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

Gestão da saúde e segurança do trabalho na indústria da construção: uma análise dos atributos de complexidade

Occupational health and safety management in the construction industry: an analysis of complexity attributes

Jéssica Barros Martins
UEMA | São Luís | Brasil | jeb_martins@hotmail.com
Louise Chiarello Amaro
UFRGS | Porto Alegre | Brasil | louisechiarello@hotmail.com
Marcelo Fabiano Costella
UNOCHAPECÓ | Chapecó | Brasil | costella@unochapeco.edu.br
Elvira Maria Vieira Lantelme
ATITUS EDUCAÇÃO | Passo Fundo | Brasil | elvira.lantelme@atitus.edu.br

Resumo

Na indústria da construção, projetos complexos impactam a segurança dos trabalhadores, exigindo monitoramento eficaz dessa complexidade. Nesse sentido, o objetivo deste estudo é analisar os atributos de complexidade em uma obra de reforma e ampliação de um hospital, relacionando-os à gestão da segurança do trabalho. A estratégia de pesquisa adotada foi o estudo de caso, com observações diretas, análise de documentos e entrevista semiestruturada. Os resultados revelaram a presença de atributos de complexidade que impactam diretamente na gestão da segurança: uma grande quantidade e diversidade de elementos, interações dinâmicas e variabilidades inesperadas. Embora não tenham sido identificadas características do atributo resiliência, a falta de planos de contingência e relatórios de investigação de incidentes e acidentes sugerem uma falha na capacidade do sistema de antecipar e lidar proativamente com ameaças e oportunidades. Este estudo contribui para uma melhor compreensão da relação entre complexidade e gestão da segurança do trabalho na construção civil, destacando a necessidade de estratégias de gestão mais eficazes para promover um ambiente laboral seguro e resiliente

Palavras-chave: Complexidade. Sistemas Sociotécnicos. Construção Civil. Atributos

Abstract

In the construction industry, complex projects impact worker safety, requiring effective monitoring of this complexity. In this sense, the objective of this study is to analyze the complexity attributes in a hospital renovation and expansion project, relating them to occupational safety management. The research strategy adopted was the case study, with direct observations, document analysis and semi-structured interviews. The results revealed the

Como citar:
MARTINS, J.; AMARO, L.; COSTELLA, M.; LANTELME, E. Gestão da saúde e segurança do trabalho na indústria da construção: uma análise dos atributos de complexidade. ENTAC2024. In: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 20., 2024, Maceió. **Anais**... Maceió: ANTAC, 2024.

presence of complexity attributes that directly impact security management: a large number and diversity of elements, dynamic interactions, and unexpected variability. Although no characteristics of the resilience attribute were identified, the lack of contingency plans and incident and accident investigation reports suggests a failure in the system's ability to anticipate and proactively deal with threats and opportunities. This study contributes to a better understanding of the relationship between complexity and work safety management in construction, highlighting the need for more effective management strategies to promote a safe and resilient work environment.

Keywords: Complexity. Sociotechnical Systems. Construction Industry. Attributes.

INTRODUÇÃO

A complexidade pode ser caracterizada como a impossibilidade de analisar os efeitos das ações devido à grande quantidade de interações entre as variáveis de um sistema [1]. É considerada também uma característica emergente dos sistemas sociotécnicos [2], trazendo ambiguidade, incertezas, interdependência, não linearidade, condições locais únicas, autonomia, comportamentos emergentes e limites indefinidos [3]. As interações de todas essas características geram resultados considerados como propriedades emergentes do sistema. A segurança, assim como a eficiência e a lucratividade, são exemplos dessas propriedades, que surgem em função do padrão complexo da relação entre os componentes técnicos e sociais [4].

O aumento da complexidade tem sido um grande problema para os profissionais de análise de riscos, já que o funcionamento interno de sistemas complexos se torna bem menos previsível [5]. Dessa forma, ela pode interferir na velocidade de produção, segurança e bem-estar dos trabalhadores em diferentes setores da indústria [6]. Por isso, é recomendado que a complexidade do sistema seja compreendida, de forma que as estratégias de gestão desenvolvidas ofereçam suporte e se adaptem as diferentes situações [7].

