Universidade Federal Do Rio Grande Do Sul
Escola de Engenharia
Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil:
Construção e Infraestrutura

Fabrício Borges Cambraia

Projeto de abordagens participativas de segurança para suporte ao desempenho resiliente na construção civil

Porto Alegre
2026

FABRÍCIO BORGES CAMBRAIA

PROJETO DE ABORDAGENS PARTICIPATIVAS DE SEGURANÇA PARA SUPORTE AO DESEMPENHO RESILIENTE NA CONSTRUÇÃO CIVIL

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil: Construção e Infraestrutura da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, como parte dos requisitos para obtenção do título de Doutor em Engenharia Civil

Prof. Carlos Torres Formoso
Ph.D., University of Salford, UK
Orientador

Prof. Tarcísio Abreu Saurin
Dr., Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Brasil
Orientador

Porto Alegre
2026

FABRÍCIO BORGES CAMBRAIA

PROJETO DE ABORDAGENS PARTICIPATIVAS DE SEGURANÇA PARA SUPORTE AO DESEMPENHO RESILIENTE NA CONSTRUÇÃO CIVIL

Esta Tese de Doutorado foi julgada como parte dos requisitos para obtenção do título de DOUTOR EM ENGENHARIA CIVIL, área de pesquisa Gestão e Economia da Construção, e aprovada em sua forma final pelo Professor Orientador e pelo Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil: Construção e Infraestrutura da Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

Porto Alegre, 03 de julho de 2026.

Prof. Carlos Torres Formoso
Ph.D., University of Salford, UK
Orientador

Prof. Tarcísio Abreu Saurin
Dr., Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Brasil
Coorientador

Prof. Lélio Antônio Teixeira Brito
Coordenador PPGCI/UFRGS

BANCA EXAMINADORA

Prof. Éder Henriqson (Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul)
Doutor, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Brasil

Prof. Marcelo Fabiano Costella (Universidade Comunitária da Região de Chapecó)
Doutor, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Brasil

Prof. Daniela Dietz Viana (Universidade Federal do Rio Grande do Sul)
Doutora, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Brasil

AGRADECIMENTOS

Agradeço às forças invisíveis e superiores que sustentaram meus passos e iluminaram meu caminho ao longo desta jornada acadêmica. Em suas múltiplas formas de fé e espiritualidade — Axé para quem é de Axé, Saravá para quem é de Saravá, Aleluia para quem é de Aleluia, Amém para quem é de Amém e Assim seja para quem é de Assim seja — encontrei amparo, esperança e resiliência. Minha eterna gratidão pela luz que permaneceu presente mesmo nos momentos de maior incerteza.

Às duas fontes de luz que sempre iluminaram meu caminho, mesmo quando os olhos não podiam vê-las: meus amados pais do coração, Cremilda e Murilo. Foi durante esta jornada que essas luzes deixaram de brilhar fisicamente, mas jamais deixarão de existir. Suas presenças permanecerão vivas em cada lembrança, em cada ensinamento e em cada passo que me trouxe até aqui. Há luzes que o tempo não apaga; apenas aprendemos a encontrá-las de outra forma. Afinal, "invisibilidade não significa ausência".

Ao Carlos, companheiro de vida e de travessia, pelo amor incondicional que tornou os caminhos mais leves e os desafios mais suportáveis. Por caminhar ao meu lado nos dias de sol e de tempestade e, sobretudo, pelas inúmeras vezes em que me carregou no colo quando minhas próprias pernas já não encontravam forças para seguir. Esta conquista também é sua, pois foi construída com sua presença, seu cuidado e seu amor.

À minha família e aos meus amigos e amigas que se escondem por detrás das montanhas das Minas Gerais: pela presença constante que transcendeu a distância, pelas energias positivas silenciosamente enviadas e pela compreensão generosa diante de tantos momentos de ausência. Mesmo longe, foram porto seguro, incentivo constante e afeto que jamais conheceu fronteiras.

Ao Carlos e Tarcísio, minha eterna gratidão por terem sido mais que professores orientadores nesta jornada. Obrigado pelos saberes compartilhados com generosidade, pela confiança que alimentou meus passos e pelo acolhimento que me fez sentir parte de suas famílias. Entre a ciência e a vida, encontrei em vocês mestres que ensinaram muito além dos livros e das pesquisas. Esta tese carrega não apenas os frutos de seus ensinamentos, mas também a marca do afeto, da convivência e da inspiração que deixaram em meu caminho.

À Elvira e ao André, agradeço pela amizade que encontrou inúmeras formas de cuidar. Pelo abrigo generosamente oferecido em Porto Alegre, que tantas vezes se tornou porto seguro, e pela presença constante que jamais se deixou limitar pela distância. Entre chegadas apressadas e despedidas breves, encontrei em vocês a serenidade dos lugares aos quais sempre se pode voltar. Algumas pessoas oferecem acolhida; vocês ofereceram pertencimento.

À Iamara, amizade cultivada ao longo dos anos e fortalecida especialmente nas adversidades, que transformaram nossos laços em algo ainda mais sólido e precioso. Sua presença constante foi fonte de afeto, apoio e confiança nesta jornada.

Às amigas e amigos que conquistei no NORIE, especialmente Síntique, Gabriela, Louise, Helena e Mirela, agradeço pelos saberes compartilhados, pelos sabores que celebraram nossas conquistas e pelos momentos de convivência que iluminaram esta caminhada. Entre pesquisas, desafios e descobertas, vocês transformaram o percurso em travessia, deixando lembranças e afetos que seguirão para além desta tese.

Às empresas de construção que abriram suas portas e compartilharam um pouco de suas histórias, práticas e desafios, minha profunda gratidão. Foi entre canteiros, pessoas e experiências que esta tese encontrou parte de suas raízes. Em especial, agradeço ao Alexandre Soares, pela confiança, pela generosidade e pelas portas abertas, permitindo que a pesquisa encontrasse espaço para florescer e se transformar em conhecimento.

À Universidade Federal de Juiz de Fora, minha sincera gratidão por tornar possível esta jornada de formação e descoberta. Em especial, agradeço pela oportunidade de afastamento que me permitiu dedicar tempo, energia e propósito à construção deste estudo. Aos colegas do Departamento de Construção Civil, meu reconhecimento pelo companheirismo e apoio ao longo desta trajetória. De modo especial, agradeço aos professores Thaís e Pedro e à técnica Romilda, pela generosidade dos incentivos, pelas palavras de encorajamento nos momentos decisivos e pela confiança constante em meu trabalho. Que esta tese seja também um reflexo do ambiente de colaboração, respeito e compromisso com a educação que encontrei entre vocês.

RESUMO

CAMBRAIA, Fabrício Borges. *Projeto de abordagens participativas de segurança para suporte ao desempenho resiliente na construção civil.* 2026. 113 f. Tese (Doutorado em Engenharia Civil) – Programa de Pós-graduação em Engenharia Civil: Construção e Infraestrutura, Escola de Engenharia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2026.

A construção civil opera em ambientes sociotécnicos complexos, marcados por variabilidade, interdependências e necessidade contínua de adaptação. Nesse contexto, modelos tradicionais de gestão da segurança, centrados em controle e conformidade, têm se mostrado insuficientes para lidar com as incertezas do trabalho cotidiano. Embora a participação dos trabalhadores seja reconhecida como relevante para a segurança, ainda existe limitado conhecimento sobre como projetar abordagens participativas capazes de apoiar o desempenho resiliente. Este estudo teve como objetivo propor um modelo conceitual para apoiar o projeto de abordagens participativas de segurança que promovem o desempenho resiliente na construção civil. A pesquisa adotou a Design Science Research como estratégia principal, integrando revisão sistemática da literatura, pesquisa-ação e estudo aplicado. O artefato foi desenvolvido em três estudos interdependentes: (i) construção de uma estrutura de conhecimento com princípios e prescrições para o projeto da participação; (ii) avaliação empírica e refinamento desses princípios no contexto de comitês de segurança; e (iii) desenvolvimento de um método para avaliação e aprimoramento contínuo de sistemas participativos. Os resultados indicam que a participação pode ser deliberadamente concebida como mecanismo organizacional de apoio ao desempenho resiliente, ultrapassando a visão tradicional de participação como mero cumprimento normativo ou apenas mecanismo de gestão da segurança. A principal contribuição desta pesquisa consiste na proposição de um modelo sistêmico e evolutivo que integra participação dos trabalhadores, gestão da segurança e desempenho resiliente em um único referencial teórico-prático. O modelo estrutura o desenvolvimento das abordagens participativas em ciclos contínuos de concepção, operacionalização, avaliação e redesenho, sustentados por condições habilitadoras como segurança psicológica, liderança inclusiva, aprendizagem organizacional e integração entre níveis hierárquicos. Como contribuição prática adicional, a pesquisa apresenta um método estruturado para diagnóstico, avaliação e aprimoramento contínuo de sistemas participativos, possibilitando transformar mecanismos existentes em recursos de apoio à adaptação e resiliência organizacional.

Palavras-chave: Segurança. Participação dos trabalhadores. Desempenho resiliente. Construção civil. Design Science Research. Design for Resilient Performance.

ABSTRACT

CAMBRAIA, Fabrício Borges. *Design of participatory safety approaches for supporting resilient performance in the construction industry*. 2026. 113 p. Thesis (Doctoral in Civil Engineering) – Postgraduate Program in Civil Engineering: Construction and Infrastructure, Engineering School, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2026.

The construction industry operates in a complex socio-technical environment, marked by variability, interdependencies, and a continuous need for adaptation. In this context, traditional safety management models, focused on control and compliance, have proven insufficient to deal with the uncertainties of daily work. Although worker participation is recognized as relevant to safety, there is still limited knowledge on how to design participatory approaches capable of supporting resilient performance. The aim of this research work is to propose a conceptual model to support the design of participatory safety approaches that promote resilient performance in the construction industry. The research adopted Design Science Research as its main strategy, integrating systematic literature review, action research, and applied study. The artifact was developed in three interdependent studies: (i) construction of a conceptual framework with principles and prescriptions for participatory design; (ii) empirical evaluation and refinement of these principles in the context of safety committees; and (iii) development of a method for evaluation and continuous improvement of participatory systems. The results indicate that participation can be deliberately designed as an organizational mechanism to support resilient performance, going beyond the traditional view of participation as mere regulatory compliance or simply a safety management mechanism. The main contribution of this research is the proposal of a systemic and evolutionary model that integrates worker participation, safety management, and resilient performance into a single theoretical-practical framework. The model structures the development of participatory approaches in continuous cycles of conception, operationalization, evaluation, and redesign, supported by enabling conditions such as psychological safety, inclusive leadership, organizational learning, and integration between hierarchical levels. As an additional practical contribution, the research presents a structured method for diagnosing, evaluating, and continuously improving participatory systems, making it possible to transform existing mechanisms into resources that support organizational adaptation and resilience.

Keywords: Safety. Worker participation. Resilient performance. Construction. Design Science Research. Design for Resilient Performance.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Visão geral do processo de pesquisa.....20
Figura 2: Lógica de produção cumulativa de conhecimento para investigar a tese 39
Figura 3: Modelo conceitual de apoio ao projeto de abordagens participativas de segurança que sustentam o DR na construção civil.....42

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Caracterização metodológica comparativa entre os três estudos.....23

LISTA DE ABREVIATURAS

DR: Desempenho Resiliente

DfRP: Design for Resilient Performance

DSR: Design Science Research

EE: Escola de Engenharia

PPGCI: Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil: Construção e Infraestrutura

WAI: Work-as-Imagined

WAD: Work-as-Done

UFRGS: Universidade Federal do Rio Grande do Sul

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO 11
1.1. CONTEXTO E RELEVÂNCIA DO TEMA 11
1.2. LACUNAS DE CONHECIMENTO E PROBLEMA DE PESQUISA 14
1.3. QUESTÕES DE PESQUISA 16
1.4. OBJETIVOS DA PESQUISA 16
1.5. ESTRUTURA DA TESE 17
2. VISÃO GERAL DO MÉTODO DE PESQUISA 19
2.1. ESTRATÉGIA DE PESQUISA 19
2.2. VISÃO GERAL DO PROCESSO DE PESQUISA 20
3. ARTIGO 1 24
4. ARTIGO 2 36
5. ARTIGO 3 37
6. DISCUSSÃO 38
6.1. PREMISSAS COMUNS AO CONJUNTO DE ESTUDOS 38
6.2. ARTICULAÇÃO ENTRE OS TRÊS ESTUDOS REALIZADOS 39
6.3. MODELO CONCEITUAL PARA APOIO AO PROJETO DE ABORDAGENS PARTICIPATIVAS 41
6.3.1. Primeira camada (núcleo do modelo) 41
6.3.2. Segunda camada (desenvolvimento das abordagens) 43
6.3.3. Terceira camada (condições habilitadoras) 44
6.3.4. Quarta camada (domínio e resultados) 46
6.4. CARÁTER INOVADOR DO CONJUNTO DE ESTUDOS 47
7. CONCLUSÕES 50
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS 55
DECLARAÇÃO DE USO DE INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL 113

1. INTRODUÇÃO

1.1. CONTEXTO E RELEVÂNCIA DO TEMA

Empreendimentos de construção caracterizam-se por serem ambientes dinâmicos, com elevada variabilidade, múltiplas interdependências, pressões por prazo e custo, fragmentação da cadeia produtiva e necessidade constante de adaptação frente a condições imprevistas. Tais empreendimentos devem ser considerados como sistemas sociotécnicos complexos, em que o desempenho emerge das interações entre pessoas, tecnologias, estruturas organizacionais e ambiente externo (Li; Yu; Deng, 2024; Bayramova *et al*., 2023; Saurin; Gonzalez, 2013).

Nesse contexto, o desempenho resiliente (DR) tem ganhado crescente relevância. DR refere-se à capacidade de um sistema sociotécnico alcançar resultados bem-sucedidos sob condições variáveis, garantindo que as funcionalidades essenciais ocorram de forma satisfatória (Hollnagel; Nemeth, 2022). Estudos recentes no setor da construção indicam uma transição gradual da gestão da segurança no trabalho baseada em uma perspectiva linear e causal, centrada em desvios, falhas e conformidade, para uma perspectiva orientada à adaptação contínua diante de ambientes dinâmicos e incertos (Li; Yu; Deng, 2024; Aasen; Klakegg, 2023).

Isso indica que modelos tradicionais de gestão da segurança, predominantemente baseados em controle centralizado, exclusivamente baseado em inspeções periódicas e cumprimento normativo, com respostas reativas a acidentes, apesar de relevantes, desconsideram às adaptações necessárias para manter um desempenho aceitável frente à variabilidade e incerteza presentes no cotidiano dos empreendimentos de construção (Li; Yu; Deng, 2024; Provan *et al*., 2020; Trinh; Feng, 2020). Contudo, embora segurança e DR frequentemente se reforcem mutuamente, adaptações que favorecem a continuidade das operações podem, em determinadas circunstâncias, aumentar a exposição aos riscos ocupacionais, evidenciando que DR e segurança não necessariamente refletem resultados coincidentes (Terra *et al*., 2023).

A mencionada transição gradual fundamenta-se na ideia de que o DR depende das capacidades organizacionais de antecipar, monitorar, responder e aprender com a variabilidade operacional (Hollnagel, 2017). Essas capacidades tornam-se indispensáveis para o setor da construção enfrentar desafios contemporâneos (Li; Yu; Deng, 2024). Estudos recentes têm destacado a necessidade de resiliência no setor da construção para enfrentar as implicações das mudanças climáticas (Seidu; Chan; Debrah, 2025), perturbações operacionais (Hamerski et al., 2024) e da

digitalização (Liu; Wang, 2026; Opara *et al*., 2025). Especificamente na interface entre gestão da segurança e DR, estudos recentes têm se concentrado em examinar tópicos como cultura de segurança resiliente (Bhattacharjee; Bugalia; Mahalingam, 2025; Trinh; Feng, 2020), planejamento e controle (Melo; Costa, 2019), medição de desempenho (Peñaloza; Formoso; Saurin, 2021), aprendizagem (Martins *et al*., 2022), habilidades de resiliência em nível individual (Hu *et al*., 2024) e organizacional (Tonetto *et al*., 2024).

A perspectiva do DR desloca o foco da prevenção de falhas para a compreensão de como os sistemas conseguem operar adequadamente em ambientes variáveis, criando condições para o sucesso contínuo (Hollnagel; Nemeth, 2022; Hollnagel, 2017). Essa mudança também redefine o papel das pessoas nos sistemas sociotécnicos: seres humanos deixam de serem vistos predominantemente como fonte de falhas e passam a ser reconhecidos como elemento essencial para o funcionamento seguro do sistema (Hollnagel; Wears; Braithwaite, 2015). Assim, o foco das organizações passa a incluir a criação de ambientes e recursos que favoreçam a adaptação, ajustes locais e respostas flexíveis às variabilidades do cotidiano (Provan *et al*., 2020). Os mesmos autores reconhecem que, em sistemas sociotécnicos complexos, a adaptação humana e organizacional é indispensável. Para isso, o papel da gestão não deve ser eliminar a adaptação, mas guiá-la para que ocorra dentro de limites seguros e produtivos.

Nesse cenário, a participação dos trabalhadores (neste trabalho referido simplesmente participação) pode contribuir para aplicar o princípio de guiar a adaptabilidade (Provan *et al*., 2020), permitindo que soluções emergentes sejam construídas a partir do conhecimento situado dos trabalhadores. Na construção civil, esse conhecimento torna-se particularmente relevante porque as equipes operacionais convivem diariamente com condições mutáveis de trabalho, interfaces entre empresas subcontratadas, restrições de materiais, improvisações logísticas e exigências simultâneas de produtividade e segurança (Li; Yu; Deng, 2024; Trinh; Feng, 2020).

Conceitualmente, participação significa a influência do trabalhador no processo de tomada de decisões, envolvendo o compartilhamento de informações entre as pessoas (Busck; Knudsen; Lind, 2010; Jeschke *et al*., 2021). Na prática, esse conceito se operacionaliza por meio de abordagens participativas, entendidas como rotinas organizacionais projetadas com tal objetivo (Botti; Melloni; Oliva, 2022; Hendrick; Kleiner, 2001). Para Dachler e Wilpert (1978), essas abordagens consistem no uso combinado de diferentes práticas, tendo a participação dos trabalhadores como princípio central. Assim, embora a participação tenha origem nas interações

espontâneas entre indivíduos e grupos, sua formalização como recurso gerencial envolve a adoção deliberada de arranjos voltados à melhoria do desempenho organizacional (Thomas; Chíbrido; Scharber, 2012; Busck; Knudsen; Lind, 2010; Strauss, 2006).

A literatura de gestão da segurança tem uma longa tradição de estudos que indicam que a participação é meio para melhoria do desempenho. A participação é relevante para a segurança porque permite que os trabalhadores tenham conhecimentos sobre os perigos do trabalho real e tenham noção da eficácia das medidas de controle (Andersen; Grytnes, 2021; Zhang; Lingard; Oswald, 2020). Além disso, a adoção de abordagens participativas de segurança é impulsionada por legislações que estabelecem formas compulsórias de participação (Andersen; Grytnes, 2021; Walter, 2010) e por normas que orientam o funcionamento de sistemas de gestão de segurança (ABNT, 2018). Contudo, abordagens excessivamente burocráticas e orientadas apenas à conformidade podem consumir tempo sem ampliar a visibilidade dos riscos do trabalho cotidiano, desviando o foco da aprendizagem e da melhoria do sistema de gestão (Le; Nguyen, 2025; Dekker, 2014).

A literatura evidencia também que a participação pode produzir efeitos desejados, tanto primários, relacionados à melhoria da segurança e produtividade, quanto secundários, tais como a redução de resistências à mudança e a ampliação da aprendizagem (Burgess-Limerick, 2018; Hinze, 2002). Contudo, também existem evidências de efeitos indesejados, como resistência à participação, desconforto do trabalhador em participar e aumento de estresse mental (Jeschke *et al*., 2021; Grytnes; Tutt; Andersen, 2020; Busck; Knudsen; Lind, 2010). Esses efeitos mistos indicam a influência de fatores contextuais na forma como a participação funciona, sendo indispensável compreender em que condições essas abordagens podem operar satisfatoriamente (Bridi *et al*., 2021; Jeschke *et al*., 2021; Burgess-Limerick, 2018).

Alguns fatores contextuais, tais como a liderança inclusiva (Siyal, 2023; Quansah; Zhu; Guo, 2023), a confiança organizacional (Joo; Yoon; Galbraith, 2023) e a segurança psicológica (Amoadu; Ansah; Sarfo, 2024; Boikanyo; Naidoo, 2023), tendem a favorecer a participação. Por exemplo, ambientes com segurança psicológica favorecem a participação e a capacidade de adaptação coletiva, pois os trabalhadores se sentem à vontade para expressar preocupações e questionar decisões, contribuindo ativamente na busca de soluções diante de mudanças e perturbações (Edmondson; Bransby, 2023). Em contraste, contextos excessivamente orientados à conformidade tendem a suprimir a participação e dificultar o compartilhamento de

conhecimento operacional tácito essencial ao DR (Li; Tangirala, 2022; Shao; Feng; Wang, 2017).

