

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA
CENTRO TECNOLÓGICO DE JOINVILLE
CURSO DE ENGENHARIA AEROESPACIAL

LUDMILA KOPKO

ANÁLISE DE VIABILIDADE TÉCNICA DE UMA CONSTELAÇÃO DE
NANOSATÉLITES PARA MISSÃO DE MONITORAMENTO DA AMAZÔNIA

Joinville

2024

LUDMILA KOPKO

ANÁLISE DE VIABILIDADE TÉCNICA DE UMA CONSTELAÇÃO DE
NANOSATÉLITES PARA MISSÃO DE MONITORAMENTO DA AMAZÔNIA

Trabalho apresentado como requisito para
obtenção do título de bacharel em
Engenharia Aeroespacial, no Centro
Tecnológico de Joinville, da Universidade
Federal de Santa Catarina.

Orientadora: Dra. Talita Sauter Possamai

Coorientadora: Me. Damylle Cristina
Xavier Donati

Joinville

2024

LUDMILA KOPKO

ANÁLISE DE VIABILIDADE TÉCNICA DE UMA CONSTELAÇÃO DE
NANOSATÉLITES PARA MISSÃO DE MONITORAMENTO DA AMAZÔNIA

Este Trabalho de Conclusão de Curso foi julgado adequado para obtenção do título de bacharel em Engenharia Aeroespacial, no Centro Tecnológico de Joinville, da Universidade Federal de Santa Catarina.

Joinville (SC), 04 de dezembro de 2024.

Banca Examinadora:

Dra. Talita Sauter Possamai
Orientadora/Presidente

Dr. Antônio Otaviano Dourado
Membro
Universidade Federal de Santa Catarina

Dr. Cristiano Vasconcellos Ferreira
Membro
Universidade Federal de Santa Catarina

Dedico este trabalho para todas as mulheres da minha vida, que sempre foram fontes de inspiração e acolhimento.

AGRADECIMENTOS

Agradeço à minha orientadora, Prof.Dr. Talita, por ter me aceito como orientanda e desde então ter me proporcionado oportunidades que me ensinaram muito e me abriram diversas portas.

Agradeço à minha coorientadora, Me. Damylle, pela forma que sempre me ensinou e me guiou de forma extremamente acolhedora nos projetos de estudo, mas agradeço ainda mais por sua amizade, por tornar o processo de escrita deste trabalho em um momento mais leve e de atualizações sobre a vida.

Agradeço à equipe LARS, Henrique e Thiago, pelo projeto realizado e por me ajudarem a desenvolver esse trabalho. Agradeço à Bruna e Rodrigo Santiago, pois com vocês eu aprendi muito dentro do T2F e encontrei em vocês amigos que espero guardar.

Agradeço aos meus pais, Igor e Marcela, que sempre me incentivaram a buscar meus sonhos e para isso me proporcionaram condições para que eu pudesse realizar aventuras em busca do que eu queria, mesmo que isso significasse estar cada vez mais longe de casa.

Agradeço ao meu irmão, Yuri, por sempre se mostrar um ponto de apoio para sempre que eu precisasse.

Agradeço aos meus amigos da UFSC, Fernando, Lara Maria, Lorena Vicente, Maria Helena e Widmark, todas salas que entrei na universidade eu torcia para encontrar com vocês lá dentro. Aos meus amigos fora da UFSC, Beatriz, Júlia e Lorena Plens, agradeço por vocês terem feito a distância física parecer mero detalhe, estando sempre presentes. Obrigada pela amizade, pelas risadas e momentos de desabafos, vocês fizeram essa jornada ser muito mais leve e especial.

Agradeço também aos gatinhos Otto e Cora, que não ajudaram de forma alguma, mas também nunca me arranharam quando eu os abraçava para aliviar o estresse.

RESUMO

A Floresta Amazônica é um dos alvos de desmatamento ilegal para exploração madeireira, agropecuária e mineração, sendo necessário efetuar monitoramento de seu território para impedir que sua exploração avance de forma descontrolada. Um modo para isso é realizar o sensoriamento remoto por meio de satélites, atividade já desenvolvida atualmente e que gera grande contribuição para políticas públicas de preservação. Contudo, no momento desse trabalho, todos os sistemas de fiscalização operam por meio de dados coletados por sistemas espaciais de outras nações. Assim, este trabalho tem como objetivo analisar a viabilidade técnica de lançamento de um sistema espacial de imageamento da região da Amazônia Legal Brasileira por meio de uma empresa privada para venda de dados e cumprimento de objetivos de desenvolvimento e autonomia do setor espacial nacional. A metodologia adotada consiste na aplicação de ferramentas gerenciais e de Engenharia de Sistemas para analisar o sistema atual de monitoramento, listar e avaliar os stakeholders interessados no desenvolvimento de um novo sistema e descrever suas relações através de uma Rich Picture, e avaliar a viabilidade de três configurações de satélites com a implementação da Matriz SWOT e Matriz de Pugh, obtendo-se a conclusão de que a constelação de nanossatélites se mostra uma opção vantajosa para a missão de imageamento da Amazônia.

Palavras-chave: estudo de viabilidade; constelação de nanossatélites; sensoriamento remoto; Amazônia Legal Brasileira.

ABSTRACT

The Amazon Forest is one of the targets of illegal deforestation for logging, agriculture and mining, and it is necessary to monitor its territory to prevent its exploitation from advancing in an uncontrolled manner. One way to do this is to perform remote sensing using satellites, an activity that is already being developed and that greatly contributes to public preservation policies. However, at the time of this work, all monitoring systems operate using data collected by space systems from other nations. Thus, this work aims to analyze the technical feasibility of launching a space imaging system for the Brazilian Legal Amazon region through a private company to sell data and meet the development and autonomy objectives of the national space sector. The methodology adopted consists of the application of management and Systems Engineering tools to analyze the current monitoring system, list and evaluate the stakeholders interested in developing a new system and describe their relationships through a Rich Picture, and evaluate the viability of three satellite configurations with the implementation of the SWOT Matrix and Pugh Matrix, reaching the conclusion that the constellation of nanosatellites proves to be an advantageous option for the Amazon imaging mission.

Keywords: feasibility study; nanosatellite constellation; remote sensing; Brazilian Legal Amazon.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Tamanhos de CubeSats	18
Figura 2 - Relação entre Distúrbio da Paisagem com a Heterogeneidade das Imagens	20
Figura 3 - Proporções dos Resultados das Buscas	23
Figura 4 - Proporções dos Resultados das Buscas com Tema Selecionado	24
Figura 5 - Fluxograma da Metodologia	26
Figura 6 - Definição de Requisitos de Stakeholders pelo ISO/IEC 15288:2008	27
Figura 7 - Abordagem do Design Centrado no Ser Humano pela ECSS	28
Figura 8 - Processo de Definição de Expectativas de Stakeholders da NASA	29
Figura 9 - Classificação de Stakeholders	30
Figura 10 - Análise SWOT	33
Figura 11 - Diagrama com Análise de Stakeholders	54
Figura 12 - Rich Picture	55
Figura 13 - Análise SWOT para o Método Atual	61
Figura 14 - Análise SWOT para Geoestacionário	64
Figura 15 - Análise SWOT para Satélites Gêmeos	68
Figura 16 - Análise SWOT para Constelação de Nanossatélites	71
Figura 17 - Matriz de Pugh	75

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Exemplos de Missões de Satélites	15
Quadro 2 - Características de Órbita	16
Quadro 3 - Subsistemas de Sistemas Espaciais	17
Quadro 4 - Classificação de Satélites de Acordo com a Massa	17
Quadro 5 - Elementos Primários de Sistema Solo em Aplicações Satelitais	19
Quadro 6 - Dados dos Satélites Atualmente Usados pelo PRODES	37
Quadro 7 - Dados dos Satélites Atualmente Usados pelo DETER	38
Quadro 8 - Dados dos Satélites Atualmente Usados pelo SAD	40
Quadro 9 - Dados dos Satélites Atualmente Usados pelo MapBiomias Alerta	41
Quadro 10 - AS IS	43
Quadro 11 - Competências da Agência Espacial Brasileira	48
Quadro 12 - Objetivos Estratégicos do Espaço do PNAE 2022-2031	50
Quadro 13 - Competências da Diretoria do INPE	51
Quadro 14 - Metas e Objetivos	57
Quadro 15 - TO BE	79

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ACS - Attitude Control System

AEB - Agência Espacial Brasileira

ALB - Amazônia Legal Brasileira

Censipam - Centro Gestor e Operacional do Sistema de Proteção da Amazônia

CONOPS - Conceito de Operações

COTS - Commercial off-the-Shelf

DETER - Sistema de Detecção do Desmatamento em Tempo Real

ECSS - European Cooperation for Space Standardization

EE - Google Earth Engine

EMMN - Estação Multi-Missão de Natal

EPS - Electrical Power and Distribution

ESA - Agência Espacial Europeia

EUA - Estados Unidos da América

FOFA - Forças, Oportunidades, Fraquezas e Ameaças

GEO - Geosynchronous Earth Orbit

GOCNAE - Grupo de Organização da Comissão Nacional de Atividades Espaciais

GPS - Sistema de Posicionamento Global

HCD - Human Centred Design

HEO - Highly Elliptical Orbit

IEC - International Electrotechnical Commission

Imazon - Instituto do Homem e Meio Ambiente da Amazônia

INPE - Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais

ISO - International Organization for Standardization

LARS - Laboratory of Applications and Research in Space

LEO - Low Earth Orbit

LIT - Laboratório de Integração e Testes

MEO - Medium Earth Orbit

MSI - Multispectral Imager

NASA - National Aeronautics and Space Administration

OBDH - On Board Command and Data Handling

OEE - Objetivos Estratégicos de Espaço

OLI - Operational Land Imager

ONGs - Organizações Não Governamentais

PNAE - Programa Nacional de Atividades Espaciais

PPCDAm - Plano de Ação para Prevenção e Controle do Desmatamento na Amazônia Legal

PRODES - Projeto de Monitoramento do Desmatamento na Amazônia Legal por Satélites

SAD - Sistema de Alerta de Desmatamento

SAR - Radar de Abertura Sintética

SCD - Sistema de Coleta de Dados

SIA - Satellite Industry Association

SWOT - Strengths, Weaknesses, Opportunities, e Threats

TT&C - Telemetry Tracking and Command

UFSC - Universidade Federal de Santa Catarina

USGS - U.S. Geological Survey

WFI - Câmera de Campo Largo

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.....	12
1.1. OBJETIVOS.....	13
1.1.1. Objetivo Geral.....	13
1.1.2. Objetivos Específicos.....	13
2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA.....	15
2.1. CONCEITOS DA ÁREA ESPACIAL.....	15
2.1.1. Sistema Espacial.....	16
2.1.2. Segmento Solo.....	18
2.1.3. Segmento Lançador.....	19
2.2. CONCEITOS AMBIENTAIS.....	19
2.3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	21
2.3.1. Bibliometria.....	22
3. METODOLOGIA.....	25
3.1. ANÁLISE DE STAKEHOLDERS.....	26
3.2. RICH PICTURE.....	31
3.3. MATRIZ SWOT.....	31
3.4. MATRIZ DE PUGH.....	34
4. ANÁLISE DO CENÁRIO ATUAL.....	36
4.1. PRODES.....	36
4.2. DETER.....	37
4.3. SAD.....	39
4.4. MAPBIOMAS E MAPBIOMAS ALERTA.....	40
4.5. AS IS.....	42
5. ANÁLISE DE STAKEHOLDERS.....	44
5.1. APLICAÇÃO.....	44
5.1.1. UFSC.....	44
5.1.2. Empresa Contratante.....	46
5.1.3. Governo Federal.....	47
5.1.4. INPE.....	51
5.1.5. Clientes.....	53
5.2. RESULTADO DAS CLASSIFICAÇÕES.....	53
5.3. RICH PICTURE.....	54
6. METAS E OBJETIVOS.....	57
7. ANÁLISE DE SOLUÇÃO.....	60
7.1. APLICAÇÃO.....	60
7.2. TO BE.....	78
8. CONCLUSÃO.....	80
REFERÊNCIAS.....	82

1. INTRODUÇÃO

Os satélites, mesmo atuando a quilômetros de distância da superfície terrestre, influem de forma significativa na sociedade, permitindo a existência de meios de comunicação como a internet, o Sistema de Posicionamento Global (GPS), observação da terra, dados meteorológicos, pesquisas científicas, entre muitas outras possibilidades. Satélites são definidos como objetos que orbitam em volta de corpos celestes, podendo ser naturais, como a Lua, ou artificiais, produzidos pela ação humana (BRASIL, 2023a). Neste trabalho, serão abordados os satélites artificiais, que começaram a sua história com o Sputnik 1, lançado em 1957 pela União Soviética (BRASIL, 2023b).

Apesar da jornada dos satélites ter se iniciado na década de 50, o Brasil só começou a participar dessa área na década de 90, com o Dove-OSCAR 17, projetado pelo radioamador brasileiro, Junior Torres de Castro, lançado em fevereiro de 1990 (BRASIL, 2023c). Em 1993, o Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE) lançou seu primeiro satélite, o Sistema de Coleta de Dados SCD-1, que coletava informações para aplicações ambientais e científicas (BRASIL, 2023a). Desde então, outros satélites como o SCD-2, satélites da família CBERS e o Amazonia-1 foram lançados com a participação brasileira parcial ou integral em seus desenvolvimentos (BRASIL, 2023a).

Contudo, muito dados usados para gerenciamento de atividades do país, como políticas públicas quanto ao desmatamento, continuam tendo origem em satélites estrangeiros, como o Projeto de Monitoramento do Desmatamento na Amazônia Legal por Satélites (PRODES), gerenciado pelo INPE, que utiliza satélites desenvolvidos pelo programa espacial europeu, Sentinel (BRASIL, 2024a). Desse modo, dados de extrema importância para o governo e de impacto para a sociedade brasileira são adquiridos por meio de satélites estrangeiros desenvolvidos para missões generalizadas.

Com isso, esse trabalho propõe analisar a viabilidade técnica de uma constelação de nanosatélites em relação a outras concepções possíveis de sistemas espaciais com a missão de monitorar a Amazônia, floresta que “representa um terço das florestas tropicais do mundo, além de conter mais da metade da biodiversidade do planeta” (Instituto de Pesquisa Ambiental da Amazônia, [s.d.]), e

que sua preservação gera alto impacto para a regulação do clima, de chuvas e ciclo de carbono do planeta (WORLD BANK GROUP, 2019). Essa missão foi projetada pelo Laboratory of Applications and Research in Space (LARS), da Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC), para um cliente hipotético que consiste em uma empresa privada com objetivo de monitorar o desmatamento florestal da região.

Assim, com um projeto nacional completamente voltado às necessidades do sensoriamento desse bioma, busca-se conceber um sistema espacial de monitoramento que preencha lacunas atualmente existentes, além de cumprir com Objetivos Estratégicos de Espaço propostos pelo Programa Nacional de Atividades Espaciais (PNAE) 2022-2031, como o de desenvolver o mercado interno e de ajudar a consolidar o Brasil como referência do setor espacial entre a América Latina.

Para isso, a metodologia adotada consiste na aplicação de ferramentas de gerenciamento de projetos, para assim performar diferentes análises de forma eficiente e eficaz. Primeiro, é necessário entender quais as lacunas atuais no sensoriamento remoto por meio de satélites da Amazônia, e então entender quais as partes interessadas nesses dados. Assim, serão implementadas métricas para avaliar alternativas de sistemas satelitais e escolher a que melhor atende os parâmetros estipulados para concluir a missão de monitoramento de desmatamento.

Os resultados deste trabalho contribuem para o setor espacial brasileiro apresentando análises iniciais para design de missão para futuras aplicações espaciais, auxiliando no entendimento de avaliação de stakeholders e discussão sobre solução espacial adequada para determinada aplicação.

1.1. OBJETIVOS

1.1.1. Objetivo Geral

Analisar a viabilidade técnica de um projeto de nanossatélites brasileiros para realização de missão de monitoramento da Amazônia Legal Brasileira (ALB), de forma a melhorar a coleta de dados já existente.

1.1.2. Objetivos Específicos

- Descrever métodos atuais de sensoriamento remoto por satélites aplicados na Amazônia Legal Brasileira;
- Identificar potenciais stakeholders em um novo projeto de monitoramento da Amazônia Legal Brasileira;
- Definir metas e objetivos para o sucesso da missão proposta;
- Aplicar ferramentas de gerenciamento de projeto para obter resultados de análises;
- Validar a escolha de uma constelação de nanossatélites frente a outros sistemas espaciais para a missão de monitoramento.

2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1. CONCEITOS DA ÁREA ESPACIAL

Denomina-se missão a finalidade escolhida e o conjunto de objetivos principais que um satélite deve cumprir, sendo as mais convencionais, de acordo com INPE (2017), apresentados pelo Quadro 1. A determinação da missão é uma etapa primordial no desenvolvimento de um sistema espacial, pois é o guia que reúne objetivos e interesses de diversas organizações envolvidas (SOUZA, 2002).

Quadro 1 - Exemplos de Missões de Satélites

Finalidade	Função
Comunicação	Distribuição de sinais de linhas telefônicas, internet, televisão.
Navegação	Dados para geração de mapas e detecção de posição na Terra.
Meteorológico	Dados para cálculos meteorológicos, como previsão do tempo.
Militar	Dados usados para fins militares como monitoramento de território.
Exploração do Universo	Uso para pesquisas científicas
Observação da Terra	Monitoramento de território, captura de imagens.

Fonte: Autora (2024).

A concepção de uma missão espacial pode ser dividida em três principais segmentos, sendo elas: Segmento Espacial, com definições do satélite e características para seu funcionamento no espaço; Segmento Solo, que compete às estruturas e tarefas em solo, como comando e estabelecimento de comunicação com o satélite; e Segmento Lançador, que se refere ao veículo lançador de satélite para o espaço (SOUZA, 2002).

Uma forma de capturar o funcionamento desses três segmentos é através da ferramenta de Engenharia de Sistemas chamada de Conceito de Operações (CONOPS), que consiste em um documento base para definição de planos de operação, de lançamento e de órbita. É uma documentação com intenção de capturar as expectativas dos envolvidos com a missão e é um guia para o desenvolvimento da mesma (ESTADOS UNIDOS DA AMÉRICA, 2007).

2.1.1. Sistema Espacial

Dentro do Sistema Espacial, são definidas características como órbita, cargas úteis, plataforma, tamanho dos satélites e até mesmo número de satélites, caso seja considerada uma constelação (SOUZA, 2002). É denominado órbita o trajeto que o satélite faz ao redor de outro corpo, cada uma delas tendo especificações de formato, período de revolução (tempo necessário para uma volta completa ao redor de determinado corpo) e altitude, devendo ser escolhida a que melhor se adequa à missão definida. De acordo com a Associação Brasileira das Empresas de Telecomunicações por Satélite (2023), o Quadro 2 mostra características das órbitas disponíveis para lançamento.

Quadro 2 - Características de Órbita

Nomenclatura	Altitude em relação à Terra	Período de revolução	Características
Low Earth Orbit (LEO)	500 - 1500 km	1h30min-2h	Não estacionária, tempo médio de vida de 7 a 10 anos.
Medium Earth Orbit (MEO)	≈ 10400 km	6h	Não estacionária, tempo médio de vida de 7 a 10 anos.
Highly Elliptical Orbit (HEO)	perigeu: 1000 km apogeu: 39000 km	12h	Órbita elíptica. Não estacionária, tempo médio de vida de 7 a 10 anos.
Geosynchronous Earth Orbit (GEO)	≈ 36000 km	1 dia	Paralela ao equador, circular e estacionária. Tempo de vida de 15 a 20 anos.

Fonte: Autora (2024).

Cargas úteis são os equipamentos presentes para performar funções para o cumprimento da missão. Há cargas úteis mais comuns em qualquer satélite, como painéis solares para geração de energia, ou mais específicos de acordo com a função do satélite, como o caso de câmeras para missões de imageamento da Terra (CARRACE; GOMES. GRIZENDI, 2022). Em busca de desenvolver projetos com maior rapidez e economia financeira, há a disseminação da prática de uso de componentes de prateleira, chamados de Commercial Off-The-Shelf (COTS), que são equipamentos prontos, disponíveis no mercado, que podem ser usados como carga útil em satélites (JUNQUEIRA, 2021).

A plataforma consiste no conjunto de sete subsistemas que, juntos, são responsáveis pelo funcionamento completo de um satélite. Cada subsistema

apresenta um objetivo específico a ser realizado e partes/equipamentos comumente usados para tal. O Quadro 3 expõe os subsistemas existentes e seus objetivos (SOUZA, 2002).

Quadro 3 - Subsistemas de Sistemas Espaciais

Nomenclatura	Objetivo
Controle de Atitude (Attitude Control System – ACS)	Controlar posicionamento do satélite em relação a Terra
Suprimento de Energia (Electrical Power and Distribution - EPS)	Fornecer energia para equipamentos
Telecomunicação de Serviço (Telemetry Tracking and Command – TT&C)	Enviar e receber dados
Gestão de Bordo (On Board Command and Data Handling - OBDH)	Processar informações recebidas ou que serão enviadas
Estrutura e Mecanismos (Structures and Mechanisms)	Fornecer suporte mecânico para equipamentos e para estruturas que se movem
Controle Térmico (Thermal Control)	Manter equipamentos dentro de suas faixas de temperatura para funcionamento
Propulsão (Propulsion)	Fornecer empuxo para controle de atitude e órbita

Fonte: Autora (2024).

Após a definição das cargas úteis a serem utilizadas para cumprimento da missão, é possível realizar uma estimativa para o tamanho necessário da estrutura para comportar todos os equipamentos e partes do satélite. A classificação de tamanho de satélites é feita com base em sua massa, sendo ela apresentada no Quadro 4, confeccionada a partir das informações obtidas em Fortescue; Swinerd; Stark (2011, p. 576).

Quadro 4 - Classificação de Satélites de Acordo com a Massa

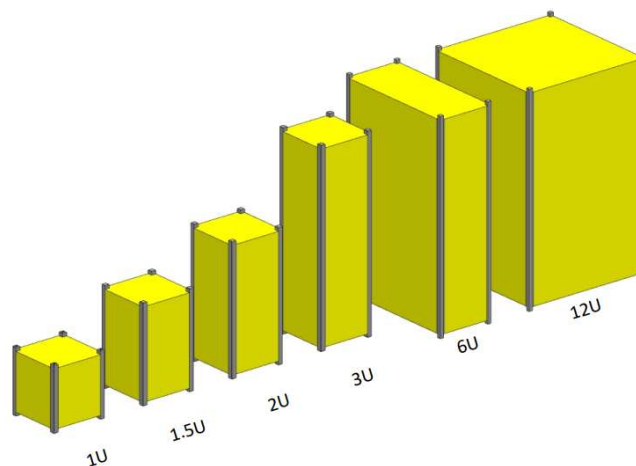
Classificação	Massa (kg)
Convencionalmente grande	>1000
Convencionalmente pequeno	500-1000
Minissatélite	100-500
Microssatélite	10-100
Nanossatélite	1-10
Picossatélite	<1

Fonte: Autora (2024).

Dentro da classificação de nanossatélites, existem os CubeSats, um formato de satélite com padrões que os diferencia, sendo o principal a definição do fator de forma U, que é a unidade usada para descrever o tamanho de um cubo de 10x10x10 cm em cada aresta. Assim, um CubeSat 2U representa a junção de duas unidades 1U, sendo um paralelepípedo com arestas 20x10x10 cm (CUBESAT DESIGN SPECIFICATION, 2022). A Figura 1 mostra outros modelos de tamanho de CubeSat comumente utilizados.

