Patologias Sistêmicas no Programa Espacial Brasileiro: Uma Leitura Processual do Viable System Model (VSM)

Bruno Nunes Vaz, Bernardo Vieira Magaldi, Níssia Carvalho Rosa Bergiante, Lucas Novelino Abdala
Instituto Tecnológico de Aeronáutica (ITA), São José dos Campos/SP – Brasil

***Resumo* - O Programa Espacial Brasileiro dispõe, em 2026, de ampla arquitetura jurídica construída em sessenta e cinco anos, embora opere com um dos menores orçamentos entre as economias espaciais emergentes e sem capacidade autônoma de lançamento orbital. Para explicar esse descompasso, o estudo aplica, sob uma ontologia processual, o Viable System Model (VSM) e a taxonomia de patologias organizacionais a quatorze marcos estruturantes entre 1971 e 2025. O diagnóstico identifica quatro patologias sistêmicas articuladas, sendo uma estrutural, duas funcionais e uma funcional e de identidade, a mais crítica das quais é a desconexão entre a política e o retorno operacional. Para a prática, apontam-se duas intervenções de maior alavancagem, a instalação do colegiado interministerial deliberativo previsto em lei e a regulamentação do canal de auditoria com retorno direto à política, enquanto a contribuição teórica reconfigura as fronteiras do VSM como regularidades emergentes da rede de eventos institucionais.**

***Palavras-chave* - VSM, Programa Espacial Brasileiro, Patologias Organizacionais.**

I. INTRODUÇÃO

Instituído na década de 1960, o Programa Espacial Brasileiro (PEB) consolidou, ao longo de seis décadas, infraestrutura, capital humano e capacidade industrial em atividades espaciais [1]. O ciclo recente ampliou de modo expressivo a moldura jurídica desse esforço, uma vez que a Lei nº 14.946, aprovada em 2024, regula as atividades espaciais nacionais e introduz mecanismos de licenciamento, responsabilização e reinvestimento de receitas [2], em complemento ao Programa Nacional de Atividades Espaciais (PNAE) para o decênio de 2022 a 2031, que fixa o planejamento estratégico do setor [3].

A execução operacional, contudo, segue descompassada em relação a essa arquitetura, pois a Agência Espacial Brasileira (AEB) executou cerca de R$ 168 milhões em 2023, o equivalente a dois terços do orçamento solicitado [4]. Esse descompasso manifesta-se, ademais, em um ambiente reorganizado pelo New Space, no qual atores comerciais, startups e programas militares de uso dual coexistem com arranjos centrados no Estado [5].

A literatura institucional sobre o programa concentra-se em descrições estruturais de atores, leis, decretos e acordos internacionais, sem oferecer arcabouço analítico capaz de identificar e classificar disfunções organizacionais persistentes. Para preencher essa lacuna, este estudo combina a teoria do processo [6], [7], [8] com o VSM [9], [10], [11] e com a taxonomia consolidada de patologias organizacionais [12].

A pergunta que orienta o trabalho é, portanto, a seguinte: quais patologias sistêmicas explicam a persistência do descompasso entre a arquitetura legal e a execução operacional do programa espacial brasileiro? Para respondê-la, analisam-se quatorze marcos institucionais estruturantes do período de 1971 a 2025, codificados segundo as funções do VSM.

Da investigação decorrem três contribuições, das quais a primeira é empírica e consiste no primeiro diagnóstico sistêmico integrado do programa à luz do VSM, que identifica não apenas os atores e os marcos, mas a configuração patológica que os articula. A segunda é prática e traduz esse diagnóstico em implicações de governança, com destaque para a instituição do colegiado interministerial deliberativo previsto na Lei nº 14.946 e para a incorporação do SIPAE aos processos de governança. A terceira é teórica e propõe uma leitura processual do VSM, na qual as fronteiras entre subsistemas e entre sistema e ambiente deixam de ser demarcações dadas para tornarem-se regularidades emergentes da rede de eventos institucionais.

Quanto à organização do texto, a Seção II apresenta o referencial teórico, articulando a ontologia processual, o VSM e a taxonomia de patologias organizacionais, ao passo que a Seção III descreve a metodologia. A Seção IV reúne o diagnóstico, da cronologia dos marcos estruturantes às quatro patologias sistêmicas identificadas e ao caso da Empresa ALADA, enquanto a Seção V discute as implicações para a governança e a contribuição teórica e a Seção VI apresenta as conclusões, as limitações e as sugestões de trabalhos futuros.

II. REFERENCIAL TEÓRICO

A. Ontologia processual da organização

Este estudo adota uma ontologia processual da organização, de tradição whiteheadiana [6] e posteriormente sistematizada para o campo organizacional [7], na qual a organização não é uma estrutura fixa em que acontecimentos se sucedem, mas a própria sequência desses acontecimentos, de modo que aquilo que se observa como estabilidade resulta de conexões continuamente renovadas entre pessoas, tecnologias e outras organizações.

