

# A missão mais longa de todos os tempos: Sonda Voyager

Bruno Essing Barboza , João Victor Solforoso Peruzzo, Júlia Albring Schneider ,  
Júlia Schmidt Dalberti, Mauricio Reisdoefer Pereira

<sup>1</sup>Instituto Federal Catarinense - Campus Concórdia

brunoessingbarboza@gmail.com, peruzzo2018@gmail.com,  
juliaschneider010@gmail.com, juschmidt1302@gmail.com  
mauricio.reisdoefer2009@gmail.com

**Abstract.** *The exploration of space and its means, such as the Voyager Probes, are very common topics in everyday life. With knowledge of this fact, this article sought to answer three main questions: "What was the main objective of the probes when launched by NASA?", "What is the Golden Record and how does it work?", and also "What were the technical challenges encountered by engineers in maintaining the probes in orbit?". Among the research objects, scientific articles stand out as a significant portion of the information and data can be found within them. The research analyzes the technical and operational challenges faced, the scientific discoveries made, and the innovative strategies employed to keep the probes operational, providing recommendations for future long-duration space missions. Thus concluding that the Voyager Probes provided unprecedented data about these planets and their satellites.*

**Resumo.** *A exploração do espaço e seus meios, como as Sondas Voyager, são tópicos muito recorrentes no dia a dia. Obtendo conhecimento desse fato, buscou-se por meio deste artigo responder três principais questionamentos: "Qual foi o objetivo principal das sondas ao serem lançadas pela NASA?", "O que é o Disco de Ouro e como ele funciona?" e também "Quais foram os desafios técnicos encontrados pelos engenheiros ao manterem as sondas orbitando?". Dentre os objetos de pesquisa, os artigos científicos se sobressaem já que grande parte das informações e dados são encontrados neles. A pesquisa analisa os desafios técnicos e operacionais enfrentados, as descobertas científicas realizadas e as estratégias inovadoras empregadas para manter as sondas operacionais, oferecendo recomendações para futuras missões espaciais de longa duração. Concluindo assim que as Sondas Voyager forneceram dados inéditos sobre esses planetas e seus satélites.*

## 1. Introdução

O presente trabalho decorre do anseio por mais informações das sondas Voyager 1 e Voyager 2 lançadas pela NASA em 1977, que foram projetadas com o objetivo inicial de estudar os planetas gigantes Júpiter e Saturno. Equipadas com uma variedade de instrumentos científicos avançados para a época, essas sondas proporcionaram imagens e dados inéditos sobre esses planetas e seus satélites. Entretanto as missões não cumpriram apenas com sucesso suas metas primárias, mas também realizaram encontros históricos com Urano e Netuno, devido ao planejamento cuidadoso das suas trajetórias.

Dentro dessa perspectiva, as missões Voyager transcenderam suas metas originais e continuam a fornecer informações valiosas décadas após seu lançamento. Em 2012, a

Voyager 1 tornou-se a primeira sonda a entrar no espaço interestelar, seguida pela Voyager 2 em 2018. Essas jornadas inovadoras permitiram a obtenção de dados diretos sobre o ambiente fora da heliosfera, a bolha de partículas carregadas e campos magnéticos criada pelo Sol. Mesmo com recursos de energia cada vez mais limitados, as sondas continuam operacionais, explorando novas fronteiras do espaço interestelar.

O objetivo desta pesquisa é, portanto, aprofundar a análise das missões das sondas Voyager. A investigação se concentra nos desafios técnicos e operacionais enfrentados durante suas longas jornadas, bem como nas descobertas científicas e contribuições significativas dessas missões para o conhecimento humano. Além disso, busca-se identificar as estratégias inovadoras empregadas pelos engenheiros para superar os obstáculos encontrados e manter as sondas operacionais por tanto tempo. Os objetivos específicos da pesquisa englobam a avaliação do estado atual das sondas Voyager e sua trajetória no espaço interestelar, a identificação dos principais desafios técnicos superados ao longo das missões, a análise aprofundada das descobertas científicas obtidas por meio dos dados enviados pelas sondas e a formulação de recomendações embasadas em evidências para futuras missões espaciais de longa duração. Os resultados desta análise têm o potencial de informar políticas e práticas mais eficazes na exploração espacial e, consequentemente, contribuir para a promoção do avanço científico e tecnológico em um contexto mais amplo e abrangente.