O conceito de CubeSat foi originado em 1999 por Jordi Puig-Suari e Bob Twiggs, professores universitários dos Estados Unidos da América (EUA), com a intenção de aproximar a experiência de desenvolvimento de um componente espacial para estudantes. A ideia foi promissora, por esse formato de satélite reduzir custos e tempo de desenvolvimento, aumentando o acesso ao espaço (CUBESAT DESIGN SPECIFICATION, 2022). Atualmente CubeSats são usados tanto em ambientes de pesquisa quanto em iniciativas privadas e setores militares

Figura 1 - Tamanhos de CubeSats



Autor: Cubesat Design Specification (2022).

2.1.2. Segmento Solo

O Segmento Solo é composto por sistemas presentes em solo que realizam tarefas de comando, controle e comunicação com sistemas espaciais quando estes já estão em órbita, como transmissão de comandos para o satélites e suas cargas úteis, e coleta, processamento e distribuição de dados (EUA, [s.d.]a). Os elementos básicos de um segmento solo estão presentes no Quadro 5.

Quadro 5 - Elementos Primários de Sistema Solo em Aplicações Satelitais

Elemento	Função
Estação Terrestre	Telemetria, rastreamento e interface de comando com sistemas espaciais
Redes Terrestres	Conexão entre vários elementos terrestres
Centros de Controle	Gerenciamento das operações do sistema espacial
Terminais Remotos	Interface do usuário para recuperar informações transmitidas para processamento adicional

Fonte: Autora (2024).

2.1.3. Segmento Lançador

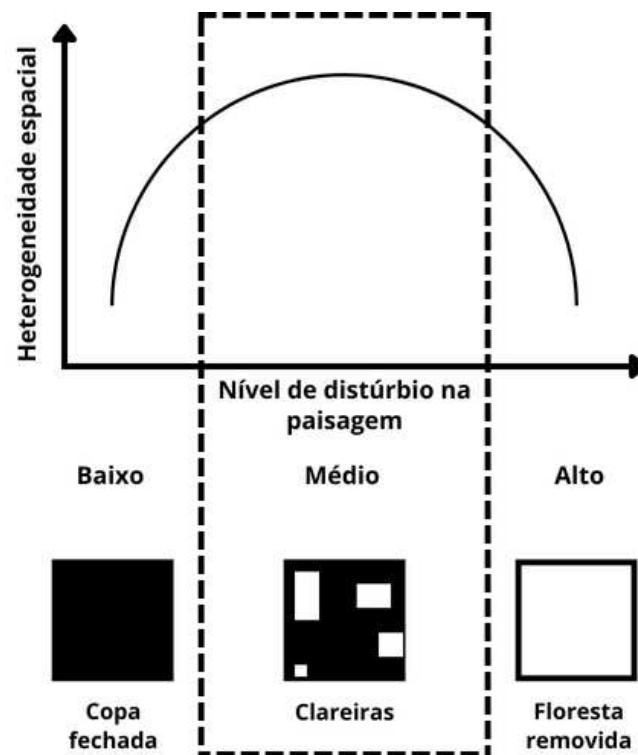
O Segmento Lançador possui a função de transportar os sistemas espaciais da superfície terrestre até o espaço, sendo usados foguetes para essa operação. Os foguetes geram uma propulsão que faz eles serem capazes de atingir velocidades extremamente altas, como o caso do Ariane 5, que atingiu velocidade de aproximadamente 33.900 km/h, mesmo carregando mais de 8 toneladas de carga (EUROPEAN SPACE AGENCY, 2006). Ao alcançar o espaço, os satélites podem ser liberados nas órbitas desejadas para sua missão (UNITED LAUNCH SERVICES, 2024).

2.2. CONCEITOS AMBIENTAIS

Durante o imageamento de regiões de florestas por satélites, o que é capturado pelas câmeras é a parte superior das árvores, chamadas de dossel. Dossel é a camada formada pela sobreposição de diversos galhos e folhas de árvores ao redor (CASTRO, 2018), fazendo com que em locais com grande densidade de árvores, como o caso da Amazônia, o que se observa é uma mata fechada pelo dossel. Assim, o modo com que se é percebido o desmatamento por sensoriamento remoto é a alteração na heterogeneidade das imagens, em que os dosséis dão espaço para o surgimento de áreas de clareiras (menor densidade ou sem presença de dossel), como mostrado na Figura 2.

O desmatamento pode ser definido como a supressão de áreas de vegetação primária por ações antropogênicas (BRASIL, 2022a), sendo vegetação primária aquela que possui poucas alterações causadas pelo ser humano, ainda possuindo suas características originais (MARTINS, 2019). Para locais que houveram mudanças expressivas em suas características originais, devido a causas naturais ou não, e tenha ocorrido o processo de regeneração da vegetação é dado o nome de vegetação secundária (MARTINS, 2019).

Figura 2 - Relação entre Distúrbio da Paisagem com a Heterogeneidade das Imagens



Fonte: Adaptada de Lambin (1999) apud Brasil (2022a).

O desmatamento pode possuir diversas etapas, sendo classificado de acordo com dois diferentes processos de retirada de vegetação: por corte raso e por degradação progressiva. O corte raso é a remoção completa da vegetação em um curto espaço de tempo, o dossel é completamente retirado, sendo esse o modo de desmatamento mais facilmente reconhecido devido ao contraste bastante aparente com comparação de imagens anteriores. É o processo utilizado para retirar a vegetação com intenção de utilizar o local para outros fins. Já a degradação progressiva consiste em um processo mais lento, com retiradas específicas de

determinadas árvores para o uso de sua madeira ou por queimadas que afetam apenas parte da vegetação. Assim, o imageamento pode captar pequenas mudanças no dossel, sendo um processo de identificação mais árduo (BRASIL, 2022a).

2.3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

O trabalho de Curzi, Modenini, and Tortora (2020) apresenta as direções dos projetos escolhidos pelo mercado de constelações de satélites, trazendo que as principais áreas de aplicação são para comunicação (50%), observação da Terra (46%) e observação do espaço (4%). A maior parte dos projetos não possui o tamanho de seus satélites divulgados (35%), mas é apresentado como tendência a aplicação de nanossatélites para constelações, sendo essa classe escolhida para 32% dos projetos. É exposto, ainda, que 18% são empreendimentos envolvendo microsatélites, e os 15% restantes são das classes de tamanho restante, como grandes e picossatélites.

A implementação de nanossatélites para missões espaciais apresenta restrições apenas ao tamanho dos satélites, mas não à capacidade das missões, surgindo aplicações inovadoras e altamente tecnológicas. Choi and Davis (2021) desenvolveram a missão GEOSCAN com objetivo de analisar melhor nuvens realizando uma espécie de tomografia em 3D, através de nanossatélites autônomos com capacidade de alterar sua formação, para assim se posicionar da melhor forma possível para o imageamento. Cheng et al. (2024), aborda o dilema apresentado em diversas missões de sensoriamento remoto: a necessidade de escolher entre alta cobertura e alta resolução de imagens, pois câmeras com melhores resoluções tendem a capturar pequenos espaços. Assim, foi proposto o EagleEye, uma constelação de nanossatélites em que um satélite “líder”, com câmera de menor nitidez, reconhece locais de maior interesse para se analisar, fazendo que os satélites “seguidores” foquem em imagear aquela determinada região.

Além do potencial tecnológico, são apresentados benefícios em constelações de nanossatélites já durante seu desenvolvimento. Kerrouche et al. (2023), em um projeto de detecção de fogo, defende que essa é a configuração mais adequada para obter comunicação de baixo custo e em tempo real. Salazar et al. (2022) propôs uma missão para detecção automática de nuvens com uso de equipamentos

Commercial off-the-Shelf, que possibilita rápidos ciclos de desenvolvimento por não necessitar produzir seus próprios hardwares. Choi and Davis (2021) citam a capacidade de capturar fenômenos dinâmicos, consequência dos múltiplos pontos de observação e rastreamento em tempo real que constelações de nanossatélites possuem.

Tais benefícios chamam atenção para novos planos de lançamento de sistemas espaciais, mas é necessário seguir etapas importantes no desenvolvimento destes projetos, com aplicações de ferramentas e processos gerenciais. Isso é o que Berthoud et al. (2019) conclui, defendendo a importância da documentação durante todo o decorrer do projeto, citando, ainda, que o ideal é a aplicação de métodos presentes na Engenharia de Sistemas para aumentar as chances de uma missão bem-sucedida. Uma etapa indispensável é a identificação de stakeholders, pessoas ou entidades com interesse no projeto, seja em seu desenvolvimento ou em seus resultados. Para isso, Mitchell et al. (1997) apresenta em seu trabalho uma forma sistemática de classificar stakeholders apurando quais características eles possuem, podendo ser combinações entre Poder, Legitimidade e Urgência.

Seguindo a linha de aplicar etapas para se obter um projeto mais eficiente e eficaz, Donati et al. (2022) apresenta o caso de estudo da Constelação Catarina, em que são aplicados conceitos de Engenharia de Sistemas no desenvolvimento da primeira frota do projeto, usando a abordagem da Cooperação Européia para Padronização Espacial (European Cooperation for Space Standardization, ECSS). Em outro trabalho, Donati et al (2024) se dedica a aplicar métodos de Engenharia de Sistemas para analisar a viabilidade de uma missão de constelação de cubesats, a missão FritzSAT, para monitoramento da Amazônia, abordando métodos para obtenção de dados florestais, hidrológicos e pecuários. Esse trabalho de conclusão de curso é um aprofundamento do que foi exposto no artigo de Donati et al.(2024), porém restrito à missão de monitoramento de desmatamento de vegetação amazônica.

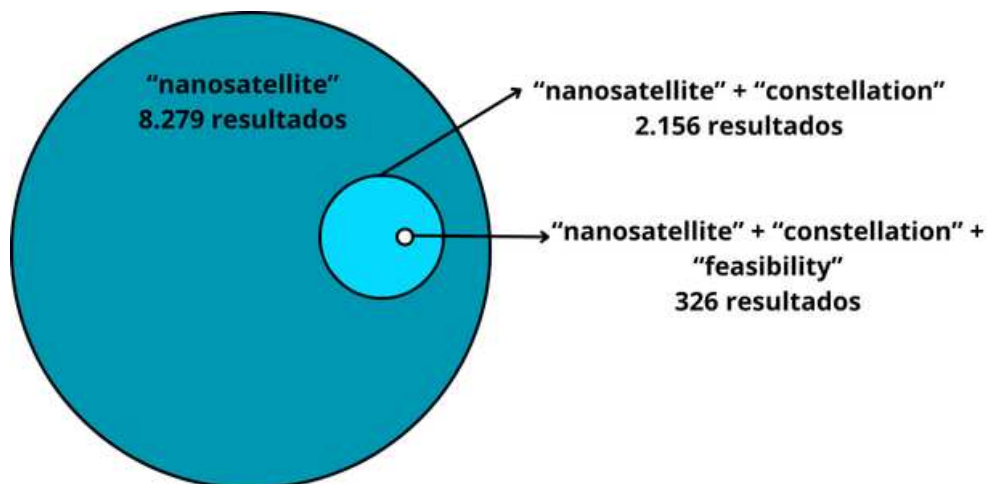
2.3.1. Bibliometria

Com objetivo de entender o estado atual das pesquisas em torno do tema deste trabalho, foram feitas pesquisas na plataforma Scopus com combinações de palavras chaves para identificar as tendências e lacunas presentes nas pesquisas

desenvolvidas pela comunidade científica. As palavras definidas para as buscas foram “nanosatellite”, “constellation” e “feasibility”, que em português significam, respectivamente, “nanossatélite”, “constelação” e “viabilidade”, que poderiam estar presentes no resumo, palavras chaves ou até mesmo no título.

A busca com somente o termo “nanosatellite” resultou em 8.279 trabalhos disponíveis. Ao adicionar à pesquisa o termo “constellation”, o número de publicações foi para 2.156, uma queda de aproximadamente 74% de resultados. Por fim, adicionando “feasibility”, as publicações disponíveis apresentaram uma queda de 96% se comparada à primeira pesquisa realizada, com apenas 326 artigos satisfazendo as condições de busca. A Figura 3 representa as proporções dos resultados das buscas com as junções das palavras chaves.

Figura 3 - Proporções dos Resultados das Buscas

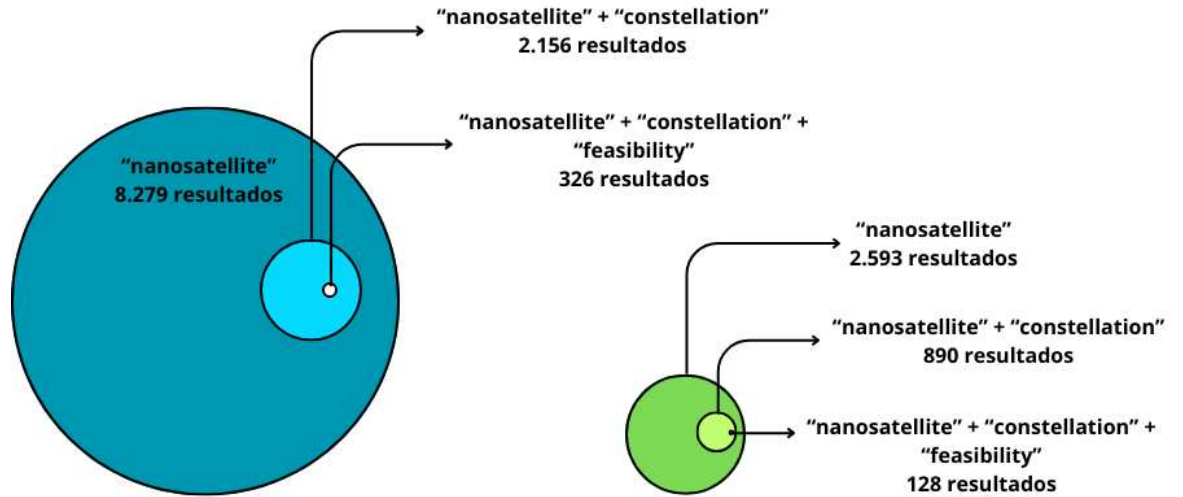


Fonte: Autora (2024).

A plataforma Scopus permite também análise de qual área de conhecimento os documentos resultantes das pesquisas estão. Como a missão desse trabalho é de imageamento da Amazônia para coletar dados de desmatamento florestal, foram observados os números referentes à Ciências da Terra e Planetárias. A busca mais ampla, com apenas o termo “nanosatellite”, possui 2.593 trabalhos dentro da área. “Nanosatellite” e “constellation” resulta em 890 publicações, e a junção dos três termos mostra somente 128 documentos relacionados. Os dados de pesquisa restritos à área de Ciências da Terra e Planetárias estão representados em tons de

verde na Figura 4, em que compara a proporção dos resultados com a pesquisa anterior sem área definida.

Figura 4 - Proporções dos Resultados das Buscas com Tema Selecionado



Fonte: Autora (2024).

Analisando os números de trabalhos disponíveis ao refinar a pesquisa, é possível perceber a redução expressiva de estudos realizados que abordam a viabilidade de constelações de nanossatélites para missões envolvendo Ciências da Terra e Planetárias. Desse modo, o desenvolvimento deste trabalho visa auxiliar no preenchimento de lacunas existentes nesse campo.

3. METODOLOGIA

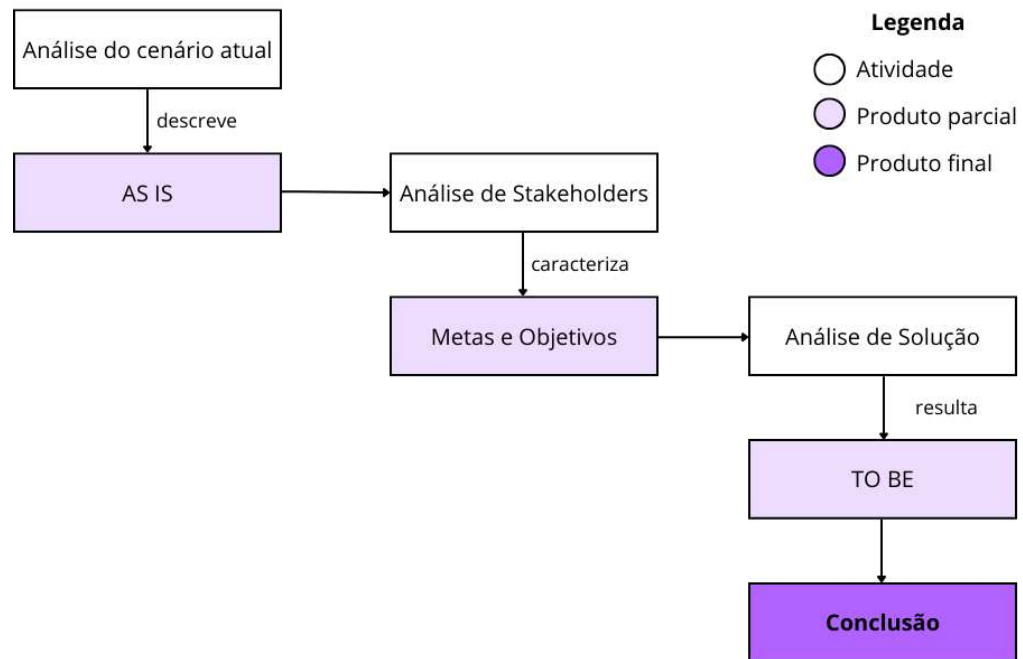
A metodologia aplicada para a análise de viabilidade técnica de uma constelação de nanossatélites para missão de imageamento da Amazônia foi separada em três fases, cada uma com uma atividade realizada que permitiu a obtenção de um produto parcial, para no final haver o produto final, a conclusão de qual sistema espacial foi escolhido para o projeto. Para melhor visualização do desenvolvimento do trabalho, apresenta-se na Figura 5 o fluxograma da metodologia adotada.

A primeira atividade realizada foi buscar entender como é o método atual de monitoramento por meio de satélites realizado no Brasil, caracterizando para cada um dos projetos como foi sua criação, objetivo, satélites usados, tipo de desmatamento detectado e como são feitas as análises para sua determinação, frequência de publicação de resultados e breve discussão sobre suas limitações. Com isso, é possível descrever o AS IS de como o monitoramento brasileiro está sendo feito no momento e como uma empresa privada iria se relacionar com essa condição.

Após essa primeira fase, inicia-se o processo de identificação de stakeholders e suas respectivas análises, para compreender seus interesses no desenvolvimento ou uso de dados da missão de imageamento da Amazônia Legal Brasileira. Para isso, é aplicado a metodologia de Mitchell et al. (1997), realizando uma análise sobre cada stakeholders para determinação de seus atributos e definição de prioridades. Como resultado, define-se as relações entre os interessados com auxílio de um Rich Picture, permitindo a elaboração de Metas e Objetivos iniciais para a missão.

Na última etapa, três alternativas de formato de sistema espacial serão propostas, uma sendo a constelação de nanossatélites, para serem comparadas com o método atual de monitoramento. Para estudo da viabilidade de cada uma das opções apresentadas são implementadas duas ferramentas para análise de viabilidade, a Matriz SWOT e Matriz de Pugh, para maior detalhamento e compreensão do que cada solução oferece e para realizar uma comparação direta entre os formatos, respectivamente. Como resultado, será obtido o sistema com avaliação mais vantajosa para aplicação da missão, sendo então elaborado o TO BE de como será a influência desse novo sistema para os stakeholders e o mercado.

Figura 5 - Fluxograma da Metodologia



Fonte: Autora (2024).

Após a finalização de todas essas atividades e produtos parciais, haverá a conclusão que será o produto final do trabalho, em que serão retomados os objetivos propostos no trabalho e como eles foram atendidos em seu desenvolvimento, contendo também reflexão sobre os motivos que levaram a escolha do sistema satelital para a missão proposta.

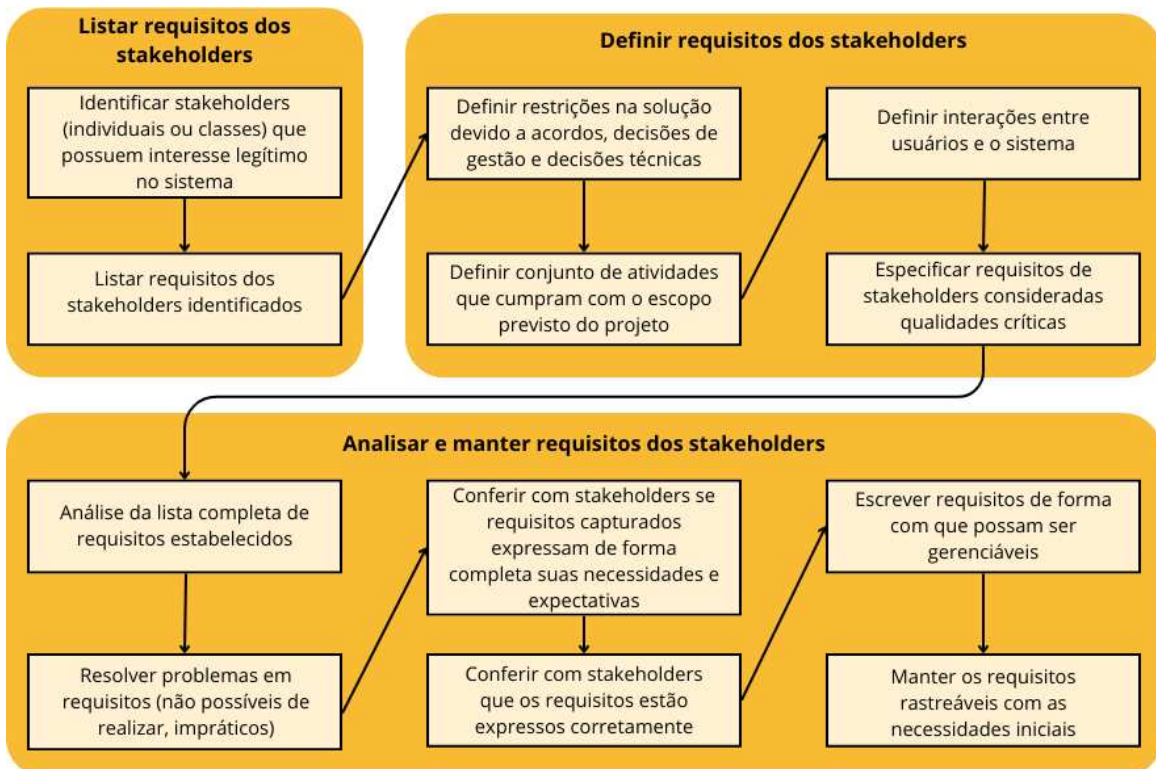
3.1. ANÁLISE DE STAKEHOLDERS

A literatura apresenta diversos significados para stakeholders, modos de os identificar e listar seus requisitos. A ECSS define stakeholder como “qualquer entidade (indivíduo ou organização) com um interesse legítimo no sistema” (ECSS, 2008), extremamente semelhante com o descrito pela NASA, que trata como “um grupo ou indivíduo que é afetado ou tem interesse no produto ou projeto” (EUA, 2007). Freeman (1984) apud Wang, Ge e Lu (2012) conceituou que stakeholder se refere a “qualquer grupo ou indivíduo que pode afetar ou é afetado pela realização do objetivo da empresa”, enquanto o International Organization for Standardization/International Electrotechnical Commission (ISO/IEC) 15288:2008 se aprofunda estabelecendo o seguinte (ISO/IEC, 2008): “indivíduo ou organização que

tem um direito, uma parte, uma reivindicação ou um interesse em um sistema ou em sua posse de características que atendem às suas necessidades e expectativas”.

