

Construção sustentável: contribuições do gerenciamento integrado de projetos

Sustainable construction: integrated projects management's contributions

Alvarenga, Cristiane do Bom Conselho Sales. Mestre, Universidade Federal de Minas Gerais.

crisbcs@ufmg.br

Aguilar, Maria Teresa Paulino. Doutora, Universidade Federal de Minas Gerais.

teresa@ufmg.br

Sales, Rosemary do Bom Conselho, Doutora, Universidade do Estado de Minas Gerais.

rosemary.sales@uemg.br

Resumo

No contexto do desenvolvimento sustentável, a indústria da construção avança na gestão integrada de projetos, entendida como a arte e a ciência de coordenar recursos humanos e materiais para concluir um projeto a tempo, com qualidade, dentro de um orçamento adequado, ambientalmente correto e sócio culturalmente aceito. Neste artigo são abordadas práticas como o *Lean Construction* (LC), *Last Planner System* (LPS), *Advanced Work Packaging* (AWP) e *Building Information Modeling* (BIM), cuja associação se mostra eficiente, na medida em que os contextos se integram e têm em comum o mesmo objetivo final. As ferramentas se mostram eficientes, se os atores da cadeia de valor, em todas as fases do projeto forem devidamente capacitados. Elas contribuem de forma decisiva para a melhoria dos resultados econômicos, para preservação ambiental, e, de forma modesta no viés sociocultural, considerando que a melhoria em saúde e segurança se dá em paralelo com a melhoria da produtividade.

Palavras-chave: *Sustentabilidade; Lean Construction; Last Planner System; Advanced Work Packaging; Building Information Modeling.*

Abstract

In the context of sustainable development, the construction industry advances in integrated project management, understood as the art and science of coordinating human and material resources to complete a project on time, with quality, within an adequate budget, environmentally correct and socio-culturally accepted. In this article, practices such as Lean Construction (LC), Last Planner System (LPS), Advanced Work Packaging (AWP), and Building Information Modeling (BIM) are discussed. The tools are efficient if the actors in the value chain, in all phases of the project, are properly trained. They contribute in a decisive way to the improvement of the economic results, to environmental preservation, and, in a modest way in the social and cultural perspective, considering that the improvement in health and safety happens in parallel with the improvement in productivity.

Keywords: *Sustentabilidade, Lean Construction, Last Planner System, Advanced Work Packaging, Building Information Modeling.*

1. Introdução

O setor da construção tem forte impacto na economia, no meio ambiente e na sociedade como um todo. Embora tenha sofrido no último ano os reflexos negativos da Covid-19, as perspectivas são de que em 2021 o setor alcance o maior patamar dos últimos oito anos com aumento de 4% no Produto Interno Bruto (AGÊNCIA BRASIL, 2020). Segundo a Câmara Brasileira da Indústria da Construção em 2020 foram criados em torno de 138,4 mil postos de trabalho em estados brasileiros. Contudo, o setor se mostra carente de parâmetros para melhorar os processos produtivos de forma a atender os requisitos da gestão sustentável (JOHNSEN; DREVLAND, 2016). Os princípios do desenvolvimento sustentável foram incorporados à indústria da construção com o objetivo de alcançar maior produtividade de forma social e ambientalmente correta (KIBERT, 2013). A gestão integrada de projetos é um caminho eficiente para incorporar essas demandas. Contudo, estabelecer diretrizes sustentáveis dentro das empresas não é algo fácil de ser alcançado.

No que se refere às dimensões econômica e ambiental, surgem novas formas de gestão que auxiliam essa mudança. O *Lean Construction* ou construção enxuta, é uma metodologia de análise de processos que visa reduzir desperdícios, aumentar a produtividade, definir operações mais simplificadas para aumentar a eficiência do processo produtivo como um todo (ALMEIDA; PICCHI, 2018). Seguindo essa linha, o *Last Planner System* (LPS) é um mecanismo de controle da produção que antecipa as funções da comunicação e controle do projeto pela colaboração e transparência coletiva, buscando aumentar a confiabilidade do cronograma e atenuar o fluxo de trabalho de curto prazo (SCHIMANSKI et al., 2019). Trata-se de um modelo de gestão onde são organizadas e definidas as estratégias de projeto e as entregas são decompostas hierarquicamente de forma a facilitar o gerenciamento de cada nível de trabalho (HORMAN et al., 2004).