Além disso, a importância da participação tende a crescer à medida que aumenta a complexidade dos sistemas sociotécnicos. Quanto maior a interdependência entre processos e pessoas (um atributo de sistemas complexos), maior é a necessidade de integrar perspectivas diversas para dar sentido ao funcionamento desses sistemas e reduzir a incerteza na tomada de decisão (Disconzi; Saurin, 2022; Saurin; Rooke; Koskela, 2013). Na indústria da construção, isso significa alinhar visões de operários, encarregados, técnicos de segurança, engenheiros, gestores, fornecedores e clientes. Com base nessa fundamentação de contexto e relevância, o tema desta tese situa-se na interseção entre participação, segurança e DR na construção civil.

1.2. LACUNAS DE CONHECIMENTO E PROBLEMA DE PESQUISA

Embora o DR seja inerente aos sistemas sociotécnicos em decorrência da auto-organização das pessoas, ele também pode ser influenciado e fortalecido por ações, decisões e mecanismos projetados de forma deliberada (Wachs *et al*., 2016; Disconzi; Saurin, 2022). Essa perspectiva é consistente com o conceito de *Design for Resilient Performance* (DfRP), entendido como o uso de princípios de projeto de sistemas para apoiar capacidades adaptativas humanas, técnicas e organizacionais integradas (Disconzi; Saurin, 2022). DfRP é consistente com a perspectiva sociotécnica que trata das interações entre pessoas, tecnologias, organização e ambiente externo (HendricK; Kleiner, 2001).

Os princípios de DfRP são úteis tanto para a concepção quanto para a avaliação de sistemas sociotécnicos (Disconzi; Saurin, 2022). Estes princípios podem ser operacionalizados por meio de abordagens que apoiem o DR, entendidas como processos e ferramentas gerenciais projetados que necessariamente incluem um componente humano; os componentes técnicos podem atuar como suporte, porém não são fundamentais para essas abordagens (Disconzi; Saurin, 2024).

Diante disto, a premissa central desta tese é que abordagens participativas de segurança possuem potencial para apoiar o DR e podem operacionalizar os princípios de DfRP. Entretanto, ainda há lacunas teóricas e práticas que limitam o exercício da participação no suporte ao DR.

Embora a importância da participação seja amplamente reconhecida na literatura, os seus mecanismos de influência no DR permanecem pouco explorados. Por exemplo, não é claro como projetar abordagens participativas que favoreçam adaptações seguras e fortaleçam o DR na construção civil. Apesar de sua ampla disseminação, abordagens participativas formais de segurança, tais como reuniões diárias de alinhamento operacional (*daily huddle meetings*) (Ghosh, 2014), diálogo diário de segurança (*toolbox meetings*) (Jeschke *et al*., 2017), análise de segurança da tarefa (*job safety analysis*) (Albrechtsen; Solberg; Svensli, 2019) e comitês de segurança e saúde do trabalho (*joint health and safety committees*) (Nichol; Ruco; Holness, 2022), frequentemente são orientadas à prevenção de resultados adversos por meio do cumprimento de regras e do controle de falhas humanas e técnicas. Nessa perspectiva, pouco se reconhece que o trabalho imaginado em procedimentos e planos raramente corresponde integralmente ao trabalho realizado na prática (Hollnagel, 2014). Assim, há limitações nas contribuições das abordagens participativas tradicionais para o DR.

Além disso, grande parte das pesquisas que abordam a participação em segurança na construção concentra-se em descrever práticas existentes (Gao; Gonzalez; Yiu, 2019; Chen; Li; Goh, 2021), identificar barreiras (Kamalruzaman *et al*., 2026; Maliha *et al*., 2021) ou listar fatores críticos de sucesso (Rantsatsi; Musonda; Agumba, 2020). Embora essas contribuições sejam relevantes, as mesmas geralmente não explicitam aspectos de natureza prescritiva que poderiam orientar o projeto de abordagens participativas. Adicionalmente, há predominância de estudos voltados às abordagens formais de participação (Nichol; Ruco; Holness, 2022; Dasgupta *et al*., 2017; Ghosh, 2014), enquanto práticas informais e emergentes permanecem relativamente pouco exploradas, apesar de sua relevância para a adaptação cotidiana dos sistemas (Saurin *et al*., 2024; Woods, 2018; Wachs *et al*., 2016).

Outra limitação importante refere-se à insuficiente consideração dos fatores contextuais que favorecem ou inibem a participação. Elementos como segurança psicológica (Edmondson; Bransby, 2023), liderança inclusiva (Siyal, 2023) e integração entre níveis hierárquicos (Sarvari *et al*., 2025) influenciam diretamente a disposição dos trabalhadores para expressar preocupações, compartilhar conhecimentos e participar das adaptações necessárias ao funcionamento do sistema. Contudo, tais elementos ainda são pouco incorporados ao desenho e à avaliação de abordagens participativas de segurança.

Assim, embora a participação dos trabalhadores seja reconhecida como relevante para a segurança, ainda existe limitado conhecimento sobre como conceber, operar, avaliar e aprimorar continuamente abordagens participativas capazes de contribuir para o DR na construção civil. Esse limite de conhecimento decorre também da necessidade de se levar em conta a influência de fatores contextuais e de se combinar abordagens formais e informais de participação.

Portanto, esta tese pretende avançar da descrição de abordagens participativas de segurança para a construção de conhecimentos prescritivos capazes de orientar o projeto de sistemas participativos que suportam o DR. Assim sendo, a participação deixa de ser entendida apenas como requisito normativo ou mecanismo gerencial e passa a ser concebida como recurso organizacional capaz de apoiar adaptações seguras frente à variabilidade do trabalho cotidiano.

1.3. QUESTÕES DE PESQUISA

Com base no problema descrito acima, esta tese investiga a seguinte questão principal de pesquisa: "como o projeto de abordagens participativas de segurança pode contribuir para o desempenho resiliente na construção civil?". Esse projeto, por sua natureza sistêmica e sociotécnica, deve envolver concepção, operação, avaliação e aprimoramento contínuo. A partir dessa questão de pesquisa principal são derivadas três questões de pesquisa intermediárias, a saber:

a) Quais princípios devem orientar o projeto de abordagens participativas de segurança favoráveis ao DR na construção civil?

b) Como abordagens participativas de segurança específicas podem funcionar para atuarem como recursos adaptativos na construção civil?

c) Como avaliar abordagens participativas de segurança de forma a ampliar seu potencial de suporte ao DR na construção civil?

1.4. OBJETIVOS DA PESQUISA

O principal objetivo desta pesquisa é propor um modelo conceitual para projeto de abordagens participativas de segurança que apoiam o DR na construção civil.

Os objetivos intermediários desta pesquisa são:

a) Sistematizar um conjunto de princípios orientados ao projeto de abordagens participativas de segurança favoráveis ao DR na construção civil;

b) Avaliar empiricamente o conjunto de princípios visando a adaptá-los para abordagens participativas de segurança específicas;

c) Desenvolver um método de avaliação de abordagens participativas de segurança para apoiar o aprimoramento contínuo do DR na construção civil.

1.5. ESTRUTURA DA TESE

A presente tese está estruturada em sete capítulos. O Capítulo 1 apresenta a introdução do estudo, contextualizando o tema de pesquisa e sua relevância teórica e prática. Nesse capítulo, são discutidos os antecedentes que motivaram a investigação, identificada a lacuna de conhecimento que fundamenta o estudo e formulado o problema de pesquisa. Em seguida, são apresentadas as questões de pesquisa e os objetivos, principal e intermediários, que orientam o desenvolvimento da tese.

O Capítulo 2 descreve uma síntese do método de pesquisa adotado. São apresentados o delineamento metodológico da tese, a estratégia geral de investigação e os procedimentos utilizados para a condução dos estudos que a compõem, destacando as relações entre os diferentes estudos e sua contribuição para o alcance dos objetivos da pesquisa.

Os Capítulos 3, 4 e 5 correspondem aos três estudos desenvolvidos ao longo da pesquisa, apresentados no formato de artigos científicos. O Capítulo 3 apresenta o primeiro estudo da tese, desenvolvido por meio de uma revisão sistemática da literatura sobre a participação dos trabalhadores na segurança. A partir da síntese crítica do conhecimento existente, foi estruturado um corpo de conhecimento composto por princípios e prescrições para orientar a concepção, a implementação e a avaliação de abordagens participativas de segurança para apoio ao DR. Essa estrutura de conhecimento constitui a principal base teórica para os estudos subsequentes.

O Capítulo 4 relata o segundo estudo da tese, no qual a estrutura de conhecimento desenvolvida no capítulo anterior foi utilizada para analisar um comitê de segurança e saúde do trabalho. O estudo foi conduzido por meio de uma pesquisa-ação. Essa abordagem permitiu avaliar a aderência das práticas do comitê aos princípios identificados previamente. A partir dessa

análise, formulou-se um conjunto de sete proposições que adequam tais princípios à realidade dos comitês de segurança.

O Capítulo 5 apresenta o terceiro estudo da tese, no qual a estrutura de conhecimento foi utilizada para desenvolver um método de avaliação de abordagens participativas de segurança. Além dessa estrutura que fundamenta o método, foi incorporada uma análise dos fatores contextuais passíveis de inibir ou favorecer a participação. O instrumento foi aplicado empiricamente em uma empresa de construção modular, possibilitando sua avaliação prática e a identificação de oportunidades de aperfeiçoamento tanto do método quanto das práticas organizacionais analisadas.

O Capítulo 6 promove uma discussão analítica e integradora dos resultados obtidos nos três estudos. Nesse capítulo, são analisadas as contribuições complementares da revisão sistemática, da pesquisa-ação e da aplicação empírica do método de avaliação. Com base nessa integração, é proposto um modelo conceitual que consolida o conhecimento produzido ao longo da tese, explicita as relações entre seus principais elementos e sintetiza as contribuições teóricas e práticas da pesquisa para o projeto de abordagens participativas de segurança voltadas ao apoio do DR na construção civil.

Por fim, o Capítulo 7 apresenta as conclusões da pesquisa, retomando as questões e os objetivos de pesquisa à luz dos resultados obtidos. Além disso, são discutidas as principais contribuições da tese para a teoria e a prática, como também suas limitações. O capítulo é encerrado com sugestões para estudos futuros, indicando oportunidades para aprofundamento e expansão do conhecimento sobre participação dos trabalhadores na segurança e sua contribuição para o desempenho resiliente.

2. VISÃO GERAL DO MÉTODO DE PESQUISA

2.1. ESTRATÉGIA DE PESQUISA

Design Science Research (DSR) foi a abordagem metodológica adotada nesta investigação, sendo a mesma utilizada para desenvolver conceitos de solução, denominados artefatos, para resolver classes de problemas práticos, com relevância teórica (Van Aken; Chandrasekaran; Halman, 2016; Holmström; Ketokivi; Hameri, 2009; Hevner *et al*., 2004; Lukka, 2003). A DSR busca integrar teoria e prática, o que significa construir, aplicar e avaliar artefatos para, simultaneamente, solucionar problemas reais e produzir conhecimento orientado à ação, ou seja, de natureza prescritiva (Van Aken; Chandrasekaran; Halman, 2016). Assim, em DSR, o ato de projetar e testar a solução não significa apenas uma aplicação prática, mas o próprio processo de produção científica de conhecimento (Hevner *et al*., 2004).

Existem diferentes tipos de artefatos, tais como constructos, modelos conceituais, métodos ou *frameworks* que orientam como alcançar certos objetivos específicos (March; Smith, 1995). Sua aplicação deve auxiliar usuários bem treinados e experientes na criação de soluções específicas ao contexto que desejam intervir (Van Aken; Chandrasekaran; Halman, 2016). Assim, DSR contribui para o desenvolvimento de teorias de médio alcance (*mid-range theories*) por meio da construção de elementos teóricos que se aplicam a um leque limitado de situações (Holmström; Ketokivi; Hameri, 2009; Lukka, 2003).

Essa abordagem mostra-se particularmente adequada ao problema estudado, uma vez que o objetivo da tese não se restringe à descrição e explicação da participação em empresas de construção civil, mas busca desenvolver conhecimento prescritivo capaz de orientar a concepção, operacionalização, avaliação e o aprimoramento contínuo da participação no intuito de favorecer o DR na construção civil.

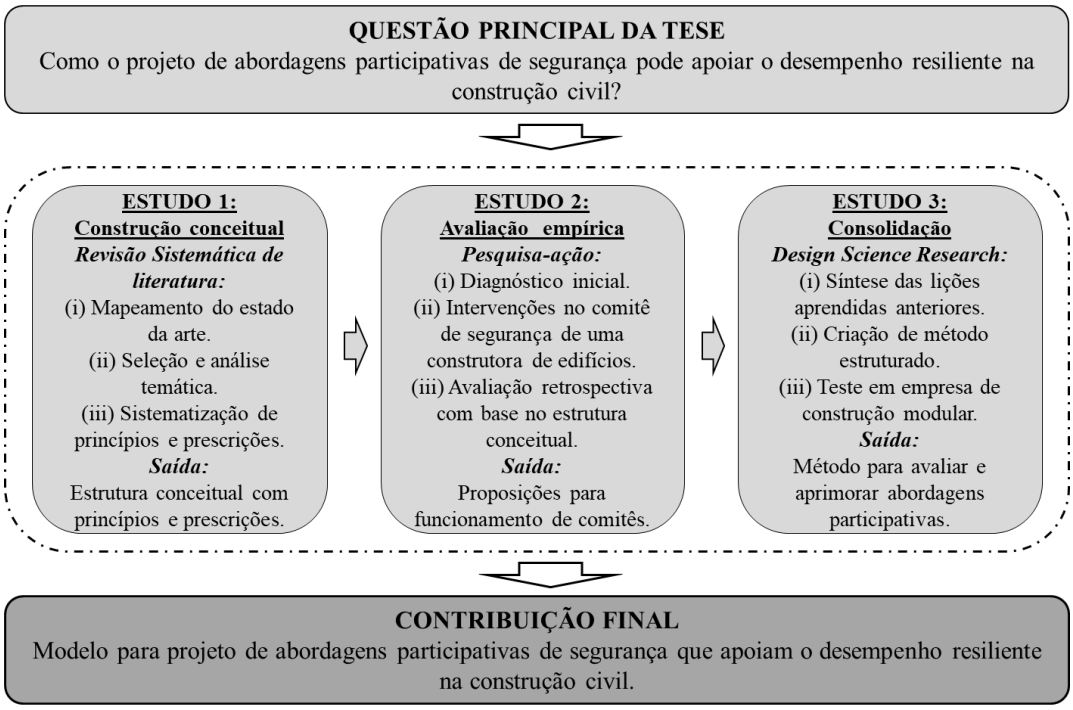
Portanto, a classe de problemas investigada refere-se a como projetar abordagens participativas de segurança que suportem o DR na construção civil. Dessa forma, o artefato proposto nesta pesquisa abrange um corpo de conhecimentos prescritivos integrado em um modelo conceitual que auxilia na compreensão de como projetar abordagens participativas de segurança favoráveis ao DR na construção civil. Esse corpo de conhecimentos prescritivos é sustentado por artefatos intermediários, a saber: (i) uma estrutura de conhecimento conceitual composta por princípios e prescrições de projeto, (ii) um conjunto de proposições para o projeto de comitês de segurança

adaptadas dos princípios desenvolvidos previamente e (iii) um método para avaliação e aprimoramento contínuo do sistema participativo.

2.2. VISÃO GERAL DO PROCESSO DE PESQUISA

O artefato principal foi desenvolvido progressivamente ao longo de três estudos que funcionaram como ciclos sucessivos e complementares de construção, avaliação e consolidação de conhecimento (Figura 1). Esses estudos são relatados nos três artigos que compõem esta tese. Os estudos percorrem uma trajetória que parte da construção teórica, avança para a avaliação empírica de natureza retrospectiva e culmina na produção de um artefato direcionado à intervenção em contextos organizacionais.

Figura 1: Visão geral do processo de pesquisa



Essa sequência é consistente com pesquisas orientadas por DSR, pois o conhecimento científico é desenvolvido simultaneamente para descrever e explicar fenômenos (no caso, a participação em segurança como mecanismo de suporte ao DR) e também transformar realidades organizacionais (Dresch; Lacerda; Miguel, 2015; Holmström; Ketokivi; Hameri, 2009; Hevner *et al*., 2004), neste caso, pelo uso orientado do artefato para o projeto deliberado de abordagens de participação como suporte ao DR.

O Estudo 1 representou a fase inicial da pesquisa, voltada à compreensão do problema e o estabelecimento de uma base teórica para o desenvolvimento do artefato. Para isso, foi conduzida uma revisão sistemática da literatura sobre participação dos trabalhadores em segurança na construção civil. Essa revisão permitiu mapear o estado da arte e sistematizar evidências dispersas, com base em estudos relacionados a diferentes abordagens teóricas.

Os passos do protocolo PRISMA (Moher *et al*., 2009) foram usados para selecionar 33 artigos, que relatam estudos empíricos sobre a participação de trabalhadores na gestão da segurança. Em seguida, foi conduzida uma análise temática segundo as etapas definidas por Pope *et al*. (2000), adotando-se os princípios para projeto de sistemas resilientes propostos por Disconzi e Saurin (2022) como meta-princípios e ponto de partida. Esse processo resultou na formulação de uma estrutura composta por meta-princípios, princípios e prescrições para o projeto de abordagens participativas de segurança favoráveis ao desempenho resiliente. Sob a ótica da DSR, esse primeiro estudo correspondeu à etapa de construção do conhecimento prescritivo para orientar o projeto de abordagens participativas. Este estudo permitiu responder a primeira questão de pesquisa intermediária da tese: “quais princípios devem orientar o projeto de abordagens participativas de segurança favoráveis ao DR na construção civil?”.

Na sequência, o Estudo 2 dedicou-se à avaliação empírica e à adaptação da estrutura de conhecimento desenvolvida anteriormente à realidade de uma abordagem participativa formal amplamente difundida: os comitês de segurança. A avaliação e refinamento da estrutura para o contexto dos comitês empregou pesquisa-ação como abordagem metodológica. A combinação de investigação científica e transformação organizacional é característica central da pesquisa-ação, gerando conhecimento sobre os processos internos e as mudanças ocorridas dificilmente captados por outras abordagens (Eden; Huxham, 1996; Dick, 1993). O estudo foi desenvolvido junto ao comitê de segurança de uma grande empresa de construção envolvida na construção de edifícios residenciais de alto padrão. A coleta de dados envolveu entrevistas, observações diretas, participação em reuniões e análise documental, ao longo de ciclos sucessivos de diagnóstico, intervenção e reflexão.

Em seguida, foi realizada uma análise retrospectiva do uso dos comitês sob o ponto de vista da estrutura conceitual, permitindo avaliar e refinar o artefato nesse contexto. O estudo demonstrou como os comitês em si podem se adaptar a mudanças no ambiente, integrando múltiplos intervenientes, apoiando a tomada de decisões acerca da gestão da segurança e promovendo a

aprendizagem organizacional. No âmbito da DSR, este segundo estudo representou a etapa de avaliação prática do artefato conceitual e seu refinamento para o caso de uma abordagem participativa específica. Com isso, foi possível responder a segunda questão de pesquisa intermediária: “como abordagens participativas de segurança específicas podem funcionar para atuarem como recursos adaptativos na construção civil?”.

O Estudo 3 constituiu a fase final da trajetória metodológica, centrada na criação de um novo artefato. A investigação desenvolveu, testou e avaliou um método para avaliação e aprimoramento contínuo de abordagens participativas. O estudo ocorreu em uma empresa de construção modular e utilizou entrevistas, observações, análise documental e instrumentos voltados à análise da influência de fatores contextuais na participação, incluindo aspectos ligados à segurança psicológica.

O método proposto foi estruturado em etapas sequenciais: análise do contexto organizacional, mapeamento das abordagens e práticas participativas existentes, avaliação da contribuição ao desempenho resiliente e proposição de melhorias. Fortemente baseado na estrutura conceitual desenvolvida no Estudo 1, o método proposto nesse terceiro estudo consolidou os aprendizados acumulados nos ciclos anteriores oferecendo um artefato passível de aplicação em diferentes empresas. Este estudo responde à terceira questão de pesquisa intermediária: “como avaliar abordagens participativas de segurança de forma a ampliar seu potencial de suporte ao DR na construção civil?”.

Em conjunto, os três estudos revelam um processo metodológico cumulativo, cuja caracterização comparativa é apresentada na Tabela 1, destacando a DSR como uma estratégia mais ampla que abrange os demais métodos. Especificamente, a revisão sistemática garantiu amplitude e rigor na compreensão do referencial teórico. A pesquisa-ação proporcionou profundidade contextual e a DSR assegurou a produção de conhecimento aplicável. Em conjunto, esses métodos permitiram a consolidação do conhecimento sobre os fundamentos conceituais que embasam o artefato final. Além disso, a exploração de contextos reais da indústria da construção permitiu analisar o problema investigado por meio de diferentes perspectivas. Em vez de soluções meramente abstratas desvinculadas da realidade setorial, o artefato foi submetido a dois ambientes diferentes, porém caracterizados por fortes relações hierárquicas, conflitos entre produção e segurança, diversidade da força de trabalho e pressões operacionais. Por fim, o processo de pesquisa desta tese mostra uma evolução de níveis mais

abstratos para níveis progressivamente mais aplicados, articulando teoria, evidências empíricas e possibilidade de intervenção organizacional.

