

CENTRO PAULA SOUZA
ETEC PROFESSORA MARIA CRISTINA MEDEIROS
Técnico em Logística

Daniel Gisolfi Alves
Felipe Miguel Avelino Marinho
Felipe Rodrigues de Souza
Heloísa Ferreira Gomes
Lucas Rafael Avelino Marinho

**ECONOMIA CIRCULAR: Oportunidades e dificuldades no processo
da logística reversa no espaço**

Ribeirão Pires
2025

**Daniel Gisolfi Alves
Felipe Miguel Avelino Marinho
Felipe Rodrigues de Souza
Heloísa Ferreira Gomes
Lucas Rafael Avelino Marinho**

**ECONOMIA CIRCULAR:
Oportunidades e dificuldades no
processo da logística
reversa no espaço**

**Ribeirão Pires
2025**

FICHA CATALOGRÁFICA
CATALOGAÇÃO CENTRALIZADA
Biblioteca da ETEC Prof.^a Maria Cristina Medeiros

Economia Circular: oportunidades e dificuldades no processo da logística reversa no espaço / Daniel Gisolfi Alves; Felipe Miguel Avelino Marinho; Felipe Rodrigues de Souza; Heloísa Ferreira Gomes; Lucas Rafael Avelino Marinho. – Ribeirão Pires (SP): ETEC MCM, 2025. Monografia. 30 fls.

Formato PDF/A. Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader
Trabalho de Conclusão de Curso – Centro Paula Souza, ETEC Prof.^a Maria Cristina Medeiros, Eixo Gestão e Negócios - Curso Técnico em Logística, Ribeirão Pires (SP).

Orientador (a): Profa. Especialista em Logística Lucíola de Almeida Pereira
Depósito: Repositório Institucional do Conhecimento do Centro Paula Souza
Modo de acesso: <http://ric.cps.sp.gov.br>

1. Economia circular 2. Estratosfera 3. Logística reversa 4. Lixo Espacial

I. Título II. Autores

CDD 658.5

Elaborado Por: Patricia Cordeiro da Silva Farias – CRB-8/7510

Daniel Gisolfi Alves
Felipe Miguel Avelino Marinho
Felipe Rodrigues de Souza
Heloisa Ferreira Gomes
Lucas Rafael Avelino Marinho

TÍTULO: Oportunidades e Dificuldades no processo da logística reversa no espaço

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à Etec Maria Cristina Medeiros – ETEC MCM - como requisito parcial para obtenção do grau de Técnico em logística.

Orientadora Prof^ª.Esp. Lucíola de Almeida Pereira

Banca Examinadora:

Nome:	Lucíola de Almeida Pereira	
Titulação:	Professora Especialista	

Nome:	Roberto Aljona Ortega	
Titulação:	Professor Especialista	

Nome:	Douglas Leonardo de Lima	
Titulação:	Professor Mestre	

A Banca Examinadora deste Trabalho de Conclusão de Curso, em sessão realizada na cidade de Ribeirão Pires em 28 de novembro de 2025, considerou os candidatos:

(X) APROVADOS

() REPROVADOS

DEDICATÓRIA

A professora Luciola Pereira pelo apoio durante o semestre com o TCC, por ajudar a conduzir este trabalho até aqui de forma tão responsável, pela paciência e compreensão que demonstrou conosco. E, a família e amigos que apoiaram a nossa jornada neste longo ano de trabalho duro.

RESUMO

A crescente atividade aeroespacial nas últimas décadas tem gerado preocupações com os resíduos espaciais, especialmente na estratosfera e órbita terrestre. Durante os lançamentos de foguetes, poluentes como partículas de combustível sólido, fuligem e óxidos de alumínio são liberados, afetando a camada de ozônio e o clima global. Além disso, a falta de regulamentações específicas para o controle do lixo espacial amplia os impactos ambientais, dificultando o desenvolvimento de estratégias de mitigação eficazes. A logística reversa no espaço surge como um grande desafio, devido às barreiras tecnológicas, econômicas e operacionais, como os elevados custos de retorno de resíduos à Terra e as condições inóspitas do ambiente espacial. O acúmulo de lixo espacial, que pode gerar riscos de colisões e comprometer futuras missões, exige soluções urgentes e viáveis. A cooperação internacional e o desenvolvimento de sistemas autônomos de captura de detritos em órbita são apontados como possíveis alternativas, considerando o aumento da atividade espacial. O objetivo deste estudo é analisar as tecnologias e estratégias da logística reversa espacial, além de avaliar os impactos ambientais e econômicos do lixo espacial, destacando os riscos para as missões e sistemas de comunicação. O trabalho também busca examinar o panorama regulatório internacional e identificar os desafios e oportunidades para o desenvolvimento de soluções sustentáveis, garantindo a preservação do ambiente orbital e a continuidade das atividades espaciais.

Palavras – chave: economia circular. Estratosfera. Logística reversa. Lixo espacial. oportunidades.

ABSTRACT

The growing aerospace activity in recent decades has raised concerns about space debris, especially in the stratosphere and Earth's orbit. During rocket launches, pollutants such as solid fuel particles, soot, and aluminum oxides are released, affecting the ozone layer and global climate. In addition, the lack of specific regulations for space debris control intensifies environmental impacts, making the development of effective mitigation strategies more difficult. Reverse logistics in space emerges as a major challenge due to technological, economic, and operational barriers, such as the high costs of returning waste to Earth and the harsh conditions of the space environment. The accumulation of space debris, which can generate collision risks and jeopardize future missions, demands urgent and viable solutions. International cooperation and the development of autonomous debris-capture systems in orbit are identified as possible alternatives, considering the increasing space activity. The objective of this study is to analyze the technologies and strategies of space reverse logistics, as well as to assess the environmental and economic impacts of space debris, highlighting the risks for missions and communication systems. The work also aims to examine the international regulatory landscape and identify the challenges and opportunities for developing sustainable solutions, ensuring the preservation of the orbital environment and the continuity of space activities.

Keywords: circular economy; stratosphere; reverse logistics; space debris; opportunities.

