ANÁLISE DAS INTERAÇÕES ENTRE FATORES DE COMPLEXIDADE COM INFLUÊNCIA NA GESTÃO DE EMPREENDIMENTOS DE CONSTRUÇÃO

Analysis of interactions between complexity factors influencing the management of construction projects

Hugo Sefrian Peinado
Universidade Federal da Bahia | Salvador, Bahia | hugospeinado@gmail.com

Dayana Bastos Costa
Universidade Federal da Bahia | Salvador, Bahia | dayanabcosta@ufba.br

Tarcisio Abreu Saurin
Universidade Federal do Rio Grande do Sul | Porto Alegre, Rio Grande do Sul | saurin@ufrgs.br

RESUMO

Diversos fatores contribuem com a complexidade de empreendimentos de construção e, portanto, influenciam dimensões de desempenho, como segurança e produção. No entanto, as interações entre esses fatores têm sido pouco exploradas, o que dificulta a avaliação do impacto sistêmico de ações de gestão da complexidade. Nesse sentido, esse trabalho tem como objetivo analisar as interações entre fatores de complexidade que influenciam na gestão de empreendimentos de construção considerando diferentes escopos (atividade, etapa e obra). Para isso, foi conduzido estudo empírico com a participação de dez profissionais com tempo de atuação entre um e três anos. A pesquisa incluiu a definição dos problemas a serem analisados, detalhamento dos fatores de complexidade, mapeamento da interação desses fatores e feedback. Os participantes identificaram entre seis e quinze fatores com influência negativa sobre as situações analisadas. Observou-se que análises focadas em etapas ou atividades da obra favoreceram a identificação de interações mais representativas da realidade. Como contribuições, o estudo propôs uma abordagem de análise de fatores de complexidade em escopos menores para favorecer o mapeamento de interações representativas, demonstrou uma forma de visualização dessas interações e reforçou a importância da percepção de profissionais de gestão mais próximos do nível operacional na identificação das complexidades.

Palavras-chave: Construção; Complexidade; Mapeamento; Gestão.

ABSTRACT

Several factors contribute to the complexity of construction projects and, consequently, influence performance dimensions such as safety and production. However, the interactions among these factors have been little explored, making it difficult to assess the systemic impact of complexity management actions. This study aims to analyze the interactions among complexity factors in construction projects, considering different scopes (activity, phase, and entire project). An empirical study was conducted with ten professionals with one to three years of field experience. The research involved defining problems to be analyzed, identifying complexity factors, mapping interactions among these factors, and collecting participant feedback. Six to fifteen factors negatively influencing the analyzed situations were identified. The results indicated that analyses focused on activities or phases facilitated the identification of more representative interactions. As contributions, the study proposed an analytical approach based on smaller scopes to enhance the mapping of complexity factor interactions, introduced a practical method for visualizing these interactions, and emphasized the importance of incorporating the perceptions of management professionals closer to the operational level in the identification of complexities.

Keywords: Construction; Complexity; Mapping; Management.

1 INTRODUÇÃO

Empreendimentos de construção são considerados sistemas sociotécnicos complexos (SSC) (Peñaloza; Saurin; Formoso, 2020; Fernandes; Costa, 2024). A natureza sociotécnica da construção se manifesta a partir da existência de quatro subsistemas interconectados, quais sejam: social (pessoas, por exemplo), técnico (equipamentos, por exemplo), organizacional (rotinas de gestão, por exemplo), os quais estão sujeitos à influência do ambiente externo (clima e fornecedores, por exemplo) como uma fonte permanente de variabilidade (Hendrick; Kleiner, 2001). O entendimento enquanto sistema complexo ocorre em função de apresentarem atributos como grande número de elementos em interações dinâmicas, diversidade de elementos, interações não lineares e elevado grau de incerteza (Cilliers, 1998; Williams, 1999).

A gestão da complexidade na construção tem papel fundamental para o desempenho em termos de segurança, produção, dentre outras dimensões do empreendimento (Luo *et al.*, 2017; Peñaloza; Saurin; Formoso, 2020). Nesse sentido, o uso de práticas gerenciais que desconsideram a natureza complexa dos empreendimentos contribui para impactos negativos na gestão dessas obras (Luo *et al.*, 2017).

Os fatores de complexidade podem ser entendidos como elementos que operacionalizam os atributos da complexidade para a realidade de um segmento específico, neste caso, a construção de edificações. Exemplos incluem o tamanho da equipe do empreendimento, dependência de clientes e fornecedores e incertezas no escopo. A literatura utiliza ainda termos como fontes de complexidade (Peñaloza; Saurin; Formoso, 2020), elementos de complexidade (Bosch-Rekveldt *et al.*, 2011) ou simplesmente complexidades (Lukhele; Botha; Mbanga, 2021).

Apesar do reconhecimento de que fatores interagem entre si, potencializando seus efeitos sobre as dimensões de desempenho de empreendimentos (Cilliers, 1998; Durón-González; Rivas-Tovar; Cárdenas-Tapia, 2022), são limitados os estudos que analisam essas interações no contexto da construção. Estudos anteriores utilizaram diagrama de Ishikawa (Lavikka *et al.*, 2019), que não consiste em uma ferramenta adequada para captura da complexidade, uma vez que não possibilitam o desenho da influência entre os elementos de complexidade (Vidal; Marle, 2008). Foi também utilizado o método Decision-Making Trial and Evaluation Laboratory (DEMATEL) (Ju; Sun; Chen, 2023; Sruthilaya; Vilventhan; Gopal, 2024), que apesar de estar alinhado à complexidade, é de difícil modelagem.