Tabela 1: Caracterização metodológica comparativa entre os três estudos

Elementos de comparação	**Estudo 1**	**Estudo 2**	**Estudo 3**
Finalidade principal	Construir base conceitual	Testar e refinar em contexto real	Desenvolver método aplicável
Estratégia metodológica	Revisão Sistemática de Literatura	Pesquisa-ação	DSR e estudo aplicado
Natureza da evidência	Secundária (literatura científica)	Primária (campo organizacional)	Primária e conceitual
Unidade de análise	Estudos publicados sobre participação	Comitê de segurança e saúde ocupacional	Sistema de gestão da segurança com abordagens participativas
Técnicas de coleta	Busca estruturada, seleção e análise temática	Entrevistas, observações (direta e participante) e análise documental	Entrevistas, observações direta, análise documental e *survey* interno
Tipo de contribuição	Estrutura conceitual	Proposições de redesenho organizacional	Método de avaliação e aprimoramento contínuo
Papel no processo de pesquisa	Exploração e construção	Demonstração empírica	Consolidação e transferência
Etapa na lógica DRS	Construção	Avaliação / Refinamento	Artefato final

3. ARTIGO 1

A knowledge framework of participation supportive of resilient and safe construction projects: a systematic review

Fabrício Borges Cambraia, Tarcísio Abreu Saurin, Iamara Rossi Bulhões e Carlos Torres Formoso

Nota: Este artigo foi publicado no periódico Safety Science.

Link: https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0925753524000845

Safety Science 175 (2024) 106494



Contents lists available at ScienceDirect

Safety Science

journal homepage: www.elsevier.com/locate/safety



A knowledge framework of participation supportive of resilient and safe construction projects: A systematic review

Fabricio Borges Cambraia [a], Tarcisio Abreu Saurin [b,*], Iamara Rossi Bulhões [a], Carlos Torres Formoso [a]

[a] Civil Engineering Post-Graduate Program: Construction and Infrastructure, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Av. Osvaldo Aranha, 99, Porto Alegre, RS CEP 90035-190, Brazil

[b] Industrial Engineering Post-Graduate Program, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Av. Osvaldo Aranha, 99, Porto Alegre, RS CEP 90035-190, Brazil

ARTICLE INFO

Keywords:
Workers' participation
Resilient performance
Safety-I
Safety-II
Construction

ABSTRACT

Workers' participation has long been acknowledged as a means for the harmonization of the technical and social components of socio-technical systems. However, guidance to designers of participatory practices is often implicit in the literature, which also does not jointly address safety and resilient performance, two key business aspects in construction projects. This paper addresses these gaps by proposing a knowledge framework for the design of participatory practices that contribute to safe and resilient construction projects. To this end, a systematic literature review of 33 papers on participation in construction was carried out. Based on a thematic analysis, this review gave rise to a framework composed of seven design meta-principles, seven design principles, and 17 design prescriptions. The seven principles mediate the relationships between the more abstract meta-principles and the more operational prescriptions. The framework encompasses dimensions of participatory practices that can contribute for the design of resilient systems and for the operationalization of both safety-I and safety-II in construction.

1. Introduction

The investigation of workers' influence on decision-making related to work system design has a long history in areas such as social sciences (Strauss, 2006), psychology (Parker et al., 2017), management (Wilkinson et al., 2018), and ergonomics (Burgess-Limerick, 2018). In this study, that influence is referred to as workers' participation (or simply participation), an umbrella term that encompasses others with semantic proximity or used interchangeably such as involvement (Strauss, 2006), collaboration (Jeschke et al., 2021), cooperation (Andersen and Grytnes, 2021), empowerment (Busck et al., 2010), voice (Wilkinson et al., 2018), and autonomy (Grote, 2020).

Studies on participation are often part of the debate regarding the centralization or decentralization of decision-making in organizations, aiming at performance improvement (Busck et al., 2010; Thomas et al., 2012; Grote, 2020). However, participation usually has mixed effects on performance, either desired (e.g., learning) or undesired (e.g., mental stress) (Busck et al., 2010; Hendrick and Kleiner, 2001). Context plays a role on how these mixed implications play out (Burgess-Limerick, 2018; Jeschke et al., 2021). The importance of participation tends to increase as complexity grows (e.g., larger supply chains, higher uncertainty), as the perspectives of multiple actors are necessary to make sense of the functioning of complex systems (Saurin and Gonzalez, 2013). In addition to complexity, other contextual factors relate to the interactions between participation and project management (Hess et al., 2020), organizational culture (Grytnes et al., 2020), as well as company's priority goals such as safety, quality, or productivity, which also set priorities for participation.

This paper is concerned with the contribution of participation to safety in construction sites, consonant with others that indicated the benefits of participation for that purpose (Oswald and Lingard, 2019; Andersen and Grytnes, 2021). In fact, participation is usually mandatory according to safety regulations (Walters, 2010; Grytnes et al., 2020) and standards for safety management systems (ISO, 2018). Further, participation makes logical sense for improving safety as workers have first-hand knowledge of the nature of hazards and the effectiveness of

* Corresponding author.
E-mail addresses: fabricio.cambraia@engenharia.ufjf.br (F.B. Cambraia), saurin@ufrgs.br (T.A. Saurin), iamara.bulhoes@ufrgs.br (I.R. Bulhões), formoso@ufrgs.br (C.T. Formoso).

https://doi.org/10.1016/j.ssci.2024.106494
Received 19 November 2023; Received in revised form 13 January 2024; Accepted 11 March 2024
Available online 14 March 2024
0925-7535/© 2024 Elsevier Ltd. All rights reserved.

control measures (Andersen and Grytnes, 2021; Zhang et al., 2020). Indeed, participation usually has a positive impact on safety performance in construction (Buniya et al., 2021; Hinze, 2002). As a drawback, prior studies do not make it explicit the underlying assumptions of what safety is and how it can be obtained, which is important to understand why participation works as well as its implications beyond the prevention of accidents.

Hollnagel (2014) presents two complementary perspectives of safety, named Safety-I and Safety-II, which can support the analysis of participation. From the Safety-I viewpoint, safety is the condition in which the number of adverse outcomes is as small as possible, a goal obtained mostly through compliance with rules (Hollnagel, 2014). This perspective posits that accidents stem from errors and that safety management should focus on fixing or replacing unreliable parts whether they are of human or technical nature (Hollnagel, 2017). Albrechtsen et al. (2019) and Grill et al. (2017), for instance, investigated participation in the design of safety procedures on construction sites, implicitly using a Safety-I lens.

In Safety-II, safety is the presence of system abilities to cope with expected and unexpected events, acknowledging that both failures and successes arise from the same variabilities of everyday work; this view recognizes that work-as-imagined in procedures and plans tends to differ from work-as-done in reality (Hollnagel, 2014). For instance, Martins et al. (2022) present a case study of explicitly using Safety-II as a basis for a participatory initiative in a construction site. Both perspectives are complementary and learning must occur both from failures, as stressed by Safety-I, and successes, as advocated by Safety-II (Hollnagel, 2014).

Resilience Engineering (RE) accommodates both perspectives (Hollnagel, 2014), thus being adopted as a theoretical lens in this study. RE views organizations as social-technical systems, which means that they are composed of social, technical, organizational, and external environment sub-systems (Hendrick and Kleiner, 2001). As such, RE focuses on understanding how these sub-systems interact with each other (Patriarca et al., 2018). Previous works investigated RE for safety in construction projects (i.e., social-technical systems), indicating its utility for the refinement of practices such as learning through the analysis of everyday work (Martins et al., 2022), safety performance measurement systems (Penaloza et al., 2021), safety procedures (Pardo-Ferreira et al., 2020), and safety inspections (Melo and Costa, 2019). In the context of RE, resilient performance (RP) is defined as "the ability to succeed under varying conditions, so that the number of intended and acceptable outcomes (in other words, everyday activities) is as high as possible" (Hollnagel and Nemeth, 2022, p. 3). RP is emergent, arising from both the self-organization of people who fill out gaps in procedures as well as resources designed in advance (Wachs et al., 2016). On the one hand, RP from self-organization intrinsically involves participation as self-organizing workers make important decisions by themselves, without strict controls from higher ranks and without being fully guided by procedures. On the other hand, designing for RP can include the provision of resources for participation such as training on problem-solving tools and standardized meetings for collaborative planning (Disconzi and Saurin, 2022). Thus, RE offers a systems perspective for the analysis of participation, recognizing its emergent and diverse nature.

Regardless of the contributions of prior studies, the combined use of participation and RE has not been explicitly discussed. Also, as aforementioned, investigations of participation for safety improvement do not make it clear the underlying assumptions on the nature of safety. Moreover, these studies commonly describe existing participatory practices in companies, without emphasizing their interactions with other management practices (e.g., Andersen and Grytnes, 2021; Jeschke et al., 2021; Albrechtsen et al., 2019). There are also some studies on participation in safety management based on literature reviews (Rantsatsi et al., 2020; Noort et al., 2019; Soehod, 2008). For example, the review conducted by Rantsatsi et al. (2020) found 11 success factors for participation in construction projects. While such reviews and empirical studies shed light on what effective participation is, they do not stress how to design participatory practices supportive of RP in safety management. This type of discussion is not explicitly dealt with in the literature, and a dedicated analytical effort is necessary to bring it to the surface.

Therefore, the research question investigated in this study is stated as follows: how can the design of participatory practices contribute to safe and resilient construction projects? To answer this question, a systematic review on participatory safety management practices in construction was carried out. The reviewed papers were analyzed in light of the principles of designing for RP devised by Disconzi and Saurin (2022), which served as data analysis themes for making it explicit what is implicit in the literature. The main outcome of the systematic literature review is a knowledge framework of principles and prescriptions for the design of participatory practices supportive of safety and RP in construction. Principles are more abstract and related to high-level guidance to designers. Prescriptions are more concrete and convey suggestions for action in a given circumstance to achieve an effect (Vaishnavi and Kuechler, 2015).

2. Background

2.1. What is participation?

According to Busck et al. (2010), participation refers to the worker's influence in decision-making related to safety, involving information sharing between people (Andersen and Grytnes, 2021; Jeschke et al., 2021). The operationalization of this concept occurs through participatory practices, which play out as designed organizational routines (Dachler and Wilpert, 1978; Cotton et al., 1988). Table 1 presents eight dimensions of these practices, serving as a reference for their assessment and improvement. These dimensions make it clear the variety of participatory practices, which at the same time offers flexibility for the implementation and make it difficult to choose the most suitable combination for a certain context.

2.2. Design for resilient performance

Design for resilient performance (DfRP) is the use of design principles to support integrated human, technical, and organizational adaptive capabilities (Disconzi and Saurin, 2022). These capabilities should play out before, during and after changes or disturbances, balancing safety and production goals as both are necessary for the system survival (Hollnagel, 2017). Moreover, a resilient system must produce acceptable outcomes (consonant with Safety-II), and not just avoid harmful events (Safety-I) (Hollnagel and Nemeth, 2022). Disconzi and Saurin (2022) developed seven principles of DfRP (Table 2), based on a literature review of seminal studies on human factors, followed by a Delphi study with experts from nine different countries. These principles have an explicit design orientation, which can be useful for the analysis of how participatory practices can be designed to support RP. Prior studies offered pieces of evidence on the applicability of those principles to construction. Hamerski et al. (2023) used these principles to analyze how the Last Planner system of production control supports RP in construction projects. Disconzi et al. (2023) used the same principles to investigate the contribution of tool box safety meetings to RP in construction. In both studies, the principles proved to be useful for the identification of strengths and weaknesses of the existing practices.

3. Research method

3.1. Research strategy

Systematic literature reviews can be used for producing knowledge to inform the design of socio-technical systems (i.e., design knowledge). For example, Ransolin et al. (2022) performed a systematic review that

Table 1
Dimensions of participatory practices related to safety management.

Dimensions	Description
(1) Purpose	The primary purpose depends on the theory underpinning the use of participation (Dachler and Wilpert, 1978). For example, if resilience engineering is such theory, the primary purpose is likely to be related to the improvement of RP. Secondary purposes are linked to the specific objectives of a participatory practice, which contribute to achieving the primary purpose (Dachler and Wilpert, 1978). For example, secondary purposes can be related to the use of participation for the monitoring of safety hazards, which contributes to RP.
(2) Content	It is concerned with the nature of the issues addressed by participation (Cotton et al., 1988) such as safety, quality, training, job design, and company policies. Content and purpose are closely related.
(3) Legitimation	It is the basis for using participation, which can be either formal or informal (Dachler and Wilpert, 1978). In formal practices, participation is guided by written rules stemming, for example, from regulations, contracts, or management policies. Informal practices are based on self-organization and emergent consensus among the participants.
(4) Form	Participation can occur directly or indirectly through representatives (Dachler and Wilpert, 1978). In the former, the worker's involvement is immediate and personal. In the latter, it is mediated through some form of representation by peers.
(5) Intensity	It refers to the extent of workers' influence in decision-making (Busck et al., 2010). Three main possibilities are: consultation, when workers give their opinions but decision-making remains with higher ranks; co-decision, when there is joint decision between workers and their superiors; and self-determination, when workers have full autonomy and responsibility for the decisions taken.
(6) Scope	Scope concerns the nature of the decisions, which can be operational, tactical or strategic (Busck et al., 2010). For example, operational decisions occur on the spot and are related to daily tasks or adjustments to local conditions. Tactical decisions refer to plans to reduce uncertainty and obtain resources. Strategic decisions are related to the design or revisions in the organization's safety management system, not being specific to a given site.
(7) Direction	It concerns the orientation of interactions in relation to the project's command hierarchy, which can be vertical or horizontal (Clegg and Wall, 1984). Vertical interactions (managers and workers, for example) usually rely on formal practices. Horizontal interactions tend to be informal such as those between workers from the same team.
(8) Frequency	According to Haines et al. (2002), participatory practices can be either of permanent use and occur with regular periodicity (e.g., safety committees required by regulations) or be deployed on-demand (e.g., incident investigation).

Table 2
Principles of DfRP (Disconzi and Saurin, 2022).

Principles	Description
(1) There must be functional models of the system	The system's functioning, both under normal and degraded conditions, must be explicitly modelled, in the sense of an articulated understanding. Models must include the main interactions with the external environment. A description of the system's functioning should be available for those who play a role in the design team.
(2) Make variations in performance visible	In complex systems, variations in performance are inevitable. Gathering and sharing this information in real-time is vital to understanding performance.
(3) Use the type of standardization that best fits the nature of the function	Standardization can range from strictly defined process steps to the definition of goals that leave completely open the means for their achievement. A variety of standards, in terms of their level of detail and action or decision-taking specification, might co-exist for different functions in the same system.
(4) Design slack resources and strategies	Slack resources (e.g., equipment, time, money) slow down the propagation of variability and support adaptation. However, some types of slack resources add elements and interactions to the system, increasing complexity and posing their own threats. Slack resources are deployed through slack strategies (i.e., how to use the resource) such as redundancies and reciprocity – e.g., one unit – helps another whose adaptive capacity is saturated.
(5) Design for acceptable performance even under degraded conditions	Design should support the maintenance of acceptable performance, which involves the preservation of higher order goals, even under degraded conditions. This principle can benefit from the slow (or graceful) system degradation, which allows time for action-taking.
(6) Design must involve leveraging diverse perspectives	This principle is applicable both to the design process (i.e., designers should account for diverse perspectives in their decision-making) and to the system resulting from design (i.e., the system should have mechanisms for giving a voice to people from different hierarchical ranks, suppliers, clients, etc.). There can be a tension between the number of perspectives to be considered and the coordination costs of accounting for them. Designers should have the ability, and be given the proper organizational support, to cope with this tension.
(7) Design to support continuous learning at the individual and organizational level	Complex systems offer learning opportunities ranging from everyday work to accidents. Learning in complex systems is harder because impactful events are unlikely to reoccur at the same way. Design can play a major role in supporting continuous individual and organizational learning (e.g., training programs, after-action reviews, incident investigations). Learning should occur from all operations rather than from a specific subset.

resulted in guidelines for built environment design supportive of RP in health services. This type of contribution from systematic reviews is solution oriented rather than problem oriented, and therefore can also be positioned as design science research (Dresch et al., 2015). The resulting contributions have a prescriptive character, while making it clear the role of context and the need for adaptation to particular designs (Van Aken et al., 2016). The disclosure of possible biases in systematic reviews is an important quality marker (Moher et al., 2009). In this investigation, a source of bias worth mentioning is the engineering and management background of the authors. Thus, their concerns with design are possibly stronger compared to researchers with other backgrounds.

3.2. Selection of publications

The selection of publications followed the Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses (PRISMA) steps, described by Moher et al. (2009): identification, screening, eligibility and inclusion (Fig. 1). Identification took place in July 2023 and encompassed three major databases, namely Scopus, Web of Science, and Science Direct. No specific window of time was set for searching the papers. The scope of the search was limited to the title, abstract and keywords of the publications, and the search string used was "participa* OR involve* OR collabora* OR coopera* OR empower* OR autonomy OR voice AND construction AND worker OR workforce OR employee AND safety OR health". Initially, 1818 records were identified in the databases. All of

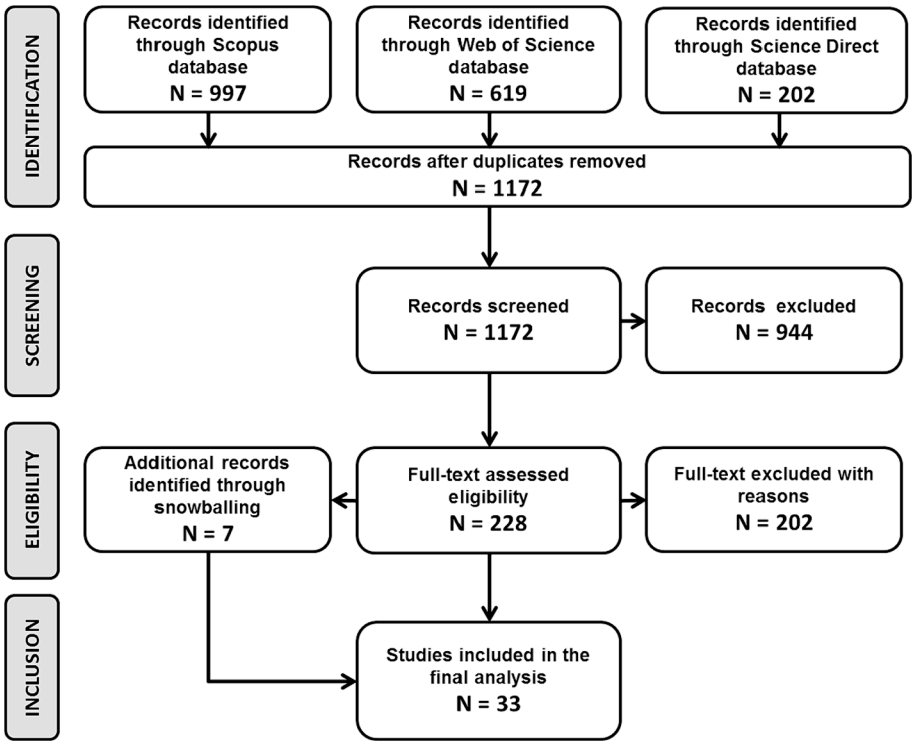


Fig. 1. PRISMA flowchart of the publication selection process.

them were entered into a reference manager and, after removing 660 duplicates, 1172 publications remained at the end of this step.

In the screening stage, the metadata of the publications were analyzed based on five exclusion criteria: (*i*) publications in conference proceedings, books, and magazines; (*ii*) literature reviews; (*iii*) studies in sectors other than construction; (*iv*) questionnaire surveys as these were deemed to provide little information on the role of contextual factors that influenced participation; context is known to affect it (Dachler and Wilpert, 1978); and (*v*) languages other than English. Based on these criteria, 994 publications were excluded.

In the eligibility stage, the remaining 228 publications were read in full. This allowed the exclusion of publications that did not provide enough details of the empirical studies, especially evidence related to the functioning of participatory practices and their implementation context. Moreover, the full reading of the papers led to the identification of seven additional relevant sources in their references, which had not been captured in the identification stage. Snowballing is a commonly used process in systematic reviews (Wohlin et al., 2022). Finally, 33 publications were selected and analyzed as described next.

3.3. Data analysis

The analysis of the selected publications was based on two major stages: (*i*) characterization of the reviewed papers; and (*ii*) development of the knowledge framework. These two stages were partly overlapping and synergistic as they were based on the same data and on multiple readings of the papers. The characterization of the papers accounted for bibliometric information (journal, year of publication, and country where the study was carried out), the theoretical foundation adopted in the studies, and the nature of the participatory practices according to the dimensions presented in Table 1, in addition to the main actors involved, whether internal such as immediate supervisors (e.g., foreman) or external (e.g., regulators and trade unions). The required information for such characterization used to be explicit in the papers. Characterization was important to make it clear the diversity of the selected papers, which captured a number of features of participatory practices that would be ultimately reflected in the knowledge framework.

In turn, the development of the knowledge framework was based on a thematic analysis, following the steps recommended by Pope et al. (2000): familiarization, identifying themes, coding, charting, and mapping and interpretation. This analysis involves going back and forth through the steps as needed. Familiarization involved the repeated reading of the articles, developing an overall awareness of the main issues. Next, the seven principles of DfRP in Table 2 were defined a priori as the initial themes. The coding process occurred through two abstraction levels, namely 1st and 2nd order coding. First order coding was deductive and conducted through the identification of excerpts of text associated with the DfRP principles. For example, the following excerpt of text was associated with the DfRP principle 'make variations in performance visible': "(…) *a construction worker expressed the view that the toolbox talk is important for the planning that occurs in the morning… however, we need verbal communication throughout the day if things change*' (…)" (Zhang et al., 2020). These excerpts, 1st order codes, gave rise to the lowest abstraction level of the knowledge framework, named prescriptions. The presented excerpt, along with similar others, gave rise to the prescription "design participatory practices for the development of a shared situational awareness between workers and managers".