SUMÁRIO

1.0 INTRODUÇÃO	9
1.1. Justificativa	10
1.2. Problemática	11
1.3. Hipótese	11
1.4. Objetivo geral	12
1.5. Objetivo específico	13
2.0 REFERENCIAL TEÓRICO	13
2.1. Conceito e Relevância da Logística Reversa	13
2.2. Logística Reversa e Economia Circular	14
2.3. Lixo Espacial: Um Novo Desafio da Logística Reversa	15
2.4. Iniciativas e Tecnologias de Mitigação	16
2.5. A exploração do Lixo Espacial.	17
2.6. Dados da <i>Agência Espacial Européia</i>	17
2.7. Tipos de órbitas em torno da terra	18
2.8. Programas que visam reduzir os riscos do lixo espacial	18
2.9. A responsabilidade das ações no espaço e suas implicações	20
3.0 DESENVOLVIMENTO	21
3.1. Corrida espacial	21
3.2. Logística reversa na reutilização dos produtos espaciais	22
3.3. Como Estação Espacial Internacional) lida com o reaproveitamento de água e alimentos	22
3.4. Coleta e reaproveitamento de matérias e seus riscos	23
3.5. Reutilização de componentes de foguetes	23
3.6. Design de satélites	24
3.7. Desenvolvimento de robôs autônomos	24
3.8. Algoritmos de navegação e identificação de materiais recicláveis	25
3.9. Normas internacionais e protocolos de descarte.	26
4.0. ANÁLISE E DISCUSSÃO DE RESULTADOS	26
4.1. Análise de Soluções Tecnológicas para a Mitigação de Detritos	

Espaciais	27
4.2. CONCLUSÃO	29

1.0 INTRODUÇÃO

A crescente intensificação das atividades aeroespaciais nas últimas décadas trouxe novos desafios ambientais, especialmente relacionados ao acúmulo de resíduos nas camadas superiores da atmosfera e na órbita terrestre. O aumento de lançamentos, impulsionado pela exploração comercial do espaço e pelo crescimento de megaconstelações de satélites, elevou significativamente a quantidade de detritos orbitais, representando riscos para satélites ativos, missões tripuladas, sistemas de comunicação e até para o equilíbrio climático da Terra. Diante desse cenário, torna-se essencial compreender os impactos do chamado lixo espacial e avaliar alternativas tecnológicas e normativas voltadas à sua mitigação. A logística reversa, tradicionalmente aplicada em ambientes terrestres, surge como um conceito-chave adaptado ao contexto espacial, propondo práticas de recuperação, reaproveitamento, desorbitamento controlado e redução de resíduos em órbita. Assim, este trabalho busca investigar como a logística reversa pode ser incorporada ao setor aeroespacial, quais tecnologias já estão em desenvolvimento e quais políticas internacionais regulam a responsabilidade dos atores envolvidos. A relevância do tema se fundamenta na necessidade de garantir a sustentabilidade das atividades espaciais, preservando o ambiente orbital para as próximas gerações.

A metodologia utilizada consiste em uma pesquisa de caráter exploratório e bibliográfico, baseada na revisão de artigos científicos, relatórios técnicos de agências espaciais como *NASA*, *ESA* e *JAXA*, documentos da *ONU*, livros acadêmicos e materiais de especialistas na área de logística reversa, economia circular e engenharia aeroespacial. A pesquisa assume abordagem qualitativa, permitindo analisar conceitos, práticas, desafios e perspectivas relacionados ao gerenciamento do lixo espacial. Foram consultadas bases de dados científicas, sites oficiais de agências internacionais, publicações digitais e obras clássicas sobre sustentabilidade e logística reversa, possibilitando uma compreensão abrangente das soluções existentes e das lacunas ainda presentes no panorama global. Dessa forma, os dados coletados subsidiam a análise crítica sobre a viabilidade técnica, econômica e regulatória de implementar sistemas de logística reversa no espaço, consolidando um referencial teórico coerente para o desenvolvimento do estudo.

1.1. Justificativa

A crescente atividade aeroespacial nas últimas décadas, trouxe à tona a preocupação com os resíduos gerados, não apenas no espaço exterior, mas também nas camadas superiores da atmosfera terrestre. Em especial, a estratosfera, camada que se estende aproximadamente de 10 km a 50 km de altitude, passou a receber diferentes tipos de poluentes, provenientes de lançamentos de foguetes e outras atividades espaciais. Esses resíduos, embora não visíveis ao observador comum, representam riscos concretos ao equilíbrio ambiental e climático do planeta.

Durante os lançamentos, é comum que partículas de combustível sólido, fuligem, óxidos de alumínio e outros resíduos químicos sejam liberados na estratosfera. Estudos indicam que esses elementos podem contribuir para a degradação da camada de ozônio, responsável por filtrar a radiação ultravioleta solar. A presença constante desses compostos químicos, altera a composição atmosférica, intensificando o risco de aquecimento localizado e de mudanças climáticas mais amplas.

Além do impacto ambiental, destaca-se a ausência de regulamentações internacionais específicas para o controle do lixo gerado na estratosfera. Essa lacuna normativa permite que empresas e agências espaciais, operem sem considerar integralmente os efeitos cumulativos de suas atividades nessa camada atmosférica. Considerando o aumento significativo no número de lançamentos, impulsionado pela exploração comercial do espaço, torna-se urgente discutir estratégias de mitigação e controle desses impactos.

Diante desse cenário, a presente pesquisa justifica-se pela necessidade de compreender os efeitos do lixo estratosférico e de propor alternativas sustentáveis, tanto tecnológicas quanto legislativas, que possam permitir a continuidade das atividades aeroespaciais com responsabilidade ambiental. A discussão sobre logística reversa, reaproveitamento de materiais e monitoramento atmosférico é, portanto, essencial para garantir a preservação.

1.2. Problemática

A logística reversa no espaço, representa um dos maiores desafios da exploração espacial contemporânea. Diferente do contexto terrestre, onde o retorno

de resíduos e produtos pode ser viabilizados por meio de sistemas logísticos consolidados, o ambiente espacial impõe barreiras tecnológicas, operacionais e econômicas, que tornam esse processo extremamente complexo.

Um dos principais entraves, é o custo elevado das operações espaciais, para se trazer equipamentos ou detritos de volta à Terra, exige-se veículos com capacidade de reentrada, escudos térmicos e planejamento preciso, elevando significativamente os gastos das missões. Além disso, o espaço é um ambiente inóspito, marcado pelo micro gravidade, vácuo e radiações intensas, o que dificulta a coleta e o manuseio de resíduos. A ausência de infraestrutura, como estações de triagem e centros de armazenagem, torna a logística reversa quase inviável sem investimentos bilionários em novas tecnologias. Outro fator crítico é o rastreamento e o controle de objetos espaciais, muitos dos quais estão em órbitas instáveis, movendo-se a altíssimas velocidades e com risco de colisão.

Do ponto de vista ambiental, o acúmulo de lixo espacial representa um risco crescente para satélites, estações e futuras missões tripuladas, criando a urgência de soluções eficazes. No entanto, a viabilidade econômica da logística reversa no espaço ainda é limitada, uma vez que o custo de retorno raramente compensa o valor dos materiais recuperados. Assim, a problemática se estabelece em: Como desenvolver sistemas de logística reversa espacial, que sejam seguros, tecnicamente viáveis e economicamente sustentáveis diante de tantos desafios?

1.3. Hipótese

O primeiro benefício de um esforço global conjunto seria a otimização de recursos. O espaço é vasto, mas também é caro, e a infraestrutura necessária para realizar missões de captura de detritos, como satélites especializados, sistemas de monitoramento e propulsão, tem custos elevados. Ao juntar os recursos financeiros e tecnológicos de vários países e empresas privadas, seria possível dividir os custos de desenvolvimento e operação dessas tecnologias. Isso permitiria a criação de uma infraestrutura mais eficiente, sem sobrecarregar um único ator econômico.