Ainda tratando do ISO/IEC (2008), o processo de definição dos requisitos de stakeholders é separado em três principais atividades, contendo tarefas dentro de si, como apresentado na Figura 6, ilustrando o processo e suas ações de forma resumida. O objetivo desse processo é mapear necessidades, expectativas e desejos dos stakeholders durante todo o ciclo de vida do projeto, promovendo o melhor entendimento possível de suas intenções, resultando em melhor especificação do que é necessário ser feito, limites existentes do projeto e rastreabilidade da origem dos requisitos definidos (ISO/IEC, 2008).

Figura 6 - Definição de Requisitos de Stakeholders pelo ISO/IEC 15288:2008

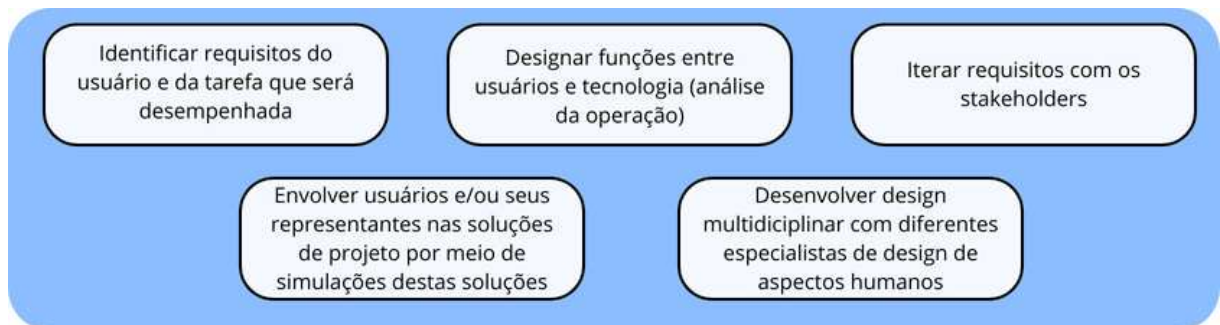


Fonte: Autora (2024).

Na ECSS, stakeholders são citados na norma ECSS-E-ST-10-11C - Human Factor Engineering, que trata da identificação de requisitos para projeto com foco no envolvimento do ser humano em sistemas espaciais, seja com pessoas embarcadas ou que possuem interface com algum sistema, através do método de Design Centralizado no Ser Humano (Human Centred Design - HCD). Um ponto crucial trazido pelo HCD é o envolvimento dos stakeholders desde o início do projeto, sendo

essencial essa interação durante todo o ciclo de vida para garantir um resultado mais efetivo e eficiente, com melhorias também no custo final do produto para o usuário (ECSS, 2008). A Figura 7 mostra ações características que devem estar contidas na aplicação da metodologia do HCD, de acordo com a ECSS-E-ST-10-11C.

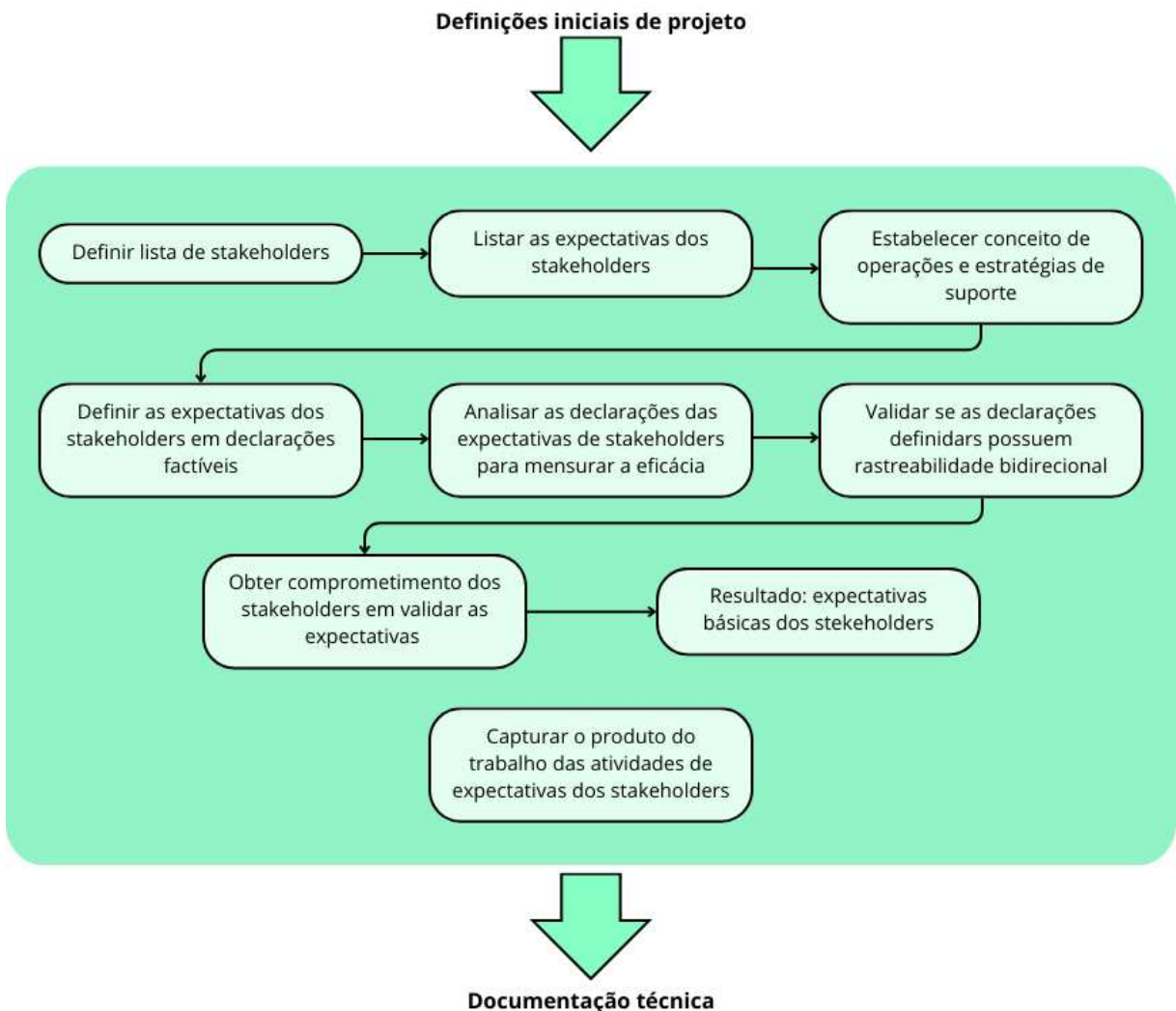
Figura 7 - Abordagem do Design Centrado no Ser Humano pela ECSS



Fonte: Autora (2024).

No Processo de Definição de Expectativas de Stakeholders proposto pela NASA há nove atividades que são essenciais para transformar informações iniciais de projeto, como expectativas dos consumidores e stakeholders, em documentos técnicos de alta relevância, como Definição de Requisitos Técnicos, Processos de Gerenciamento de Requisitos e Interfaces, Processos de Gerenciamento de Configuração, entre outros (EUA, 2007). O fluxograma apresentado pela NASA foi adaptado e está representado pela Figura 8.

Figura 8 - Processo de Definição de Expectativas de Stakeholders da NASA



Fonte: Autora (2024).

Na etapa de classificação de stakeholders, essencial para definir quais devem ser priorizados em momentos decisivos, Mitchell et al. (1997) propôs uma classificação utilizando diagrama de Venn, em que há sete categorias possíveis de enquadramento. A classificação funciona com o entendimento de quais atributos um stakeholder possui, sendo eles:

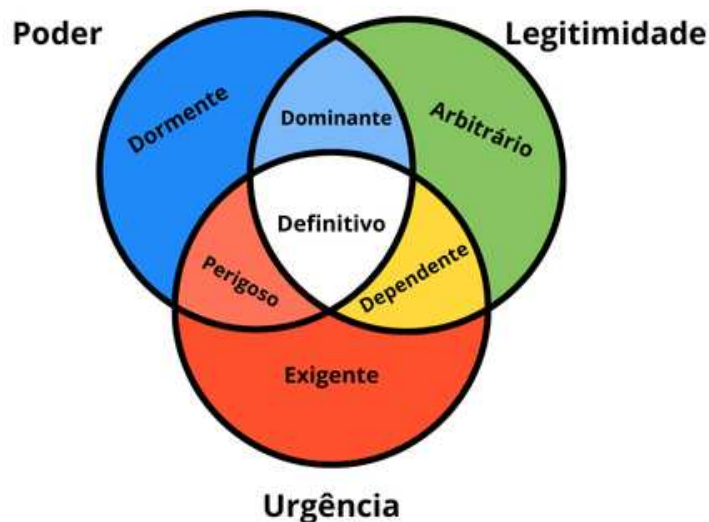
- **Poder:** tem poder aquele que possui meios de impor suas vontades, sejam esses meios, como definido por Etzioni (1964) apud Mitchell et al. (1997), coercivos (meios físicos, podendo ser com violência ou com restrições), utilitário (meios materiais, como dinheiro) ou normativo (também é referido como poder social, exemplo é o sentimento de estima, prestígio por algo);
- **Legitimidade:** é adotado a definição de Suchman (1995) apud Mitchell et al. (1997) que diz que legitimidade consiste em "uma percepção ou suposição

generalizada de que as ações de uma entidade são desejáveis, adequadas ou apropriadas dentro de algum sistema socialmente construído de normas, valores, crenças e definições";

- Urgência: essa classificação é aplicada quando o tempo é considerado uma variável crucial e quando há um senso de urgência e criticalidade, sendo necessário atender esses dois fatores para que atenda ao critério.

Após a associação desses atributos para cada stakeholder, é possível os localizar dentro do diagrama apresentado pela Figura 9, com cada classificação explicada em seguida, de acordo com o proposto por Mitchell et al. (1997).

Figura 9 - Classificação de Stakeholders



Fonte: Autora (2024).

- Dormiente: possui Poder, mas por falta de argumentos de Legitimidade da aplicação ou Urgência pelo serviço, não é um stakeholder que põe em prática seu Poder;
- Arbitrário: possui Legitimidade, mas sem Poder para impor suas vontades ou Urgência em obter resultados, é um stakeholder sem influência considerável;
- Exigente: possui Urgência, mas sem Poder ou Legitimidade, não consegue impor a rapidez por resultados que gostaria;
- Dominante: possui Poder e Legitimidade, conjunto de atributos já suficiente para se destacar;
- Dependente: possui Legitimidade e Urgência, faltando Poder para tornar suas necessidades mais chamativas;

- Perigoso: possui Poder e Urgência, combinação de atributos que torna o stakeholder perigoso, por ter pressa e meios de impor suas vontades;
- Definitivo: possui Poder, Legitimidade e Urgência, sendo um stakeholder extremamente relevante.

3.2. RICH PICTURE

Para capturar todos os stakeholders e representar suas relações entre si, será aplicada a ferramenta de Rich Picture, podendo também ser referida como Figura Rica, sua tradução para o português. Rich Picture consiste em uma técnica visual para representar graficamente situações ou relacionamentos complexos, oferecendo uma melhor visualização do problema e assim proporcionando melhor entendimento das relações presentes no cenário analisado (TOLFO, 2020).

Essa ferramenta por ser aplicada a qualquer área, sendo um método muito utilizado quando a descrição por meio de um texto se torna confusa e complexa em representar a dinâmica completa da situação (STUART BURGE, 2015). Não existe um processo específico na produção de um Rich Picture, sendo seu desenvolvimento baseado em desenhar tudo que for considerado de mais importante para ser analisado, situações, possíveis cenários, e relacioná-los por meio de setas ou outras formas de conexão, minimizando o uso de palavras (STUART BURGE, 2015).

3.3. MATRIZ SWOT

A primeira ferramenta a ser aplicada é conhecida como SWOT, em que cada letra é a inicial de um ponto analisado, sendo eles Strengths, Weaknesses, Opportunities, e Threats, que significam Forças, Fraquezas, Oportunidades e Ameaças, respectivamente em português, muitas vezes sendo também referida como análise FOFA. Concebida por Robert Franklin Stewart na década de 60, enquanto trabalhava na Lockheed Aircraft Corporation, essa ferramenta foi desenvolvida para ser um debate participativo entre membros de equipe, em que cada um escreve seu entendimento sobre cada letra da sigla SWOT, para haver uma discussão e unificação dos itens destacados (PUYT; LIE; WILDEROM, 2023).

Este é um recurso de análise que pode ser aplicado a uma organização, projeto, programa, pessoa ou a qualquer tipo de atividade empresarial (C.R; K.B, 2023). Consiste em dissertar sobre os pontos fortes e fracos de algo, e descrever também possíveis oportunidades e ameaças externas existentes ou que possam ocorrer. O produto dessa ferramenta é um quadro com quatro quadrantes, cada um sendo dedicado para um dos parâmetros, resultando em um resumo claro e direto do que foi discutido (GÜREL; TAT, 2017).

Tomando como exemplo uma organização, é possível compreender que ela existe em duas esferas diferentes, uma sendo interna e outra externa. A fim de entender a viabilidade e possibilidade de sucesso dessa organização, se faz necessário examinar esses dois ambientes para compreender a totalidade do contexto em que a ela está inserida (C.R; K.B, 2023). Seu aspecto interno se refere a Forças e Fraquezas, em que se examinam as atividades internas das quais se têm controle, como sua capacidade de produção, qualidade, marketing e finanças. Já no aspecto externo, Oportunidades e Ameaças são acontecimentos nos quais não se têm controle, como eventos sociais, econômicos, ambientais e políticos, mas é necessário se preparar para aproveitar chances de crescimento ou se proteger de perigos (GÜREL; TAT, 2017).

Para melhor entendimento do objetivo e significado de cada parâmetro do SWOT, será apresentada as definições propostas por C.R e K.B (2023):

- Forças: o que agrega valor, torna-o relevante, é uma característica positiva, favorável. Força é uma propriedade ou habilidade que favorece, traz vantagem ao que está sendo analisado com comparação com concorrentes.
- Fraquezas: o que subtrai valor, é desvantajoso, uma característica negativa. Refere-se à incompetência do que está sendo analisado de realizar. São pontos que devem ser melhorados para que o objeto de estudo se torne mais relevante diante de concorrentes.
- Oportunidades: situações favoráveis, que trazem oportunidades de crescimento e devem ser aproveitadas.
- Ameaças: situações desfavoráveis, que trazem riscos ao bem-estar e funcionamento do objeto de análise. Devem ser evitadas ou mitigadas.

Será usado o modelo apresentado na Figura 10 para exercer a avaliação separada dos sistemas espaciais sugeridos, resultando em três análises SWOT ao final do trabalho. Na imagem estão os quatro quadrantes citados anteriormente, nas

cores verde, vermelho, azul e amarelo, enquanto estão destacados as colunas daqueles que representam elementos positivos (Forças e Oportunidades) e negativos (Fraquezas e Ameaças), e também as linhas daqueles que possuem origens Internas (Forças e Fraquezas) e externas (Oportunidades e Ameaças).

Figura 10 - Análise SWOT

	Elementos Positivos	Elementos Negativos
Origens Internas	Forças	Fraquezas
Origens Externas	Oportunidades	Ameaças

Fonte: Autora (2024).

A análise SWOT é bastante aplicada devido a sua versatilidade, sendo possível aplicá-la em diversos contextos e áreas de negócio (GHALEB, 2024). Oferece uma visão geral do elemento em questão e o cenário no qual está inserido, permitindo um entendimento rápido de pontos positivos e de como os aproveitar no surgimento de oportunidades, e aponta pontos negativos e possíveis ameaças, sendo assim uma ferramenta eficaz para decisões estratégicas e gerenciamento (GÜREL; TAT, 2017). Contudo, há críticas em relação a essa metodologia, por ser um método que pode gerar simplificação excessiva para problemas ou situações complexas, além de não haver um procedimento para elencar os itens em ordem de prioridade (GHALEB, 2024).

3.4. MATRIZ DE PUGH

Para solucionar as limitações do SWOT apontadas, no trabalho de Ghaleb (2024) é sugerido a aplicação de outra ferramenta após a análises iniciais de SWOT, para assim exercer medidas quantitativas. Portanto, a análise de viabilidade contará também com a aplicação da Matriz de Pugh, que consiste em uma matriz que organiza a comparação entre diferentes soluções baseadas em pontuações por meio de critérios de avaliação (CERVONE, 2009).

A Matriz de Pugh é uma ferramenta utilizada para auxiliar decisões, usualmente aplicada quando se pretende reduzir várias alternativas baseando-se na consideração de múltiplos parâmetros (AMERICAN SOCIETY FOR QUALITY, 2024). Esse método é bastante aplicado por ser simples e direto, sem aplicação de fórmulas matemáticas complexas e podendo ser utilizado em qualquer contexto em que se quer tomar uma decisão entre várias propostas (CERVONE, 2009).

A implementação desse recurso pode ser feita através de sete passos, como proposto pelo trabalho de Cervone (2009):

1. Selecionar as opções a serem avaliadas: são as opções no qual se quer determinar qual a melhor como resultado final. Nesse caso, são os quatro sistemas espaciais propostos na seção anterior;
2. Selecionar os critérios para comparação: são as qualidades usadas para avaliar cada uma das opções selecionadas no passo 1. Deve-se ter atenção para não selecionar critérios incorretos, incompletos ou inadequados (STUART BURGE, 2009):
 - a. Incorreto: levam à tomada de decisão errada. Geralmente são selecionados sem qualquer forma de validação de sua real importância para ser considerado. Deve-se manter as expectativas dos stakeholders em mente para selecionar parâmetros que realmente devem ser considerados.
 - b. Incompleto: critérios corretos mas não foram aprofundados de forma suficiente, avaliação não foi feita de forma a considerar todos os aspectos necessários das opções. Pode ocorrer quando partes das expectativas dos stakeholders não foram traduzidas em forma de critérios.

- c. Inadequado: critérios que permitem mais de uma forma de interpretação, gerando entendimentos divergentes do que está sendo avaliado.
3. Desenhar a matriz: a Matriz de Pugh possui um formato bastante comum, sendo a primeira linha alocadas as opções do passo 1, e a primeira coluna os critérios do passo 2;
 4. Definir pesos para os critérios: a distribuição de pesos para cada um dos critérios do passo 2 auxilia a priorizar quais qualidades possuem maior relevância;
 5. Definir uma opção como padrão: serve para se ter uma base de como avaliar as outras opções, geralmente sendo escolhida como padrão a solução atual do problema, que, nesse caso, será o sistema atual de monitoramento da Amazônia.
 6. Gerar a avaliação: é o passo no qual notas são distribuídas para cada opção dependendo do critério. Pode ser feito com símbolos ou números, como será adotado aqui. “0”, será dado para o sistema atual e para as opções que receberem a mesma avaliação que o padrão. “+1” será dado para avaliação melhor, e “+2” para muito melhor. “-1” para avaliação pior, e “-2” para muito pior.
 7. Calcular os resultados:
 - a. Soma de positivos;
 - b. Soma de negativos;
 - c. Subtração da soma de negativos pela soma de positivos;
 - d. Soma de positivos após multiplicação dos pesos;
 - e. Soma de negativos após multiplicação dos pesos;
 - f. Subtração da soma de negativos multiplicada pelos pesos pela soma de positivos multiplicada pelos pesos.

Após a conclusão destes passos, a opção com maior nota é considerada a melhor, ou pelo menos a mais balanceada entre pontos positivos e negativos dentro das soluções propostas.

4. ANÁLISE DO CENÁRIO ATUAL

O seguinte capítulo apresenta os sistemas e métodos atuais que o Brasil utiliza para o sensoriamento remoto por meio de satélites da região da Amazônia Legal Brasileira. Não se restringe a monitoramentos com foco na região, basta ter sua inclusão na detecção de dados.

Existem outros sistemas que realizam o monitoramento da Floresta Amazônica, como o SipamSAR, que usa radares em satélites, um projeto do Centro Gestor e Operacional do Sistema de Proteção da Amazônia (Censipam) (BRASIL, 2024b). Contudo, esse sistema não foi descrito no capítulo por haver poucos dados disponíveis detalhados sobre seu funcionamento, sendo priorizados nesse trabalho os sistemas brasileiros que fossem possíveis acessar maiores informações sobre sua metodologia.

4.1. PRODES

O PRODES, realizado pelo INPE, teve início de suas atividades em 1988, com o objetivo de coletar dados de desmatamento em florestas primárias por corte raso e degradação progressiva na Amazônia Legal Brasileira através de satélites (BRASIL, 2024c). Anualmente são fornecidos relatórios que são utilizados pelo Governo Federal para decisões de políticas públicas contra a progressão do desmatamento, além de serem implementadas em certificações, acordos internacionais e para doações monetárias (BRASIL, 2024d).

São adquiridas imagens entre 1 de agosto até 31 de julho do ano seguinte (BRASIL, 2024c), seguindo o chamado “calendários de desmatamento”, que acompanha os períodos de maior seca e, conseqüentemente, maior desmatamento (AGÊNCIA ANSA, 2022). As estimativas de desmatamento são feitas através da análise de especialistas das imagens obtidas (BRASIL, 2022a) e, implementando a política de transparência de dados, as informações são disponibilizadas de forma livre para avaliações independentes de toda comunidade (BRASIL, 2024d).

Como mencionado no Anexo A, o PRODES utilizou imagens de diversos satélites, principalmente de satélites da classe LANDSAT e Sentinel. Para o mapeamento de 2024, a nota técnica “Estimativa de desmatamento na Amazônia

Legal para 2024 é de 6.288 km² (Brasil, 2024a) apresenta que os satélites utilizados foram o Sentinel-1 (sensor Radar de Abertura Sintética, SAR) e Sentinel-2 (sensor Multispectral Imager, MSI). A família de satélites Sentinel é desenvolvida pela Agência Espacial Europeia (ESA) como parte do programa Copernicus, que tem a missão de observação da Terra (SENTIWIKI, 2024a). Um diferencial desses satélites é que ambos são gêmeos, ou seja, existe o Sentinel-1A e Sentinel-1B, e Sentinel-2A e Sentinel-2B, cada um construído de forma extremamente semelhante ao seu irmão e com a mesma missão, sendo a única diferença a órbita defasada em 180°, o que diminui o tempo de revisita pela metade (SENTIWIKI, 2024b; SENTIWIKI, 2024c). No Quadro 6 (SENTIWIKI, 2024b; SENTIWIKI, 2024c) são apresentados dados descritivos desses satélites.

Quadro 6 - Dados dos Satélites Atualmente Usados pelo PRODES

Satélite	Sensor	Resolução Espacial	Tempo de revisita	Massa	Órbita	Origem
Sentinel-1	SAR	20 m	6 dias	945 kg	693 km (LEO)	Europa
Sentinel-2	MSI	10 m	5 dias	1200 kg	786 km (LEO)	Europa

Fonte: Autora (2024)

Os satélites Sentinel possuem uma resolução bastante alta para captação de imagens, contudo, o PRODES só contabiliza desmatamento de áreas maiores que 6,25 hectares, para assim manter coerência com a forma que as estimativas foram realizadas desde 1988 (BRASIL, 2024e) Essa decisão faz com que existam críticas com os dados apresentados pelo projeto, por essa área ser considerada extensa e ter a possibilidade de comprometer o retrato fiel da situação atual do desmatamento (PIVETTA, 2023). Além disso, a detecção pode ser limitada com a presença de nuvens na região, o que pode resultar em estimativas equivocadas para até 5% da área da ALB (PIVETTA, 2023).

4.2. DETER

O Sistema de Detecção do Desmatamento em Tempo Real (DETER), projeto coordenado pelo INPE, foi originado em 2004 com o objetivo de ser um sistema de

alertas rápidos, quase em tempo real, de desmatamento e degradação da Amazônia Legal Brasileira através de satélites (BRASIL, [s.d.]a). Os avisos gerados são enviados automaticamente para órgãos encarregados de fiscalização, entretanto, são liberados semanalmente na internet para a comunidade interessada, além de divulgar relatórios mensais e anuais seguindo o calendário de desmatamento (PIVETTA, 2023).