A baixa frequência de estudos que tratem das interações entre complexidades constitui uma lacuna na literatura, pois fenômenos emergentes surgem a partir das interações entre múltiplas variáveis e possuem propriedades que não estão presentes em nenhum dos fatores individualmente (Cilliers, 1998). Em empreendimentos de construção, a maioria dos fatores de complexidade apresenta interfaces com outros fatores (Andringa *et al.*, 2022; Sruthilaya; Vilventhan; Gopal, 2024), o que implica que decisões tomadas em relação a um aspecto específico podem desencadear consequências não intencionais em outras áreas do empreendimento. Assim, a complexidade não pode ser compreendida a partir de uma lista isolada e estática de fatores, mas deve ser analisada como uma rede contextualizada de elementos que interagem de forma dinâmica, gerando os comportamentos emergentes característicos de sistemas complexos (Rezende *et al.*, 2022). Sob essa perspectiva, torna-se importante adotar uma abordagem capaz de mapear essas interações e oferecer uma visão sistêmica da complexidade, que poderá dar suporte à tomada de decisão sobre as ações a serem adotadas para gestão do sistema de construção.

Nesse sentido, o presente estudo tem como objetivo analisar as interações entre fatores de complexidade considerando diferentes escopos (atividade, etapa e toda a obra). Com isso, busca-se contribuir com o entendimento sobre o efeito combinado dos fatores de complexidade e propor uma forma de representação dessas interações visando dar suporte à compreensão sistêmica sobre os fatores que influenciam diferentes dimensões de desempenho dos empreendimentos de construção. Esse estudo integra a etapa preliminar de uma pesquisa que busca propor um método para a identificação das interações entre fatores de complexidade e sua influência na gestão de obras.

2 MÉTODO

A estratégia metodológica adotada para a condução da pesquisa foi o estudo empírico (Fellows; Liu, 2015), pois buscou-se investigar um fenômeno real a partir da coleta de dados primários diretamente com profissionais atuantes no contexto da construção civil, com base em suas experiências e percepções individuais. O estudo envolveu: a) seleção e caracterização dos participantes; b) definição dos problemas a serem analisados individualmente; c) identificação e análise de fatores de complexidade e sua influência na ocorrência do problema analisado; d) representação gráfica de como os fatores interagiram entre si para a ocorrência daquele problema; e) feedback referente às dificuldades no processo de identificação e

mapeamento. As etapas b) a d) foram conduzidas em formato de oficina, na qual o pesquisador guiou as atividades. A caracterização dos participantes e feedback foram realizados por meio de questionário online.

O estudo foi conduzido com acadêmicos do curso de engenharia civil da Universidade Federal da Bahia (UFBA). Como critério, os participantes deveriam atuar em nível de estágio na construção civil há, no mínimo, um ano e possuir algum nível de autonomia nas tomadas de decisão no seu contexto de trabalho. Participaram do estudo dez estagiários, auxiliares ou assistentes de engenharia, atuantes em diferentes empresas de construção localizadas em Salvador (Bahia) (Quadro 1). A opção por profissionais com menor tempo de experiência deve-se ao fato de estarem diretamente envolvidos na gestão dos empreendimentos, assumindo níveis significativos de responsabilidade, embora suas percepções ainda sejam pouco consideradas nas pesquisas sobre gestão na construção. Todos possuíam algum nível de autonomia para tomada de decisão nos casos analisados, aspecto considerado relevante, uma vez que a autonomia no trabalho aperfeiçoa a habilidade de percepção de situações cotidianas (Veltman, 2022). A pesquisa envolveu a análise de dez problemas relacionados à gestão da construção identificados no contexto de trabalho de cada participante, provenientes de diferentes obras de edificações, nos quais os participantes estiveram envolvidos na análise e elaboração de soluções (casos 1 a 10).

Quadro 1: Caracterização dos casos e profissionais

Caso	Problema analisado	Profissional responsável pela análise	Tempo de atuação na construção (anos)
C1	Atraso na execução de reservatório de água	Auxiliar de engenharia	2,5
C2	Atraso na concretagem de pavimento	Estagiário de engenharia	3
C3	Atraso na execução de reservatório de água	Estagiário de engenharia	3
C4	Atraso na concretagem de pavimento	Estagiário de obras	1,5
C5	Atraso no início da execução da estrutura	Estagiário de engenharia	3
C6	Atraso na execução de instalações de aproveitamento pluviais	Estagiário de engenharia	1,5
C7	Atraso na execução do acabamento da obra	Estagiário de engenharia	2
C8	Atraso no início da execução da estrutura	Auxiliar de engenharia	3
C9	Atraso na entrega da obra	Estagiário de obras	3
C10	Atraso na entrega da obra	Assistente de produção	2

Após a definição dos problemas, os participantes receberam uma lista de fatores de complexidade, apresentada e explicada por um dos pesquisadores em encontro presencial para apoiar a análise individual da influência desses fatores sobre o problema selecionado. A lista foi baseada na sistematização realizada por Peinado, Costa e Saurin (2024), reunindo os fatores mais frequentemente identificados em estudos de caso de edificações, já classificados nos quatro subsistemas sociotécnicos (Quadro 2). Os participantes foram ainda incentivados a apontar outros fatores percebidos como influentes além dos listados no Quadro 2. Houve consulta a projetos e detalhes técnicos (projeto de fundações e planta de locação de furos de sondagem, por exemplo), além de registros fotográficos, para detalhamento de como cada fator de complexidade influenciou no problema em análise. Essas evidências foram apresentadas posteriormente pelos participantes, na discussão conjunta dos casos.