A implementação de sistemas autônomos de recolhimento de lixo espacial em órbita baixa terrestre (LEO) seria tecnicamente viável e estrategicamente necessária nos próximos 15 anos, especialmente se houvesse investimentos coordenados entre governos e empresas privadas, como já vem ocorrendo em iniciativas internacionais e nacionais. Com o aumento exponencial do número de satélites e da atividade espacial

comercial, especialmente por meio de megaconstelações como a *Starlink*, há uma tendência clara de saturação da órbita terrestre. A falta de remoção desses detritos, pode gerar riscos crescentes de colisões em cascata, fenômeno conhecido como síndrome de *Kessler*, comprometendo futuras missões espaciais.

Por fim, a cooperação internacional permitiria a criação de uma infraestrutura mais resistente e capaz de atender à crescente demanda por acessos ao espaço. À medida que mais países e empresas entram no mercado espacial, a necessidade de um sistema de logística reversa eficiente se tornará ainda mais premente.

1.4. Objetivo geral

O presente trabalho tem como objetivo geral compreender, de forma ampla e aprofundada, os mecanismos, tecnologias, estratégias e políticas internacionais envolvidas na retirada do lixo espacial, considerando os impactos ambientais, operacionais e econômicos decorrentes da presença de detritos orbitais na órbita terrestre. Busca-se analisar como a acumulação desses resíduos compromete a segurança das missões espaciais, tanto tripuladas quanto não tripuladas, além de representar riscos significativos para satélites ativos e para o funcionamento dos sistemas de comunicação, navegação e monitoramento climático. Nesse contexto, pretende-se identificar as principais soluções propostas e desenvolvidas até o momento, como satélites de remoção ativa, robôs orbitais, sistemas de captura e reentrada controlada, bem como investigar os desafios técnicos, financeiros e regulatórios que dificultam a implementação de uma logística reversa efetiva no espaço. Dessa forma, o trabalho visa contribuir para o entendimento da importância da gestão adequada do lixo espacial, como parte essencial da sustentabilidade das atividades espaciais e da preservação do ambiente orbital para as gerações futuras.

1.5. Objetivo específico

Os objetivos específicos são:

- Identificar e descrever as principais tecnologias atualmente utilizadas para a remoção de lixo espacial, detalhando seu funcionamento, aplicabilidade e limitações técnicas;

- Analisar as estratégias de logística reversa espacial, avaliando como essas iniciativas podem ser integradas aos processos de lançamento, operação e descarte de satélites e outros equipamentos orbitais;
- Investigar os impactos ambientais e econômicos da acumulação de detritos na órbita terrestre, destacando os riscos associados às colisões e à geração de novos fragmentos que possam comprometer futuras missões espaciais;
- Examinar o panorama regulatório internacional vigente, com foco nas políticas, acordos e responsabilidades dos agentes espaciais no gerenciamento do lixo orbital;
- Apontar os desafios e oportunidades para o desenvolvimento de soluções inovadoras e sustentáveis, que possam garantir a preservação do ambiente espacial e a continuidade segura das operações aeroespaciais.

2.0 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1. Conceito e Relevância da Logística Reversa

A logística reversa é o conjunto de atividades voltadas ao planejamento, implementação e controle do fluxo de produtos e materiais após o consumo, com o objetivo de agregar valor econômico, ecológico e social. Diferencia-se da logística tradicional, pois trata do fluxo de retorno dos produtos ao ponto de origem, possibilitando a reciclagem, remanufatura, reuso e o descarte. No Brasil, a Política Nacional de Resíduos Sólidos (Lei nº 12.305/2010), estabelece a responsabilidade compartilhada entre fabricantes, distribuidores, comerciantes e consumidores. Essa legislação fortaleceu a obrigatoriedade da logística reversa para determinados produtos, como pilhas, pneus, óleos lubrificantes, agrotóxicos e eletrônicos.

Ainda dentro do contexto da reversão de produtos em sustentabilidade e imersão no conceito da Política Nacional de Resíduos Sólidos, existem as modalidades de logística reversa, que são formadas por:

- Pós-consumo: relaciona-se à devolução de produtos após o uso final, quando já não possuem utilidade para o consumidor. É o caso de baterias, embalagens

e equipamentos eletrônicos descartados, que podem ser reinseridos no ciclo produtivo através de processos de triagem e reciclagem;

- Pós-venda: ocorre quando o produto retorna ao fabricante ou comerciante por motivos comerciais, como trocas, defeitos ou avarias. Apesar de ser mais comum no varejo, também contribui para reduzir o desperdício e aprimorar o controle de qualidade.

2.2. Logística Reversa e Economia Circular

A logística reversa e a economia circular são conceitos interligados e essenciais para a sustentabilidade contemporânea. Enquanto a logística oferece mecanismos estratégicos, padronizados e práticos, a economia circular integra uma visão holística de um sistema sustentável.

A logística reversa integra-se diretamente ao conceito de economia circular, modelo econômico que visa eliminar o desperdício e manter os produtos e materiais em uso pelo maior tempo possível. Essa integração reforça práticas sustentáveis, como remanufatura, reciclagem e recuperação de energia, substituindo o modelo linear de “extrair, produzir e descartar” (*ELLEN MACARTHUR FOUNDATION, 2015*).

Ainda dentro do contexto de circularidade na economia e reversão na logística, ambas buscam superar o modelo linear tradicional de extrair, produzir e descartar. Elas buscam algo mais adequado ao ambiente atual, como um modelo que contempla toda a cadeia de suprimentos, desde o fornecedor da matéria prima até o consumidor final. Levando a um patamar elevado dentro do setor que ainda é muito recente, mas que tem grande potencial de desenvolvimento concreto e otimizado.

As empresas que adotam esse modelo, obtêm ganhos econômicos e de imagem institucional, ao mesmo tempo em que atendem a demandas legais e sociais por responsabilidade ambiental (*RIBEIRO; GÜNTHER, 2019*).

A logística reversa se consolida como um instrumento estratégico e ambientalmente essencial para o equilíbrio entre desenvolvimento econômico e preservação ecológica. Ao integrar princípios da economia circular e da responsabilidade compartilhada, ela contribui para reduzir impactos negativos e promover a reutilização eficiente de recursos.

No cenário espacial, o avanço tecnológico demanda novas formas de aplicar esses mesmos princípios, reforçando que a sustentabilidade deve ser global e multissetorial. Assim, tanto no chão das fábricas quanto nas órbitas da Terra, a gestão consciente dos resíduos é uma condição indispensável para o futuro sustentável da humanidade.

