57º SBPO
SIMPÓSIO BRASILEIRO DE PESQUISA OPERACIONAL
Gramado • RS
DE 5 A 9 DE OUTUBRO DE 2025

Desafios da Implementação de uma Inteligência Artificial no Setor de Defesa Brasileiro

Daniel Martins Monteiro da Silva
Instituto Tecnológico de Aeronáutica (ITA)

Vinicius de Lemos Cardoso Rondon
Instituto Tecnológico de Aeronáutica (ITA)

Sarah Negreiros de Carvalho Leite
Instituto Tecnológico de Aeronáutica (ITA)

Mischel Carmen Neyra Belderrain
Instituto Tecnológico de Aeronáutica (ITA)

Níssia Carvalho Rosa Bergiante
Universidade Federal Fluminense (UFF)

RESUMO

A adoção de soluções baseadas em Inteligência Artificial (IA) no setor de Defesa brasileiro ultrapassa o campo tecnológico, envolvendo também aspectos geopolíticos, econômicos e estratégicos. O debate atual evidencia como a soberania tecnológica em IA se conecta à nova corrida armamentista, considerando modelos avançados como recursos críticos à segurança nacional. No entanto, implementar tais tecnologias na Defesa implica lidar com múltiplos atores, interesses divergentes e incertezas associadas a limitações orçamentárias, de pessoal e de infraestrutura. Diante dessa complexidade, este trabalho aponta os Métodos de Estruturação de Problemas (PSMs) como ferramentas valiosas para compreender e gerenciar esses desafios. Entre esses métodos, destaca-se a *Soft Systems Methodology* (SSM), proposta como uma abordagem capaz de orientar decisões estratégicas de forma colaborativa e abrangente, considerando os diferentes pontos de vista e a natureza dinâmica dos problemas enfrentados pela área de Defesa.

PALAVRAS CHAVE. Inteligência Artificial, Defesa, *Soft* OR.

Tópicos D&SP – PO em Defesa e Segurança; IA – Pesquisa Operacional e IA

ABSTRACT

The adoption of Artificial Intelligence (AI) solutions in the Brazilian Defense sector goes beyond the technological domain, encompassing geopolitical, economic, and strategic dimensions. Current debates highlight how technological sovereignty in AI is tied to a new arms race, with advanced models regarded as critical assets for national security. However, implementing such technologies in Defense requires addressing multiple stakeholders, divergent interests, and uncertainties related to budgetary, personnel, and infrastructure constraints. Given this complexity, this study points to Problem Structuring Methods (PSMs) as valuable tools for understanding and managing these challenges. Among these methods, the Soft Systems Methodology (SSM) stands out as an approach capable of guiding strategic decisions in a collaborative and comprehensive manner, taking into account multiple perspectives and the dynamic nature of the issues faced by the Defense sector.

KEYWORDS. Artificial Intelligence. Defense. Soft OR.

Paper Topics: D&SP – OR in Defense and Security; IA- OR and AI

DOI: 10.59254/sbpo-2025-212442
https://proceedings.science/p/212442?lang=pt-br

Introdução

A implementação de soluções inteligentes em ambientes computacionais e digitais representa um vetor estratégico na nova corrida armamentista global [Horowitz 2018; Taddeo & Floridi 2018]. A capacidade de desenvolver modelos avançados de Inteligência Artificial (IA) — especialmente aqueles voltados ao Processamento de Linguagem Natural (PLN) e redes neurais profundas — passou a ser vista como um diferencial soberano, dada sua utilidade na análise de cenários complexos, aumento da consciência situacional e apoio à tomada de decisões, tanto em tempos de paz quanto em situações de conflito [Georgiou 2015; Ackermann & Eden 2011].

Modelos de IA baseados em redes neurais são compostos por camadas interligadas de unidades de processamento (neurônios artificiais) capazes de extrair padrões a partir de grandes volumes de dados [Goodfellow et al. 2016]. Quando aplicadas ao PLN, essas redes permitem que dados binários sejam transformados em linguagem natural, habilitando a comunicação semântica entre sistemas computacionais e operadores humanos — o que é essencial para a tomada de decisão em ambientes estratégicos [Jurafsky & Martin 2023].

No entanto, o uso de tecnologias desenvolvidas por potências estrangeiras gera dependência tecnológica e pode comprometer a soberania nacional, especialmente quando dados sensíveis das Forças Armadas são tratados por sistemas cuja arquitetura e funcionamento são opacos [Tolan et al. 2019].

Nesse sentido, torna-se prioritário o desenvolvimento de uma IA nacional, autônoma e confiável, capaz de fortalecer a segurança e o posicionamento geopolítico do país.

Contudo, o desenvolvimento de um sistema de IA voltado ao setor de Defesa não é trivial. Ele envolve múltiplos atores com interesses, valores e percepções divergentes, incertezas tecnológicas, restrições orçamentárias e desafios de coordenação interinstitucional — características típicas de *wicked problems* [Francozo et al. 2021; Rittel & Webber 1973].

O objetivo deste trabalho é estruturar um processo participativo capaz de lidar com a complexidade e a incerteza envolvidas no desenvolvimento de uma inteligência artificial nacional para o setor de Defesa. A proposta busca integrar diferentes perspectivas dos *stakeholders*, identificar transformações viáveis e desejáveis e orientar ações colaborativas que assegurem a soberania tecnológica e a legitimidade social das soluções implementadas. Dessa forma, é elaborada a seguinte questão: Como estruturar um processo participativo de desenvolvimento de uma IA nacional para o setor de Defesa diante da complexidade e incerteza envolvidas?