Quadro 2: Fatores de complexidade considerados no estudo

Subsistema	Código	Fator de complexidade
Social	S1	Tamanho da equipe do empreendimento
	S2	Disponibilidade de recursos humanos e habilidades
	S3	Confiança na equipe do empreendimento
Técnico	T1	Elevado número de tarefas
	T2	Dependências entre as tarefas
	T3	Tamanho e condições do local/canteiro
	T4	Uso de novas tecnologias
	T5	Envolvimento de diferentes disciplinas técnicas
	T6	Disponibilidade de recursos físicos
Organizacional	O1	Desalinhamento dos objetivos do empreendimento
	O2	Incertezas no escopo
	O3	Métodos de entrega do empreendimento (*project delivery systems*)
	O4	Alta pressão no cronograma do empreendimento
Ambiente externo	A1	Dependências de partes interessadas externas
	A2	Variedade de perspectivas das partes interessadas externas
	A3	Interferência com o local/arredores ou serviços existentes
	A4	Influência política
	A5	Condições do clima

Fonte: Adaptado de Peinado, Costa e Saurin (2024)

Em encontro posterior, foi conduzida reflexão e representação das interações entre os fatores identificados. Buscou-se trabalhar com uma representação mais simplificada, de modo que o resultado tivesse maior potencial de ser compreendido por profissionais envolvidos na gestão das construções. Cada participante elaborou o mapeamento dos fatores com influência sobre o problema analisado. Os mapeamentos foram analisados por um dos pesquisadores, que deu suporte ao aperfeiçoamento inicial dessas representações. A identificação dos fatores considerados como origens do problema foi realizada pelos participantes de forma assistida pelo pesquisador. Embora não tenha sido utilizada formalmente uma técnica estruturada, como os "5 Porquês", a lógica adotada foi similar, partindo do encadeamento causal percebido pelos participantes para investigar as origens dos problemas.

A partir dos mapeamentos realizados para os dez casos, foram selecionados três casos para apresentação e discussão entre todos os participantes, que consistiram nos casos C2, C5 e C10, em função do maior nível de detalhamento do contexto e por focarem em escopos distintos (atividade, etapa de obra e obra, respectivamente). A partir das discussões, as representações do mapeamento dos três casos foram novamente revistas pelo pesquisador em conjunto dos participantes. Por fim, cada participante respondeu o *feedback* para demarcar dificuldades no processo de entendimento dos fatores e do mapeamento das interações entre esses fatores.

3 RESULTADOS E ANÁLISES

O Quadro 3 apresenta os fatores de complexidade identificadas em cada um dos casos analisados. Os casos analisados consistiram em problemas envolvendo atividades (C1-C4), etapas (C5-C8) ou todo a obra (C9 e C10).

Quadro 3: Fatores de complexidade percebidos em cada um dos casos analisados

Subsistema	Código	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8	C9	C10	Total
Social	S1	X	X	X	X		X	X	X			7
	S2	X	X		X	X	X		X	X	X	8
	S3	X					X	X	X		X	5
Técnico	T1			X		X	X	X			X	5
	T2		X	X	X	X	X	X	X	X	X	9
	T3	X		X		X	X	X	X	X	X	8
	T4					X			X			2
	T5		X	X		X			X		X	5
	T6		X					X			X	3
Organizacional	O1	X			X		X	X		X		5
	O2			X		X	X		X	X	X	6
	O3	X										1
	O4		X	X	X		X	X	X		X	7
Ambiente Externo	A1	X		X	X	X	X	X	X	X	X	9
	A3	X	X					X			X	4
	A2			X					X	X	X	4
	A4											0
	A5	X		X		X		X	X		X	6
Novos Fatores		1	1	0	0	2	0	0	1	0	2	-
Total de fatores por caso		10	8	10	6	11	10	11	12	7	15	-

