ENTAC 2024
XX ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO
Maceió, Brasil, 9 a 11 de outubro de 2024

Distinguindo o complicado do complexo para as inovações na construção civil

Distinguishing complicated from complex for innovations in civil construction

Antonio Nunes de Miranda Filho
Universidade Federal do Ceará | Fortaleza | Brasil | anmirandaf@yahoo.com.br
José de Paula Barros Neto
Universidade Federal do Ceará | Fortaleza | Brasil | jpbarros@ufc.br
Vanessa Ribeiro Campos
Universidade Federal do Ceará | Fortaleza | Brasil | vanessa.campos@ufc.br
Luiz Fernando Mählmann Heineck
Universidade Estadual do Ceará | Fortaleza | Brasil | freitas8@terra.com.br

Resumo
Partindo de uma revisão da literatura e da experiência com a implementação de práticas da construção enxuta em múltiplos empreendimentos, este artigo explora a noção de que a resolução dos problemas de diferenciação e interdependência é fundamental para qualquer sistema produtivo que busque desenvolver competências contra variações causadas por fontes internas ou externas. Uma discussão mesclando diferentes abordagens do pensamento sistêmico é realizada para prover uma melhor compreensão do conceito de complexidade e do comportamento volátil das organizações nos projetos. O papel das práticas lean na solução dos problemas de diferenciação e interdependência é também analisado para fundamentar novos desenvolvimentos.

Palavras-chave: Pensamento sistêmico. Complexidade Organizacional. Construção Enxuta.

Abstract
Based on a literature review and drawing from the experience of lean implementation in multiple construction projects, this paper explores the notion that tackling differentiation and interdependecy problems is crucial for any production system seeking to develop competences against variations derived from both internal and external sources. A discussion using different systems thinking approaches is conducted to provide a better understanding of complexity and the volatile behaviour of project organizations. The aim is to encourage initiatives that address organizational differentitation and interdependency in construction projects and to highlight the important role of lean practices for this endeavour.

Keywords: Systems thinking. Organizational complexity. Lean Construction.

Como citar:
MIRANDA FILHO, N.; BARROS NETO, J.; CAMPOS, V.; HEINECK, L. Distinguindo o complicado do complexo para as inovações na construção civil. In: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 20., 2024, Maceió. **Anais**... Maceió: ANTAC, 2024.

INTRODUÇÃO

Os desafios impostos pela complexidade dos projetos da construção civil apontam a necessidade de compreender a razão para o sucesso ou fracasso de algumas práticas e técnicas adotadas. O presente estudo sugere que os ganhos percebidos com algumas práticas decorrem das soluções geradas para os problemas de diferenciação e interdependência nos empreendimentos. Iniciativas para diminuir os níveis hierárquicos (diferenciação vertical) e a divisão do trabalho entre diferentes especialistas (diferenciação horizontal) simplificam a estrutura organizacional e reduzem a quantidade de mudanças e eventos capazes de iniciar dinâmicas indesejáveis [1][2]. Por sua vez, soluções para melhorar a interdependência entre os participantes, seja pela aproximação em diferentes aspectos ou pela eliminação de interconexões redundantes, ampliam a qualidade das suas interações e ajudam no controle das dinâmicas [2][3].

Inicialmente é argumentado que uma distinção mais clara dos aspectos complicados e complexos dos empreendimentos torna-se necessária para entender a eficácia de algumas práticas e estabelecer uma base conceitual apropriada aos esforços de inovação na construção civil. Essa distinção é aprofundada numa discussão sobre a complexidade causada pela heterogeneidade dos participantes e pelas suas dificuldades de interação. Com esse direcionamento, a discussão volta-se para as interações não-lineares manifestadas nas mudanças desproporcionais entre variáveis de entrada e de saída, que constituem os problemas mais óbvios associados a complexidade organizacional. Ideias de abordagens desenvolvidas a partir da Teoria dos Sistemas são combinadas para compreender como surgem e se propagam dinâmicas não-lineares que resultam nas variações observadas em medidas de desempenho como produtividade, qualidade e retrabalho.

A revisão da literatura e as observações durante a implementação de práticas da construção enxuta em múltiplos empreendimentos possibilitaram perceber dois mecanismos para contrapor dinâmicas que causam desvios no desempenho. Estes resumem alguns padrões consistentes observados em iniciativas que se mostraram eficazes para os problemas de diferenciação e interdependência. Portanto, mais do que explicar o sucesso de certas práticas, os mecanismos identificados podem se constituir numa base conceitual para o desenho e operação de sistemas construtivos mais estáveis.

