

Uso de um Agente de IA e do VFT no Apoio à Tomada de Decisão: Análise da Logística Aérea na Crise Yanomami

Isaac Luiz Matias de Santana¹, Daniel Ferreira Manso² e Níssia Carvalho Rosa Bergiante³

¹Instituto Tecnológico de Aeronáutica, São José dos Campos/SP - Brasil

²Instituto de Aplicações Operacionais, São José dos Campos/SP - Brasil

³Universidade Federal Fluminense, Niterói/Rio de Janeiro - Brasil

Resumo—Este artigo discute a utilização de um agente de inteligência artificial (IA) na aplicação do método *Value-Focused Thinking* (VFT) no estudo de caso referente à logística aérea em uma operação conduzida pela Força Aérea Brasileira, mais especificamente no ano de 2023, no contexto da crise humanitária nas Terras Indígenas Yanomami, que impôs ao Ministério da Defesa um significativo desafio logístico. A metodologia consistiu em uma simulação interativa e monitorada, com execução passo a passo da primeira fase do VFT, e validação por analista humano. Os resultados revelaram que as respostas produzidas pelo agente de IA apresentaram aderência metodológica com o VFT e profundidade analítica na formulação da maioria dos elementos previstos no método em comparação com respostas fornecidas por analistas humanos. Ressalta-se que foi necessária intervenção humana em alguns pontos. Concluiu-se que estes agentes podem contribuir positivamente no processo de construção de decisões em contextos de crise, mesmo que ainda sob monitoramento de analistas humanos.

Palavras-Chave—Inteligência Artificial, Tomada de Decisão, *Value-Focused Thinking*.

I. INTRODUÇÃO

A Inteligência Artificial (IA) é um ramo da ciência da computação que se dedica a criar sistemas capazes de realizar atividades que, tradicionalmente, estavam associadas à inteligência humana [1]. Entre suas diversas aplicações, é possível encontrar desde o reconhecimento de padrões em imagens até a compreensão e produção de textos [2]. Parte desse avanço vem de algoritmos que aprendem ao processar grandes volumes de dados, o que lhes permite melhorar seu desempenho à medida que recebem mais exemplos [3].

O aprendizado de máquina (*machine learning*), nesse contexto, é definido como uma vertente da IA em que os modelos utilizam dados históricos para identificar conexões complexas e fazer previsões ou tomar decisões autônomas [2]. Mais recentemente, os *Large language models* (LLMs) expandiram esse princípio ao assimilar padrões em enormes conjuntos de dados textuais, viabilizando funcionalidades como a geração de respostas contextualizadas e a tradução avançada [4], [5], [6].

Existem diversas possibilidades de uso dos LLMs dentro do contexto científico, como *brainstorming*, aprimoramento

de escrita e comunicação profissional ou aprendizado individualizado [7]. Além destas aplicações, os modelos mais atuais do *Chat Generative Pre-Trained Transformer* (ChatGPT) da OpenAI têm as capacidades de geração de imagens de alta resolução e a criação de agentes de IA [8], [7]. Estes agentes de IA podem ser entendidos como sistemas computacionais autônomos que recebem os *inputs* por meio de sensores e agem sobre um determinado ambiente com o objetivo de realizar tarefas específicas, valendo-se de algoritmos de aprendizado e raciocínio [9].

Considerando estes campos de atuação, percebe-se que a tomada de decisão tem se tornado cada vez mais automatizada, possibilitando um tempo de resposta menor à medida que estes sistemas evoluem [10], [11], [12]. Tal fato se deve pela capacidade da inteligência artificial se destacar ao analisar grandes volumes de dados e identificar padrões de forma ágil [9], [13].

Neste cenário, o objetivo deste artigo é discutir a utilização de um agente de IA voltado à análise de situações descritas como Problemas Complexos por Mingers e Rosenhead [14], tomando como estudo de caso a aplicação do ChatGPT em uma situação já discutida academicamente. Em particular, utilizou-se a primeira fase do *Value-Focused Thinking* (VFT) proposto por [15]. Este método foi empregado na análise do sistema logístico por modal aéreo empregado no atendimento à crise de Saúde Pública ocorrida na Terra Indígena Yanomami (TIY) no Brasil em 2023 de [16]. O objetivo de tal aplicação baseou-se na possibilidade de comparar as respostas fornecidas pela IA com as conclusões obtidas neste estudo e, assim, avaliar o potencial e as limitações desse tipo de abordagem.

Este artigo está dividido em seis seções. A primeira, de caráter introdutória, aqui finalizada é seguida pela segunda seção, nesta, encontra-se a fundamentação teórica que serviu como plano de fundo para o trabalho proposto. Na terceira seção, explicar-se-á a metodologia proposta. Na quarta seção, os resultados são apresentados e é realizada uma discussão a respeito destes. Na quinta seção, tem-se a conclusão, dando ênfase à discussão dos objetivos estabelecidos na introdução deste trabalho.