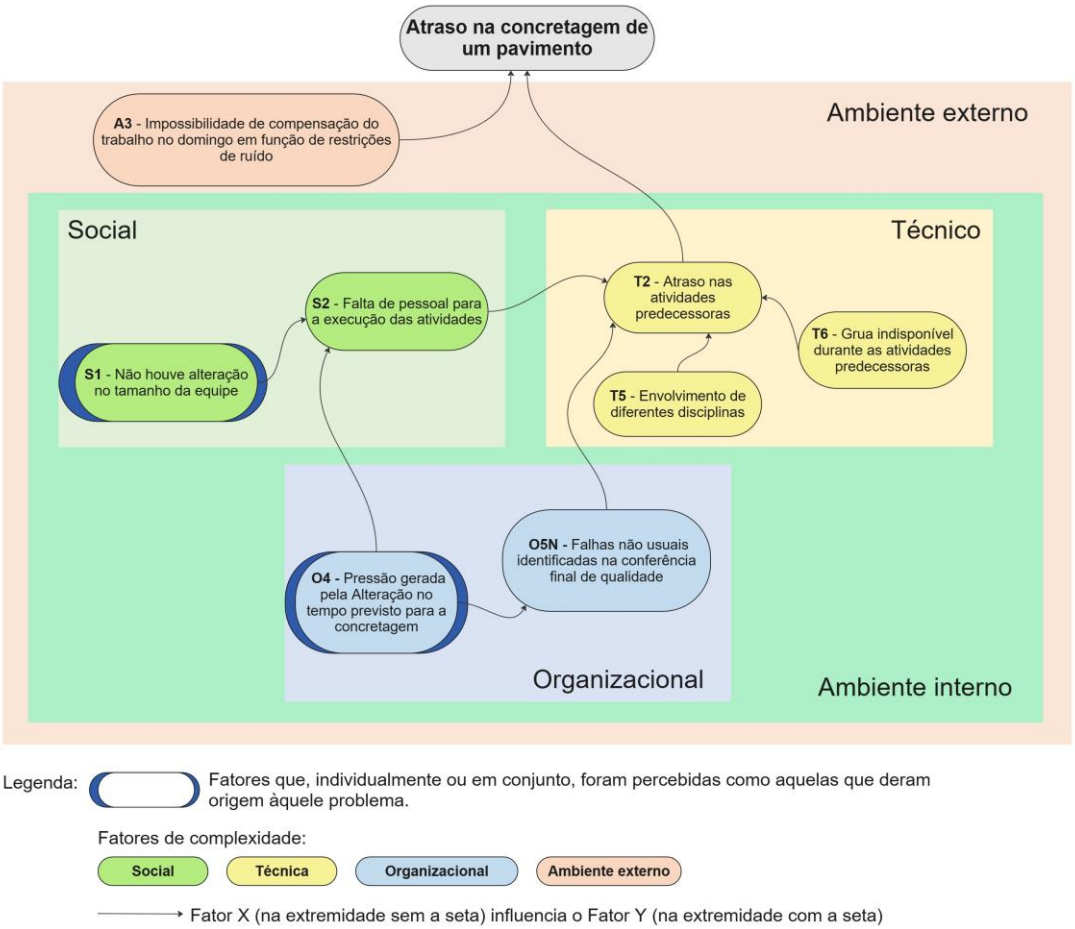
Foram identificados entre seis e quinze fatores com influência negativa sobre as situações analisadas. Entre os fatores mais frequentemente identificados dentro de cada subsistema, observa-se a disponibilidade de recursos humanos e habilidades (S2) (subsistema social) destacado por oito profissionais, dependência entre as tarefas (T2) (técnico) por nove profissionais, alta pressão do cronograma (O4) (organizacional) por sete profissionais e dependência de stakeholders (clientes e projetistas, majoritariamente) (A1) (ambiente externo) por nove profissionais.

Foram ainda apontados fatores que não estavam presentes na lista inicial, os quais consistiram em: Logística de materiais e equipamentos no canteiro de obras (T7N) (casos C5 e C10), requisitos de qualidade (O5N) (caso C2), comprometimento da gestão com a qualidade e segurança (O6N) (caso C5), falha na comunicação entre a equipe do empreendimento e projetistas (S4N) (casos C1 e C8) e modalidade de contratação da construtora (O7N) (caso C10).

3.1 IDENTIFICAÇÃO DOS FATORES E MAPEAMENTO DAS INTERAÇÕES NO CASO C2 – FOCO NA ATIVIDADE

O problema analisado consistiu no atraso de um dia na concretagem do pavimento de uma edificação de múltiplos pavimentos. Naquele período, houve redução do tempo previsto no cronograma destinado à produção da estrutura do pavimento de sete dias para cinco dias. Os fatores de complexidade identificados e as interações entre essas complexidades são apresentados na Figura 1.

Figura 1: Mapeamento das interações no caso C2



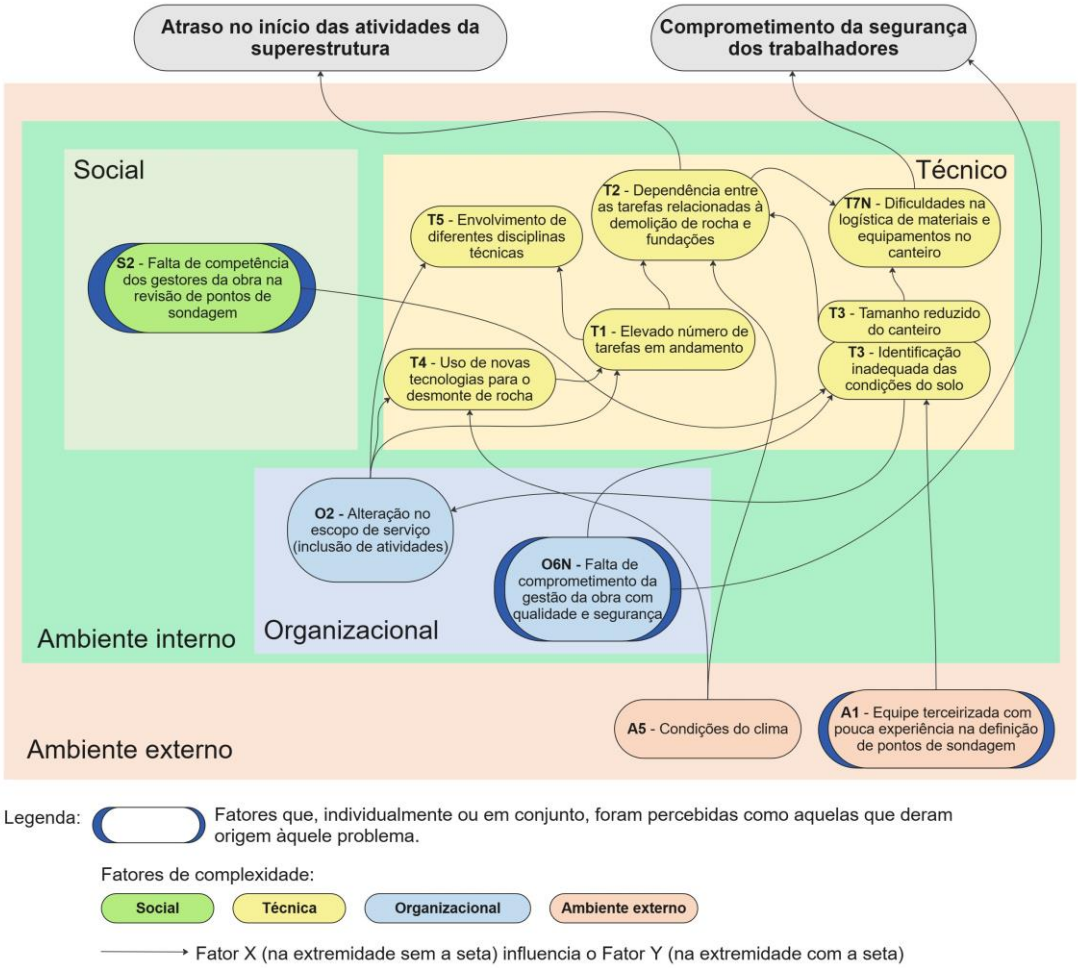
A pressão gerada pelo cronograma em função da alteração da duração prevista para essas atividades (organizacional) em conjunto à não alteração do tamanho da equipe (social) foram percebidas como o início da ocorrência do problema analisado.