Como a definição de complexidade está ligada a existência de muitas partes e elementos inter-relacionados, acredita-se que o grau de complexidade mude de acordo com o tipo de projeto [3]. Estudos em alguns dos sistemas sociotécnicos complexos, como usinas nucleares [8], aviação [9][10][11] e emergências de hospitais [12][13], mostram que os atributos de complexidade estão fortemente presentes, aumentado o grau de complexidade e trazendo diversos resultados que impactam no seu bom funcionamento.

A indústria da construção também é considerada um sistema sociotécnico complexo, devido seu ambiente incerto e alguns fatores como: alto fluxo de informações e grau de dependência das atividades; uma estrutura fragmentada da cadeia de suprimentos; e relacionamentos comerciais de curto prazo [14]. Peñaloza, Saurin e Formoso [15] apontaram exemplos, dentro do setor da construção, dos seguintes atributos de complexidade: grande número elementos, diversidade de elementos, interações dinâmicas, interações não-lineares, interligações, relações externas e diferença entre work-as-done (trabalho como realizado) e work-as-imagined (trabalho como imaginado).

Lidar com a complexidade tornou-se uma tarefa diária do trabalho de gestão de projetos de construção, trazendo ameaças e oportunidades principalmente no que se refere ao gerenciamento da segurança [16]. Por isso, já existem estudos relacionados ao monitoramento dessa complexidade nesses projetos [17][7][18]. Embora a complexidade seja uma característica chave em projetos de construção, pouco se conhece sobre como monitorar suas características e implicações dentro da gestão da segurança [15].

Diante desse contexto, este estudo teve como objetivo analisar os atributos de complexidade presentes na realização de uma obra de reforma e ampliação de um hospital em funcionamento, relacionando-os diretamente à gestão da segurança do trabalho. Apesar deste estudo de caso ter sido realizado em 2019, ele ainda é relevante devido à forte presença dos atributos de complexidade em sistemas como esse. Nesse sentido, a compreensão e identificação desses atributos, apresentam-se como uma forma de melhorar as práticas de gestão da segurança do trabalho. Ao entender melhor essa relação, é possível desenvolver estratégias de gestão mais eficazes para promover um ambiente laboral mais seguro e resiliente no setor da construção civil.

MÉTODO DE PESQUISA

Foi adotado o estudo de caso como método de pesquisa, pois o objetivo foi investigar um fenômeno contemporâneo inserido em um contexto do mundo real [19]. A Figura 1 detalha o delineamento da pesquisa. Inicialmente, foi realizada uma revisão bibliográfica sobre o conceito de complexidade, os atributos de complexidade e gestão da segurança na construção. Com a compreensão do problema e os atributos de complexidade definidos, foi elaborado um protocolo de estudo de caso para guiar o processo de coleta de dados, visando o melhor alcance dos objetivos. A segunda etapa da pesquisa consiste no desenvolvimento do estudo de caso e foi dividida em três etapas, sendo: (a) elaboração das perguntas da entrevista semiestruturada, (b) seleção da obra e (c) levantamento de dados, com entrevista, observações diretas no canteiro de obra e análise de documentos.

Figura 1 - Delineamento da pesquisa.



Fonte: os autores.

DEFINIÇÃO DOS ATRIBUTOS DE COMPLEXIDADE EM CONSTRUÇÕES

Foram selecionados os atributos de complexidade considerados em Soliman, Saurin e Anzanello [20] que, baseados em Saurin e Gonzalez [21], transformaram as quatro categorias de atributos em cinco (separando o atributo grande número de interações dinâmicas entre os elementos em dois). Esses atributos são apresentados com seus respectivos exemplos no Quadro 1.

Quadro 1 - Atributos de complexidade em construções e exemplos.

