



FACULDADE BAIANA DE DIREITO
CURSO DE GRADUAÇÃO EM DIREITO

RODRIGO SOUZA PAIM

**REGULAMENTAÇÃO DA EXPLORAÇÃO ECONÔMICA DOS
RECURSOS NATURAIS DO ESPAÇO EXTERIOR**

Salvador
2021

RODRIGO SOUZA PAIM

**REGULAMENTAÇÃO DA EXPLORAÇÃO ECONÔMICA DOS
RECURSOS NATURAIS DO ESPAÇO EXTERIOR**

Monografia apresentada ao curso de graduação em Direito, Faculdade Baiana de Direito, como requisito parcial para obtenção do grau de bacharel em Direito.

Orientador: Prof. Thiago Borges

Salvador
2021

TERMO DE APROVAÇÃO

RODRIGO SOUZA PAIM

REGULAMENTAÇÃO DA EXPLORAÇÃO ECONÔMICA DOS RECURSOS NATURAIS DO ESPAÇO EXTERIOR

Monografia aprovada como requisito parcial para obtenção do grau de bacharel em Direito, Faculdade Baiana de Direito, pela seguinte banca examinadora:

Nome: _____

Titulação e instituição: _____

Nome: _____

Titulação e instituição: _____

Nome: _____

Titulação e instituição: _____

Salvador, ____/____/ 2021.

A

minha mãe, Nair, guerreira que sempre inspirou e transpirou dedicação e trabalho duro; ao meu pai, Luiz, que formou a base de tudo que sou hoje; a Júlia, meu amor e que sempre acreditou em mim e aos meus amigos, especialmente Maiara, Albergaria e Lacerda, os quais foram meu ponto de apoio emocional e acadêmico em toda essa jornada.

AGRADECIMENTOS

À minha Mãe, Nair, que me criou, educou, proveu, e o mais importante, me amou acima de tudo, sendo o maior exemplo de dedicação, integridade e trabalho duro que eu tenho o prazer de conhecer e conviver diariamente.

Ao meu Pai, Luiz Otávio, que me moldou como homem que sou, despertando em mim desde cedo o interesse na história, na ciência, na tecnologia, na literatura. A sua intuição de pai não errava nunca e sempre me presenteava com os jogos, livros, filmes que despertavam em mim o mais intenso dos interesses, e é com ele que compartilho as minhas melhores lembranças

À minha família, que com certeza se encontra extremamente feliz e orgulhosa com a minha conquista, e cujo apoio é fundamental.

À todos os meus amigos que sempre estiveram comigo, especialmente aqueles que me acompanharam por esta jornada na Faculdade Baiana de Direito, me apoiando, estudando, revisando, incentivando uns aos outros a irem mais longe.

E é claro aos funcionários da Faculdade Baiana de Direito, sempre solícitos e profissionais, tornando o ambiente muito mais agradável, produtivo e seguro, com todos oferecendo o melhor trabalho sempre.

A todos, muito obrigado!

“Nenhum vento sopra a favor de quem não sabe para onde ir.”

Sêneca

RESUMO

O presente trabalho monográfico como objetivo demonstrar os riscos da exploração econômica do espaço exterior e analisar de que maneira o direito pode vir a solucionar ou mitigar conflitos de interesses e buscar a otimização entre atividade econômica e manutenção dos princípios de uso comum do espaço por toda espécie humana. A emergente realidade da exploração econômica do espaço (e eventual habitação) traz um rol de problemas, dúvidas e desafios, que necessitam ser encarados e resolvidos a partir de um entendimento coletivo, devido à característica do cosmos como um espaço universal e de uso comum e pacífico, em acordo com o Space Law já vigente. Desta maneira, faz-se imprescindível, desde já, a discussão deste tema e a apresentação de possíveis soluções sobre como o direito internacional espacial pode regulamentar as atividades econômicas no espaço exterior, de modo a permitir a sua exploração econômica de maneira sustentável, considerando todos os efeitos políticos, ambientais e socioeconômicos e impedindo, no âmbito da exploração econômica do espaço exterior, o fenômeno da tragédia dos bens comuns, preservando os recursos do ambiente extraterrestre de forma duradoura para as gerações vindouras, mantendo o caráter de patrimônio universal da humanidade do cosmos e de seus recursos.

Palavras-chave: Exploração econômica; Uso comum; Espaço exterior; Patrimônio universal da humanidade; Recursos Econômicos, Tragédia dos bens comuns.