Following, 2nd order coding was inductive, resulting in design principles[1] that grouped prescriptions that shared a similar purpose. For instance, the aforementioned prescription was grouped with others, generating the principle "use participation to support visibility of risks in real-time". Initially, two of the authors (FBC and IRB) performed the coding separately, highlighting relevant excerpts of text and annotating the reasons for their selection. Subsequently, both authors held several meetings to reach a consensus, totaling approximately 20 h. Both of them have degrees in civil engineering and are experienced construction management researchers, one of them an expert in safety management and the other in production management. An additional layer of

[1] The DfRP principles were later renamed as *meta*-principles as presented in the Discussion section.

refinement of this coding involved a thorough review conducted by two senior researchers (TAS and CTF) who were also experts on the investigated topics. The thematic analysis proceeded with the charting stage, in which tables with the results of the codifications were developed (see Section 4). In the mapping and interpretation stage, the knowledge framework was schematically represented and discussed (see Section 5, Discussion).

4. Results

4.1. Characterization of the publications

Of the 33 reviewed articles, 25 (76 %) were published in the last 10 years, revealing that participation is a current research topic, despite some older publications (e.g., Dachler and Wilpert, 1978). Those articles were published in 15 different journals, indicating the interest of a broad audience. Three journals stood out, namely Safety Science (9 papers), Construction Management and Economics (6 papers), and Journal of Safety Research (4 papers). The studies were carried out mostly in developed countries, especially in the United States (9), Denmark (5), UK (5), and Australia (5). Participation was a keyword in 18 publications, followed by involvement (4), collaboration (3), engagement (3), cooperation (2), voice (2) and empowerment (1). Ten papers did not declare the size of the companies involved in the studies, with large companies being focused on 12 papers, medium in 7, and small in 5.

Fig. 2 presents the frequency of using different theoretical perspectives in the papers. The most frequent theoretical lenses were risk management (e.g., Andersen and Grytnes, 2021) and various learning theories (e.g., Hess et al., 2020). RE underpinned only three papers (Martins et al., 2022; Mitropoulos and Cupido, 2009; Saurin et al., 2008). These studies, along with those underpinned by participatory ergonomics (Visser et al., 2018; Dale et al., 2016; Hess et al., 2004), were the only papers that stressed interactions between safety and production, aiming at the improvement of both dimensions, instead of only the avoidance of harm. Although RE was explicit in few publications, it could be implicit in many others. This expectation is consistent with the findings of Penaloza et al. (2020) who conducted a review of safety performance measurement systems and found that the implicit use of RE principles was frequent.

In addition to workers, who were always involved in participatory practices to some extent, other stakeholders took part in those practices. Regarding members from the internal company environment, the most frequent were immediate supervisors (30), middle management (20), health and safety specialists (15), and senior management (10). Regarding the external environment, the most frequent were government representatives (10), trade unions or workers' associations (6), research and training institutions (2), non-governmental organizations (2), and specialized companies (1) such as a producer of videos to support participation, mentioned in Lingard et al. (2015).

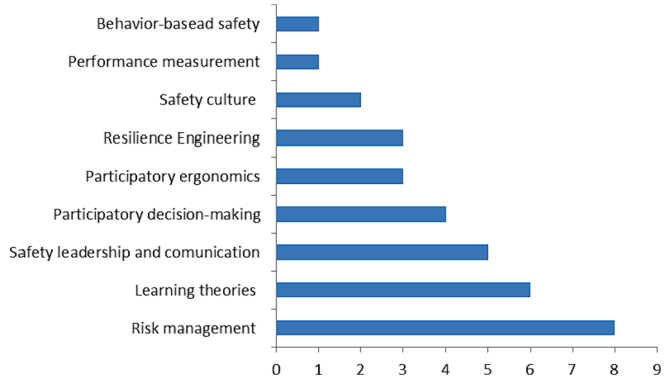


Fig. 2. Frequency of theoretical approaches underpinning the reviewed studies.

Table 3 presents the characterization of the papers according to the dimensions of participatory practices described in Section 2. Formal practices based on consultation and focused on operational decisions corresponded to 21 (64 %) out of 33 papers. For example, Ghosh (2014) describes the use of formal daily huddle meetings in which workers have the opportunity to express their thoughts and concerns relevant to the scope of work for that day ahead. By contrast, only eight papers (24 %) described participation of workers in strategic decision-making such as Peters et al. (2020) and Lingard et al. (2015), who report co-decision to revise company accident prevention policies. As for the frequency, the studies presented a well-distributed emphasis, in terms of three possibilities (regular, on-demand, and both). Overall, the characterization of the publications confirmed that they accounted for a diversity of participatory practices and contexts, thus providing a rich dataset for the development of the knowledge framework.

4.1.1. Principles and prescriptions for designing participatory practices

Based on the procedures described in the method section, seven principles and 17 prescriptions were devised (Table 4). They are presented in detail from Section 4.1.2 to Section 4.1.8. Table 4 also shows the logical relationships that stand out with the principles of DfRP (all of them were taken into account), renamed as meta-principles.

4.1.2. Map the participation of different stakeholders in safety management (P1)

Participatory practices interact with other management practices internal and external to construction sites. Therefore, participatory practices should be included in functional models of construction project management, setting a basis for understanding their role in the project and safety management systems. Based on these premises, the principle "map the participation of different stakeholders in safety management" gave rise to two design prescriptions. The first refers to the assessment of the influence of external actors on participation. In fact, participation is often a regulatory requirement in construction. Grytnes et al. (2020) exemplify this approach in Denmark, discussing mandatory regular safety meetings in construction sites, with representatives of workers and managers. That study found that the engagement of participants was low as the agenda of priority problems was set by the site safety manager who gave scant attention to the viewpoint of workers.

The second prescription refers to the assessment of the influence of company management policies on participation. The relevance of this prescription is exemplified by Andersen and Grytnes (2021) who concluded that company safety policy, whether implicit or explicit, shapes how participation plays out. In this case, participation was used as a means of implementing safety policies that overemphasized strict

Table 3
Characterization of the papers according to the dimensions of participatory practices.

Dimensions	Sub-dimensions	Number of papers
Purpose	Performance improvement	33
Content	Safety	33
Legitimation and form	Direct formal	26
	Indirect formal	12
	Informal	15
Intensity	Consultation	21
	Co-decision	15
	Self-determination	15
Scope of decisions	Operational	27
	Tactical	10
	Strategic	8
Direction	Vertical	26
	Horizontal	0
	Both	7
Frequency	Regular	10
	On demand	13
	Both	10

Table 4
Principles and prescriptions of participation supportive of safe and resilient construction projects.

Principles	Prescriptions	Meta-principles (DfRP)
P1. Map the participation of different stakeholders in safety management	P1.1. Assess the influence of external actors on participation P1.2. Assess the influence of company management policies on participation	There must be functional models of the system
P2. Use participation to support visibility of risks in real-time	P2.1. Design participatory practices that foster shared situational awareness between workers and managers P2.2. Leverage the knowledge of experienced workers in the riskiest tasks P2.3. Encourage workers to report risks and speak up when they realize imminent risks	Make variations in performance visible
P3. Use participation to align work-as-imagined and work-as-done	P3.1. Design work standards oriented to safety training P3.2. Design work procedures that integrate production and safety planning P3.3. Create mechanisms for approximation between top management and workers	Use the type of standardization that best fits the nature of the function
P4. Use participation for mobilizing slack resources	P4.1. Encourage the mobilization of specialized professionals P4.2. Facilitate access to material resources to support safety	Design slack resources and strategies
P5. Design for participation as a resource under degraded conditions	P5.1. Use adaptive coping strategies under degraded conditions P5.2. Use external observers to improve the system ability to identify early warnings of degraded conditions	Design for acceptable performance even under degraded conditions
P6. Promote diversity of participatory practices	P6.1. Use complementary participatory practices P6.2. Create supportive conditions to informal participatory practices	Design must involve leveraging diverse perspectives
P7. Use participation to support learning	P7.1. Design participatory practices that stimulate learning from both success and failure P7.2. Design participatory practices at the company level P7.3. Promote the development of both technical and non-technical skills	Design to support continuous learning at the individual and organizational level

compliance with rules, paying little heed to the role of context. Those authors report that such an approach contributed to workers' distrust and resistance to participation.

4.1.3. Use participation to support visibility of risks in real-time (P2)

This principle recognizes participation as a means of information sharing on safety risks, preferably in real-time. Such sharing can develop workers' risk assessment skills as they will be frequently required to reflect on whether a certain working situation is sufficiently safe. The principle includes three prescriptions. The first one consists of developing a shared situational awareness between workers and managers. It can be illustrated by routine safety inspections jointly conducted by workers and managers (Zhang et al., 2020; Kines et al., 2010). The effectiveness of these inspections depends on trust between the parties. For example, trust can be undermined if photographs taken during the inspections are used for harassment or punishment of those under inspection (Grytnes et al., 2020). Daily safety huddles further exemplify this prescription as these meetings involve representatives from different hierarchical ranks and participants are encouraged to share their safety concerns with others (Jeschke et al., 2017; Ghosh, 2014).

The second prescription refers to taking advantage of the knowledge of experienced workers in the riskiest tasks, leveraging on their expertise. Andersen and Grytnes (2021) describe the benefits of using this prescription in earth excavation work, in which tacit knowledge of experienced workers was crucial for coping with uncertainty and adaptation of rules to the context. Similarly, Kaskutas et al. (2013) highlight the benefits of horizontal participation through the formation of crews composed of inexperienced workers alongside experienced ones for work at height.

The third prescription consists of encouraging workers to report risks and speak up when they realize imminent risks. For example, workers can be encouraged to report near misses as these are wake-up calls indicating the need for corrective measures (Cambraia et al., 2010). However, it is well-established that a just organizational culture is necessary for reporting (Dekker and Breakey, 2016). Oswald and Lingard (2019) highlight the characteristics of managers who favor the voice of workers, such as openness to dialogue and willingness to collaborate in solving problems. Low turnover and stable team composition also enhance the use of voice due to the trust built by peers in work relationships (Andersen and Grytnes, 2021).

4.1.4. Use participation to align work-as-imagined and work-as-done (P3)

This principle regards participation as a means to align work-as-imagined and work-as-done. While some authors use the term *reduce* the gap between work-as-imagined and work-as-done (e.g., Boskeljon-Horst et al., 2024), others prefer the term *align* (e.g., Tresfon et al., 2022; Clay-Williams et al., 2015). The term *align* was chosen in this study as it conveys that work-as-imagined must be compatible with work-as-done, without judging one as superior over the other (Hollnagel, 2014). The term *reduce* can be misunderstood as a recommendation to fully comply with procedures regardless of the context; work-as-imagined is not necessarily safer than work-as-done. In particular, *eliminating* the gap between work representations, which can also include others such as work-as-disclosed and work-as-trained (Patriarca et al., 2021), is not necessarily a goal worth pursuing as the different representations offer complementary perspectives. Further, in activities characterized by high uncertainty, significant gaps are inevitable to cope with unexpected events (Hale and Borys, 2013).

Three prescriptions were identified. The first is related to the use of participation for the design of training programs. Training designers must produce credible training materials and scenarios that resemble work-as-done, preparing workers to cope with a wide range of variabilities. Hess et al. (2020) describe the participation of apprentices of masons in the development of a training program, aiming at the reduction of musculoskeletal injuries. Lingard et al. (2015) report workers involvement in the production of videos for training in safe work practices, contributing to identifying policies did not match reality, and capturing workers' tacit knowledge.

The second prescription refers to participation for the design of procedures that integrate safety and production planning. Albrechtsen et al. (2019) exemplify this prescription, discussing the involvement of workers in the preparation of job safety analyses, a planning technique that addresses both safety and production issues. Similarly, Kawakami (2016) reports a participatory training program at the industry-level, in which workers from several construction companies contributed with ideas to develop new construction equipment (e.g., wheelbarrows) using low-cost and locally available materials.

The third prescription is concerned with reducing physical and social barriers between managers and workers, the former being characterized by spatial separation and the latter associated with social and professional status (Jeschke et al., 2021). Those barriers can inhibit the participation of the workers in safety management, creating misalignments between work-as-imagined and work-as-done. Recreational and social activities involving managers and workers can contribute to remove such barriers (Zhang et al., 2020). Another approach to reducing barriers involves participatory practices whose design demands frequent interactions between workers and higher ranks such as site safety committees (Grytnes et al., 2020; Tonnon et al., 2018) and collaborative safety inspections (Stiles et al., 2018). It is also worth noting that in small companies, physical and social separation between management and workers is usually smaller, although resources in general tend to be scarcer (Tonnon et al., 2018; Dale et al., 2016).

4.1.5. Use participation for mobilizing slack resources (P4)

This principle recognizes participation as a means to mobilize slack resources, which are well-known assets to safety and RP (Fireman et al., 2023; Perrow, 1984). Bourgeois (1981) defines slack as "a cushion of actual or potential resources which allows an organization to adapt successfully to internal pressures for adjustment or to external pressures for change in policy". Slack resources can be as diverse as time, money, material, people, space, and equipment, among others (Saurin and Werle, 2017). Two prescriptions are related to this principle. First, the design of participatory practices can support the mobilization of specialized professionals (including front-line workers) who bring unique perspectives, additional to those of regular stakeholders. Oswald and Lingard (2019) report examples of health and safety specialists who recognized that their knowledge had gaps and sought expert workers. Foremen are usually in a good position to identify such workers in a construction site (Andersen and Grytnes, 2021).

Second, the design of participatory practices should facilitate access to material resources necessary for safety, which occasionally need to be accessed on-demand. This can be obtained, for example, through the installation of self-service earplug dispensers, which reduces bureaucracy to obtain personal protective equipment (Lawani et al., 2017), and gives autonomy to workers in getting new or additional equipment. Similarly, Oswald and Lingard (2019) report the sharing of equipment and tools (i.e., one crew serving as slack resource to another) through on-site meetings for coordination between subcontractor supervisors. In this case, the supervisors had the role of representing their crew, consisting of indirect participation. By contrast, Tonnon et al. (2018) describe the difficulties faced by an operational team to gain access to hoisting equipment available at another site.

4.1.6. Design for participation as a resource under degraded conditions (P5)

This principle recognizes the value of participation under degraded conditions such as scarcity of resources, stress, mismatches between demand and capacity, and trade-offs decisions. While working under degraded conditions should not be assumed as normal, complex sociotechnical systems often find themselves under these circumstances. There are two prescriptions associated with this principle. The first implies in using adaptive coping strategies without compromising higher-order goals such as survival and the production of the minimum acceptable system outputs. Liang et al. (2021) found that stressful workers were more likely to bypass safety procedures. Workers were advised to adopt adaptive coping behaviors (e.g., seek support from peers) while restraining maladaptive ones (e.g., use of alcohol or drugs as a means of emotional discharge) (Liang et al., 2021). Workers' participation in decisions related to task assignment to crews, including definition of realistic deadlines, can also contribute to the reduction of stress (Jeschke et al., 2021).

The second prescription acknowledges the importance of having external observers to identify early warnings of degraded conditions. External observers can be regarded as a source of creative distrust, which can challenge overconfidence in the effectiveness of safety measures (Conchie and Donald, 2008). As such, external observers may bring fresh perspectives that challenge the normalization of risks taken for granted by internal observers. Workers participate as a source of information to external observers. Andersen and Grytnes (2021) report the case of safety risks that were tacitly agreed by workers and managers as tolerable in order to preserve good social relations between both groups. Researchers acted as external observers that challenged these perceptions. Moreover, Jeschke et al. (2021) report an example in which managerial decisions taken under time pressure created degraded working conditions that made workers to contact the labor inspectorate to express their concerns. Working under risky conditions over a long time is a degraded condition that was tackled in this context.

4.1.7. Use complementary participatory practices (P6)

This principle is based on the premise that participatory practices differ in their strengths and weaknesses, influencing safety and RP differently. Two prescriptions emerged from the review. The first argues for the use of complementary practices. As an example of complementary practices that enable direct participation, joint inspections conducted by workers and managers (Grytnes et al., 2020) can produce information for the collaborative development of safety procedures (Albrechtsen et al., 2019), while these set out a reference for inspections. Another example refers to mandatory bipartite (workers and employers) site committees for joint resolution of safety problems (Grytnes et al., 2020) and the *ad-hoc* committees formed for participatory ergonomics interventions (Visser et al., 2018). Issues addressed in both committees are likely to be partly overlapping, offering opportunities for reciprocal learning.

The second prescription is concerned with the provision of supportive conditions to informal participatory practices, which rely on workers' initiative and voluntary actions (Grote, 2020; Oswald and Lingard, 2019). Formal practices can serve as support to the informal practices, such as the organization of social gatherings that promote rapprochement between the actors who work on the construction site (Liang et al., 2021), and actions for encouraging workers to speak up without fear of being disciplined (Hess et al., 2020).

4.1.8. Use participation to support learning (P7)

This principle is based on two premises: (*i*) learning benefits from diverse perceptions of risk and safety (e.g., of managers and workers) (Andersen and Grytnes, 2021); and (*ii*) workers' learning is a key as they form the vast majority of the workforce, besides being those that carry out the main value-adding activities in construction sites. Three design prescriptions emerged from this principle.

The first prescription is to design participatory practices that stimulate learning from both success and failure. This dual interest, which is central to the joint use of Safety-I and Safety-II (Hollnagel, 2014), is worth emphasizing as participatory practices are usually limited to learning from failure. For example, Grytnes et al. (2020) describe weekly safety meetings between workers and managers that were based on the discussion of adverse events identified at the construction site. The study revealed that the overemphasis on failures triggered mistrust instead of promoting a fertile environment for learning. By contrast, Martins et al. (2022) proposed a framework, explicitly based on Safety-II, for understanding gaps in procedures and learning from both successes and failures.

The second prescription is concerned with participatory practices at the company level and based on learning from actors external to projects. Such actors can hold specialized knowledge to make sense of non-trivial situations. Peters et al. (2020) describe a case study of the bipartite committee of an excavation subcontractor, which used to review safety measures aimed at detecting chemicals in the air and soil during excavation. Solutions were complex and required actions at multiple organizational levels, including the relationship between the

contractor and subcontractors. The company willingness to take part in industry (Kawakami, 2016) or research (Visser et al., 2018) projects that encourage participation also exemplify this design prescription.

The third prescription refers to the learning of both technical and non-technical skills by workers. Technical skills relate to the use of intellect, dexterity and motor coordination to deal with materials, tools and procedures, while non-technical skills are personal, social, and cognitive skills that contribute to safe and efficient work (Wachs et al., 2012). Non-technical skills are relatively less domain-specific and thus applicable to a wider range of settings (Wachs et al., 2012). Hess et al. (2020) assessed training for bricklayer apprentices who were jointly developing technical (e.g., response to safety risks) and non-technical skills (e.g., communication and problem solving). Those authors found that the joint development of both types of skills contributed to increase workers active involvement in the preventive actions. Similarly, Jeschke et al. (2017) evaluated a training program to improve both technical (e.g., planning of production activities) and non-technical skills (e.g., communication of risks) of foremen in conducting daily dialogues with workers. The results pointed out that most foremen experienced positive changes in their interactions with workers, who became more involved in safety decisions. It is worth noting that, regardless of the type of skills, participation can become uninteresting when it involves trivial decisions (Hendrick and Kleiner, 2001) or decisions that are out of tune with the workers' reality (Grytnes et al., 2020).

5. Discussion

The systematic review made it clear the myriad of manifestations of participation, involving a number of combinations between the dimensions presented in Table 1. These manifestations, across their different levels of abstraction, gave rise to the knowledge framework represented in Fig. 3. The framework is composed of three layers: seven meta-principles (MP), seven principles (P_i), and 17 prescriptions (P_{ij}). The principles of DfRP by Disconzi and Saurin (2022) were renamed (maintaining the numbering defined in Table 2) as meta-principles as they are not participation-specific and are useful for the re-interpretation of a number of management practices. These meta-principles served as data analysis themes for the identification of the principles and prescriptions, thus establishing a verifiable and logical connection between those and RP. The MP appear at the center of Fig. 3 as the other layers emerged from them.

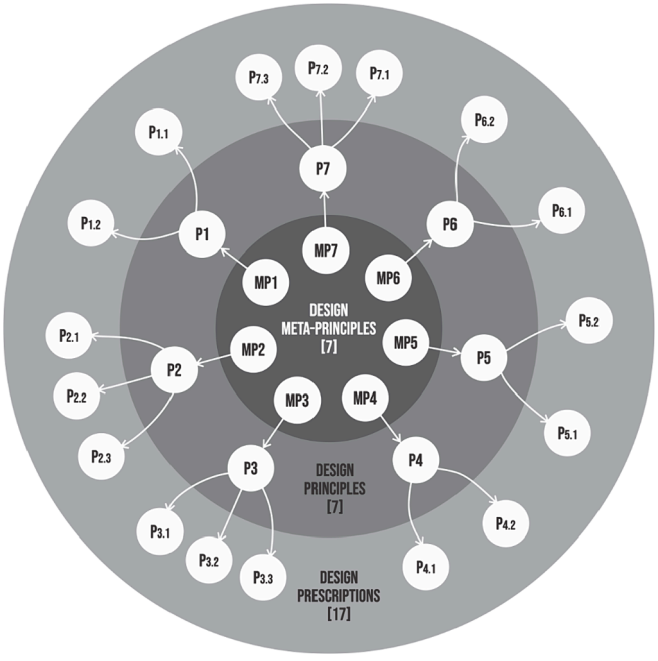


Fig. 3. Knowledge framework of participation supportive of resilient and safe construction projects.