Na Seção 2, deste artigo, são apresentados conceitos importantes relacionados a partir do desenvolvimento em pesquisa acadêmica e/ou científica em trabalhos acadêmicos e científicos. Na Seção 3, são apresentados trabalhos correlatos ao assunto abordado pelo artigo. Na Seção 4, é apresentado o desenvolvimento do artigo, no qual são abordados assuntos relacionados à exploração e desafios enfrentados pelas Sondas Voyager, assim como informações sobre o disco de ouro. Na Seção 5, é realizada uma discussão do tema com relação ao contexto da pesquisa em relação aos assuntos comentados na Seção 4. Já na Seção 6, é explanado as considerações finais do desenvolvimento do trabalho.

## **2. Referencial Teórico**

No referencial teórico são apresentados termos com explicações mais detalhadas e concretas, visando esclarecer esses conceitos e prevenir dúvidas durante a leitura do artigo.

### **2.1. *National Aeronautics and Space Administration***

Conforme retratado por *NASA STEM Team* (2018), a *National Aeronautics and Space Administration* (NASA) é uma agência estadunidense que foi criada com o intuito de explorar, conhecer e desvendar nosso universo, utilizando dispositivos como satélites, sondas, foguetes, entre outros. Além de também contribuir com o estudo e a produção de tecnologias focadas em aeronáutica, como transporte aéreo e voos no geral (*NASA STEM Team*, 2018).

Ela foi criada em 1957 em conjunto com o satélite soviético *Sputnik*, porém só foi oficialmente inaugurada em 1 de outubro de 1958, e desde então, continuou se mantendo na ativa, realizando pesquisas com os próprios cientistas, ou até mesmo colaborando com outras agências espaciais, como por exemplo a Estação Espacial Internacional, conhecida por possuir a maior equipe em conjunto realizando estudos espaciais, contendo atualmente 15 países em seu time (*NASA STEM Team*, 2018).

A NASA também é lembrada pelo público por suas missões espaciais. Entre as mais famosas estão as missões *Gemini* (em 1965), *Apollo* (entre as décadas 60 e 70), e o pouso na Lua realizado em 1969, sendo essa a mais famosa entre todas as missões (NASA STEM Team, 2018).

## 2.2. Disco de Ouro

Segundo Aguilera (2021) os discos fonográficos das Voyagers foram concebidos como cápsulas do tempo, contendo 115 imagens, uma variedade de sons naturais, seleções musicais e saudações em 55 línguas.

A equipe liderada pelo Dr. Carl Sagan, cientista planetário e astrônomo americano, cuidadosamente selecionou o conteúdo para representar a humanidade de forma positiva, evitando incluir imagens de guerras, escravidão e elementos ideológicos como imagens religiosas. As imagens escolhidas foram principalmente informativas, abrangendo desde dados astronômicos até representações da vida humana, cultura e realizações, como arte, arquitetura e exploração espacial. A parte musical foi selecionada para refletir a diversidade geográfica, étnica e cultural da humanidade, com contribuições de diversas culturas e períodos históricos (AGUILERA, 2021).

Além disso, na capa do disco, estão informações sobre seu funcionamento, bem como elementos simbólicos como a posição do Sol na galáxia e a transição hiperfina do hidrogênio atômico neutro, destinados a estabelecer uma unidade de tempo e distância conforme a Figura 1.

A capa também inclui ilustrações explicativas do processo de leitura do disco e suas imagens, com agulhas para leitura dos arquivos incorporadas à capa. O disco é feito de cobre e folheado a ouro e sua agulha tem ponta de diamante, o material foi escolhido para resistir às intempéries do cosmos (AGUILERA, 2021).

Na capa do disco há informações de seu funcionamento, bem como informações sobre a posição do Sol na galáxia e a transição hiperfina do hidrogênio atômico neutro, para estabelecer uma unidade de tempo e distância. É encontrado na capa uma imagem de um disco com uma agulha que fará a leitura dele, abaixo, imagem que revela o processo de leitura feito pela agulha. Na parte superior do disco há uma ilustração explicando como fazer a leitura das imagens, que é semelhante ao sinal de TVs analógicas. As agulhas que fazem as leituras dos arquivos foram colocadas nas capas dos discos (AGUILERA, 2021).

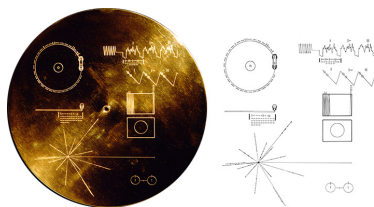


Figura 1. Disco de Ouro (NASA, 2024a).