São detectados dados de supressão e degradação florestal que ocorrem em áreas mínimas de até 3 hectares, com o uso de imagens captadas pelos satélites CBERS-4, CBERS-4A e Amazonia-1, todos possuindo o sensor Câmera de Campo Largo (WFI), que são disponibilizadas na internet e avaliadas por fotointérpretes (BRASIL, 2022a). A resolução do CBERS-4 e Amazonia-1 é a mesma, de 64 m, sendo a resolução do CBERS-4A mais refinada, de 55 m, devido a sua menor altitude (BRASIL, 2024f). O Quadro 7 mostra maiores informações sobre os satélites (BRASIL, [s.d.]b; BRASIL, [s.d.]c; BRASIL, 2021a).

Os satélites CBERS são frutos de uma parceria entre o Brasil e a China, acordada em 1988, em desenvolver dois satélites para sensoriamento remoto, o CBERS-1 e 2, com a intenção de diminuir suas dependência de dados de satélites estrangeiros (BRASIL, 2024g). O programa de cooperação e seus resultados foram considerados um sucesso, fazendo com que o acordo fosse prolongado e gerando o desenvolvimento do CBERS-2B, 3, 4 e 04A, sendo o último lançado em 2019 (BRASIL, 2024g).

O Amazonia-1 é um marco para a ciência brasileira, sendo o “primeiro satélite de Observação da Terra completamente projetado, integrado, testado e operado pelo Brasil” (BRASIL, 2024h). Lançado em 2021, tem como missão fornecer dados sobre desflorestamento, monitoramento da costa oceânica, e no auxílio no manejo de desastres naturais, proporcionando imagens de todo o território brasileiro no período de 5 dias (BRASIL, 2021a).

Quadro 7 - Dados dos Satélites Atualmente Usados pelo DETER

Satélite	Sensor	Resolução Espacial	Tempo de revisita	Massa	Órbita	Origem
CBERS-4	WFI	64 m	5 dias	2080 kg	778 km (LEO)	Brasil/ China
CBERS-4A	WFI	55 m	5 dias	1730 kg	628,6 km	Brasil/

					(LEO)	China
Amazonia-1	WFI	64 m	5 dias	640 kg	750 km (LEO)	Brasil

Fonte: Autora (2024)

Como citado anteriormente, há diferenças na periodicidade dos dados passados para órgãos fiscalizadores e para o público, mas existe também variação dos dados passados. Para as entidades os detalhes transmitidos chegam ao limite possível de resolução espacial, tendo informações mais refinadas, enquanto a população pode ter acesso a informações com área mínima de 6,25 hectares (BRASIL, [s.d.]a). Além disso, permanecem dificuldades apresentadas pelo PRODES, como restrições causadas por nuvens e falta de sensibilidade de outros tipos de desmatamento (PIVETTA, 2023).

4.3. SAD

O Instituto do Homem e Meio Ambiente da Amazônia (Imazon) lançou, em 2008, um sistema paralelo aos do PRODES e DETER de monitoramento por satélites da Amazônia Legal, o chamado Sistema de Alerta de Desmatamento (SAD) (IMAZON, 2021). De acordo com Calor Souza Jr, pesquisador associado do Imazon, a importância da existência de um sistema alternativo garante “segurança e autonomia para a sociedade civil caso venha a ocorrer alguma falha ou descontinuidade nessas iniciativas do INPE” (PIVETTA, 2023).

O SAD disponibiliza relatórios mensais públicos para a comunidade sobre degradação e desmatamento florestal para áreas mínimas de 1 hectare, com imagens processadas de forma automática, com o uso da plataforma Google Earth Engine (EE) (IMAZON, 2013), mas depois validadas por funcionários (IMAZON, 2021). Atualmente, faz uso de seis satélites, os Landsat 8 e 9, Sentinel 1A, 1B, 2A e 2B (com maiores informações apresentadas no Quadro 6), quantidade que permite revisita em um intervalo de cinco a oito dias (PIVETTA, 2023). O Quadro 8 (EUA, [s.d.]b; (EUA, [s.d.]c) mostra dados apenas dos satélites Landsat, podendo serem verificadas informações sobre os satélites Sentinel no Quadro 6.

Os satélites da série Landsat, desenvolvidos nos Estados Unidos da América pela National Aeronautics and Space Administration (NASA) e pela U.S. Geological

Survey (USGS), tiveram seu primeiro lançamento em 1972, com o Landsat-1 (EMBRAPA, [s.d.]). A série continua, com o Landsat-8 e 9 ainda em operação, ambos portando o sensor Operational Land Imager (OLI), porém com o Landsat-9 carregando o chamado OLI-2, que possui a mesma função que seu antecessor, apenas com algumas melhorias de performance (BRASIL, 2023d).

Quadro 8 - Dados dos Satélites Atualmente Usados pelo SAD

Satélite	Sensor	Resolução Espacial	Tempo de revisita	Massa	Órbita	Origem
Landsat-8	OLI	30 m	16 dias	2071 kg	705 km (LEO)	EUA
Landsat-9	OLI-2	10 m	16 dias	2623 kg	786 km (LEO)	EUA

Fonte: Autora (2024)

Como outros sistemas, o SAD encontra dificuldades pelos bloqueios de imagens causadas por nuvens, problema que se tenta contornar com o uso dos radares presentes no payload dos satélites Sentinel 1 (IMAZON, 2021), o sensor SAR (SENTIWIKI, 2024d). Ainda, o SAD apenas detecta alterações em florestas primárias, não avaliando degradações ou desmatamento em florestas secundárias (IMAZON, 2021). O sistema implementado pela Imazon mostra convergência de dados entre 70% a 80% ao apresentado pelo Prodes, diferença que pode ser atribuída à diferença de metodologia de avaliação implementada (PIVETTA, 2023).

4.4. MAPBIOMAS E MAPBIOMAS ALERTA

O MapBiomass consiste em uma rede colaborativa formada por Organizações Não Governamentais (ONGs), universidades, laboratórios e start-ups que teve início em 2015, com o objetivo de mapear a cobertura do território brasileiro com dados desde 1985 até a atualidade, liberando relatórios anuais, e monitoramento mensal sobre a superfície da água e efeitos de queimadas (MAPBIOMAS, 2024). Para a detecção de alterações, são usados dados coletados de satélites Landsat, utilizando atualmente o Landsat 8 e 9, e gerando processamento automático de informações aplicando o Google Earth Engine (SOUZA JÚNIOR., [s.d.]). Os dados dos satélites Landsats estão apresentados no Quadro 8.

Em janeiro de 2019, a rede MapBiomias lançou o projeto paralelo chamado MapBiomias Alerta, “um sistema de validação e refinamento de alertas de desmatamento com imagens de satélite de alta resolução.” (MAPBIOMAS ALERTA, 2024a). Esse sistema funciona através da compilação de dados obtidos por outros sistemas de monitoramento, como PRODES, DETER e SAD e, ao confirmar de forma automatizada que uma nova alteração surgiu, é feita a validação por meio de profissionais usando imagens extremamente refinadas da constelação PlanetScope (MAPBIOMAS ALERTA, 2024b). Após finalização do processo de validação e auditoria, há a publicação semanal das mudanças detectadas (MAPBIOMAS ALERTA, 2024b).

A constelação PlanetScope, pertencente à empresa privada Planet Labs PBC, consiste em um conjunto de centenas de cubesats operando continuamente permitindo a obtenção de imagens quase que em tempo real de grande parte do planeta (PLANET LABS PBC, 2024). Além das vantagens de inúmeros satélites já em órbita para o imageamento, a Planet Labs adota o aperfeiçoamento de sua constelação através do lançamento anual de novos Doves com tecnologia aprimorada (PLANET LABS PBC, 2024). Os dados dos satélites dessa constelação são apresentados no Quadro 9 (PLANET LABS PBC, 2024).

Quadro 9 - Dados dos Satélites Atualmente Usados pelo MapBiomias Alerta

Satélite	Sensor	Resolução Espacial	Tempo de revisita	Massa	Órbita	Origem
Constelação Planet	Não informado	3,7 m	Diário	3U	475 km - 525 km (LEO)	EUA

Fonte: Autora (2024)

As informações captadas são bastante abrangentes, podendo incluir alterações em vegetações secundárias, diferentes dos outros projetos citados até então. Contudo, o MapBiomias Alerta não faz distinção se alguma mudança na vegetação ocorreu de forma legal ou ilegal, sendo a análise do teor da ocorrência responsabilidade atribuída aos órgão competentes que utilizarem os dados disponibilizados (MAPBIOMAS ALERTA, 2024a). Com isso, o coordenador técnico do MapBiomias, Marcos Rosa, diz:

“Apesar do nome, o MapBiomas Alerta não é um sistema que fornece avisos sobre desmatamentos que estão em curso [...] Ele confirma em imagens em alta resolução que houve desmatamento em uma área e cruza essas informações com dados públicos para qualificar esse desflorestamento e produzir um laudo.” (PIVETTA, 2023).

Nesse sistema ainda há limitações causadas pela presença de nuvens (MAPBIOMAS ALERTA, 2024b), e, além disso, por utilizar de dados derivados de outros sensoriamentos remotos, o MapBiomas Alerta pode replicar falhas, deixando de detectar alterações também despercebidas por outros sistemas. E ainda, mesmo com publicações semanais, é possível não haver precisão no apontamento de determinadas modificações devido ao período em que outros sistemas emitem seus dados e ao tempo de validação humana das imagens (MAPBIOMAS ALERTA, 2024b).

4.5. AS IS

AS IS é a situação atual dos processos de uma organização, sua realidade com lados positivos e negativos, sendo comumente definida como uma fotografia do processo que se quer analisar (KYMBERLI DE SOUZA, [s.d.]). A importância dessa coletânea de dados é que, com ela, é possível compreender por completo como determinada empresa conduz seus processos, permitindo destacar pontos positivos, negativos e perceber onde é desejável aplicar melhorias (DHEKA, 2024). Essa análise será aplicada com o objetivo de representar a situação atual dos métodos utilizados no Brasil para monitoramento do desmatamento da Amazônia, buscando capturar a visão de uma empresa privada que queira utilizar os dados.

O PRODES se mostra uma fonte insatisfatória para uma empresa que queira utilizar dados de desmatamento na Amazônia com grande frequência e acurácia, pois os relatórios desse projeto são disponibilizados de forma anual e as informações são desenvolvidas com base em áreas de 6,25 hectares. O DETER se mostra mais adequado em relação a frequência com que os dados são publicados, com os avisos de novas áreas desmatadas liberados para a comunidade semanalmente e com relatórios próprios disponíveis de forma mensal e anual. Contudo, os dados públicos também possuem área mínima de 6,25 hectares, podendo ser uma área excessivamente grande para os interesses da empresa.

O SAD e MapBiomias Alerta publicam seus relatórios de forma mensal, o que pode ser um período de espera longo para a empresa. Contudo, ambos os sistemas são mais vantajosos em relação à área que seus dados compreendem, sendo o SAD de 1 hectare, e o MapBiomias Alerta é o sistema com a melhor resolução possível, contudo só analisa de forma mais minuciosa dados obtidos pelos outros sistemas de monitoramento, gerando incerteza no seu desempenho.

O Quadro 10 apresenta um resumo do que foi analisado em cada sistema do método atual de monitoramento. Conclui-se que os sistemas de monitoramento atuais talvez não sejam satisfatórios para o uso de uma empresa privada, devido à longos períodos de espera para liberação de análises, áreas extensas para realização de estimativas, e possíveis replicação de erros no monitoramento. Dessa forma, será dado prosseguimento na análise de viabilidade de desenvolvimento de um novo sistema de monitoramento do desmatamento da Amazônia que possa suprir algumas das limitações citadas e adicionar ao cenário atual de monitoramento da Amazônia um sistema independente de imageamento por satélite.

Quadro 10 - AS IS

PRODES	Relatórios anuais
	Área mínima de 6,25 hectares
	Analisa apenas florestas primárias
DETER	Relatórios semanais
	Área mínima de 6,25 hectares
	Analisa apenas florestas primárias
SAD	Relatórios mensais
	Área mínima de 1 hectare
	Analisa apenas florestas primárias
MapBiomias Alerta	Relatórios anuais e monitoramento mensal
	Áreas não detectadas por outros monitoramentos serem replicadas

Fonte: Autora (2024).

5. ANÁLISE DE STAKEHOLDERS

Para iniciar a proposta de um novo sistema de sensoriamento remoto na Amazônia por meio de um sistema espacial, faz-se necessário estabelecer quais objetivos irão guiar o projeto e qual o problema a ser solucionado (PRELL; HUBACEK; REED, 2009). Com isso, serão definidos quais são os stakeholders considerados, para então desenvolver sua análise. Essa etapa, essencial em gestão de projetos e Engenharia de Sistemas, define a base fundamental na qual o trabalho será projetado, com o entendimento das intenções do uso do produto (sistema espacial) e do interesse em seu desenvolvimento (EUA, 2007). Desse modo, haverá maior compreensão do contexto do projeto e decisões terão uma forte fundamentação (WANG; GE; LU, 2012).

O cenário do projeto consiste em uma empresa privada contratando um laboratório de uma instituição de ensino e pesquisa para desenvolver uma missão espacial de imageamento da Amazônia. O objetivo principal dessa missão é obter dados para identificação da progressão do desmatamento florestal de forma igual ou melhor que a utilizada atualmente pelos sistemas existentes no Brasil. O cliente, a empresa contratante, pode usar os dados obtidos para fins próprios ou para distribuição, sendo o tratamento desses dados fora do escopo deste trabalho.

A seguinte seção mostra a classificação dos stakeholders identificados para o projeto de acordo com o proposto pelo trabalho de Mitchell et al. (1997), que propõe uma metodologia que incentiva o entendimento de determinadas características para a priorização de cada stakeholder.

5.1. APLICAÇÃO

5.1.1. UFSC

O LARS, Laboratory of Applications and Research in Space (Laboratório de Aplicações e Pesquisas no Espaço, traduzido para o português), tem por objetivo capacitar alunos no desenvolvimento de pesquisas e em diferentes aplicações da ciência espacial, gerando parcerias com a indústria, para assim promover o desenvolvimento do setor espacial brasileiro e treinar recursos humanos. O

laboratório, criado em 2022, faz parte do Departamento de Engenharia da Mobilidade da Universidade Federal de Santa Catarina, dessa forma, a própria UFSC será avaliada como stakeholder.

A UFSC tem a intenção de ser um centro de excelência e ser parte da formação de uma sociedade mais democrática, justa e com qualidade de vida através de diversos valores, sendo um deles a Acadêmica e de Qualidade, que trata da busca da UFSC em ser um instituto de excelência acadêmica “em todas as suas áreas de atuação, especialmente no ensino, na pesquisa e na extensão.” (UFSC, 2024a). A referência a ensino, pesquisa e extensão vem do compromisso da UFSC, como universidade, em seguir o Art. 207 da Constituição da República Federativa do Brasil de 1988, que diz que “as universidades gozam de autonomia didático-científica, administrativa e de gestão financeira e patrimonial, e obedecerão ao princípio de indissociabilidade entre ensino, pesquisa e extensão” (BRASIL, 2016)

O princípio de indissociabilidade entre ensino, pesquisa e extensão trata da interdependência entre esses três pilares, e o não cumprimento de um afeta diretamente nos demais. O ensino consiste na transferência de conhecimento, o aprendizado que alunos experienciam em aulas, monitorias e outras atividades. A pesquisa é a “investigação com a finalidade de adquirir conhecimento e/ou realizar uma descoberta com a finalidade de solucionar um problema” (UFSC, 2024b). A extensão é o momento de relação entre a universidade e a sociedade, transformando o que foi obtido dentro da instituição para algo aplicável à comunidade (REDAÇÃO BLOG DO EAD, 2024).

Assim, por ser contratada para desenvolver a missão de imageamento, a UFSC é claramente um stakeholder, mas também é possível identificar os seguintes atributos:

- Poder: o poder detido pela UFSC, mais especificamente o LARS, é que seus integrantes são detentores do conhecimento para o desenvolvimento do projeto, é através de seu time que será possível viabilizar a missão.
- Legitimidade: as universidades são institutos que fomentam o poder intelectual do país, sendo o local onde se gera maior quantidade de pesquisas e preparam os profissionais do futuro. Com o projeto, os alunos irão obter maior experiência para entrarem no mercado, o que irá auxiliar no desenvolvimento do setor espacial do Brasil.

- Urgência: a permanência da maioria dos integrantes do LARS é temporária, por ser composta por alunos da UFSC que encerram sua participação no laboratório ao concluir seus respectivos cursos de graduação, mestrado, doutorado, ou até mesmo antes. Além disso, por ser contratada por uma empresa privada, espera-se que o LARS cumpra com um cronograma estabelecido junto com o cliente, que tem interesse em ter seu produto final de forma célere.

Com isso, a UFSC pode ser classificada como um Stakeholder Definitivo, exercendo o papel de desenvolvedora do sistema espacial que irá cumprir com a missão de monitoramento.

5.1.2. Empresa Contratante

A empresa contratante tem como objetivo receber o dados de imageamento da Amazônia, para assim conseguir dados que permitam o monitoramento do avanço de ações de desmatamento florestal ocorridas na região, podendo ser usados para aplicações próprias ou para vendas destinadas à clientes. O interesse em entrar no setor espacial pode ser explicado com o movimento chamado de New Space, que é caracterizado pela grande participação de iniciativas privadas no setor, com dados mais acessíveis, rápidos e econômicos (SENAI, [s.d.]).

O setor espacial era dominado pela presença do Estado, como foi possível observar desde a Guerra Fria, em que a corrida espacial estava travada entre os Estados Unidos da América e a União Soviética. Atualmente o Estado ainda participa do setor espacial de forma bastante presente, mas através de incentivos fiscais para empresas privadas, como é abordado no trabalho de Matos (2022). Com maior quantidade de envolvidos na área, a competitividade acompanha a busca de iniciativas mais lucrativas, como miniaturização de satélites e componentes usados como cargas úteis, para redução de volume de instalação e de peso, implementação de inteligência artificial, padronização de componentes, entre outros.

Como qualquer iniciativa privada, a busca por lucro é o objetivo principal. De acordo com o Relatório sobre o Estado da Indústria de Satélites de 2024, anualmente gerado pelo Satellite Industry Association (SIA), a Economia Global Espacial gerou cerca de 400 bilhões de dólares em 2023, 2% a mais que no ano anterior (JOAQUIM CASSICATO, 2024), com a indústria relacionada à satélites

responsável por 285 bilhões, cerca de 71% do valor total. Dentre os de serviços satelitais, que compreende, por exemplo, o sensoriamento remoto, foram movimentados 110.2 bilhões de dólares, representando aproximadamente 39% da Indústria de Satélites, à qual o relatório atribui a novas grandes constelações de pequenos satélites e novas opções comerciais de serviços de sensoriamento remoto (SATELLITE INDUSTRY ASSOCIATION, 2024).

Desse modo, com a crescente onda de interesse de entidades privadas em entrar na indústria espacial, por se mostrar uma tendência global e com grande retorno financeiro, é possível listar os atributos que a Empresa Contratante possui no projeto:

- Poder: é a contratante do serviço de desenvolvimento, sendo seu interesse a motivação para a origem do projeto. Seus desejos e necessidades guiam o desenvolvimento, além de ser o principal ator com poder utilitário, por iniciar o financiamento da missão;
- Legitimidade: a concorrência e inovação geram crescimento econômico, sendo assim de interesse ao mercado mais uma iniciativa privada surgindo. Além disso, a empresa contratante iria auxiliar no desenvolvimento do setor espacial brasileiro com um novo empreendimento e gerando treinamento de recursos humanos.
- Urgência: o tempo é um fator essencial pois, quanto maior o tempo de desenvolvimento, maior o dinheiro investido sem retorno financeiro, sendo então ideal completar o projeto de forma mais rápida possível.

Com isso, é possível definir a Empresa Contratante como Stakeholder Definitivo, sendo ela o cliente da UFSC e responsável por determinar questões essenciais no projeto, pois são suas necessidades que irão ser transformadas em requisitos a serem cumpridos.

5.1.3. Governo Federal

O Governo Federal pode ser analisado por duas frentes: seu dever com a preservação do meio ambiente e objetivos de desenvolvimento do setor espacial brasileiro. Pela primeira frente, pode-se abordar a Constituição da República Federativa do Brasil de 1988, capítulo VI, que trata Do Meio Ambiente, que apresenta o seguinte:

“Art. 225. Todos têm direito ao meio ambiente ecologicamente equilibrado, bem de uso comum do povo e essencial à sadia qualidade de vida, impondo-se ao Poder Público e à coletividade o dever de defendê-lo e preservá-lo para as presentes e futuras gerações.” (BRASIL, 1988).

Com isso, fica claro o dever do Governo Federal, como parte do Poder Público, em tomar medidas necessárias para a preservação da Amazônia Legal Brasileira, de modo a garantir o cumprimento do Art. 225. Como forma de ação, o Governo Federal anunciou, em 05 de julho de 2023, o lançamento da 5ª fase do Plano de Ação para Prevenção e Controle do Desmatamento na Amazônia Legal (PPCDAm), que será aplicado entre os anos de 2023 até 2027 (BRASIL, 2023f). Esse documento consiste em um plano, dividido em quatro principais eixos, cada um possuindo diferentes resultados esperados, metas, indicadores, prazos, atores-chave e possíveis parceiros, com o objetivo de preservar a Amazônia Legal e alcançar a meta de desmatamento zero até o ano de 2030.

Os quatro principais eixos no qual o PPCDAm impõe são: I - Atividades Produtivas Sustentáveis; II - Monitoramento e Controle Ambiental; III - Ordenamento Fundiário e Territorial, e; IV - Instrumentos Normativos e Econômicos. O segundo eixo, Monitoramento e Controle Ambiental, possui cinco objetivos próprios, sendo um deles “Aprimorar a capacidade de monitoramento do desmatamento, incêndios, degradação e cadeias produtivas” (BRASIL, 2023e). Esse aprimoramento de capacidade de monitoramento pode ser implementado através de sistemas espaciais, sendo então necessário falar sobre a Agência Espacial Brasileira (AEB).

A Agência Espacial Brasileira foi criada pela Lei nº 8.854, de 10 de fevereiro de 1994, como uma autarquia federal de natureza civil responsável pelo desenvolvimento de atividades espaciais brasileiras (BRASIL, 2024i). No Decreto nº 11.192, de 8 de setembro de 2022, Anexo 1, Capítulo 1, são descritas quatorze competências pelas quais a AEB deve seguir (BRASIL, 2024j), sendo apresentadas pelo Quadro 11 sete que são diretamente ligadas aos interesses da UFSC e da Empresa Contratante, por citarem as universidades, pesquisa científicas, iniciativas privadas e funções regulamentadoras que a AEB desempenha.

Quadro 11 - Competências da Agência Espacial Brasileira

Inc. III	Elaborar e atualizar os Programas Nacionais de Atividades Espaciais - PNAE e as respectivas propostas orçamentárias.
----------	--

Inc. VII	Incentivar a participação de universidades e outras instituições de ensino, pesquisa e desenvolvimento nas atividades de interesse da área espacial.
Inc. VIII	Estimular a participação da iniciativa privada nas atividades espaciais.
Inc. IX	Estimular a pesquisa científica e o desenvolvimento tecnológico nas atividades de interesse da área espacial.
Inc. XII	Identificar as possibilidades comerciais de utilização das tecnologias e aplicações espaciais, com vistas a estimular iniciativas empresariais na prestação de serviços e produção de bens.
Inc. XII	Estabelecer normas e expedir licenças e autorizações relativas às atividades espaciais.
Inc. XIV	Aplicar as normas de qualidade e produtividade nas atividades espaciais.