Atributos	Exemplos
Grande número de elementos	Número de trabalhadores, projetistas, procedimentos, materiais e componentes, equipamentos tecnológicos, equipamentos de transporte, fornecedores, empresas terceirizadas, clientes, regulamentações e volume de materiais em estoque.
Grande diversidade de elementos	Diversidade Social: Idade, nível de instrução e nacionalidade. Diversidade técnica: Níveis tecnológicos, equipamentos, fornecedores e matérias-primas e procedimentos. Diversidade funcional: Trabalhadores e equipamentos multifuncionais. Diversidade organizacional: Níveis hierárquicos e departamentos.
Elementos com interações dinâmicas	Trocas de informações em campo: Tomadas de decisões, reuniões e interação entre equipes. Trocas de informações externas: Relação com fornecedores e clientes. Interação das atividades: Interconexão.
Variabilidade inesperada	Variabilidade interna: Absenteísmo, falhas em máquinas e equipamentos, uniformidade dos serviços, incertezas de medidas, improvisos, alteração de investimentos e mão de obra da construtora, acidentes e incidentes. Variabilidade externa: Flutuação da demanda, fiscalizações, greves, mudança climática, vandalismos, roubos e fornecimento de materiais relacionado à incerteza nos prazos de entregas.
Resiliência	- Capacidade de ajustar a performance em condições esperadas e inesperadas: adaptação de operários e recursos de emergências. - Monitorar e antecipar ameaças e oportunidades: planos de contingência, Sistema de Gestão de Segurança e Saúde no Trabalho, relatórios de investigação de acidentes e incidentes e coletas de feedbacks.

Fonte: Adaptado de Saurin e Gonzalez [21] e Soliman, Saurin e Anzanello [20].

SELEÇÃO DA OBRA E FONTES DE EVIDÊNCIA

A escolha desta obra para o estudo deve-se ao seu grau de complexidade. A reforma e ampliação de um hospital em pleno funcionamento demanda uma cuidadosa coordenação entre as equipes de construção e os setores hospitalares, além da necessidade de garantir a segurança tanto dos trabalhadores quanto dos pacientes. Esses desafios tornam essa obra ideal para investigar a gestão da segurança em um contexto de alta complexidade.

A coleta de dados foi realizada em novembro de 2019, em três dias de visita ao canteiro de obras. Os instrumentos de coleta de dados utilizados foram observações visuais, análise de documentos e entrevista com o engenheiro responsável pela execução do empreendimento. As questões da entrevista foram formuladas visando obter as características da obra e relacioná-las aos atributos de complexidade definidos. Para assegurar a validade dos resultados, foi empregada uma abordagem de triangulação

de dados, comparando e contrastando as informações obtidas por meio das diferentes fontes de evidência. Essa triangulação permitiu uma análise mais completa e aprofundada da gestão da segurança nessa obra.

O Quadro 2 apresenta um resumo dos métodos de coleta de dados, assim como a duração das visitas e os tipos de documentos analisados.

Quadro 2 – Fontes de Evidência

Fonte de Evidência	Descrição	Duração	Envolvidos/Dados
Observação Direta	Visitas aos canteiros de obra com observações visuais detalhadas sobre práticas de segurança e condições de trabalho.	12h (4h em cada dia)	Engenheiro responsável da obra
Entrevista	Entrevista semiestruturada com o engenheiro responsável pela execução das obras.	2h	Engenheiro responsável da obra
Documentos	Análise de documentos relacionados à segurança e execução das obras	2h	PCMSO, PCMAT e PPRA (os dois últimos substituídos em 2022 pelo PGR)

Fonte: Elaborada pela autora.

APRESENTAÇÃO DE DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

CARACTERIZAÇÃO DA OBRA

A obra selecionada, refere-se a reforma e ampliação de um hospital localizado na cidade de Passo Fundo - Rio Grande do Sul. O hospital possuía 10 pavimentos e foi ampliado com mais 2. Cada novo pavimento é composto por 15 quartos para internação. A área construída da reforma é de 327,14 m² e da ampliação é 1.193,30 m². Os sistemas construtivos utilizados foram alvenaria convencional e estrutura de concreto armado. O hospital continuou funcionando durante toda a obra, que iniciou em março de 2019 e terminou em dezembro do mesmo ano.

Essa obra destaca-se pela interação entre duas construtoras distintas, sendo a construtora 1 responsável pela elaboração inicial do contrato com o cliente, enquanto a construtora 2 foi posteriormente incluída no processo, assumindo responsabilidades operacionais. A construtora 1 conta com dois engenheiros encarregados do gerenciamento da obra, enquanto a construtora 2 é responsável pela contratação de operários, fiscalização das atividades e pela gestão de compras e aluguéis de materiais e equipamentos.