## 2.3. Grande Conjuncção

De acordo com Carvalho (2021) eles representam um momento em que os planetas parecem dançar no céu, alinhando-se em padrões complexos que refletem os intrincados

movimentos do Sistema Solar. Essas conjunções ocorrem sequencialmente a cada vinte anos em signos do mesmo elemento por um período de cerca de 240 anos (CARVALHO, 2021).

Carvalho (2021) comenta que esses eventos ocorrem devido às órbitas diferenciadas de Júpiter e Saturno, com Saturno levando mais tempo para completar uma órbita ao redor do Sol do que Júpiter. Esse descompasso orbital resulta em períodos específicos em que os dois planetas parecem se aproximar, criando os espetaculares alinhamentos que capturam a atenção dos observadores do cosmos (CARVALHO, 2021).

#### **2.4. Radioisotope Thermoelectric Generator**

De acordo com Souza et al. (2022), *Radioisotope Thermoelectric Generator* (RTG) é um tipo de bateria nuclear que libera energia constantemente. Funciona aquecendo o núcleo que emite partículas radioativas que decaem, gerando calor como subproduto. Conforme mais o tempo passa, menos partículas radioativas são emitidas, e com isso, a bateria se torna mais fraca, apesar de demorar muito para isso acontecer. (SOUZA et al., 2022)

Para Souza et al. (2022), o RTG consiste de um Reator de Radioisótopos, que funciona como um coração para o RTG, é aqui que ocorre o decaimento do material radioativo. O Conversor Termoelétrico, converte o calor em energia elétrica. Uma Caixa de Proteção, que impede os subprodutos tóxicos e a radiação de escapar do RTG. Existem por fim, os Radiadores, que impedem o superaquecimento do RTG, distribuindo um pouco do calor para o ambiente externo. (SOUZA et al., 2022)

Sobre a vida útil dos RTGs, eles podem manter seu desempenho por longos períodos de tempo devido ao uso de um isótopo radioativo. No entanto, sua vida útil está diretamente ligada a esse material radioativo. Assim, enquanto os RTGs podem operar por décadas sem significativa deterioração de desempenho, eventualmente alcançam o fim de sua vida útil quando o material radioativo se depleta completamente ou não gera mais energia o suficiente para manter a nave. (SOUZA et al., 2022)

### **3. Trabalhos Correlatos**

De acordo com Pérez (2013), a sonda Voyager 1 foi lançada em 5 de setembro de 1977, e em 12 de setembro de 2013, pouco tempo após seus 36 anos de lançamento foi descoberto pelos cientistas da NASA que a sonda saiu do Sistema Solar. Isso ocorreu porque o ambiente onde a sonda se encontrava estava com a marcação de 0,08 elétrons por metro cúbico, que é uma medida que varia dependendo da sua localização no universo. Então, com essa medida, os cientistas puderam deduzir a localização da sonda, já que as medidas coincidiam com as medidas estimadas para a parte de fora do Sistema Solar, que varia entre 0,05 e 0,22 elétrons por metro cúbico. Contudo, após essa descoberta, foram feitos outros estudos com base nas informações da sonda. Esses mesmos estudos apontam que a sonda já teria saído da heliosfera (camada que envolve o Sistema Solar) em março de 2013, alguns meses antes da descoberta. “Nós claramente cruzamos a heliosfera, a região fronteira entre o plasma solar e o plasma interestelar”, disse Don Gurnett, pesquisador da Universidade de Iowa, que publicou um artigo sobre a causa (PÉREZ, 2013).

Segundo Uri (2017), as missões Voyager, gerenciadas pela NASA através do Laboratório de Propulsão a Jato (JPL) do Instituto de Tecnologia em Pasadena, Califórnia, exemplificam a astúcia dos cientistas em explorar o espaço profundo, aproveitando a

técnica do estilingue gravitacional. Inicialmente concebidas para visitar apenas Júpiter e Saturno devido a restrições orçamentárias, essas espaçonaves se beneficiaram de um raro alinhamento planetário para viajar através dos planetas exteriores, impulsionadas pela gravidade de cada um. A Voyager 1, ao capturar a primeira imagem do sistema Terra-Lua a uma distância de 11,5 milhões de quilômetros, marcou o início de uma jornada repleta de descobertas extraordinárias. Concluindo que construção das Voyagers incorporou lições aprendidas com missões espaciais anteriores, garantindo sua robustez e adaptabilidade, fato que se mostrou crucial quando o receptor geral da Voyager 2 falhou, destacando a importância da herança espacial e da preparação para contingências no sucesso dessas missões (URI, 2017).