II. REFERENCIAL TEÓRICO

A. Problemas Complexos

Segundo [14], um problema é descrito como complexo, ou *wicked problem*, quando apresenta características como:

⁰I. L. M. de Santana, isaac@ita.br; D. F. Manso, danieldfm@fab.mil.br; N. C. R. Bergiante, nissiabergiante@id.uff.br e nissia@ita.br. O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) - Código de Financiamento 001 e do Programa de Pós-Graduação em Aplicações Operacionais da Força Aérea Brasileira

múltiplos atores, múltiplas perspectivas, interesses incomensuráveis ou conflitantes, intangíveis importantes e incertezas em pontos fundamentais.

Nesse sentido, [17] enfatiza que esses problemas costumam envolver um alto grau de “desordem” e exigem técnicas capazes de gerenciar complexidades políticas, sociais e técnicas de maneira integrada. Para tanto, os *Problem Structuring Methods* (PSM) foram desenvolvidos a fim de lidar com essas situações, ao incorporar a variedade de visões e objetivos dos diversos *stakeholders* envolvidos [18]. Isso permite que o processo decisório seja conduzido de maneira colaborativa, facilitando a análise do problema e favorecendo a criação de alternativas viáveis e alinhadas aos múltiplos interesses em jogo [19].

Nesse contexto, surgem metodologias como a *Soft Systems Methodology* (SSM), proposta por [20]; o *Strategic Options Development and Analysis* (SODA) criado por [21]; e o *Strategic Choice Approach*, de [22]. Além destes, [23] discutem a possibilidade de combinar diferentes metodologias em uma única intervenção, prática que os autores denominam como multimetodologia.

Cada uma dessas metodologias, embora partilhe fundamentos comuns, apresenta particularidades de aplicação, abrangência e tipo de suporte necessário [24]. Assim, antes de selecionar um método de estruturação de problemas, é fundamental considerar a natureza do contexto, o perfil dos participantes e os objetivos pretendidos [17].

B. A primeira fase do Value-Focused Thinking

Dentro do universo dos PSM, o VFT é um método que reforça a importância de orientar as decisões com base nos valores dos *stakeholders* envolvidos, que se expressam por seus objetivos fundamentais [25]. Uma vez que esses objetivos são estabelecidos, eles servem como base de fundamentação para os tomadores de decisão [15]. Isto permite que eles explorem alternativas mais eficientes e encontrem cenários de decisão que melhor se alinhem com os interesses envolvidos [26].

Existem duas principais vertentes de utilização do VFT: como Método de Estruturação de Problemas [27] e como ferramenta para auxílio à tomada de decisão [26]. Na primeira destas, o VFT é inserido no campo dos PSM tradicionais, ao utilizá-lo na estruturação de problemas complexos [14], [27].

Na segunda, ao ser utilizado como uma ferramenta de auxílio à tomada de decisão, o VFT atua na identificação dos valores que determinam os objetivos das organizações realizando uma conexão entre esses objetivos e alternativas, possibilitando que os *stakeholders* optem por soluções alinhadas com os valores de suas instituições [28].

Este estudo será focado na aplicação dos passos descritos em [26] para a primeira fase do VFT por um agente de IA voltado à utilização do VFT como uma ferramenta de auxílio à tomada de decisão. Optou-se por seguir esta linha metodológica com base na revisão de literatura realizada por [26], um dos artigos mais recentes que descrevem o VFT como uma ferramenta eficaz para abordar problemas complexos. Estes autores forneceram uma análise dos fundamentos e das fases do VFT. Além disso, o VFT possui uma abordagem sistemática para lidar com incertezas, múltiplos atores, várias perspectivas e intangíveis, conforme detalhado em [26], [28].

Ressalta-se ainda que, neste sentido, O VFT foi escolhido por possuir um framework para aplicação do método descrito em [26], o que o torna particularmente atrativo para aplicação com modelos de linguagem em que será necessário o treinamento do agente.

A aplicação do VFT proposta por [26], [28] é dividida em três fases principais: a) Definição do Quadro Inicial de Decisão e Declaração da Decisão, b) Definição dos Objetivos de Decisão, e c) Definição das Alternativas de Decisão; totalizando 28 passos metodológicos. Esta abordagem visa apoiar decisões a partir da elicitación de valores dos *stakeholders*, partindo da definição do contexto decisório até a formulação das alternativas de ação.

A primeira fase, é composta por sete passos. Seu objetivo principal é identificar os *stakeholders* relevantes [29], compreender a perspectiva, o escopo e o propósito da decisão, além de construir uma declaração da decisão a ser tomada.

Inicialmente, realiza-se o mapeamento dos *stakeholders*, classificando-os segundo seu papel na decisão. Em seguida, define-se o quadro inicial da decisão, que contempla o propósito, a perspectiva e o escopo do problema, podendo essa definição ser realizada a partir da visão de um único decisor ou, alternativamente, por meio de *workshops* com múltiplos *stakeholders*. A fase se encerra com a formulação da declaração da decisão, uma síntese orientadora da análise que estabelece a decisão a ser tomada [26].

A validade prática dessa sequência metodológica foi evidenciada no estudo de [16], que analisou a logística realizada pelo modal aéreo em apoio à crise Yanomami.