Alinhado ao LPS o *Advanced Work Packaging* (AWP) foi criado pelo *Construction Industry Institute* (CII) e refere-se a um processo estruturado de planejamento e de execução do projeto desenvolvido para enfrentar desafios de sobrecustos e atrasos no cronograma no setor de construção industrial (HALALA; FAYEK, 2019). Esse sistema requer que pacotes de trabalho sejam criados no início do ciclo de vida do projeto, e as ações sejam apoiadas por uma integração de engenharia, aquisição e controle da construção. Integrado a essas metodologias de trabalho o *Building Information Modeling* (BIM) ou Modelagem da Informação da Construção, é um importante aliado que permite o compartilhamento de informações e simulação de modelos em uma plataforma de tomada de decisão colaborativa (CHEN; NGUYEN, 2019). Embora todas essas abordagens sejam bastante distintas a associação do *Lean Construction*, *Last Planner System*, *Advanced Work Packaging*, e *Building Information Modeling*, pode impactar de forma positiva a indústria da construção. Nesse artigo são abordados os temas centrais da gestão integrada de projetos buscando uma melhor compreensão do tema e da sua contribuição para a construção sustentável.

2. Construção sustentável e Gestão integrada de projetos

A adoção formal do conceito de desenvolvimento sustentável aconteceu com o Relatório *Brundtland* em 1987, o documento passou a utilizar esse termo que implica na

adoção de ações de crescimento que devem contemplar o avanço econômico para humanidade, a preservação do meio ambiente, e melhoria das condições sociais, sem comprometer as necessidades das gerações futuras. O desenvolvimento sustentável deve, no mínimo, preservar os sistemas naturais que sustentam a vida na Terra: atmosfera, águas, solos e seres vivos (ONU, 1987). A adequação desse conceito à realidade da construção foi introduzida pelo fórum de cooperação, *Conseil International du Bâtiment* (CIB) que nasceu como uma força unificadora na construção. Seu foco foi promover a inovação e a criação de soluções viáveis para problemas técnicos, econômicos e sociais. O CIB definiu que a construção sustentável proveria a criação e operação de ambientes saudáveis baseados na eficiência de materiais e design ecológico (KIBERT, 2013). No entanto, a indústria da construção é conhecida pelos atrasos nos procedimentos gerenciais e nas técnicas construtivas e com frequência os projetos excedem o orçamento, não cumprem o cronograma, a mão de obra é pouco qualificada, são baixos os índices de produtividade, dentre outras limitações. Estas questões podem estar relacionadas a problemas de comunicação, escopo mal definido e processos desorganizados, do micro ao macro gerenciamento.

Dentro desse conceito instituições públicas e privadas americanas se uniram em um consórcio de empresas para fundar o *Construction Industry Institute* (CII) com o objetivo de gerir boas práticas na produção da construção de maneira a reduzir as atividades que não agregavam valor, com vistas na redução de desperdícios, menor geração de resíduos e custos mais baixos (CII, 2021). Neste contexto, as práticas de gestão integrada de projetos vêm ganhando importância dentro das empresas. De acordo com Kezner (2017), a qualidade dos serviços prestados passou a ser percebida de maneira abrangente, sendo de responsabilidade de todos os envolvidos, tanto no planejamento quanto na execução das ações. Considerando a gestão integrada de projetos composta por diferentes processos, que ocorrem em momentos distintos, o grupo de processos de planejamento é fundamental para o sucesso dos grupos de execução e controle, pois são eles que definem como serão conduzidos cada etapa de trabalho (PMI, 2013).

Porém, incorporar a esses conceitos um modelo gerencial eficiente requer conscientização dos principais *stakeholders* para alavancar mudanças significativas em todas as etapas do processo produtivo. Tal meta só será viabilizada pelo uso efetivo de metodologias que garantam apoio à tomada de decisão, baseadas em uma visão holística de investimento e de geração de valor de longo prazo (KEZNER, 2017). O intuito final é administrar o negócio tendo como centro os clientes, os empregados, os acionistas, os fornecedores e a sociedade (ISHIKAWA, 1993). Nessa perspectiva, novas práticas que apoiam a gestão integrada de projetos e o uso da inovação, com economia, aumento de produtividade e sustentabilidade, ganham força em todo o mundo e geram impactos positivos no setor da construção.

Santos et al. (2015) apresentam que o gerenciamento de risco pode ser um mecanismo essencial para identificação dos efeitos positivos e negativos nos projetos, de forma que seus objetivos sejam atendidos com relação ao custo, prazo, escopo e qualidade. O processo gerencial exige o emprego de ferramentas apropriadas para cada situação específica como: o LC, LPS, AWP e o BIM que podem ser utilizadas de forma isoladas ou em conjunto para atingir tais metas. Na construção, a aplicação desses modelos ou sistemas de gestão agrega confiabilidade e segurança aos empreendimentos fazendo com que a empresa se destaque (HARTONO et al., 2014). Nesse sentido, a implantação da gestão

integrada de projetos se mostra bastante promissora para esse setor da economia.

3. *Lean Construction*

O conceito de produção enxuta ficou conhecido mundialmente pela publicação do livro “A Máquina que Mudou o Mundo” de Womack, Jones e Roos (1992). Os autores ao relatarem as vantagens do Sistema Toyota de Produção anteviram que esse processo se consolidaria não apenas na manufatura de automóveis, mas em todas as atividades de criação de valor. Seguindo este pensamento Koskela (1992) introduziu o conceito *Lean Construction* (LC) que resultou em um modelo de gestão, cujo objetivo foi produzir mais valor para o cliente com menor desperdício e ao mesmo tempo, atingir uma melhor performance para a produção da construção.