Dessa ontologia derivam dois conceitos úteis ao diagnóstico, o primeiro dos quais é a distinção entre tempo e temporalidade [7], em que o tempo é a métrica cronológica pela qual os eventos se ordenam, ao passo que a temporalidade é o entrelaçamento ativo de passado, presente e futuro em cada evento. O segundo é o acontecimento de um evento [7], [8], segundo o qual a evolução da organização se descreve como sequência de escolhas que pondera o que já ocorreu e o que

B. N. Vaz, brunovaz@ita.br; B. V. Magaldi, bernardo.magaldi.100301@ga.ita.br; N. C. R. Bergiante, nissia@ita.br; L. N. Abdala, lucas@ita.br.

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), Brasil, Finance Code 001.

ainda é possível, de modo que as escolhas passadas restringem o repertório futuro.

Daí decorrem três consequências para o diagnóstico organizacional, sendo a primeira que as fronteiras entre subsistemas deixam de ser estruturas fixas e passam a ser regularidades emergentes das conexões da organização, razão pela qual um mesmo evento pode instanciar mais de uma função. A segunda é que a fronteira entre sistema e ambiente é reconstituída a cada momento pela própria rede de conexões, e a terceira é que identidade e propósito não são estados, mas processos que se reestabelecem a cada evento.

B. O Viable System Model (VSM)

Sob a ontologia processual estabelecida na Seção II.A, o VSM distingue cinco funções cibernéticas necessárias e suficientes à viabilidade de qualquer organização capaz de manter identidade própria em um ambiente variável [9], [10], [11], [13].

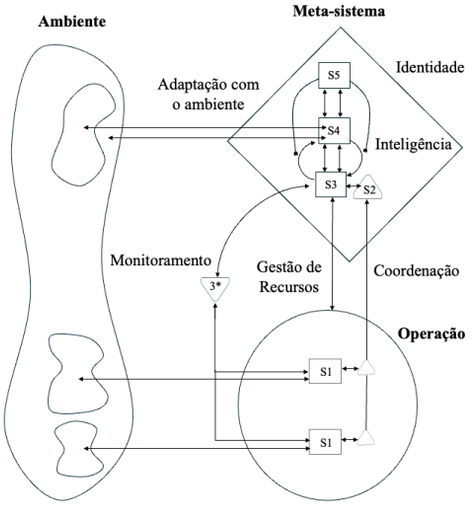

Fig. 1. O VSM. Adaptado de Espinosa [14].

A função operacional, sistema 1 (S1), reúne os eventos em contato direto com o ambiente, responsáveis pela execução da função primária, enquanto a função de coordenação, S2, agrupa os eventos que regulam as oscilações entre as unidades operacionais. À função de gestão, S3, correspondem os eventos de alocação de recursos e de definição de prioridades, secundada pelo canal complementar de auditoria, S3*, que opera por meio de verificações esporádicas e diretas sobre S1, sem mediação de S3. A função de inteligência, S4, abrange a prospecção do futuro e o monitoramento do ambiente externo, ao passo que a função de política e identidade, S5, define o propósito do sistema, fixa a identidade organizacional, delimita as fronteiras de viabilidade e arbitra o equilíbrio entre as demandas de curto prazo articuladas em S3 e as de longo prazo articuladas em S4.

A viabilidade emerge quando as cinco funções operam em comunicação coerente, com sinais algedônicos, isto é, alertas de risco existencial, circulando entre S1 e S5 sem mediação obstrutiva [15]. Tais sinais manifestam-se diante de acontecimentos extremos e encurtam a comunicação entre a operação e a função de identidade e política do sistema.

C. Taxonomia de patologias organizacionais

As patologias organizacionais identificadas a partir do VSM descrevem desvios em relação a um padrão esperado, e uma síntese recente da taxonomia [12] as reparte em três categorias. As patologias estruturais decorrem da ausência ou da duplicação de subsistemas, como dois S3 paralelos sem hierarquia; as funcionais decorrem de canais de comunicação obstruídos ou subdimensionados, como a ausência de sinal algedônico; e as de identidade decorrem da divergência entre o propósito declarado em S5 e aquele efetivamente realizado em S1. Sob a ontologia processual, tais patologias desenvolvem-se ao longo de uma rede de eventos interconectados e, ao sedimentarem-se, restringem o desenvolvimento da organização.

III. METODOLOGIA

A. Delineamento e universo documental

Este estudo é qualitativo e apoia-se na análise documental do programa entre 1971 e 2025, tendo como unidade de análise o marco institucional estruturante, isto é, a lei, o decreto, o plano estratégico, o acordo internacional ou o evento operacional que estabelece ou altera, de forma duradoura, a configuração organizacional do programa.

O universo documental inicial resultou de três buscas complementares, a primeira na legislação federal, no Planalto e no Diário Oficial da União, pelos descritores “atividades espaciais”, “programa espacial”, “Alcântara” e “veículo lançador”; a segunda nos documentos de planejamento e de prestação de contas da AEB, do Comando da Aeronáutica (COMAER) e do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE); e a terceira na literatura revisada por pares sobre o programa. Do conjunto recuperado foram excluídos os atos de efeito meramente administrativo ou regulamentar, sem alteração duradoura da configuração organizacional, como portarias de nomeação e ajustes orçamentários pontuais, bem como as fontes secundárias que apenas reproduziam documentos já incluídos ou não verificáveis em fonte oficial primária.