Em relação à mão de obra, têm-se um total de 22 categorias de profissionais, sendo 4 das próprias construtoras e 18 das empresas terceirizadas, com uma média de experiência de 2 anos dos trabalhadores. A composição da equipe é predominantemente masculina, com nível de instrução indo do analfabetismo até graduação completa. Quanto à estrutura organizacional, foram identificados 5 níveis hierárquicos, desde operários até a direção. A localização da obra (centro da cidade)

implica na observância das regras estabelecidas pelo hospital e pela vigilância sanitária, com políticas pré-determinadas pela direção.

ATRIBUTOS DE COMPLEXIDADE

A seguir, serão apresentados e discutidos os resultados de cada atributo, destacando as evidências coletadas e as implicações para a gestão da segurança e saúde dos trabalhadores.

GRANDE NÚMERO DE ELEMENTOS

A obra apresentou um número de funcionários, equipamentos e estoque relativamente baixo quando comparado com outras obras da construção civil. No entanto, observou-se uma maior quantidade de procedimentos, fornecedores e empresas terceirizadas envolvidas. Esse dado é explicado por se tratar de uma obra de pequeno porte de reforma e ampliação em um hospital em funcionamento, o que torna o espaço extremamente limitado. Ao mesmo tempo, por se tratar de um setor muito específico (hospitalar), necessita cumprir exigências determinadas por diversas normas regulamentadoras para conseguir atender necessidades mínimas. Isso requer um aumento de processos e de agentes externos especialistas dentro da obra.

Em seu estudo, Peñaloza, Saurin e Formoso [15] apontaram que o grande número de requisitos legais, associados a documentações, geram um impacto negativo no desempenho da segurança. Isso porque a burocracia exagerada promove efeitos secundários negativos, como um aumento da complexidade pelo acréscimo de informações desnecessárias, além da produção ocasional de novos problemas de segurança [22].

GRANDE DIVERSIDADE DE ELEMENTOS

Em termos de diversidade social dos trabalhadores, há uma ampla faixa etária, variando de 20 a 50 anos, o que pode implicar em diferentes necessidades e habilidades. Além disso, a variação no nível de instrução, indo do semianalfabetíssimo até o técnico, evidencia a necessidade de abordagens de comunicação e treinamento diferenciadas para garantir a compreensão e execução adequada das tarefas. No entanto, essa diversidade pode trazer benefícios para a gestão da segurança do trabalho. Isso porque pode fornecer diferentes perspectivas e alternativas para orientar possíveis ajustes de desempenho durante uma situação inesperada [21].

A diversidade técnica da obra revela um baixo nível tecnológico, com predominância de equipamentos tradicionais, mas uma grande quantidade de procedimentos fora do convencional, como instalação de proteção nas paredes para impacto das macas, que exige um grau de especialização maior por parte do executor. Já a diversidade funcional destaca a realocação dos pedreiros conforme a demanda, exigindo flexibilidade por parte dos trabalhadores. Nesse contexto, a capacidade técnica determina o bom desempenho da segurança. Se o trabalhador for habilitado para desempenhar várias funções, ele pode contribuir positivamente em situações inusitadas, cumprindo um desempenho resiliente. Porém, se ele não tiver o

conhecimento necessário para executar a atividade, a ocorrência de erros e acidentes pode ser inevitável.

Em relação a diversidade organizacional, a obra apresenta múltiplos departamentos e níveis hierárquicos, sugerindo uma estrutura complexa de gestão, com possíveis desafios na coordenação e comunicação entre diferentes áreas. Essa diversidade de elementos implica em variadas abordagens para garantir a segurança do trabalho, desde a adequação dos procedimentos às especificidades dos trabalhadores e equipamentos até a implementação de medidas de treinamento e comunicação eficazes. Funcionários de todos os níveis da organização devem ser capazes de fazer contribuições para a compreensão dos problemas e para o desenvolvimento de melhorias para obter um ambiente de trabalho mais seguro [23].

ELEMENTOS COM INTERAÇÕES DINÂMICAS

As interações dinâmicas entre os elementos foram observadas em níveis variados. No geral, existem poucas interações entre os trabalhadores e as atividades devido à grande terceirização dos serviços. Porém, a administração do hospital sempre está se comunicando com a empresa para fazer fiscalizações, principalmente na compra de materiais.