DISTINGUINDO O COMPLICADO DO COMPLEXO

As incertezas e a complexidade nos projetos da construção civil são consideradas as causas de eventos que trazem riscos ao desempenho dos empreendimentos [4]. Particularmente, a complexidade impõe desafios para a comunicação e cooperação entre os participantes [5], fomentando eventos prejudiciais. Como consequência da percepção unanime dos efeitos negativos da complexidade, foram realizadas pesquisas focadas na proposição de tipologias, fatores geradores, impactos percebidos, indicadores para medição, e estratégias de mitigação [6][7][8].

Apesar das pesquisas realizadas, ainda não existe uma definição padrão e nem uma compreensão comum sobre complexidade [6]. Consequentemente, também não existe um consenso sobre aquilo que constitui a complexidade dos projetos [7]. Em todo caso, conforme propagado pela teoria da complexidade, é possível argumentar que o conceito de complexidade está relacionado a dinâmicas, não-linearidades, propriedades emergentes, e outros comportamentos demonstrados por sistemas com elementos inter-relacionados [9]. Para os propósitos deste estudo, as diferentes definições foram consolidadas na seguinte ideia central: a complexidade dos empreendimentos decorre dos problemas trazidos pela diferenciação e interdependência entre os participantes, os quais se manifestam principalmente nas dinâmicas não-lineares que tornam os esforços de trabalho desproporcionais aos resultados alcançados.

Independente de iniciadas por eventos internos ou externos, as dinâmicas entre os participantes de um projeto são agravadas pelas falhas nas interconexões e relacionamentos dentro da estrutura organizacional. Consequentemente, tais dinâmicas apresentam não-linearidades que acarretam em comportamentos emergentes e resultados desproporcionais. As dinâmicas não-lineares estão por trás daquilo que os pesquisadores chamam de variabilidade dos sistemas e seus subsistemas [10][11]. O resultado final destas dinâmicas são as variações observadas nos indicadores de desempenho.

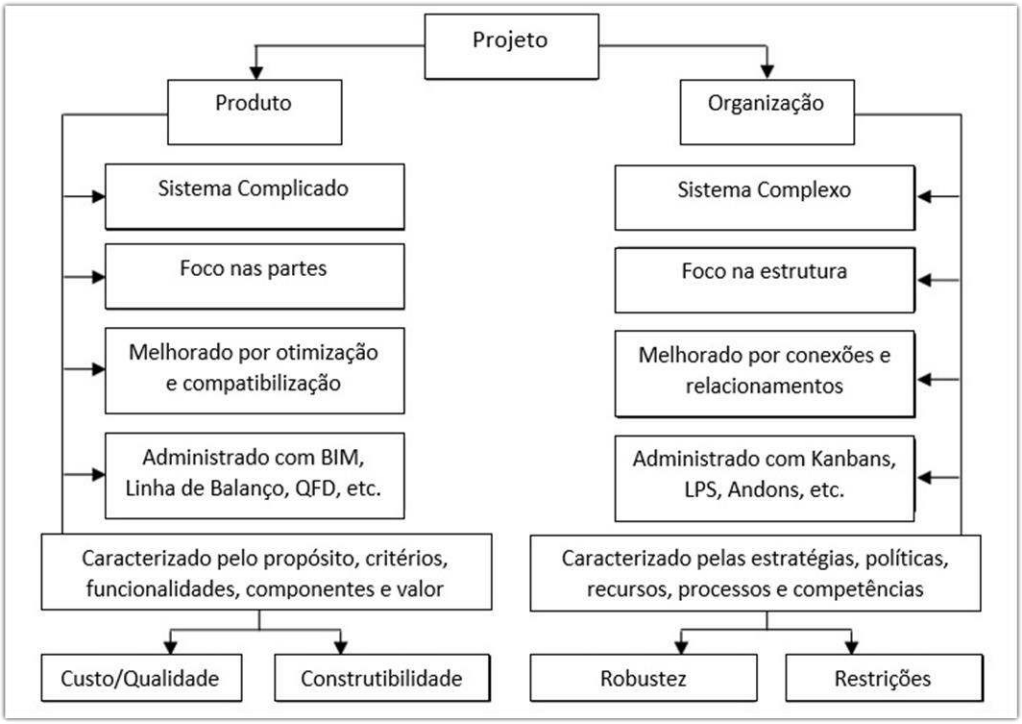
Essa noção possibilita uma distinção daquilo que é complexo nos projetos da construção civil. O produto de um projeto (e.g., casa, computador e carro) possui componentes mais duradouros e estáveis, que podem ser melhorados pela otimização e compatibilização [12]. Portanto, trata-se de um sistema complicado no qual o somatório das partes é igual ao todo. Diferentemente, os sistemas complexos são instáveis, pois mudam de formato e padrão com o tempo [13]. A organização estabelecida para um projeto é um exemplo de sistema complexo sujeito às mudanças estabelecidas nos planos gerenciais, que podem ser ampliadas desproporcionalmente pelos atores envolvidos [14]. Aliás, quanto maior o número de pessoas maior a probabilidade de ocorrerem eventos e dinâmicas incontroláveis. As interações não-lineares entre elas levam o todo a diferir do somatório das partes.