Para responder à esta questão, propõe-se a aplicação de Métodos de Estruturação de Problemas (*Problem Structuring Methods* – PSMs) da Pesquisa Operacional *Soft*, com ênfase na *Soft Systems Methodology* (SSM) [Georgiou 2015]. Esta metodologia busca não apenas representar a complexidade do problema, mas também identificar transformações viáveis que reflitam os objetivos fundamentais dos atores envolvidos, otimizando o planejamento sistêmico em contextos de alta criticidade estratégica [Francozo et al. 2021].

Para isto, a Seção 1 apresenta o referencial teórico sobre os PSMs, com foco na SSM. Em seguida, nas Seções 2 e 3, o problema é analisado por meio da aplicação da metodologia. A Seção 4 traz a conclusão acerca dos resultados, sugestões para estudos futuros e, por fim, são apresentadas as referências.

1. *Soft* OR e Métodos de Estruturação de Problemas

A Pesquisa Operacional *Soft,* do termo em inglês *Soft Operational Research* (*Soft* OR), surgiu como uma resposta às limitações das abordagens tradicionais da Pesquisa Operacional (*Hard* OR), que costuma tratar problemas como se fossem puramente técnicos, bem definidos e passíveis de modelagem matemática. No entanto, em muitas situações reais, especialmente em contextos sociais e organizacionais, os problemas são complexos, ambíguos e envolvem diferentes pontos de vista [Mingers 2001].

Mingers [2001] define que estes problemas complexos, ou também chamados *wicked problems,* são caracterizados pela presença de múltiplos fatores, múltiplas perspectivas e interesses incomensuráveis, os quais são aspectos centrais da problemática de uma Implementação de IA no

DOI: 10.59254/sbpo-2025-212442
https://proceedings.science/p/212442?lang=pt-br

setor de Defesa Brasileiro. Hammond *et al.* [1999] complementam que "uma boa solução para um problema bem descrito é mais inteligente que uma excelente solução para um problema mal definido".

A *Soft* OR propõe lidar com esse tipo de desafio através de métodos participativos, que valorizam a interação entre os envolvidos, a compreensão mútua e a construção coletiva de caminhos possíveis para a mudança. Não se trata de buscar a "melhor solução" e sim de estruturar o problema de forma que se tornem visíveis as alternativas mais legítimas e viáveis para quem está inserido na situação. Como observa Mingers [2001], o foco está em processos de aprendizado e entendimento compartilhados, e não em resultados ótimos do ponto de vista técnico.

A estruturação de problemas complexos é uma abordagem essencial quando se lida com situações marcadas por múltiplos atores, valores conflitantes e elevada incerteza. Esses métodos buscam promover entendimento e aprendizado colaborativo entre os envolvidos, muitas vezes por meio da representação visual, construção participativa de modelos conceituais e da exploração de múltiplas perspectivas sobre a situação problemática [Georgiou 2006].

Existem diversas metodologias consolidadas no campo dos Métodos de Estruturação de Problemas (PSM), cada uma com enfoques específicos. A *Strategic Options Development and Analysis* (SODA) é uma abordagem de estruturação de problemas centrada em *stakeholders*, que utiliza mapas cognitivos para representar visualmente os pensamentos, percepções e objetivos dos indivíduos envolvidos em uma situação complexa [Ackermann & Eden 2001].

A *Value-Focused Thinking* (VFT) proposta por Keeney [1992], é uma metodologia de apoio à decisão que propõe uma inversão na lógica tradicional de análise de alternativas: ao invés de partir das opções disponíveis, começa pela identificação dos valores fundamentais dos decisores.

A *Soft Systems Methodology* (SSM), desenvolvida por Checkland [1972], é destacada por [Georgiou 2006] como uma das abordagens mais desenvolvidas e amplamente aplicadas pois não parte da premissa de que existe um problema objetivo a ser resolvido, mas sim diversas percepções de realidade que precisam ser exploradas e compreendidas. O papel da SSM é, portanto, estruturar debates entre os *stakeholders*, usando ferramentas para revelar os diferentes entendimentos e possibilitar ações viáveis e desejáveis dentro de contextos organizacionais complexos [Georgiou 2006].

Neste estudo, utiliza-se a SSM para abordar uma situação problemática associada à Implementação de IA, em que há múltiplas interpretações do problema. A SSM é apropriada por considerar os fatores sociais e políticos que influenciam os *stakeholders*, utilizando ferramentas como Figura Rica e modelos baseados em CATWOEs distintos. Essa abordagem permite comparar diferentes visões com a realidade institucional e identificar mudanças desejáveis e viáveis para a adoção da IA no setor de Defesa Brasileiro.

A implementação de sistemas de inteligência artificial no setor de defesa brasileiro enfrenta obstáculos relacionados à cultura organizacional e às dinâmicas de poder entre os *stakeholders* envolvidos. A resistência cultural, aliada à valorização de práticas tradicionais e à incerteza quanto ao impacto da automação, pode comprometer a adoção de novas tecnologias [Parrilla et al. 2018].