ABSTRACT

This monographic work aims to demonstrate the risks of economic exploration of outer space and analyze how the law can resolve or mitigate conflicts of interest and seek to optimize economic activity and maintain the principle of common use of space by all humanity. The emerging reality of the economic exploration of space (and eventual colonization) brings a series of problems, doubts and challenges, which need to be faced and resolved from a collective understanding, due to the characteristic of the cosmos as a universal space of common and peaceful use, in accordance with the already existent Space Law. Thus, it is essential, from now on, the discussion of this topic and the presentation of possible solutions as the international space law may be able to regulate economic activities in outer space, in order to allow their economic exploitation in a sustainable manner, considering all political, environmental and socioeconomic effects and preventing, in the context of economic exploration of outer space, the phenomenon of tragedy of the commons, preserving the resources of the extraterrestrial environment in a lasting way for future generations, maintaining the character of universal heritage of humanity in the cosmos and its resources

Keywords: Economic exploitation; Common use; Outer space; Universal Heritage of Humanity; Economic Resources, Tragedy of the commons.

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

IGA	Intergovernmental Agreement
ISS	International Space Station
NASA	National Aeronautics and Space Administration
IEA	International Energy Agency
LSA	Luxembourg Space Agency
UNOOSA	United Nations Office for Outer Space Affairs
COPOUS	United Nations Committee on the Peaceful Uses of Outer Space
JAXA	Japan Aerospace eXploration Agency

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	11
2 DA <i>SPACE LAW</i>	14
2.1 EVOLUÇÃO HISTÓRICA DA EXPLORAÇÃO ESPACIAL	14
2.2 CRIAÇÃO DA <i>SPACE LAW</i> E OS TRATADOS INTERNACIONAIS SOBRE O ESPAÇO EXTERIOR	16
2.2.1 Tratado do Espaço Exterior	18
2.2.2 Convenção sobre Responsabilidade Internacional por Danos Causados por Objetos Espaciais	20
2.2.3 Acordo que regula as atividades dos estados na Lua e em outros corpos celestes	22
2.3 LEGISLAÇÕES NACIONAIS SOBRE O ESPAÇO EXTERIOR	25
3 DA EXPLORAÇÃO DOS RECURSOS NATURAIS DO ESPAÇO EXTERIOR E O PERIGO DA TRAGÉDIA DOS BENS COMUNS	28
3.1 DA MINERAÇÃO NA TERRA E NO ESPAÇO	29
3.2 DA TRAGÉDIA DOS BENS COMUNS	41
3.3 POSSÍVEIS SOLUÇÕES À TRAGÉDIA DOS BENS COMUNS E COMO EVITÁ-LA NA EXPLORAÇÃO DOS RECURSOS DO ESPAÇO EXTERIOR	44
4 DAS DEMAIS POTENCIALIDADES ECONOMICAS DO ESPAÇO EXTERIOR	48
4.1 MANUFATURA EM MICROGRAVIDADE	48
4.2 PESQUISAS BIOLÓGICAS E CORONAVÍRUS – COMO A UTILIZAÇÃO DO ESPAÇO PODE PREVINIR A PRÓXIMA PANDEMIA	51
4.3 DA HABITAÇÃO NO ESPAÇO E SEUS DESDOBRAMENTOS JURÍDICOS	56
5 DA PARTICIPAÇÃO DO BRASIL NA EXPLORAÇÃO ESPACIAL E DO DIREITO ESPACIAL NO ORDENAMENTO PÁTRIO	62

6 CONCLUSÃO

68

REFERÊNCIAS

71

1 INTRODUÇÃO

A emergente realidade da exploração econômica do espaço (e possível habitação) traz um rol de desafios, dúvidas e questionamentos jurídicos que necessitam ser encarados e resolvidos a partir de um entendimento coletivo, devido à característica do cosmos como um espaço universal e de uso comum e pacífico, em acordo com o Space Law já vigente.

Se o século XX marcou a aurora da exploração espacial, conduzida quase que exclusivamente por entidades governamentais, e com um número ínfimo de indivíduos indo até a última fronteira – menos de 600 pessoas já foram ao espaço em algum momento – o século XXI promete uma verdadeira revolução, com personalidades civis e entidades privadas tornando a viagem ao espaço e a exploração de seus recursos naturais, como a mineração de metais preciosos, uma realidade cada vez mais próxima.