Fonte: Autora (2024).

O PNAE, citado nas competências da AEB no Inc. III, trata-se de um documento que reúne o planejamento estratégico para o setor espacial brasileiro para determinada década. Em 29 de dezembro de 2021, a AEB aprovou o PNAE para o período de 2022 a 2031 através da portaria AEB nº 756, em que é apresentado estratégias para alcançar a visão de futuro de se tornar o país de referência da América do Sul no setor espacial (BRASIL, 2021b). São estabelecidos sete Objetivos Estratégicos de Espaço (OEE), que, de acordo com o PNAE:

“[...] buscam direcionar o Setor Espacial Brasileiro para que habilite o País a atender às seguintes agendas: elevação da presença do Programa Espacial Brasileiro no conjunto de prioridades do Estado; fomento ao empreendedorismo e à competitividade do setor produtivo nacional; desenvolvimento científico e tecnológico que se oriente por necessidades do País em relação a bens e a serviços espaciais; e busca contínua pela soberania e pela elevação da autonomia do Brasil no que se refere às atividades espaciais.” (BRASIL, 2021b).

Os OEEs são apresentados no Quadro 12, e dentro de cada OEE, constam os Eixos de Atuação, atividades mais específicas “aos quais ações do Setor Espacial Brasileiro devem se circunscrever ao longo do período de vigência do PNAE” (BRASIL, 2021b)

Quadro 12 - Objetivos Estratégicos do Espaço do PNAE 2022-2031

OEE.1	Estabelecer, desenvolver e manter um Programa Espacial Brasileiro de Estado, com garantia de recursos de curto, médio e longo prazos.
OEE.2	Promover o atendimento efetivo às necessidades da sociedade e do Estado em geral.
OEE.3	Desenvolver a indústria nacional de maneira a consolidá-la competitivamente nos mercados de bens e de serviços espaciais e a gerar benefícios socioeconômicos ao País.
OEE.4	Estimular negócios e empreendedorismo no setor privado nacional para o desenvolvimento e para a utilização de bens e de serviços espaciais.
OEE.5	Fomentar o desenvolvimento de competências científica, tecnológica e de inovação para o setor espacial.
OEE.6	Garantir a não dependência no desenvolvimento e no controle dos sistemas espaciais nacionais.
OEE.7	Consolidar de forma ativa, em todos os setores da sociedade, o entendimento sobre os benefícios diretos e indiretos, existentes e potenciais, do setor espacial para o Brasil.

Fonte: Autora (2024)

Com isso, é possível afirmar que o Governo Federal, junto com a AEB, possuem os seguintes atributos:

- Poder: o Governo Federal possui poder coercitivo (presidente é a autoridade máxima das Forças Armadas), utilitário (editais de fomento, garantindo financiamento para projetos) e normativo (sendo o governo escolhido pela sociedade através do voto democrático);
- Legitimidade: o Governo possui legitimidade por ter interesse no projeto devido sua vertente de preservação ambiental, justificada pela necessidade de cumprimento com o Art. 207 da Constituição de 1988, e também pelos objetivos expostos no PNAE de desenvolver o setor espacial brasileiro, sempre em busca de cumprir com interesses da sociedade;
- Urgência: o PNAE é um documento com planejamento estratégico para a década, sendo o plano atual em ação até 2031, portanto, o tempo é uma variável a ser considerada pelo Governo Federal.

Com isso, o Governo Federal é tido como Stakeholder Definitivo, pois pretende-se conseguir, através de editais de fomento, seu apoio financeiro para o desenvolvimento da missão de monitoramento do desmatamento da Amazônia, pois o projeto proposto pela Empresa Contratante se mostra extremamente alinhado com

os interesses do Governo nas duas frentes analisadas. Por isso, seus interesses também devem ser priorizados no projeto, para assim aumentar as chances de se obter financiamento governamental.

5.1.4. INPE

O Grupo de Organização da Comissão Nacional de Atividades Espaciais (GOCNAE) foi criado em 1961, passando por diversas mudanças de nomenclatura para então, em 1990, passar a se chamar Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, o INPE (BRASIL, 2023g). O INPE possui várias frentes de pesquisa e desenvolvimento que beneficiam grandemente a população brasileira e internacional, com avanços de estudos na geofísica, magnetismo, clima espacial, monitoramento e sensoriamento remoto através de satélites, entre outras (BRASIL, 2021c). Tudo isso entra em acordo com a sua Missão (BRASIL, 2022b):

“Produzir ciência e tecnologia, operar sistemas, formar pessoas e oferecer produtos e serviços singulares e soluções inovadoras nas áreas do espaço exterior e do sistema terrestre, para o avanço e a difusão do conhecimento e o desenvolvimento sustentável, em benefício do Brasil e do mundo” (BRASIL, 2022b).

Para melhor entendimento das atividades realizadas pelo INPE que a relaciona com o projeto desenvolvido, o Quadro 13 apresenta algumas das competências que sua diretoria possui (BRASIL, 2022c). A competência 2 apresenta o compromisso do INPE com as diretrizes do PNAE. As competências 3 e 7 podem ser relacionadas com o interesse da UFSC, como entidade nacional, e com a Empresa Contratante, como integrante da indústria brasileira. Por último, a competência 10 demonstra a função de análise técnica que o INPE pode realizar, sendo esse o papel requisitado pela missão.

Quadro 13 - Competências da Diretoria do INPE

2.	Executar projetos de pesquisa e desenvolvimento conforme as diretrizes do Programa Nacional de Atividades Espaciais e dos programas do Plano Plurianual do Governo Federal referentes às suas áreas de competência.
3.	Realizar atividades de cooperação técnico-científica com entidades nacionais, estrangeiras

	e internacionais, dentro de suas áreas de competência.
7.	Capacitar e qualificar a indústria brasileira, no fornecimento de tecnologias para a atividade espacial e áreas correlatas.
10.	Emitir pareceres e laudos técnicos relativos aos assuntos de sua competência, quando solicitado.

Fonte: Autora (2024)

O INPE possui laboratórios e instalações que devem ser consideradas para sua avaliação como stakeholder, sendo elas o Laboratório de Integração e Testes (LIT) e a Estação Multi-Missão de Natal (EMMN). O Laboratório de Integração e Testes realiza ensaios de performance de equipamentos submetidos a vácuo, altas e baixas temperaturas, vibrações, compatibilidade magnética e outras atividades para assegurar, no contexto de satélites, sua capacidade de seguir normas para operações espaciais e testar capacidade de sobrevivência no espaço (BRASIL, [s.d.]d). Pode ser vista como uma prestadora de serviços que realiza testes para certificar o satélite, sendo esse o propósito apresentado pela décima competência do Quadro 12.

A Estação Multi-Missão de Natal exerce as funções de Telemetria, Rastreamento e Comando de forma abrangente, por ser planejada para atender diversos tipos de missão, operando em diferentes faixas de frequência e protocolos de comunicação (Hilário Castro et al., 2023), sendo possível rastrear, controlar, receber e transmitir dados de forma completa para satélites selecionados. Contudo, sistemas espaciais que querem utilizar as ações executadas dessas instalações devem seguir uma série de normas e protocolos, em sua operação e em suas cargas úteis, para que haja compatibilidade para obtenção de dados e controle.

Dessa forma, o INPE apresenta os seguintes atributos:

- Poder: de forma coercitiva, por restrições impostas para testes ou uso de seus serviços, o sistema espacial deve se adequar às suas restrições. Há também uso de poder normativo, pelo INPE ser referência nacional e internacional em pesquisas espaciais.
- Legitimidade: a Missão do INPE apresenta propósitos desejáveis para que ocorra o desenvolvimento do setor espacial brasileiro, como é colocado como meta pelo PNAE, sendo suas atividades desempenhadas e instalações são indispensáveis para alcançar essa meta.

Portanto, o INPE é considerado um Stakeholder Dominante, uma posição de destaque pois é um instituto com extrema maturidade no desenvolvimento de sistemas espaciais, o que será necessário para obter a certificação que permite avançar para a etapa de lançamento, e seu sistema solo (EMMN) que irá possibilitar a coleta e transmissão de dados, concluindo assim o ciclo necessário para se ter uma missão de sucesso.

5.1.5. Clientes

Os dados obtidos através da missão de imageamento da Amazônia podem ser de interesse de diversos setores da sociedade, como para políticas públicas de preservação ambiental, dados científicos de condições atuais do bioma, para estudo de concessão legal de terras para de exploração madeireira e agropecuária, monitoramento de limites de terras concedidas e rastreamento de atividades ilegais.

Os Clientes expostos são clientes atendidos diretamente pela Empresa Contratante, e não pelo LARS. Assim, Clientes não possuem poder para impor suas vontades para o LARS, caracterizando-se por possuir o seguinte atributo:

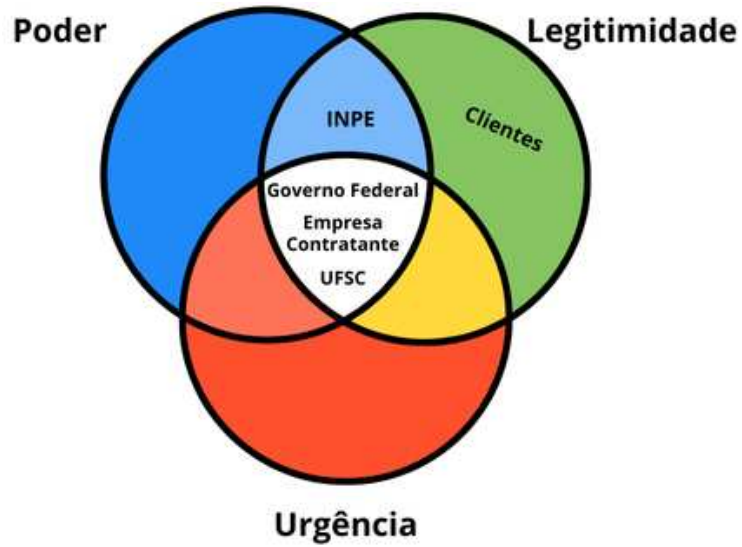
- Legitimidade: os dados podem ser aplicados de forma a contribuir positivamente com os interesses dos Clientes, podendo também ser aplicados de forma que beneficiem diretamente a sociedade e a preservação da Amazônia.

Assim, os Clientes são considerados Stakeholders Arbitrários, pois não possuem relação direta com a UFSC. Suas necessidades são apresentadas de forma indireta através das necessidades da Empresa Contratante.

5.2. RESULTADO DAS CLASSIFICAÇÕES

A Figura 11 mostra como a Análise de Stakeholders realizada para a missão de imageamento da Amazônia fica comportada no diagrama proposto por Mitchell et al. (1997).

Figura 11 - Diagrama com Análise de Stakeholders

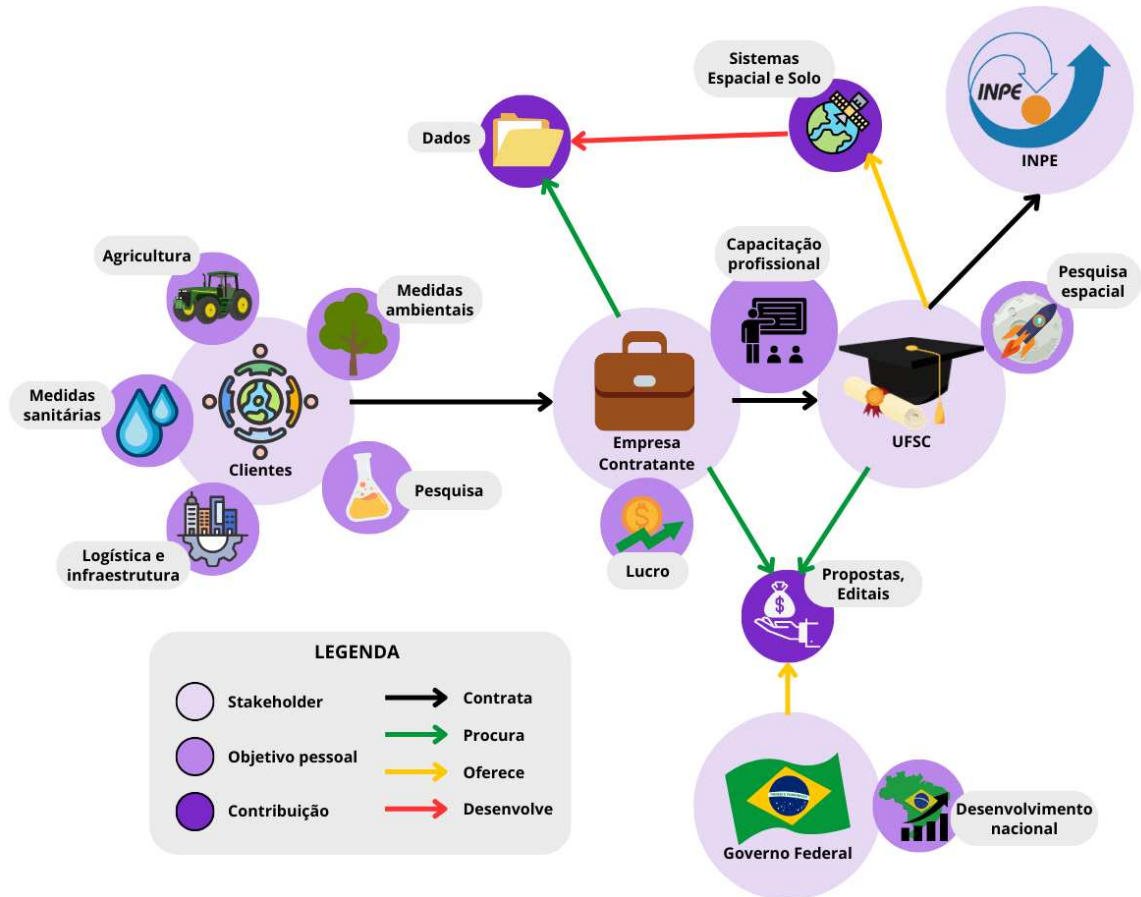


Fonte: Autora (2024).

5.3. RICH PICTURE

A Figura 12 mostra as relações existentes entre os stakeholders, apresentadas por diferentes cores de setas, e suas contribuições e objetivos pessoais, representadas por círculos.

Figura 12 - Rich Picture



Fonte: Adaptada de Donati et al. (2024).

A UFSC tem como objetivo pessoal o desenvolvimento de pesquisas espaciais e capacitação profissional para seus alunos. A Empresa Contratante busca lucro com a missão, e também incentivar a capacitação profissional, pois precisa de funcionários para desenvolver e manter o seu sistema espacial. O Governo Federal tem como interesse o desenvolvimento nacional, com crescimento e autonomia do seu setor espacial. Os Clientes da Empresa Contratante podem possuir diversos objetivos próprios, como a aplicação dos dados coletados para a medidas sanitárias, agricultura, medidas ambientais, pesquisa, logística e infraestrutura.

A Empresa Contratante contrata a UFSC para desenvolvimento do projeto, e os Clientes contratam a Empresa Contratante para obter as informações de imageamento. A UFSC contrata os serviços do INPE, como o LIT e EMMN, que testam e possibilitam a obtenção de dados durante a operação do sistema no espaço, respectivamente. A UFSC oferece Sistema Espacial e Solo para a operação

da missão, desenvolvendo assim dados no qual a Empresa Contratante procura. O Governo Federal oferece, para atingir seus objetivos de desenvolvimento nacional, propostas de projetos ou editais de fomentação, algo que tanto a Empresa Contratante e a UFSC buscam para auxiliar no financiamento da missão.

6. METAS E OBJETIVOS

Metas e objetivos são necessários para que, com o avançar do projeto, essas informações sejam base para a formação de requisitos para o desenvolvimento do sistema escolhido. Motley (1999) defende em seu trabalho que um conjunto de requisitos deve ser consistente e cumprir com as metas e objetivos dos stakeholders envolvidos. Metas são definidas como resultados alcançáveis mas amplamente descritos, enquanto objetivos são resultados mais específicos (ASANA, 2024), sendo metas compostas por objetivos.

Com a conclusão da Análise de Stakeholders e análise de suas relações com a Rich Picture, é possível assim listar Metas e Objetivos para satisfazer os stakeholders. O Quadro 14 mostra a relação de Metas e Objetivos, representadas com as letras “M” e “O”, respectivamente, sendo a letra “A” presente naqueles que foram considerados Metas ou Objetivos arbitrários, não havendo necessidade de serem cumpridos, mas que apresentariam vantagens por possuírem maiores margens para a Empresa Contratante.

Quadro 14 - Metas e Objetivos

Metas	Objetivos
M.1: Adquirir dados de imageamento da Amazônia	O.1.1: Aquisição de dados requeridos para identificação de desmatamento no território amazônico
	O.1.2: Aquisição de dados requeridos para monitoramento de vegetação no território amazônico
	OA.1.1: Aquisição de dados requeridos para identificação de incêndios no território amazônico
	OA.1.2: Aquisição de dados requeridos para monitoramento pecuário no território amazônico
	OA.1.3: Aquisição de dados requeridos para monitoramento hidrológico no território amazônico

M.2: Desenvolver documentação legada	O.2.1: Desenvolver metodologia para adaptação das normas de Engenharia de Sistemas de projetos espaciais para aplicação em projetos de nanossatélites
M.3: Desenvolver tecnologia de imageamento por sistema espacial nacional	O.3.1: Proporcionar acesso de dados ao cliente
	O.3.2: Treinamento dos funcionários
	O.3.3: Desenvolvimento de tecnologia nacional segundo o PNAE
MA.4: Adquirir dados de imageamento de outros territórios brasileiros	OA.4.1: Aquisição de dados requeridos para identificação de desmatamento no território
	OA.4.2: Aquisição de dados requeridos para monitoramento de vegetação no território
	OA.4.3: Aquisição de dados requeridos para identificação de incêndios no território
	OA.4.4: Aquisição de dados requeridos para monitoramento pecuário no território
	OA.4.5: Aquisição de dados requeridos para monitoramento hidrológico no território

Fonte: Autora (2024).

A Meta M.1 consiste em obter dados de imageamento da Amazônia, sendo obrigatórios dados de identificação de desmatamento (O.1.1) e monitoramento de vegetação (O.1.2), pois são características da missão principal tratada neste trabalho. Os outros objetivos que compõem a primeira meta, como identificação de incêndios (OA.1.1), monitoramento pecuário (OA.1.2) e monitoramento hidrológico (OA.1.3) são arbitrários, não havendo obrigação em serem cumpridos, mas que enriqueceriam os dados disponibilizados para a Empresa Contratante, aumentando seu escopo de atuação e oferecendo vantagens estratégicas a ele.

A Meta M.2 está de acordo com o defendido por Berthoud *et al.* (2019), que apresenta em seu trabalho a necessidade de aplicação de métodos de Engenharia de Sistemas em projetos para aumentar suas chances de sucesso. O objetivo que compõe a M.2 (O.2.1) apresenta a necessidade de adaptação de normas para projetos de nanossatélites, pois as normas foram produzidas com grandes missões espaciais em foco, sendo necessário avaliar o que é ou não aplicável a nanossatélites, sendo provável a necessidade de ajustar determinadas instruções.

A Meta 3 M.3 é referente à produção de uma nova tecnologia espacial brasileira, sendo necessário desenvolver modos de proporcionar acesso dos dados coletados para os clientes (O.3.1), treinar funcionários (O.3.2) tanto para o desenvolvimento do sistema quanto para sua manutenção. Além disso, é necessário seguir os objetivos dispostos no PNAE (O.3.3), para assim alinhar com estratégias do setor espacial brasileiro e garantir maiores chances de financiamento governamental.

Por fim, a quarta Meta é uma Meta Arbitrária (MA.4), pois é direcionada para a aquisição de dados de imageamento de outras regiões além da Amazônia. A missão desejada pela Empresa Contratante é focada na Amazônia Legal Brasileira, mas como a maioria dos satélites, com exceção de geoestacionários, passam por outros locais durante suas órbitas, é possível coletar dados de outros territórios sem afetar o sensoriamento remoto da Amazônia, o que pode conferir à Empresa Contratante maiores possibilidades em seu escopo de trabalho. Todos os objetivos listados são os mesmos apresentados na M.1, com a diferença que são classificados como arbitrários.

7. ANÁLISE DE SOLUÇÃO

Neste capítulo, o objetivo é entender melhor as vantagens e desvantagens de quatro propostas de sistemas espaciais: o Método Atual; um Geoestacionário, Satélites Gêmeos; e uma Constelação de Nanosatélites. Para exercer uma avaliação de forma objetiva e imparcial, serão empregadas ferramentas comumente usadas em projetos de engenharia, para auxiliar no estudo de cada opção levantada e realizar uma comparação entre soluções, para, no final, haver embasamento na escolha de um sistema mais viável.

7.1. APLICAÇÃO

Os métodos apresentados apontam a importância de serem aplicados em grupo (PUYT; LIE; WILDEROM, 2023; STUART BURGE, 2009), pois vários membros, cada um com seu ponto de vista, conseguem capturar melhor a totalidade do que se está analisando. Assim, a equipe do LARS foi responsável por aplicar as ferramentas.

O primeiro método é a Análise SWOT, que foi realizada individualmente para cada solução apresentada. Foram enumeradas cada um dos itens trazidos à tona, para assim facilitar sua explicação. O primeiro sistema analisado foi o Método Atual de monitoramento, baseado no uso de satélites apresentados no capítulo de Análise de Cenário Atual. Com isso, nenhuma mudança seria feita, consistindo em usar o Método Atual do modo que ele está atualmente operando. A matriz resultante é apresentada pela Figura 13.

Figura 13 - Análise SWOT para o Método Atual

	Elementos Positivos	Elementos Negativos
Origens Internas	Forças 1 - Já operante 2 - Menor investimento a curto prazo 3 - Redundância	Fraquezas 1 - Não atende ao PNAE 2 - Não é Build to Suit 3 - Alto investimento a longo prazo 4 - Falta de estrutura nacional para obtenção de dados 5 - Sem negócio próprio
Origens Externas	Oportunidades 1 - Redundância 2 - Acompanhamento de tendências 3 - Sem comprometimento com uma tecnologia	Ameaças 1 - Embargos políticos e/ou econômicos 2 - Sem controle sobre os satélites

Fonte: Autora (2024).

- Forças:

1. Já operante: como o Método Atual já está operando, com satélites em órbita e coletando dados, não há preocupações intrínsecas no desenvolvimento de um novo sistema, como lançamento, comissionamento, financiamento e tempo de projeto. Os equipamentos já estão prontos para performar suas respectivas missões;
2. Menor investimento a curto prazo: sem um sistema para financiar o desenvolvimento, será necessário apenas manter o que já existe, gerando uma economia a curto prazo;
3. Redundância: caso algum satélite do Método Atual se torne inoperante ou por algum outro motivo encerre sua atividade junto com o Brasil, ainda haverá outros sistemas para coletar dados, não havendo riscos de falta de satélites para gerar o sensoriamento remoto necessário.