Nesse cenário, a SSM se destaca por permitir a exploração estruturada dessas diferentes visões de mundo, promovendo o entendimento colaborativo e a formulação de soluções que sejam, ao mesmo tempo, desejáveis e viáveis. Neste trabalho é demonstrado como a SSM possibilita revelar conflitos, mapear dinâmicas sociais e orientar ações que considerem tanto as necessidades estratégicas do Estado quanto às preocupações éticas e sociais, contribuindo para uma implementação mais segura, legítima e alinhada à realidade brasileira [Georgiou 2015].

2. Breve Contextualização da Importância da Inteligência Artificial na Defesa

A corrida armamentista do século XXI alcançou o campo digital, envolvendo IA, guerra cibernética e automação. Nações capazes de desenvolver e manter modelos avançados de IA obtêm vantagens em áreas como vigilância, contrainteligência e sistemas autônomos [Goodfellow,

DOI: 10.59254/sbpo-2025-212442
https://proceedings.science/p/212442?lang=pt-br

Bengio & Courville 2016]. O uso de Processamento de Linguagem Natural (PLN) no setor de Defesa permite analisar comunicações, apoiar decisões e identificar ameaças, mas a dependência de soluções estrangeiras compromete a soberania digital e a continuidade operacional em cenários críticos [Goodfellow, Bengio & Courville 2016].

Segundo a Estratégia Brasileira de Inteligência Artificial (EBIA), a criação de uma IA nacional fortalece a competitividade econômica e reduz vulnerabilidades frente a sanções de grandes corporações [Brasil 2021]. A EBIA também destaca que a implementação de IA nacional favorece a inovação e a qualificação de mão de obra especializada [Brasil 2021]. Esse desenvolvimento demanda infraestrutura robusta e alta especialização, comparável em complexidade ao desenvolvimento de armamentos estratégicos [Francozo et al. 2021; Keeney 1992].

Diante desse cenário, a aplicação da SSM é adequada para estruturar a situação de forma sistêmica, considerando múltiplos atores e interesses [Georgiou 2015]. Essa abordagem promove soluções viáveis e orienta mudanças significativas [Ulrich 2000]. A Seção 3 apresenta uma intervenção baseada nesse método.

3. Intervenção Sistêmica com *Soft Systems Methodology* (SSM)

Checkland [1999] propôs em seu trabalho uma metodologia de estruturação de problemas complexos que se consolidou como a SSM, originalmente organizada em sete estágios. Posteriormente, Georgiou [2015] reestruturou essa metodologia em três macro estágios para possibilitar uma aplicação mais prática e operacional para o usuário da SSM. A Figura 1 ilustra como o método foi sintetizado sem perder sua profundidade conceitual e sua capacidade de lidar com sistemas complexos.

Ao longo deste trabalho, cada estágio da SSM reestruturado por Georgiou [2015] será aplicado com suas referidas etapas, mapeando todas as perspectivas envolvidas e construindo os conceitos que sustentarão as transformações propostas.

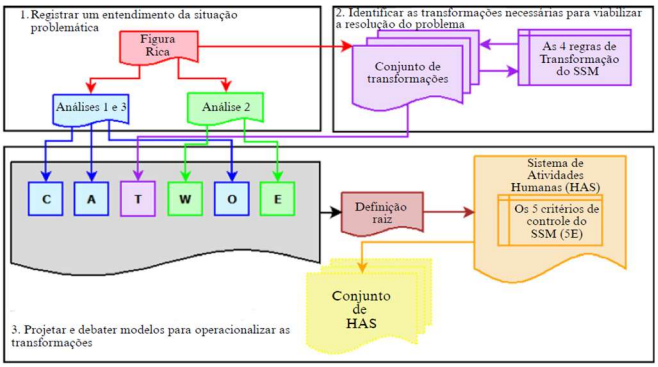


Figura 1 - Modelo esquemático da SSM em três estágios
Fonte: Adaptado de Georgiou [2015] e Francozo [2021].

3.1 Estágio 1: Registrar um entendimento da situação problemática

No primeiro estágio da metodologia, o objetivo central é construir uma compreensão inicial da situação problemática, especialmente em contextos marcados por incertezas e ausência de dados objetivos. Isso envolve reunir percepções, experiências e interpretações dos atores envolvidos, transformando esse conhecimento fragmentado em informações úteis para análise. Como observado por Francozo *et al.* [2021], essa etapa é essencial para capturar a complexidade da realidade social e estruturar os elementos necessários à formulação de modelos conceituais capazes de orientar intervenções significativas.