Por muito tempo prevaleceu a interpretação dos empreendimentos da construção somente como sistemas complicados que poderiam ser divididos e administrados em partes menores para a consecução dos macro-objetivos [15]. Isso transpareceu no uso de conceitos do modelo de transformação e de técnicas como a Estrutura Analítica de Projeto (EAP) e Linha de Balanço (LoB) [16][15][17]. Depois houve uma tendência para interpretá-los somente como sistemas complexos [18][19]. No entanto, estas abordagens devem ser reconsideradas e combinadas para visualizar os projetos da construção civil como compostos por um sistema complicado (produto) e outro complexo (organização) (Figura 1).

Um produto é definido por atributos como propósito, critérios, funcionalidades, componentes e valor. Tais atributos estabelecem o seu custo, padrão de qualidade e grau de construtibilidade. Mudanças nestes atributos afetam o quão simples ou

complicado será o produto. Já uma organização é caracterizada pelas estratégias, políticas, recursos, processos e competências que geram a sua robustez (resiliência) e restrições. Mudanças nestas características alteram a resiliência do sistema e transformam a maneira como seus subsistemas interagem rotineiramente ou quando submetidos a eventos esporádicos.

Figura 1: Modelo para distinção do complicado e do complexo nos projetos, com a complexidade derivando das características da organização e não necessariamente dos atributos do produto.



Fonte: os autores.

A complexidade dos projetos é mais impactada pela complexidade organizacional, a qual pode sofrer alguma influência das exigências tecnológicas do produto [7]. Porém, não existe uma relação direta entre os níveis de complicação do produto e de complexidade da organização [20]. Uma edificação complicada pode ser inteiramente desenhada e construída por uma pequena equipe se houverem tempo e habilidades suficientes. Isso corrobora a noção da complexidade organizacional como não dependendo apenas do produto, mas como o resultado acumulado de decisões acerca da seleção, estruturação e gestão do negócio [1][21]. Portanto, um pequeno empreendimento pode ser mais complexo do que um grande se, juntamente com as limitações de tempo e custo, houverem incertezas sobre os objetivos, métodos e comportamentos na organização [22][23].

Distinguir um sistema complicado de um sistema complexo é um passo importante para orientar as inovações e melhorias na construção. Erros graves e caros são cometidos quando organizações complexas são administradas como sistemas complicados [24]. Técnicas de gestão como BIM e LoB servem para quantificar, compatibilizar e sequenciar a montagem dos componentes estáveis do produto. Porém, estas técnicas não conseguem resolver as interações não-lineares num sistema

organizacional complexo, que decorrem dos relacionamentos intergrupais em sua estrutura [13]. A gestão da organização num projeto deve levar em consideração as mudanças potencialmente perigosas em cada intervalo de tempo. Assim, a mitigação das não-linearidades e dos seus efeitos requer sistemas produtivos estruturados com práticas que favoreçam a gestão descentralizada e em tempo real das dinâmicas.

COMPREENDENDO NÃO LINEARIDADES E VARIAÇÕES

Nem todos os problemas são causados por eventos externos e a maneira como evoluem e são enfrentados depende mais das capacidades internas da organização. Pela perspectiva do pensamento sistêmico, a estrutura organizacional tem maior impacto na geração dos problemas que afetam o desempenho [25]. Aliás, os problemas enfrentados repetidamente pelos gestores são, frequentemente, sintomas de uma causa escondida na própria estrutura. Daí o risco das intervenções corretivas ampliarem o problema ou gerarem outros desvios, caso foquem nos sintomas e não na verdadeira causa.

A noção sobre como as dinâmicas não-lineares são originadas e agravadas dentro da organização permite aprofundar a distinção entre o complicado e o complexo nos empreendimentos. Contudo, essa compreensão requer a combinação de ideias de diferentes abordagens ligadas ao pensamento sistêmico, tais como teoria da complexidade, teoria das restrições e teoria dos sistemas dinâmicos.

Primeiramente, os sistemas organizacionais são naturalmente não-lineares, principalmente quando pressionados [25]. Por exemplo, um operário que faz uma hora extra no fim do expediente não terá necessariamente o mesmo rendimento caso trabalhe duas horas extras. A efetividade do operário no trabalho pode piorar se for extrapolada sua resistência ao cansaço. Semelhantemente, uma empresa que aumente rapidamente suas vendas poderá não ter a capacidade de produção para atendê-las. Consequentemente, a satisfação inicial dos clientes pode transformar-se em insatisfação. Estes exemplos descrevem situações factíveis onde ocorrem respostas não-lineares para ações administrativas, gerando resultados diferentes daqueles inicialmente almejados. Em ambos o comportamento não-linear das dinâmicas é agravado por restrições internas.