The framework contributes to the design of participatory practices supportive of RP and safety, which might be regarded as practices of DfRP. These practices are designed managerial processes and tools that operationalize the DfRP principles, necessarily including a human component; a technical component is useful but not fundamental for a practice of DfRP (Disconzi and Saurin, 2024). Note that not all practices of DfRP involve workers' participation – e.g., keeping specialized teams on standby to respond to abnormalities on demand (Disconzi and Saurin, 2022).

The use of participatory practices triggers changes in systems, creating opportunities for unintended consequences (Perrow, 1984). The bureaucratization of safety management (Dekker, 2014) can be one of those consequences as the formal participatory practices involve new routines, documentation, control, time and labor commitment. From one hand, those practices increase workers' skills and knowledge, preparing them to informal participation. This type of participation (e.g., collaborative problem-solving on the spot) is likely to be crucial for the responding ability of resilient systems as such responses often need to be deployed under time pressure (Hollnagel, 2017) that may not fit well with standardized routines. On the other hand, formal participatory practices often occur in a predetermined time and place, being potentially more suitable for enhancing the resilience abilities of anticipating, learning, and monitoring, which can demand more time for reflection. Due to the mixed implications of participation, its cost-effectiveness should be assessed, not necessarily in monetary terms. The best manifestations of RP (and possibly of participatory practices supportive of RP) tend to require little or no investment and give rise to mostly desired outcomes, whose benefits are long-lasting and reaped by both workers and managers (Saurin et al., 2023).

Considering that work system design is an iterative process (Clegg, 2000), the presented ordering of the principles does not imply a strict implementation sequence. However, P7 (use participation to support learning) seems to serve as a basis for all the others as learning applies to the continuous improvement of the participatory practices themselves. Additionally, RE researchers view learning as the process of understanding the system, sharing knowledge, and re-designing system properties (Degerman and Wallo, 2024); participation can benefit all of these purposes.

Due to these interactions between the principles, along with the influence of contextual factors, the framework is not a recipe for standardized implementation. A similar argument has been made by studies on safety management best practices in construction (Bridi et al., 2021). Moreover, RP, safety, and participation are not the end goals of any organization (Wiig et al., 2020). Thus, the most suitable form of participation, and the relative importance of the principles and prescriptions, depends on the company strategies and priorities as well as project characteristics (Wahl et al., 2020; Ham, 2021). For instance, P5 (design for participation as a resource under degraded conditions) might be more relevant for highly complex construction projects subjected to extreme time pressure as well as during crises that seriously hinder the availability of resources such as the COVID-19 pandemic.

The knowledge framework also contributes to the operationalization of both Safety-I and Safety-II in construction sites. It indicates that construction companies do not need to develop new practices in order to implement Safety-II but rather identify which (and why) of their existing practices are consonant with this concept. Participation in Safety-II seems to be mostly a matter of *how* to implement participatory practices instead of *which* practices should be implemented. For example, joint safety inspections by workers and managers can be conducted using either a Safety-I (e.g., pinpointing non-compliances with regulations) or Safety-II approach (e.g., understanding why non-compliances occur without necessarily regarding these are undesirable as well as learning from what goes well). This is important to highlight as there

have been criticisms, both in construction and in other sectors, of Safety-II as a theoretical idea difficult to be translated into practice (Harvey et al., 2019; Ale et al., 2021). In this respect, managers can use the principles and prescriptions of the knowledge framework as a benchmark to analyze how their participatory practices are positioned in relation to the RE and Safety-II perspectives.

Finally, it is worth making it explicit that the framework addresses the intersection between participation, RP, and safety (Fig. 4). Participation is treated as a means of improving RP and safety (regarded as the joint use of Safety-I and Safety-II), consonant with the utilitarian view of participation favoured by several studies (e.g., Botti et al., 2022; Mirza et al., 2022). As such, participation helps to give coherence and harmony to the technical and social elements of socio-technical systems (Guimarães et al., 2015). The relationships between safety and resilience are bi-directional. On the one hand, safety, from the Safety-I viewpoint, benefits RP as a resilient system needs to avoid accidents and occasionally survive and recover from them. On the other hand, RP benefits safety, from the Safety-II viewpoint, as the adjustments to cope with variabilities are often crucial for successful performance. However, RP and safety do not always go hand-in-hand - e.g., RP may be overused at the expense of workers safety and health (Terra et al., 2023). Thus, it is important to present RP and safety as distinctive outcomes of participation.

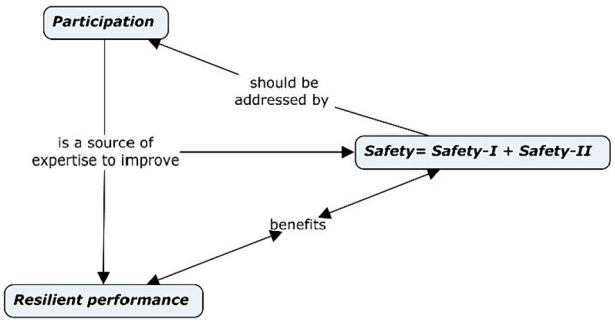


Fig. 4. Main relationships between the three topics encompassed by the framework – participation, RP, and safety.

6. Conclusions

This paper investigated the question of how the design of participatory practices can contribute to safe and resilient construction projects. This question was addressed by the knowledge framework presented in Fig. 3, along with Table 4 and its corresponding detailing. This is an original contribution to the participation, construction safety, and resilience management literature, as the intersection between these three topics had not been addressed so far. Prior studies had not articulated the principles and prescriptions of designing participation aimed at safety and RP. Formal participatory practices were framed as practices of DfRP, which can benefit informal participation supportive of RP. Such RP involves filling out gaps in procedures, and participation is a vast source of expertise useful for that purpose. In addition, the safety emphasis of the framework also has a resilience rationale as resilient systems must survive and thrive under both expected and unexpected conditions; safety is a precondition for survival.

The framework can be used by safety managers as a source of ideas either for developing or improving existing participatory practices. The framework can also be updated and expanded, incorporating local best practices. Additionally, managers can be prompted to reflect on whether participatory practices are aligned with safety-II, which in turn can make them to think about the suitability of safety-II to their context.

There are some limitations to this study. First, the focus on participation for safety means that studies stressing other business dimensions (e.g., quality, sustainability) were not included. Second, the framework does not explicitly specify the contextual factors that should be observed to design participation fit for purpose in specific settings. Third, and as a consequence of the previous limitation, the interactions between the participatory practices and other practices of DfRP were not explored. Fourth, this review did not provide quantitative evidence of the impact of participation on the safety and RP of construction projects. In fact, such evidence was not found in the literature review.

Opportunities for future studies stemmed from this investigation. They are: (*i*) to expand the literature review as to address participation focused on topics other than safety; (*ii*) to identify the contextual factors that affect the use of the framework; (*iii*) to assess the use of the framework in a large sample of companies, allowing the quantitative investigation of the impacts on safety and RP; (*iv*) to carry out case studies of applying the framework for the design of safe and resilient systems in construction; (*v*) to continuously refine the framework, including new principles and prescriptions, based on their use in a wide range of contexts; (*vi*) to develop new participatory practices for construction projects, explicitly based on concepts from resilience management and Safety-II; and (*vii*) to assess the impacts of the information and communication technologies (e.g., smartphones, social networks) on participation. Despite the growing use of such technologies, these were not stressed by the reviewed papers, suggesting an under explored research topic.

CRediT authorship contribution statement

Fabricio Borges Cambraia: Writing – review & editing, Writing – original draft, Visualization, Methodology, Investigation, Formal analysis, Conceptualization. **Tarcisio Abreu Saurin:** Writing – review & editing, Writing – original draft, Supervision, Methodology, Formal analysis, Conceptualization. **Iamara Rossi Bulhões:** Writing – review & editing, Investigation, Formal analysis, Conceptualization. **Carlos Torres Formoso:** Writing – review & editing, Validation, Supervision, Methodology, Conceptualization.

Declaration of competing interest

The authors declare that they have no known competing financial interests or personal relationships that could have appeared to influence the work reported in this paper.

Data availability

Data will be made available on request.

References

Albrechtsen, E., Solberg, I., Svensli, E., 2019. The application and benefits of job safety analysis. Saf. Sci. 113, 425–437.
Ale, B.J.M., Hartford, D.N.D., Slater, D.H., 2021. Prevention, precaution and resilience: are they worth the cost? Saf. Sci. 140, 105271 https://doi.org/10.1016/j.ssci.2021.105271.
Andersen, L.P.S., Grytnes, R., 2021. Different ways of perceiving risk and safety on construction sites and implications for safety cooperation. Constr. Manag. Econ. 39 (5), 419–431.
Boskeljon-Horst, L., de Boer, R.J., Dekker, S.W.A., 2024. Reducing gaps between paper and practice requires more than a technical alignment. Saf. Sci. 170, 106291.
Botti, L., Melloni, R., Oliva, M., 2022. Learn from the past and act for the future: a holistic and participative approach for improving occupational health and safety in industry. Saf. Sci. 145, 105475.
Bourgeois, J., 1981. On the measurement of organizational slack. Acad. Manag. Rev. 6 (1), 29–39.
Bridi, M.E., Formoso, C.T., Saurin, T.A., 2021. A systems thinking based method for assessing safety management best practices in construction. Saf. Sci. 141, 105345.
Buniya, M.K., Othman, I., Sunindijo, R.Y., Kashwani, G., Durdyev, S., Ismail, S., Li, H., 2021. Critical success factors of safety program implementation in construction projects in Iraq. Int. J. Environ. Res. Public Health 18 (16), 8469.
Burgess-Limerick, R., 2018. Participartory ergonomics: evidence and implementation lessons. Appl. Ergon. 68, 289–293.
Busck, O., Knudsen, H., Lind, J., 2010. The transformation of employee participation: consequences for the work environment. Econ. Ind. Democr. 31 (3), 285–305.

Cambraia, F.B., Saurin, T.A., Formoso, C.T., 2010. Identification, analysis and dissemination of information on near misses: a case study in the construction industry. Saf. Sci. 48 (1), 91–99.
Clay-Williams, R., Hounsgaard, J., Hollnagel, E., 2015. Where the rubber meets the road: using FRAM to align work-as-imagined with work-as-done when implementing clinical guidelines. Implement. Sci. 10 (1), 1–8.
Clegg, C.W., 2000. Sociotechnical principles for system design. Appl. Ergon. 31 (5), 463–477.
Clegg, C.W., Wall, T.D., 1984. The lateral dimension to employee participation. J. Manag. Stud. 21 (4), 429–442.
Conchie, S.M., Donald, I.J., 2008. The functions and development of safety-specific trust and distrust. Saf. Sci. 46, 92–103.
Cotton, J.L., Vollrath, D.A., Froggatt, K.L., Lengnick-Hall, M.L., Jennings, K.R., 1988. Employee participation: diverse forms and different outcomes. Acad. Manag. Rev. 13 (1), 8–22.
Dachler, H.P., Wilpert, B., 1978. Conceptual dimensions and boundaries of participation in organizations: a critical evaluation. Adm. Sci. Q. 1–39.
Dale, A.M., Jaegers, L., Welch, L., Gardner, B.T., Buchholz, B., Weaver, N., Evanoff, B.A., 2016. Evaluation of a participatory ergonomics intervention in small commercial construction firms. Am. J. Ind. Med. 59 (6), 465–475.
Degerman, H., Wallo, A., 2024. Conceptualising learning from resilient performance: a scoping literature review. Appl. Ergon. 115, 104165.
Dekker, S.W., 2014. The bureaucratization of safety. Saf. Sci. 70, 348–357.
Dekker, S.W., Breakey, H., 2016. Just culture: improving safety by achieving substantive, procedural and restorative justice. Saf. Sci. 85, 187–193.
Disconzi, C.M.D.G., Saurin, T.A., Kongsvik, T., 2023. Design for resilient performance: a study of toolbox talks in construction. In: 10th Resilience Engineering Association Symposium. Sophia Antipolis, France.
Disconzi, C.M.D.G., Saurin, T.A., 2022. Design for resilient performance: concept and principles. Appl. Ergon. 101, 103707.
Disconzi, C.M.D.G., Saurin, T.A., 2024. Principles and practices of designing for resilient performance: an assessment framework. Appl. Ergon. 114, 104141.
Dresch, A., Lacerda, D.P., Cauchick Miguel, P.A., 2015. A distinctive analysis of case study, action research and design science research. Rev. Bus. Manag. 17 (56), 1116–1133.
Fireman, M.C.T., Saurin, T.A., Formoso, C.T., Koskela, L., Tommelein, I.D., 2023. Slack in production planning and control: a study in the construction industry. Constr. Manag. Econ. 41 (3), 256–276. https://doi.org/10.1080/01446193.2022.2135749.
Ghosh, S., 2014. Does formal daily huddle meetings improve safety wareness? Int. J. Constr. Educ. Res. 10 (4), 285–299.
Grill, M., Pousette, A., Nielsen, K., Grytnes, R., Törner, M., 2017. Safety leadership at construction sites: the importance of rule-oriented and participative leadership. Scand. J. Work Environ. Health 43 (4), 375–384.
Grote, G., 2020. Safety and autonomy: a contradiction forever? Saf. Sci. 127, 104709 https://doi.org/10.1016/j.ssci.2020.104709.
Grytnes, R., Tutt, D.E., Andersen, L.P.S., 2020. Developing safety cooperation in construction: between facilitating independence and tightening the grip. Constr. Manag. Econ. 38 (11), 977–992.
Guimarães, L.B., Anzanello, M.J., Ribeiro, J.L.D., Saurin, T.A., 2015. Participatory ergonomics intervention for improving human and production outcomes of a Brazilian furniture company. Int. J. Ind. Ergon. 49, 97–107.
Haines, H., Wilson, J.R., Vink, P., Koningsveld, E., 2002. Validating a framework for participatory ergonomics (the PEF). Ergonomics 45 (4), 309–327.
Hale, A., Borys, D., 2013. Working to rule, or working safely? Part 1: a state of the art review. Saf. Sci. 55, 207–221.
Ham, D.-H., 2021. Safety-II and resilience engineering in a nutshell: an introductory guide to their concepts and methods. Saf. Health Work 12(1), 10–19. doi: 10.1016/j.shaw.2020.11.004.
Hamerski, D.C., Saurin, T.A., Formoso, C.T., Isatto, E.L., 2023. The contributions of the last planner system to resilient performance in construction projects. Constr. Manag. Econ. 1–18.
Harvey, E.J., Waterson, P., Dainty, A.R., 2019. Applying HRO and resilience engineering to construction: barriers and opportunities. Saf. Sci. 117, 523–533.
Hendrick, H.W., Kleiner, B.M., 2001. Macroergonomics: an introduction to work system design. Hum. Fact. Ergon. Soc.
Hess, J.A., Hecker, S., Weinstein, M., Lunger, M., 2004. A participatory ergonomics intervention to reduce risk factors for low-back disorders in concrete laborers. Appl. Ergon. 35 (5), 427–441.
Hess, J.A., Kincl, L., Weeks, D.L., Vaughan, A., Anton, D., 2020. Safety voice for ergonomics (SAVE): evaluation of a masonry apprenticeship training program. Appl. Ergon. 86, 103083.
Hinze, J., 2002. Making Zero Injuries a Reality: A Report to the Construction Industry Institute. University of Florida, Gainesville. Report 160.
Hollnagel, E., 2014. Safety-I and Safety-II: The Past and Future of Safety Management. Ashgate, London, p. 187.
Hollnagel, E., 2017. Safety-II in Practice: Developing the Resilience Potentials. Routledge, New York, p. 130.
Hollnagel, E., Nemeth, C.P., 2022. From resilience engineering to resilient performance. In: Advancing Resilient Performance. Springer, Cham, pp. 1–9.
ISO - International Organization for Standardization, 2018. Occupational health and safety management systems: requirements with guidance for use (ISO 45001:2018). International Organization for Standardization, Geneva.
Jeschke, K.C., Kines, P., Rasmussen, L., Andersen, L.P.S., Dyreborg, J., Ajslev, J., Andersen, L.L., 2017. Process evaluation of a toolbox-training program for construction foremen in Denmark. Saf. Sci. 94, 152–160.
Jeschke, K.N., Waldorff, S.B., Dyreborg, J., Kines, P., Ajslev, J.Z., 2021. Complaining about occupational safety and health: a barrier for collaboration between managers and workers on construction sites. Constr. Manag. Econ. 39 (6), 459–474.
Kaskutas, V., Dale, A.M., Lipscomb, H., Evanoff, B., 2013. Fall prevention and safety communication training for foremen: report of a pilot project designed to improve residential construction safety. J. Saf. Res. 44, 111–118.
Kawakami, T., 2016. Participatory training to improve safety and health in small construction sites in some countries in Asia: development and application of the WISCON training program. New Solut. 26 (2), 208–219.
Kines, P., Andersen, L.P., Spangenberg, S., Mikkelsen, K.L., Dyreborg, J., Zohar, D., 2010. Improving construction site safety through leader-based verbal safety communication. J. Saf. Res. 41 (5), 399–406.
Lawani, K., Hare, B., Cameron, I., 2017. Developing a worker engagement maturity model for improving occupational safety and health (OSH) in construction. J. Const. Project Manag. Innov. 7 (2), 2116–2126.
Liang, Q., Leung, M.-Y., Ahmed, K., 2021. How adoption of coping behaviors determines construction workers' safety: a quantitative and qualitative investigation. Saf. Sci. 133, 105035.
Lingard, H., Pink, S., Harley, J., Edirisinghe, R., 2015. Looking and learning: using participatory video to improve health and safety in the construction industry. Constr. Manag. Econ. 33 (9), 740–751.
Martins, J.B., Carim Jr, G., Saurin, T.A., Costella, M.F., 2022. Integrating safety-I and safety-II: Learning from failure and success in construction sites. Saf. Sci. 148, 105672.
Melo, R.R.S., Costa, D.B., 2019. Integrating resilience engineering and UAS technology into construction safety planning and control. Eng. Constr. Archit. Manag. 26 (11), 2705–2722.
Mirza, M., Isha, A., Memon, M., Azeem, S., Zahid, M., 2022. Psychosocial safety climate, safety compliance and safety participation: the mediating role of psychological distress. J. Manag. Organ. 28 (2), 363–378.
Mitropoulos, P.T., Cupido, G., 2009. The role of production and teamwork practices in construction safety: a cognitive model and an empirical case study. J. Saf. Res. 40 (4), 265–275.
Moher, D., Liberati, A., Tetzlaff, J., Altman, D.G., 2009. Preferred reporting items for systematic reviews and meta-analyses: the PRISMA statement. Int. J. Surg. 8 (5), 336–341.
Noort, M.C., Reader, T.W., Gillespie, A., 2019. Speaking up to prevent harm: a systematic review of the safety voice literature. Saf. Sci. 117, 375–387.
Oswald, D., Lingard, H., 2019. Development of a frontline H&S leadership maturity model in the construction industry. Saf. Sci. 118, 674–686.
Pardo-Ferreira, M.D.C., Rubio-Romero, J.C., Gibb, A., Calero-Castro, S., 2020. Using functional resonance analysis method to understand construction activities for concrete structures. Saf. Sci. 128, 104771.
Parker, S.K., Morgeson, F.P., Johns, G., 2017. One hundred years of work design research: looking back and looking forward. J. Appl. Psychol. 102 (3), 403–420.
Patriarca, R., Bergström, J., Di Gravio, G., Costantino, F., 2018. Resilience engineering: current status of the research and future challenges. Saf. Sci. 102, 79–100.
Patriarca, R., Falegnami, A., Costantino, F., Di Gravio, G., De Nicola, A., Villani, M.L., 2021. WAx: an integrated conceptual framework for the analysis of cyber-socio-technical systems. Saf. Sci. 136, 105142.
Penaloza, G.A., Saurin, T.A., Formoso, C.T., Herrera, I.A., 2020. A resilience engineering perspective of safety performance measurement systems: a systematic literature review. Saf. Sci. 130, 104864.
Penaloza, G.A., Formoso, C.T., Saurin, T.A., 2021. A resilience engineering-based framework for assessing safety performance measurement systems: a study in the construction industry. Saf. Sci. 142, 105364.
Perrow, C., 1984. Normal Accidents: Living with High Risk Technologies. Princeton University Press, p. 464.
Peters, S.E., Trieu, H.D., Manjourides, J., Katz, J.N., Dennerlein, J.T., 2020. Designing a Participatory Total worker health® organizational intervention for commercial construction subcontractors to improve worker safety, health, and well-being: the "ARM for subs" trial. Int. J. Environ. Res. Public Health 17 (14), 5093.
Pope, C., Ziebland, S., Mays, N., 2000. Analysing qualitative data. BMJ 320 (7227), 114–116.
Ransolin, N., Saurin, T.A., Zani, C.M., Rapport, F., Formoso, C.T., Clay-Williams, R., 2022. The built environment influence on resilient Healthcare: a systematic literature review of design knowledge. HERD: Health Environ. Res. Des. J. 15 (3), 329–350.
Rantsatsi, N., Musonda, I., Agumba, J., 2020. Identifying factors of collaboration critical for improving health and safety performance in construction projects: a systematic literature review. Acta Structilia 27 (2), 120–150.
Saurin, T.A., Formoso, C.T., Cambraia, F.B., 2008. An analysis of construction safety best practices from a cognitive systems engineering perspective. Saf. Sci. 46 (8), 1169–1183.
Saurin, T.A., Gonzalez, S.S., 2013. 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. Appl. Ergon. 44 (5), 811–823.
Saurin, T.A., Werle, N.B., 2017. A framework for the analysis of slack in socio-technical systems. Reliab. Eng. Syst. Saf. 167, 439–451.
Saurin, T.A., Wiig, S., Patriarca, R., Grotan, T.O., 2023. The cost-effectiveness of resilient healthcare. Int. J. Health Govern. 28 (3), 319–327.
Soehod, K., 2008. Participation in safety and health at work. Jurnal Kemanusiaan 6 (1).
Stiles, S., Ryan, B., Golightly, D., 2018. Evaluating attitudes to safety leadership within rail construction projects. Saf. Sci. 110, 134–144.
Strauss, G., 2006. Worker participation: some under-considered issues. Ind. Relat. 45 (4), 778–803.