Nesse sentido, surgem estudos como os de Womack e Jones (1996), que reforçam o pensamento enxuto como sendo capaz de agregar valor ao produzir mais com menos e que também seria possível reduzir as interferências para aumentar a eficiência e direcionar os produtos para as necessidades do usuário. Lorezon (2008) verifica de forma empírica, em uma abordagem qualitativa, o nível de adequação de algumas empresas aos princípios da construção enxuta e alerta ser necessário mudanças na forma de medição de desempenho.

Segundo Campos et al. (2012) no setor da construção, as empresas buscam novos processos, produtos e ferramentas para maximizar seu desempenho. A construção enxuta e a gestão ambiental são consideradas práticas estratégicas e buscam a redução do desperdício necessário à eficiência organizacional. A aplicação dessas filosofias requer investimentos por parte das empresas, tornando importante o seu contínuo monitoramento. Os autores discutem que, apesar de não haver conexão direta entre os conceitos e a aplicação de práticas, seja ela sustentável ou enxuta, ajudam a alcançar melhores resultados entre uma esfera ou outra. Segundo Dallasega et al. (2015) o movimento do LC se estabeleceu e ganhou mais influência na prática de gerenciamento da construção, e propõem um processo de melhoria contínua baseado no ciclo PDCA (planejar-fazer-verificar-agir). Johnsen e Drevland (2016) adicionam que o LC impacta positivamente os três pilares da sustentabilidade: o econômico, o ambiental e o social. Golzarpoor, Haas e Rayside (2016) consideram que por tradição no conceito de LC o foco está voltado para a eliminação do desperdício durante o processo de construção, enquanto os impactos ambientais são menos considerados. Os autores acreditam que com a implantação de outras tecnologias, melhores resultados possam ser alcançados, tornando a prática capaz de fornecer soluções mais sustentáveis.

A interação entre as duas esferas tornou-se importante foco de discussão de pesquisadores e profissionais da área. Discute-se que construção sustentável e construção enxuta possuem interseções que podem ser exploradas com o intuito de potencializar resultados ambientais e produtivos (MARIS; PARRISH, 2016). Diferentes estudos discutem essa hipótese. Segundo Almeida e Picchi (2018) aliar a construção enxuta à outra ferramenta como o *Last Planner System*, possibilita uma melhoria da qualidade, diminuiu o desperdício, aumenta a produtividade da mão de obra, a segurança e a saúde no trabalho. Os autores realizam uma revisão da literatura e mostraram que o tema ganhou importância em países como Estados Unidos e Brasil, mas que apesar de existirem casos de integração

de práticas e ferramentas positivas, ainda são necessários mais estudos para o aprofundamento do tema. Assim, o LC para ter resultados adequados necessita de uma ferramenta de planejamento enxuta. Os métodos tradicionais de planejamentos sofrem críticas da literatura, visto que não consideram de forma apropriada, as interferências entre processos, variabilidade, incertezas na disponibilidade de recursos, excesso de flexibilidade e tempo, o que gera aumento na duração dos contratos da construção (EL-SABEK; MCCABE, 2018).

4. *Last Planner System*

O *Last Planner System* (LPS) surgiu como uma forma de lidar com essas incertezas nos modelos de planejamento tradicionalmente adotados. Seu principal objetivo é aumentar a confiabilidade do cronograma e atenuar o fluxo de trabalho para atingir, por meio da colaboração, transparência, melhoria contínua e compromissos das pessoas envolvidas na conclusão do trabalho (SCHIMANSKI et al., 2019). Se integrado às premissas do *Lean Construction*, o *Last Planner System* auxilia nas funções da comunicação e controle de projetos (HAMZEH, 2011).

O professor e pesquisador Glenn Ballard da *University of California*, em 1997 vislumbrou esse conceito como parte importante do sistema de gestão, pois fornece condições para moldar o fluxo de trabalho conforme as informações de projeto, as restrições e os recursos são disponibilizados. A lógica do método se baseia na criação de cronogramas de curto prazo e de uma análise de restrições para as tarefas do projeto. A partir de então o plano de trabalho é detalhado progressivamente como forma de aumentar a confiabilidade. Ballard (2000) em sua tese de doutorado aponta que uma das principais dificuldades enfrentadas pelas organizações para a implementação do LPS é a falta de compreensão por parte dos principais envolvidos no planejamento e controle dos conceitos e princípios de gestão da produção. O LPS pode ser entendido como um mecanismo para transformar o que deve ser feito, no que é possível de ser feito. Ele age entre o planejamento macro e a programação semanal para auxiliar no gerenciamento de médio prazo formando um inventário de trabalho, com a criação de planos semanais possíveis de serem executados.