- Fraquezas:

1. Não atende ao PNAE: a maioria dos satélites utilizados no Método Atual foram desenvolvidos por outras nações, não auxiliando no

objetivo de autonomia nacional. Além disso, nenhuma atividade seria realizado para auxiliar na meta de tornar o Brasil referência espacial entre a América Latina;

2. Não é Build to Suit: Built to Suit é o conceito de produzir algo para um fim específico. Como os satélites utilizados foram planejados sem a missão de imageamento da Amazônia como objetivo principal, eles não atendem necessidades específicas de sensoriamento para essa região.
 3. Alto investimento a longo prazo: o uso de satélites terceirizados que não são built to suit tem como consequência a obtenção de dados em missões sem as necessidades de sensoriamento remoto da Amazônia como foco, permitindo brechas na obtenção de informações importantes. Além disso, sem investimento atual em tecnologias e recursos humanos brasileiros, isso causará dependência de recursos estrangeiros para projetos espaciais futuros que o Brasil queira implementar;
 4. Falta de estrutura nacional para obtenção de dados: sem o desenvolvimento de tecnologia própria, o Brasil não terá como coletar dados de forma independente, sendo sempre necessário a disposição de tecnologias terceirizadas;
 5. Sem negócio próprio: sem desenvolvimento de tecnologia própria, a Empresa Contratante irá depender de dados obtidos por terceiros, ou até mesmo irá desistir do projeto.
- Oportunidades:
 1. Redundância: o uso de tecnologias terceirizadas permite decidir entre diversas opções presentes no mercado, podendo escolher aquelas que melhor se encaixam aos objetivos do momento;
 2. Acompanhamento de tendências: anualmente há lançamentos de novos sistemas espaciais para sensoriamento remoto portando tecnologias de ponta. Sem precisar manter a obtenção de dados de uma única fonte, há a possibilidade de obter informações de equipamentos mais recentes a qualquer momento;

3. Sem comprometimento com uma tecnologia: ao desenvolver um satélite, é usado o melhor da tecnologia que se pode obter no momento e com o orçamento disponível. Contudo, com o passar dos anos, novas tecnologias surgem e se tornam mais acessíveis, porém não é possível atualizar um sistema que já foi lançado para o espaço. Assim, fica-se restrito aos sensores e outros hardwares implementados na época de desenvolvimento, mesmo que estes tenham se tornado obsoletos.

- Ameaças:

1. Embargos políticos e/ou econômicos: caso haja conflitos internacionais, há a possibilidade de embargos e, com eles, interrupção de compartilhamento ou venda de dados para outros países que utilizam os satélites;
2. Sem controle sobre os satélites: como o monitoramento da Amazônia não é o único objetivo das missões desses satélites, não é possível fazer um controle completamente direcionado às necessidades e desejos para imageamento desse bioma.

A segunda opção de sistema espacial avaliado foi de um Geoestacionário. Satélites geoestacionários são definidos como satélites que possuem período de rotação igual ao da terra, fazendo com que permaneçam constantemente sobre o mesmo local em relação à terra, sendo isso possível pelo seu posicionamento de aproximadamente 36 km de altitude (LIANG; WANG, 2020). São satélites da classe de convencionalmente grandes, podendo facilmente ter massa maior que uma tonelada, e possuem um tempo de vida extremamente alto, de mais de uma década. Esse é o caso do Satélite Geoestacionário de Defesa e Comunicações Estratégicas (SGDC), geoestacionário brasileiro com 5,8 toneladas e expectativa de operação de aproximadamente 17 anos (DEMENICIS, 2018). A Figura 14 apresenta a análise SWOT para essa solução.

Figura 14 - Análise SWOT para Geoestacionário

	Elementos Positivos	Elementos Negativos
Origens Internas	Forças 1 - Atende ao PNAE 2 - Controle sobre o desenvolvimento 3 - Controle sobre o CONOPS 4 - Sem restrição de massa e volume 5 - Alta duração de missão 6 - Alto fluxo de dados 7 - Sistema robusto	Fraquezas 1 - Alto custo de desenvolvimento 2 - Longo tempo de desenvolvimento 3 - Alto custo de lançamento 4 - Monitoramento centrado em apenas um local 5 - Sem oportunidade de COTS 6 - Alto investimento a curto prazo 7 - Dependência de equipe dedicada à operação 8 - Dificuldade na manutenção da missão
Origens Externas	Oportunidades 1 - Venda de dados 2 - Desenvolvimento de tecnologia	Ameaças 1 - Embargos políticos e/ou econômicos 2 - Ser atingido por lixo espacial 3 - Interrupção de financiamento 4 - Gerar lixo espacial 5 - Interrupção na cadeia de fornecedores 6 - Obsolescência de tecnologia

Fonte: Autora (2024).

- Forças:
 1. Atende ao PNAE: o desenvolvimento de tecnologia espacial brasileira está alinhado aos objetivos descritos no PNAE;
 2. Controle sobre o desenvolvimento: com uma missão totalmente personalizada, é possível guiar o desenvolvimento com o objetivo de cumprir com a maior quantidade possível de exigências feitas pela Empresa Contratante;
 3. Controle sobre o CONOPS: novamente, por ser uma missão totalmente personalizada, pode-se planejar o CONOPS de forma a melhor encaixar com os desejos e necessidades da Empresa Contratante;
 4. Sem restrição de massa e volume: satélites geoestacionários podem chegar a pesar mais de uma tonelada, isso se deve a escolha de equipamentos de longa duração, redundâncias presentes no próprio sistema, painéis solares capazes de captar energia para todos os

componentes, entre outros. Assim, o desenvolvimento não precisa se preocupar com restrições de massa e volume.

5. Alta duração de missão: geoestacionários são desenvolvidos para operarem durante décadas;
6. Alto fluxo de dados: por ser desenvolvido para captar dados de uma só região e acompanhar esse local continuamente, por ter órbita síncrona com a rotação da terra, isso permite a obtenção de informações sem pausas da região da Amazônia;
7. Sistema robusto: por ser uma classe de satélites de massa e volume altos, se torna um equipamento robusto, que apresentaria maior resistência a impactos de fragmentos de lixo espacial. Além disso, sem restrição de massa e volume, geoestacionários podem obter redundância de sensores e hardwares, tornando-se um equipamento com maior confiabilidade.

- Fraquezas:

1. Alto custo de desenvolvimento: com elevado volume e massa e redundância de sistemas, são necessários equipamentos para montagens e hardwares de alto custo, desenvolvimento de tecnologia específica para a aplicação desejada e espaço físico para a construção do sistema;
2. Longo tempo de desenvolvimento: por ser um sistema grande e complexo, o tempo para sua conclusão pode ser longo, consumindo assim parte do financiamento para manutenção da equipe de desenvolvimento sem haver retornos financeiros;
3. Alto custo de lançamento: para um satélite da dimensão de um geoestacionário, é necessário um lançamento dedicado para o colocar em órbita, gerando custos extremamente elevados para essa etapa;
4. Monitoramento centrado em apenas um local: isso restringe a missão, não sendo possível coletar dados de outras áreas além daquela planejada inicialmente;
5. Sem oportunidade de COTS: a aplicação de COTS barateiam a missão, por serem produzidos em larga escala. Como geoestacionários são sistemas com desenvolvimento e missões longas após lançados,

não são produzidos COTS direcionados a essa classe de satélites, sendo necessário equipamentos de produção específica, aumentando o custo e tempo de desenvolvimento;

6. Alto investimento a curto prazo: com um novo projeto, haverá alto gasto inicial para permitir o desenvolvimento do sistema;
7. Dependência de equipe dedicada à operação: por ser necessário desenvolver um novo sistema, haverá uma equipe de projeto que deverá ser contratada para o trabalho;
8. Dificuldade na manutenção da missão: caso haja alguma falha no satélite após seu lançamento, a missão será interrompida, sendo necessário desenvolver um novo sistema espacial ou até mesmo encerrar a missão.

- Oportunidades:

1. Venda de dados: com um sistema próprio de obtenção de dados, há a possibilidade de venda de dados para terceiros;
2. Desenvolvimento de tecnologia: tecnologias desenvolvidas para o satélite podem ser patenteadas ou vendidas para terceiros;

- Ameaças:

1. Embargos políticos e/ou econômicos: caso haja conflitos internacionais, há a possibilidade de embargos e, com eles, interrupção de venda de materiais e equipamentos necessários para desenvolvimento do projeto, atrasando assim o seu avanço;
2. Ser atingido por lixo espacial: lixo espacial é uma preocupação crescente entre a comunidade científica, existindo o risco do satélite ser atingido por fragmentos de antigos sistemas espaciais;
3. Interrupção de financiamento: devido ao tempo necessário para desenvolvimento, pode haver desistência do projeto por parte da Empresa Contratante antes da conclusão do satélite;
4. Gerar lixo espacial: há o risco de falha no decaimento do geoestacionário, causando sua permanência em órbita mesmo após se tornar inoperante, resultando em geração de lixo espacial;

5. Interrupção na cadeia de fornecedores: a saída de serviço de fornecedores de equipamentos para o desenvolvimento causaria atrasos em seu avanço;
6. Obsolescência de tecnologia: por permanecerem em operação por um longo período, a tecnologia na qual o geoestacionário foi lançado pode se tornar obsoleta após um período, sendo assim a coleta de dados fornecida sem todo o potencial disponível no mercado.

A terceira opção proposta é inspirada nos satélites Sentinel-1 e Sentinel-2, que são satélites gêmeos, existindo o Sentinel-1A, gêmeo do Sentinel-1B, e Sentinel-2A, gêmeo do Sentinel-2B. Eles são considerados gêmeos por participarem da mesma missão e serem construídos de formas extremamente parecidas, estando na mesma órbita mas possuindo 180° de fase, diminuindo pela metade o tempo de revisita que seria alcançado com apenas um satélite. Os satélites Sentinel-1 estão em uma altitude de 693 km, e pesavam 945 kg em seu lançamento, enquanto os Sentinel-2 estão em uma altitude de 786 km e foram lançados com aproximadamente 1.200 toneladas, todos projetados para operar por aproximadamente 7 anos (SENTIWIKI, 2024b; SENTIWIKI, 2024c). A Figura 15 apresenta a análise SWOT realizada.

Figura 15 - Análise SWOT para Satélites Gêmeos

	Elementos Positivos	Elementos Negativos
Origens Internas	Forças 1 - Atende ao PNAE 2 - Controle sobre o desenvolvimento 3 - Controle sobre o CONOPS 4 - Sem restrição de massa e volume 5 - Alta duração de missão 6 - Redundância 7 - Tempo de revisita curto 8 - Possibilidade de monitoramento em outros locais	Fraquezas 1 - Alto custo de desenvolvimento 2 - Longo tempo de desenvolvimento 3 - Alto custo de lançamento 4 - Alto investimento a curto prazo 5 - Dependência de equipe dedicada à operação 6 - Dificuldade na manutenção da missão
Origens Externas	Oportunidades 1 - Venda de dados 2 - Desenvolvimento de tecnologia	Ameaças 1 - Embargos políticos e/ou econômicos 2 - Ser atingido por lixo espacial 3 - Interrupção de financiamento 4 - Gerar lixo espacial 5 - Interrupção na cadeia de fornecedores 6 - Obsolescência de tecnologia

Fonte: Autora (2024).

- Forças:

1. Atende ao PNAE: o desenvolvimento de tecnologia espacial brasileira está alinhado aos objetivos descritos no PNAE;
2. Controle sobre o desenvolvimento: com uma missão totalmente personalizada, é possível guiar o desenvolvimento com o objetivo de cumprir com a maior quantidade possível de exigências feitas pela Empresa Contratante;
3. Controle sobre o CONOPS: novamente, por ser uma missão totalmente personalizada, pode-se planejar o CONOPS de forma a melhor encaixar com os desejos e necessidades da Empresa Contratante;
4. Sem restrição de massa e volume: os satélites desenvolvidos fariam parte da classe de satélites grandes, podendo pesar mais de uma tonelada;
5. Alta duração de missão: o tempo de vida esperado para cada satélite pode chegar perto de uma década de duração;

6. Redundância: por serem satélites gêmeos, caso haja problemas com um, há a possibilidade de continuação da missão com apenas um dos satélites. Além disso, a classe de tamanho do satélite permite a existência de sistemas redundantes;
 7. Tempo de revisita curto: por serem satélites gêmeos, o tempo de revisita é dividido pela metade, havendo maior coleta de dados;
 8. Possibilidade de monitoramento em outros locais: como esses satélites estariam orbitando a terra e passando por outros locais, é possível realizar a coleta de dados em outras regiões, gerando aumento de escopo para a Empresa Contratante.
- Fraquezas:
 1. Alto custo de desenvolvimento: com elevado volume e massa e redundância de sistemas, são necessários equipamentos para montagens e hardwares de alto custo, desenvolvimento de tecnologia específica para a aplicação desejada e espaço físico para a construção do sistema;
 2. Longo tempo de desenvolvimento: por ser um sistema grande e complexo, o tempo para sua conclusão pode ser longo, durar anos, consumindo assim parte do financiamento para manutenção da equipe de desenvolvimento sem haver retornos;
 3. Alto custo de lançamento: seria necessário lançar dois satélites grandes, precisando de dois lançamentos dedicados, ou até mesmo um único lançamento, porém com alto nível de complexidade.
 4. Alto investimento a curto prazo: com um novo projeto, haverá alto gasto inicial para permitir o desenvolvimento do sistema;
 5. Dependência de equipe dedicada à operação: por ser necessário desenvolver um novo sistema, haverá uma equipe de projeto que deverá ser contratada para o trabalho;
 6. Dificuldade na manutenção da missão: caso haja alguma falha em um dos satélites após seu lançamento, a missão não ficará inoperante, mas possuirá queda de dados coletados. Para substituir o sistema inoperante, seria necessário um novo longo período de desenvolvimento.

- Oportunidades:
 1. Venda de dados: com um sistema próprio de obtenção de dados, há a possibilidade de venda para terceiros;
 2. Desenvolvimento de tecnologia: tecnologias desenvolvidas para o satélite podem ser patenteadas ou vendidas para terceiros;

- Ameaças:
 1. Embargos políticos e/ou econômicos: caso haja conflitos internacionais, há a possibilidade de embargos e, com eles, interrupção de venda de materiais e equipamentos necessários para desenvolvimento do projeto, atrasando assim o seu avanço;
 2. Ser atingido por lixo espacial: lixo espacial é uma preocupação crescente entre a comunidade científica, existindo o risco do satélite ser atingido por fragmentos de antigos sistemas espaciais;
 3. Interrupção de financiamento: devido ao tempo necessário para desenvolvimento, pode haver desistência do projeto por parte da Empresa Contratante antes da conclusão do satélite;
 4. Gerar lixo espacial: há o risco de falha no decaimento do geoestacionário, causando sua permanência em órbita mesmo após se tornar inoperante, resultando em geração de lixo espacial;
 5. Interrupção na cadeia de fornecedores: a saída de serviço de fornecedores de equipamentos para o desenvolvimento causaria atrasos em seu avanço;
 6. Obsolescência de tecnologia: por permanecerem em operação por um longo período, a tecnologia com a qual ele foi lançado pode se tornar obsoleta após um período, sendo assim a coleta de dados fornecida sem todo o potencial disponível no mercado.

Por fim, a última proposta de sistema espacial é de uma Constelação de Nanossatélites, que consiste em vários satélites com a mesma missão da classe nano, que possuem entre 1 a 10 kg. Nanossatélites permitem um desenvolvimento mais acessível, por serem menores, mais baratos e necessitarem de menos tempo para serem desenvolvidos. Alén Space (2024) apresenta que nanossatélites podem ser desenvolvidos e lançados em menos de 8 meses por menos de 500 mil euros,

enquanto, para satélites grandes, o tempo de desenvolvimento pode ser de 5 a 15 anos, com custos de até 500 milhões de euros. A análise SWOT para uma Constelação de Nanossatélites é apresentada na Figura 16.

Figura 16 - Análise SWOT para Constelação de Nanossatélites

	Elementos Positivos	Elementos Negativos
Origens Internas	Forças 1 - Atende ao PNAE 2 - Controle sobre o desenvolvimento 3 - Controle sobre o CONOPS 4 - Alto fluxo de dados 5 - Curto tempo de desenvolvimento 6 - Baixo custo de desenvolvimento 7 - Possibilidade de COTS 8 - Facilidade de desenvolvimento 9 - Menor custo de lançamento 10 - Alta manutenção da missão 11 - Dificuldade em se tornar lixo espacial 12 - Possibilidade de monitoramento em outros locais	Fraquezas 1 - Dependência de equipe dedicada à operação 2 - Maior investimento a curto prazo 3 - Menor duração de missão 4 - Restrição de massa e volume 5 - Limite de tecnologia disponível 6 - Custo de lançamento vinculado ao número de satélites
Origens Externas	Oportunidades 1 - Venda de dados 2 - Desenvolvimento de tecnologia 3 - Lançamento por carona 4 - Atualização de tecnologia 5 - Promover miniaturização de tecnologia	Ameaças 1 - Embargos políticos e/ou econômicos 2 - Ser atingido por lixo espacial 3 - Interrupção de financiamento 4 - Gerar lixo espacial 5 - Interrupção na cadeia de fornecedores

Fonte: Autora (2024).

- Forças:

1. Atende ao PNAE: o desenvolvimento de tecnologia espacial brasileira está alinhado aos objetivos descritos no PNAE;
2. Controle sobre o desenvolvimento: com uma missão totalmente personalizada, é possível guiar o desenvolvimento com o objetivo de cumprir com a maior quantidade possível de exigências feitas pela Empresa Contratante;
3. Controle sobre o CONOPS: novamente, por ser uma missão totalmente personalizada, pode-se planejar o CONOPS de forma a melhor encaixar com os desejos e necessidades da Empresa Contratante;

4. Alto fluxo de dados: como constelação, há vários satélites dedicados a uma mesma missão, fazendo que o tempo de revisita seja baixo, havendo grande fluxo de dados coletados na região de interesse;
5. Curto tempo de desenvolvimento: são sistemas menos complexos, com muitos componentes disponíveis para compra, fazendo com que não seja necessário desenvolver tecnologia, reduzindo o tempo para concepção e montagem;
6. Baixo custo de desenvolvimento: com menor tempo até o lançamento, componentes disponíveis para compra e sem necessidade de grande espaço físico para montagem, o custo para desenvolvimento é bastante menor ao ser comparado com outros tipos de satélites;
7. Possibilidade de COTS: COTS agilizam a montagem e são menos custosos que o desenvolvimento de uma nova tecnologia;
8. Facilidade de desenvolvimento: por ter menor tempo, menor custo, sem necessidade de grandes espaços, e com possibilidade de COTS, o desenvolvimento é extremamente facilitando, podendo haver até mesmo produção em massa de satélites;
9. Menor custo de lançamento: por possuírem menor volume e massa, nanosatélites podem ser lançados por carona, compartilhando espaço com outros nanosatélites, reduzindo drasticamente o custo se comparado à um lançamento dedicado;
10. Alta manutenção da missão: caso algum satélite se torne inoperante, ele não irá causar um grande impacto para a missão, pois há outros satélites na constelação com a mesma missão. Além disso, com curto tempo de desenvolvimento, baixo custo de produção e lançamento, é possível desenvolver com facilidade um satélite substituto;
11. Dificuldade em se tornar lixo espacial: nanosatélites geralmente são lançados em órbitas LEO que promovem decaimento dos satélites em poucos anos de operação, facilitando sua reentrada e diminuindo as chances desses sistemas se tornarem lixo espacial.
12. Possibilidade de monitoramento em outros locais: como esses satélites estariam orbitando a terra e passando por outros locais, é possível realizar a coleta de dados em outras regiões, gerando aumento de escopo para a Empresa Contratante.

- Fraquezas:
 1. Dependência de equipe dedicada à operação: por ser necessário desenvolver um novo sistema, haverá uma equipe de projeto que deverá ser contratada para o trabalho;
 2. Maior investimento a curto prazo: com um novo projeto, haverá maior gasto inicial para permitir o desenvolvimento do sistema;
 3. Menor duração de missão: por serem lançados em órbita LEO, o arrasto fará com que os nanosatélites sofram com o decaimento de volta para a terra, fazendo com que o tempo de vida de cada satélite seja por volta de 2 anos;
 4. Restrição de volume e massa: nanosatélites são uma classe de satélites com peso menor, de até 10 kg, fazendo com que haja restrição em quais equipamentos serão implementados. Além disso, para aproveitar lançamentos de carona, há também necessidade de restringir o volume ocupado;
 5. Limite de tecnologia disponível: devido à restrições de massa e volume, nem todos os sensores desejados poderão ser implementados em um mesmo nanosatélite, necessitando na divisão de sensores entre outros satélites;
 6. Custo de lançamento vinculado ao número de satélites: quanto maior quantidade de nanosatélites em uma constelação, mais eficiente ela será para coletar dados, mas isso fará com que sejam necessários vários lançamentos, aumentando o custo total da constelação.

- Oportunidades:
 1. Venda de dados: com um sistema próprio de obtenção de dados, há a possibilidade de venda para terceiros;
 2. Desenvolvimento de tecnologia: tecnologias desenvolvidas para o satélite podem ser patenteadas ou vendidas para terceiros;
 3. Lançamento por carona: por serem de baixo volume e massa, não há necessidade de um lançamento dedicado, havendo a possibilidade de lançamento por carona, que são menos custosos se comparados aos lançamentos de satélites maiores;

4. Atualização de tecnologia: por terem desenvolvimento mais rápido, mais baratos e maior facilidade para lançamento, é possível lançar novos nanossatélites com alta frequência, conseguindo aproveitar o lançamento de novas tecnologias e as implementar nos novos sistemas;
 5. Promover miniaturização de tecnologia: tecnologias desenvolvidas para o satélite podem ser patenteadas ou vendidas para terceiros;
- Ameaças:
 1. Embargos políticos e/ou econômicos: caso haja conflitos internacionais, há a possibilidade de embargos e, com eles, interrupção de venda de materiais e equipamentos necessários para desenvolvimento do projeto, atrasando assim o seu avanço;
 2. Ser atingido por lixo espacial: lixo espacial é uma preocupação crescente entre a comunidade científica, existindo o risco do satélite ser atingido por fragmentos de antigos sistemas espaciais;
 3. Interrupção de financiamento: devido ao tempo necessário para desenvolvimento, pode haver desistência do projeto por parte da Empresa Contratante antes da conclusão do satélite;
 4. Gerar lixo espacial: há o risco de falha no decaimento do geoestacionário, causando sua permanência em órbita mesmo após se tornar inoperante, resultando em geração de lixo espacial;
 5. Interrupção na cadeia de fornecedores: a saída de serviço de fornecedores de equipamentos para o desenvolvimento causaria atrasos em seu avanço;

Com as análises SWOT, foi possível avançar para o desenvolvimento de uma comparação mais clara entre as propostas, sendo então implementado a Matriz de Pugh. Para definição dos critérios, a equipe LARS buscou listar itens que afetam diretamente os Stakeholders Definitivos, sendo eles a Empresa Contratante, o Governo Federal e a UFSC, mas tendo como principal preocupação o cumprimento de interesses da Empresa Contratante, por ser o cliente principal do projeto, sendo seus critérios específicos os únicos a receber peso máximo. Na Figura 17, que mostra a Matriz de Pugh resultante, os critérios são classificados de quatro formas,

diferenciadas por cor: critérios que atingem a Empresa Contratante (em verde); critérios que atingem a Empresa Contratante e a UFSC (em amarelo); critérios que atingem a UFSC (em rosa), e; critérios que atingem o Governo Federal (em azul).

Figura 17 - Matriz de Pugh

● Empresa Contratante
 ● Empresa Contratante e UFSC
 ● UFSC
 ● Governo Federal

	Pesos	Método Atual	Geoestacionário	Satélites Gêmeos	Constelação de Nanosatélites
Tempo de desenvolvimento	3	0	-2	-2	-1
Custo de desenvolvimento	3	0	-2	-2	-1
Custo de lançamento	3	0	-2	-2	-1
Durabilidade do produto	1	0	+2	+1	+1
Possibilidade de inovação	2	0	+1	+1	+2
Venda de dados	3	0	+2	+2	+2
Controle sobre os dados	3	0	+2	+2	+2
Manutenção da missão	2	0	-2	-1	+2
Riscos associados à missão	2	0	-2	-2	-1
Treinamento de recursos humano	1	0	+2	+2	+2
Possibilidade de COTS	2	0	0	0	+2
Facilidade no desenvolvimento	1	0	-2	-2	-1
Atendimento ao PNAE	1	0	+2	+2	+2
Soma de positivos		-	+11	+10	+15
Soma de negativos		-	-12	-11	-5
Soma total		0	-1	-1	+10
Soma ponderada de positivos		-	+20	+19	+29
Soma ponderada de negativos		-	-28	-26	-12
Soma ponderada total		0	-8	-7	+17

Fonte: Autora (2024).

