

ARQUITETURA SISTÊMICA DE DECISÃO SOB DISRUPÇÃO TECNOLÓGICA: MODELO CÍCLICO CONTÍNUO BASEADO EM SYSTEM DYNAMICS E MCDM PARA ECOSSISTEMAS DE INOVAÇÃO

Ronald Adomaitis da Silva¹; Renato Cesar Sato²

¹ Instituto Tecnológico de Aeronáutica – ITA. (ronaldadomaitis@ita.br).

² Universidade Federal de São Paulo – UNIFESP. (rcsato@unifesp.br).

Resumo: Ecossistemas de inovação e organizações intensivas em tecnologia operam sob condições de incerteza recorrente, marcadas por mudanças aceleradas, múltiplos agentes interdependentes e interações institucionais não lineares. Tecnologias disruptivas, como inteligência artificial, ampliam a complexidade decisória e evidenciam limitações de abordagens tradicionais de planejamento estratégico, frequentemente incapazes de representar atrasos de feedback, efeitos acumulativos e desalinhamentos internível. Nesse contexto, torna-se necessário desenvolver modelos capazes de analisar a preservação da viabilidade estrutural desses sistemas ao longo do tempo. O objetivo deste trabalho é desenvolver e estruturar o framework D-RAS (Dynamic Recursive Architecture for Systems) como uma Arquitetura Sistêmica de Decisão organizada em ciclo adaptativo contínuo, integrando Cibernética Organizacional, System Dynamics e métodos multicritério de apoio à decisão (MCDM), com destaque para o Fuzzy Analytic Hierarchy Process (Fuzzy-AHP). A robustez decisória é formalmente definida como a propriedade de um sistema dinâmico multinível, cuja trajetória temporal permanece contida em um domínio de viabilidade previamente especificado, apesar de perturbações estruturais estocásticas ou paramétricas. Esse domínio é caracterizado por restrições sobre variáveis institucionais críticas — coerência internível, capacidade de coordenação e estabilidade de mecanismos de controle — que compõem o estado sistêmico monitorado na modelagem dinâmica e delimitam condições mínimas para preservação funcional e viabilidade organizacional. O framework D-RAS organiza-se em cinco fases interdependentes: (i) configuração da arquitetura cibernética multinível, com definição de estruturas de coordenação e controle; (ii) operacionalização do processo decisório via priorização multicritério sob incerteza; (iii) modelagem dinâmica baseada em estoques, fluxos e loops de feedback; (iv) avaliação estrutural da trajetória do sistema em relação ao domínio de viabilidade; e (v) reconfiguração adaptativa da arquitetura institucional. Diferentemente de modelos discretos de planejamento, a proposta assume adaptação em tempo quase contínuo, permitindo que decisões alterem a estrutura do sistema, que por sua vez retroalimenta o processo decisório. A modelagem por System Dynamics permite simular disrupções tecnológicas e avaliar a preservação ou perda de integridade estrutural em arquiteturas institucionais. O Fuzzy-AHP atua como mecanismo de priorização sob ambiguidade e informação incompleta, integrando-se ao sistema dinâmico como motor decisório estruturado. A governança de inteligência artificial é utilizada como aplicação ilustrativa, dada sua elevada complexidade regulatória e impacto transversal sobre

ecossistemas produtivos. Contudo, o framework é concebido como generalizável a outros domínios tecnológicos e organizacionais públicos e privados. Do ponto de vista aplicado, o modelo oferece suporte analítico à alta gestão e a ambientes de inovação, permitindo testar configurações institucionais antes de sua implementação. Cientificamente, o estudo integra um programa de pesquisa voltado ao desenvolvimento de um modelo formal para análise da viabilidade estrutural e governança adaptativa em ambientes tecnológicos complexos, com contribuições à literatura de sistemas complexos e à gestão estratégica. O modelo permitirá investigar padrões estruturais que ampliam ou fragilizam a robustez decisória, definida como a propriedade de um sistema dinâmico multinível cuja trajetória de estado $x(t)$ permanece contida em um domínio de viabilidade previamente especificado $\mathcal{V}$, para todas as perturbações admissíveis ao longo do tempo, com potencial de evolução futura para extensões dinâmicas avançadas, incluindo controle ótimo, formulações estocásticas robustas e integração com Agent-Based Modeling (ABM).

Palavras-chave: Cibernética Organizacional; Governança de IA; Sistemas Adaptativos Complexos; Análise de Robustez; Dynamic Recursive Architecture for Systems.