Nesse sentido, o LPS é visto na indústria da construção como um método importante no controle, planejamento e execução de obras e a partir desse pensamento, várias práticas foram relatadas. Tommelein e Ballard (1997) mostram que o LPS propõe mecanismos de planejamento enxuto para produção da construção e busca de forma proativa evitar a falta de recursos para que as novas atividades iniciem. Ala-Risku e Kärkkäinen (2006) analisam os problemas de entrega de materiais utilizando o LPS e propõem uma abordagem para fornecer transparência de estoque e entregas proativas e eficientes de materiais. Dave et al. (2015) defendem a opinião de que o LPS é uma das ferramentas de construção enxuta que oferece uma boa solução para enfrentar os problemas de gestão da produção em canteiros de obras. Contudo, não está sendo utilizado em sua capacidade máxima devido a certas deficiências inerentes e há uma necessidade de uma abordagem mais adequada que trate de aspectos críticos da função de planejamento e programação.

El-Sabek e McCabe (2018) mostram que os métodos LC e o LPS associados foram

implementados com sucesso em projetos, embora a aplicação em empreendimentos complexos e em larga escala é limitada devido a desafios de integração e questões de comportamento organizacional inerentes ao empreendimento. Eles utilizaram o método Delphi modificado de duas fases para identificar, verificar e classificar os desafios de integração e depois validaram o método identificando 31 desafios. Aslam, Gao e Smith (2020) descrevem as principais deficiências do LPS por meio de uma revisão da literatura e afirmam que as práticas existentes podem ser potencializadas pela introdução de ferramentas e técnicas compatíveis para reforçar o processo de implementação do LPS. O objetivo do estudo foi incorporar novas ferramentas de construção enxuta para o desenvolvimento de uma abordagem mais racional utilizando os benefícios da filosofia LC.

Uma outra possibilidade também vislumbrada por Scott Hood, Isatto e Formoso (2019) seria incorporar ao LPS novas metodologias como o AWP para favorecer a criação de um ambiente de trabalho livre de restrições em todas as áreas de atuação, no entanto, são poucos os estudos buscando sua integração.

5. *Advanced Work Packaging*

O *Advanced Work Packaging* (AWP) foi desenvolvido por uma equipe de pesquisadores em parceria do *Construction Industry Institute* (CII) com o *Construction Owners Association of Alberta* (COAA) para enfrentar os desafios de custos e prazos no planejamento e execução em todo o ciclo de vida do projeto. O AWP pode ser aplicado em diferentes contextos e abrange não somente a construção de edificações, mas também projetos industriais e de capital (CPT, 2021). O framework AWP é projetado para que o planejamento de engenharia seja orientado pelo sequenciamento da construção e execução, estruturados na criação de pacotes de trabalho, diferente dos sistemas tradicionais que organizam seus pacotes em torno da engenharia e do projeto.

Segundo a RT-272-1 (CII, 2013), os benefícios na sua adoção são percebidos tanto no aumento da produtividade quanto na redução dos custos. O processo de divisão em pacotes é feito de forma diferente para cada empresa e projeto, o que cria um ponto de atenção, pois pode gerar incoerências e ineficiência se não for bem aplicado. Entretanto, existe um consenso na formalização dos termos relevantes da metodologia para a execução dos pacotes de construção subdivididos em EWP's, CWP's e IWP's.

O EWP (*Engineering Work Packages*) é um pacote de trabalho de engenharia e fornecimento utilizado para criar um CWP (*Construction Work Packages*). Isto inclui normalmente as listas de documentos, desenhos, especificações de instalação e materiais, dados de fornecedores, lista de materiais, dentre outros.

O CWP é uma divisão lógica e controlável do trabalho no âmbito da construção e consiste tipicamente em requisitos de segurança, cronograma, orçamento, requisitos ambientais, de qualidade e assim por diante e são utilizados para desenvolver os IWP's (*Installation Work Packages*).

O IWP é um produto que permite a uma equipe trabalhar de forma segura, previsível, mensurável e eficiente, em um determinado período de tempo (por exemplo 500 horas). Os

IWP's contêm toda a documentação necessária para apoiar a execução da atividade no local de execução e incluem um resumo do pacote de trabalho, análise de riscos de segurança, desenhos, especificações, instruções de instalação do fabricante, lista de materiais entre outros.

Nesse sentido, os pacotes de trabalho podem ser considerados como a estrutura de toda a execução do AWP e essa estratégia tem a finalidade específica de melhorar a produtividade e previsibilidade (HAMDI, 2013). Trata-se de entregar as demandas certas às pessoas certas no momento certo, e assim, alcançar resultados econômicos e o aumento da produtividade em projetos de construção em larga escala (VERUM, 2017). Scott Hood, Isatto e Formoso (2019) identificam diferenças entre *Last Planner System* e o AWP no que se refere a gestão de restrições e salienta que ambos buscam implementar o conceito da produção enxuta. Apesar da relevância desses modelos para a indústria, existem poucos estudos buscando avaliar suas complementariedades.