DOI: 10.59254/sbpo-2025-212442
https://proceedings.science/p/212442?lang=pt-br

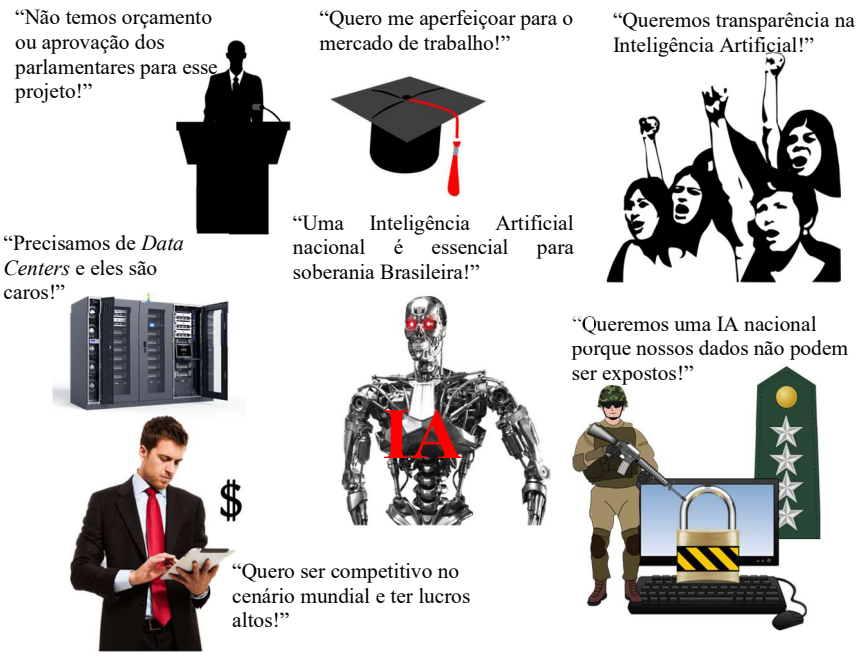


Figura 2 - Figura Rica

3.1.1 Figura Rica

De acordo com Rosalind [2011], as Figuras Ricas representam um ponto de partida eficaz para compreender situações problemáticas, justamente por permitirem o registro de tudo o que se sabe sobre o contexto, sem a necessidade de aplicar, de imediato, qualquer estrutura formal ou análise específica. Em essência, trata-se de um desenho livre — ou um esboço visual — que busca representar a complexidade da situação em questão.

Além disso, a elaboração da Figura Rica colabora diretamente com três análises fundamentais: (1) a identificação dos agentes envolvidos, sejam eles físicos ou abstratos; (2) a compreensão do ambiente social e político que cerca o problema; e (3) a avaliação do grau de influência ou poder que cada agente tem para intervir na situação.

A partir dessa abordagem a Figura 2 reúne os aspectos essenciais que moldam a forma como o problema é percebido e apresenta de forma sucinta a visão, os objetivos e as perspectivas dos *stakeholders* envolvidos. A análise integrada desses fatores permite identificar não apenas a existência de interesses conflitantes, mas também potenciais oportunidades de cooperação entre os atores. Como exemplo, destaca-se o caso do empresário que, ao buscar o aumento de seus lucros, pode contribuir com investimentos em pesquisa de inteligência artificial, beneficiando diretamente as universidades e fomentando a inovação tecnológica.

3.1.2 Análises 1, 2 e 3

Após a elaboração da Figura Rica, são iniciadas as análises 1, 2 e 3. Na análise 1, procede-se à identificação dos atores físicos e abstratos envolvidos na situação problemática. A análise 2, por sua vez, concentra-se na compreensão do contexto sociopolítico em que o problema está inserido, considerando o ambiente no qual a organização atua atualmente. Na análise 3, busca-se avaliar o nível de influência ou poder que cada um dos atores identificados na análise 1 exerce sobre a situação em estudo. Ressalta-se que as análises 1 e 3 mantêm uma conexão ao longo de todo o processo de aplicação da SSM, pois ambas estão diretamente relacionadas aos mesmos atores.

Os resultados obtidos nestas etapas são apresentados nos Quadros 1 a 3.

DOI: 10.59254/sbpo-2025-212442
https://proceedings.science/p/212442?lang=pt-br

Análise 1: Agentes Físico e Abstratos Envolvidos
1. Parlamentares: responsáveis pela criação e aprovação de leis relacionadas à segurança e soberania digital. 2. Comandantes das Forças Armadas: são as pessoas que definem estratégias e diretrizes para a Defesa Nacional, incluindo o uso de tecnologias emergentes. 3. Pesquisadores e Doutores: atuam no desenvolvimento de soluções científicas e tecnológicas, contribuindo para a inovação. 4. Donos de empresas de tecnologia: investem e promovem o mercado de soluções tecnológicas, buscando lucro e influência no setor. 5. População: parte interessada nas políticas de segurança e privacidade, diretamente impactada pelas decisões sobre IA e defesa. 6. Centros de tecnologia e defesa cibernética das Forças Armadas: responsáveis pela proteção digital e desenvolvimento de capacidades cibernéticas no âmbito militar. 7. Câmara dos Parlamentares: instituição legislativa que debate e delibera sobre políticas públicas, inclusive de defesa e tecnologia. 8. Comunidade Científica: coletivo de especialistas que produz conhecimento e orienta decisões sobre avanços tecnológicos e seus impactos.

Quadro 1. Análise 1

Análise 2: Análise das Dinâmicas Sociais e Políticas
As dinâmicas sociopolíticas indicam um cenário complexo, com tensão entre a busca por inovação tecnológica e os riscos de sua adoção na Defesa. O uso de inteligência artificial traz ganhos operacionais, mas a falta de um modelo nacional expõe o país a vulnerabilidades estratégicas, como a perda de autonomia e a dependência de tecnologias estrangeiras. A percepção pública é dividida, refletindo preocupações éticas, sociais e de segurança. A escassez de profissionais qualificados dificulta o desenvolvimento de soluções nacionais. Além disso, a manipulação de dados sensíveis impõe desafios à segurança da informação e à preservação da soberania frente a ameaças externas.