Terra, S.X., Saurin, T.A., Fogliatto, F.S., de Magalhães, A.M.M., 2023. Burnout and network centrality as proxies for assessing the human cost of resilient performance. Appl. Ergon. 108, 103955.
Thomas, R., Whybrow, K., Scharber, Ca., 2012. A conceptual exploration of participation. Section III: utilitarian perspectives and conclusion. Educ. Philos. Theory 44 (8), 801–817.
Tonnon, S.C., Van Der Veen, R., De Kruif, A.T., Robroek, S.J., Van Der Ploeg, H.P., Proper, K.I., Van Der Beek, A.J., 2018. Strategies of employees in the construction industry to increase their sustainable employability. Work 59 (2), 249–258.
Tresfon, J., Brunsveld-Reinders, A.H., van Valkenburg, D., Langeveld, K., Hamming, J., 2022. Aligning work-as-imagined and work-as-done using FRAM on a hospital ward: a roadmap. BMJ Open Quality 11 (4), e001992.
Vaishnavi, V., Kuechler, W.J., 2015. Design Science Research Methods and Patterns: Innovating Information and Communication Technology, 2nd ed. CRC Press, Boca Raton, FL, USA.
Van Aken, J., Chandrasekaran, A., Halman, J., 2016. Conducting and publishing design science research: inaugural essay of the design science department of the Journal of Operations Management. J. Oper. Manag. 47, 1–8.
Visser, S., Van der Molen, H.F., Sluiter, J.K., Frings-Dresen, M.H., 2018. The process evaluation of two alternative participatory ergonomics intervention strategies for construction companies. Ergonomics 61 (9), 1156–1172.
Wachs, P., Righi, A.W., Saurin, T.A., 2012. Identification of non-technical skills from the resilience engineering perspective: a case study of an electricity distributor. Work 41 (1), 3069–3076.
Wachs, P., Saurin, T.A., Righi, A.W., Wears, R.L., 2016. Resilience skills as emergent phenomena: a study of emergency departments in Brazil and the United States. Appl. Ergon. 56, 227–237.
Wahl, A., Kongsvik, T., Antonsen, S., 2020. Balancing safety-I and safety-II: learning to manage performance variability at sea using simulator-based training. Reliab. Eng. Syst. Saf. 195, 106698 https://doi.org/10.1016/j.ress.2019.106698.
Walters, D., 2010. The Role of Worker Representation and Consultation in Managing Health and Safety in the Construction Industry. International Labour Organization, Geneva, p. 53.
Wiig, S., Aase, K., Billett, S., Canfield, C., Røise, O., Njå, O., Guise, V., Haraldseid-Driftland, C., Ree, E., Anderson, J.E., Macrae, C., 2020. Defining the boundaries and operational concepts of resilience in the resilience in healthcare research program. BMC Health Serv. Res. 20, 330.
Wilkinson, A., Gollan, P.J., Kalfa, S., Xu, Y., 2018. Voices unheard: employee voice in the new century. Int. J. Hum. Resour. Manag. 29 (5), 711–724.
Wohlin, C., Kalinowski, M., Felizardo, K.R., Mendes, E., 2022. Successful combination of database search and snowballing for identification of primary studies in systematic literature studies. Inf. Softw. Technol. 147, 106908.
Zhang, R.P., Lingard, H., Oswald, D., 2020. Impact of supervisory safety communication on safety climate and behavior in construction workgroups. J. Constr. Eng. Manag. 146 (8), 04020089.

4. ARTIGO 2

Workers´ participation supportive of resilient performance: the role of joint health and safety committees in the construction industry

Fabrício Borges Cambraia, Carlos Torres Formoso, Iamara Rossi Bulhões e Tarcísio Abreu Saurin

Nota: Este artigo foi submetido ao periódico Human Factors and Ergonomics in Manufacturing and Service Industries.

5. ARTIGO 3

Assessment of participatory approaches focused on occupational safety in construction: the resilient performance perspective

Fabrício Borges Cambraia, Tarcísio Abreu Saurin e Carlos Torres Formoso

Nota: Este artigo será submetido ao periódico Applied Ergonomics.

6. DISCUSSÃO

6.1. PREMISSAS COMUNS AO CONJUNTO DE ESTUDOS

Os três estudos consideram que, em sistemas complexos como empreendimentos de construção civil, segurança e eficiência produtiva não podem ser explicadas satisfatoriamente por modelos teóricos lineares centrados em falhas humanas, desvios de procedimentos ou insuficiência de controles formais. Em vez disso, eles compartilham de uma mesma premissa epistemológica, assumindo que projetos de construção operam como sistemas sociotécnicos complexos, marcados por variabilidade contínua, incertezas operacionais, múltiplas interdependências e necessidade permanente de adaptação.

Neste contexto, os resultados da participação podem emergir de interações dinâmicas entre trabalhadores, lideranças, tecnologia, estruturas organizacionais e condições contextuais. A partir dessa base, os três estudos convergem no sentido de sustentar que o desempenho satisfatório depende da capacidade do sistema sociotécnico de funcionar bem sob condições variáveis, garantindo resultados aceitáveis mesmo diante de perturbações.

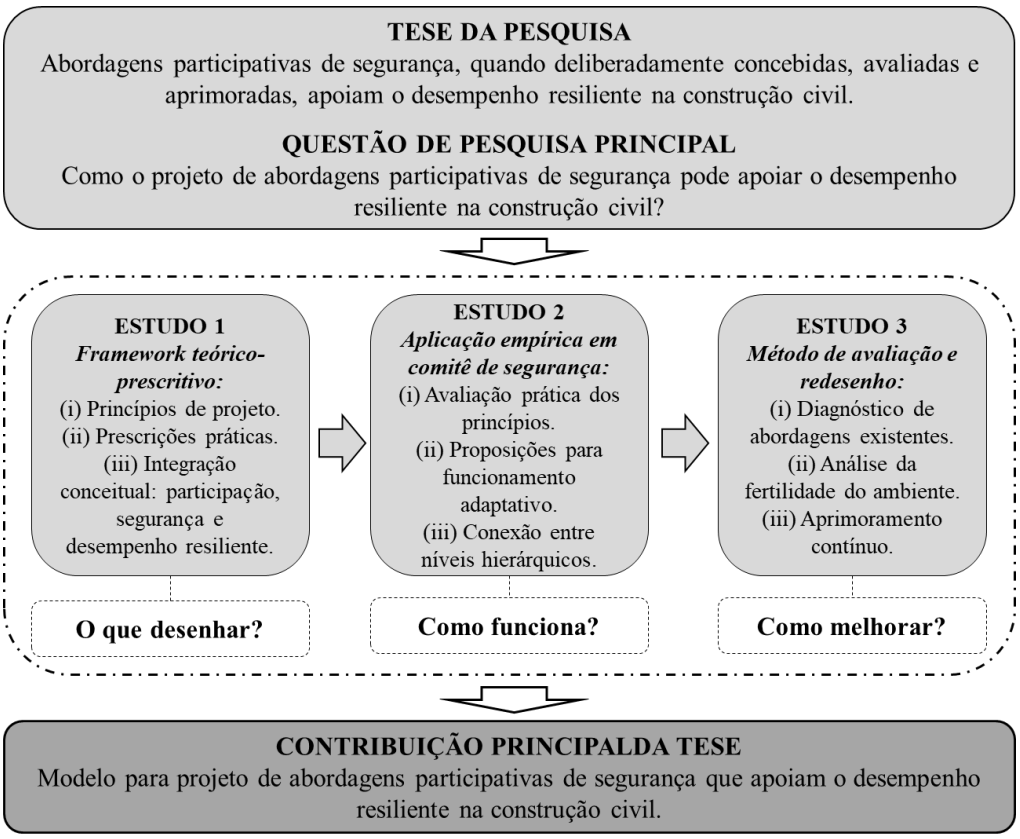
Dentro dessa lógica, a participação dos trabalhadores é reinterpretada de forma substancialmente distinta das abordagens tradicionais. Em vez de ser tratada apenas como requisito legal, valor social, instrumento de consulta ou mecanismo simbólico de envolvimento, a participação passa a ser compreendida como recurso funcional para adaptação organizacional. Os trabalhadores detêm conhecimento situado sobre riscos reais, dificuldades operacionais, improvisações necessárias, limitações de recursos e oportunidades de melhoria que dificilmente podem ser plenamente captados por níveis gerenciais distantes da operação. Portanto, permitir que esse conhecimento circule, influencie decisões e retroalimente o sistema torna-se condição estratégica para sustentar o DR.

Assim, os três estudos adotam premissas similares: (i) trabalhadores possuem conhecimento essencial e situado sobre o funcionamento real do sistema sociotécnico; (ii) este conhecimento precisa ser incorporado aos processos gerenciais; (iii) arranjos ou abordagens participativas podem viabilizar essa incorporação; e, (iv) quando bem desenhadas, tais abordagens contribuem para o DR.

6.2. ARTICULAÇÃO ENTRE OS TRÊS ESTUDOS REALIZADOS

Os três estudos seguem uma lógica cumulativa de produção de conhecimento conforme representado na Figura 2. O primeiro estudo cumpriu papel de estabelecer a base teórica da tese ao sistematizar, por meio de revisão sistemática da literatura, princípios e prescrições para o projeto de abordagens participativas de segurança no contexto da indústria da construção. Sua principal contribuição consistiu em transformar conhecimentos dispersos e fragmentados na literatura em uma estrutura conceitual explicitamente orientada ao projeto. Em vez de apenas descrever abordagens e práticas existentes ou listar fatores de sucesso, o estudo propôs um conjunto de princípios para orientar a participação dos trabalhadores de forma a contribuir simultaneamente com a segurança e o DR. Essa contribuição é particularmente relevante porque grande parte da literatura sobre participação tende a enfatizar benefícios gerais, tais como aumentar o engajamento ou reduzir acidentes do trabalho, sem conectá-los diretamente ao desempenho seguro de sistemas sociotécnicos complexos. Esse estudo, portanto, fornece a base conceitual prescritiva da tese ao mostrar que participação pode ser deliberadamente concebida como mecanismo de apoio ao DR.

Figura 2: Lógica de produção cumulativa de conhecimento para investigar a tese



O segundo estudo aprofundou, por meio de uma avaliação retrospectiva, a base conceitual ao investigar como funciona uma abordagem participativa específica: o comitê de segurança. Nesse caso, o avanço consistiu em demonstrar empiricamente como os princípios abstratos para projeto da participação podem ser traduzidos para uma abordagem formal específica existente em muitas organizações. Historicamente, comitês de segurança costumam ser avaliados por métricas tradicionais, como número de reuniões, conformidade documental ou relações estatísticas entre práticas adotadas e taxas de acidentes. O estudo rompeu com essa lógica ao analisar o comitê de segurança como potencial recurso adaptativo capaz de conectar *stakeholders*, integrar diferentes níveis hierárquicos, aproximar WAI e WAD, mobilizar recursos e promover aprendizagem organizacional. Ao fazer isso, indicou que arranjos frequentemente percebidos como burocráticos podem ser redesenhados para assumir papel relevante em sistemas de gestão resilientes. Desta forma, o segundo estudo funcionou como ponte entre teoria e prática, revelando como os princípios de participação relacionados à resiliência podem funcionar em um ambiente real.

O terceiro estudo avança no sentido de reconhecer que as organizações raramente partem do zero. Em geral, já possuem múltiplas abordagens e práticas participativas formais e informais em funcionamento, com diferentes níveis de desempenho, legitimidade e integração. O desafio, portanto, não é apenas propor novos mecanismos, mas avaliar criticamente sistemas existentes e redesenhá-los continuamente. A principal contribuição desse estudo foi o desenvolvimento de um método sistemático para avaliação de abordagens participativas como suporte ao DR. Ao incorporar elementos de avaliação como fatores do contexto que influenciam na participação, funcionamento real das práticas, forças e fragilidades do sistema participativo e oportunidades de redesenho, o estudo deslocou a discussão da simples existência de mecanismos participativos para uma análise de sua qualidade funcional. Como principal produto, este estudo propôs um método que envolve a realização de diagnósticos para orientar intervenções organizacionais.

Assim, uma progressão lógica entre os três estudos pode ser observada. O primeiro respondeu sobre os princípios que as abordagens participativas de segurança devem seguir para apoiar o DR. O segundo mostrou como tais princípios podem se manifestar e serem traduzidos para apoiar a operação de uma abordagem participativa específica. O terceiro indicou como avaliar e aprimorar essas abordagens ao longo do tempo. Portanto, trata-se de um encadeamento entre teoria, aplicação e intervenção. Essa relação também pode ser compreendida como movimento

entre diferentes níveis de abstração: o primeiro estudo operou em nível mais geral e transferível; o segundo em nível intermediário, contextualizado para o caso de um arranjo organizacional específico; o terceiro em nível operacional, oferecendo procedimentos e etapas de aplicação prática. A combinação desses níveis é condizente com a produção de conhecimento prescritivo, alicerçada na tradição de *Design Science Research* de unir a teoria à prática, ou seja, desenvolver soluções práticas e inovadoras e, simultaneamente, produzir conhecimento que possa ser aplicado em contextos semelhantes.

6.3. MODELO CONCEITUAL PARA APOIO AO PROJETO DE ABORDAGENS PARTICIPATIVAS

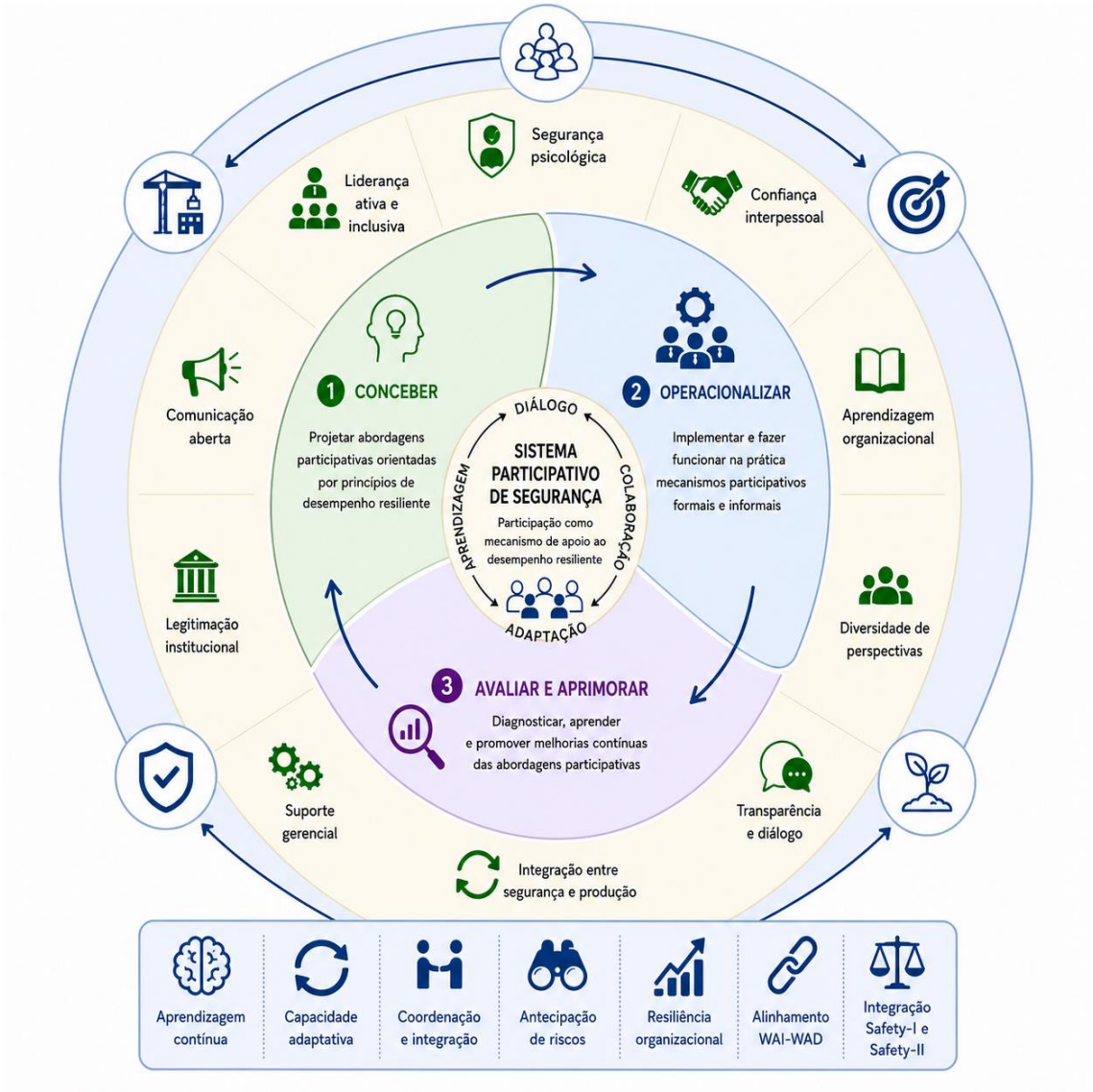
O percurso cumulativo de produção de conhecimento descrito na seção anterior foi consolidado na proposição de um modelo conceitual para apoiar o projeto de abordagens participativas de segurança que contribuem para o DR na construção civil (Figura 3). O modelo proposto representa a articulação conceitual, empírica e metodológica desenvolvida ao longo dos três estudos que compõem esta tese, tendo como eixo central a compreensão de que abordagens participativas de segurança podem ser deliberadamente concebidas, operacionalizadas, avaliadas e continuamente aprimoradas para apoiar o DR na indústria da construção. A representação em quatro camadas concêntricas busca enfatizar simultaneamente a centralidade da participação, o caráter contínuo de aprendizagem e adaptação das abordagens participativas e a natureza sistêmica das interações sociotécnicas.

6.3.1. Primeira camada (núcleo do modelo)

No núcleo do modelo encontra-se o sistema participativo de segurança, interpretado como espaço sociotécnico de interação entre trabalhadores, equipes, lideranças, gerentes e demais *stakeholders* envolvidos no projeto. Esse núcleo expressa a tese comum compartilhada pelos três estudos: a participação deixa de ser entendida apenas como requisito normativo ou mecanismo gerencial e passa a ser concebida como recurso organizacional capaz de apoiar adaptações seguras frente à variabilidade do trabalho cotidiano. Além disso, no núcleo central há um conjunto com quatro processos que embasam as interações entre as partes: diálogo, colaboração, aprendizagem e adaptação. Esses processos conectam os diferentes atores, evidenciando que o DR emerge das interações coletivas e da construção compartilhada de respostas às condições variáveis do sistema sociotécnico. No modelo, os quatro processos são

representados em formato circular e conectados por setas para enfatizar que não operam de forma linear ou isolada, mas como um processo dinâmico, contínuo e mutuamente interdependente dentro do sistema participativo de segurança.

Figura 3: Modelo conceitual de apoio ao projeto de abordagens participativas de segurança que sustentam o DR na construção civil



Diálogo representa a base relacional do sistema participativo. É por meio do diálogo que trabalhadores, lideranças e demais *stakeholders* compartilham percepções sobre riscos, dificuldades operacionais, necessidades de recursos e desalinhamentos entre o WAI e WAD. O diálogo cria visibilidade para as variabilidades operacionais e promove a colaboração, pois a troca de informações e a construção de confiança permitem a coordenação coletiva das ações. A colaboração significa a capacidade de diferentes atores atuarem conjuntamente na resolução

de problemas, mobilização de recursos e construção de respostas seguras frente às condições variáveis do trabalho. A mesma favorece a adaptação, uma vez que respostas adaptativas raramente dependem apenas de indivíduos isolados.

A adaptação representa a capacidade do sistema sociotécnico de ajustar práticas, reorganizar recursos e modificar formas de ação para manter desempenho aceitável diante de variabilidade, pressão ou degradação das condições operacionais. Esse processo gera experiências que alimentam a aprendizagem, permitindo a reflexão sobre sucessos, falhas, improvisações e estratégias eficazes. Assim, a aprendizagem não é apenas formal, mas emerge do próprio funcionamento cotidiano do sistema participativo. A aprendizagem retroalimenta o diálogo, pois o conhecimento produzido amplia a capacidade dos atores de discutir problemas de forma mais qualificada, tornando o ciclo contínuo.