Apesar dos sistemas poderem ser restringidos por políticas [26], muitas das restrições estão nos recursos envolvidos, os quais possuem capacidades limitadas para suportar estresses [10][27]. Isso demonstra a necessidade de considerar o impacto dos recursos sobrecarregados em cadeias de causa e efeito. Independentemente de iniciada por um evento planejado ou involuntário, a dinâmica que exceder a capacidade de um recurso será sempre prejudicial ao desempenho. De fato, quando o estado desejável para um subsistema é caracterizado por valores específicos para um conjunto relevante de variáveis, qualquer evento que leve uma variável a mudar além do limite tolerável pode ser considerado como uma perturbação que altera o seu curso e eficiência [28][29][30]. Por esse motivo, o ponto ótimo de operação para um subsistema é próximo aos limites das suas restrições em cada intervalo de tempo [31].

Nos projetos da construção civil as restrições imediatas mudam com o tempo e situação. Portanto, existe pouco tempo para identificar e explorar restrições em sistemas complexos e adaptativos com estruturas que mudam continuamente [32][33]. Para piorar, o grau de interação entre os participantes é impactado negativamente pelas peculiaridades da produção no canteiro e pelas diferenciações vertical e horizontal dentro da estrutura organizacional [2][16]. Isso implica que pode haver não uma, mas muitas restrições desconhecidas que poderão ser empurradas aos seus limites enquanto as dinâmicas se propagam. Consequentemente, aquilo que parece uma simples decisão para um gestor poderá se tornar num enorme esforço para centenas de outras pessoas. Os problemas de interação entre os participantes e as informações insuficientes sobre as restrições existentes num grande sistema explicam o motivo das suas saídas parecerem aleatórias para um observador externo.

A noção de que os eventos planejados ou inesperados podem ter efeitos tanto positivos como negativos, demonstra o paradoxo de um projeto da construção civil ser um processo de mudança contínua, onde cada mudança pode ser perigosa [34]. Na construção, as intervenções administrativas para lidar com eventos externos ou para iniciar atividades planejadas criam dinâmicas desconhecidas enquanto o sistema produtivo é movido de um estágio ao outro [18]. Mudanças no layout do canteiro, ajustes na quantidade de mão-de-obra, alterações no escopo do trabalho, e “handoffs” entre as equipes são alguns exemplos de tais eventos.

O conhecimento da coexistência entre dinâmicas positivas e negativas ao longo do ciclo de vida de um empreendimento implica na necessidade de desenvolver soluções para maximizar os efeitos positivos e minimizar os negativos. Apesar das peculiaridades da construção [16], o comportamento volátil dos sistemas construtivos pode ser atenuado preventivamente pelas escolhas das estratégias e práticas de produção. As decisões tomadas na concepção do sistema de produção podem submeter um empreendimento a menos mudanças e também criar as capacidades para reduzir as influências negativas das dinâmicas prejudiciais. Subjacente a estruturação e gestão de um sistema produtivo deve haver o empenho em buscar a estabilidade necessária para produzir repetidamente com a mesma eficácia [35]. Embora os projetos da construção civil precisem atravessar uma série de fases, deve haver ênfase em como desenhar e operar sistemas capazes de reduzir dinâmicas que possam levá-los a sair do estado esperado nas transições entre fases.

PERCEBENDO MECANISMOS PARA A ESTABILIDADE

As observações em estudos de caso apoiam a percepção do agravamento do comportamento não-linear em cadeias de causa e efeito com recursos sobrecarregados. Outra percepção interessante é o surgimento natural das não-linearidades entre os participantes devido ao distanciamento destes, por exemplo, em termos de comunicação, localização, padrão de trabalho, cultura e tecnologia.

Estas duas percepções são importantes para compreender os perigos das decisões centralizadas em organizações temporárias com diferentes níveis hierárquicos e alta divisão do trabalho. Isso porque a tomada de decisões na gestão das obras tende a

seguir um pensamento reducionista, onde em cada momento o foco está num pequeno número de decisões e em seus possíveis resultados. Isso é especialmente verdadeiro em situações onde há pressão de tempo. O reducionismo leva as intervenções administrativas a serem mais frequentes e realizadas numa perspectiva macroscópica. Um grande projeto observado macroscopicamente é comumente avaliado com base numa pequena quantidade de variáveis, o que leva a ilusão de um comportamento previsível. Assim, as decisões consideram um número reduzido de variáveis, como o balanceamento entre recursos e tarefas para o cumprimento do cronograma. No entanto, as decisões centralizadas nos níveis superiores não conseguem captar pequenas coisas, tais como interconexões e restrições. Consequentemente, as intervenções planejadas tendem a ser: (a) otimistas, com restrições desconhecidas sendo sobrecarregadas e iniciando dinâmicas prejudiciais, ou (b) pessimistas, com a aplicação excessiva de folgas nos planos para lidar com restrições desconhecidas [13].