Halala e Fayek (2019) realizam um estudo e sobre o AWP e afirmam que não existe um método claro para avaliar os custos e benefícios da implementação na indústria da construção. Os autores apresentam um quadro para avaliar múltiplos aspectos da implementação do AWP de forma a permitir quantificar tanto os custos quanto os seus benefícios. Guerra e Leite (2020) avaliaram falhas de implementação do AWP para detectar os principais obstáculos para uma entrega mais adequada para projetos industriais. Os resultados indicam uma falta de padronização dos modelos 3D, assim como a necessidade de entregas formais e uma melhor percepção e usabilidade do modelo 3D.

Segundo Ratajczak, Riedl e Matt (2019) nos últimos anos, o setor de arquitetura, engenharia e construção passa por um processo de transformação digital, isso é percebido no setor da construção industrial pela adoção do BIM. Schimanski et al. (2020) realizam uma revisão da literatura reforçando a eficiência da integração entre o *Lean Construction*, o *Last Planner System* e o *Building Information Modeling*, como importante método na fase de execução da construção.

6. *Building Information Modeling*

O conceito *Building Information Modeling* (BIM) ou Modelagem da Informação da Construção não é recente no cenário da construção. No Brasil ele ganhou força a partir de 2009, quando o mercado de trabalho começou a buscar profissionais habilitados para desenvolver e gerenciar projetos alinhados a necessidade de agregar informações as tradicionais linhas dos ambientes CAD. Eastman et al. (2014) mostram que um modelo de informações BIM carrega todas as informações relacionadas à construção, incluindo suas características físicas, funcionais e informações do ciclo de vida do projeto, em uma série de “objetos inteligentes”. São várias as definições para descrever o BIM e na verdade elas são bastante similares ou até mesmo complementares. Sacks et al. (2010) define BIM como uma plataforma de tomada de decisão colaborativa para facilitar o compartilhamento de informações com base em modelos e simulações de gerenciamento para projetos.

O Governo Federal, com o intuito de promover a transformação digital na indústria da construção, criou em 2017 o Comitê Estratégico de Implementação do BIM para

impulsionar sua utilização no Brasil. Nesse sentido, conceitua o sistema como “o conjunto de tecnologias e processos integrados que permite a criação, utilização e atualização de modelos digitais de uma construção, de modo colaborativo, servindo a todos os participantes do empreendimento, potencialmente durante todo o ciclo de vida da construção”. O BIM permite o levantamento de quantidades, a estimativa de custos e a realização de análises diversas (energética, acústica, estrutural etc.) antes da efetiva execução da obra. A partir de simulações é possível compatibilizar várias disciplinas (arquitetura, fundação, estrutura, instalações hidráulicas, elétricas etc.) e prevenir erros, corrigindo inconsistências ainda na fase de planejamento (pré-obra).

Chen e Nguyen (2019) descrevem o BIM como uma rede de atividades para gerenciar as informações contidas em modelos, com objetivo de aproveitar seus benefícios ao longo da construção. Guerra e Leite (2020) definem o BIM como a representação digital das características físicas e funcionais de uma instalação. Da mesma forma, a norma do *National Institute of Building Science*, acrescenta que o BIM é um recurso de conhecimento compartilhado para informações sobre uma instalação, formando uma base confiável para decisões durante seu ciclo de vida. Uma premissa básica do BIM é a colaboração de diferentes partes interessadas em diferentes fases de uma instalação para inserir, extrair, atualizar ou modificar dados desde a concepção até o *retrofit* ou demolição (NIMBS COMMITTEE, 2007). Isto impõe um processo de transformação digital nas empresas com colaboração e adoção de determinadas regras, para que os modelos estejam sempre atualizados e acessíveis, não só na fase de projetos, mas também no planejamento, gerenciamento e execução do empreendimento.

Com isso, o BIM tem o potencial de apoiar os princípios do LC, do LPS e do AWP e diferentes pesquisas buscam compreender a interação e a adesão entre eles. Biotto, Formoso e Isatto (2015) exploraram um método que utiliza a modelagem BIM no apoio à tomada de decisão na gestão do sistema de produção de construção. Esta conexão é estudada também nos trabalhos de Björnfot e Jongeling (2007) e Jongeling e Olofsson (2007), porém em nenhum deles foi considerado a integração com o LPS. Sacks et al. (2010) mostram que tanto a comunidade científica quanto os profissionais da construção estão otimistas quanto ao potencial que novas funcionalidades podem gerar nas interações com os princípios existentes da modelagem digital. Eastman et al. (2014) afirmam que as melhorias provenientes da adoção do BIM permitem aos gestores produzir planos de trabalho mais confiáveis, além de comunicar decisões de planejamento de forma mais efetiva, o que possibilita melhor gerenciamento das equipes de produção.

