:

Denise S. Mello Lacerda _ SRTE/RJ 33887

Edição e Diagramação:

Amanda Vieira Guimarães

Periodicidade da Publicação:

Bimestral

Contato:

Núcleo de Pesquisas em Planejamento e Gestão – NPPG

Escola Politécnica da Universidade Federal do Rio de Janeiro

Av. Athos da Silveira Ramos, 149 - Bloco D, sala D207

Cidade Universitária – Rio de Janeiro – CEP: 21941-909

revistagestaogerenciamento@poli.ufrj.br

(21) 3938-7965