C. Crise Yanomami

Com 9,6 milhões de hectares de floresta tropical contínua ao longo da fronteira entre Brasil e Venezuela, a TIY é a maior terra indígena legalmente reconhecida na Amazônia brasileira [30].

Atualmente, a maioria dos habitantes da TIY é classificada como povos de recente contato, grupos com integração limitada à sociedade não indígena, cuja subsistência e organização social permanecem ligadas aos ecossistemas florestais para obtenção de insumos para consumo e utilização no cotidiano [30], [31], [32].

Apenas embarcações e aeronaves de pequeno porte garantem a ligação do interior da TIY com o exterior, em função da quase total ausência de rodovias [33]. Uma investigação geoespacial de 2022 mapeou mais de 1260 pistas clandestinas na Amazônia brasileira, sendo 362 destas localizadas dentro de terras indígenas, construídas por redes criminosas para abastecer garimpos ilegais [34]. Essas pistas, somadas a milhares de trilhas informais, sustentam acampamentos de mineração que em 2025 ocupam cerca de 5% da TIY [34].

Neste cenário, o entrelaçamento entre infraestrutura clandestina e mineração ilegal gera uma catástrofe socioambiental. Estudos epidemiológicos apontam consequências como: a) o crescimento na incidência de malária, acompanhando a expansão dos garimpos [35]; b) exposição ao mercúrio usado na atividade de mineração [36]; c) altas taxas de desnutrição em crianças [35] e; d) exploração sexual [35].

Dessa situação decorreu a publicação por meio do Ministério da Saúde, da Portaria GM/MS nº 28, de 20 jan. 2023, declarando Emergência em Saúde Pública de Importância Nacional (ESPIN) na TIY [37]. A resposta federal foi coordenada

por uma arquitetura interministerial instituída pelo Decreto 11.405, de 30 jan. 2023 [38] em que incumbiu ao Ministério da Defesa a responsabilidade de fornecimento de itens como: água, alimentos, medicamentos e serviços médicos, dentre outros.

III. MODELO

Com o objetivo de desenvolver um agente de inteligência artificial voltado ao apoio à tomada de decisão em contextos complexos, foram consideradas duas características, a saber: viabilidade técnica de integração e rigor metodológico na geração de recomendações.

A primeira diz respeito à capacidade de conexão do agente com aplicações e sistemas por meio de *Application Programming Interfaces* (APIs), viabilizando sua integração em diferentes plataformas. Tal aspecto visa permitir a criação de um *software* que possibilitasse a interação entre usuários externos diretamente com o agente de IA.

A segunda busca assegurar que as recomendações produzidas pelo agente possam ser avaliadas segundo parâmetros já consolidados na literatura científica. Para tanto, optou-se por utilizar um método cuja estrutura e aplicação estejam amplamente documentadas em estudos acadêmicos, permitindo tanto a replicação quanto a validação dos resultados.

Desta feita, definiu-se a adoção de dois componentes principais: o modelo de linguagem GPT-4o, responsável pelo processamento e geração de texto em linguagem natural, e o VFT como método de estruturação do problema.

A. GPT 4o

A escolha do modelo GPT-4o fundamentou-se em sua disponibilidade comercial para desenvolvedores externos à OpenAI [5], associada a um custo considerado compatível com os objetivos do projeto. Embora modelos internos da própria organização apresentem desempenho superior em contextos específicos, a disponibilidade de uma API para o GPT-4o e o preço cobrado pelo uso foram fatores decisivos para a escolha deste modelo. Estas características garantem integração direta com protótipos de *software*, sem imposições contratuais específicas, viabilizando ciclos rápidos de desenvolvimento, testes iterativos e experimentação em ambientes reais, além de um valor considerado adequado para o desenvolvimento do projeto.

B. Simulação da Aplicação do VFT com Agente de IA

Propõe-se, desta maneira, uma simulação interativa com um agente de IA, representado pela interface do modelo GPT-4o. O agente será explicitamente instruído a seguir, de maneira estrita e fundamentalmente, os passos metodológicos definidos na literatura de [15] e sistematizados por [26].

A interação foi conduzida de forma monitorada, por meio de terminal textual, no qual o agente realizou cada etapa do VFT e aguardando a validação do analista humano antes de prosseguir. Essa abordagem teve como propósito simular um processo real, assegurando conformidade metodológica na aplicação do modelo proposto. Tal prática incorporou no modelo maior transparência, fundamental para garantir a confiabilidade dessas decisões e permitindo que especialistas humanos compreendam a base lógica que gerou as recomendações [39].

O processo foi iniciado com o envio das publicações para o entendimento do método VFT, incluindo a obra original de [15] e o trabalho [26]. Em seguida, apresentou-se uma situação-problema real: a logística pelo modal aéreo realizada pela Força Aérea Brasileira (FAB) durante a emergência em saúde pública na TIY em 2023, utilizando as mesmas referências descritas em [16], que foram empregadas para definir o contexto do problema. Ressalta-se que não foi fornecido ao agente o texto de [16], já que esta publicação, bem como seus resultados, serviram de base de comparação.