A Empresa Contratante possui interesses direcionados ao modo como seu investimento financeiro será aproveitado (tempo de desenvolvimento, custo de desenvolvimento, custo de lançamento), buscando, quando possível, formas mais econômicas de se obter o projeto, sendo os critérios relacionados possuindo peso 3, por serem considerados de grande influência. A durabilidade do produto se refere ao tempo de vida que o sistema espacial tem após ser lançado, sendo seu impacto subjetivo, dependendo de uma decisão da Empresa Contratante: um produto mais durável afeta a renovação de tecnologia, porém também pode representar economia por necessitar de menos projetos a serem desenvolvidos para substituir o sistema anterior. Devido a essa necessidade de interpretação dos interesses do cliente, o peso atribuído foi de 1. O critério de possibilidade de inovação se envolve com a necessidade do produto de se destacar entre concorrentes do mercado, recebendo o peso de 2. A venda e controle sobre dados são o cerne do projeto, o que gerou a necessidade do cliente para o desenvolvimento da missão, sendo considerados critérios de peso 3.

A manutenção da missão se refere à facilidade que a equipe de desenvolvimento tem de substituir um sistema espacial caso haja problemas com um dos satélites em órbita, para não permitir que a missão seja prejudicada por longo período de tempo. Os riscos associados à missão são mais abrangentes, envolvendo riscos financeiros, de desenvolvimento e de retorno de investimento. Ambos os critérios foram avaliados com peso 2. O de treinamento humano está associado aos objetivos da UFSC de promover ensino e da Empresa Contratante de gerar mão de obra qualificada. Porém, por ser uma consequência intrínseca com o desenvolvimento de um novo projeto, qualquer que seja a forma que ele tenha, o peso atribuído foi de 1.

A UFSC, que desenvolverá o projeto, obtém vantagem em sistemas que possuem a possibilidade de COTS, por acelerar o processo de montagem e eliminar a necessidade de sua equipe de conceber uma nova tecnologia para seus equipamentos, e em formatos de satélites com maior facilidade de desenvolvimento. Como o COTS afeta o valor total do produto, ele é avaliado com peso 2, enquanto a facilidade de desenvolvimento é pontuado com apenas 1.

O Governo Federal foi listado com um critério, sendo ele bastante abrangente: o atendimento do PNAE e seus objetivos. Esse critério foi avaliado com peso 1.

Na atribuição de pontos para os sistemas, nos critérios de venda de dados, controle sobre os dados, treinamento de recursos humanos, e atendimento ao PNAE, os três novos sistemas propostos receberam a mesma nota (+2) por cumprirem com o que era avaliado independentemente do formato adotado para a operação. Na análise de tempo de desenvolvimento, custo de desenvolvimento e custo de lançamento, a opção de um geoestacionário e satélites gêmeos receberam a pior nota (-2), enquanto a constelação de nanossatélites recebeu uma nota baixa (-1), pois os três critérios apresentam desvantagem quando comparados com o método atual, porém a constelação possui tempo e custo de desenvolvimento e lançamento menor que as outras duas opções.

Na durabilidade do produto, o geoestacionário apresenta maior pontuação (+2) por poder chegar a um tempo de vida próximo de duas décadas, enquanto os satélites gêmeos e a constelação de nanossatélites foram avaliados como bons (+1), pois como no método atual não há produto próprio, qualquer outro método proposto apresenta vantagem. Quanto a possibilidade de inovação, a constelação de nanossatélites tem a melhor performance (+2), por ser um sistema que pode ser desenvolvido de forma relativamente rápida e barata, há maior facilidade no lançamento de novos nanossatélites com novas tecnologias a bordo. Geoestacionário e satélites gêmeos receberam uma nota boa (+1), pois também podem transportar inovações quando comparadas ao método atual.

Em caso de necessidade de manutenção da missão, o geoestacionário se mostra a pior opção (-2), por ser um sistema único, com custo alto e de longo período de desenvolvimento. Os satélites gêmeos apresentam a mesma condição do geoestacionário, com exceção que como é um sistema composto por dois satélites, se um se tornar inoperante, ainda há o outro para performar a missão, recebendo a nota -1. O melhor cenário é de uma constelação de nanossatélites (+2), pois como há diversos satélites na constelação, a falha de um não irá comprometer drasticamente o desempenho da missão, além que há maior facilidade em desenvolver e lançar um nanossatélite para substituir o defeituoso.

Em um desenvolvimento de um novo projeto, todas as opções apresentam riscos financeiros, porém como a constelação de nanossatélites é menos custosa, seu risco é um pouco menor (-1) que as outras duas alternativas (-2). A mesma pontuação foi feita analisando o critério de facilidade de desenvolvimento, pois independente do sistema escolhido, satélites são sistemas complexos, porém a

nanossatélites, principalmente cubesats, foram concebidos como uma forma de facilitar o desenvolvimento. Em relação a COTS, apenas a nanossatélites pontuaram, sendo sua nota máxima (+2) por haver várias opções de composição com produtos já disponíveis no mercado.

Com todos os critérios avaliados e a pontuação calculada, nota-se que o geoestacionário e satélites gêmeos pontuaram de forma bastante similar, com ou sem atribuição de pesos, mostrando-se opções desfavoráveis quando comparadas com o método atual. A constelação de nanossatélites foi a única com soma positiva, além de apresentar valores expressivos, sendo possível concluir que esta é a opção mais viável tecnicamente para a missão.

7.2. TO BE

A análise TO BE é a responsável por apresentar o objetivo da implementação de uma nova atividade, sendo uma ferramenta estratégica para a visualização do futuro de uma empresa (KYMBERLI DE SOUZA, [s.d.]). Com a conclusão das análises de viabilidade, a constelação de nanossatélites se apresenta como o sistema espacial mais adequado para a missão desejada pela Empresa Contratante, portanto, o TO BE será feito com base na implementação dessa solução.

O início do desenvolvimento da constelação de nanossatélites irá necessitar de investimento financeiro por parte da Empresa Contratante, até que se consiga o apoio financeiro de algum edital de fomento vindo do Governo Federal, algo que não é garantido que seja obtido. Haverá a promoção de ensino e pesquisa por parte da UFSC, pois os integrantes do LARS irão precisar se dedicar na concepção da missão, algo extremamente benéfico para o treinamento de futuros profissionais. Um novo conjunto de satélites irá movimentar a economia, com compra de materiais, CONOPS e necessidade de lançamento, e poderá também incentivar outras entidades a integrar a área de desenvolvimento espacial.

A partir no momento em que a constelação se tornar operante, a Empresa Contratante obterá os dados desejados, podendo exercer as atividades planejadas, como venda dessas informações para seus clientes. A UFSC terá exposição midiática devido a suas conquistas no desenvolvimento de um sistema complexo. O Governo Federal terá a movimentação pretendida para o desenvolvimento do setor espacial brasileiro, sendo a constelação uma forma de cumprir com parte dos

objetivos propostos no PNAE. Outros sistemas de monitoramento, como os listados na Análise de Cenário Atual, poderão usufruir do serviço prestado pela Empresa Contratante. Outras constelações, como a Constelação Planet, terão um novo concorrente, o que poderá incentivar a elaboração de formas de se destacar no mercado.

Os impactos principais nos Stakeholders Definitivos estão resumidamente apresentados no Quadro 15.

Quadro 15 - TO BE

Empresa Contratante	Necessidade de grande investimento inicial
	Missão personalizada
	Controle sobre os dados
	Possibilidade de lucro
	Geração de pesquisa e treinamento de recursos humanos
UFSC	Ensino, pesquisa e extensão
	Exposição midiática
	Treinamento de recursos humanos
Governo Federal	Atendimento ao PNAE
	Desenvolvimento do setor espacial

Fonte: Autora (2024).

8. CONCLUSÃO

O Brasil realiza o monitoramento da progressão do desmatamento da Amazônia Legal Brasileira por meio de satélites desde 1988, através de projetos de entidades nacionais, mas que aplicam o uso de dados coletados por sistemas estrangeiros, sendo a única exceção o satélite Amazonia-1. Com isso, notou-se a deficiência da presença do setor nacional em coletar informações relevantes sobre seu território de forma autônoma.

Como forma de cumprir com objetivos propostos pelo PNAE, que apontam o interesse de desenvolver a autonomia espacial brasileira e incentivar a iniciativa privada na área, foi investigado a viabilidade de concepção de um novo sistema espacial para missão de imageamento da Amazônia Legal Brasileira para uma empresa privada que contratou serviços do LARS, laboratório presente da UFSC, Campus Joinville.

O primeiro passo consistiu na descrição dos métodos implementados atualmente para o sensoriamento remoto da vegetação na Amazônia Legal Brasileira, identificando neles lacunas existentes quanto a frequência de dados disponibilizados para a comunidade geral, falta de detecção de outras formas de desmatamento, como em vegetações secundárias, utilização de regiões extensas para classificação e possibilidade de apontamento de devastação inferior à realidade.

Assim, constatou-se a possibilidade de um novo sistema espacial para atender aos objetivos de uma empresa privada em obter dados de desmatamento. Como ponto de partida, foi realizada a análise de stakeholders, identificando partes interessadas no desenvolvimento desse projeto e suas relações, para assim definir metas e objetivos que contemplem suas necessidades e expectativas. Foram definidos metas e objetivos arbitrários, de forma que aproveitam vantagens disponíveis na aplicação de satélites para monitoramento para disponibilizar um escopo mais abrangente de aplicações para a Empresa Contratante.

Após melhor entendimento dos stakeholders e seus interesses, foi realizado a análise de viabilidade, por meio da aplicação de duas ferramentas, entre três novas propostas (geoestacionário, satélites gêmeos e constelação de nanosatélites) em comparação com o método atual. Para melhor entendimento que cada alternativa, a

Matriz SWOT foi feita para destacar as forças, fraquezas, oportunidades e ameaças de cada sistema. Para uma análise comparativa mais direta, a Matriz de Pugh com uso de pesos foi desenvolvida para determinar os critérios prioritários para os Stakeholders Definitivos, com foco na Empresa Contratante.

As análises apontaram que a constelação de nanossatélites é a opção mais viável para a implementação proposta. O conceito de nanossatélites, mais especificamente de CubeSats, consiste em ser um sistema mais rápido e barato de ser construído e lançado. O movimento New Space ajudou a popularizar esse formato de satélites, permitindo ainda mais o barateamento de seu desenvolvimento com o aumento da possibilidade de COTS no mercado. E muitas aplicações, estudantis, militares e privadas já comprovaram a eficiência de nanossatélites para missões espaciais.

Com uma constelação de nanossatélites, os stakeholders identificados obterão suas necessidades cumpridas. A Empresa Contratante irá obter dados sobre seu controle, podendo realizar atividades para obtenção de lucro. A UFSC terá o desenvolvimento de ensino, pesquisa e extensão. O Governo Federal terá objetivos do PNAE alcançados pelo projeto. O INPE terá cumprido com parte de sua missão e competências, e os Clientes terão nova fonte de dados sobre o desmatamento da floresta Amazônica.

REFERÊNCIAS

BRASIL. Agência Espacial Brasileira. Ministérios da Ciência, Tecnologia e Inovação. **Satélites**. 2023. Disponível em:

<https://www.gov.br/aeb/pt-br/acoes-e-programas/aplicacoes-espaciais/satelites>. Acesso em: 06 out. 2024.

BRASIL. Agência Espacial Brasileira. Ministérios da Ciência, Tecnologia e Inovação. **Semana Mundial do Espaço: Sputnik 1**. 2023. Disponível em:

<https://www.gov.br/aeb/pt-br/centrais-de-conteudo/publicacoes/instagram-do-periodo-de-defeso-eleitoral-2022/semana-mundial-do-espaco-sputnik-1>. Acesso em: 06 out. 2024.

BRASIL. Agência Espacial Brasileira. Ministérios da Ciência, Tecnologia e Inovação. **Nanossatélites movimentam o Programa Espacial Brasileiro**. 2023. Disponível em:

<https://www.gov.br/aeb/pt-br/assuntos/noticias/nanossatelites-movimentam-o-programa-espacial-brasileiro>. Acesso em: 06 out. 2024.

BRASIL. Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais. Ministério de Ciência, Tecnologia e Inovação. **Estimativa de desmatamento na Amazônia Legal para 2024 é de 6.288 km²**. São José dos Campos, 2024. Disponível em:

<https://drive.google.com/file/d/1VuUWiABaaR8NAv5krtrtHZpzc6GrVHUZ/view>. Acesso em: 15 nov. 2024.

INSTITUTO DE PESQUISA AMBIENTAL DA AMAZÔNIA (Brasil). **A importância das florestas em pé**. [s.d.] Disponível em:

<https://ipam.org.br/cartilhas-ipam/a-importancia-das-florestas-em-pe-2/>. Acesso em: 06 out. 2024.

WORLD BANK GROUP. **A importância fundamental da biodiversidade da Amazônia para o mundo: uma entrevista com Thomas Lovejoy**. 2019. Disponível em:

<https://www.worldbank.org/pt/news/feature/2019/05/22/why-the-amazons-biodiversity-is-critical-for-the-globe#:~:text=A%20biodiversidade%20da%20Amaz%C3%B4nia%20tamb%C3%A9m,chuvas%20na%20Am%C3%A9rica%20do%20Sul..> Acesso em: 06 out. 2024.

INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS. **Perguntas frequentes**.

Brasil, 2017. Disponível em: <http://www.inpe.br/faq/index.php?pai=4>. Acesso em: 08 nov. 2023.

SOUZA, Petrônio Noronha de. **Curso introdutório em tecnologia de satélites: missões e segmentos**. São José dos Campos, 2002. 15 slides, color. Disponível em:

http://mtc-m21c.sid.inpe.br/col/sid.inpe.br/mtc-m21c/2019/08.22.14.06/doc/120_Missoes%20e%20Segmentos_P1.2_v1_2002.pdf. Acesso em: 08 nov. 2023.

SOUZA, Petrônio Noronha de. **Curso Introdotório em Tecnologia de Satélites: a concepção do sistema, a arquitetura dos satélites e seus subsistemas**. São José dos Campos, 2002. 18 slides, color. Disponível em:

http://mtc-m21c.sid.inpe.br/col/sid.inpe.br/mtc-m21c/2019/08.22.14.06/doc/150_A%20Concepcao%20do%20Sistema,%20a%20Arquitetura%20dos%20Satelites%20e%20seus%20Subsistemas_P2.1_v1_2002.pdf. Acesso em: 08 nov. 2023.

ESTADOS UNIDOS DA AMÉRICA. NATIONAL AERONAUTICS AND SPACE ADMINISTRATION. . **NASA SYSTEMS ENGINEERING HANDBOOK**. Washington, 2007. 297 p. Disponível em:

https://www.nasa.gov/wp-content/uploads/2018/09/nasa_systems_engineering_handbook_0.pdf. Acesso em: 10 nov. 2024.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DAS EMPRESAS DE TELECOMUNICAÇÕES POR SATÉLITE (Brasil) (org.). **Satélites: os tipos**. 2023. Disponível em:

<https://abrasat.org.br/satelite/os-tipos/>. Acesso em: 12 nov. 2023.

CARRACE, N. C. da C.; GOMES, R. de C. F.; GRIZENDI, J. C. M. **Uso espacial de painéis solares e baterias no suprimento de energia elétrica de pequenos satélites - spatial use of solar panels and batteries in small satellite's electric power supply**. 2022. Disponível em:

<https://dspace.doctum.edu.br/bitstream/123456789/4411/1/Nilton%20C%20C3%A9sar%20e%20Rita%20de%20C%20C3%A1ssia.pdf>. Acesso em: 12 nov 2023.

JUNQUEIRA, Bruno Carneiro. **ESTUDO DE METODOLOGIA PARA APLICAÇÃO DE COMPONENTES ELETRÔNICOS COTS EM AMBIENTE ESPACIAL**. 2021. 144 f. Dissertação (Doutorado) - Curso de Pós-Graduação em Engenharia e Tecnologia Espaciais/Engenharia e Gerenciamento de Sistemas Espaciais, Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, São José dos Campos, 2021. Disponível em:

<http://mtc-m21c.sid.inpe.br/col/sid.inpe.br/mtc-m21c/2021/04.19.14.33/doc/publicacao.pdf>. Acesso em: 01 nov. 2024.

THE CUBESAT PROGRAM. **CubeSat Design Specification**. 14.1 San Luis Obispo: 2022. 34 p. Disponível em:

https://static1.squarespace.com/static/5418c831e4b0fa4ecac1bacd/t/62193b7fc9e72e0053f00910/1645820809779/CDS+REV14_1+2022-02-09.pdf. Acesso em: 26 out. 2023.

ESTADOS UNIDOS DA AMÉRICA. National Environmental Satellite, Data, and Information Service. Department Of Commerce. **Satellite Ground Systems**. [s.d.]. Disponível em:

<https://www.nesdis.noaa.gov/our-satellites/related-information/satellite-ground-systems>. Acesso em: 10 nov. 2024.

ESTADOS UNIDOS DA AMÉRICA. NATIONAL AERONAUTICS AND SPACE ADMINISTRATION. **State-of-the-Art of Small Spacecraft Technology**. 2024.

Disponível em:

<https://www.nasa.gov/smallsat-institute/sst-soa/ground-data-systems-and-mission-operations/>. Acesso em: 10 nov. 2024.

EUROPEAN SPACE AGENCY. **Ariane 5 ECA carries record payload mass to GTO**. 2006. Disponível em:

https://www.esa.int/Enabling_Support/Space_Transportation/Ariane_5_ECA_carries_record_payload_mass_to_GTO. Acesso em: 10 nov. 2024.

UNITED LAUNCH SERVICES (Estados Unidos da América). **Rocket Science**. 2024. Disponível em:

<https://www.ulalaunch.com/explore/rocket-science#:~:text=Here%27s%20how%20it%20works%E2%80%94at, topping%2022%2C000%20miles%20per%20hour..>

Acesso em: 10 nov. 2024.

CASTRO, Julia. Potencial Biótico. **Você sabe o que é dossel?** 2018. Disponível em:

<https://www.potencialbiotico.com/espacobiotico/plantas-e-derivados/voce-sabe-o-que-e-dossel>. Acesso em: 10 nov. 2024.

BRASIL. ALMEIDA, Claudio Aparecido de et. al. Ministério de Ciência, Tecnologia e Inovações. **METODOLOGIA UTILIZADA NOS SISTEMAS PRODES E DETER - 2ª EDIÇÃO (ATUALIZADA)**. São José dos Campos: INPE, 2022. Disponível em: <http://mtc-m21d.sid.inpe.br/col/sid.inpe.br/mtc-m21d/2022/08.25.11.46/doc/publicacao.pdf>. Acesso em: 23 nov. 2024.

MARTINS, Caroline. **ENTENDA AS DIFERENÇAS ENTRE VEGETAÇÃO PRIMÁRIA E SECUNDÁRIA**. 2019. Disponível em:

<https://www.trilhoambiental.org/post/entenda-as-diferen%C3%A7as-entre-vegeta%C3%A7%C3%A3o-prim%C3%A1ria-e-secund%C3%A1ria>. Acesso em: 10 nov. 2024.

CURZI,, G.; MODENINI, D.; TORTORA, P. **Large constellations of small satellites: a survey of near future challenges and missions**. *Aerospace*, Basel, v. 7, n. 9, p. 133, 2020. Disponível em: <https://www.mdpi.com/2226-4310/7/9/133>. Acesso em: 9 nov. 2024.

CHOI, Changrak; DAVIS, Anthony B. **GEOSCAN: Global Earth Observation using Swarm of Coordinated Autonomous Nanosats**. 2021. Disponível em: <https://arxiv.org/abs/2111.15627>. Acesso em: 9 nov. 2024.

CHENG, Zhuo; DENBY, Bradley; MCCLEARY, Kyle; LUCIA, Brandon. **EagleEye: Nanosatellite constellation design for high-coverage, high-resolution sensing**. In: *Proceedings of the 29th ACM International Conference on Architectural Support for Programming Languages and Operating Systems, Volume 1*, La Jolla, CA, USA. New York: Association for Computing Machinery, 2024. p. 117–132. Disponível em: <https://doi.org/10.1145/3617232.3624851>. Acesso em: 9 nov. 2024.

KERROUCHE, Kamel Djamel Eddine; WANG, Lina; SEDDJA, Abderrahmane; RASTINASAB, Vahid; OUKIL, Souad; GHAF FOUR, Yassine Mohammed; NOUAR, Larbi. **Applications of Nanosatellites in Constellation: Overview and Feasibility**

Study for a Space Mission Based on Internet of Space Things Applications Used for AIS and Fire Detection. *Sensors*, v. 23, n. 13, art. 6232, 2023. Disponível em: <https://www.mdpi.com/1424-8220/23/13/6232>. Acesso em: 9 nov. 2024. DOI: 10.3390/s23136232

SALAZAR, Carlos; GONZALEZ-LLARENTE, Jesus; CARDENAS, Lorena; MENDEZ, Javier; RINCON, Sonia; RODRIGUEZ-FERREIRA, Julian; ACERO, Ignacio F. **Cloud Detection Autonomous System Based on Machine Learning and COTS Components On-Board Small Satellites.** *Remote Sensing*, v. 14, n. 21, art. 5597, 2022. Disponível em: <https://www.mdpi.com/2072-4292/14/21/5597>. Acesso em: 9 nov. 2024. DOI: 10.3390/rs14215597.

BERTHOUD, Lucinda *et al.* **University CubeSat project management for success.** In: CONFERENCE ON SMALL SATELLITES, 33., 2019, Logan. [S.L.]: 2019. p. 1-17. Disponível em: <https://s3vi.ndc.nasa.gov/ssri-kb/static/resources/University%20CubeSat%20Project%20Management%20for%20Success.pdf>. Acesso em: 26 out. 2023.

MITCHELL, Ronald K.; AGLE, Bradley R.; WOOD, Donna J. Toward a Theory of Stakeholder Identification and Saliency: Defining the Principle of Who and What Really Counts. **The Academy of Management Review**, v. 22, n. 4, p. 853–886, 1997. Disponível em: <http://www.jstor.org/stable/259247>. Acesso em: 20 set. 2024.

Donati, D. C. X. *et. al.* Mission Design of Catarina Constellation's Fleet A: A system Engineering Case Study. In: .[S.l.: s.n.], 2022.

DONATI, Danylle C. X.; LEHMKUHL, Henrique M.; KOPKO, Ludmila; CARREIRO, Thiago C.; POSSAMAI, Talita Sauter. Systems Engineering of a Brazilian Amazon Imaging CubeSat Constellation: FritzSAT Mission. In: LATIN AMERICAN CUBESAT WORKSHOP: CUBESAT-BASED SATELLITES AND THEIR APPLICATIONS, 33., 2024, Salvador. **Companion Book v0.1**. Salvador: Lacw, 2024. p. 212-221. Disponível em: <https://cubesat.ufsc.br/2024/cb1.pdf>. Acesso em: 23 nov. 2024.

BRASIL. Centro Gestor e Operacional do Sistema de Proteção da Amazônia - CENSIPAM. Ministério da Defesa. **Atuação**. 2024. Disponível em: <https://www.gov.br/censipam/pt-br/atuacao/atuacao>. Acesso em: 05 out. 2024.