Os acontecimentos a partir de 2020 ilustram bem essa transformação. Nesse ano houve o retorno à Terra do material rochoso coletado pela sonda Hayabusa 2, da Agência de Exploração Aeroespacial do Japão (JAXA) no asteroide Ryugu, sendo uma das primeiras amostras de asteroide coletada no espaço, e também o lançamento da Chang'e 5, missão não-tripulada chinesa com o objetivo de retornar aproximadamente 2kg de amostras do solo lunar.

Já em 2021, o mundo acompanhou a viagem ao espaço do bilionário Jeff Bezos, em um foguete desenvolvido pela Blue Origins, empresa qual é fundador, e também da viagem turística especial de quatro civis realizada pela SpaceX, do também bilionário Elon Musk, através da cápsula Crew Dragon Resilience lançada pelo foguete Falcon-9.

Esses feitos demonstram que estão extintos os dias em que o espaço era um ambiente inalcançável ao homem, salvo por pouquíssimos cientistas, selecionados entre as mentes mais brilhantes de algumas poucas nações, com o único intuito de avançar a pesquisa e conhecimento coletivo da ciência.

De fato, é de se esperar o contrário: que as missões realizadas nos anos recentes possuam um efeito catalisador, acumulando experiência e *know-how*, reduzindo custos por meio de economia de escala e tornando as subsequentes missões de exploração, amostragem ou turismo mais acessíveis, seguras e com objetivos ainda mais ambiciosos. Estas por sua vez tornarão as próximas mais fáceis e assim sucessivamente, em um feedback positivo de inovação e progresso por toda a indústria aeroespacial.

Desta maneira, a partir das visíveis mudanças de paradigmas na exploração do espaço exterior, faz-se imprescindível questionar sobre a (in)suficiência do conjunto atual de tratados e princípios que compõem a *Space Law* e discutir, desde já, como o direito internacional pode regulamentar as atividades econômicas no espaço exterior de modo a permitir a sua exploração econômica de maneira sustentável, entre todos os países, considerando todos os efeitos políticos, ambientais e socioeconômicos.

Um outro fator pertinente de análise e discussão é a finitude dos recursos minerais no espaço sideral, especialmente aqueles localizados no sistema solar e, principalmente, próximo à órbita terrestre, pois enquanto viagens interestelares são completamente inviáveis com a tecnologia atual, e continuarão sendo no futuro próximo, a mineração de asteroides e cometas em órbita solar é uma mera questão de tempo, investimento de capital e refinamento das tecnologias já existentes, com os primeiros experimentos de mineração – ainda que em caráter científico – já tendo sido realizados em corpos celestes, por meio das missões de retorno de amostra.

Neste sentido, a partir da análise histórica de outros recursos naturais que se mostravam extremamente abundantes, mas que a foram, a longo prazo, degradados de forma irrecuperável pela exploração humana, e pondo em pauta os interesses diversos dos países e entidades privadas sobre o tema, faz-se imprescindível o estabelecimento urgente de diretrizes e regras mais claras e específicas do direito internacional sobre a exploração dos recursos econômicos do nosso espaço exterior, de modo a garantir que esta atividade nascente se dê de maneira democrática e sustentável, e que preserve os recursos e o ambiente sideral para as gerações futuras.

Salienta-se ainda a importância do Brasil e da doutrina jurídica nacional participar desta discussão fundamental. Ainda que com um programa espacial em estado infante, o Brasil é o líder natural da América do Sul, não podendo dispor de representar seus próprios interesses e de seu bloco no âmbito desse corrente debate.

2 DA SPACE LAW

O Escritório das Nações Unidas para Assuntos do Espaço Sideral (UNOOSA) define a Space Law, ou direito espacial, como “o corpo de leis que regulam atividades relacionadas ao espaço.”¹ No entendimento de Valori, citado por Frazão (2015, p. 2), isso se referiria a “todos os acordos internacionais, tratados, convenções, atos normativos e regulamentos das organizações internacionais, leis nacionais, regulamentos internos, ordens executivas e administrativas e decisões de tribunais que são aplicáveis à matéria espacial”. Assim, se cria um regime jurídico que visa regulamentar, no âmbito do direito internacional, aquelas atividades que se relacionam ao espaço. Concomitantemente, discute-se, modifica-se e cria-se a Space Law por meio do Direito Internacional Espacial, que é nas palavras do jurista Monserrat (1998):

O ramo do Direito Internacional Público que regula as atividades dos Estados, de suas empresas públicas e privadas, bem como das organizações internacionais intragovernamentais, na exploração e uso do espaço exterior, e estabelece o regime jurídico do espaço exterior e dos corpos celestes.²

Destarte, faz-se imprescindível a análise de como surgiu o Direito Internacional Espacial, a Space Law e qual a relação que o direito tem com a evolução histórica da exploração espacial no século XX e seus desdobramentos.