As tomadas de decisões realizadas sempre em conjunto na obra demonstram uma abordagem colaborativa para resolver problemas e garantir a eficiência operacional. As reuniões esporádicas com as equipes de trabalho destacam a importância da comunicação para informar os requisitos do cliente e abordar questões relevantes, como segurança e logística de materiais. Mas, em sistemas sociotécnicos complexos, a segurança apresenta um melhor desempenho quando a troca de informações entre a equipe operacional e de gestão acontece regularmente. Como apontado por Woltjer *et al.* [24], considerar o trabalho feito diariamente e gerenciar as adaptações realizadas contribui para se obter um desempenho resiliente e consequentemente melhorar a segurança do trabalho. Para que isso aconteça, a comunicação entre operação e gestão precisa ser constante.

A relação da construtora com fornecedores, clientes e órgãos fiscalizadores reflete uma comunicação direcionada principalmente para questões operacionais, como a compra de materiais, com uma atenção particular à fiscalização por parte do hospital. Essas interações dinâmicas demandam uma gestão proativa da segurança do trabalho, com ênfase na comunicação eficaz, na resolução colaborativa de problemas e na integração das atividades para garantir um ambiente laboral seguro e produtivo.

VARIABILIDADES INESPERADAS

Os dados apresentam que a obra não apresentou tantas variabilidades inesperadas. As variabilidades apresentadas foram o atraso na entrega de material devido a pedidos repassados de última hora e a constante variação de equipes devido a terceirização. A consequência disso foi o absenteísmo e atraso na entrega de tarefas. Nesse sentido, a alteração no cronograma previsto pode afetar o bom desenvolvimento das atividades, além da segurança durante o processo. Com o tempo reduzido para finalizar o serviço,

o trabalhador fica mais suscetível a erros, como, por exemplo, esquecer algum procedimento padrão de segurança ao executar a atividade. De fato, a incerteza e variabilidade imprevista cria uma lacuna entre o trabalho como executado (work-as-done) e o trabalho conforme foi prescrito (work-as-imagined) [23].

Alguns pontos positivos para a segurança também foram relatados nos dados. Como a ausência de falhas em máquinas e equipamentos, indicando um bom controle do sistema de manutenção e uma seleção adequada de ferramentas, e a uniformidade dos serviços realizados, evidenciando uma consistência na execução das tarefas. Além disso, a inexistência de improvisos, flutuação de demanda, vandalismos e furtos, greves, alterações devido a mudança climática, contribuíram para a não ocorrência de acidentes e incidentes. As fiscalizações frequentes do hospital podem ter ajudado nesse sentido, já que a segurança do trabalho era o ponto mais exigido das construtoras. Isso gerou uma atenção maior por parte da equipe de gestão da segurança do trabalho.

RESILIÊNCIA

Em relação ao atributo resiliência, não foram identificadas características que mostram a capacidade de ajustar a performance frente as diferentes situações ou mesmo monitorar ameaças e oportunidades. A falta de planos de contingência e relatórios de investigação de incidentes e acidentes sugerem uma falha na capacidade do sistema de antecipar e lidar proativamente com ameaças e oportunidades. Saurin e Gonzalez [21] apontam que se um sistema sociotécnico complexo não possui um desempenho resiliente, atributo de grande impacto da complexidade, acaba se tornando mais propenso a ocorrência de acidentes.

Nesse sentido, a ausência de um sistema de gestão de segurança e saúde do trabalho por parte das empresas pode ter comprometido esse desempenho. Na perspectiva da nova abordagem de segurança (Safety-II), que já está sendo utilizada em alguns sistemas sociotécnicos complexos, o objetivo do gerenciamento da segurança é aprender com o trabalho diário e identificar oportunidades de melhoria, fazendo os ajustes necessários no desempenho das atividades [23]. Conforme apresentado em estudos que aplicam a abordagem Safety-II em canteiros de obra [25], a introdução de feedbacks da execução de atividades, complementando o diário de obra existente, poderia proporcionar insights valiosos para a melhoria contínua do sistema, promovendo um ambiente de trabalho mais seguro e saudável.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os resultados mostraram que apesar de ser uma construção de pequeno porte, a obra em questão apresentou muitos dos atributos de complexidade que impactam diretamente na gestão da segurança. Isso porque esse tipo de construção envolve um número maior de restrições e especificidades. A grande quantidade e diversidade de elementos, tais como procedimentos, fornecedores, normas regulamentadoras, mão de obra (devido a própria terceirização de atividades), trouxeram para o processo de construção algumas variabilidades inesperadas. No entanto, não foram manifestadas

formas de supervisionar essas situações para utilizá-las de maneira positiva para o desenvolvimento tanto do sistema quanto da segurança.