De acordo com Soares e Bandeira (2020) enquanto a Voyager 1 iria estudar as luas do gigante gasoso, a Voyager 2 tinha como objetivo voar por Saturno. Após uma missão bem-sucedida, percebeu-se que a Voyager 2 teria capacidade de voar em direção a Netuno com todos os equipamentos funcionando, o que possibilitou o projeto continuar. A estrutura da missão Voyager se dividia em equipes responsáveis por determinar o que deveria ser capturado pelas sondas e os grupos de planejamento de voo junto aos desenvolvedores que tinham o objetivo de calcular a trajetória necessária para realizar as observações, e enviar comandos (transformar essas informações em comandos de *bits* e enviar às espaçonaves). Além disso um departamento específico, *Deep Space Network*, é responsável ainda hoje por receber os dados enviados pelas sondas, remontá-los e decodificá-los por meio da telemetria — tecnologia que permite mediar a comunicação entre um operador e um sistema —, transformando os dados das ondas de rádio em gráficos, modelos, imagens e sons.

De acordo com Kohlase e Penzo (1977), os objetivos da missão Voyager são as investigações detalhadas nos sistemas planetários de Júpiter e Saturno. Os estudos abrangem ambientes, atmosferas e características de luas específicas, como as galileias e Titã, bem como os anéis de Saturno. Equipadas com uma variedade de instrumentos científicos, as sondas Voyager possibilitam uma ampla gama de pesquisas, incluindo medições de partículas, campos e análise do espectro eletromagnético. O artigo enfatiza a importância da missão Voyager na ampliação do conhecimento sobre corpos celestes no Sistema Solar. Destaca-se a resiliência das sondas e a escolha cuidadosa das trajetórias. Os resultados da missão Voyager são fundamentais para enriquecer o conhecimento científico e desempenham um papel significativo nas explorações espaciais (KOHLMASE; PENZO, 1977).

Segundo Jiang et al. (2023) o Disco de Ouro da Voyager seria um disco, revestido de ouro, que contém mensagens da Terra para possíveis civilizações extraterrestres que foram fixadas nas sondas Voyager lançadas ao espaço. Destaca-se a importância histórica das missões Voyager, que, mesmo após mais de 40 anos, continuam a transmitir dados enquanto exploram o espaço e o Sistema Solar. O Disco de Ouro tem conteúdos como saudações em várias línguas, registros sonoros e imagens da humanidade, tornando o projeto uma pesquisa significativa da busca humana por contato com o Cosmos. Tal Disco, incorporado nas missões Voyager 1 e Voyager 2, vai além de sua função física como um mero artefato espacial. A criação e a inserção do Disco de Ouro nas missões Voyager vai além da exploração espacial, tornando-se um símbolo da busca da humanidade por compreensão e conexão com o universo. Ao enfatizar a importância histórica das missões

Voyager, que continuam a transmitir dados mesmo após quatro décadas, e ao destacar a diversidade do conteúdo do Disco de Ouro, ressalta-se a relevância desse projeto. O Disco de Ouro não apenas reflete a curiosidade que impulsiona a exploração espacial, mas também simboliza a esperança de estabelecer um contato significativo com possíveis civilizações extraterrestres (JIANG et al., 2023).

Segundo Matsumoto (2016), a Missão Interestelar Voyager (MIV), iniciada em 1990 após mais de 12 anos de exploração planetária, enfrenta desafios como a distância entre as sondas e a Terra, complicando a comunicação, e o deterioramento do *hardware*, incluindo a diminuição da potência dos geradores termoelétricos de radioisótopos (RTGs). Apesar disso, as Voyagers fornecem dados únicos da região interestelar, destacando-se pelas valiosas descobertas científicas que oferecem. Voar em uma espaçonave muito antiga em uma missão muito longa apresenta muitos desafios. No entanto, traz recompensas ainda maiores. Sendo as únicas espaçonaves na região interestelar, as Voyagers fornecem dados científicos inestimáveis que nenhuma outra espaçonave pode oferecer, como a radiação cósmica de fundo, que permite determinar propriedades do Universo, tais quais idade, geometria, composição e origem das estruturas cósmicas (MATSUMOTO, 2016).

#### **4. Desenvolvimento**

Desde sempre a humanidade se pergunta o que realmente há no espaço, nessa vastidão até então desconhecida, e este tema também foi motivo dos mais diversos estudos e teorias. Cientistas dedicam suas vidas para fazer descobertas relevantes sobre este tema, como: “Se existe vida extraterrestre?”; “Qual a extensão do espaço?”; “Quais os materiais que constituem os planetas?”; “O que são buracos negros?”; “Como funcionam as estrelas?”. Esses temas, tão relevantes, deram origem a agências espaciais que estudam e fazem descobertas inimagináveis, além de superar grandes barreiras que se pensava serem intransponíveis.