2.3. Lixo Espacial: Um Novo Desafio da Logística Reversa

A logística reversa no contexto do lixo espacial começa a ser vista como uma solução necessária para mitigar os efeitos dessa crescente poluição orbital. Assim como na logística reversa tradicional, que busca retornar materiais ao ponto de origem para reaproveitamento, a ideia no espaço seria coletar, remover e possivelmente reciclar ou reprocessar os detritos orbitais, evitando que mais fragmentos sejam gerados e criando um ambiente mais seguro para as atividades espaciais.

A tecnologia desempenha um papel fundamental nesse processo. Diferente da logística reversa convencional, que ocorre em um ambiente terrestre e pode contar com infraestruturas já estabelecidas, a logística reversa espacial exige inovações radicais em termos de engenharia e técnicas de recuperação. O uso de espaçonaves especializadas para capturar e remover objetos do espaço é uma das abordagens que estão sendo investigadas. Algumas dessas missões propõem a utilização de "garfões" ou redes para fisgar detritos, enquanto outras estão explorando sistemas baseados em lasers para alterar a órbita dos fragmentos e trazê-los de volta à atmosfera, onde se desintegrariam.

O desafio, no entanto, vai além da coleta dos detritos. O lixo espacial é um problema particularmente complexo por conta das altas velocidades com as quais os fragmentos viajam, tornando a detecção e a captura uma tarefa altamente difícil e cara. Adicionalmente, o espaço é um ambiente onde não existe uma infraestrutura de armazenamento ou reciclabilidade como temos na Terra. Por isso, uma das soluções viáveis é garantir que as missões espaciais sigam princípios de design sustentável, com a ideia de que os satélites e equipamentos lançados para o espaço sejam mais facilmente descartados ou desativados de maneira a não gerar mais detritos.

2.4. Iniciativas e Tecnologias de Mitigação

O processo de mitigação dos impactos ambientais é potencializado por essas inovações tecnológicas. Por exemplo, plataformas de análise de dados podem prever quais produtos são mais propensos a serem devolvidos ou reciclados, permitindo uma melhor gestão do estoque e uma logística mais eficiente. O uso de sensores em produtos e embalagens também ajuda na coleta de dados, o que possibilita uma tomada de decisão mais precisa sobre os processos de reaproveitamento e o gerenciamento de resíduos.

Além disso, a tecnologia facilita o engajamento dos consumidores com a logística reversa, oferecendo, por exemplo, aplicativos que incentivam a devolução de embalagens ou a troca de produtos usados por descontos, premiando ações que favorecem o meio ambiente. Esse tipo de ferramenta torna a logística reversa mais acessível e intuitiva para o público em geral, ao mesmo tempo em que gera uma maior conscientização sobre o consumo responsável.

Em um nível mais macro, a tecnologia também pode ajudar na criação de modelos de negócios circulares, onde os produtos são projetados desde o início para serem mais facilmente reciclados, desmontados ou reconicionados, minimizando os impactos ambientais desde a sua concepção. Esses modelos não apenas favorecem a sustentabilidade, mas também têm um grande potencial para gerar eficiência operacional, ao otimizar a cadeia produtiva e reduzir custos ao longo do ciclo de vida dos produtos.

2.5. A exploração do Lixo Espacial.

A exploração do lixo espacial propõe a necessidade do uso de novos sensores e tecnologias de detecção em órbita e em terra, além de algoritmos de IA para auxiliar no monitoramento e previsão de colisões.

Abaixo estão algumas tecnologias, utilizadas na exploração e controle dos detritos despejados no espaço:

- Satélites coletores: satélites com braços robóticos ou até mesmo redes, podem capturar e desviar do trajeto, os detritos de forma controlada incinerando-os na atmosfera;
- Lasers: A utilização de lasers, tanto da Terra quanto do espaço, para alterar a trajetória dos detritos provocando a reentrada atmosférica controlada.
- Tecnologias de Desintegração: O desenvolvimento de tecnologias para desintegrar ou transportar os detritos que estão na órbita.
- Materiais Biodegradáveis: Pesquisas buscam criar satélites e componentes feitos de materiais que se degradem naturalmente, como madeira, materiais para impressão 3D, como *Acido Polilático (PLA)*, *Polihidroxicanoatos (PHA)* para não deixarem resíduos duradouros na órbita terrestre.

2.6. Dados da Agência Espacial Européia

A Agência Espacial Europeia (ESA) estima que existam mais de 130 milhões de objetos de lixo espacial, sendo 36.500 deles maiores que 10 cm.

O acúmulo de lixo pode gerar um "efeito dominó" ou "cascata de colisões", onde uma pequena colisão inicial cria centenas de milhares de novos detritos.

O lixo espacial ameaça a vida útil de satélites e infraestruturas espaciais bilionárias, impactando serviços essenciais como GPS, internet e telecomunicações.

A tecnologia para remoção de lixo espacial ainda é cara, o que dificulta a sua implementação em larga escala. Não há um sistema global integrado para monitorar o espaço e coordenar esforços de remoção de detritos.

2.7. Tipos de órbitas em torno da terra

Órbitas são trajetórias curvas e regulares que um corpo celeste (ou nave espacial) segue ao redor de outro, como um planeta em volta de uma estrela ou uma lua em volta de um planeta, devido à força da gravidade. Embora a trajetória seja geralmente

elíptica (oval), ela pode ser quase circular ou seguir outros caminhos dependendo das leis físicas e das forças envolvidas

Órbita Terrestre Geoestacionária: Se um satélite chega ao fim de sua vida útil, os proprietários procuram colocá-lo em uma órbita mais alta “órbita cemitério”, numa distância de 300 km a 400 km. É uma zona de proteção internacionalmente aceita. Isso garante que eles não atrapalhem satélites operacionais por muitas décadas ou séculos. Eles também podem ter sua órbita decaída naturalmente e se desintegrar ao reentrar na atmosfera. A grande maioria do material queima devido ao calor, mas parte pode chegar à Terra.

Órbita Terrestre Baixa: O risco de colisões aumenta nessa região. Isso criaria uma chuva de detritos que poderia ficar ainda maior a partir do volume criado pela reação em cadeia. O tempo até a queda pode variar de meses a anos, dependendo da altitude e densidade da atmosfera naquele momento, eventualmente perdem velocidade e reentram na atmosfera, onde queimam devido ao atrito, com o risco de pedaços mais resistentes alcançarem o solo.

2.8. Programas que visam reduzir os riscos do lixo espacial

Gateway Earth Development Group (GEDG)

Foi elaborado por um grupo formado por acadêmicos de universidades do todo o mundo. A ideia é colocar em órbita a *Gateway Earth*, uma estação espacial totalmente operacional com uma instalação para reciclar satélites antigos e outros tipos de lixo que orbitam no espaço.

RemoveDEBRIS

Desenvolvido pela Universidade de Surrey, no Reino Unido, com o objetivo de lançar no espaço “baleeiras espaciais” com redes e arpões para capturar os destroços. O sistema diminui a velocidade dos objetos até que saiam de órbita e possam ser mais facilmente fisgados.