No que se refere as interações dinâmicas, foi observada uma comunicação limitada entre as equipes de trabalho, gestores e fornecedores, mas uma boa comunicação com o cliente (hospital). Notou-se uma abordagem mais colaborativa na tomada de decisões, o que pode ser um ponto positivo para a gestão da segurança. Porém, a falta de reuniões mais frequentes, além da melhor comunicação entre as equipes de operação e gestão, torna-se um ponto negativo para um desempenho resiliente da segurança do trabalho. Isso porque perdem-se informações importantes sobre a perspectiva do trabalho diário, bem como oportunidades de melhoria e aprendizado com a experiência.

Não foram identificadas características do atributo resiliência, considerado um dos itens mais importantes frente as adversidades trazidas para a gestão segurança do trabalho em sistemas sociotécnicos complexos. Apesar de não terem sido relatados acidentes e incidentes durante o período de construção, o sistema não pode ser considerado totalmente seguro, já que não existem feedbacks e informações dos acontecimentos diários referentes a segurança, assim como oportunidades de melhoria para o seu gerenciamento.

O estudo permitiu analisar o quão importante é para a gestão da segurança do trabalho considerar os atributos de complexidade e monitorá-los. Os impactos trazidos por eles podem trazer riscos e danos irreparáveis para o sistema, bem como para seus elementos. Dessa forma, como pesquisas futuras sugere-se: analisar a aplicação dos potenciais da Engenharia de Resiliência (responder, monitorar, antecipar e aprender) nos canteiros de obra; elaborar e aplicar um método com procedimentos voltados para o desempenho resiliente do sistema de trabalho na construção; e avaliar o uso de ferramentas baseadas na abordagem Safety-II na indústria da construção.

REFERÊNCIAS

[1] PICH, Michael T.; LOCH, Christoph H.; MEYER, Arnoud de. On Uncertainty, Ambiguity, and Complexity in Project Management. **Management Science**, v. 48, n. 8, p. 1008-1023. ago. 2002.

[2] CILLIERS, Paul. **Complexity and Postmodernism:** Understanding Complex Systems. London: Routledge, 1998. 168 p.

[3] BAKHSHI, Javad; IRELAND, Vernon; GOROD, Alex. Clarifying the project complexity construct: Past, present and future. **International Journal Of Project Management**. v. 34, n. 7, p. 1199-1213. out. 2016.

[4] HETTINGER, Lawrence J.; KIRLIK, Alex; GOH, Yang Miang; BUCKLE, Peter. Modelling and simulation of complex sociotechnical systems: envisioning and analysing work environments. **Ergonomics**, v. 58, n. 4, p. 600-614, 11 mar. 2015.

[5] BRISTOW, Michele; FANG, Liping; HIPEL, Keith W. System of Systems Engineering and Risk Management of Extreme Events: Concepts and Case Study. **Risk Analysis**, v. 32, n. 11, p. 1935-1955. jul. 2012.

[6] GOMES, J., Woods, D., Carvalho, P. & Borges, M. Resilience and brittleness in the offshore helicopter transportation system: The identification of constraints and sacrifice decisions in pilots' work. **Reliability Engineering and System Safety**, 94, 311-319, 2009.

[7] HE, Qinghua; LUO, Lan; HU, Yi; CHAN, Albert P.C. Measuring the complexity of mega construction projects in China: A fuzzy analytic network process analysis. **International Journal Of Project Management.** v. 33, n. 3, p. 549-563. abr. 2015.

[8] LIU, Peng; LI, Zhizhong. Comparison between conventional and digital nuclear power plant main control rooms: A task complexity perspective, Part II: Detailed results and analysis. **International Journal Of Industrial Ergonomics**. v. 51, n. 1, p. 10-20. fev. 2016.