Quadro 2. Análise 2

Análise 3: Poder dos Agentes
Parlamentares: poder para criar legislações e aprovar recursos que viabilizam iniciativas de IA no setor de Defesa. **Comandantes das Forças Armadas:** Têm influência direta na definição de estratégias e na decisão sobre a integração de IA em operações militares. **Pesquisadores e Doutores:** Contribuem de forma decisiva para o desenvolvimento de soluções de IA aplicáveis às necessidades da Defesa Nacional. **Donos de empresas de tecnologia:** Possuem capacidade de direcionar investimentos e disponibilizar tecnologias de IA para aplicação no setor de Defesa. **População:** Exerce influência por meio de demandas sociais, pressionando por transparência, ética e segurança na adoção de tecnologias de IA. **Centros de tecnologia e defesa cibernética das Forças Armadas:** Têm competência para implementar, testar e assegurar a proteção dos sistemas de IA utilizados nas operações militares. **Câmara dos Parlamentares:** detém poder institucional para deliberar sobre políticas públicas e regulamentar o uso da IA na segurança e defesa do país. **Comunidade Científica:** Atua com capacidade de orientar, por meio da produção de conhecimento, a aplicação responsável e segura da IA no setor de Defesa.

Quadro 3. Análise 3

DOI: 10.59254/sbpo-2025-212442
https://proceedings.science/p/212442?lang=pt-br

3.2 Estágio 2: Identificação das transformações

O Estágio 2 é definido por Georgiou [2015] como o estágio de identificação das mudanças necessárias para resolver os problemas identificados nas dinâmicas analisadas com o intuito de se modelar transformações que possibilitem a transição de um estado atual indesejado em um modelo conceitual idealizado. Georgiou [2015] estabelece quatro regras para a modelagem dessas transformações:

1. Considerar apenas uma entrada e uma saída;
2. A entrada deve estar presente na saída, podendo ter seu estado alterado;
3. Uma entrada abstrata/intangível deve gerar uma saída abstrata/intangível; e
4. Uma entrada concreta/tangível deve gerar uma saída concreta/tangível.

No problema estudado foram propostas três transformações para alterar os estados atuais indesejados observados na Análise 2.

ID	Transformações
1	**Entrada:** Uso inseguro de informação sensível em modelos de inteligência artificial estrangeiros.
	Saída: Uso seguro de informação sensível em modelos de inteligência artificial nacional,.
2	**Entrada:** Dependência de modelos de IA estrangeira para a criação de tecnologias no setor de Defesa Brasileiro, resultando em vulnerabilidades estratégicas e limitação da autonomia tecnológica.
	Saída: Independência de modelos de IA para produção de tecnologia no setor de Defesa Brasileiro, alcançada por meio da formulação de uma política nacional de fomento à IA e desenvolvimento de infraestrutura tecnológica.
3	**Entrada:** Percepção pública de insegurança e desconfiança quanto ao uso da IA no setor de Defesa.
	Saída: Percepção pública de segurança e confiança quanto ao uso da IA no setor de Defesa de forma ética, transparente e segura.

Quadro 4. Proposta de transformações

3.3 Estágio 3: Projeção e debate dos modelos para operacionalizar as transformações

No Estágio 3 da SSM o foco está na proposição e debate de modelos conceituais que possam operacionalizar as transformações identificadas como desejáveis e viáveis. Esse estágio envolve a aplicação de ferramentas como o CATWOE e a formulação das definições raiz, orientando a construção de ações práticas a partir das diferentes visões de mundo dos *stakeholders*. Essa etapa é essencial para garantir que as intervenções propostas sejam não apenas sistemicamente coerentes, mas também culturalmente aceitáveis e implementáveis no contexto organizacional analisado [Georgiou 2015].

3.3.1 CATWOE

A tabela CATWOE é utilizada no início do Estágio 3 para definir cada componente desse acrônimo: “C” de *Customer*, quem será influenciado pela transformação; “A” de“*Actor*”, quem atuará nesse processo; “T” de *Transformation*, sendo essa a transformação propriamente dita; “W” de *Weltanschauung*, que significa a visão de mundo que justifica aquela transformação; “O” de

DOI: 10.59254/sbpo-2025-212442
https://proceedings.science/p/212442?lang=pt-br

Owner, que se refere a quem possui o poder de autorizar ou impedir aquela mudança; e "E" de *Environment*, das restrições do ambiente que influenciam a transformação.

As CATWOE de cada transformação proposta estão listadas nas Tabelas 1, 2 e 3, acompanhadas de suas respectivas definições raiz elaboradas no Estágio 3.

3.3.2 Definição raiz

A definição raiz é uma formulação concisa que descreve o propósito essencial de uma atividade ou sistema humano, integrando as diferentes perspectivas dos *stakeholders* envolvidos. Essa definição é construída a partir da análise dos elementos identificados no CATWOE, que orienta a compreensão das visões de mundo e dos interesses em jogo. A definição raiz permite consolidar essas percepções em uma visão compartilhada, que direciona a modelagem conceitual de soluções sistemicamente desejáveis e culturalmente viáveis [Georgiou 2015].