3.2 IDENTIFICAÇÃO DOS FATORES E MAPEAMENTO DAS INTERAÇÕES NO CASO C5 – FOCO NA ETAPA

Os problemas analisados consistiram no: 1) atraso no início da etapa de superestrutura da edificação (estrutura em concreto armado), que resultou em aumento no custo e no prazo previsto; e 2) comprometimento da segurança dos trabalhadores.

Durante a execução das fundações, foi detectada a presença de maciço de rocha significativamente acima da cota estimada na investigação geotécnica, na região destinada às sapatas (fundação rasa) da edificação. Essa divergência do perfil geotécnico com as reais condições do solo exigiu a incorporação de atividades referentes ao desmonte de rocha no cronograma da obra. Essas atividades aconteceram em paralelo às atividades de terraplanagem, contenção e fundação, o que influenciou negativamente a segurança dos trabalhadores em função da grande quantidade de máquinas e equipamentos no canteiro, sem a adoção de medidas de proteção adequadas (como trajetos seguros no canteiro). Os fatores de complexidade identificados e as interações entre essas complexidades são apresentados na Figura 2.

Figura 2: Mapeamento das interações no caso C5

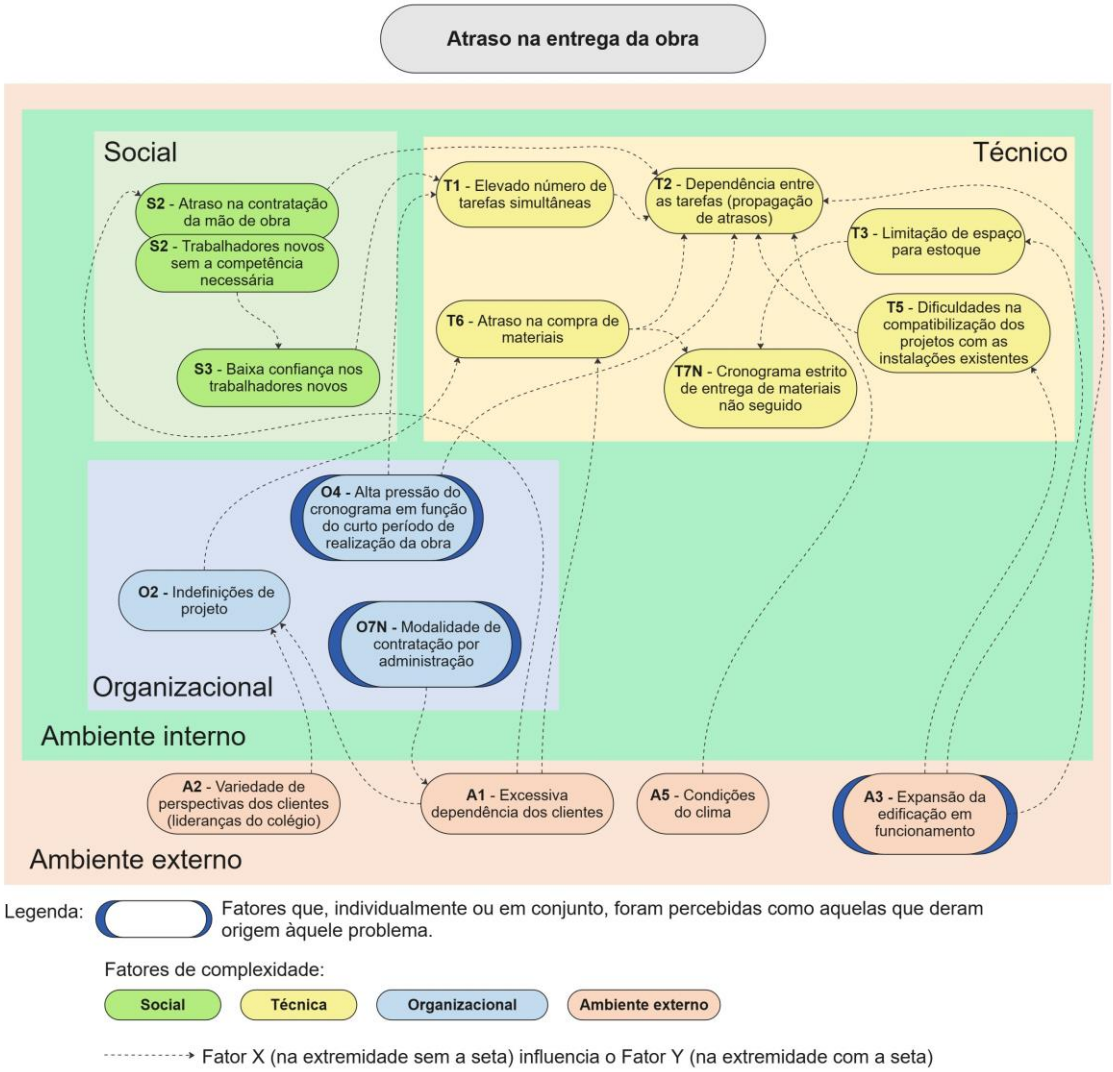


As causas percebidas dos problemas analisados consistiram na combinação da falta de expertise da equipe terceirizada na definição dos pontos de sondagem do solo (ambiente externo), falta de competência dos responsáveis pela obra em conferir esses pontos de sondagem (social) e falta de comprometimento da gestão da obra com a qualidade da obra e segurança dos trabalhadores (organizacional).

3.3 IDENTIFICAÇÃO DOS FATORES E MAPEAMENTO DAS INTERAÇÕES NO CASO C10 – FOCO EM TODO O HORIZONTE DA OBRA

O problema analisado consiste no atraso da entrega da obra. A obra abordada no estudo se trata de uma ampliação vertical com estrutura metálica (novo pavimento de aproximadamente 800 m²) de um edifício escolar. O prazo inicial previsto para a obra foi de quatro meses, enquanto a entrega final ocorreu em nove meses. A obra foi contratada no regime de administração, na qual os custos são faturados diretamente para o cliente e a construtora recebe uma porcentagem do custo total da obra por meio de medições mensais. A obra de ampliação foi realizada em um edifício em funcionamento ao longo de todo o período, com a presença constante de funcionários, pais e crianças. Os fatores de complexidade identificados e as interações entre essas complexidades são apresentados na Figura 3.