Oskouie et al. (2012) descrevem a combinação de funcionalidades do BIM e princípios LC em uma matriz de influência mútua. Sua utilização na arquitetura, engenharia e na construção industrial, promovem transformações no fluxo de trabalho e agregam valor ao longo de todo o ciclo de vida dos projetos de construção. Os autores acrescentam que a aplicação de diferentes abordagens como o LC, o LPS e o BIM podem significar um aumento da eficiência e produtividade dos projetos de construção. Chen e Hou (2014) alertam para que seja dada maior atenção ao processo e não apenas ao modelo em si, o que ajuda a reduzir falhas de comunicação e erros entre as equipes de construção.

Tezel e Aziz (2017) mostram que a maioria dos estudos acadêmicos na área da LC, do LPS e do BIM, são tratados de forma independente no meio científico. Segundo Arokiaprakash, Kannan e Prabhu (2017) além da crescente popularidade das abordagens

BIM e LC é importante enfatizar que embora as abordagens sejam distintas, elas podem e devem ser utilizadas simultaneamente. Fagnoli e Lombardi (2020) fizeram um levantamento de publicações recentes abordando o uso do BIM para melhorar a segurança da construção. Os resultados indicaram que são necessárias aplicações mais práticas, especialmente com foco em treinamento, educação, análises de risco quantitativas, dentre outras, para melhor apoiar o gerenciamento de segurança. Amany, Taghizade e Noorzai (2020) desenvolveram um estudo integrando o LPS ao BIM com foco no gerenciamento e na tomada de decisão para minimizar atrasos e cumprimento de orçamento. Estudos de Vargas e Formoso (2020) propõe um método para planejamento e controle da produção baseado em zonas de trabalho com suporte do BIM e com interface do LPS. Na maioria dos casos, elas possuem sinergias positivas e, portanto, podem agregar valor à indústria da construção.

7. Considerações finais

A complexidade imposta pelos grandes projetos de construção exige o uso integrado dos conceitos e ferramentas como o *Lean Construction*, *Last Planner System*, *Advanced Work Packaging*, e *Building Information Modeling*. As principais contribuições da adoção conjunta desses sistemas estão relacionadas ao fluxo de trabalho, à qualidade da informação e ao suporte à tomada de decisão de forma colaborativa. Tais recursos, quando associados permitem o uso de modelos inteligentes e codificados, desde a fase de projeto até o fornecimento, a construção e montagem.

As ferramentas contribuem na eficiência e confiabilidade do processo de gestão, no cumprimento do cronograma, com a redução do desperdício, melhoria da alocação de mão de obra e segurança. Nesse sentido a análise sistemática dos sistemas LC, LPS, AWP e BIM, podem promover de forma efetiva a melhoria contínua do planejamento de curto prazo o que teria impacto direto no cumprimento do cronograma master da obra e controle de geração de resíduos, evidenciando de forma clara as dimensões ambientais e econômicas da construção sustentável. A contribuição dessas ferramentas para a dimensão social é ainda modesta e se manifesta ao integrar o conceito da construção enxuta às ferramentas LPS e AWP, pois pretende-se melhorar a produtividade da mão de obra, com foco em segurança. A criação de um ambiente livre de restrições, enfatizado na metodologia AWP, pode favorecer em todas as áreas de atuação, à saúde e segurança.

Contudo, percebe-se a necessidade de compreensão por parte dos principais envolvidos para alavancar as transformações culturais. Além disso, acredita-se que para o uso efetivo dessas ferramentas se faz necessário uma capacitação dos atores da cadeia de valor, em todas as fases de um projeto, pois eles necessitam de atualização constante para acompanhar e implementar essas metodologias no comissionamento dos empreendimentos. Os benefícios advindos de sua implementação devem ser claros para que a interface entre as equipes ocorra de forma sinérgica e produtiva. Para melhor compreender e resolver as demandas de implementação, torna-se necessário considerar o grau de suporte disponível para todos os subsistemas articulados. Subsistemas concorrentes, como o BIM podem restringir a implementação do AWP e LPS. De modo geral, percebe-se que uma análise pela ótica da complexidade atual indica que existem sinergias positivas para agregar valor à indústria da construção, desde que as lacunas sejam adequadamente exploradas, tanto na

teoria quanto na prática.

Agradecimentos

Os autores agradecem à Verum Partners pelo suporte técnico na construção desta pesquisa.