A definição raiz de cada CATWOE estão listadas nas tabelas a seguir de cada transformação:

Transformação 1
C(*Customer*): Órgãos de Defesa Nacional, Forças Armadas, Governo Federal e a sociedade brasileira que se beneficia da proteção de informações sensíveis. **A(*Actor*):** Centros de tecnologia e defesa cibernética das Forças Armadas, empresas de tecnologia nacionais, pesquisadores especializados em IA e segurança da informação. **T(*Transformation*): Uso inseguro de informação sensível em modelos de inteligência artificial estrangeiros → Uso seguro de informação sensível em modelos de inteligência artificial nacional.** **W(*Weltanschauung*):** Um país que controla sua própria tecnologia de IA garante maior proteção de dados, independência estratégica e capacidade de resposta a ameaças informacionais. **O(*Owner*):** Ministério da Defesa, por meio dos Centros de Tecnologia e Defesa Cibernética das Forças Armadas, Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovações (MCTI), responsáveis por autorizar e financiar o desenvolvimento de soluções nacionais de IA. **E(*Environment*):** Limitações orçamentárias, escassez de profissionais especializados, necessidade de infraestrutura tecnológica adequada (data centers, supercomputadores) e restrições legais relacionadas à proteção de dados. **Definição raiz:** Um sistema conduzido por centros de pesquisa e engenheiros sob supervisão militar, que visa substituir modelos externos por soluções nacionais, assegurando o controle da informação sensível, com base na visão de que a soberania digital é essencial para a defesa do Estado brasileiro.

Tabela 1: CATWOE e definição raiz da transformação 1

Transformação 2
C(*Customer*): Governo Federal, Forças Armadas, indústria de defesa e a sociedade brasileira que se beneficia da autonomia tecnológica. **A (*Actor*):** Centros de pesquisa, universidades, empresas nacionais de tecnologia e centros de defesa cibernética. **T(*Transformation*): Dependência de modelos de IA estrangeira para criação de tecnologia para o setor de Defesa Brasileiro → Independência de modelos de IA para produção de tecnologia no setor de Defesa Brasileiro.** **W(*Weltanschauung*):** A autonomia tecnológica é fundamental para garantir a segurança nacional, reduzir riscos estratégicos e fortalecer a soberania do país. **O(*Owner*):** Ministério da Defesa, Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovações (MCTI) e agências de fomento à pesquisa e inovação.

DOI: 10.59254/sbpo-2025-212442
https://proceedings.science/p/212442?lang=pt-br

E(*Environment*): Barreiras tecnológicas, escassez de investimentos contínuos, falta de políticas públicas específicas e dificuldade de retenção de profissionais qualificados. **Definição raiz:** Um sistema nacional de pesquisa e inovação tecnológica voltado à Defesa, sustentado por parcerias entre governo, setor produtivo e universidades, que tem por objetivo reduzir a dependência de soluções externas e fortalecer a capacidade autônoma de produção de tecnologias críticas.

Tabela 2: CATWOE e definição raiz da transformação 2

Transformação 3
C(*Customer*): Sociedade civil, Governo Federal e organizações de defesa dos direitos civis, interessados em garantir o uso ético e seguro da IA. **A (*Actor*):** Ministério da Defesa, órgãos de comunicação institucional, pesquisadores em ética da IA e agências reguladoras. **T(*Transformation*): Percepção pública de insegurança quanto ao uso de IA no setor de Defesa → Confiança pública na aplicação segura e ética da IA no setor de Defesa.** **W(*Weltanschauung*):** A confiança da população é essencial para legitimar a adoção de tecnologias emergentes, garantindo transparência e responsabilidade social. **O(*Owner*):** Governo Federal, por meio do Ministério da Defesa e dos órgãos de comunicação oficial. **E(*Environment*):** Riscos de exposição de informações sensíveis, baixa compreensão pública sobre o funcionamento da IA, ausência de políticas de comunicação eficazes e falta de regulamentação clara sobre o uso ético da IA. **Definição raiz:** Um sistema de governança e comunicação transparente, que promova a participação social e estabeleça diretrizes éticas claras para o uso da inteligência artificial no setor de Defesa, fortalecendo a confiança pública e a legitimidade das ações governamentais.

Tabela 3: CATWOE e definição raiz da transformação 3

3.3.3 Sistemas de atividades humanas

A análise das CATWOE possibilita a elaboração de um Sistema de Atividades Humanas, do inglês *Human Activity System* (HAS). Georgiou [2015] propõe que esse sistema analise recortes do problema, mais especificamente cada transformação proposta, e liste as atividades que viabilize as transformações desejadas. Além disso, ele também defende a utilização de cinco critérios (5E) para que os resultados das mudanças sejam analisados: Eficácia, Eficiência, Efetividade, Ética e Elegância. Esses critérios oferecem uma base para analisar e refinar os HAS, garantindo que as soluções de inteligência artificial no setor de Defesa Brasileiro sejam viáveis, eficazes, eficientes e socialmente aceitáveis [Checkland 1999].

A Figura 3 apresenta os HAS desenvolvidos para cada transformação, reunindo as atividades essenciais para viabilizar as mudanças propostas. Além disso, incorpora o conceito de Supersistema, permitindo visualizar as inter-relações entre os HAS por meio de atividades compartilhadas, reforçando uma compreensão integrada da situação analisada. Esta interatividade evidencia que o sucesso de uma transformação está condicionado ao progresso das demais, reforçando a natureza sistêmica da situação-problema.