2.1 EVOLUÇÃO HISTÓRICA DA EXPLORAÇÃO ESPACIAL

A humanidade sempre teve grande admiração pelo cosmos e corpos celestes, incorporando-os aos nossos mitos, religiões, histórias e utilizando seus movimentos para guiar a passagem do tempo. Com a revolução industrial e científica nos séculos XVIII e XIX, de repente a perspectiva de sair da órbita terrestre passou a ser uma

¹ NAÇÕES UNIDAS, Escritório das Nações Unidas para Assuntos do Espaço Sideral. Disponível em: <https://www.unoosa.org/oosa/en/ourwork/spacelaw/index.html>. Acesso em 14 out. 2019.

real possibilidade (no futuro) para as pessoas da época, como retratado em umas das primeiras obras do cinema, o icônico *Le Voyage dans la lune*, ou Viagem à Lua, de Georges Méliès ou nos diversos livros de Isaac Asimov.

Entrementes, foi no século XX, durante e após a 2ª Guerra Mundial, que a tecnologia de propulsão e navegação deu um salto, a partir de uma série de inovações, que começaram com a criação dos foguetes V-2, pela Alemanha Nazista, para bombardear a Grã-Bretanha, e culminou no pós-guerra no lançamento dos primeiros objetos, animais e eventualmente humanos à órbita terrestre e além.

O primeiro satélite artificial da história, lançado pela URSS em 4 de outubro de 1957, a partir do Cosmódromo de Baikonur, foi o Sputnik 1. O objeto consistia em uma esfera de metal polido de 58 centímetros de diâmetro, com quatro antenas para transmissão de sinais de rádio, posicionado em uma órbita elíptica baixa e viajando a 29 mil km/h, levando aproximadamente uma hora e meia em cada volta ao globo. Apesar de sua simplicidade em forma e função, o pequeno satélite ocasionou um frenesi na população americana, principal potencia rival aos soviéticos, chamada de Crise Sputnik, pois a mesma tecnologia de foguete que levou o Sputnik 1 ao espaço poderia facilmente ser utilizada para carregar uma ogiva nuclear, com uma capacidade de transporte muito maior que os americanos consideraram possível até então. (MIECZKOWSKI, 2013)

Com essa nova “ameaça” no âmbito do espaço os EUA adotaram contramedidas, como uma maior ênfase em seu próprio projeto de lançamento de satélite (SCHEFTER, 1999, p. 25), a criação da *Advanced Research Projects Agency* (ARPA) - que mais tarde se tornou a *Defense Advanced Research Projects Agency* (DARPA), e, o mais importante de tudo, a assinatura em 29 de julho de 1958 do *National Aeronautics and Space Act*, lei norte-americana que criou a NASA, a agência espacial norte-americana.

Dessa forma, pode-se dizer que o lançamento do Sputnik não apenas é um feito importante na história da humanidade, mas como marca, efetivamente, o verdadeiro início da Corrida Espacial. E com o início da Era Espacial, também ganha propulsão o Direito Internacional Espacial e a *Space Law*.

2.2 CRIAÇÃO DA SPACE LAW E OS TRATADOS INTERNACIONAIS SOBRE O ESPAÇO EXTERIOR

O início da Era Espacial pôs em voga uma série de desafios jurídicos e geopolíticos. Até aquele momento, somente o espaço aéreo era regulamentado, tendo sido alvo de discussões entre estados, especialmente na Conferência de Chicago, em 1944, onde foi assinado por dezenas de países A Convenção sobre Aviação Civil Internacional, sem haver, contudo, qualquer regramento para o espaço sideral.