O agente, configurado no modelo GPT-4o e acessado por meio do terminal próprio da ferramenta, recebeu instruções explícitas para assumir o papel de especialista na aplicação do VFT. O agente foi orientado a não recorrer a fontes externas e a apresentar as respostas em português. Cada resposta gerada foi submetida a validação antes do prosseguimento, de modo a assegurar consistência e alinhamento com as referências disponibilizadas. A intervenção humana foi prevista apenas nos casos em que ocorressem erros na metodologia ou inconformidades na resposta gerada, assegurando a comparabilidade com os resultados de [16].

A aplicação seguiu os passos formais da primeira fase do VFT: identificação dos *stakeholders*, definição do quadro inicial de decisão, com a definição da perspectiva, escopo e propósito da decisão e formulação da declaração da decisão com a intenção de comparar os resultados propostos pela IA com os apresentados em [16]. Ao adotar os mesmos passos metodológicos, faz-se possível a discussão acerca das diferenças entre os resultados de cada passo executado pelo agente de IA em relação aos resultados encontrados por analistas humanos.

IV. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A seguir, apresentam-se os resultados obtidos em cada etapa, com sua respectiva análise, considerando a aderência metodológica, a profundidade analítica e a congruência com os resultados propostos por analistas humanos na situação problema presente em [16].

A. Mapeamento de Stakeholders

O agente, seguindo os passos metodológicos, segmentou adequadamente os *stakeholders* em *Decision Makers* e demais partes interessadas. Na Tabela I pode-se visualizar um comparativo entre *stakeholders* elencados pelo agente e as que foram descritas por [16].

TABELA I
COMPARAÇÃO DOS STAKEHOLDERS SEGUNDO O AGENTE DE IA E [16]

STAKEHOLDER	AGENTE DE IA	[16]
Ministério da Defesa	<i>Decision Maker</i>	<i>Decision Maker</i>
Força Aérea Brasileira	<i>Decision Maker</i>	<i>Decision Maker</i>
Departamento de Controle e Espaço Aéreo	<i>Decision Maker</i>	-
Comando Logístico da FAB	<i>Decision Maker</i>	<i>Decision Maker</i>
DSEI Yanomami (FUNAI)	<i>Stakeholder</i>	<i>Stakeholder</i>
Comunidade Yanomami	<i>Stakeholder</i>	<i>Stakeholder</i>
Casai Boa Vista	<i>Stakeholder</i>	<i>Stakeholder</i>
Ministério da Saúde	<i>Stakeholder</i>	<i>Stakeholder</i>
Ibama e Polícia Federal	<i>Stakeholder</i>	<i>Stakeholder</i>
Mídia	-	<i>Stakeholder</i>
Governo Estadual de Roraima	-	<i>Stakeholder</i>
População de Boa Vista	-	<i>Stakeholder</i>

Fonte: Adaptado de [16].

A identificação dos *stakeholders* realizada pelo agente de IA apresentou convergência com o levantamento conduzido por [16], especialmente no que se refere à correta identificação dos *Decision Makers*, critério mais crítico para o desenvolvimento do método, pois todas as interações serão baseadas em função do entendimento destes sobre a situação analisada [40].

Ambos os modelos reconheceram como tomadores de decisão o Ministério da Defesa, a Força Aérea Brasileira e o Comando Logístico da FAB. Neste último caso, este *stakeholder* foi denominado como “Comando Conjunto” no estudo de [16], nomenclatura obtida a partir das entrevistas realizadas após a primeira fase. Essa equivalência revelou uma interpretação adequada por parte do agente de IA.

Observou-se apenas uma divergência relevante no campo dos *Decision Makers*: o agente de IA identificou o Departamento de Controle do Espaço Aéreo como ator com autoridade decisória, o que não foi explicitado no estudo de [16]. No entanto, essa diferença não teve impacto sobre a estrutura da análise, uma vez que tal departamento atua internamente à FAB e suas atribuições operacionais são, de certa forma, representadas funcionalmente por esta no modelo de [16]. Embora não inserido como referência para fundamentação, a prática de desmembrar os *stakeholders*, é descrita por [41] o que destaca a capacidade analítica do agente.

Em relação aos *stakeholders* não decisores, as variações entre os dois levantamentos estiveram concentradas na inclusão, por parte do estudo de [16], de atores como mídia, governo estadual de Roraima e população de Boa Vista. Estes atores não foram identificados pelo agente de IA. Tais diferenças podem ser atribuídas à experiência dos analistas humanos e à sua capacidade de inferência a partir de dados empíricos, fontes não acessadas pelo agente, que se limitou a referências documentais. Ressalta-se, no entanto, que tais atores não atuaram diretamente na formulação das decisões logísticas da operação, o que reduziria a interferência destes nos resultados da aplicação em tela.

Diante destes resultados, observou-se que a estrutura de *stakeholders* proposta pelo agente de IA mostrou-se metodologicamente adequada para a condução dos passos subsequentes do VFT.