Figura 3: Mapeamento das interações no caso C10



Os fatores compreendidos na análise como origem do problema analisado consistiram na modalidade de contratação do empreendimento e alta pressão do cronograma (organizacionais) e as interferências ocorridas com a edificação em funcionamento (ambiente externo).

3.4 ANÁLISE GERAL DOS ESTUDOS ANALISADOS

Nos casos C2 (atividade), C5 (etapa) e C10 (toda a obra), os fatores técnicos foram os mais frequentemente percebidos, enquanto os fatores sociais, organizacionais e relacionados ao ambiente externo foram identificados principalmente como influências diretas sobre esses fatores técnicos. Aspectos organizacionais que se aproximam do nível estratégico da organização e aspectos relacionados ao ambiente externo foram pouco percebidos pelos profissionais, principalmente nos casos C2 e C5. Mesmo a maior quantidade de fatores percebidos sendo técnicos, todos os casos foram percebidos como iniciados principalmente no subsistema organizacional.

Quanto maior o escopo de análise, maior o número de fatores potencialmente identificados. No entanto, conforme observado no caso C10, ao tratar de toda a obra, os fatores são detalhados de forma genérica, por terem se manifestado de diferentes formas ao longo do tempo. Além disso, as interações entre esses fatores se tornam pouco representativas, pois ocorreram em momentos distintos da construção (em função disso, a representação com setas tracejadas). Por exemplo, no caso C10, a falta de competência de trabalhadores recém-contratados (fator social) foi representada como um fator influente sobre toda a obra, embora tenha impactado apenas as etapas iniciais, até a adaptação dos trabalhadores às funções. Além disso, análises de escopos mais amplos podem favorecer a percepção apenas de fatores que tiveram influência significativa ao longo de toda a obra ou em grande parte desse período, fazendo com que fatores mais pontuais sejam esquecidos na análise.

Nesse sentido, o foco da análise na etapa ou na atividade pode consistir em uma estratégia eficaz, pois permite a identificação e mapeamento dos fatores vinculada a um escopo menor e, portanto, mais representativo da realidade. Além disso, a análise no nível da etapa tem potencial para integrar as rotinas de planejamento e controle da produção e da segurança, de forma a documentar como esses fatores se combinaram e o que poderia ser desenvolvido a partir dessas análises.