Dessa maneira, se um veículo espacial sobrevoa, na órbita terrestre, o território de uma outra nação, estaria ocorrendo uma transgressão ao seu território? Nesse sentido que indaga Monserrat:

Estaria ele invadindo o espaço aéreo dos países que sobrevoava sem pedir licença [...] Ou apenas singrava novo espaço ainda não regulado? E seria esse novo espaço *res nullius* (coisa de ninguém), aberta à conquista do primeiro país que por lá chegasse, como se viu na Ásia, África e América Latina? Nenhum ramo do Direito respondia a essas indagações. (2007)

A esse entendimento complementa Bittencourt Neto:

[...] abriu-se um debate em torno do direito de apropriação do espaço sideral; seria ele de livre conquista, como novo continente a ser explorado? A perspectiva de colonização do espaço sideral pelas superpotências como ocorrera nas Américas, África, Ásia e Oceania, não era bem-vista pela comunidade Internacional. Existia o temor de que, caso a referida tese prevalecesse, tornar-se-ia legítimo, por exemplo, que a URSS reivindicasse soberania sobre a órbita terrestre, por conta de ter sido o primeiro país a “conquistá-lo” e, assim, restringir sobremaneira a exploração daquele território (2011, p. 29-30)

Destarte, tornou-se imprescindível a criação de algum grau de regulamentação, necessidade que se manifestou na criação, pela Assembleia Geral das Nações Unidas, do COPOUS, ou Comitê das Nações Unidas para o Uso Pacífico do Espaço Exterior, por meio da aprovação da Resolução 1472 (XIV). Nessa resolução, é a primeira vez que o espaço sideral e seus corpos celestes são convencionados como

de interesse comum à humanidade e que sua exploração deve-se ocorrer de forma a beneficiar todos.³

Contudo a criação do COPOUS se demonstrou insuficiente para a regulamentação de aspectos mais urgentes à exploração espacial, que acelerou de modo exponencial na década de 60, com as primeiras missões tripuladas e a promessa americana de ir à Lua. Assim, outras resoluções da ONU sobre o direito espacial se seguiram. Na exposição do brilhante Monserrat Filho:

A Resolução 1721, de 20/12/1961, recomenda que, "na exploração e uso do espaço exterior, os Estados se guiem pelos seguintes princípios": a) "O direito internacional, incluída a Carta das Nações Unidas, aplica-se ao espaço exterior e aos corpos celestes"; e "o espaço exterior e os corpos celestes poderão ser livremente explorados e utilizados por todos os Estados, em conformidade com o Direito internacional, e não poderão ser objeto de aprovação nacional"; pede aos Estados que informem ao COPUOS, através do Secretário Geral das Nações Unidas, sobre seus lançamentos para voos orbitais; e ao Secretário Geral que crie um registro público com as informações prestadas pelos Estados sobre seus lançamentos espaciais.

A Resolução 1802, de 14/12/1962, enfatiza a necessidade do desenvolvimento progressivo do direito internacional na elaboração mais detalhada dos princípios jurídicos fundamentais que devem reger as atividades dos Estados na exploração e uso do espaço exterior; a responsabilidade por acidentes causados por veículos espaciais; e a prestação de ajuda a astronautas e veículos espaciais e sua devolução, e outros problemas jurídicos; e encaminha ao COPUOS os diversos projetos já apresentados sobre essas questões.

Por fim, a Resolução 1962, 13/12/1963, aprovou por unanimidade, a "Declaração dos Princípios Jurídicos Reguladores das Atividades dos Estados na Exploração e Uso do Espaço Exterior", que consolida tudo o que fora até então acordado por consenso. Influência positiva sobre sua aprovação exerceu a adoção, em 05/08/1963, do Tratado de Proscrição das Experiências com Armas Nucleares na Atmosfera, no espaço Exterior e sob a Água. (2013)

³ "The General Assembly, Recognizing the common interest of mankind as a whole in furthering the peaceful use of outer space, Believing that the exploration and use of outer space should be only for the betterment of mankind and to the benefit of States irrespective of the stage of their economic or scientific development, Desiring to avoid the extension of present national rivalries into this new field, Recognizing the great importance of international cooperation in the exploration and exploitation of outer space for peaceful purposes, Noting the continuing programmes of scientific cooperation in the exploration of outer space being undertaken by the international scientific community, Believing also that the United Nations should promote international co-operation in the peaceful uses of outer space, I. Establishes a Committee on the Peaceful Uses of Outer Space [...]" (NAÇÕES UNIDAS, Resolução 1472 (XIV), 1959)

Contudo, as meras declarações de princípios e resoluções da Assembleia, não obstante passo fundamental no desenvolvimento do direito espacial, e norteadoras no desenvolvimento da *Space Law*, encontravam-se limitadas pela falta de obrigatoriedade e especificidade, sendo mais diretrizes do que regras jurídicas propriamente ditas.