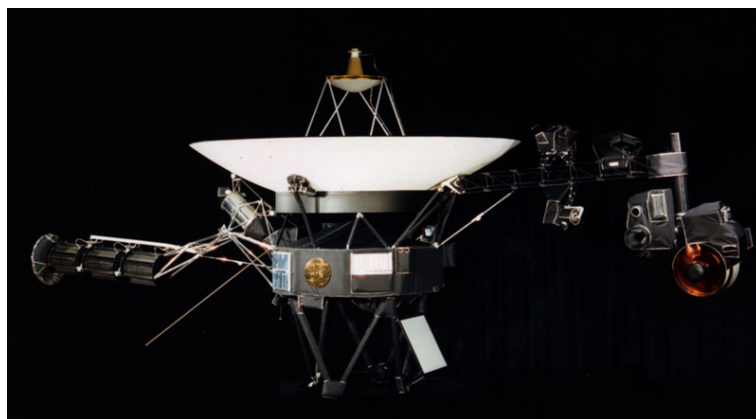
A NASA é uma das principais agências espaciais e aeronáuticas, esta já lançou diversas sondas, satélites, já levou pessoas para a lua, e continua em busca de respostas. Um dos principais recursos são as sondas, que são naves não tripuladas, que são lançadas com o objetivo de coletar informações sobre planetas, luas, cometas e objetos do Sistema Solar. As sondas podem tanto passar apenas perto dos planetas e luas, quanto orbitá-los ou pousar neles.

As primeiras sondas foram lançadas no final da década de 1950, e desde então já foram enviadas sondas para todos os planetas do Sistema Solar. Mas duas sondas em específico não ficaram somente no Sistema Solar, as sondas Voyager 1 e Voyager 2, como representadas na Figura 2, estão hoje fora dele.

As Sondas Voyager representam um marco significativo na história da exploração espacial, destacando-se como testemunhas de uma jornada humana para desvendar o universo. A Voyager 1 e Voyager 2 não só ampliaram a compreensão sobre os demais planetas do Sistema Solar, mas também revolucionaram a exploração interestelar. Ao ultrapassarem as fronteiras do Sistema Solar, as Voyager tornaram-se os primeiros objetos humanos a entrar no espaço interestelar, fornecendo informações sem precedentes sobre a composição e dinâmica do meio que existe entre as estrelas.

Além disso, as Voyagers deixaram um legado cultural transportando consigo o disco de ouro, que contém sons e imagens da Terra, como uma mensagem para possíveis

civilizações alienígenas. Esta iniciativa mostra o desejo humano de se comunicar além das fronteiras do planeta e criar uma conexão com o desconhecido. Assim, as Sondas Voyager não são apenas instrumentos científicos, mas também símbolos da curiosidade humana e do desejo de explorar o universo infinito (AGUILERA, 2021).



**Figura 2. Voyager 1 (NASA, 2024c).**

Um dos maiores feitos das sondas Voyager reside na magnitude da distância que elas conseguiram percorrer desde o momento de seu lançamento a partir da Terra. A sonda Voyager 1, que ultrapassou a heliosfera (camada que envolve o Sistema Solar) em 2013. Nos dias atuais ela se mantém cerca de 24,4 bilhões de quilômetros distante da Terra, sendo o objeto desenvolvido pela raça humana que mais foi longe no espaço, enquanto sua irmã saiu do Sistema Solar em 2018, e atualmente está com 20,3 bilhões de quilômetros de distância da Terra (NASA, 2024b).

Sendo assim, essas sondas foram e são a chance mais próxima que a humanidade já chegou de conseguir se comunicar com extraterrestres, tanto pela distância percorrida por ambas, quanto pelos objetos levados consigo. Já que dessa forma, o objetivo principal da sonda é em caso de encontro com vidas extraterrestres, estes poderiam saber da existência humana, e onde o planeta Terra fica localizado (NASA, 2024b).

Para o desenvolvimento dessa missão foram feitos vários ajustes na estrutura e pensamentos como, “o que iria junto às sondas?”. Com essas precauções tomadas a Voyager 1 que possuía três computadores a bordo, incluindo um responsável por mostrar a situação atual da sonda, sendo esses dados transferidos em binário, posteriormente eles iriam ter problemas no transmissor principal, qual estava enviando os dados em *loop*, ou seja repetindo as informações diversas vezes, embora a sonda ainda possa receber e executar comandos transmitidos pela equipe da missão, um problema com aquela unidade de telecomunicações significa que nenhum dado científico ou de engenharia da Voyager 1 poderia ser devolvido à Terra (MATSUMOTO, 2016).