As respostas dos participantes indicaram que a prática de identificação dos fatores de complexidade e mapeamento das suas interações foi percebida como útil, uma vez que contribuiu com a análise do problema a partir de uma visão sistêmica (participantes dos casos C4 e C10), com o entendimento da existência de múltiplos fatores envolvidos na ocorrência de situações no cotidiano da construção (C2, C5 e C7) e com o reconhecimento da importância do contexto na análise das situações (C4, C8 e C10). Esse último aspecto foi evidenciado pelo fato do mesmo problema (C2 e C4, por exemplo) terem um encadeamento diferente entre diferentes fatores. Esses aspectos sugerem que a abordagem adotada favoreceu a apropriação da análise dos fatores e mapeamento das interações pelos próprios participantes. No entanto, alguns aspectos pontuados pelos participantes que dificultaram a prática consistiram em falta de exemplos práticos como referência (C5) e dificuldade no entendimento de alguns fatores de complexidade (C4, C5, C9, C10).

4 DISCUSSÃO

A percepção da influência, principalmente, de fatores de complexidade técnica e social na gestão da construção está potencialmente associada à posição que os profissionais ocupam no contexto de trabalho. Por estarem em campo, lidando diretamente com as questões técnicas e com pessoal do canteiro e da gestão, perceberam detalhes do nível técnico e social que potencialmente profissionais em níveis mais altos na hierarquia não perceberiam. Bosch-Rekveldt *et al.* (2011) pontuam que profissionais com diferentes habilidades e experiência perceberão diferentes fatores de complexidade. Nesse sentido, observa-se um potencial ganho em função da análise dos fatores de complexidade ser também realizada por profissionais da gestão mais próximos do nível operacional, mesmo aqueles com menor tempo de experiência, como os participantes dessa pesquisa.

Os fatores de complexidade são frequentemente observados como tendo uma influência negativa sobre o custo, prazo, qualidade e segurança de empreendimentos de construção (Nubuor; Akwetey-Siaw; Dartey-Baah, 2024). No presente estudo, observou-se que foram identificados apenas fatores com ação negativa sobre as dimensões de desempenho do empreendimento. No entanto, observa-se que isso pode ter sido influenciado pela decisão de analisar apenas aspectos que deram errado nas obras, sem considerar a possibilidade de analisar aquilo que deu certo.

A forma de representação das interações entre os fatores contribuiu para a visualização das relações existentes, o que consiste em um avanço em relação aos estudos de Ju, Sun e Chen (2023) e Sruthilaya, Vilventhan e Gopal (2024). O mapeamento das interações foi considerado relevante pelos participantes, em função de permitir uma visão mais ampla do problema analisado, entre outros aspectos. No entanto, conforme aumentou a quantidade de fatores com influência sobre as situações analisadas, a identificação das interações entre os fatores e suas representações demandaram esforços significativos dos participantes.

Complementarmente, destaca-se a importância da definição do escopo de análise da complexidade adotado nos canteiros de obras. Os estudos disponíveis na literatura realizaram, em sua maioria, a identificação dos fatores de complexidade envolvendo todo o período empreendimento, como sistematizado por Peinado, Costa e Saurin (2024). No entanto, a identificação das complexidades em função das diferentes etapas ou atividades da obra apresenta potencial para aprimorar a captura da complexidade e permitir a construção de representações das interações mais realista entre os fatores.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O presente estudo contribuiu com o campo do conhecimento ao analisar, a partir de uma abordagem empírica, as interações entre fatores de complexidade que influenciaram as dimensões de desempenho de empreendimentos de construção em diferentes escopos de análise, explicitando a análise da complexidade por etapa ou por atividade como promissoras no estudo da complexidade. A pesquisa avançou na compreensão do efeito combinado desses fatores e propôs uma forma gráfica de representação das interações. A aplicação do estudo com profissionais de gestão em início de carreira também explicitou a relevância da incorporação de diferentes percepções no mapeamento da complexidade, incluindo aqueles próximas do nível operacional.

Apesar das contribuições apresentadas, o estudo apresenta algumas limitações que devem ser consideradas. A análise foi restrita à percepção de profissionais atuantes em obras de edificações, o que

reforça a necessidade de ampliar a aplicação do método proposto a outros tipos de empreendimentos, como obras de infraestrutura. Além disso, a coleta de dados foi realizada em formato de oficina, o que implicou na consulta a apenas um profissional por problema analisado. Pesquisas futuras devem avançar na adoção de múltiplas perspectivas na análise das situações, de modo a incorporar diferentes visões sobre os fatores e suas interações. Recomenda-se ainda que estudos futuros não se limitem à análise de problemas, mas considerem também práticas bem-sucedidas no contexto da construção, em consonância com o que preconiza da engenharia da resiliência. Por fim, destaca-se que o presente estudo reforça a importância de que o mapeamento das interações seja apropriado pelos próprios participantes do contexto real. Essa perspectiva aponta para a necessidade de pesquisas futuras que aprofundem o potencial de utilização prática do mapeamento pelas equipes envolvidas nos empreendimentos de construção.

6 AGRADECIMENTOS

Ao Ministério da Educação por meio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pela concessão de bolsa de doutorado ao primeiro autor.

REFERÊNCIAS

ANDRINGA, Lise; ÖKMEN, Önder; LEIJTEN, Martijn; BOSCH-REKVELDT, Marian; BAKKER, Hans. Incorporating Project Complexities in Risk Assessment: Case of an Airport Expansion Construction Project. **Journal of Management in Engineering**, [*s. l.*], vol. 38, nº 6, nov. 2022. https://doi.org/10.1061/(asce)me.1943-5479.0001099.

BOSCH-REKVELDT, Marian; JONGKIND, Yuri; MOOI, Herman; BAKKER, Hans; VERBRAECK, Alexander. Grasping project complexity in large engineering projects: The TOE (Technical, Organizational and Environmental) framework. **International Journal of Project Management**, [*s. l.*], vol. 29, nº 6, p. 728–739, ago. 2011. https://doi.org/10.1016/j.ijproman.2010.07.008.