6.3.2. Segunda camada (desenvolvimento das abordagens)

A segunda camada do modelo representa o processo integrado e contínuo de desenvolvimento das abordagens participativas, estruturado em três elementos interdependentes conectados em fluxo circular: conceber, operacionalizar e avaliar/aprimorar. A concepção está associada principalmente às contribuições do primeiro estudo, que estabeleceu a base conceitual da pesquisa ao propor uma estrutura com princípios e prescrições para o projeto de abordagens participativas de segurança favoráveis ao DR. Nesse elemento, o modelo enfatiza que a participação pode ser intencionalmente projetada e não apenas ser dependente de iniciativas espontâneas ou compulsórias.

Para isso, torna-se necessário compreender como diferentes intervenientes influenciam a gestão da segurança, mapear mecanismos formais e informais de participação e definir propósitos organizacionais coerentes com a promoção da segurança e da adaptação contínua. Os princípios derivados da estrutura de conhecimento são interpretados como fundamentos conceituais estruturantes da concepção de abordagens participativas, destacando-se entre eles o uso da participação para apoiar a visibilidade de riscos em tempo real, o alinhamento entre WAI e WAD, a mobilização de recursos *slack,* a diversidade de arranjos e práticas participativas e a promoção de aprendizagem.

O elemento de operacionalização representa a implementação prática das abordagens participativas no contexto real de trabalho e está associado predominantemente aos resultados

do segundo estudo. Esse estudo investigou empiricamente o funcionamento de comitês de segurança como mecanismos participativos formais capazes de apoiar o DR. Os resultados configuram um conjunto de proposições que indicam que os comitês podem atuar como recursos adaptativos ao conectar diferentes níveis hierárquicos do sistema sociotécnico, promover fluxos transversais de comunicação, antecipar riscos emergentes, mobilizar recursos e aproximar gestão e operação.

A operacionalização na ótica do modelo significa um processo contínuo de coordenação, comunicação e adaptação. Em função disso, a participação deixa de ser interpretada como mero instrumento de consulta e passa a constituir recurso organizacional vivo, sustentada por interações formais e informais. O modelo incorpora, portanto, a ideia de que o desempenho satisfatório dos arranjos formais depende fortemente dos processos relacionais cotidianos, tais como colaboração entre os membros, liderança local, comunicação aberta e circulação de informações entre os diferentes atores do sistema.

O terceiro elemento é a avaliação e aprimoramento contínuo das abordagens participativas. Esse elemento baseia-se principalmente nos achados do terceiro estudo, responsável pela proposição de um método sistemático de avaliação de abordagens participativas quanto ao seu potencial de apoio ao DR. O modelo representa a avaliação como um processo contínuo de diagnóstico e aprimoramento (redesenho), envolvendo a análise de fatores do contexto que influenciam na participação, mapeamento das abordagens existentes, avaliação de suas forças e fraquezas, identificação de desalinhamentos entre WAI e WAD e redesenho contínuo dessas abordagens.

Nesse sentido, o modelo assume explicitamente que o projeto de sistemas participativos não constitui atividade pontual, mas um processo evolutivo e contínuo. As abordagens participativas precisam ser constantemente monitoradas, avaliadas e ajustadas à medida que o sistema sociotécnico evolui e novas variabilidades emergem. O modelo representa essa dinâmica por meio de fluxos circulares de aprendizagem e adaptação contínua.

6.3.3. Terceira camada (condições habilitadoras)

A terceira camada do modelo representa as condições habilitadoras que sustentam o funcionamento do sistema participativo. Embora os três estudos abordem essas condições com diferentes níveis de aprofundamento, todos eles indicam que as abordagens participativas somente produzem resultados consistentes quando inseridas em ambientes favoráveis. Em

particular, o terceiro estudo aprofunda essa discussão ao introduzir a análise da influência de fatores contextuais na participação, fortemente associada ao conceito de segurança psicológica. Esse conceito refere-se a uma condição necessária para que os trabalhadores se sintam seguros para expressar preocupações, relatar riscos, admitir dificuldades e participar ativamente das discussões sem receio de punição ou ridicularização.

Assim, a influência de condições habilitadoras, tais como segurança psicológica, confiança interpessoal, comunicação aberta, transparência e diálogo são fortemente enfatizadas no terceiro estudo. Outras condições, tais como liderança ativa e inclusiva, o apoio gerencial e a legitimação institucional relacionam-se fortemente com o segundo estudo, pois o funcionamento dos comitês de segurança depende da liderança, da autonomia dos membros, da legitimidade do arranjo participativo e da conexão entre processos formais e informais. Essas condições também são expressas no primeiro estudo, pois precisam ser consideradas desde a concepção das abordagens participativas.

A existência de processos de aprendizagem organizacional constitui uma condição habilitadora que conecta os três elementos do modelo (conceber, operacionalizar e avaliar/aprimorar), na medida em que os três estudos atribuem papel central à aprendizagem como mecanismo de suporte ao DR. O primeiro estudo estabelece aprender com sucessos e falhas como princípio de projeto. O segundo estudo identifica os comitês de segurança como espaços potenciais de reflexão e mudança na organização. O terceiro estudo, por sua vez, transforma a aprendizagem em processo sistemático de diagnóstico e redesenho organizacional. Dessa forma, o modelo apresenta as abordagens participativas como mecanismos permanentes de aprendizagem organizacional.

A diversidade de perspectivas e a integração entre segurança e produção também são condições habilitadores presentes nos três estudos. No primeiro estudo, elas fundamentam a concepção de abordagens participativas ao incorporar múltiplos atores e equilibrar os objetivos de segurança e produção. No segundo estudo, manifestam-se na coordenação entre representantes (gestores e trabalhadores). No terceiro estudo, tornam-se critérios de avaliação do funcionamento real das abordagens participativas.

6.3.4. Quarta camada (domínio e resultados)

Na quarta camada, na parte superior, é representado o domínio do modelo. O ícone das pessoas indica que a participação coletiva é fundamental para harmonizar os elementos do sistema sociotécnico no contexto da construção civil (ícone da grua), caracterizado por interdependências, incertezas e condições degradadas, e com o propósito (ícone do alvo) de suportar o desempenho seguro e resiliente em um contexto marcado por variabilidade operacional. Os três estudos, de fato, assumem que empreendimentos de construção operam em ambientes complexos e dinâmicos, nos quais o desempenho seguro depende da capacidade do sistema de adaptar-se continuamente frente às mudanças.

Na parte inferior, no retângulo que emerge das camadas concêntricas, são representados potenciais resultados que podem ser apoiados pelo funcionamento do modelo. Esses resultados sintetizam contribuições integradas das abordagens participativas para o sistema sociotécnico: aprendizagem contínua, capacidade adaptativa, coordenação e integração, antecipação de riscos, resiliência organizacional, alinhamento entre WAI e WAD e integração entre *Safety-I* e *Safety-II*.

Esses resultados possuem relações de interdependências. Por exemplo, o fortalecimento da coordenação e integração melhora a capacidade de compartilhamento de informações e tomada de decisão coletiva. Isto favorece a antecipação de riscos, pois o sistema passa a perceber sinais precoces de degradação. A antecipação contribui para maior capacidade adaptativa, permitindo respostas antes que ocorram falhas severas. A capacidade adaptativa promove a resiliência organizacional, entendida como a habilidade de manter funcionamento aceitável sob variabilidade. A resiliência favorece o alinhamento entre WAI e WAD, pois o sistema aprende continuamente sobre como o trabalho realmente ocorre. Esse alinhamento contribui para integrar *Safety-I* e *Safety-II*, equilibrando controle de falhas e apoio à adaptação. A integração dessas relações, por sua vez, fortalece a aprendizagem contínua. Assim, cada resultado fortalece os demais, produzindo um processo contínuo de aprimoramento do sistema sociotécnico.

A combinação desses potenciais resultados pode ser resumida em dois grandes resultados emergentes do sistema participativo, simbolizados, no modelo, pelo ícone do escudo e da planta. De um lado, o escudo significa a segurança do sistema sociotécnico frente às variabilidades do trabalho cotidiano. Neste sentido, a noção de segurança não decorre apenas da existência formal de regras ou barreiras, mas da capacidade do sistema de produzir resultados

aceitáveis e bem-sucedidos em condições variáveis, garantindo, por exemplo, a manutenção de condições aceitáveis de operação. Portanto, a segurança do sistema sociotécnico sintetiza o efeito acumulado de fatores discutidos nos três estudos, tais como participação, aprendizagem, adaptação, integração entre WAI e WAD e coordenação entre diferentes atores. Além disso, a segurança obtida e as abordagens participativas influenciam-se mutuamente: os resultados de segurança dependem da forma como as abordagens são concebidas, operacionalizadas e continuamente aprimoradas e, ao mesmo tempo, os resultados de segurança fornecem informações para o redesenho dessas abordagens. Ou seja, o escudo não é apenas consequência do sistema participativo; ele também influencia continuamente sua reformulação.

Por outro lado, a planta significa a evolução e desenvolvimento contínuo do sistema sociotécnico. Neste sentido, o apoio do sistema participativo ao DR não pode ser entendido como um estado fixo ou permanente, mas algo que precisa ser continuamente cultivado, nutrido e desenvolvido ao longo do tempo. Esse caráter evolutivo e regenerativo do sistema é muito enfatizado no terceiro estudo sobre avaliação e redesenho contínuo. O crescimento organizacional, a aprendizagem evolutiva e o desenvolvimento das capacidades adaptativas emergem do funcionamento contínuo do ciclo conceber, operacionalizar e avaliar/aprimorar. Simultaneamente, essa evolução impulsiona a expansão e amadurecimento das próprias abordagens participativas. Portanto, o crescimento organizacional é simultaneamente consequência e condição para o fortalecimento contínuo da segurança, aprendizagem e adaptação. Ou seja, quanto mais o sistema aprende e se adapta, maior sua capacidade de evoluir e sustentar melhorias ao longo do tempo.

6.4. CARÁTER INOVADOR DO CONJUNTO DE ESTUDOS

O conjunto dos estudos apresenta elementos inovadores de natureza teórica e prática. Em termos teóricos, os três estudos integram em um único modelo analítico campos de conhecimento frequentemente tratados de forma isolada: participação dos trabalhadores, gestão da segurança e DR (Aasen; Klakegg, 2023; Botti; Melloni; Oliva, 2022; Andersen; Grytnes, 2021). A principal contribuição consiste em compreender a participação como um mecanismo essencial de apoio ao DR, indo além da lógica tradicional de conformidade e prevenção de acidentes.

Nesse sentido, os estudos promovem uma mudança importante na forma de compreender segurança e gestão organizacional. Em vez de assumir uma perspectiva linear e causal, centrada em desvios, falhas e conformidade (Jeschke *et al*., 2021; Albrechtsen; Solberg; Svensli, 2019), o modelo proposto adota uma visão sistêmica e adaptativa, na qual a segurança emerge das interações cotidianas entre pessoas, tecnologias, regras e contexto organizacional. Dessa forma, o foco analítico desloca-se da identificação de culpados para a compreensão de como os sistemas conseguem sustentar resultados aceitáveis sob condições variáveis.

O modelo é fundamentado na ideia de que a participação pode ser deliberadamente desenhada para apoiar o DR, superando a visão de que adaptação emerge apenas espontaneamente (Disconzi; Saurin, 2022; Wachs *et al*., 2016). Diante disso, o conjunto de estudos contribui no entendimento de que o desenho deliberado deve basear-se na integração entre níveis organizacionais. Assim, a participação não pode ser analisada apenas no nível operacional como comumente ocorre, mas depende de interações entre níveis macro, meso e micro do sistema sociotécnico. Aspectos relacionados a políticas organizacionais, rotinas gerenciais, comitês de segurança, lideranças locais e equipes de trabalho são analisados de forma integrada, fortalecendo uma compreensão multinível da participação e da resiliência.

Outro aspecto teórico relevante está na compreensão do papel da liderança. Embora liderança não seja o foco exclusivo dos três estudos, ela emerge como um elemento transversal fundamental para o funcionamento do modelo. Ou seja, os estudos indicam que resultados satisfatórios de participação dependem da capacidade das lideranças de criar ambientes psicologicamente seguros, estimular a expressão de opiniões, legitimar divergências e sustentar processos de aprendizagem coletiva. Essa perspectiva aproxima o modelo proposto de debates contemporâneos sobre liderança inclusiva (*inclusive leadership*) (Kipara, 2025; Randel *et al*., 2018), liderança habilitadora (*enabling leadership*) (Mahmud *et al*., 2026; Uhl-Bien; Arena, 2018) e liderança adaptativa (*adaptive leadership*) (Sott; Bender, 2025; Bonini *et al*., 2024).

Além disso, o conceito de participação no modelo é ampliado ao considerar que organizações resilientes dependem da combinação entre abordagens formais e práticas informais. Desta forma, o modelo oferece uma contribuição no sentido de valorizar o papel da informalidade organizacional. Elementos como interações espontâneas, comunicação cotidiana, confiança interpessoal, colaboração emergente e auto-organização passam a ser reconhecidos como componentes fundamentais para o DR. Essa valorização desafia modelos tradicionais de gestão

da segurança excessivamente centrados em procedimentos formais e mecanismos burocráticos de controle (Nichol; Ruco; HOlness, 2022; Maliha *et al*., 2021), evidenciando que organizações resilientes dependem da articulação entre abordagens formais que oferecem estabilidade, coordenação e legitimidade e processos emergentes (práticas informais) que favorecem adaptação, aprendizagem e respostas rápidas frente às variabilidades do trabalho cotidiano (Li; Yu; Deng, 2024; Provan *et al*., 2020).

No que se refere a implicações práticas, os estudos realizados oferecem contribuições para avanços no desenvolvimento de abordagens e práticas de participação que contribuem para o desempenho resiliente. Tais avanços permitem transformar abordagens formais frequentemente burocráticas em potenciais mecanismos adaptativos. Além disso, foi proposto um método para diagnóstico e redesenho contínuo de sistemas participativos de segurança. Neste sentido, mais do que propor melhorias incrementais em abordagens e práticas conhecidas, os estudos reposicionam a participação como recurso organizacional para promover adaptação em sistemas sociotécnico complexos.

Por fim, esta articulação entre teoria e prática justifica a tese principal desta pesquisa: abordagens participativas de segurança, quando intencionalmente concebidas, continuamente avaliadas e ajustadas às demandas reais da operação, constituem mecanismos de apoio ao DR na indústria da construção. O primeiro estudo demonstra por que isso é teoricamente plausível; o segundo evidencia que isto pode ocorrer na prática; o terceiro mostra como implementar e sustentar esse potencial nas organizações. Desse modo, a tese emerge não como proposição abstrata, mas como síntese de evidências conceituais, empíricas e metodológicas.

7. CONCLUSÕES

A presente tese buscou investigar como o projeto de abordagens participativas de segurança pode apoiar o DR na indústria da construção, partindo do entendimento de que sistemas produtivos complexos demandam formas de gestão capazes de integrar controle, aprendizagem, adaptação e participação ativa dos trabalhadores. Ao longo da pesquisa, sustentou-se a tese de que abordagens participativas de segurança, quando intencionalmente concebidas, continuamente avaliadas e ajustadas às demandas reais da operação, constituem mecanismos centrais de apoio ao DR na construção civil. Os resultados foram obtidos por meio dos três estudos, que evoluíram de níveis mais abstratos para níveis progressivamente mais aplicados, permitindo responder às questões de pesquisa e oferecer contribuições tanto teóricas quanto práticas.

Em relação à questão principal de pesquisa, que buscava compreender como o projeto de abordagens participativas de segurança pode apoiar o DR na construção civil, a resposta emergiu da integração entre os três estudos, consolidando-se na proposição de um modelo conceitual de apoio ao projeto de abordagens e práticas de participação na gestão da segurança, como mecanismo de apoio ao DR. O modelo expressa três níveis interdependentes de funcionamento: micro (abordagens e práticas participativas), meso (sistema participativo) e macro (contexto organizacional e suas interações com o ambiente externo). O sistema participativo, representado em fluxo circular contendo os três elementos para desenvolvimento das abordagens (concepção, operação e avaliação), simboliza a natureza contínua de aprendizagem, adaptação e evolução desses sistemas em contextos sociotécnicos complexos. O modelo considera que a participação em segurança se torna mecanismo de apoio ao DR quando é: (a) deliberadamente concebida, (b) operacionalizada por abordagens e práticas adaptativas e colaborativas, (c) continuamente avaliada e aprimorada e (d) sustentada por condições organizacionais favoráveis. Neste contexto, a participação mostra-se não apenas compatível com o DR, mas deixa de ser apenas um mecanismo gerencial periférico ou meramente normativo, passando a funcionar como recurso adaptativo relevante de sistemas sociotécnicos complexos.

No que se refere à primeira questão intermediária, abordada no primeiro estudo e voltada à identificação de princípios para projetar abordagens participativas, o resultado foi a sistematização de uma estrutura de conhecimento prescritivo, constituída de um conjunto de

princípios e prescrições, indicando que tais abordagens devem contemplar dimensões múltiplas e integradas. Entre elas destacam-se: inclusão de diferentes stakeholders nas decisões de segurança; mecanismos para tornar riscos visíveis em tempo real; dispositivos de aproximação entre gestão e operação, favorecendo o alinhamento entre trabalho imaginado e trabalho realizado; diversidade de abordagens em termos de canais formais e informais de participação; fortalecimento dos fluxos de comunicação vertical e horizontal, permitindo mobilização de recursos diante de variabilidades operacionais; condições para atuação sob cenários degradados; e estruturas voltadas à aprendizagem por meio de sucessos e falhas. Concluiu-se, portanto, que abordagens participativas com funcionamento satisfatório não podem ser reduzidas a reuniões periódicas ou canais de consulta, mas devem ser compreendidas como mecanismos organizacionais concebidos para conectar o conhecimento coletivo dos trabalhadores e gestores à capacidade adaptativa da organização.

A segunda questão intermediária, investigada no segundo estudo, está relacionada com o funcionamento de abordagens participativas. Os resultados avaliaram a utilidade e aplicabilidade da estrutura de conhecimento proposta em um ambiente real, de forma a refinar a mesma no contexto de abordagens específicas, no caso comitês de segurança e saúde ocupacional. Verificou-se que os comitês podem exercer função estratégica muito além do cumprimento regulatório. Quando adequadamente estruturados, com legitimidade interna, apoio gerencial, diversidade funcional e autonomia operacional, eles podem atuar como mecanismos de integração entre níveis hierárquicos, espaços de mediação entre metas produtivas e de segurança, canais de identificação precoce de situações emergentes e instâncias de aprendizagem organizacional. Neste sentido, concluiu-se que as abordagens participativas específicas podem ser repensadas a partir da estrutura de conhecimento, identificando seus pontos fortes e fracos com intuito de contextualizar seu papel frente ao sistema participativo de segurança. Especificamente, o estudo mostrou que abordagens frequentemente compulsórias e tratadas como burocráticas podem ser redesenhadas, assumindo papel relevante de apoio à adaptação em sistemas resilientes.

Em relação à terceira questão intermediária, examinada no terceiro estudo, foi proposto um método para avaliação e aprimoramento contínuo de abordagens participativas, cuja aplicação indicou que a simples existência de abordagens e práticas participativas não assegura desempenho satisfatório. Tornou-se evidente a necessidade de métodos capazes de analisar o funcionamento real dessas abordagens, considerando a influência de fatores contextuais,

legitimidade e reconhecimento da participação, satisfação e utilidade percebida, integração com outros processos gerenciais e contribuição concreta para respostas adaptativas. O método desenvolvido permitiu identificar forças e fragilidades de abordagens participativas existentes, oferecendo uma base para a melhoria contínua. Dessa forma, concluiu-se que avaliar a qualidade funcional da participação é tão importante quanto promover sua presença formal.

As contribuições desta pesquisa podem ser discutidas em diferentes níveis. No plano teórico, o estudo contribui para integrar campos frequentemente tratados de forma separada: participação dos trabalhadores, gestão da segurança e DR. Ao posicionar a participação como mecanismo deliberado de apoio ao DR, esta tese amplia a compreensão tradicional da segurança ocupacional e indica que adaptação organizacional pode ser projetada e apoiada por meio de abordagens e práticas participativas. No plano conceitual, redefine-se a participação ao entendê-la não apenas como valor democrático ou exigência legal, mas como recurso estratégico para monitoramento, coordenação e aprendizagem em sistemas complexos.

No plano metodológico, a pesquisa contribui ao combinar revisão sistemática de literatura, pesquisa-ação e *Design Science Research* em um processo integrado de investigação. Essa combinação permitiu construir uma estrutura de conhecimento prescritiva, avaliar a base conceitual a partir da experiência em arranjos participativos reais e desenvolver artefato aplicável à prática organizacional. O método proposto para avaliação de abordagens participativas representa contribuição adicional, pois oferece instrumento concreto para diagnosticar sistemas participativos à luz do DR.

No plano da aplicação prática, a pesquisa fornece contribuições para que empresas de construção civil repensem seus sistemas de gestão da segurança. Em vez de depender exclusivamente de inspeções, treinamentos pontuais e controles formais, organizações podem desenvolver arranjos participativos mais eficazes, capazes de mobilizar conhecimento operacional distribuído, reduzir lacunas entre gestão e operação e fortalecer capacidade adaptativa frente às pressões e variabilidades cotidianas dos empreendimentos de construção.

Apesar dessas contribuições, a pesquisa apresenta limitações que precisam ser reconhecidas. Primeiro, os estudos empíricos foram realizados em empresas brasileiras, o que pode limitar a generalização direta dos resultados para contextos institucionais, regulatórios e culturais distintos. Embora os resultados possuam potencial de transferência analítica, sua aplicação em outros países ou segmentos deve considerar especificidades locais. Segundo, os estudos

empíricos privilegiam profundidade analítica em detrimento de ampla representatividade estatística, sendo predominantemente baseados em dados qualitativos. Ainda que essa escolha metodológica seja coerente com a investigação de fenômenos complexos e com o caráter prescritivo da pesquisa, futuros estudos quantitativos devem ser realizados para testar e refinar de forma mais ampla os princípios e proposições formuladas.