Embora a sonda ainda consiga executar e receber os comandos que são transmitidos pela equipe, nenhum dado científico ou de engenharia da Voyager 1 está sendo devolvido à Terra. Atualmente os engenheiros estão tentando reunir mais informações sobre a causa do problema, antes de determinar possíveis soluções. A sonda Voyager 1 teve um problema semelhante em 1981, porém o problema atual não parece estar ligado à outras falhas sofridas pela nave nos últimos anos (MATSUMOTO, 2016).

Uma das principais descobertas das sondas Voyager foi a revelação das estruturas atmosféricas e lunares de planetas como Júpiter e Saturno. Imagens detalhadas capturadas pelas câmeras das sondas proporcionaram aos cientistas uma visão sem precedentes desses planetas distantes, revelando tempestades gigantes, luas vulcânicas e anéis planetários intrincados. Essas descobertas não apenas expandiram o entendimento científico sobre os planetas gasosos, mas também desafiaram e inspiraram novas teorias sobre a formação e evolução de sistemas planetários (KOHLHASE; PENZO, 1977).

Ao longo das décadas desde o lançamento das Voyager, suas descobertas têm inspirado gerações de cientistas e entusiastas da exploração espacial, essas descobertas sobre os planetas e o espaço interestelar, as sondas Voyager também contribuíram significativamente para a compreensão dos campos magnéticos e das partículas carregadas que permeiam o espaço interplanetário. Ao detectar e estudar as variações nos campos magnéticos ao redor dos planetas gasosos e ao atravessar as fronteiras do Sistema Solar, as Voyager ofereceram dados e informações sobre os processos físicos que ocorrem em escalas cósmicas. Essas informações não apenas enriqueceram o entendimento fundamental da física do espaço, mas também ajudaram a melhorar a tecnologia e os sistemas de proteção para futuras missões espaciais tripuladas e não tripuladas. A partir desse contexto, foi reportado um problema no computador da sonda Voyager 1, este problema está gerando dificuldade de comunicação entre os engenheiros na Terra e a sonda, os engenheiros estão tentando resolver este problema enquanto a sonda de 46 anos explora os territórios desconhecidos ao longo das profundezas fora do Sistema Solar (SOARES; BANDEIRA, 2020).

Para manter as sondas Voyager em funcionamento a equipe da NASA começou a desligar gradativamente alguns instrumentos das sondas, para conservar energia e estender as missões, desta forma as naves poderiam ficar mais tempo no espaço. Contudo essas interrupções afetaram de forma negativa as sondas, o que resultou em algumas falhas de comunicação com a Terra (MATSUMOTO, 2016).

Estas missões possuem como seu valor principal a sua longa duração. Os cientistas ainda desejam descobrir com a missão como as partículas e os campos magnéticos mudam a medida que as sondas se afastam da heliosfera, mas esse conjunto de dados pode ser afetado pelos problemas encontrados nas sondas. Além do mais, as sondas possuem o Disco de Ouro, como anteriormente citado, esse disco possui a função de levar uma mensagem, caso este seja encontrado por possíveis vidas extraterrestres (AGUILERA, 2021).

## **5. Resultados e Discussões**

As sondas Voyager 1 e Voyager 2, lançadas pela NASA em 1977, são marcos históricos na exploração espacial. Inicialmente, o objetivo da missão Voyager era investigar os planetas gigantes do Sistema Solar, como Júpiter e Saturno. No entanto, suas missões foram estendidas à medida que continuaram a enviar dados essenciais para a ciência, décadas após o lançamento. As sondas não apenas ampliaram a compreensão sobre os planetas do Sistema Solar, mas também abriram caminho para a exploração interestelar, tornando-se os primeiros objetos humanos a ultrapassar os limites do Sistema Solar e entrar no espaço interestelar. Este feito forneceu dados inéditos sobre a composição e dinâmica do meio interestelar.

Um dos feitos mais notáveis das Voyager é a longa distância que elas percorreram.