DOI: 10.59254/sbpo-2025-212442
https://proceedings.science/p/212442?lang=pt-br

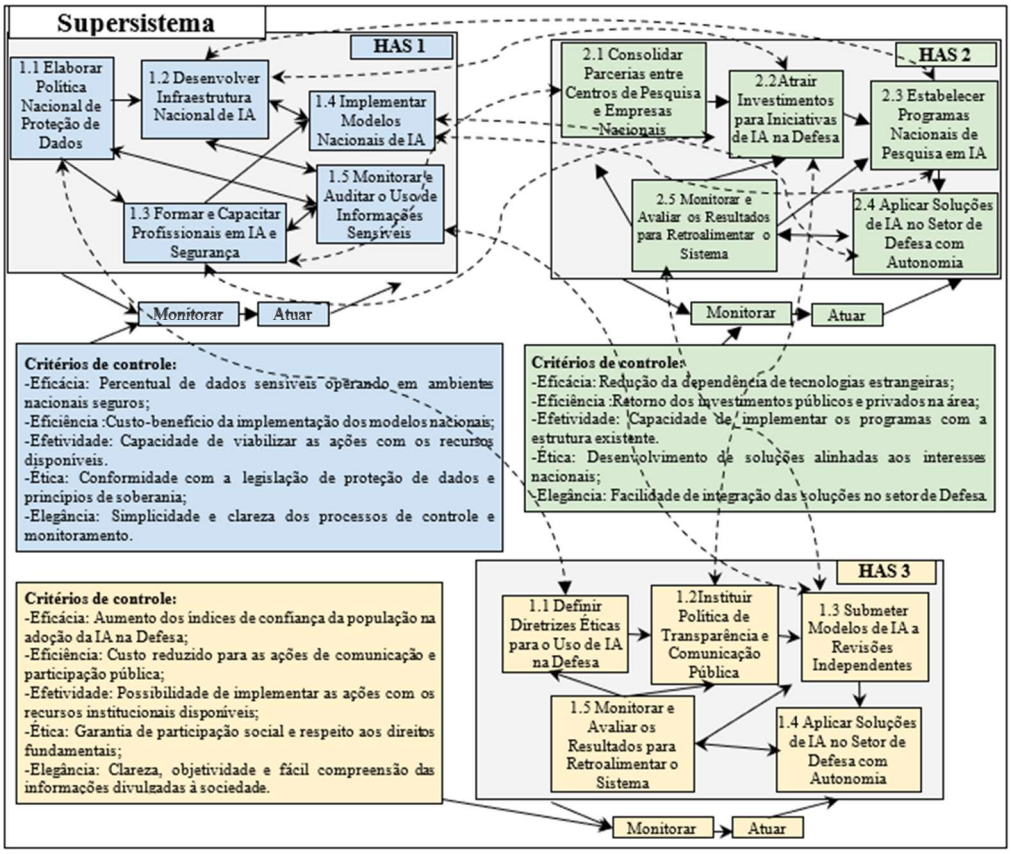


Figura 3 – Supersistema

Segundo Georgiou [2015], a avaliação das transformações propostas deve considerar não apenas sua viabilidade técnica, mas também se são culturalmente desejáveis no contexto em que se inserem. Essa análise é fundamental para garantir que as mudanças sugeridas sejam aceitas pelos *stakeholders* envolvidos e possam ser implementadas de forma prática e sustentável. No caso da adoção de soluções de inteligência artificial no setor de Defesa, essa avaliação permite alinhar as transformações aos valores institucionais, sociais e estratégicos, assegurando que sejam sistematicamente viáveis e contribuam para a construção de soluções legítimas e efetivas.

No contexto da Transformação 1, que propõe a substituição do uso inseguro de informações sensíveis em modelos de IA estrangeiros por soluções nacionais, verifica-se que a proposta é culturalmente desejável, pois reforça a soberania informacional e a proteção de dados estratégicos, temas amplamente valorizados no setor de Defesa. No entanto, sua viabilidade sistêmica enfrenta obstáculos relacionados à necessidade de altos investimentos em infraestrutura tecnológica e à formação de capital humano especializado, exigindo ações coordenadas entre governo, centros de pesquisa e setor produtivo para superar essas barreiras.

A Transformação 2, voltada à promoção da autonomia tecnológica por meio da redução da dependência de modelos estrangeiros, também se apresenta como culturalmente desejável, alinhando-se à busca por maior independência nacional em áreas sensíveis. Contudo, sua viabilidade sistêmica depende de investimentos contínuos em pesquisa e desenvolvimento, bem como da criação de políticas de incentivo à retenção de talentos e fortalecimento das capacidades das universidades e centros tecnológicos nacionais, o que demanda um esforço institucional de longo prazo.

Por fim, a Transformação 3, que busca promover a confiança pública no uso da IA na Defesa por meio da transparência e da disseminação de informações claras, apresenta alta desejabilidade cultural, uma vez que atende aos princípios democráticos de participação e controle social. Sua viabilidade sistêmica é favorecida por exigir menos recursos financeiros diretos,

DOI: 10.59254/sbpo-2025-212442
https://proceedings.science/p/212442?lang=pt-br

dependendo mais da implementação de políticas de comunicação eficazes e de ações voltadas ao combate à desinformação, elementos fundamentais para garantir a legitimidade social das iniciativas de adoção de IA no setor de Defesa.

Com o Supersistema definido e validado pelos critérios de desejabilidade cultural e viabilidade sistêmica, o próximo passo consiste em detalhar o planejamento da implementação das atividades — estabelecendo cronogramas, responsáveis, metas e indicadores de desempenho. Essa etapa busca garantir que a mudança proposta não apenas seja compreendida e aceita pelos *stakeholders*, mas também possa ser executada de forma coordenada, realista e sustentável dentro do contexto estratégico da Defesa.