[9] HAMMAN, W R. The complexity of team training: what we have learned from aviation and its applications to medicine. **Quality And Safety In Health Care**, v. 13, n. 1, p. 72-79, 1 out. 2004.

[10] LOUKOPOULOS, Loukia D.; DISMUKES, R. Key; BARSHI, Immanuel. **The multitasking myth: handling complexity in real-world operations.** New York: Ashgate, 2009. 202 p.

[11] JAFER, Shafagh; CHHAYA, Bharvi; DURAK, Umut. Graphical Specification of Flight Scenarios with Aviation Scenario Defintion Language (ASDL). **Aiaa Modeling And Simulation Technologies Conference**, p. 1-8, 5 jan. 2017.

[12] HORSKY, Jan; MORGAN, Stephen J.; RAMELSON, Harley Z. Coordination of Care for Complex Pediatric Patients: perspectives from providers and parents. **Amia Annu Symp Proc**, v. 1, n. 1, p. 681-690, nov. 2014.

[13] HASLE, Peter; NIELSEN, Anders P.; EDWARDS, Kasper. Application of Lean Manufacturing in Hospitals: the need to consider maturity, complexity, and the value concept. **Human Factors And Ergonomics In Manufacturing & Service Industries**, v. 26, n. 4, p. 430-442, 16 maio 2016.

[14] FEARNE, Andrew; FOWLER, Nicholas. Efficiency versus effectiveness in construction supply chains: the dangers of "lean" thinking in isolation. **Supply Chain Management: An International Journal**. v. 11, n. 4, p. 283-287. jul. 2006.

[15] 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.** v. 82, p. 1-18. jan. 2020.

[16] DEKKER, Sidney; CILLIERS, Paul; HOFMEYR, Jan-hendrik. The complexity of failure: Implications of complexity theory for safety investigations. **Safety Science**, v. 49, n. 6, p. 939-945. jul. 2011.

[17] XIA, Bo; CHAN, Albert P.C. Measuring complexity for building projects: a delphi study. **Engineering, Construction And Architectural Management**, v. 19, n. 1, p. 7-24, jan. 2012.

[18] NGUYEN, Long D.; TRAN, Dai Q.; NGUYEN, An T.; LE-HOAI, Long. Computational Model for Measuring Project Complexity in Construction. In: ANNUAL CONFERENCE OF THE NORTH AMERICAN FUZZY INFORMATION PROCESSING SOCIETY (NAFIPS), 2016. **Proceedings [...].** [S.L.]: IEEE, 2016. p. 1-5.

[19] YIN, R. K. **Case study research: design and methods.** 5. ed. Los Angeles, California: Sage Publications, 2014.

[20] SOLIMAN, Marlon; SAURIN, Tarcisio A.; ANZANELLO, Michel J. The impacts of lean production on the complexity of socio-technical systems. **International Journal of Production Economics**. v. 197, p. 342-357. mar. 2018.

[21] SAURIN, Tarcisio A.; GONZALEZ, Santiago S. Assessing the compatibility of the management of standardized procedures with the complexity of a sociotechnical system: Case study of a control room in an oil refinery. **Applied Ergonomics**. v. 44, n. 5, p. 811-823. sep. 2013.

[22] DEKKER, Sidney W.A. The bureaucratization of safety. **Safety Science**, v. 70, p. 348-357, dez. 2014.

[23] SUJAN, Mark A.; HUANG, Huayi; BRAITHWAITE, Jeffrey. Learning from incidents in health care: Critique from a Safety-II perspective. **Safety Science**, v. 99, p. 115-121. nov. 2017.

[24] WOLTJER, Rogier; PINSKA-CHAUVIN, Ella; LAURSEN, Tom; JOSEFSSON, Billy. Towards understanding work-as-done in air traffic management safety assessment and design. **Reliability Engineering And System Safety**, v. 141, n. 1, p. 115-130. mar. 2015.

[25] MARTINS, Jéssica Barros; CARIM, Guido; SAURIN, Tarcisio Abreu; COSTELLA, Marcelo Fabiano. Integrating Safety-I and Safety-II: learning from failure and success in construction sites. **Safety Science**, v. 148, p. 105672, abr. 2022.