Referências

- AGÊNCIA BRASIL. O PIB da construção civil deve crescer 4% em 2021. **Caderno de Economia**. Publicado em 17/12/2020 por Wellton Máximo. Brasília. Disponível em <<https://agenciabrasil.ebc.com.br>> Acesso em janeiro de 2021.
- ALA-RISKU, T.; KÄRKKÄINEN, M. Material delivery problems in construction projects: A possible solution. **International Journal of Production Economics**, v. 104, n. 1, p. 19–29, 2006.
- ALMEIDA, E. L. G. DE; PICCHI, F. A. Relação entre construção enxuta e sustentabilidade. **Ambiente Construído**, v. 18, n. 1, p. 91–109, 2018.
- AMANY, A.; TAGHIZADE, K.; NOORZAI, E. Investigating conflicts of expert contractors using the last planner system in building information modeling process. **Journal of Engineering, Design and Technology**, v. 18, n. 6, p. 1381–1402, 2020.
- AROKIAPRAKASH, A.; KANNAN, S.; PRABHU, S. M. Formulize construction and operation management by integrating BIM and lean. **International Journal of Civil Engineering and Technology**, v. 8, n. 4, p. 991–1001, 2017.
- ASLAM, M.; GAO, Z.; SMITH, G. Development of Innovative Integrated Last Planner System (ILPS). **International Journal of Civil Engineering**, v. 18, n. 6, p. 701–715, 2020.
- BALLARD, H. G. **The Last Planner System of production control**. Birmingham: Thesis (Ph.D) School of Civil Engineering, Faculty of Engineering, University of Birmingham, United Kingdom, 2000.
- BIOTTO, C. N.; FORMOSO, C. T.; ISATTO, E. L. Uso de modelagem 4D e Building Information Modeling na gestão de sistemas de produção em empreendimentos de construção. **Ambiente Construído**, v. 15, n. 2, p. 79–96, 2015.
- BJÖRNFOT, A.; JONGELING, R. Application of line-of-balance and 4D CAD for lean planning. **Construction Innovation**, v. 7, n. 2, p. 200–211, 2007.
- CAMPOS, I. et al. Relation between the sustainable maturity of construction companies and the philosophy of lean construction. **Proceeding of 20th Annual Conference of IGLC**, 2012.
- CHEN, H. M.; HOU, C. C. Asynchronous online collaboration in BIM generation using hybrid client-server and P2P network. **Automation in Construction**, v. 45, p. 72–85,

2014.

CHEN, P. H.; NGUYEN, T. C. A BIM-WMS integrated decision support tool for supply chain management in construction. **Automation in Construction**, v. 98, n. August 2018, p. 289–301, 2019.

CII. Construction Industry Institute. Best Practices 2021. Based at The University of Texas at Austin, Texas. Disponível em: <<https://www.construction-institute.org/resources/knowledgebase/best-practices>>. Acesso em fev 2021.

CII. Construction Industry Institute and Construction Owners Association (COAA) Joint Venture A Summary of the Construction Industry Institute - RS-272 Studies on Work Packaging Increased Safety , Productivity , and Predictability. 2013.

CPT. Concord Project Technologies. Advanced work packaging. Disponível em: <<https://tcoglobal.com/category/advanced-work-packaging/>>. Acesso em fevereiro 2021.

DALLASEGA, P. et al. Increasing productivity in ETO construction projects through a lean methodology for demand predictability. **International Conference on Industrial Engineering and Operations Management**, v. 3, n. March, p. 1–15, 2015.

DAVE, B. et al. Suggestions To Improve Lean. **23rd Annual Conference of the International Group for Lean Construction**, n. July, p. 193–202, 2015.

EASTMAN, C. et al. **Manual de BIM : um guia de modelagem da informação da construção para arquitetos, engenheiros, gerentes, construtores e incorporadores**. Porto Alegre : Bookman, 2014.

EL-SABEK, L. M.; MCCABE, B. Y. Framework for Managing Integration Challenges of Last Planner System in IMPs. **Journal of Construction Engineering and Management**, v. 144, n. 5, p. 04018022, 2018.

FARGNOLI, M.; LOMBARDI, M. Building information modelling (BIM) to enhance occupational safety in construction activities: Research trends emerging from one decade of studies. **Buildings**, v. 10, n. 6, 2020.

GOLZARPOOR, B.; HAAS, C. T.; RAYSIDE, D. Improving process conformance with Industry Foundation Processes (IFP). **Advanced Engineering Informatics**, v. 30, n. 2, p. 143–156, 2016.

GUERRA, B. C.; LEITE, F. Bridging the Gap between Engineering and Construction 3D Models in Support of Advanced Work Packaging. **Journal of Legal Affairs and Dispute Resolution in Engineering and Construction**, v. 12, n. 3, p. 04520029, 2020.

HALALA, Y. S.; FAYEK, A. R. A framework to assess the costs and benefits of advanced work packaging in industrial construction. **Canadian Journal of Civil Engineering**, v. 46, n. 3, p. 216–229, 2019.

HAMDI, O. **Advanced Work Packaging from project definition through site execution : driving successful implementation of WorkFace Planning**. [s.l.] Presented to the Faculty of the Graduate School The University of Texas at Austin, 2013.

HAMZEH, F. R. The lean journey: Implementing the Last Planner® system in construction. **19th Annual Conference of the International Group for Lean**

Construction 2011, p. 561–572, 2011.