Sistema a laser

Agências espaciais da China e Rússia estão desenvolvendo em conjunto um sistema a laser para remover pequenos detritos em órbita. O sistema permite reduzir a velocidade dos objetos para que entrem na atmosfera terrestre em espiral, facilitando sua desintegração completa. Existem dúvidas quando a eficácia desse método, porque seu efeito pode reverter em mais detritos ainda menores.

Orbital Debris Program

O "Programa de Detritos Orbitais" foi desenvolvido pela NASA e seu foco é encontrar mais alternativas visando reduzir o lixo espacial a um custo menor, como equipamentos que rastreiam e removem os detritos.

Project Phoenix

A Agência de Projetos de Pesquisa Avançada em Defesa, dos Estados Unidos desenvolveu um programa visando reciclar peças do lixo espacial que podem ser reaproveitadas e incorporá-las em novos sistemas espaciais a baixo custo.

No ano de 1979, a costa da Austrália foi atingida pelo maior pedaço de lixo espacial que se tem notícia. A estação espacial norte-americana *SkyLab* de 77 toneladas, se desintegrou perto de Esperance, uma cidade litorânea. O custo para recolher o material foi alto, mas houve várias campanhas na época conseguiram os recursos para diminuir o prejuízo.

O astrônomo Dino Nascimento, pesquisador da *IAG/CASP-USP*, levanta um ponto importante ainda pouco comentado: "Os danos provocados pelo lixo espacial atingem também outros planetas, como Marte. O grande perigo está nas baterias dos drones e roovers, além dos restos dos veículos que transportaram as sondas e satélites.

Imagine quanto desse entulho estaria espalhado sem lhes ser dada a devida atenção? E se acontecesse um "vazamento" do material radioativo dessas baterias? Risco potencial de contaminação de material nuclear no futuro?".

2.9. A responsabilidade das ações no espaço e suas implicações

O Tratado do Espaço Exterior estabelece que os Estados devem realizar suas atividades espaciais de maneira responsável, evitando contaminação e risco às outras

nações. A Convenção de Responsabilidade aprofunda essa regra ao determinar que caso um objeto espacial cause danos na superfície da Terra ou a aeronaves em voo, o Estado lançador assume responsabilidade absoluta, ou seja, deve arcar com todos os prejuízos independentemente de culpa. Se o dano ocorrer no espaço por exemplo, uma colisão entre satélites a responsabilidade passa a ser por culpa exigindo investigação para determinar negligência, falta de cuidado ou ausência de medidas preventivas.

O tratado sobre o espaço sideral de 1967, informa que o país que autorizou o lançamento de algum objeto no espaço, conhecido como Estado lançador, é o responsável pelos danos causados a pessoas ou objetos na Terra, vinculados a esse lançamento.

De acordo com a Convenção sobre a Responsabilidade Internacional por Danos causados por Objetos Espaciais, que entrou em vigor em 1972, estabelecida com aprovação da ONU, chegou-se a um objetivo primordial, que foi estabelecer as regras sobre a responsabilização de estados lançadores no espaço sideral e suas implicações.

A responsabilização se materializa por meio de um processo formal entre Estados no qual o país afetado apresenta uma reclamação pedindo compensação financeira. A ONU atua como intermediária, mas não impõe sanções diretas, a solução ocorre pela via diplomática e a obrigação principal é a indenização. Assim, a “sanção” prevista é essencialmente o pagamento de compensações justas e integrais pelos prejuízos causados, podendo envolver valores elevados dependendo da gravidade do dano. Embora não existam punições criminais ou multas automáticas, a responsabilização internacional gera consequências políticas e diplomáticas importantes além de afetar a reputação de um país no cenário espacial.

Torna essa responsabilidade absoluta para danos na Terra ou em aeronaves em voo. o conceito de responsabilidade absoluta significa que a responsabilidade se aplica independentemente de quem foi o culpado.

O termo expedido pela *ONU* não resolve totalmente o problema causado ao país que foi afetado pelo lixo espacial. Não se pode simplesmente coletar qualquer pedaço ou fragmento no espaço sem a possibilidade de criar conflitos políticos. Como muitos satélites ou foguetes em órbita, são de propriedade privada, a preocupação aumenta, em termos de segurança nacional. A reciclagem futurista surge como uma resposta às limitações dos sistemas tradicionais de gestão de resíduos,

integrando tecnologias avançadas, inteligência artificial e novos materiais para transformar a forma como a sociedade lida com o descarte. Passou a ser a melhor ideia não só em termos de economia (reaproveitamento de peças de satélites ou foguetes que vagam no espaço) mas, sobretudo, para evitar desastres com proporções maiores.

3.0 DESENVOLVIMENTO

3.1. Corrida espacial

As primeiras missões começaram nos anos 50, durante a guerra fria, em uma competição tecnológica e militar entre a antiga União Soviética, hoje a sucessora União Russa e os Estados Unidos, na famosa corrida espacial. Muitos países se interessaram por esse evento, quem se destacou lançando seu primeiro satélite chamado *Sputnik 1*, foi a Alemanha nazista. Com o impacto mundial causado pelo lançamento desse satélite, os EUA começaram a agir, lançando seu primeiro satélite de pesquisa, com o intuito de descobrir mistérios no espaço.

O aumento de lixo espacial tem sido alarmante e preocupante para toda população terrestre, a quantidade de detritos espaciais em órbita tem aumentado drasticamente.

No ano 2000, foi registrado cerca de 8 mil detritos espaciais, em 2023 foi registrado cerca de 30 mil, quase 30% acima do comum. Esse aumento acontece em muitos satélites ou peças de missões fracassadas, pelo fato de estarem desativados.

Segundo o *site Orbiting Now*, em abril de 2024 foi verificada a existência, de cerca de 2770 objetos inativos em órbita. Além disso, o impacto desses objetos é inevitável, tanto nos inativos quanto nos ativos. As agências espaciais (*NASA*, *SPACEX*, *ESA*, etc) estão cientes desse acúmulo na órbita terrestre, pois para realização de uma missão de entrada na órbita, exige muito estudo apenas para realização de manobras contra esses detritos. Como foi estudado, a entrada do telescópio *James Webb*, durou cerca de 6 meses, os eventos e estudos para que essa missão fosse bem-sucedida.

3.2. Logística reversa na reutilização dos produtos espaciais

O pioneirismo nas pesquisas sobre logística reversa no espaço, foi creditado ao exército americano, que durante o ano de 1998, começaram as pesquisas sobre supostas recuperações de peças usadas ou inservíveis.

Existem alguns projetos feitos pela *SpaceX* e pela *Nasa* que peças como propulsores foram reutilizados após sua desacoplagem da nave espacial. É muito complexo a retirada de objetos de órbita, pois há um grande risco de estarem com defeito, e se isso ocorresse, seria uma missão fracassada.