B. Identificação do Quadro Inicial de Decisão

Seguiu-se então para definição do Quadro Inicial de Decisão. Este quadro é composto por três elementos fundamentais: o propósito da decisão, a perspectiva da decisão e escopo da decisão. Na Tabela II é possível ver o resultado apresentado pelo agente de IA e os elementos propostos por [16].

A comparação entre os propósitos definidos pelo agente de IA e pelo estudo de [16] revela uma convergência quanto à intencionalidade da decisão e à dimensão operacional a ser afetada. O propósito proposto pelo agente apresenta formulação alinhada com a ênfase do VFT na explicitação de valores e consequências desejadas da decisão [15]. Já o propósito indicado por [16] é mais conciso e operacionalizado, destacando a execução como o desdobramento da decisão.

Neste sentido, pode-se afirmar que ambas as formulações captaram a essência do propósito decisório: assegurar a operacionalização eficiente da logística aérea diante das demandas emergenciais da crise Yanomami. O agente de IA

TABELA II
COMPARATIVO ENTRE QUADROS INICIAIS DE DECISÃO

ELEMENTO	CRIADOR	DEFINIÇÃO
Propósito	Agente de IA	Garantir a eficácia, rapidez e segurança da logística aérea de suprimentos e atendimento médico nas Terras Yanomami durante a crise humanitária declarada em 2023, minimizando os impactos sobre a saúde indígena e otimizando os recursos logísticos disponíveis.
	[16]	“A decisão será tomada para que o planejamento logístico possa ser realizado, na prática, assim que as demandas forem recebidas, tendo a priorização do planejamento como consequência mais importante.”
Perspectiva	Agente de IA	A decisão será analisada sob a perspectiva do Ministério da Defesa (Comando da Aeronáutica), responsável por garantir que a resposta logística seja operacionalmente viável, tempestiva, compatível com as restrições ambientais e técnicas da região, e alinhada às diretrizes interministeriais.
	[16]	“Dividida em relação aos <i>Decision Makers</i> . Para o Comando Conjunto, tem-se como perspectiva a necessidade de conscientização acerca das normas e restrições para que seja realizada de planejamento integrada, antecedendo e atendendo a hierarquização de necessidades. Enquanto para FAB e Exército Brasileiro (EB), a Segurança de Voo é diretamente influenciada pelo adequado acondicionamento e transporte das cargas, que devem ser compatíveis para que possam ser coletivamente transportadas, exigindo atenção especial ao peso e prioridade de cada aeronave.”
Escopo	Agente de IA	O escopo considera as estratégias e ações de transporte logístico por meio aéreo (aviões e helicópteros), incluindo definição da carga prioritária, alocação de meios aéreos, priorização de cargas e evacuação médica. Também foram do escopo as operações fluviais, políticas de assentamento indígenas, repressão a garimpo ou medidas legislativas, salvo quando estas impactem o apoio logístico aéreo.
	[16]	“Especificações de demanda a ser transportada; Aeronaves disponíveis para transporte; Quantidade de espaço disponível no Pelotão Especial de Fronteira de Surucucu para o armazenamento temporário dos materiais a serem escoados para as aldeias.”

Fonte: Adaptado de [16].

adiciona, contudo, uma camada qualitativa ao integrar os valores de otimização e impacto sobre a saúde indígena, demonstrando aderência à abordagem orientada por valores proposta pelo VFT. Estas duas versões se complementam: enquanto a formulação de [16] prioriza a função prática do planejamento, a formulação do agente de IA explicita os valores estratégicos subjacentes à decisão logística, demonstrando uma profundidade analítica similar à análise de [16].

Em relação à perspectiva, foi possível identificar convergência na proposta do agente de IA em relação à proposição feita por [16], além de profundidade analítica, o que reflete uma adequada compreensão do papel que esse elemento exerce segundo [15].

O agente de IA definiu a perspectiva a partir da posição institucional do Ministério da Defesa, com foco na viabilidade operacional, na compatibilidade técnica com os desafios geográficos da região e na conformidade com as diretrizes interministeriais, utilizando uma abordagem que enfatiza as restrições operacionais. Por sua vez, [16] adotaram uma segmentação entre os *decision-makers*, identificando, de um lado, o Comando Conjunto com uma perspectiva voltada à exequibilidade do planejamento também orientado às restrições, e de outro, a FAB e o Exército Brasileiro com ênfase na segurança de voo.

Ressalta-se que a dimensão relativa à segurança de voo foi constatada apenas após entrevistas realizadas durante a realização dos passos metodológicos previstos na segunda fase do VFT por [16]. Esta observação é relevante, pois indica que, na ausência de dados empíricos adicionais, o agente de IA foi capaz de formular uma perspectiva inicial equivalente àquela estruturada pelos analistas humanos em sua fase documental.

Portanto, pode-se afirmar que a formulação do agente de IA seguiu a metodologia prevista ao refletir os elementos centrais da perspectiva decisória, conforme previsto na estrutura proposta por [42], reforçando o potencial deste agente como facilitador em contextos de análise estruturada da decisão, mesmo com acesso limitado a fontes.