A Voyager 1 ultrapassou a heliosfera em 2013 e, atualmente, está a cerca de 24,4 bilhões de quilômetros da Terra, sendo o objeto mais distante já criado pela humanidade. A Voyager 2, por sua vez, saiu do Sistema Solar em 2018 e está a aproximadamente 20,3 bilhões de quilômetros da Terra. Este fato torna as sondas Voyager as ferramentas mais próximas que a humanidade possui para se comunicar com formas de vida extraterrestres, tanto pela distância percorrida quanto pelos objetos que carregam consigo.

As sondas foram projetadas inicialmente para explorar Júpiter e Saturno, mas também investigaram Urano e Netuno. Esse sucesso foi possível devido ao fenômeno conhecido como “Grande Conjunção”, o alinhamento de Júpiter e Saturno. Para essa missão, foram realizados vários ajustes estruturais e logísticos, como a seleção dos instrumentos e dados que seriam enviados a bordo.

Já as duas sondas possuem algo chamado Disco de Ouro, que é um disco que detém informações sobre a Terra como imagens, sons, músicas e também cumprimentos em diversas línguas. O disco possui instruções de como deve ser usado na capa, é revestido de ouro e possui a agulha em diamante. A principal função deste incrível disco é servir como uma forma de comunicação, já que em algum momento a sonda pode entrar em contato com civilizações extraterrestres.

Entre as principais descobertas das sondas estão as imagens detalhadas das atmosferas e luas de Júpiter e Saturno, revelando tempestades gigantes, luas vulcânicas e anéis planetários intrincados. Essas observações não só expandiram o conhecimento científico sobre os planetas gasosos, mas também inspiraram novas teorias sobre a formação e evolução dos sistemas planetários. Além disso, as Voyager forneceram dados cruciais sobre o meio interestelar, detectando variações nos campos magnéticos e partículas carregadas ao atravessar as fronteiras do Sistema Solar, contribuindo significativamente para a física espacial e melhorando a tecnologia e os sistemas de proteção para futuras missões espaciais.

Porém, com o passar dos anos, dificuldades começaram a aparecer, já que as sondas estavam em funcionamento desde a década de 1970. A tecnologia que se modificava na Terra a cada ano, nas sondas continuava a ser a mesma, e isso se tornou um desafio significativo, já que trabalhar com uma tecnologia desatualizada em um contexto de missão em andamento pode ser muito complicado.

Além disso a distância se tornou um ponto considerável de problemas, a comunicação entre a equipe na Terra e a sonda se tornou muito mais lenta, para mais o sinal emitido pelas sondas enfraqueceu consideravelmente exigindo melhorias constantes nas antenas de recepção. Equipamentos também começaram a ser desativados pela falta de energia das sondas, relacionado diretamente ao problema da impossibilidade de se realizar manutenções e reparos, e essas situações necessitam que sejam realizadas de modo remoto por meio de comandos, exigindo soluções inovadoras e muita criatividade por parte dos engenheiros para estender a vida útil das sondas.

Outro ponto em que dificuldades foram encontradas foram os ambientes hostis por onde estas sondas passaram, já que em diversas localidades as temperaturas são extremas e a radiação é muito alta e também a dificuldade de manter a trajetória e a orientação correta das sondas. Para a dificuldade com a trajetória pequenos ajustes e correções foram feitas ao longo dos anos em que a Voyager está em funcionamento.

Apesar de todos os problemas encontrados durante esta importante missão, as Voyager continuam buscando mais informações sobre o nosso Sistema Solar e além dele, exercendo um trabalho fundamental para a compreensão de coisas que poderiam ser consideradas inimagináveis. Essa missão, mesmo enfrentando numerosos desafios, continua a proporcionar descobertas incríveis e a inspirar toda a comunidade científica a explorar o Universo.

A missão Voyager é um marco inquestionável da capacidade humana de alcançar o impossível, uma prova de que a curiosidade pode levar a lugares nunca antes imaginados. O fato de que essas sondas, projetadas com a tecnologia da década de 1970, ainda estejam operando, enviando dados de regiões do espaço que antes só existiam na teoria, desafia qualquer expectativa sobre os limites da engenharia. Além dos avanços científicos, um marco inspirador das Voyagers, é o fato dela carregar uma parte da humanidade consigo, por meio do Disco de Ouro. A visão de uma invenção humana vagando pelo espaço oferece uma perspectiva única sobre o lugar da Terra no cosmos e a longevidade das criações humanas.

## 6. Conclusão

As sondas Voyager 1 e Voyager 2 representam um marco monumental na exploração espacial, uma prova da capacidade humana e sobre a busca incessante por conhecimento. Desde o seu lançamento em 1977, essas sondas não apenas cumpriram suas missões iniciais de explorar Júpiter e Saturno, mas também ultrapassaram as fronteiras do Sistema Solar, adentrando o espaço interestelar. Este feito sem precedentes expandiu enormemente nossa compreensão do cosmos e desafiou as noções sobre o espaço e o tempo.