Sobre o conjunto remanescente aplicaram-se três critérios de inclusão cumulativos, a saber, efeito normativo, doutrinário ou operacional estruturante, presença em mais de uma fonte oficial primária e referência consolidada na literatura recente, dos quais resultaram os quatorze marcos da Tabela I.

B. Codificação, validação e rastreabilidade

A leitura das fontes foi apoiada por um procedimento computacional baseado em geração aumentada por recuperação (RAG) [16], cuja contribuição metodológica não reside na técnica em si, mas na restrição da classificação aos trechos indexados dos documentos consultados, de modo que cada decisão permaneça rastreável a uma passagem identificável e não recorra ao conhecimento paramétrico do modelo. Cada evento foi caracterizado por jurisdição, função cibernética, tempo e tipo documental.

A codificação obedeceu a três etapas de controle, das quais a primeira tratou a saída do procedimento assistido como proposta inicial, e não como classificação final, sendo cada marco recodificado pelos autores a partir da passagem documental recuperada, com atribuição do subsistema dominante e, quando cabível, dos subsistemas secundários, conforme protocolo consolidado [10], [11]. Na segunda, as divergências, concentradas nos marcos de codificação múltipla, foram resolvidas por discussão até consenso, tendo como critério de desempate a existência de passagem explícita

na fonte primária, de tal modo que, na ausência dessa passagem, o subsistema era retirado da codificação. Na terceira, procedeu-se a uma verificação de rastreabilidade, na qual cada atribuição da Tabela I foi confrontada com o trecho de fonte que a sustenta. Registra-se, como limitação, que a validação é interna à equipe de pesquisa e não incorporou codificadores externos ao estudo.

A identificação das patologias, por sua vez, também se deu em três etapas, das quais a primeira inspecionou a distribuição dos marcos entre os subsistemas, considerada a codificação múltipla, a fim de localizar assimetrias significativas, isto é, subsistemas com presença desproporcionalmente baixa ou alta no conjunto. Na segunda, essas assimetrias foram interpretadas à luz da taxonomia consolidada [12], que distingue patologias estruturais, funcionais e de identidade, e, na terceira, exigiu-se de cada patologia candidata a sustentação por mais de um marco institucional e a presença de mecanismo causal documentado nas fontes, ao passo que a leitura dos marcos como rede de eventos (Fig. 2) foi empregada de forma ilustrativa.

IV. RESULTADOS

A. Cronologia dos marcos e distribuição por subsistema

A Tabela I apresenta os quatorze marcos institucionais estruturantes do programa, com a respectiva codificação no VSM, ao passo que a Fig. 2 ilustra seis deles, escolhidos por cobrirem as funções cibernéticas e as três fases temporais identificadas adiante. As setas representam conexões documentadas, isto é, relações em que um marco posterior se constitui sob condições estabelecidas por um anterior, como a sucessão da Comissão Brasileira de Atividades Espaciais (COBAE) pela AEB na coordenação da Missão Espacial Completa Brasileira (MECB) ou a incorporação das lições do acidente do VLS-1 V03 ao Sistema de Investigação e Prevenção de Acidentes em Atividades Espaciais (SIPAE).

TABELA I. MARCOS INSTITUCIONAIS ESTRUTURANTES DO PEB E CODIFICAÇÃO VSM (1971–2025)

Ano	***Marco institucional estruturante***	***VSM***
1971	INPE estabelecido (Decreto 68.532/1971)	S3, S4
1980	MECB aprovada (COBAE)	S5, S1
1988	Centro de Lançamento de Alcântara	S1
1994	AEB estabelecida (Lei 8.854/1994)	S3, S5
1999	CBERS-1 (Brasil-China)	S1, S2, S4
2003	Acidente do VLS-1 V03 em Alcântara	S1
2017	PESE 2017 a 2026	S5, S4
2019	Salvaguardas Tecnológicas BR-EUA	S5, S2
2021	Acordos Artemis	S5, S2
2022	PNAE 2022 a 2031	S5, S3, S4
2023	HANBIT-TLV (Innospace, suborbital)	S1, S2
2024	Lei 14.946/2024 (inclui o SIPAE)	S5, S3, S3*
2025	Empresa ALADA (Lei 15.083/2025)	S1, S3, S5
2025	Operação Spaceward (HANBIT-Nano, orbital)	S1, S2

Fonte. Elaboração dos autores. Codificação do VSM segundo protocolo consolidado [10].