CILLIERS, P. **Complexity and Postmodernism: Understanding Complex Systems**. London: Routledge, 1998.

DURÓN-GONZÁLEZ, Flavio Roberto; RIVAS-TOVAR, Luis Arturo; CÁRDENAS-TAPIA, Magali. Modelos para evaluar la complejidad de los proyectos de construcción de infraestructura. **Ingeniería**, [*s. l.*], vol. 28, nº 1, p. e19021, 20 nov. 2022. https://doi.org/10.14483/23448393.19021.

FELLOWS, Richard; LIU, Anita. **Research Methods for Construction**. 4. Oxford: John Wiley & Sons, 2015.

FERNANDES, Luara Lopes de Araujo; COSTA, Dayana Bastos. A conceptual model for measuring the maturity of an Intelligent Construction Environment. **Architectural Engineering and Design Management**, [*s. l.*], 2024. https://doi.org/10.1080/17452007.2024.2364693.

HENDRICK, H.W.; KLEINER, B.M. **Macroergonomics: An introduction to work system design**. Washington, D.C.: Human Factors & Ergonomics Society, 2001.

JU, Qianqian; SUN, Yankun; CHEN, Ran. An Approach for Measuring Complexity Degree of International Engineering Projects. **Sustainability (Switzerland)**, [*s. l.*], vol. 15, nº 12, 1 jun. 2023. https://doi.org/10.3390/su15129791.

LAVIKKA, Rita Henriikka; KYRÖ, Riikka; PELTOKORPI, Antti; SÄRKILAHTI, Anna. Revealing change dynamics in hospital construction projects. **Engineering, Construction and Architectural Management**, [*s. l.*], vol. 26, nº 9, p. 1946–1961, 4 set. 2019. https://doi.org/10.1108/ECAM-03-2018-0119.

LUKHELE, Themba; BOTHA, Brink; MBANGA, Sijekula. Exploring project complexity relations to scope changes in construction projects: A case study of NEC projects in South Africa. **Construction Economics and Building**, [*s. l.*], vol. 21, nº 2, p. 18–33, 1 jun. 2021. https://doi.org/10.5130/AJCEB.v21i2.7518.

LUO, Lan; HE, Qinghua; JASELSKIS, Edward J.; XIE, Jianxun. Construction Project Complexity: Research Trends and Implications. **Journal of Construction Engineering and Management**, [*s. l.*], vol. 143, nº 7, jul. 2017. https://doi.org/10.1061/(asce)co.1943-7862.0001306.

NUBUOR, Saviour Ayertey; AKWETEY-SIAW, Bridget; DARTEY-BAAH, Kwasi. Examining the Relationship Between Project Complexity and Project Success: The Moderating Role of Project Management Competencies in Ghana's Construction Sector. **Journal of African Business**, [*s. l.*], 2024. https://doi.org/10.1080/15228916.2024.2400870.

PEINADO, Hugo Sefrian; COSTA, Dayana Bastos; SAURIN, Tarcisio Abreu. Influência da complexidade na gestão da segurança e produção da construção: uma revisão da literatura. 2024. **ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 20.,** [...]. Maceió: ANTAC, 2024. p. 1–14.

PEÑALOZA, Guillermina Andrea; SAURIN, Tarcisio Abreu; FORMOSO, Carlos Torres. Monitoring complexity and resilience in construction projects: The contribution of safety performance measurement systems. **Applied Ergonomics**, [*s. l.*], vol. 82, 1 jan. 2020. https://doi.org/10.1016/j.apergo.2019.102978.

REZENDE, Leandro Bolzan de; DENICOL, Juliano; BLACKWELL, Paul; KIMURA, Herbert. The main project complexity factors and their interdependencies in defence projects**. Project Leadership and Society**, [s. l.], vol. 3, 1 dez. 2022. https://doi.org/10.1016/j.plas.2022.100050.

SRUTHILAYA, Dara; VILVENTHAN, Aneetha; GOPAL, P. R.C. Analysis of project complexity factors and their interdependencies in metro rail projects. **Built Environment Project and Asset Management**, [*s. l.*], vol. 14, nº 2, p. 260–277, 14 mar. 2024. https://doi.org/10.1108/BEPAM-09-2023-0159.

VELTMAN, Andrea. Autonomy and Work. *In*: COLBURN, Ben (org.). **The Routledge Handbook of Autonomy**. 1º ed. London: Routledge, 2022. vol. 1, p. 392–401.

VIDAL, Ludovic Alexandre; MARLE, Franck. Understanding project complexity: Implications on project management. **Kybernetes**, [*s. l.*], vol. 37, nº 8, p. 1094–1110, 2008. https://doi.org/10.1108/03684920810884928.

VIDAL, Ludovic Alexandre; MARLE, Franck; BOCQUET, Jean Claude. Using a Delphi process and the Analytic Hierarchy Process (AHP) to evaluate the complexity of projects. **Expert Systems with Applications**, [*s. l.*], vol. 38, nº 5, p. 5388–5405, maio 2011. https://doi.org/10.1016/j.eswa.2010.10.016.

WILLIAMS, T M. The need for new paradigms for complex projects. **International Journal of Project Management**, [*s. l.*], vol. 17, nº 5, p. 269–273, 1999.