

Conceiving Socio-technical Information Systems from the Perspective of Digital Twins

Célia G. Ralha^{1,2}, Daniela B. Claro², Rita S. P. Maciel²

¹Computer Science Department
University of Brasília (UnB) Campus Dary Ribeiro
Asa Norte – 70.910-900 – Brasília – DF – Brazil

²Institute of Computing
Federal University of Bahia (UFBA) Campus de Ondina –
40.170-110 – Salvador – BA – Brazil

ghedini@unb.br, dclaro@ufba.br, ritasuzana@ufba.br

Abstract: Digital twins (DT) present benefits, challenges, and opportunities well aligned to socio-technical information systems. The challenge for information systems engineering is the development of organization excellence solutions through virtual factory replication, as cited by Grieves in the manufacturing industry [Grieves, 2014]. The empirically defined information systems framework development using DT with interacting organizational sub-systems that align peoples' capabilities with their goals, related to processes operating within a physical infrastructure, and share cultural assumptions and norms is not a trivial task. The information systems community might embrace this challenge for the following ten years to conceive successful socio-technical information systems..

Palavras-chave: gêmeos digitais, sistemas de informação, sistemas sócio-técnicos.

1. Qual é sua ideia, visão ou reflexão sobre o desafio dos sistemas de informação no Brasil para os próximos 10 anos?

A pesquisa sobre sistemas de informação sócio-técnicos tem sido desafiadora, envolvendo problemas complexos no mundo real, na sociedade e nas organizações [Niederman et al. 1991]. Esses sistemas são compostos por um conjunto de sub-sistemas interativos que empregam pessoas com capacidades que trabalham em direção a objetivos mensurados por métricas, seguem processos ou procedimentos, utilizam tecnologia, operam dentro de uma infraestrutura física e compartilham certas suposições e normas culturais (a visão hexagonal das organizações) [Socio-Technical Centre 2025].

Sistemas de informação consistem em uma iniciativa de mudança nas organizações, merecendo uma estratégia bem definida para ter chance de sucesso. Assim, segundo a teoria sócio-técnica [Trist e Bamforth 1951, Trist 1981], qualquer sistema organizacional só pode ser entendido e melhorado se os aspectos sociais e técnicos

estiverem juntos e tratados como partes interdependentes de um sistema complexo. Além disso, o Modelo Diamante de Leavitt, conhecido como Modelo de Sistema de Leavitt [Leavitt 1972], delineou quatro componentes independentes interconectados que devem estar alinhados para analisar os efeitos em toda a organização de uma estratégia de mudança: tarefa, estrutura, tecnologia e pessoas (atores). Leavitt argumenta que, para uma mudança integrada nas organizações, é crucial entender a conexão entre cada componente.

Mais recentemente, alguns sistemas sócio-técnicos incorporaram os Gêmeos Digitais (GD) como um componente. A tecnologia GD surge naturalmente dos sistemas sócio-técnicos e suas complexidades. Grieves cunhou o termo GD em colaboração com a NASA enquanto desenvolvia um roteiro tecnológico em 2010. GD são réplicas digitais de produtos, pessoas, sistemas, processos ou serviços contextualizados em uma versão digital de seu ambiente. Grieves e Vickers definem o GD como um conjunto de construções virtuais de informações que descrevem completamente um produto físico fabricado potencial ou realmente, desde o nível atômico microscópico até o nível geométrico macroscópico [Grieves e Vickers 2017]. Como uma tecnologia disruptiva e solução transformadora de indústrias, o GD pode ajudar as organizações a simular situações reais e resultados, permitindo-lhes tomar melhores decisões [Grieves 2014].

A tecnologia GD pode mitigar comportamentos emergentes imprevisíveis e indesejáveis em sistemas complexos [Grieves e Vickers 2017]. O ambiente dinâmico dos negócios exige que as organizações se tornem ágeis para se manterem competitivas, impactando o modelo de negócios que visa processos empresariais, desenvolvimento sistemático, estruturas organizacionais e sistemas de informação. Assim, o conceito de GD de uma organização oferece um meio de digitalização para introduzir mais agilidade sobre recursos baseados em gráfico e representação de conhecimento legível por máquina de modelos empresariais. Dessa forma, vários cenários podem ser executados em tempo real com a abordagem GD, utilizando espaços de contexto que fornecem as informações necessárias semanticamente estruturadas, melhorando a comprehensibilidade e aplicabilidade dos modelos utilizados no mundo real [Riss et al. 2020].