Três padrões temporais tornam-se então identificáveis, o primeiro dos quais é a fase fundacional, entre 1971 e 1980, que constitui as funções de inteligência (S4) e de identidade (S5) antes de consolidar a operação (S1). A ruptura de 2003, com o acidente do VLS-1 V03 em Alcântara, interrompe a trajetória das operações e inaugura um período de mais de duas décadas em que o subsistema operacional funciona sem capacidade endógena de lançamento orbital. A partir de 2017, por fim, observa-se uma aceleração arquitetônica da política, com o Programa Estratégico de Sistemas Espaciais (PESE), o Acordo sobre Salvaguardas Tecnológicas em 2019, os Acordos Artemis em 2021, o PNAE 2022 a 2031 e a Lei nº 14.946 de 2024, sem aceleração proporcional nas operações.

A leitura do conjunto como rede de eventos conectados temporal e causalmente [7], [17] evidencia três assimetrias, das quais a primeira é a densidade dos marcos de política e identidade (S5); a segunda é a concentração dos marcos de operações (S1) em dois períodos descontínuos, separados por mais de duas décadas de inatividade; e a terceira é a quase ausência de marcos de auditoria (S3*). A mesma leitura mostra que a fragmentação da gestão (S3) entre as cadeias civil e militar opera como ponto de baixa conectividade entre os marcos de operações e os de política, hipótese desenvolvida na Seção IV.C.

B. O VSM no Programa Espacial Brasileiro

A Fig. 2 ilustra a aplicação da ontologia de processos ao VSM sobre os eventos do PEB descritos na Tabela I, cujos subsistemas se descrevem em seguida.

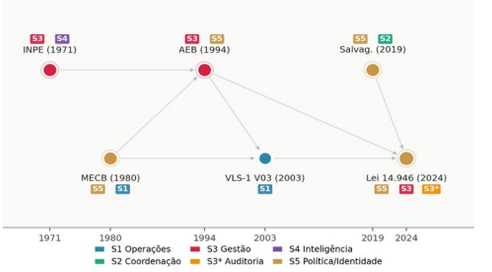

Fig. 2. Marcos institucionais estruturantes do Programa Espacial Brasileiro em rede de eventos. Cada marco é um nó codificado pelas funções cibernéticas do VSM que instancia, evidenciando a codificação múltipla.

S1, Operações. A atividade primária em contato direto com o ambiente reúne os Centros de Lançamento de Alcântara e da Barreira do Inferno, ambos operados pelo COMAER, a indústria nacional e os operadores de satélites. Desde o acidente do VLS-1 V03 em 2003, contudo, o programa opera sem capacidade endógena de lançamento orbital.

S2, Coordenação. A coordenação, que regula as oscilações entre as unidades operacionais e estabelece interfaces estáveis entre elas, exerce-se no caso brasileiro quase exclusivamente por canais de cooperação internacional, como o programa CBERS Brasil-China, desde 1988, o Acordo sobre Salvaguardas Tecnológicas com os Estados Unidos, desde 2019, e os Acordos Artemis, desde 2021. Não há mecanismo doméstico equivalente, com autoridade vinculante, para a coordenação entre as cadeias civil e militar, lacuna retomada nas Seções IV.C e V.

S3, Gestão. A gestão, que trata da alocação de recursos, da definição de prioridades e da supervisão das operações, divide-se no Brasil em duas cadeias paralelas, a civil, exercida pela AEB, vinculada ao Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação, e a militar, que reúne o Departamento de Ciência e Tecnologia Aeroespacial (DCTA) e o Instituto de Aeronáutica e Espaço (IAE), ambos vinculados ao COMAER. O instrumento orçamentário estruturante é a subvenção econômica não reembolsável da Financiadora de Estudos e Projetos (FINEP), operada pelo Fundo Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (FNDCT) [18], que corre em paralelo ao orçamento direto da AEB [4].

S3*, Auditoria. A auditoria, canal complementar de verificação direta das operações sem mediação da gestão, foi historicamente exercida no Brasil apenas em caráter pontual e

posterior ao dano, como na investigação do COMAER sobre o acidente do VLS-1 V03 [19]. A Lei nº 14.946, de 2024 [2], alterou esse quadro ao instituir o SIPAE, sistema de investigação e prevenção de acidentes em atividades espaciais composto pela AEB, pelo COMAER e por organizações civis e militares do setor, sem subordinação hierárquica entre si. Ainda que não constitua, em sentido estrito, uma instância de auditoria nos moldes de S3*, uma vez que sua finalidade legal é a investigação e a prevenção de acidentes, o SIPAE representa o primeiro arranjo permanente com atribuição de verificação direta sobre as operações, o que o aproxima funcionalmente desse canal, conforme se discute na Seção V.

S4, Inteligência. A prospecção do futuro e o monitoramento do ambiente externo ancoram-se no INPE, criado em 1971, e nos documentos de planejamento estratégico, em particular o PNAE [3].

S5, Política e Identidade. Essa função reparte-se em duas doutrinas, a civil, consolidada pela Lei nº 14.946 [2] e pelo PNAE 2022 a 2031 [3], e a militar, consolidada pelo PESE 2017 a 2026 [20], às quais as Salvaguardas Tecnológicas e os Acordos Artemis acrescentam orientações de política externa que afetam a identidade do programa.