Os problemas decorrentes do pensamento reducionista e da perspectiva macroscópica ilustram a importância de enxergar a gestão de projetos como um processo não-linear onde a maioria das variáveis são incontroláveis [20]. Aliás, a alta ocorrência de dinâmicas incontroláveis sugere que os gestores não devem priorizar a gestão da complexidade, mas sim maneiras de estruturar as organizações para lidar com seus efeitos [33]. Portanto, a partir da literatura explorada são percebidos dois mecanismos complementares para uma maior estabilidade dos sistemas produtivos na construção civil:

- Reduzir o número de eventos planejados ou involuntários a serem lidados pelo sistema produtivo. Este primeiro mecanismo está mais relacionado com a simplificação da estrutura por meio da sua menor diferenciação. Eventos intensos e sobrepostos para iniciar atividades planejadas ou absorver perturbações do ambiente externo tendem a sobrecarregar os recursos e iniciar dinâmicas nocivas. Esse excesso é contraproducente e quantificado pela magnitude e frequência das mudanças [36];
- Melhorar as interconexões no sistema produtivo avaliando a qualidade e quantidade das interações entre os participantes. Este segundo mecanismo está relacionado com a simplificação ou melhoria das interdependências. Um sistema de produção projetado para aproximar os participantes em diferentes aspectos melhora suas interações e os ajuda a operarem os subsistemas de maneira ótima dentro dos limites das suas restrições [37]. Isso reduz não-linearidades no sistema e consequentemente melhora o desempenho.

CONSTATANDO OS MECANISMOS NA PRÁTICA

A constatação dos mecanismos na prática requer o reconhecimento das principais influências para a complexidade organizacional que podem ser minimizadas. A primeira influência vem da estratégia de negócios que estabelece a complexidade do ambiente externo no qual a firma competirá. Como resultado, a complexidade da estrutura interna da organização tende a compatibilizar com aquela do ambiente externo [38]. Isso também ocorre com construtoras que subcontratam muitas das suas

atividades de produção, pois precisam levar em conta inúmeros aspectos e controlar as inter-relações com seus subcontratados [38][39].

Felizmente as empresas podem selecionar até um certo ponto o ambiente externo no qual desejam atuar com base na complexidade deste [21]. Os gestores podem reduzir a complexidade interna das organizações concentrando a sua atuação em certas áreas geográficas e segmentos de mercado. A escolha por limitar os fatores ambientais e gerar valor para um conjunto de consumidores contribui tanto para reduzir os diferentes aspectos a serem considerados simultaneamente como para diminuir a aleatoriedade e abrangência dos relacionamentos [38]. Em outras palavras, focar o negócio reduz a exposição a eventos inesperados que iniciam dinâmicas e melhora as interações entre os participantes. Isto está alinhado com os dois mecanismos identificados para as inovações e melhorias voltadas a estabilidade sistêmica.

A segunda influência é totalmente interna e vem da maneira como a organização é estruturada. As escolhas na estruturação do sistema de produção impactam fortemente na sua complexidade, pois influem na heterogeneidade e no distanciamento entre participantes, funções e processos. Contudo, apesar da influência dos fatores contextuais internos e externos, uma organização pode reduzir, até certo ponto, sua complexidade interna [21]. Isso passa pelo desenvolvimento de características organizacionais que consigam proteger a produção contra mudanças excessivas e apoiar sua adaptabilidade diante das perturbações decorrentes [40][27]. Para isso, a estruturação das organizações nos projetos da construção civil deve dedicar mais atenção as estratégias e práticas que solucionam problemas de diferenciação e interdependência [41]. Soluções para diminuir a diferenciação reduzem eventos e mudanças que iniciam dinâmicas. Complementarmente, soluções para melhorar as interdependências através de diferentes tipos de aproximação reduzem as não-linearidades nas dinâmicas.

O combate a estas influencias tem sido feito de maneira quase intuitiva por meio dos mecanismos apresentados. Isso foi evidenciado pelos autores deste estudo ao longo dos últimos 20 anos enquanto acompanhavam os esforços de melhoria contínua de um grupo de construtoras engajadas num programa de inovação iniciado em 1998. As empresas analisadas concentram suas atuações na incorporação e construção de edifícios residenciais e comerciais na cidade de Fortaleza (CE). A qualidade, o prazo e a flexibilidade do produto são os critérios de desempenho considerados importantes. Portanto, tratam-se de empresas integrantes de um mesmo “grupo estratégico”, por seguirem uma orientação estratégica parecida e compartilharem uma mesma área geográfica [42]. Essas semelhanças foram importantes para afastar variáveis muito diferentes e possibilitar a experimentação das mesmas melhores práticas. Isso permitiu uma comparação mais nítida das experiências com as iniciativas testadas.