A análise das delimitações de escopo evidenciou uma diferença significativa de abordagem entre o agente de IA e o estudo de [16]. A formulação produzida pela IA delimitou o escopo decisório com base nas dimensões funcionais do processo logístico aéreo, incluindo rotas, bases operacionais, alocação de meios, critérios de priorização de carga e evacuação médica, além de explicitar os elementos excluídos da análise, como operações fluviais, ações de segurança pública e políticas setoriais de saúde indígena. Tal delimitação está alinhada com os princípios metodológicos descritos por [42], nos quais o escopo deve funcionar como uma fronteira conceitual.

Por outro lado, a definição de escopo realizada por [16] caracteriza-se por um enfoque operacional, restrito a três variáveis logísticas específicas: demanda de transporte, disponibilidade de aeronaves e limitação física de armazenamento na base intermediária de escoamento. Embora tais elementos sejam críticos para a implementação da decisão, sua seleção reflete uma delimitação mais tática do problema, não abrangendo integralmente o espaço decisório necessário para a geração de alternativas de maior escopo estratégico.

Acredita-se ainda que tal fato decorre em função do perfil dos analistas envolvidos: pilotos da FAB diretamente engajados na operação, cujo repertório profissional privilegiou variáveis sob controle imediato o que gerou um viés para questões de natureza eminentemente operacional. Os próprios autores já haviam alertado para esta possibilidade em [16].

Já o agente de IA, isento de condicionamentos específicos, mostrou-se livre para incorporar uma visão mais abrangente, articulando fatores estratégicos que extrapolam o domínio restrito às rotinas de voo e às restrições físicas da missão.

Em síntese, a formulação do escopo pelo agente de IA demonstra maior aderência ao VFT, pois construiu um espaço decisório limitado, mas suficientemente abrangente para incluir ou excluir alternativas. A proposta apresentada por [16], ainda que útil do ponto de vista executivo, assume caráter mais prescritivo.

C. Definição da Declaração da Decisão

Passou-se então para a Declaração da Decisão. Esta formulação é um dos principais resultados da primeira fase, devendo sintetizar, de maneira clara, a essência do problema decisório com base nos elementos previamente definidos para o propósito, a perspectiva e o escopo [28].

Neste contexto a primeira declaração proposta pelo agente de IA, embora tenha demonstrado coerência com o propósito e escopo estabelecidos, apresentou-se destoante da estrutura

recomendada por [15], que preconiza a formulação no padrão “Decidir + como/o que/quando + ação”. Esta inadequação exigiu uma intervenção externa, sendo esta a primeira ocorrência em que necessitou-se de correção na atuação do agente de IA. Após o ajuste, a declaração foi reformulada. Ambas declarações, bem como a proposta por [16] podem ser visualizadas na Tabela III.

TABELA III
DECLARAÇÃO DA DECISÃO

Fonte	Declaração da Decisão
Agente de IA	Decidir sobre a estratégia logística aérea mais eficaz para apoiar a resposta à crise humanitária nas Terras Yanomami, considerando restrições operacionais, prioridades sanitárias e necessidades das comunidades indígenas afetadas.
Agente de IA após ajuste	Decidir como conduzir a estratégia logística aérea para apoiar a resposta humanitária no território Yanomami. Ainda que alinhada às exigências metodológicas e mantendo compatibilidade com os elementos anteriormente definidos, a Declaração de Decisão proposta pelo agente de IA não incluiu os elementos relativos ao propósito, à perspectiva e ao escopo.
[16]	“Decidir como será a ordem de atendimento das demandas de modo a possibilitar a execução do planejamento de voos, tendo como pilares balizadores a preservação da vida humana e a segurança de voo respeitando a critérios limitantes, como: a) Características da demanda a ser transportada; b) Aeronaves disponíveis para transporte; c) Quantidade de espaço disponível no Pelotão Especial de Fronteira de Surucucu para o armazenamento temporário dos materiais a serem escoados para as aldeias.”

Por outro lado, a declaração apresentada pelos analistas humanos incorporou os elementos explicitamente elicitados nos passos anteriores. Ressalta-se que a expressão “preservação da vida humana” foi inserida após a definição dos valores dos *Stakeholders*, passo pertencente à segunda fase de aplicação do VFT.” [16].

Comparativamente, observa-se que a declaração da decisão produzida pela IA, embora formalmente válida, apresentou-se mais simplificada, com menor profundidade analítica e sem refletir integralmente os elementos estruturantes previstos na metodologia. Em contraste, a versão humana se destaca pela integração dos elementos do modelo, oferecendo uma estrutura mais robusta para orientar a fase de geração e avaliação de alternativas.

V. CONCLUSÃO

Com base na análise realizada entre os resultados produzidos pelo agente de IA e aqueles obtidos por [16], observou-se que a utilização de um agente de IA demonstrou a viabilidade da atuação destes agentes na condução estruturada de processos voltados à identificação de *stakeholders*, definição de elementos como propósito, perspectiva e escopo previstos na primeira fase de aplicação VFT ainda que tenham ocorrido alguns óbices durante o processo.