C. Diagnóstico das patologias sistêmicas

A aplicação da taxonomia consolidada [12] ao programa brasileiro identifica quatro patologias articuladas, sintetizadas na Tabela II, das quais uma é estrutural, duas são funcionais e uma é simultaneamente funcional e de identidade.

Patologia 1. Fragmentação crônica da gestão (S3). Desde a criação da AEB pela Lei nº 8.854, de 1994 [21], a gestão opera em duas cadeias paralelas, sem reunificação vinculante, o que caracteriza patologia estrutural por duplicação de S3 sem hierarquia funcional e com acoplamento fraco aos subsistemas operacionais [12], [18]. A análise causal sistêmica (CAST) do acidente do VLS-1 V03 corrobora o diagnóstico [22], ao identificar como falhas convergentes a impotência operacional da AEB sob o mandato formal do SINDAE [23] e a concentração de execução e supervisão na cadeia militar, de modo que a convergência entre dois métodos sistêmicos distintos reforça a duplicação de S3 como propriedade estrutural.

Patologia 2. Desconexão crônica das operações (S1) desde 2003. O acidente do VLS-1 V03, em 22 de agosto de 2003, com 21 vítimas fatais, interrompeu a trajetória brasileira de capacidade endógena de lançamento [19], [24], e a literatura sistêmica o reconstrói como cascata de falhas em camadas institucionais, organizacionais e técnicas [22]. As tentativas posteriores de retomada a partir de Alcântara foram conduzidas predominantemente por operadores estrangeiros, como o teste suborbital HANBIT-TLV da sul-coreana Innospace em 2023, a qualificação do HANBIT-Nano entre 2024 e 2025 com o COMAER e a Operação Spaceward em dezembro de 2025, primeira tentativa orbital comercial a partir do território brasileiro, interrompida cerca de trinta segundos após a decolagem [25]. Trata-se, portanto, de patologia funcional, na medida em que o canal de implementação de capacidade própria nas operações permanece atrofiado há mais de duas décadas [4].

Patologia 3. Sobrecarga da coordenação (S2) após 2019. O Acordo sobre Salvaguardas Tecnológicas com os Estados Unidos, de 2019, condiciona o uso de tecnologia norte-americana em território brasileiro e restringe rotas de transferência tecnológica com terceiros, o que altera os termos da cooperação CBERS com a China. Cabe registrar que a literatura de relações internacionais interpreta a resposta brasileira como estratégia deliberada de não alinhamento ativo, que preserva flexibilidade estratégica junto aos dois polos [26], de sorte que o diagnóstico aqui proposto não contradiz essa leitura nem avalia o mérito da orientação externa, pois seu objeto é o efeito dessa configuração sobre a função de coordenação. Como a cooperação internacional constitui o principal canal de S2 sobre S1, a manutenção simultânea de vínculos com diferentes polos geopolíticos amplia a variedade enfrentada pela função de coordenação, particularmente na ausência de um mecanismo doméstico de arbitragem entre as cadeias civil e militar. A patologia é, por isso, funcional, e decorre da relação entre o aumento das demandas de coordenação e a fragilidade dos mecanismos internos disponíveis para absorvê-las, descrita na Patologia 1.

Patologia 4. Desconexão algedônica entre a política (S5) e as operações (S1). Esta é a patologia central do programa brasileiro, pois o PNAE 2022 a 2031 [3] e a Lei nº 14.946, de 2024 [2], configuram uma política articulada e alinhada às melhores práticas internacionais, ao passo que a execução orçamentária da AEB permanece na faixa de 60% a 70% do solicitado, ano após ano [4], e os investimentos anunciados não se convertem em capacidades operacionais na cadência prevista. A patologia é, assim, funcional, pelo canal algedônico atrofiado entre S1 e S5, e de identidade, pelo descompasso entre o propósito declarado em S5 e a função primária operada em S1.

TABELA II. PATOLOGIAS SISTÊMICAS DIAGNOSTICADAS NO PEB SEGUNDO O VSM

Patologia	***Tipo***	***Descrição***
1. Fragmentação crônica da gestão (S3)	Estrutural	Duplicação da função de gestão entre as cadeias civil (AEB) e militar (DCTA/IAE), sem hierarquia funcional consolidada.
2. Desconexão crônica das operações (S1)	Funcional	Canal de implementação de capacidade própria nas operações atrofiado por mais de duas décadas desde o acidente do VLS-1 V03.
3. Sobrecarga da coordenação (S2)	Funcional	A manutenção simultânea de vínculos com diferentes polos amplia a variedade enfrentada pela coordenação, sem mecanismo doméstico de arbitragem entre as cadeias.
4. Desconexão algedônica entre política (S5) e operações (S1)	Funcional e de identidade	Canal algedônico obstruído entre o propósito declarado na política e a função primária operada nas operações.

Fonte. Elaboração dos autores. Taxonomia conforme [12].