Ainda sim, existe uma esperança, a *ClearSpace*, criou um protótipo cujo objetivo seria a retirada de objetos. Ele é feito por braços robóticos, e seu objetivo é coletar peças de satélites desativados, após isso serão desorbitados e queimados na atmosfera.

3.3. Como A Estação Espacial Internacional lida com o reaproveitamento de água e alimentos

Na *ISS*, existe um sistema de controle ambiental e suporte à vida, a água é reciclada através de urina, suor e umidade do ar, alcançando uma taxa de recuperação de cerca de 98%.

Embora o cultivo de alimentos frescos como pimentas e vegetais sejam presentes, muitos dos alimentos são compactados em sacos e armazenados em veículos espaciais, que retornam a terra ou se queimam na atmosfera.

Para missões de longa duração, a sustentabilidade é garantida por esses sistemas de reciclagem de água, que minimizam a necessidade de reabastecimento, e pela pesquisa contínua em produção de alimentos e uso de recursos.

3.4. Coleta e reaproveitamento de matérias e seus riscos

Existem alguns projetos em fase de análises pela *NASA* e *ESA*, que podem ajudar no reaproveitamento ou retirada de órbita, os detritos inutilizáveis. Um deles é a estação de serviço, o intuito dela é criar bases orbitais para reparar, reabastecer ou desmontar satélites velhos, reaproveitando seus materiais.

O reaproveitamento de satélites pode não ser viável, pelo fato de terem por volta de 20 anos desde o lançamento, as tecnologias e peças já não são as mesmas, e não se fala de apenas um, a maioria são desativados. O correto seria retirá-los de órbita ou fazer uma possível reentrada, para que eles se desintegrassem por si só.

O reaproveitamento é possível para satélites novos com no máximo 5 anos de lançamento, essa tecnologia ainda é considerada nova e seria útil para a substituição de algumas peças da ISS ou satélites ativos.

3.5. Reutilização de componentes de foguetes

Entende-se que os propulsores de algumas naves são capazes de voltar à terra e ser reutilizados para outras missões, com o objetivo de reduzir os custos elevados.

A reutilização de componentes de foguetes já vem sendo estudada pela *SpaceX* e a *Blue Origin*, a reutilização tem como primeiro objetivo revolucionar a exploração para uso mais acessível e sustentável, e como segundo objetivo, reduzir os gastos elevados.

O lançamento de uma espaçonave exige vários estágios, o primeiro estágio desacopla os propulsores da nave antes mesmo de entrar em órbita, ajudando mais ainda a reutilização desse componente. Outros estágios requerem mais estudos por já estar em direção ou em órbita, pois a reentrada pode destruir por completo algum componente.

3.6. Design de satélites

Os satélites representam um dos marcos mais significativos da história da tecnologia e da exploração espacial, transformando profundamente a forma como a humanidade se comunica, observa o planeta e compreende o universo. Desde o lançamento do *Sputnik 1* pela União Soviética em 1957 o primeiro satélite artificial da história tornou-se evidente que esses dispositivos orbitais desempenhariam um papel estratégico para a ciência, a defesa, a meteorologia e, posteriormente, para a vida cotidiana. O *Sputnik* era um equipamento simples, uma esfera metálica equipada apenas com transmissores de rádio, mas seu sucesso inaugurou a era espacial e

demonstrou que colocar objetos em órbita seria não apenas possível, mas essencial para o avanço tecnológico global. Poucos meses depois, os Estados Unidos lançaram o *Explorer 1*, que além de consolidar a corrida espacial também produziu a descoberta das cinturas de radiação de *Van Allen*, evidenciando o enorme potencial científico dos satélites.

Em prática, 90% das espaçonaves tem seus estágios, conforme o lançamento, ele se desacopla com a central de comando e volta para a terra. Sabe-se que, esses componentes são reutilizados novamente para futuras missões, como por exemplo, os propulsores do ônibus espacial.

Diante deste cenário, seria necessário o reaproveitamento desses componentes já estando em órbita. A resposta depende do contexto, um objeto espacial roda em órbita sem nenhum tipo de parada técnica pois não há estrutura para que reparos sejam feitos como a ISS. Porém, o uso de um *design* com desmontagem, é eficaz para recuperar componentes valiosos e reutiliza-los. Um jeito mais eficaz e fácil, seria a utilização de tecnologia desenvolvida por agência espacial, como garra robótica ou repescagem com rede, o que já é estudado e desenvolvido.

3.7. Desenvolvimento de robôs autônomos

Os robôs autônomos representam uma das evoluções mais marcantes da tecnologia moderna, integrando inteligência artificial, sensores avançados e capacidade de tomada de decisão para executar tarefas sem intervenção humana direta. Diferentemente dos robôs tradicionais, que dependem de comandos rígidos e operações pré-programadas, os robôs autônomos são capazes de perceber o ambiente ao seu redor, interpretar informações em tempo real e agir de maneira inteligente, adaptando suas ações a mudanças e imprevistos. Essa autonomia permite que eles atuem em contextos complexos, dinâmicos ou até mesmo perigosos para os seres humanos, tornando-se ferramentas indispensáveis em diversas áreas.

O Desenvolvimento de robôs autônomos para captura de lixo em órbita é uma área de pesquisa e inovação crescente. Entende-se o risco que um detrito gera para um satélite ativo. É um desafio enorme a retirada desse lixo, exige cálculo para a

localização dos detritos, a captura segura e a remoção da órbita. Assim como foi citado no tema anterior, tecnologias já são desenvolvidas por agência espacial como garra robótica, redes, imãs e bolsas gigantes, ambas para retirada de lixo com facilidade. O avanço nessa tecnologia de limpeza espacial é crucial para a sustentabilidade de atividades em órbita, como a operação de satélites de comunicação e a exploração espacial futura. Além de mitigar riscos de colisão, a tecnologia também abre caminho para futuras inovações, como a reciclagem de lixo espacial e a mineração de asteroides.

3.8. Algoritmos de navegação e identificação de materiais recicláveis

Algoritmos de identificação e navegação são essenciais para sistemas automatizados de reciclagem, como robôs e lixeiras inteligentes, que identificam e separam resíduos com alta precisão e eficiência. Robôs de coleta podem usar visão computacional para reconhecer e localizar o lixo em uma área, orientando seus braços robóticos para a coleta precisa dos itens.

Sensores IoT em lixeiras: Sensores instalados em lixeiras detectam o nível de enchimento em tempo real e enviam os dados para um sistema central.

Roteamento dinâmico: Algoritmos processam os dados dos sensores e ajustam as rotas dos veículos de coleta em tempo real, garantindo que apenas as lixeiras cheias sejam visitadas, otimizando o consumo de combustível e tempo.