Nesta primeira fase, voltada à definição do quadro inicial de decisão, observou-se uma aderência metodológica adequada, com o agente cumprindo as etapas previstas por [26]. A congruência com os resultados humanos foi alta, evidenciando que a IA é capaz de alcançar resultados compatíveis aos apresentados por humanos o que denotou também profundidade analítica. Contudo, um óbice foi identificado no último passo, referente a Declaração da Decisão: a resposta gerada pelo agente não estava em conformidade com o padrão estabelecido em [15], exigindo a interferência do analista humano na atuação do agente de IA.

Observou-se que a aplicação do VFT com apoio de um agente de IA possibilitou resultados metodologicamente

válidos e analiticamente robustos, mesmo em um problema real e de alta complexidade, como a logística aérea em resposta à crise humanitária nas Terras Indígenas Yanomami. A simulação validada por um analista humano especialista demonstrou que, com orientação adequada e controle de etapas, agentes podem atuar como facilitadores na estruturação de decisões complexas, com potencial para ampliar a racionalidade, a transparência e a rastreabilidade de processos decisórios em contextos organizacionais e governamentais nestas fases iniciais de aplicação.

Para além dos resultados alcançados, esta pesquisa também abre caminhos para investigações futuras. Primeiramente, recomenda-se a utilização de um agente de IA nas demais fases do VFT para que seja possível avaliar sua adequabilidade. Sugere-se ainda avaliar comparativamente a atuação de agentes de IA que tenham como base metodológica outros métodos de estruturação de problemas. Tais desdobramentos poderão contribuir significativamente para o avanço da tomada de decisão assistida por inteligência artificial no campo da Pesquisa Operacional.