D. Empresa ALADA e Operação Spaceward

A Empresa de Projetos Aeroespaciais do Brasil S.A. (ALADA) foi autorizada pela Lei nº 15.083, de 2 de janeiro de 2025 [27], e efetivamente constituída em assembleia de 28 de julho de 2025, como subsidiária integral da NAV Brasil, empresa pública vinculada ao Ministério da Defesa, com capital social integrado pelo COMAER, cabendo-lhe explorar economicamente a infraestrutura aeroespacial e conduzir pesquisa, desenvolvimento e comercialização de tecnologias do setor.

Do ponto de vista do VSM, a ALADA é concebida como intervenção destinada a reconectar as operações (S1) à política (S5) consolidada na Lei nº 14.946 e no PNAE 2022 a 2031, e seu desenho opera, em tese, em três registros: nas operações, tem potencial para retomar a sequência de lançamentos a partir de Alcântara; na gestão (S3), institui arranjo empresarial capaz

de captar receitas comerciais sem dependência exclusiva do orçamento da AEB; e na política e identidade, introduz a doutrina de operação multiusuária comercial em sítio historicamente concebido sob monopólio estatal [28]. Dada a constituição recente da empresa, contudo, essas atribuições descrevem um desenho institucional e uma potencialidade, e não efeitos já observados, cuja verificação empírica exige acompanhamento longitudinal.

O vínculo ao COMAER e ao Ministério da Defesa, por intermédio da NAV Brasil, situa a empresa tanto como gestão militar quanto como tentativa de integração com a gestão civil, de maneira que sua viabilidade depende da resolução ao menos parcial das patologias identificadas, com destaque para a fragmentação de S3 e a estabilização fiscal de S1.

V. DISCUSSÃO

A aplicação do VSM como ferramenta diagnóstica indica que o descompasso entre a arquitetura institucional do Programa Espacial Brasileiro e sua execução fiscal e operacional está associado a uma configuração organizacional formada por patologias que se distribuem e se relacionam entre diferentes funções sistêmicas. A leitura conjunta dessas patologias mostra que a evolução da arquitetura jurídica não foi acompanhada, na mesma proporção, pelo desenvolvimento das capacidades necessárias à coordenação, à gestão e à execução das atividades do programa, o que ajuda a explicar a persistência do descompasso identificado ao longo da trajetória analisada.

Essa assimetria torna-se particularmente evidente na gestão (S3), uma vez que o principal instrumento de financiamento das capacidades industriais não se concentra no orçamento direto da AEB, mas na subvenção econômica não reembolsável da FINEP, operada pelo FNDCT, cujos editais recentes para veículos lançadores, satélites e sistemas de defesa sustentaram parte importante dos investimentos no setor [29]. Embora a Lei Complementar nº 177 de 2021 [30] tenha descontingenciado esse fundo, sua estabilização plurianual permanece relevante para a continuidade dos investimentos e para a articulação entre a formulação institucional do programa e as capacidades necessárias à sua execução.

A fragmentação observada na gestão também se estende à função de política e identidade (S5), na qual coexistem orientações civis e militares estruturadas por instrumentos distintos. A Lei nº 14.946 [2] e o PNAE 2022 a 2031 [3] estabelecem a orientação civil, enquanto o PESE 2017 a 2026 [20] organiza prioridades, objetivos e recursos associados à dimensão militar, fazendo com que as duas orientações coexistam sem uma hierarquia funcional consolidada capaz de arbitrar permanentemente suas interdependências. Essa configuração torna o programa dependente de uma instância superior de política capaz de articular as duas cadeias e de conectar suas respectivas prioridades à execução do conjunto.

A persistência dessa fragmentação torna-se mais significativa quando considerada a existência do Comitê de Desenvolvimento do Programa Espacial Brasileiro (CDPEB), criado pelo Decreto nº 8.341 de 2014 e posteriormente reformulado para exercer uma função articuladora. Coordenado pelo Gabinete de Segurança Institucional e composto por representantes dos ministérios envolvidos e da AEB, o CDPEB opera em caráter consultivo e não dispõe de autoridade vinculante sobre as duas cadeias de gestão e sobre as duas orientações de política. O art. 48 da Lei nº 14.946 de 2024 [2] reconhece essa necessidade ao determinar a criação, na Presidência da República, de um colegiado interministerial de caráter deliberativo, competente para estabelecer parâmetros gerais de formulação, acompanhamento e avaliação da política espacial. Como esse colegiado ainda não havia sido instituído ao encerramento do período analisado, a condição identificada decorre do hiato entre a capacidade formal já prevista no ordenamento e sua efetiva incorporação à estrutura de governança do programa.

As consequências dessa condição alcançam diretamente a coordenação (S2), que se apoia de forma significativa em arranjos de cooperação internacional negociados por atores pertencentes às diferentes cadeias civil e militar. A manutenção simultânea de relações com diferentes polos geopolíticos amplia as possibilidades de inserção internacional do programa e, ao mesmo tempo, aumenta a variedade que precisa ser absorvida pelos mecanismos internos de coordenação. Na ausência de uma instância doméstica com autoridade vinculante, conflitos de prioridade entre as cadeias permanecem sujeitos a mecanismos fragmentados de arbitragem, enquanto parte da coordenação ocorre de maneira reativa e associada a projetos específicos. Nesse contexto, a instituição do colegiado previsto no art. 48 pode fornecer um mecanismo de arbitragem capaz de articular política, gestão e coordenação dentro de uma estrutura decisória comum, reduzindo a dependência de interfaces constituídas predominantemente por instrumentos externos.