HARTONO, B. et al. Project risk: Theoretical concepts and stakeholders' perspectives. **International Journal of Project Management**, v. 32, n. 3, p. 400–411, 2014.

HORMAN, J. M. et al. Lean and green: Integrating sustainability and lean construction. **Building for the Future: The 16th CIB World Building Congress**, v. book artic, n. Publication Code, p. 1–10, 2004.

ISHIKAWA, K. **Controle de qualidade total – à maneira japonesa**. 2.ed. Rio de Janeiro, Campus, 1993.

JOHNSEN, C. A.; DREVLAND, F. Lean and sustainability: Three pillar thinking in the production process. **24th Annual Conference of the International Group for Lean Construction**, n. July, p. 23–32, 2016.

JONGELING, R.; OLOFSSON, T. A method for planning of work-flow by combined use of location-based scheduling and 4D CAD. **Automation in Construction**, v. 16, n. 2, p. 189–198, 2007.

KEZNER, H. **Gestão de projetos: as melhores práticas**. 3ª ed. Porto Alegre: Bookman, 2017.

KIBERT, C. J. **Sustainable Construction Green Building Design and Delivery**. Third ed. Canada: Published by John Wiley & Sons, Inc., Hoboken, New Jersey, 2013.

KOSKELA, L. Application of the new production philosophy to construction. **Center for Integrated Facility Engineering**, v. 72, p. 75, 1992.

LORENZON, I. A. **A medição de desempenho na construção enxuta: estudos de caso**. [s.l.] Universidade Federal de São Carlos Programa de Pós-Graduação Engenharia de Produção, 2008.

MARIS, K.; PARRISH, K. The confluence of lean and green construction practices in the commercial buildings market. **IGLC 2016 - 24th Annual Conference of the International Group for Lean Construction**, p. 43–52, 2016.

NIMBS COMMITTE. National Building Information Modeling Standard. **Nbim**, p. 180, 2007.

ONU. **Report of the World Commission on Environment and Development “Our Common Future”** (Oxford University Press, Ed.). United Nations: [s.n.].

OSKOUIE, P. et al. Extending the interaction of building information modeling and lean construction. **IGLC 2012 - 20th Conference of the International Group for Lean Construction**, n. June 2015, 2012.

PMI. **A guide to the project management body of knowledge (PMBOK Guide)**. Fifth ed. [s.l.] Project Management Institute, 2013.

RATAJCZAK, J.; RIEDL, M.; MATT, D. T. BIM-based and AR application combined with location-based management system for the improvement of the construction performance. **Buildings**, v. 9, n. 5, 2019.

SACKS, R. et al. Interaction of Lean and Building Information Modeling in Construction. **Journal of Construction Engineering and Management**, v. 136, n. 24, p. 968–981, 2010.

SANTOS, R. B. P. et al. Gerenciamento de Risco na Construção Civil : teoria x prática. 2015.

SCHIMANSKI, C. P. et al. Conceptual foundations for a new lean BIM-based production system in construction. **27th Annual Conference of the International Group for Lean Construction, IGLC 2019**, n. July, p. 877–888, 2019.

SCHIMANSKI, C. P. et al. The last planner® system and building information modeling in construction execution: From an integrative review to a conceptual model for integration. **Applied Sciences (Switzerland)**, v. 10, n. 3, 2020.

SCOTT HOOD, E. S.; ISATTO, E. L.; FORMOSO, C. T. Sistema Last Planner X Advanced Work Packaging. **XI Simpósio Brasileiro de Gestão e Economia da Construção**, v. 11, n. 3, p. 1–7, 2019.

TEZEL, A.; AZIZ, Z. From conventional to it based visual management: A conceptual discussion for lean construction. **Journal of Information Technology in Construction**, v. 22, n. October, p. 220–246, 2017.

TOMMELEIN, I. D.; BALLARD, G. **Look-ahead planning: screening and pulling**. Seminário internacional a construção sem perdas. **Anais...**Published in the Proceedings of the Second International Seminar on Lean Construction, 1997

VARGAS, F. B. DE; FORMOSO, C. T. Método para planejamento e controle da produção baseado em zonas de trabalho com o apoio de BIM. **Ambiente Construído**, v. 20, n. 1, p. 129–151, 2020.

VERUM. **Verum Partners suporta sua proposta de valor na metodologia de Advanced Work Packaging**. In: Projetos. Postado em nov. 2017. Disponível em: <https://verumpartners.com.br/verumpartners-suporta-sua-proposta-de-valor-na-metodologia-de-advanced-work-packaging> consultado em fevereiro 2021.

WOMACK, J. P.; JONES D. T. **A mentalidade enxuta nas empresas: elimine o desperdício e crie riqueza**. 5. Ed. Rio de Janeiro: Campus, 1996.

WOMACK, J. P.; JONES, D. T.; ROOS, D. **A Máquina que mudou o mundo**. Rio de Janeiro: Campus, 1992.