2. Por que é crítico que a comunidade direcione esforços para superá-lo?

Os GD apresentam benefícios, desafios e oportunidades [Attaran e Celik 2023], bem alinhados aos sistemas de informação sócio-técnicos. O desafio para a engenharia de sistemas de informação é o desenvolvimento de soluções de excelência organizacional por meio da replicação de fábricas virtuais, como citado por Grieves na indústria de manufatura [Grieves 2014]. O desenvolvimento empiricamente definido de uma estrutura de sistemas de informação utilizando GD com sub-sistemas organizacionais interativos que alinham as capacidades das pessoas com seus objetivos, relacionados aos processos que operam dentro de uma infraestrutura física e compartilham suposições e normas

culturais, não é uma tarefa trivial. A comunidade de sistemas de informação pode abraçar esse desafio pelos próximos dez anos para conceber sistemas de informação sócio-técnicos bem-sucedidos.

3. Quais são os riscos se não avançarmos na resolução disso?

A dissociação entre GD e ambientes do mundo real nas organizações reflete a capacidade de reproduzir os riscos inerentes aos ambientes de produção e desenvolvimento. A experimentação sem incorporar o GD representa uma desconexão entre as organizações e o desenvolvimento das soluções propostas, pois muitos fatores qualitativos impedem a execução esperada de um sistema sócio-técnico, como os desafios citados no I GranDSI-BR: fortalecimento da abordagem sócio-técnica na pesquisa em sistemas de informação, sistemas de sistemas de informação (SoIS), total interoperabilidade, transparência nos sistemas de informação [Boscarioli et al. 2017].

Além dos aspectos qualitativos, também existem discrepâncias funcionais. A falta de uma representação precisa de gêmeos em sistemas sócio-técnicos apresenta desafios computacionais, muitas vezes negligenciados em ambientes não replicáveis. Considerando domínios de alto risco, como a segurança pública, surgem preocupações adicionais, exigindo mais estudos para garantir requisitos funcionais e não funcionais dentro de um sistema sócio-técnico complexo.

4. Quais outros problemas, áreas, conhecimentos, ações, iniciativas, tecnologias, o desafio está relacionado?

Este desafio está relacionado a vários campos do conhecimento dentro de sistemas de informação, mas também intersecta com a inteligência artificial. Intrinsecamente ligado aos sistemas de informação, a manipulação de GD intersecta com SoIS e ciência de dados, pois as interações entre sistemas de diferentes naturezas apresentam desafios individuais. No entanto, combinados, podem criar novos desafios nunca considerados isoladamente. Esses problemas de interoperabilidade exigem avanços na tecnologia GD para serem resolvidos. Muitas vezes, fatores não funcionais são a principal fonte de desafios quando incorporados em sistemas complexos, exigindo análises multidimensionais que não foram consideradas individualmente, mas apenas na presença do GD.

Assim, o desafio de incorporar GD em sistemas de informação é urgente e exige ação direcionada da comunidade para reduzir a lacuna entre a academia e a indústria. O objetivo final é chegar a um corpo de conhecimento para apoiar o design de sistemas de informação sócio-técnicos que utilizam GD desde as etapas iniciais do design até a implementação.

Referências

- Attaran, M. e Celik, B. G. (2023). Digital twin: Benefits, use cases, challenges, and opportunities. *Decision Analytics Journal*, 6:100165.
- Boscaroli, C., de Araujo, R. M., e Maciel, R. S. P. (2017). I grandsi-br grandes questões de pesquisa em sistemas de informação no Brasil 2016-2026.
- Grieves, M. (2014). Digital twin: manufacturing excellence through virtual factory replication. *White paper*, 1(2014):1–7.
- Grieves, M. e Vickers, J. (2017). *Digital Twin: Mitigating Unpredictable, Undesirable Emergent Behavior in Complex Systems*, páginas 85–113. Springer International Publishing, Cham.
- Leavitt, H. J. (1972). *Managerial Psychology*. University of Chicago Press, Chicago, IL, EUA, 3^a edição.
- Niederman, F., Brancheau, J. C., e Wetherbe, J. C. (1991). Information systems management issues for the 1990s. *MIS quarterly*, páginas 475–500.
- Riss, U. V., Maus, H., Javaid, S., e Jilek, C. (2020). Digital twins of an organization for enterprise modeling. In Grabis, J. e Bork, D., editores, *The Practice of Enterprise Modeling*, páginas 25–40, Cham. Springer International Publishing.
- Socio-Technical Centre (2025). *Socio-technical systems theory*. Leeds University Business School. Disponível em <https://shorturl.at/D3ic4> (2025/02/03).
- Trist, E. (1981). The evolution of socio-technical systems: a conceptual framework and an action research program. Toronto, Ontário: Ontario Ministry of Labour, Ontario Quality of Working Life Centre.
- Trist, E. L. e Bamforth, K. W. (1951). Some social and psychological consequences of the longwall method of coal-getting: An examination of the psychological situation and defenses of a work group in relation to the social structure and technological content of the work system. *Human Relations*, 4(1):3–38.