A institucionalização do SIPAE introduz outra possibilidade de alteração dessa configuração ao criar um arranjo permanente de investigação e prevenção que reúne AEB, COMAER e organizações civis e militares. Historicamente, a verificação direta das operações ocorreu de maneira pontual e predominantemente posterior aos acidentes [19], enquanto um canal S3* requer permanência, acesso às operações e capacidade de produzir informação que retorne às instâncias responsáveis pela gestão e pela política. O SIPAE atende à primeira dessas condições e cria possibilidades para a segunda ao reunir atores de diferentes cadeias sem estabelecer subordinação hierárquica entre eles; sua aproximação funcional com S3*, contudo, dependerá da forma como os resultados das atividades de investigação e prevenção serão incorporados aos processos de governança. A existência de um canal próprio de retorno permitiria que informações provenientes das operações fossem transformadas em aprendizagem regular, ampliando a capacidade de incorporar sinais operacionais antes que eles se manifestem apenas por meio de eventos críticos.

A criação da ALADA deve ser interpretada no contexto dessa mesma trajetória de reorganização, uma vez que a empresa representa uma tentativa institucional de estabelecer novas conexões entre operações (S1), gestão (S3) e política (S5) por meio de um arranjo com personalidade jurídica própria [27]. Sua estrutura cria possibilidades para ampliar a exploração comercial da infraestrutura aeroespacial, diversificar fontes de receita e aproximar a operação de Alcântara das orientações estabelecidas pela política espacial [28]. Como a empresa foi efetivamente constituída apenas em julho de 2025, ainda não existe evidência longitudinal suficiente para estabelecer se essas possibilidades produzirão alterações duradouras nas patologias identificadas ou se parte das condições associadas à fragmentação da gestão será reproduzida sob uma nova configuração institucional.

A contribuição teórica do trabalho emerge dessa leitura longitudinal das relações entre os subsistemas, pois a teoria do processo oferece os conceitos necessários para compreender eventos, temporalidade e desenvolvimento organizacional, enquanto o VSM fornece as funções sistêmicas por meio das quais as consequências desses desenvolvimentos podem ser interpretadas em termos de coordenação, gestão, adaptação e viabilidade. A articulação entre essas perspectivas permite que as fronteiras entre funções e entre sistema e ambiente sejam tratadas como configurações produzidas e modificadas pelas relações que se estabelecem ao longo da trajetória organizacional, ampliando a leitura predominantemente sincrônica do VSM. Sob essa interpretação, as patologias sistêmicas também adquirem uma dimensão temporal, uma vez que sua configuração presente incorpora decisões, rupturas e respostas institucionais acumuladas ao longo do tempo e passa, por sua vez, a influenciar as condições enfrentadas pelos desenvolvimentos subsequentes. A leitura processual do VSM permite, assim, relacionar o diagnóstico das condições presentes à trajetória por meio da qual as capacidades e limitações do programa foram produzidas.

VI. CONCLUSÃO

Este estudo aplicou o VSM ao Programa Espacial Brasileiro, em articulação com a taxonomia consolidada de patologias organizacionais [12], sobre quatorze marcos institucionais estruturantes entre 1971 e 2025, e identificou quatro patologias sistêmicas articuladas, a saber, a fragmentação crônica da gestão (S3) entre as cadeias civil e militar, de natureza estrutural; a desconexão operacional (S1) desde o acidente do VLS-1 V03 em 2003 [19], [24], funcional; a sobrecarga da coordenação (S2) após o Acordo sobre Salvaguardas Tecnológicas, também funcional; e a desconexão algedônica entre a articulação política (S5) e o retorno operacional (S1), simultaneamente funcional e de identidade.

A análise evidencia, adicionalmente, que essa duplicação persiste apesar de o ordenamento já prever dois dispositivos para superá-la, o CDPEB, consultivo, e o colegiado deliberativo do art. 48 [2], ainda não instituído, razão pela qual sua instituição e a incorporação do SIPAE aos processos de governança constituem as intervenções de maior alavancagem identificadas.

As limitações incluem a ausência de entrevistas semiestruturadas, a validação interna da codificação e o foco em um único caso, razão pela qual pesquisas futuras devem entrevistar atores estratégicos das duas cadeias e aplicar o protocolo de codificação a outros casos da América Latina.

REFERÊNCIAS

[1] F. L. de Sousa e P. N. de Souza, “Uncovering the drivers of national space programs: the Brazilian case”, Acta Astronautica, vol. 228, pp. 417–434, 2025.

[2] Brasil, Lei nº 14.946, de 31 de julho de 2024 (dispõe sobre as atividades espaciais). DOU, 1º ago. 2024.