BRASIL. Instituto de Pesquisa Ambiental da Amazônia. Ministério de Ciência. **Deter 2023/2024 Biomas Amazônia, Pantanal e Cerrado**. Brasília, 2024. 13 slides, color. Disponível em: <https://www.gov.br/inpe/pt-br/assuntos/ultimas-noticias/inpe-apresenta-dados-do-deter-b-para-amazonia-cerrado-e-pantanal/apresentacao-inpe-deter-julho-de-2024.pdf>. Acesso em: 05 out. 2024.

BRASIL. Coordenação-Geral de Observação da Terra. Inpe. **PRODES - Amazônia**. 2024. Disponível em: <http://www.obt.inpe.br/OBT/assuntos/programas/amazonia/prodes>. Acesso em: 05 out. 2024.

AGÊNCIA ANSA. Época Negócios. **Área desmatada da Amazônia é a maior em 15 anos, mostra Imazon.** 2022. Disponível em: <https://epocanegocios.globo.com/Um-So-Planeta/noticia/2022/08/area-desmatada-d-a-amazonia-e-maior-em-15-anos-mostra-imazon.html>. Acesso em: 05 out. 2024.

SENTIWIKI. European Space Agency. **Copernicus Programme.** 2024. Disponível em: <https://sentiwiki.copernicus.eu/web/copernicus-programme>. Acesso em: 05 out. 2024.

SENTIWIKI. European Space Agency. **S1 Mission.** 2024. Disponível em: <https://sentiwiki.copernicus.eu/web/s1-mission>. Acesso em: 05 out. 2024.

SENTIWIKI. European Space Agency. **S2 Mission.** 2024. Disponível em: <https://sentiwiki.copernicus.eu/web/s2-mission>. Acesso em: 05 out. 2024.

BRASIL. Coordenação-Geral de Observação da Terra. Inpe. **Dados do Prodes apontam redução no desmatamento na Amazônia e no Cerrado brasileiros.** 2024. Disponível em: <http://www.obt.inpe.br/OBT/noticias-obt-inpe/dados-do-prodes-apontam-reducao-no-desmatamento-na-amazonia-e-no-cerrado-brasileiros>. Acesso em: 05 out. 2024.

PIVETTA, Marcos. Revista Pesquisa Fapesp. **Múltiplos sistemas monitoram por satélite o desmatamento na Amazônia.** 2023. Disponível em: <https://revistapesquisa.fapesp.br/multiplos-sistemas-monitoram-por-satelite-o-desmatamento-na-amazonia/>. Acesso em: 05 out. 2024.

BRASIL. Coordenação-Geral de Observação da Terra. Inpe. **DETER.** [s.d.]. Disponível em: <http://www.obt.inpe.br/OBT/assuntos/programas/amazonia/deter/deter>. Acesso em: 05 out. 2024.

BRASIL. Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais. Ministério de Ciência, Tecnologia e Inovação. **Câmeras Imageadoras.** 2024. Disponível em: <https://www.gov.br/inpe/pt-br/programas/cbers/sobre-o-cbers-1/cbers-04a/cameras-imageadoras>. Acesso em: 07 out. 2024.

BRASIL. Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais. Ministério de Ciência, Tecnologia e Inovação. **História.** 2024. Disponível em: <https://www.gov.br/inpe/pt-br/programas/cbers/sobre-o-cbers-1/historia>. Acesso em: 07 out. 2024.

BRASIL. Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais. Ministério de Ciência, Tecnologia e Inovação. **Sobre o Satélite.** 2024. Disponível em: <https://www.gov.br/inpe/pt-br/programas/amazonia1/sobre-o-satelite/sobre-o-satelite>. Acesso em: 07 out. 2024.

BRASIL. Inpe. Ministério de Ciência, Tecnologia e Inovações. **AMAZONIA 1: Descritivo da Missão e do Satélite**. São José dos Campos: INPE, 2021. Disponível em:

https://www.gov.br/inpe/pt-br/programas/amazonia1/repositorio-de-arquivos/a800000-ddd-001_v01-amazonia_1-descritivo_da_missao_e_do_satelite.pdf. Acesso em: 23 nov. 2024.

BRASIL. Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais. Ministério de Ciência. **CBERS-3 e 4**. [s.d.]. Disponível em:

<https://www.gov.br/inpe/pt-br/programas/cbers/sobre-o-cbers-1/cbers-3-e-4>. Acesso em: 07 out. 2024.

BRASIL. Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais. Ministério de Ciência. **CBERS 04A**. [s.d.]. Disponível em:

<https://www.gov.br/inpe/pt-br/programas/cbers/sobre-o-cbers-1/cbers-04a>. Acesso em: 07 out. 2024.

IMAZON (Brasil). **Entenda o Sistema de Alerta de Desmatamento (SAD)**. 2021. Disponível em: <https://imazon.org.br/publicacoes/faq-sad/>. Acesso em: 08 out. 2024.

IMAZON (Brasil). **Sistema de Alerta de Desmatamento (SAD) operacional na plataforma Google Earth Engine**. 2013. Disponível em: <https://imazon.org.br/imprensa/sistema-de-alerta-de-desmatamento-sad-operacional-na-plataforma-google-earth-engine/>. Acesso em: 08 out. 2024.

EMBRAPA (Brasil). **LANDSAT - Land Remote Sensing Satellite**. [s.d.]. Disponível em: <https://www.embrapa.br/satelites-de-monitoramento/missoes/landsat#oli>. Acesso em: 09 out. 2024.

BRASIL. Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais. Ministério de Ciência, Tecnologia e Inovação. **Estimativa de desmatamento na Amazônia Legal para 2023 é de 9.001 km²**. São José dos Campos, 2023. Disponível em:

<https://drive.google.com/file/d/1VuUWiABaaR8NAv5krtrtHZpzc6GrVHUZ/view>. Acesso em: 09 out. 2024.

ESTADOS UNIDOS DA AMÉRICA. Landsat Science. Nasa. **LANDSAT 8**. [s.d.].

Disponível em: <https://landsat.gsfc.nasa.gov/satellites/landsat-8/>. Acesso em: 10 out. 2024.

ESTADOS UNIDOS DA AMÉRICA. Landsat Science. Nasa. **LANDSAT 9**. [s.d.].

Disponível em: <https://landsat.gsfc.nasa.gov/satellites/landsat-9/>. Acesso em: 10 out. 2024.

SENTIWIKI. European Space Agency. **S1 Products**. 2024. Disponível em: <https://sentiwiki.copernicus.eu/web/s1-products>. Acesso em: 05 out. 2024.

MAPBIOMAS (Brasil). **O Projeto**. 2024. Disponível em: <https://brasil.mapbiomas.org/o-projeto/>. Acesso em: 11 out. 2024.

SOUZA JÚNIOR, Carlos et al (Brasil). Mapbiomas. **Amazon - Appendix**: collection 9. Disponível em: <https://brasil.mapbiomas.org/wp-content/uploads/sites/4/2024/08/Appendix-ATBD-Collection-9-Amazon.pdf>. Acesso em: 23 nov. 2024.

MAPBIOMAS ALERTA (Brasil). **O que é o MapBiomias Alerta**. 2024. Disponível em: <https://alerta.mapbiomas.org/>. Acesso em: 11 out. 2024.

MAPBIOMAS ALERTA (Brasil). **CONHEÇA OS PASSOS DO MÉTODO MAPBIOMAS ALERTA**. 2024. Disponível em: <https://alerta.mapbiomas.org/metodo-mapbiomas-alerta/>. Acesso em: 11 out. 2024.

PLANET LABS PBC (Estados Unidos da América). **How It Can Help**: satellite monitoring provides crucial and continuous information from space. Satellite Monitoring Provides Crucial and Continuous Information from Space. 2024. Disponível em: <https://www.planet.com/products/satellite-monitoring/>. Acesso em: 11 out. 2024.

NANOSATS DATABASE. **NANOSATELLITE & CUBESAT DATABASE**. 2024. Disponível em: <https://www.nanosats.eu/database>. Acesso em: 11 out. 2024.

KYMBERLI DE SOUZA. Zeev. **AS IS e TO BE: o que são e como utilizá-los na melhoria de processos**. [s.d.]. Disponível em: <https://zeev.it/blog/as-is-to-be-como-utilizar/>. Acesso em: 12 out. 2024.

DHEKA (org.). **Modelagem de Processos AS-IS x TO-BE**. 2024. Disponível em: <https://dheka.com.br/modelagem-as-is-to-be/>. Acesso em: 12 out. 2024.

PRELL, Christina; HUBACEK, Klaus; REED, Mark. Stakeholder Analysis and Social Network Analysis in Natural Resource Management. **Society & Natural Resources**, [S.L.], v. 22, n. 6, p. 501-518, 4 jun. 2009. Informa UK Limited. <http://dx.doi.org/10.1080/08941920802199202>. Disponível em: <https://www.tandfonline.com/doi/epdf/10.1080/08941920802199202?needAccess=true>. Acesso em: 14 out. 2024.

WANG, Jia; GE, Jiaojia; LU, Qiang. A review of stakeholder analysis. **2012 3Rd International Conference On System Science, Engineering Design And Manufacturing Informatization**, [S.L.], p. 40-43, out. 2012. IEEE. <http://dx.doi.org/10.1109/icssem.2012.6340802>. Disponível em: <https://ieeexplore.ieee.org/stamp/stamp.jsp?tp=&arnumber=6340802&tag=1>. Acesso em: 14 out. 2024.

EUROPEAN COOPERATION FOR SPACE STANDARDIZATION. **ECSS-E-ST-10-11C**: Human factors engineering. C ed. Noordwijk: Esa Requirements And Standards Division, 2008. 56 p.

INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION/INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION. **ISO/IEC 15288:2008(E)**: Systems and software engineering — System life cycle processes. Gevena: Institute Of Electrical And Electronics Engineers, 2008. Disponível em: <https://ieeexplore.ieee.org/stamp/stamp.jsp?tp=&arnumber=6093923&tag=1>. Acesso em: 20 nov. 2024.

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA (Santa Catarina). **Estrutura UFSC**: missão, visão e valores. Missão, Visão e Valores. 2024. Disponível em: <https://estrutura.ufsc.br/missao/>. Acesso em: 20 out. 2024.

BRASIL. **Constituição da República Federativa do Brasil**. Brasília, DF: Senado Federal, 1988.

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA (Santa Catarina). **A importância da pesquisa na Universidade – Propesq Explica 06**. 2024. Disponível em: <https://propesq.ufsc.br/a-importancia-da-pesquisa-na-universidade-propesq-explica-06/>. Acesso em: 20 out. 2024.

REDAÇÃO BLOG DO EAD (Brasil). Blog do Ead. **O que é o tripé ensino, pesquisa e extensão, falado na universidade?** 2024. Disponível em: <https://www.blogdoead.com.br/tag/vida-na-universidade/ensino-pesquisa-e-extensao/#b>. Acesso em: 20 out. 2024.

SENAI (Brasil). **New Space**. [s.d.]. Disponível em: <https://institutos.sc.senai.br/new-space/#>. Acesso em: 21 out. 2024.

MATOS, Patrícia de Oliveira. New Space e poder monetário: os estados unidos no setor espacial pós-crise financeira de 2008. **Revista Tempo do Mundo**, [S.L.], n. 29, p. 387-408, 15 ago. 2022. Instituto de Pesquisa Economica Aplicada - IPEA. <http://dx.doi.org/10.38116/rtm29art11>. Disponível em: <https://www.ipea.gov.br/revistas/index.php/rtm/article/view/398>. Acesso em: 21 out. 2024.

SATELLITE INDUSTRY ASSOCIATION (Estados Unidos da América). **2023 Global Satellite Industry Revenues**. 2024. Disponível em: <https://sia.org/news-resources/state-of-the-satellite-industry-report/>. Acesso em: 21 out. 2024.

JOAQUIM CASSICATO. Portal de T.I.. **Economia espacial gerou receitas de 400 mil milhões de dólares em 2023**. 2024. Disponível em:

<https://pti.ao/economia-espacial-gerou-receitas-de-400-mil-milhoes-de-dolares-em-2023/>. Acesso em: 21 out. 2024.

BRASIL. MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE E MUDANÇA DO CLIMA. . **Governo lança plano de combate ao desmatamento na Amazônia e anuncia atos ambientais.** 2023. Disponível em: <https://www.gov.br/mma/pt-br/governo-lanca-plano-de-combate-ao-desmatamento-na-amazonia-e-anuncia-atos-ambientais>. Acesso em: 21 out. 2024.

BRASIL. GOVERNO FEDERAL. **PLANO DE AÇÃO PARA PREVENÇÃO E CONTROLE DO DESMATAMENTO NA AMAZÔNIA LEGAL (PPCDAm): 5ª fase (2023 a 2027).** [S.L.]: Brasil, 2023. Disponível em: https://www.gov.br/mma/pt-br/ppcdam_2023_sumario-rev.pdf. Acesso em: 23 nov. 2024.

BRASIL. AGÊNCIA ESPACIAL BRASILEIRA. **AEB.** 2024. Disponível em: <https://www.gov.br/aeb/pt-br/aceso-a-informacao/institucional/aeb>. Acesso em: 21 out. 2024.

BRASIL. AGÊNCIA ESPACIAL BRASILEIRA. **Competências.** 2024. Disponível em: <https://www.gov.br/aeb/pt-br/aceso-a-informacao/institucional/legislacao/competencias>. Acesso em: 21 out. 2024.

BRASIL. AGÊNCIA ESPACIAL BRASILEIRA. **Programa Nacional de Atividades Espaciais – PNAE 2022-2031.** 2021. Disponível em: <https://observatorio.aeb.gov.br/publicacoes-e-noticias/publicacoes/programa-nacional-de-atividades-espaciais-pnae#pnae-geral>. Acesso em: 02 out. 2024.

BRASIL. AGÊNCIA ESPACIAL BRASILEIRA. **Linha do tempo das atividades espaciais no Brasil.** 2023. Disponível em: <https://www.gov.br/aeb/pt-br/programa-espacial-brasileiro/linha-do-tempo>. Acesso em: 22 out. 2024.

BRASIL. Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais. Ministério de Ciência, Tecnologia e Inovação. **História.** 2021. Disponível em: <https://www.gov.br/inpe/pt-br/aceso-a-informacao/institucional/historia>. Acesso em: 22 out. 2024.

BRASIL. Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais. Ministério de Ciência, Tecnologia e Inovação. **Missão, Visão e Valores.** 2022. Disponível em: <https://www.gov.br/inpe/pt-br/aceso-a-informacao/institucional/missao-visao-e-valores>. Acesso em: 22 out. 2024.

BRASIL. Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais. Ministério de Ciência, Tecnologia e Inovação. **Competências.** 2022. Disponível em:

<https://www.gov.br/inpe/pt-br/acesso-a-informacao/institucional/competencias>. Acesso em: 22 out. 2024.

BRASIL. Laboratório de Integração e Testes. Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais. **Atividades Desenvolvidas**. [s.d.]. Disponível em: <https://www.lit.inpe.br/pt-br/atividades-desenvolvidas>. Acesso em: 22 out. 2024.

Hilário Castro et al. **ESTAÇÃO MULTIMIÇÃO DE NATAL – UMA ABORDAGEM DISRUPTIVA PARA COMUNICAÇÃO COM SATÉLITES COM USO DE SDR E SISTEMAS DISTRIBUÍDOS**. In: ANAIS DA SPACE WEEK NORDESTE 2023, 2023, Fortaleza. Anais eletrônicos., Campinas, Galoá, 2023. Disponível em: <<https://proceedings.science/swn-2023/trabalhos/estacao-multimissao-de-natal-uma-abordagem-disruptiva-para-comunicacao-com-satel?lang=pt-br>> Acesso em: 22 out. 2024.

TOLFO, C. Using rich picture as a didactic resource based on visual thinking. **Research, Society and Development**, [S. l.], v. 9, n. 1, p. e79911663, 2020. DOI: 10.33448/rsd-v9i1.1663. Disponível em: <https://rsdjournal.org/index.php/rsd/article/view/1663>. Acesso em: 20 nov. 2024.

STUART BURGE (Reino Unido). Burge Hughes Walsh. **The Systems Thinking Tool Box**: rich picture. Rugby: Burge Hughes Walsh, 2015. Disponível em: <https://www.burgehugheswalsh.co.uk/Uploaded/1/Documents/Rich-Picture-Tool-v1.pdf>. Acesso em: 23 nov. 2024.

MOTLEY, A. E. **Goals analysis procedure, guidelines for applying the goals analysis process**. In: **GATEWAY TO THE NEW MILLENNIUM. 18TH DIGITAL AVIONICS SYSTEMS CONFERENCE. PROCEEDINGS** (Cat. No.99CH37033). Anais... 1999. v. 1, p. 1.A.5-1.A.5. DOI: 10.1109/DASC.1999.863680. Disponível em: <https://ieeexplore.ieee.org/document/863680>. Acesso em: 25 out. 2024.

ASANA. **Goals vs. objectives: A project manager's breakdown**. 2024. Disponível em: <https://asana.com/pt/resources/goal-vs-objective>. Acesso em: 25 out. 2024.

PUYT, Richard W.; LIE, Finn Birger; WILDEROM, Celeste P.M.. The origins of SWOT analysis. **Long Range Planning**, [S.L.], v. 56, n. 3, p. 102304, jun. 2023. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.lrp.2023.102304>. Disponível em: https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0024630123000110?ref=pdf_download&fr=RR-2&rr=8e64db39ace202f4. Acesso em: 27 out. 2024.

C.R, Sharath Kumar; K.B, Praveena. SWOT ANALYSIS. **International Journal Of Advanced Research**, [S.L.], v. 11, n. 09, p. 744-748, 30 set. 2023. International Journal Of Advanced Research. <http://dx.doi.org/10.21474/ijar01/17584>. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/374707908_SWOT_ANALYSIS. Acesso em: 27 out. 2024.

GÜREL, Emet; TAT, Merba. SWOT ANALYSIS: a theoretical review. **Journal Of International Social Research**, [S.L.], v. 10, n. 51, p. 994-1006, 30 ago. 2017. The Journal of International Social Research. <http://dx.doi.org/10.17719/jisr.2017.1832>. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/319367788_SWOT_ANALYSIS_A_THEORETICAL_REVIEW. Acesso em: 27 out. 2024.

GHALEB, Belal Dahiam Saif. The Importance of Using SWOT Analysis in Business Success. **International Journal Of Asian Business And Management**, [S.L.], v. 3, n. 4, p. 557-564, 30 ago. 2024. PT Formosa Cendekia Global. <http://dx.doi.org/10.55927/ijabm.v3i4.10857>. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/383692853_The_Importance_of_Using_SWOT_Analysis_in_Business_Success. Acesso em: 27 out. 2024.

CERVONE, H. Frank. Applied digital library project management. **Oclc Systems & Services: International digital library perspectives**, [S.L.], v. 25, n. 4, p. 228-232, 30 out. 2009. Emerald. <http://dx.doi.org/10.1108/10650750911001815>. Disponível em: <https://www.emerald.com/insight/content/doi/10.1108/10650750911001815/full/pdf?title=applied-digital-library-project-management-using-pugh-matrix-analysis-in-complex-decisionmaking-situations>. Acesso em: 28 out. 2024.

AMERICAN SOCIETY FOR QUALITY (Estados Unidos da América). **What is a Decision Matrix**. 2024. Disponível em: <https://asq.org/quality-resources/decision-matrix>. Acesso em: 28 out. 2024.

STUART BURGE (Reino Unido). Burge Hughes Walsh. **The Systems Thinking Tool Box: Pugh Matrix (PM)**. Rugby: Burge Hughes Walsh, 2009. Disponível em: <https://www.burgehugheswalsh.co.uk/uploaded/1/documents/pugh-matrix-v1.1.pdf>. Acesso em: 23 nov. 2024.

LIANG, Shunlin; WANG, Jindi. Chapter 1 - A systematic view of remote sensing. In: **LIANG, Shunlin; WANG, Jindi (Ed.). Advanced Remote Sensing (Second Edition)**. 2. ed. Academic Press, 2020. p. 1-57. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/B9780128158265000015>. DOI: <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-815826-5.00001-5>. ISBN: 978-0-12-815826-5.

DEMENICIS, Luciene da Silva. **O SATÉLITE GEOESTACIONÁRIO DE DEFESA E COMUNICAÇÕES ESTRATÉGICAS (SGDC): UMA ANÁLISE DAS CONTRIBUIÇÕES PARA A DEFESA NACIONAL**. 2018. 94 f. TCC (Graduação) - Curso de Ciências Militares, —Escola de Comando e Estado-Maior do Exército, Rio de Janeiro, 2018. Disponível em: <https://bdex.eb.mil.br/jspui/bitstream/123456789/2895/1/MO%205896%20-%20LUCIENE.pdf>. Acesso em: 02 nov. 2024.

ALÉN SPACE (Espanha). **A BASIC GUIDE TO NANOSATELLITES**. 2024. Disponível em: <https://alen.space/basic-guide-nanosatellites/>. Acesso em: 02 nov. 2024.

ANEXO A – Satélites Usados pelo PRODES



MINISTÉRIO DA CIÊNCIA, TECNOLOGIA E INOVAÇÃO
INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS

Relatório de análise de polígono de desmatamento apontado pelo PRODES NUP 01217.008836/2024-65

O Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais - INPE/MCTI realiza o monitoramento por satélite do desmatamento por corte raso e por degradação progressiva da floresta na Amazônia Legal desde 1988. Para executar este levantamento o PRODES utilizou por muito tempo as imagens de satélites da classe LANDSAT (20 a 30 metros de resolução espacial e taxa de revisita de 16 dias) numa combinação que busca minimizar o problema da cobertura de nuvens e garantir critérios de interoperabilidade, usando a melhor imagem existente para cada ano de mapeamento.

Historicamente, as imagens dos sensores TM e OLI, a bordo respectivamente dos satélites americanos LANDSAT-5 e LANDSAT-8, foram as mais utilizadas pelo projeto até o presente momento. Adicionalmente, as imagens dos sensores CCD a bordo dos satélites sino-brasileiros CBERS-2, CBERS-2B, CBERS-4 e CBERS-4A, bem como do sensor LISS-3 a bordo do satélite indiano Resourcesat-1 e do satélite inglês UK-DMC2 também foram utilizadas no PRODES.

A partir de 2022, iniciou-se a utilização também das imagens Sentinel 2A e 2B, como insumo nos mapeamentos, e partir do ano de 2024, essas imagens foram adotadas como as imagens padrão, devido a sua resolução espacial de 10m, e uma taxa de revisita de 5 dias, aumentando assim a disponibilidade de dados para o mapeamento.

Para cada ano mapeado é utilizada uma imagem para detectar a supressão por corte raso ou por degradação progressiva da vegetação florestal da Amazônia Legal. A escala utilizada no mapeamento do PRODES é de 1:50.000 metros e a área mínima mapeada é de 1 hectare, mantendo desta forma a série histórica do projeto coerente no decorrer dos anos. Maiores detalhes podem ser encontrados na Metodologia no endereço (<http://urlib.net/ibi/8JMKD3MGP3W34T/47GAF6S>).

O INPE agradece a colaboração da comunidade nacional nos apontamentos e discussões que venham a agregar na coerência e confiabilidade de nossa base.



MINISTÉRIO DE CIÊNCIA, TECNOLOGIA E INOVAÇÃO
INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS

E em atenção à solicitação realizada em 14 de setembro de 2024, foi preparada a presente Nota Técnica.

São José dos Campos, 05 de outubro de 2024.



Documento assinado digitalmente
CLAUDIO APARECIDO DE ALMEIDA
Data: 05/10/2024 09:58:21 -0300
Verifique em <https://validar.it.gov.br>

Cláudio Aparecido de Almeida
Tecnologista Sênior
Coordenador do Programa de Monitoramento BiomasBR