Ao longo dos anos, os autores realizaram estudos exploratórios com diferentes propósitos nos empreendimentos destas empresas, o que possibilitou, entre outros aspectos, uma compreensão da maneira como as práticas amenizam os problemas de diferenciação e interdependência. Especificamente para este estudo, além da participação em reuniões de trabalho e da realização de entrevistas semiestruturadas

com gestores e operários de 5 firmas, os autores visitaram 11 canteiros com o objetivo expresso de identificar padrões consistentes nas soluções testadas (Quadro 1).

Quadro 1: Estratégias e práticas de produção implantadas e padrões percebidos.

Estratégias (ES) e Práticas (PR) de Produção	Nº Firmas	Redução de Eventos Planejados ou Involuntários (ligada a diferenciação)	Melhoria das Interações em Qualidade e Quantidade (ligada a interdependência)
Design-Build (ES)	5	Elimina a alternância de responsabilidades e reduz correções na fase de construção.	Aproxima os especialistas de diferentes fases ao engajá-los cedo na troca de dados e na busca por soluções.
Parcerias com Fornecedores e Empreiteiros (ES)	2	Reduzem os riscos de desabastecimento de insumos e de escassez de mão-de-obra.	Aproximam os parceiros ao fomentar métodos de trabalho, conhecimentos, objetivos e valores comuns.
Rotinas com Softwares de Colaboração 360° (ES)	2	Evitam incompatibilidades nos desenhos e especificações que podem gerar paralizações e retrabalhos.	Aproximam os especialistas ao compartilhar avanços, informações e versões dos documentos produzidos.
Contratos Relacionais (ES)	1	Evitam disputas por estabelecerem uma base para a convivência e regras para as interações.	Aproximam os empreiteiros ao gerarem semelhança nos benefícios, penalidades e ética de trabalho.
Sistema Last Planner (PR)	5	Diminui perturbações nos fluxos de trabalho ao eliminar restrições pelo planejamento de médio e curto prazo.	Aproxima as equipes ao aumentar o compromisso com as metas e a cooperação na busca por soluções.
Células de Produção (PR)	3	Geram menos “handoffs” de atividades e reduzem as intervenções para estabilização e retrabalho.	Aproximam trabalhadores e tarefas em termos de tempo, espaço e informações.
Andons (PR)	5	Ajudam a prevenir perturbações ou paralizações nas atividades em andamento.	Aproximam as equipes ao comunicar os status dos seus trabalhos.
Kanbans (PR)	4	Reduzem variações nos fluxos de entrada e evitam a sobrecarga dos subsistemas com trabalhos em processo.	Aproximam as equipes de especialistas e de apoio ao possibilitar que se comuniquem lateralmente.
5S (PR)	5	Evita o manuseio e o armazenamento descuidado de materiais que podem levar ao desabastecimento.	Aproxima as equipes ao melhorar a transparência dos postos de trabalho e dos fluxos entre eles.
Métodos de Controle Visual (PR)	5	Transparecem aquilo que está ocorrendo ou não para evitar interrupções nos fluxos de trabalho.	Aproximam as equipes ao conecta-las com informações oportunas para diferentes tipos de ações.
Prototipagem e First Run Studies (PR)	2	Permitem a identificação precoce de restrições que podem afetar o trabalho.	Aproximam trabalhadores e tarefas ao apoiarem o ajuste entre os métodos de trabalho e o produto.

Fonte: os autores

CONCLUSÕES

As camadas de complexidade adicionadas aos projetos da construção civil afastam os gestores das obras do local onde o valor está sendo gerado para o cliente final. Assim, apesar dos projetos serem processos temporários, os gestores não devem ser vistos como líderes do processo devido a perspectiva macroscópica que adotam. Suas intervenções frequentes podem sobrecarregar os recursos e causar desvios. Diferentemente, os líderes dos processos devem ser os colaboradores que estão de fato mais próximos das operações. Essa noção demonstra a necessidade de mudar hábitos e esquemas gerenciais, pois a complexidade organizacional decorre justamente de um acúmulo de decisões envolvendo a seleção, estruturação e gestão do negócio. Portanto, lidar com a complexidade e com a variabilidade dos sistemas requer uma reavaliação dos tradicionais paradigmas sobre o desenho e operação dos sistemas construtivos.

De fato, a estabilidade sistêmica depende dos esforços de pessoas em todos os níveis da organização temporária existente durante o ciclo de vida de um grande projeto. No entanto, o comportamento proativo dos participantes dependerá dos arranjos estruturais promovidos. Um arranjo necessário passa pela simplificação da estrutura reduzindo as hierarquias de comando e divisão do trabalho. Outro importante arranjo passa pela maior aproximação dos participantes em diferentes aspectos, tais como comunicação, localização, padrão de trabalho, tecnologia, cultura e objetivos. Apesar das influências do ambiente externo e dos atributos do produto, a complexidade organizacional pode ser reduzida até certo ponto através de estratégias e práticas que solucionem questões relacionadas a diferenciação e interdependência nos projetos. Iniciativas neste sentido podem diminuir o número de eventos a serem suportados pelo sistema de produção e ajudá-lo a operar otimamente dentro das capacidades das suas restrições. Isso reduz as não-linearidades no sistema e consequentemente melhora o desempenho do projeto.