REFERÊNCIAS

- [1] H. A. Simon, "Artificial intelligence: An empirical science," *Artificial Intelligence*, vol. 77, no. 2, pp. 95–127, 1995.
- [2] H. Dubravova, J. Cap, K. Holubova, and L. Hribnak, "Artificial intelligence as an innovative element of support in policing," *Procedia Computer Science*, vol. 237, pp. 237–244, 2024.
- [3] Q. Jian, Z. Gao, and G. E. Karniadakis, "Deepseek vs. chatgpt vs. claude: A comparative study for scientific computing and scientific machine learning tasks," *Theoretical and Applied Mechanics Letters*, 2025.
- [4] Anthropic, "Claude 3.5 sonnet," <https://www.anthropic.com/news/claude-3-5-sonnet>, 2024, acesso em: 26 mar. 2025.
- [5] OpenAI, "Hello gpt-4o," <https://openai.com/index/hello-gpt-4o>, 2025, acesso em: 26 mar. 2025.
- [6] DeepSeek-AI, "Deepseek-r1: Incentivizing reasoning capability in llms via reinforcement learning," <https://arxiv.org/abs/2501.12948>, 2025, acesso em: 26 mar. 2025.
- [7] S. A. Atlas and F. Bortolozzi, *ChatGPT para o Ensino Superior e Desenvolvimento Profissional: Um Guia para IA Conversacional*, Kingston, RI, 2023, acesso em: 31 mar. 2025.
- [8] OpenAI, "Introducing 4o image generation," <https://openai.com/index/introducing-4o-image-generation/>, 2025, acesso em: 9 abr. 2025.
- [9] S. Russell and P. Norvig, *Artificial Intelligence: A Modern Approach*, 4th ed. Harlow: Pearson, 2021.
- [10] R. Atkinson, "Inteligência artificial na guerra moderna: Inovação estratégica e riscos emergentes," *Military Review*, pp. 1–5, 2025, primeiro Trimestre.
- [11] C. Toledo and D. Pessoa, "O uso de inteligência artificial na tomada de decisão judicial," *Revista de Investigações Constitucionais*, vol. 10, no. 1, p. e237, 2023.
- [12] L. C. Lobo, "Inteligência artificial e medicina," *Revista Brasileira de Educação Médica*, vol. 41, no. 2, 2017.
- [13] I. Goodfellow, Y. Bengio, and A. Courville, *Deep Learning*. Cambridge, MA: MIT Press, 2016. [Online]. Available: <https://www.deeplearningbook.org/>
- [14] J. Mingers and J. Rosenhead, "Problem structuring methods in action," *European Journal of Operational Research*, vol. 152, no. 3, pp. 530–554, 2004.
- [15] R. L. Keeney, *Value-Focused Thinking: A Path to Creative Decision-Making*. Cambridge: Harvard University Press, 1992.
- [16] I. L. M. de Santana, L. dos S. França, O. de C. Spiller, M. C. N. Belderrain, and N. C. R. Bergiante, "A crise yanomami: uma abordagem do sistema logístico com o value-focused thinking (vft)," in *Anais do 20 extordfeminine Simpósio de Aplicações Operacionais em Áreas de Defesa – SIGE*. São José dos Campos: Instituto Tecnológico de Aeronáutica, 2024, iSSN 1983-7402.
- [17] F. Ackermann, "Problem structuring methods 'in the dock': Arguing the case for soft or," *European Journal of Operational Research*, vol. 219, no. 3, pp. 652–658, 2012.
- [18] J. Mingers, "Soft or comes of age—but not everywhere!" *Omega*, vol. 39, no. 6, pp. 729–741, 2011.
- [19] J. Rosenhead and J. Mingers, Eds., *Rational Analysis for a Problematic World Revisited: Problem Structuring Methods for Complexity, Uncertainty and Conflict*, 2nd ed. Chichester: Wiley, 2001.
- [20] P. B. Checkland, "Soft systems methodology," in *Human Systems Management*, 1989, vol. 8.
- [21] F. Ackermann and C. Eden, "Strategic options development and analysis," in *Systems Approaches to Making Change: A Practical Guide*, M. Reynolds and S. Holwell, Eds. London: Springer, 2020.
- [22] J. Friend and N. Jessop, *Local Government and Strategic Choice: An Operational Research Approach to the Processes of Public Planning*, 2nd ed. Oxford: Pergamon, 1977.
- [23] J. Mingers and J. Brocklesby, "Multimethodology: Towards a framework for mixing methodologies," *Omega*, vol. 25, no. 5, pp. 489–509, 1997.
- [24] D. F. Manso, G. Parnell, E. Pohl, and M. Neyra Belderrain, "Gaps in strategic problem-solving methods: A systematic literature review," *Journal of Multi-Criteria Decision Analysis*, vol. 31, 03 2024.
- [25] R. L. Keeney, "Applying value-focused thinking," in *Military Operations Research*, R. F. Deckro, Ed. Alexandria, VA: Military Operations Research Society, 2008, ch. 3, pp. 7–17.
- [26] G. B. Vieira, Y. L. de Souza, A. Simões, J. A. de Almeida, and M. C. N. Belderrain, "Using value-focused thinking in an integrated process to support decisions," *Pesquisa Operacional*, vol. 44, 2024.
- [27] R. V. Franço and M. C. N. Belderrain, "A problem structuring method framework for value-focused thinking," *EURO Journal on Decision Processes*, vol. 10, 2022.
- [28] R. L. Keeney, *Give yourself a nudge: Helping smart people make smarter personal and business decisions*. Cambridge: Cambridge University Press, 2020.
- [29] J. M. Bryson, "What to do when stakeholders matter: Stakeholder identification and analysis techniques," *Public Management Review*, vol. 6, no. 1, pp. 21–53, 2004.
- [30] C. Barcellos and N. Saldanha, "O papel da informação e da comunicação em situações de emergência: a crise sanitária e humanitária no território yanomami," *Revista Eletrônica de Comunicação, Informação & Inovação em Saúde*, vol. 17, no. 1, pp. 7–13, 2023.
- [31] I. Socioambiental, "Terra indígena yanomami," 2025, disponível em: <https://terrasindigenas.org.br/pt-br/terras-indigenas/4016>. Acesso em: 20 mai. 2025.
- [32] M. S. C. Lobo and M. L. M. Cardoso, "Lessons from urgent times: the experience of yanomami health care then and now," *Cadernos de Saúde Pública*, vol. 39, no. 4, p. e00000023, 2023.
- [33] F. Q. Ramos and D. N. Santos, "Social and health issues faced by the yanomami during the humanitarian crisis," *Saúde em Redes*, 2023.
- [34] Instituto Socioambiental, "Nova plataforma revela expansão do garimpo na terra indígena yanomami," 2025, acesso em: 21 mai. 2025. [Online]. Available: <https://terrasindigenas.org.br/en/noticia/216664>
- [35] P. R. Martins-Filho, N. P. Damascena, and A. P. D. Araújo, "The devastating impact of illegal mining on indigenous health: a focus on malaria in the brazilian amazon," *EXCLI Journal*, 2023.
- [36] P. C. Basta, "Garimpo de ouro na Amazônia: a origem da crise sanitária yanomami," *Cadernos de Saúde Pública*, vol. 39, no. 12, 2023.
- [37] Brasil, "Portaria gm/ms nº 28, de 20 de janeiro de 2023," 2023, declara Emergência em Saúde Pública de Importância Nacional (ESPIN) em decorrência de desassistência à população Yanomami. Disponível em: <https://www.in.gov.br/web/dou/-/portaria-gm/ms-n-28-de-20-de-janeiro-de-2023-459177294>. Acesso em: 21 maio 2025.
- [38] Brasil, "Decreto nº 11.405, de 30 de janeiro de 2023," 2023, disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2023-2026/2023/decreto/D11405.htm. Acesso em: 11 mar. 2024.
- [39] F. Doshi-Velez and B. Kim, "Towards a rigorous science of interpretable machine learning," <https://arxiv.org/abs/1702.08608>, 2017.
- [40] R. L. Keeney, "Value-focused thinking: identifying decision opportunities and creating alternatives," *European Journal of Operational Research*, vol. 92, no. 3, pp. 537–549, 1996.
- [41] C. Eden and F. Ackermann, "Strategic management of stakeholders: theory and practice," *Long Range Planning*, vol. 44, no. 3, pp. 179–196, 2011.
- [42] G. S. Parnell, T. A. Bresnick, S. N. Tani, and E. R. Johnson, *Handbook of Decision Analysis*. Hoboken: John Wiley & Sons, Inc., 2013.