4 Conclusão

A implementação da IA no setor de Defesa vai além da modernização tecnológica, exigindo uma reorganização estrutural que impacta a soberania nacional e redefine processos decisórios. Esse cenário, marcado por interesses conflitantes e limitações operacionais, reforça a necessidade de abordagens participativas e sistêmicas, como os PSM, que facilitam a expressão de diferentes perspectivas e a construção de soluções mais legítimas e contextualizadas.

Nesse contexto, adotou-se a SSM por sua eficácia em lidar com problemas mal estruturados, revelando interesses divergentes e facilitando o entendimento entre múltiplos atores. A aplicação da SSM permitiu mapear percepções, compreender dinâmicas sociais e propor transformações consideradas desejáveis e viáveis, oferecendo uma base metodológica adequada para a adoção da IA na Defesa de forma colaborativa e alinhada à realidade brasileira.

Com base em pressupostos hipotéticos, os resultados indicaram transformações capazes de promover avanços no desenvolvimento social, tecnológico e militar, além de identificar ações que, integradas de forma sistêmica, podem viabilizar sua implementação e contribuir para soluções mais sustentáveis e eficazes no setor.

A Transformação 1 propõe substituir o uso inseguro de informações sensíveis em modelos estrangeiros por soluções nacionais, fortalecendo o controle e a segurança dos dados. Sua viabilidade depende da superação de obstáculos como limitações orçamentárias, falta de profissionais especializados e necessidade de investimentos em infraestrutura, tendo como facilitador o interesse governamental em fortalecer a soberania digital.

A Transformação 2 busca romper a dependência de modelos estrangeiros para o desenvolvimento de tecnologias de Defesa, promovendo a autonomia nacional. Apesar das dificuldades relacionadas a investimentos contínuos e retenção de talentos, a existência de centros de pesquisa e universidades com capacidade de inovação favorece essa iniciativa.

A Transformação 3 propõe fortalecer a confiança pública no uso da IA na Defesa, por meio da disseminação de informações claras e confiáveis. Sua viabilidade é alta, pois depende mais de esforços de comunicação e políticas de transparência do que de grandes investimentos, sendo o principal desafio superar a desinformação e ampliar o entendimento da população.

Por fim, este trabalho demanda validação experimental para verificar se os pressupostos assumidos correspondem à realidade e se as atividades e critérios propostos são eficazes para aprimorar o desenvolvimento nacional, mantendo a aceitabilidade entre os *stakeholders*. Também é pertinente investigar modelos de governança para a gestão ética da inteligência artificial, bem como estudos aprofundados sobre a formação de parcerias estratégicas entre governo, indústria e academia, de forma a consolidar um ecossistema nacional de desenvolvimento tecnológico sustentável e autônomo.

Agradecimentos

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) - Código de Financiamento 001.

DOI: 10.59254/sbpo-2025-212442
https://proceedings.science/p/212442?lang=pt-br

Referências

Ackermann, F.; Eden, C. Strategic options development and analysis (SODA). In: Rosenhead, J.; Mingers, J. (Eds.). *Rational analysis for a problematic world revisited*. 2. ed. Chichester: Wiley, 2001.

Ackermann, F. Problem structuring methods 'in the dock': arguing the case for soft OR. *European Journal of Operational Research*, v. 219, p. 652–658, 2012.

Brasil. Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovações. *Estratégia Brasileira de Inteligência Artificial (EBIA)*. Brasília: MCTI, 2021. Disponível em: https://www.gov.br/mcti/pt-br. Acesso em: 7 maio 2025.

Checkland, P (1972). Towards a Systems-Based Methodology for Real-World Problem Solving. Journal of Systems Engineering, 3(2), 87–116.

Checkland, P.; Scholes, J. *Soft systems methodology in action*. Chichester: Wiley, 1999.

Francozo, R.; Paucar-Caceres, A.; Belderrain, M. C. N. Combining value-focused thinking and soft systems methodology. *Journal of the Operational Research Society*, 2021.

Georgiou, I. The potential and limitations of critical realism in operational research and systems thinking. *Journal of Critical Realism*, v. 5, n. 1, p. 33–60, 2006.

Georgiou, I. Soft systems methodology: towards a learning system. *Systems Research and Behavioral Science*, v. 32, n. 2, p. 186–209, 2015.

Goodfellow, I.; Bengio, Y.; Courville, A. *Deep learning*. Cambridge: MIT Press, 2016.

Hammond, J. S.; Keeney, R. L.; Raiffa, H. *Smart choices: a practical guide to making better decisions*. Boston: Harvard Business Press, 1999.

Keeney, R. L. *Value-focused thinking: a path to creative decision making*. Cambridge: Harvard University Press, 1992.

Mingers, J.; Rosenhead, J. Problem structuring methods in action. *European Journal of Operational Research*, v. 152, p. 530–554, 2004.

Rosalind, A. Rich pictures: a means to explore the "messy" situation. *Systemic Practice and Action Research*, v. 24, n. 4, p. 273–291, 2011.

Rittel, H. W. J.; Webber, M. M. Dilemmas in a general theory of planning. *Policy Sciences*, v. 4, n. 2, p. 155–169, 1973.

Ulrich, W. Reflective practice in the civil society. *Reflective Practice*, v. 1, n. 2, p. 247–268, 2000.

DOI: 10.59254/sbpo-2025-212442
https://proceedings.science/p/212442?lang=pt-br