Este estudo contribui para estas noções ao distinguir a complexidade nos projetos e ao analisar a maneira como os seus efeitos são mitigados através das melhores práticas propostas nas pesquisas sobre construção enxuta. A discussão apresentada indica que as inovações e melhorias na construção civil devem persistir na solução dos problemas relacionados a diferenciação e interdependência, pois os dois conceitos parecem estar intuitivamente guiando as iniciativas bem sucedidas até o momento. Novas pesquisas que expandam a compreensão destes conceitos e o papel deles para a estabilidade sistêmica também são recomendadas.

REFERÊNCIAS

[1] ASHKENAS, R. Simplicity-minded management. **Harvard Business Review,** 85(12): 101-109, 2007.

[2] BACCARINI, D. The concept of project complexity – a review. **International Journal of Project Management**, Vol. 14, No. 4, pp. 201-204, 1996.

[3] VOORDIJK, H.; MEIJBOOM, B.; HAAN, J. (2006). Modularity in supply chains: a multiple case study in the construction industry. **International Journal of Operations and Production Management**, Vol. 26 No. 6, pp. 600-618, 2006.

[4] EROL, H.; IREM DIKMEN, I.; ATASOY, G.; BIRGONUL, M. T. Exploring the relationship between complexity and risk in megaconstruction projects. **Journal of Construction Engineering and Management**, 146(12): 04020138, 2020.

[5] SENESCU, R. R.; ARANDA-MENA, G.; HAYMAKER, J. R. Relationships between project complexity and communication. **Journal of Management in Engineering**, 29(2): 183-197, 2013.

[6] DAO, B.; KERMANSHACHI, S.; SHANE, J.; ANDERSON, S.; HARE, E. Exploring and assessing project complexity. **Journal of Construction Engineering and Management,** 143(5): 04016126, 2017.

[7] LUO, L.; HE, Q.; XIE, J.; YANG, D.; WU, Q. Investigating the relationship between project complexity and success in complex construction projects. **Journal of Management in Engineering**, 33(2): 04016036, 2017.

[8] LUO, L.; HE, Q.; JASELSKIS, E. J.; XIE, J. Construction project complexity: research trends and implications. **Journal of Construction Engineering and Management**,143(7): 04017019, 2017.

[9] GERALDI, J.; MAYLOR, H.; WILLIAMS, T. Now, let's make it really complex (complicated) a systematic review of the complexities of projects. **International Journal of Operations and Production Management,** Vol. 31 No. 9, pp. 966-990**,** 2011.

[10] BALLARD, G.; KOSKELA, L.; HOWELL, G.; ZABELLE, T. Production system design in construction. The 9th International Group for Lean Construction Conference, **Proceedings**... Singapore: National University of Singapore, 2001.

[11] HOWELL, G.A. What is lean construction. The 7th Annual Conference of the International Group for Lean Construction, **Proceedings**... Berkeley: University of California, 1999.

[12] SNOWDEN, D. Uma nova forma de ser simples. **Revista HSM Management** 4(39): 98-106, 2003.

[13] OTTOSSON, S.S.; BJÖRK, E. Research on dynamic systems - some considerations. **Technovation,** 24(11): 863-869, 2004.

[14] GOLDOFF, A.C.; JAY, J. **Symposium on chaos theory and management**. 2003. Disponível em: http://www.pamij.com/goldoff.html. Acesso em: 17 Dezembro 2004.

[15] KOSKELA, L.; KAGIOGLOU, M. On the metaphysics of production. The 13th International Group for Lean Construction Conference, **Proceedings**... Sidney, Australia, 2005.

[16] KOSKELA, L. **An exploration towards a production theory and its application to construction.** 2000. 296 f. Tese (Doutorado) - Espoo, Technical Research Centre of Finland, 2000.

[17] MENDES JR., R.; HEINECK, L.F.M. Towards production control on multi-story building construction sites. The 7th International Group for Lean Construction Conference, **Proceedings**... Berkeley: University of California, 1999.

[18] BERTELSEN, S. Complexity - construction in a new perspective. The 11th Annual Conference of the International Group for Lean Construction, **Proceedings**... Blacksburg: Virginia Tech, 2003.

[19] BERTELSEN, S.; KOSKELA, L. Avoiding and managing chaos in projects. The 11th Annual Conference of the International Group for Lean Construction, **Proceedings**... Blacksburg: Virginia Tech, 2003.