[3] Agência Espacial Brasileira, Programa Nacional de Atividades Espaciais: PNAE 2022 a 2031. Brasília: AEB / Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovações, 2022.

[4] Agência Espacial Brasileira, Relatório Anual de Gestão 2023. Brasília: AEB, 2024.

[5] B. N. Vaz, J. V. Vital, L. E. V. Loures da Costa e L. N. Abdala, “A emergência do New Space e a militarização do espaço no Brasil”, Revista Brasileira de Inovação, vol. 25, e026017, 2026.

[6] A. N. Whitehead, Process and Reality. Nova York: Free Press, edição corrigida de 1978 (original de 1929).

[7] T. Hernes, A Process Theory of Organization. Oxford: Oxford University Press, 2014.

[8] C. Osejo-Bucheli, “Integrating evolutionary processes with organisational cybernetics: approaching epistemology through metatheory”, Systems Research and Behavioral Science, 2025. DOI: 10.1002/sres.70000.

[9] S. Beer, Brain of the Firm. Chichester: John Wiley, 1972.

[10] R. Espejo e A. Reyes, Organizational Systems: Managing Complexity with the Viable System Model. Berlim: Springer, 2011.

[11] A. Espinosa, “The Viable System Model: an introduction to theory and practice”, Journal of Systems Thinking, vol. 3, pp. 1–25, 2023.

[12] J. P. Ríos, “The viable system model and the taxonomy of organizational pathologies in the age of artificial intelligence”, Systems, vol. 13, n. 9, art. 749, 2025.

[13] B. Antomarini, “Translating rationalism: Leibniz and cybernetics”, Cybernetics for the 21st Century, vol. 1, pp. 23–42, 2024.

[14] A. Espinosa, Sustainable Self-Governance in Businesses and Society: The Viable System Model in Action. Londres: Routledge, 2022.

[15] A. Espinosa, R. Harnden e J. Walker, “Beyond hierarchy: a complexity management perspective”, Kybernetes, vol. 36, n. 3/4, pp. 333–347, 2007.

[16] P. Lewis, E. Perez, A. Piktus, F. Petroni, V. Karpukhin, et al., “Retrieval-augmented generation for knowledge-intensive NLP tasks”, Advances in Neural Information Processing Systems, vol. 33, pp. 9459–9474, 2020.

[17] P. Sydelko, A. Espinosa e G. Midgley, “Designing interagency responses to wicked problems: creating a common, cross-agency understanding”, European Journal of Operational Research, vol. 312, n. 2, pp. 746–764, 2024.

[18] B. N. Vaz, L. N. Abdala, M. C. N. Belderrain e N. C. R. Bergiante, “The need for a systemic thinking-based intervention in the Brazilian space program in the New Space era”, in Proc. 69th ISSS, Birmingham, UK, 2025.

[19] Brasil, Comando da Aeronáutica, VLS-1 V03: Relatório da Investigação do Acidente. São José dos Campos: Instituto de Aeronáutica e Espaço, 2004.

[20] Brasil, Comando da Aeronáutica, Programa Estratégico de Sistemas Espaciais (PESE) 2017–2026. Brasília: COMAER, 2017.

[21] Brasil, Lei nº 8.854, de 10 de fevereiro de 1994 (cria a AEB). DOU, 11 fev. 1994.

[22] H. von Buren, B. N. Vaz e M. M. Cardoso Junior, “Systemic failure in the VLS-1 launch accident: a CAST perspective”, in Proc. 36th European Safety and Reliability Conference (ESREL 2026), 2026.

[23] Brasil, Decreto nº 1.953, de 10 de julho de 1996 (institui o SINDAE). DOU, 11 jul. 1996.

[24] C. W. Johnson e I. M. de Almeida, “An investigation into the loss of the Brazilian space programme’s launch vehicle VLS-1 V03”, Safety Science, vol. 46, n. 1, pp. 38–53, 2008.

[25] J. Foust, “Innospace plans second launch in 2026 after failure of first Hanbit Nano rocket”, SpaceNews, 24 dez. 2025.

[26] L. da Vinha e V. G. G. de Oliveira, “‘Active non-alignment’ in outer space: Brazil’s hedging strategy in the Sino-American space race”, International Relations, 2025. DOI: 10.1177/00471178251382460.

[27] Brasil, Lei nº 15.083, de 2 de janeiro de 2025 (autoriza a NAV Brasil a constituir a subsidiária ALADA). DOU, 3 jan. 2025.

[28] B. N. Vaz, J. V. Vital, L. E. V. Loures da Costa, et al., “Fostering a sustainable space ecosystem in Brazil: insights from military and commercial integration”, in Proc. 76th IAC, Sydney, Austrália, 2025.

[29] FINEP, Chamadas Públicas MCTI/FINEP/FNDCT: Veículo Lançador de Pequeno Porte (2023), Satélite de Alta Resolução (2023) e Inova Aerodefesa (2024).

[30] Brasil, Lei Complementar nº 177, de 12 de janeiro de 2021 (descontingenciamento do FNDCT).