Terceiro, os estudos analisados focam principalmente no potencial das abordagens participativas para apoiar o desempenho resiliente. Embora isso seja relevante, há uma diferença entre identificar mecanismos que favorecem a resiliência e demonstrar o desempenho resiliente em ação, especialmente em situações de perturbação, condições degradadas, conflitos de metas ou eventos inesperados. Quarto, a investigação se concentrou especificamente na indústria da construção. Embora a construção civil constitua ambiente particularmente relevante para o estudo da participação e da resiliência, outros setores complexos, como saúde, aviação e logística, podem apresentar mecanismos distintos que demandam adaptações conceituais e metodológicas.

Quinto, existe o risco de circularidade entre teoria, análise e interpretação. Como os princípios de DfRP orientaram a construção da estrutura de conhecimento proposta e essa, por sua vez, a análise do comitê e o método de avaliação, as evidências identificadas nos estudos tendem a refletir essas mesmas categorias teóricas. Embora essa coerência fortaleça a consistência da pesquisa, a mesma também pode reduzir a visibilidade de fenômenos que não se encaixam bem nos princípios adotados.

A partir destas limitações, foram identificadas oportunidades de estudos futuros. Primeiro, recomenda-se a realização de pesquisas comparativas internacionais que investiguem como diferentes ambientes regulatórios, relações trabalhistas e culturas organizacionais influenciam o projeto de abordagens participativas favoráveis ao DR. Tais estudos poderiam ampliar a validade externa das proposições desta tese. Segundo, sugere-se o desenvolvimento de instrumentos quantitativos de medição, que podem ser úteis para avaliar maturidade participativa, segurança psicológica, intensidade de influência dos trabalhadores e impactos sobre indicadores de segurança e desempenho operacional. Isso permitiria testar estatisticamente relações identificadas qualitativamente nesta pesquisa. Terceiro, novos estudos devem testar prospectivamente os princípios e proposições, evitando depender apenas de análises retrospectivas.

Quarto, estudos longitudinais são necessários de forma a acompanhar, ao longo de vários anos, a evolução de sistemas participativos e seus efeitos sobre o desempenho resiliente em sistemas sociotécnicos complexos. Tal perspectiva temporal é especialmente importante para compreender como mudanças de liderança, crises econômicas, transformações tecnológicas ou acidentes significativos alteram a dinâmica participativa. Quinto, recomenda-se explorar o papel das tecnologias digitais no fortalecimento da participação e do DR, incluindo plataformas colaborativas, sensores em tempo real, inteligência artificial e sistemas móveis de reporte de riscos. A integração entre participação humana e infraestrutura digital constitui fronteira promissora para a gestão da segurança.

Sexto, estudos focados em episódios críticos reais (por exemplo, eventos inesperados) podem ser desenvolvidos com intuito de observar como a participação formal e informal contribui para resultados concretos de adaptação bem-sucedida. Sétimo, a visualização de fatores para além dos princípios utilizados como categorias analíticas pode se beneficiar de um maior tensionamento com teorias críticas da participação, sociologia do trabalho e estudos organizacionais. Assim sendo, incorporar teorias sobre poder, conflito, trabalho precário, subcontratação e justiça organizacional pode enriquecer a análise da participação e sua conexão com o DR. Oitavo, sugere-se, por fim, estudos para ampliar a investigação sobre fatores psicossociais, especialmente segurança psicológica, confiança, justiça organizacional e estilos de liderança, dado que o desempenho satisfatório de abordagens participativas depende fortemente do ambiente em que se inserem.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AASEN, Audun Flaget; KLAKEGG, Ole Jonny. Human resilience and cultural change in the construction industry: communication and relationships in a time of enforced adaptation. **Frontiers in Built Environment**, v. 9, p. 1287483, 2023.

ALBRECHTSEN, Eirik; SOLBERG, Ingvild; SVENSLI, Eva. The application and benefits of job safety analysis. **Safety science**, v. 113, p. 425-437, 2019.

AMOADU, Mustapha; ANSAH, Edward Wilson; SARFO, Jacob Owusu. Preventing workplace mistreatment and improving workers' mental health: a scoping review of the impact of psychosocial safety climate. **BMC psychology**, v. 12, n. 1, p. 195, 2024.

ANDERSEN, Lars Peter Sønderbo; GRYTNES, Regine. Different ways of perceiving risk and safety on construction sites and implications for safety cooperation. **Construction Management and Economics**, v. 39, n. 5, p. 419-431, 2021.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR ISO 45001**: Sistemas de gestão de saúde e segurança ocupacional — Requisitos com orientação para uso. Rio de Janeiro: ABNT, 2018. 47 p.

BAYRAMOVA, Aya et al. Enhanced safety in complex socio-technical systems via safety-in-cohesion. **Safety science**, v. 164, p. 106176, 2023.

BHATTACHARJEE, Kaushik; BUGALIA, Nikhil; MAHALINGAM, Ashwin. Differences in pathways to resilient safety culture for construction projects of different sizes. **Journal of Construction Engineering and Management**, v. 151, n. 5, p. 04025026, 2025.

BOIKANYO, Dinko Herman; NAIDOO, Melissa. The influence of organisational support, advancement, meaningfulness and psychological safety on employee engagement in a petrochemical organisation. **WSEAS Transactions on Business and Economics**, v. 20, p. 1100-1109, 2023.

BONINI, Alice et al. The relationship between leadership and adaptive performance: A systematic review and meta-analysis. **PLoS One**, v. 19, n. 10, p. e0304720, 2024.

BOTTI, Lucia; MELLONI, Riccardo; OLIVA, Maniva. Learn from the past and act for the future: A holistic and participative approach for improving occupational health and safety in industry. **Safety Science**, v. 145, p. 105475, 2022.

BRIDI, Marcelle Engler; FORMOSO, Carlos Torres; SAURIN, Tarcisio Abreu. A systems thinking based method for assessing safety management best practices in construction. **Safety science**, v. 141, p. 105345, 2021.

BURGESS-LIMERICK, Robin. Participatory ergonomics: Evidence and implementation lessons. **Applied ergonomics**, v. 68, p. 289-293, 2018.

BUSCK, Ole; KNUDSEN, Herman; LIND, Jens. The transformation of employee participation: Consequences for the work environment. **Economic and Industrial Democracy**, v. 31, n. 3, p. 285-305, 2010.

CHEN, Huihua; LI, Hujun; GOH, Yang Miang. A review of construction safety climate: Definitions, factors, relationship with safety behavior and research agenda. **Safety science**, v. 142, p. 105391, 2021.

CLEGG, Chris W. Sociotechnical principles for system design. **Applied ergonomics**, v. 31, n. 5, p. 463-477, 2000.

DACHLER, H. Peter; WILPERT, Bernhard. Conceptual dimensions and boundaries of participation in organizations: A critical evaluation. **Administrative science quarterly**, p. 1-39, 1978.

DASGUPTA, Priyadarshini et al. Is worker involvement an ergonomic solution for construction intervention challenges: A systematic review. **Theoretical issues in ergonomics science**, v. 18, n. 5, p. 433-441, 2017.

DEKKER, Sidney WA. The bureaucratization of safety. **Safety science**, v. 70, p. 348-357, 2014.

DICK, Bob. Action research theses. **Retrieved August**, v. 28, p. 2011, 1993.

DISCONZI, Claudia Maria Dias Guerra; SAURIN, Tarcisio Abreu. Design for resilient performance: Concept and principles. **Applied Ergonomics**, v. 101, p. 103707, 2022.

DISCONZI, Claudia Maria Dias Guerra; SAURIN, Tarcisio Abreu. Principles and practices of designing for resilient performance: An assessment framework. **Applied Ergonomics**, v. 114, p. 104141, 2024.

DRESCH, Aline; LACERDA, Daniel Pacheco; MIGUEL, Paulo Augusto Cauchick. A distinctive analysis of case study, action research and design science research. **Revista brasileira de gestão de negócios**, v. 17, p. 1116-1133, 2015.

EDEN, Colin; HUXHAM, Chris. Action research for management research. **British Journal of management**, v. 7, n. 1, p. 75-86, 1996.

EDMONDSON, Amy C.; BRANSBY, Derrick P. Psychological safety comes of age: Observed themes in an established literature. **Annual review of organizational psychology and organizational behavior**, v. 10, n. 1, p. 55-78, 2023.

GAO, Yifan; GONZALEZ, Vicente A.; YIU, Tak Wing. The effectiveness of traditional tools and computer-aided technologies for health and safety training in the construction sector: A systematic review. **Computers & Education**, v. 138, p. 101-115, 2019.

GHOSH, Somik. Does formal daily huddle meetings improve safety awareness?. **International Journal of Construction Education and Research**, v. 10, n. 4, p. 285-299, 2014.

GRYTNES, Regine; TUTT, Dylan E.; ANDERSEN, Lars Peter Sønderbo. Developing safety cooperation in construction: between facilitating independence and tightening the grip. **Construction management and economics**, v. 38, n. 11, p. 977-992, 2020.

HAMERSKI, Douglas Comassetto et al. The contributions of the Last Planner System to resilient performance in construction projects. **Construction Management and Economics**, v. 42, n. 4, p. 328-345, 2024.

HENDRICK, H. W.; KLEINER, B. M. **Macroergonomics**: An Introduction to work system analysis and design. HFES: Santa Monica, CA, 2001.

HEVNER, Alan R. et al. Design science in information systems research1. **MIS quarterly**, v. 28, n. 1, p. 75-106, 2004.

HINZE, Jimmie. **Making Zero Injuries a Reality:** a report to the construction industry institute. University of Florida, Gainesville. Report 160, 2002.

Hollnagel, E., Wears, R., Braithwaite, J., 2015. From Safety-I to Safety-II: A White Paper. National Library of Congress, 43 p.

HOLLNAGEL, Erik et al. From resilience engineering to resilient performance. In: **Advancing resilient performance**. Cham: Springer International Publishing, 2021. p. 1-9.

HOLLNAGEL, Erik. Human factors/ergonomics as a systems discipline? "The human use of human beings" revisited. **Applied ergonomics**, v. 45, n. 1, p. 40-44, 2014.

HOLLNAGEL, Erik. **Safety-II in Practice:** Developing the Resilience Potentials. New York: Routledge, 2017. p. 130.

HOLMSTRÖM, Jan; KETOKIVI, Mikko; HAMERI, Ari-Pekka. Bridging practice and theory: A design science approach. **Decision sciences**, v. 40, n. 1, p. 65-87, 2009.

HU, Zhen et al. Impact of Resilience Engineering on Physical Symptoms of Construction Workers. **Buildings**, v. 14, n. 12, p. 4056, 2024.

JESCHKE, Katharina Christiane et al. Process evaluation of a Toolbox-training program for construction foremen in Denmark. **Safety science**, v. 94, p. 152-160, 2017.

JESCHKE, Katharina N. et al. Complaining about occupational safety and health: a barrier for collaboration between managers and workers on construction sites. **Construction Management and Economics**, v. 39, n. 6, p. 459-474, 2021.

JOO, Baek-Kyoo; YOON, So Kyum; GALBRAITH, Diane. The effects of organizational trust and empowering leadership on group conflict: psychological safety as a mediator. **Organization Management Journal**, v. 20, n. 1, p. 4-16, 2023.

KAMALRUZAMAN, Muhamad Syafiq et al. A Review of Safety Knowledge Sharing in the Construction Industry (2021-2025). **International Journal of Research and Innovation in Social Science (IJRISS)**, v. 10, n. 1, 2026.

KIPARA, Japhert Kipara. Inclusive leadership as a catalyst for employee and team performance: A systematic review of empirical evidence. **African Quarterly Social Science Review**, v. 2, n. 4, p. 545-551, 2025.

LE, Thuy-Tien; NGUYEN, Thi Thuy Hong. Beyond compliance: Uncovering organizational barriers to workplace safety in industrial zones. **Environmental Health Insights**, v. 19, p. 11786302251393858, 2025.

LI, Alex Ning; TANGIRALA, Subrahmaniam. How employees' voice helps teams remain resilient in the face of exogenous change. **Journal of Applied Psychology**, v. 107, n. 4, p. 668, 2022.

LI, Jinjing; YU, Haizhe; DENG, Xiaopeng. A Systematic Review of the Evolution of the Concept of Resilience in the Construction Industry. **Buildings**, v. 14, n. 9, p. 2643, 2024.

LIU, Zhankun; WANG, Nannan. The effects of emerging digital technologies on construction project resilience: The mediating role of relational governance. **Building Research & Information**, v. 54, n. 1, p. 118-134, 2026.

LUKKA, Kari. The constructive research approach. In: OJALA, L.; HILMOLA, O.-P. (eds.). *Case study research in logistics*. Turku: Publications of the Turku School of Economics and Business Administration, 2003. p. 83–101. (Series B1).

MAHMUD, Yashar et al. Complexity leadership theory and fostering organizational adaptability: Enabling leadership in complex systems change. **Leadership**, p. 17427150261431137, 2026.

MALIHA, Mohammed N. et al. Safety barriers identification, classification, and ways to improve safety performance in the architecture, engineering, and construction (AEC) industry: review study. **Sustainability**, v. 13, n. 6, p. 3316, 2021.

MARCH, Salvatore T.; SMITH, Gerald F. Design and natural science research on information technology. **Decision support systems**, v. 15, n. 4, p. 251-266, 1995.

MARTINS, Jéssica Barros et al. Integrating Safety-I and Safety-II: Learning from failure and success in construction sites. **Safety science**, v. 148, p. 105672, 2022.

MELO, Roseneia Rodrigues Santos de; COSTA, Dayana Bastos. Integrating resilience engineering and UAS technology into construction safety planning and control. **Engineering, Construction and Architectural Management**, v. 26, n. 11, p. 2705-2722, 2019.

MOHER, David et al. Preferred reporting items for systematic reviews and meta-analyses: the PRISMA statement. **Bmj**, v. 339, 2009.

NICHOL, Kathryn; RUCO, Arlinda; HOLNESS, D. Linn. Construction sector joint health and safety committees: Can their effectiveness be assessed using the JHSC assessment eTool?. **Work**, v. 73, n. 1, p. 247-254, 2022.

OPARA, Innocent Junior et al. Digital resilience in construction projects: A narrative review of data governance, BIM, and real-time decision support systems. **Journal of Management, and Development Research**, v. 2, n. 2, p. 117-124, 2025.

PEÑALOZA, Guillermina Andrea; FORMOSO, Carlos Torres; SAURIN, Tarcisio Abreu. A resilience engineering-based framework for assessing safety performance measurement systems: a study in the construction industry. **Safety science**, v. 142, p. 105364, 2021.

POPE, Catherine; ZIEBLAND, Sue; MAYS, Nicholas. Analysing qualitative data. **Bmj**, v. 320, n. 7227, p. 114-116, 2000.

PROVAN, David J. et al. Safety II professionals: How resilience engineering can transform safety practice. **Reliability Engineering & System Safety**, v. 195, p. 106740, 2020.

QUANSAH, Prince Ewudzie; ZHU, Yongyue; GUO, Minyu. Assessing the effects of safety leadership, employee engagement, and psychological safety on safety performance. **Journal of safety research**, v. 86, p. 226-244, 2023.

RANDEL, Amy E. et al. Inclusive leadership: Realizing positive outcomes through belongingness and being valued for uniqueness. **Human resource management review**, v. 28, n. 2, p. 190-203, 2018.

RANTSATSI, Ndaleni; MUSONDA, Innocent; AGUMBA, Justus. Identifying factors of collaboration critical for improving health and safety performance in construction projects: A systematic literature review. **Acta Structilia**, v. 27, n. 2, p. 120-150, 2020.

SARVARI, Hadi et al. Barriers, bottlenecks, and challenges in implementing safety I-and safety II-enabled safe systems of working in construction projects: a scoping review. **Buildings**, v. 15, n. 3, p. 347, 2025.

SARVARI, Hadi et al. Building a safer future: Analysis of studies on safety I and safety II in the construction industry. **Safety Science**, v. 178, p. 106621, 2024.

SAURIN, Tarcisio Abreu et al. The influence of digital technologies on resilient performance: Contributions, drawbacks, and a research agenda. **Applied ergonomics**, v. 118, p. 104290, 2024.

SAURIN, Tarcisio Abreu; GONZALEZ, Santiago Sosa. 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, 2013.

SAURIN, Tarcisio Abreu; ROOKE, John; KOSKELA, Lauri. A complex systems theory perspective of lean production. **International Journal of Production Research**, v. 51, n. 19, p. 5824-5838, 2013.

SEIDU, Sakibu; CHAN, Daniel WM; DEBRAH, Caleb. A novel climate resilience implementation model for the construction industry: An international perspective. **Building and Environment**, v. 274, p. 112793, 2025.

SHAO, Zhen; FENG, Yuqiang; WANG, Tienan. Charismatic leadership and tacit knowledge sharing in the context of enterprise systems learning: the mediating effect of psychological safety climate and intrinsic motivation. **Behaviour & Information Technology**, v. 36, n. 2, p. 194-208, 2017.

SIYAL, Saeed. Inclusive leadership and work engagement: Exploring the role of psychological safety and trust in leader in multiple organizational context. **Business Ethics, the Environment & Responsibility**, v. 32, n. 4, p. 1170-1184, 2023.

SOTT, Michele Kremer; BENDER, Mariluza Sott. The role of adaptive leadership in times of crisis: A systematic review and conceptual framework. **Merits**, v. 5, n. 1, p. 2, 2025.

STRAUSS, George. Worker participation — some under-considered issues. **Industrial Relations: A Journal of Economy and Society**, v. 45, n. 4, p. 778-803, 2006.

TERRA, Stela Xavier et al. Burnout and network centrality as proxies for assessing the human cost of resilient performance. **Applied Ergonomics**, v. 108, p. 103955, 2023.

THOMAS, Ruth; WHYBROW, Katherine; SCHARBER, Cassandra. A conceptual exploration of participation. Section iii: utilitarian perspectives and conclusion. **Educational philosophy and theory**, v. 44, n. 8, p. 801-817, 2012.

TONETTO, Mirela Schramm et al. Resilient performance on construction projects in the post-pandemic era: an organizational perspective. **Engineering, Construction and Architectural Management**, v. 31, n. 12, p. 5007-5028, 2024.

TRINH, Minh Tri; FENG, Yingbin. Impact of project complexity on construction safety performance: Moderating role of resilient safety culture. **Journal of construction engineering and management**, v. 146, n. 2, p. 04019103, 2020.

VAN AKEN, Joan; CHANDRASEKARAN, Aravind; HALMAN, Joop. Conducting and publishing design science research: Inaugural essay of the design science department of the Journal of Operations Management. **Journal of operations management**, v. 47, p. 1-8, 2016.

WACHS, Priscila et al. Resilience skills as emergent phenomena: a study of emergency departments in Brazil and the United States. **Applied ergonomics**, v. 56, p. 227-237, 2016.

WALTERS, David. The role of worker representation and consultation in managing health and safety in the construction industry. Geneva: International Labour Organization, 2010. p. 53.

WOODS, David D. The theory of graceful extensibility: basic rules that govern adaptive systems. **Environment Systems and Decisions**, v. 38, n. 4, p. 433-457, 2018.

ZHANG, Rita Peihua; LINGARD, Helen; OSWALD, David. Impact of supervisory safety communication on safety climate and behavior in construction workgroups. **Journal of construction engineering and management**, v. 146, n. 8, p. 04020089, 2020.

UHL-BIEN, Mary; ARENA, Michael. Leadership for organizational adaptability: A theoretical synthesis and integrative framework. **The leadership quarterly**, v. 29, n. 1, p. 89-104, 2018.

DECLARAÇÃO DE USO DE INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL

Declaro que, durante o processo de desenvolvimento desta tese de doutorado, foi utilizada a ferramenta de Inteligência Artificial generativa ChatGPT, desenvolvida pela OpenAI, como recurso auxiliar em atividades específicas de apoio à pesquisa e à redação acadêmica.

A ferramenta foi empregada para auxiliar na revisão textual, incluindo correções gramaticais, ortográficas, sintáticas e de estilo, bem como na melhoria da clareza, da coesão e da organização de trechos do texto. Também foi utilizada como apoio inicial à pesquisa bibliográfica, especificamente para identificação de possíveis referências relacionadas ao objeto de estudo. Todas as fontes bibliográficas efetivamente citadas foram posteriormente verificadas e consultadas em suas versões originais.

Adicionalmente, a ferramenta foi utilizada para apoiar a elaboração de gráficos, tabelas e imagens, incluindo sugestões de estrutura visual, organização de dados e formulação de descrições para recursos gráficos. Os materiais gerados foram analisados, revisados e, quando necessário, modificados antes de sua incorporação ao trabalho.

O uso da ferramenta ocorreu de forma complementar, não substituindo a análise crítica, a interpretação dos resultados, a tomada de decisões metodológicas, a construção dos argumentos ou a responsabilidade autoral. Todo o conteúdo produzido com auxílio da Inteligência Artificial foi submetido à avaliação, à validação e à revisão do autor, que assume integral responsabilidade pela exatidão das informações, pela originalidade do trabalho, pela observância dos princípios éticos e pela versão final apresentada.