3.9. Normas internacionais e protocolos de descarte.

Atualmente, não existe um acordo internacional único e vinculante sobre o descarte de lixo espacial. Como o projeto de logística reversa no espaço ainda está em desenvolvimento a *ONU* adiantou e colocou no papel alguns tratados sobre os detritos espaciais. Existe cinco tratados da *ONU* conforme o regime jurídico internacional para o espaço. Um dos principais é o Tratado do espaço Exterior que estabelece que os Estados são internacionalmente responsáveis pelas atividades nacionais no espaço, incluindo os danos causados por objetos espaciais lançados, ou seja, qualquer dano causado por cada país é sua responsabilidade, desde o lançamento até uma colisão na atmosfera.

4.0. ANÁLISE E DISCUSSÃO DE RESULTADOS

A seção de análise e discussão de resultados apresentará a interpretação dos dados obtidos ao longo da pesquisa, relacionando-os com os objetivos propostos e com o referencial teórico estudado. Nessa parte, serão examinados os principais achados, suas implicações práticas e teóricas, além de possíveis divergências ou confirmações em relação ao que já foi discutido na literatura. Também serão avaliados os desafios identificados, as limitações observadas e o impacto dos resultados para o avanço do conhecimento na área, permitindo compreender de forma crítica como cada elemento contribui para a construção das conclusões do estudo.

A logística reversa no espaço enfrenta diversos desafios entre eles o custo elevado, infraestrutura inadequada, dificuldade na gestão e monitoramento e a falta de conscientização e participação ativa do consumidor.

Adicionalmente, as empresas precisam lidar com a complexidade da legislação vigente, articular-se com os diversos agentes envolvidos na cadeia de suprimentos e destinar recursos à implementação de tecnologias que otimizem suas operações.

A gravidade zero tem uma grande influência em relação a detritos espaciais pois a gravidade é a força principal que determina o movimento dos destroços, tanto na Terra quanto no espaço. E com isso, a gravidade da Terra proporciona a força centrípeta necessária, para manter os destroços em órbita. No entanto, a resistência atmosférica e a pressão da radiação solar influenciam essa dinâmica, acelerando o decaimento orbital e provocando a reentrada dos destroços na atmosfera.

O Alto custo de envio de materiais para o espaço tem diversas razões, incluindo a complexidade da engenharia necessária para lidar com o ambiente hostil e imprevisível, e quando se trata de logística reversa esse custo se torna ainda mais elevados. Além disso, a falta de infraestrutura no espaço para reciclar ou reutilizar materiais, aumenta a dependência da Terra e elevando ainda mais os custos envolvidos.

O aumento contínuo de detritos espaciais em órbita terrestre tem se tornado uma das principais preocupações para a segurança e a sustentabilidade das atividades espaciais. Esses detritos, compostos por restos de satélites desativados, partes de foguetes e fragmentos resultantes de colisões anteriores, circulam em alta velocidade e oferecem sérios riscos a equipamentos em funcionamento e às missões tripuladas.

4.1. Análise de Soluções Tecnológicas para a Mitigação de Detritos Espaciais

A crescente preocupação com o acúmulo de detritos em órbita terrestre tem incentivado o desenvolvimento de tecnologias voltadas à mitigação desse problema. Entre as soluções mais promissoras destaca-se o uso de robôs de coleta orbital, esses robôs operam de forma autônoma ou controlada para capturar resíduos e encaminhá-los para reentrada segura na atmosfera ou para órbitas seguras. Além disso, há iniciativas para reaproveitar componentes no espaço, reduzindo a necessidade de novos lançamentos.

A reciclagem orbital consiste na conversão de detritos espaciais em novos materiais ou peças que possam ser reutilizados diretamente no ambiente espacial. Essa abordagem visa reduzir a dependência do lançamento de suprimentos a partir da Terra, minimizando custos logísticos e riscos associados. Embora ainda esteja em fase experimental, a reciclagem em órbita apresenta significativo potencial para promover a sustentabilidade das operações espaciais, otimizando a utilização dos recursos disponíveis e mitigando a geração contínua de resíduos orbitais.

A reentrada controlada de materiais consiste na manobra intencional de objetos espaciais desativados para que reentrem na atmosfera terrestre de forma segura e direcionada, geralmente em áreas remotas, como oceanos. Essa técnica utiliza sistemas de propulsão para controlar a trajetória e garantir a destruição das matérias visando minimizar os riscos de impactos acidentais em zonas habitadas e reduzir a quantidade de detritos orbitais.

┆ Tanto a logística reversa terrestre quanto a espacial tem como princípio básico o retorno de materiais ao seu ponto de origem, buscando o reaproveitamento, a reciclagem ou a eliminação adequada. No entanto, as duas operam em contextos

completamente distintos enquanto uma acontece dentro do planeta, a outra se desenvolve em um ambiente extremo e altamente tecnológico: o espaço.

4.2. CONCLUSÃO

Em síntese, a logística reversa no espaço é um desafio complexo e multifacetado, que exige uma abordagem integrada e global. Embora os obstáculos tecnológicos, operacionais e econômicos sejam significativos, a cooperação internacional e o investimento em tecnologias inovadoras podem tornar possível a criação de sistemas de logística reversa espacial seguros, eficientes e sustentáveis. A implementação de soluções eficazes não apenas mitigará os riscos associados ao lixo espacial, mas também contribuirá para a exploração sustentável do espaço e o desenvolvimento de uma economia espacial próspera. Nesse contexto, é fundamental identificar e descrever as principais tecnologias atualmente utilizadas para a remoção de lixo espacial, detalhando seu funcionamento, aplicabilidade e limitações técnicas. Além disso, é necessário analisar as estratégias de logística reversa espacial, avaliando como essas iniciativas podem ser integradas aos processos de lançamento, operação e descarte de satélites e outros equipamentos orbitais.

A acumulação de detritos na órbita terrestre representa um risco crescente para as missões espaciais, e é imperativo investigar os impactos ambientais e econômicos dessa problemática. A geração de novos fragmentos pode comprometer futuras missões espaciais, e é fundamental apontar os desafios e oportunidades para o

desenvolvimento de soluções inovadoras e sustentáveis. Nos próximos 15 anos, sistemas autônomos de remoção de lixo em órbita baixa serão tecnicamente viáveis e essenciais, diante da saturação causada por megaconstelações e do risco crescente da síndrome de *Kessler*. Assim, é necessário que governos, empresas e organizações trabalhem juntos para enfrentar esse desafio e garantir um futuro seguro e próspero para a exploração espacial. A implementação de soluções eficazes de logística reversa espacial é um passo crucial para garantir a sustentabilidade do espaço e a continuidade das operações aeroespaciais

FONTES E REFERÊNCIAS

ASTROSCALE. Mission ELSA-d and ELSA-M: Active Debris Removal Initiatives. Tokyo, 2024.

BRASIL. Lei nº 12.305, de 2 de agosto de 2010. Política Nacional de Resíduos Sólidos. Diário Oficial da União, Brasília, DF, 2010.