[20] GRANSBERG, D. D.; SHANE, J. S.; STRONG, K.; DEL PUERTO, C. L. Project Complexity Mapping in Five Dimensions for Complex Transportation Projects. **Journal of Management in Engineering**, 29(4): 316-326, 2013.

[21] GRÖBLER, A.; GRÜBNER, A.; MILLING, P.M. Organizational adaptation processes to external complexity. **International Journal of Operations and Production Management** 26(3), 254-281, 2006.

[22] LIU, A.M.M.; LEUNG, M.-y. Developing a soft value management model. **International Journal of Project Management**, 20(5): 341-349, 2002.

[23] WILLIAMS, T. **Modelling complex projects**. New York: John Wiley & Sons, 2002.

[24] SARGUT, G.; MCGRATH, R. G. Learning to live with complexity. **Harvard Business Review**, Summer 2012: 44-50, 2012.

[25] KIRKWOOD, C.W. **System dynamics methods: a quick introduction**. 1998. Disponível em: http://www.public.asu.edu/~kirkwood/sysdyn/SDIntro/SDIntro.htm. Acesso em: 18 Setembro 2005.

[26] GOLDRATT, E.M. **What Is This Thing Called Theory of Constraints and How Should It Be Implemented?** New York, North River Press, 1990.

[27] BALLARD, G.; HOWELL, G.A. Lean project management. **Building Research and Information**, 31(2): 119-133, 2003.

[28] CAMPAGNE, J.P.; JACOT, J.H.; FREIN, Y.; VITRY, G. A framework to specify a reactive and proactive management system. IEEE Symposium on Emerging Technologies & Factory Automation, **Proceedings**... 1995.

[29] CORRÊA, H.; SLACK, N. **Flexibilidade estratégica na manufatura: incertezas e variabilidade de saída**. 1994. Disponível em: http://www.salaviva.com.br/livro/ppcp/arquivos/artigos/Flexibilidade%20estrategica%20na%20manufatura.pdf. Acesso em: 15 Dezembro 2004.

[30] THOMAS, H.R.; NAPOLITAN, C.L. Quantitative effects of construction changes on labor productivity. **Journal of Construction Engineering and Management**, 121(3): 290- 296, 1995.

[31] VAN DER MERWE, A.A.P. Project management and business development: Integrating strategy, structure, processes and projects. **International Journal of Project Management**, 20(5): 401-411, 2002.

[32] BLACKSTONE, J.H. Theory of constraints - a status report. **International Journal of Production Research**, 39(6): 1053-1080, 2001.

[33] MEIJER, B.B.R. To manage or not to manage complexity. IEEE International Engineering Management Conference. **Proceedings**... 1998.

[34] LOVE, P.E.D.; HOLT, G.D.; SHEN, L.Y.; LI, H.; IRANI, Z. Using system dynamics to better understand change and rework in construction project management systems. **International Journal of Project Management**, 20: 425-436, 2002.

[35] WON, J.; COCHRAN, D.; JOHNSON, H.T.; BOUZEKOUK, S.; MASHA, B. **Rationalizing the design of the Toyota Production System: a comparison of two approaches**. 2001. Disponível em: http://sysdesign.org/pdf/paper15.pdf. Acesso em: 15 Novembro 2006.

[36] MAANI, K.; LI, A. **Dynamics of managerial intervention in complex systems**. 2004. Disponível em: http://www.systemdynamics.org/conf2004/SDS_2004/PAPERS/. Acesso em: 24 Janeiro 2005.

[37] POCOCK, J.B.; HYUN, C.T.; LIU, L.Y.; KIM, M.K. (1996). Relationship between project interaction and performance indicators**. Journal of Construction Engineering and Management,** Vol. 122, No. 2, 165-176, 1996.

[38] MEIJER, B.B.R. From reducing complexity to adaptive organizations. IEEE International Engineering Management Conference, **Proceedings**... 2002.

[39] ISATTO, E.L. **Proposição de um modelo teórico-descritivo para a coordenação interorganizacional de cadeias de suprimentos de empreendimentos de construção**.

2005. 285 f. Tese (Doutorado) - Porto Alegre, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2005.

[40] MAWBY, D.; STUPPLES, D. Systems thinking for managing projects. IEEE International Engineering Management Conference, **Proceedings**... 2002.

[41] ZHU, J.; MOSTAFAVI, A. Discovering complexity and emergent properties in project systems: a new approach to understanding project performance. **International Journal of Project Management**, 35, 1–12, 2017.

[42] CHRISTIANSEN, T.; BERRY, W.L.; BRUUN, P.; WARD, P. A mapping of competitive priorities, manufacturing practices, and operational performance in groups of Danish manufacturing companies. **International Journal of Operations & Production Management**, 23 (10), 1163-1183, 2003.