Nesse cenário, além de sua contribuição científica, as Voyagers também têm um profundo significado cultural. Os discos de ouro que acompanham as sondas carregam sons e imagens da Terra, que é uma tentativa de comunicação com qualquer possível forma de vida que possa encontrá-los no futuro distante.

As descobertas feitas pelas sondas Voyagers transformaram a ciência planetária. Imagens detalhadas das atmosferas e luas de Júpiter e Saturno, revelando fenômenos como tempestades gigantes e luas vulcânicas, proporcionaram *insights* valiosos que desafiaram e inspiraram novas teorias sobre a formação e evolução dos sistemas planetários. Além disso, ao atravessarem as fronteiras do Sistema Solar, as sondas forneceram dados cruciais sobre o meio interestelar, enriquecendo a compreensão sobre os campos magnéticos e partículas carregadas que permeiam o espaço.

Os engenheiros enfrentaram várias dificuldades para manter as sondas Voyager em operação. A grande distância da Terra causava atrasos significativos nas comunicações, complicando a transmissão de comandos e a recepção de dados. A exposição prolongada ao ambiente espacial, com radiação intensa e temperaturas extremas, exigia monitoramento constante e ajustes precisos. A energia limitada dos geradores, que gradualmente perdem eficiência, complicava a manutenção dos instrumentos e a comunicação. Ademais, os engenheiros precisavam resolver problemas inesperados com tecnologia ultrapassada, improvisando soluções para garantir a continuidade das missões.

Apesar dos desafios tecnológicos e logísticos enfrentados ao longo de mais de quatro décadas, as sondas Voyager continuam a transmitir dados valiosos, inspirando ci-

entistas e entusiastas da exploração espacial ao redor do mundo. Suas missões prolongadas demonstram a resistência e adaptabilidade das sondas, bem como a engenhosidade dos cientistas e engenheiros que as operam. As Voyager não apenas ampliaram os limites do nosso conhecimento científico, mas também a capacidade infinita da curiosidade e da exploração humana.

## Referências

AGUILERA, M. V. S. V. O disco de ouro da voyager: na contramão da desesperança. **Revista Scientiarum Historia**, v. 1, p. 7–7, 2021.

CARVALHO, H. A. de. *An Astrologer at Work in Late Medieval France: The Notebooks of S. Belle*. In: **An Astrologer at Work in Late Medieval France**. [S.l.]: Brill, 2021.

JIANG, J. H. et al. *Message in a Bottle—An Update to the Golden Record*. **arXiv preprint arXiv:2306.01765**, 2023.

KOHLHASE, C.; PENZO, P. A. *Voyager mission description*. **Space science reviews**, Springer, v. 21, n. 2, p. 77–101, 1977.

MATSUMOTO, S. K. *Voyager Interstellar Mission: Challenges of flying a very old spacecraft on a very long mission*. In: **14th International Conference on Space Operations**. [S.l.: s.n.], 2016. p. 2415.

NASA. **Disco de Ouro**. 2024. Acesso em 26/03/2024. Disponível em: <https://voyager.jpl.nasa.gov/golden-record/golden-record-cover/>.

NASA. **Voyager 1 and Voyager 2: Where Are They Now?** 2024. Acesso em 02/04/2024. Disponível em: <https://science.nasa.gov/mission/voyager/where-are-they-now/>.

NASA. **Voyager 1**. 2024. Acesso em 02/04/2024. Disponível em: <https://voyager.jpl.nasa.gov/galleries/images-of-voyager/#gallery-1>.

PÉREZ, F. E. S.-L. *La sonda espacial Voyager abandona el Sistema Solar*. **Antena de telecomunicación**, Asociación Nacional de Ingenieros Técnicos de Telecomunicación, n. 189, p. 51–55, 2013.

SOARES, C.; BANDEIRA, A. da R. Um experimento com sons saturninos através do design editorial. **Design e Tecnologia**, v. 10, n. 21, p. 141–150, 2020.

SOUZA, C. D. de et al. *How does radioisotope thermoelectric generator (RTG) work*. **Brazilian Journal of Radiation Sciences**, v. 10, n. 2, 2022.

NASA STEM Team. *What Is NASA? National Aeronautics and Space Administration*, v. 5050, n. 5906, 2018.

URI, J. J. **Voyager's Grand Tour**. [S.l.], 2017.