DIAS, Reinaldo. Gestão Ambiental: Responsabilidade Social e Sustentabilidade. 5. ed. São Paulo: Atlas, 2020.

ELLEN MACARTHUR FOUNDATION. Towards the Circular Economy: Accelerating the Scale-up across Global Supply Chains. 2015.

ESA – European Space Agency. ClearSpace-1 Mission Overview. Paris, 2023.

LEITE, Paulo Roberto. Logística Reversa: Meio Ambiente e Competitividade. 2. ed. São Paulo: Pearson, 2009.

NASA. Orbital Debris Quarterly News. Houston, 2022.

RIBEIRO, Francisco; GÜNTHER, Wilmar. Economia Circular e Sustentabilidade Empresarial. Revista de Administração e Inovação, v. 16, n. 2, 2019.

<https://solar-mems.com/blog-news/space-debris-in-numbers/#:~:text=Space%20debris%20in%20figures,around%20one%20millimetre%20or%20more>.

<https://www.tecmundo.com.br/ciencia/265697-nasa-alcanca-reciclagem-98-agua-xixi-suor-astronautas.htm>

<http://mtc-m16d.sid.inpe.br/col/sid.inpe.br/mtc-m19/2012/03.09.18.28/doc/publicacao.pdf>

<https://www.nexojornal.com.br/externo/2024/04/22/quem-e-responsavel-por-danos-causados-pelo-lixo-espacial>

<https://www.megacurioso.com.br/ciencia/128069-satelites-de-madeira-alternativa-sustentavel-para-reduzir-o-lixo-espacial-sera-lancada-ano-que-vem.htm>

<https://flypix.ai/pt/blog/space-junk-mitigation/#:~:text=Tecnologias%20atuais%20e%20futuras%20para%20mitigar%20dejetos%20espaciais&text=Espa%C3%A7onaves%20rob%C3%B3ticas%20equipadas%20com%20mecanismos,e%20remov%C3%AA%2Dlo%20com%20seguran%C3%A7a>.

<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S1361920917310647#:~:text=Our%20study%20investigates%20using%20artificial,collection%2C%20especial%20in%20urban%20areas>. <https://observador.pt/2024/05/15/exploracao-sustentavel-do-espaco-requer-regulamentacao-a-nivelglobal/#:~:text=O%20presidente%20da%20Ag%C3%Aancia%20Espacial%20Portuguesa%2C%20Ricardo,ag%C3%Aancia%20Lusa%20%C3%A0%20margem%20da%20confer%C3%Aancia%20internacional>

<https://www.nationalgeographicbrasil.com/ciencia/2024/11/a-nasa-tem-um-plano-para-limpar-o-lixo-espacial-mas-sera-que-esuficiente#:~:text=Aten%C3%A7%C3%A3o%20ao%20lixo%20espacial,%2C%20assim%2C%20o%20pr%C3%B3prio%20lixo>.

<https://www.meon.com.br/noticias/mundo/nasa-oferece-premio-por-solucoes-de-gestao-de-residuos-humanos-noespaco#:~:text=A%20Nasa%2C%20ag%C3%Aancia%20espacial%20dos%20Estados%20Unidos%2C,11%20em%201969%2C%20%C3%A9%20um%20componente%20fundamental>

<https://www.comciencia.br/o-espaco-e-de-todos-e-o-lixo-e-de-ninguem/#:~:text=A%20gest%C3%A3o%20do%20lixo%20espacial%20%C3%A9%20complexa%2C,a%20regi%C3%A3o%20com%20mais%20objetos%20E2%80%9D%2C%20conta%20Erika>.

GLOSSÁRIO

Blue Origin: significa "Origem Azul" e refere-se à Terra, com a missão da empresa de permitir que milhões de pessoas vivam e trabalhem no espaço para proteger e sustentar a "origem azul" do planeta. É uma empresa privada de tecnologia espacial fundada por *Jeff Bezos*, com sede em *Kent, Washington*, e focada em reduzir o custo de acesso ao espaço e tornar as viagens espaciais mais acessíveis.

ClearSpace: No contexto espacial, se refere a uma empresa suíça que desenvolve tecnologias para remover lixo e detritos da órbita da Terra.

ESA: Uma organização internacional responsável por moldar o desenvolvimento da capacidade espacial da Europa. A agência colabora com os seus estados-membros para realizar programas espaciais, como o desenvolvimento de lançadores, satélites e sondas, e a exploração do Sistema Solar.

GPS: Pode ter dois significados principais dependendo do contexto: Global Positioning System (Sistema de Posicionamento Global), um sistema de navegação por satélite que fornece localização e tempo, e Guia da Previdência Social, um documento para pagamento de contribuições previdenciárias (INSS)

IAG/CASP-USP: Refere-se à uma colaboração ou menção conjunta entre o Instituto de Astronomia, Geofísica e Ciências Atmosféricas da USP e o Clube de Astronomia de São Paulo (CASP).

Inteligência Artificial: É a capacidade de máquinas e computadores de simular a inteligência humana, aprendendo, raciocinando e resolvendo problemas de forma semelhante aos humanos.

IoT: Internet das Coisas (do inglês, *Internet of Things*), que se refere à rede de objetos físicos equipados com sensores, *software* e outras tecnologias que lhes permitem conectar-se à internet e trocar dados entre si e com outros sistemas. O objetivo é coletar e trocar informações para criar soluções mais autônomas e eficientes, abrangendo desde eletrodomésticos até dispositivos industriais sofisticados.

NASA: é a sigla em inglês para *National Aeronautics and Space Administration*, quem em português significa Administração Nacional da Aeronáutica e Espaço. Trata-se de uma agência do governo dos Estados Unidos responsável pela pesquisa e desenvolvimento de tecnologias para exploração espacial e aviação.

ONU: Organização das Nações Unidas, uma organização internacional fundada em 1945 para manter a paz e a segurança, desenvolver relações amistosas entre as nações e promover a cooperação internacional em questões econômicas, sociais, culturais e humanitárias.

Orbaiting Now: é um termo usado para descrever o comportamento de uma pessoa que encerra a comunicação direta com alguém, mas continua interagindo de forma passiva nas suas redes sociais. O termo vem da palavra "orbitar", remetendo à ideia de que a pessoa fica rondando sua vida digital sem de fato se aproximar.

Rovers: É a forma plural de "rover", que em inglês significa um veículo explorador espacial que se move pela superfície de planetas, ou, em um sentido mais geral, um andarilho, vagabundo ou escoteiro.

Síndrome de Kessler: É um cenário teórico, proposto por Donald J. Kessler da NASA, em que o acúmulo de lixo espacial em órbita atinge um ponto crítico, causando um efeito cascata de colisões.

SpaceX: é uma abreviação para *Space Exploration Technologies Corp.* É uma empresa americana de transporte e serviços espaciais