Destarte, fazia-se imprescindível a criação de um regime jurídico mais rígido e que submetesse os estados-membros a um grau maior de comprometimento mútuo e responsabilidade. Nesse sentido, a comunidade internacional criou de forma multilateral o documento que ainda é, até hoje, o mais abrangente e completo do Direito Espacial, o Tratado do Espaço Exterior.

2.2.1 Tratado do Espaço Exterior

A assinatura do “Tratado sobre Princípios Reguladores das Atividades dos Estados na Exploração e Uso do Espaço Cósmico, Inclusive a Lua e Demais Corpos Celestes”, ou modo mais usual, Tratado do Espaço Exterior, ocorreu no ano de 1967, no auge da Corrida Espacial e em meio ao contexto da Guerra-Fria, tendo sido assinado por todas as potências da época e hoje englobando a maior parte dos países, incluindo todos aqueles que participam da exploração espacial, incluindo o Brasil, tendo levado apenas três anos para ser concluído. (MONSERRAT, 2007)

Em suas provisões, o tratado estabelece alguns dos princípios norteadores da *Space Law*, como o a exploração e utilização do espaço sideral em benefício comum à humanidade, a liberdade de exploração por todos os Estados e a proibição de apropriação, a disposição de armas de destruição em massa no espaço em na órbita terrestre e a responsabilização dos Estados por danos causados por seus objetos espaciais. (UNOOSA).⁴

⁴ The Outer Space Treaty provides the basic framework on international space law, including the following principles:

- the exploration and use of outer space shall be carried out for the benefit and in the interests of all countries and shall be the province of all mankind;
- outer space shall be free for exploration and use by all States;

As resoluções e declarações anteriores da Assembleia Geral da ONU estabeleciam mais diretrizes indicativas do que necessariamente regras vinculantes, não implicando em responsabilidade ao Estado que as violassem. (NETO, 2011, p. 32). Já o Tratado do Espaço Exterior muito mais força jurídica, sendo um compromisso real dos estados-membros com os dispositivos e garantindo, ao menos na época, uma maior segurança jurídica e regulamentação às atividades relacionadas ao espaço sideral. Nas palavras do mestre:

O Tratado do Espaço, de 1967, definido como "a Carta Magna do Espaço" e o "Código Maior das Atividades Espaciais", é um dos acordos multilaterais mais apoiados pela comunidade internacional. O peso desse apoio aproxima-o da Carta das Nações Unidas, de 1945, cuja universalidade é imbatível. Ratificado por 102 países e assinado por 26, o Tratado do Espaço goza de singular autoridade. Além disso, é reconhecido e aceito por todos os demais países. Ao longo de seus 46 anos de vigência, nenhum de tais países jamais se manifestou contra qualquer de seus princípios e normas. Logo, é também um sólido costume internacional. É o primeiro sistema de normas para as atividades espaciais. E deixa claro que, no início dos anos 60, "a comunidade internacional desejava submeter o uso futuro do universo não habitado, não assentado e desconhecido a regras legais feitas pelos humanos, pelo menos no que diz respeito a suas atividades." (MONSERRAT, 2013)

O falecido professor Guido Fernando Silva Soares, Mestre em Direito Comparado, Doutor em Ciências Humanas e Diplomata do Brasil, também entendia que o "código do espaço":

É um tratado amplo, de grandes linhas normativas, sob cuja sombra outros tratados se encontram e que, em princípio, ou foram elaborados em complementação aos dispositivos daquele, ou foram assinados entre alguns Estados-membros daquele mais geral, com objetivos especiais por eles permitidos. (SOARES, p.62, 2013)

-
- outer space is not subject to national appropriation by claim of sovereignty, by means of use or occupation, or by any other means;
 - States shall not place nuclear weapons or other weapons of mass destruction in orbit or on celestial bodies or station them in outer space in any other manner;
 - the Moon and other celestial bodies shall be used exclusively for peaceful purposes;
 - astronauts shall be regarded as the envoys of mankind;
 - States shall be responsible for national space activities whether carried out by governmental or non-governmental entities;
 - States shall be liable for damage caused by their space objects; and
 - States shall avoid harmful contamination of space and celestial bodies.

A “Carta Magna do Espaço” traz, inclusive, a noção de responsabilidade dos estados-membros por atividades relacionadas ao espaço, inclusive aquelas realizadas por entidades não-governamentais – como empresas privadas -, dispostas nos artigos sexto e sétimo do tratado.⁵

Contudo, as disposições do Tratado do Espaço Exterior, ainda que estabelecendo um regime jurídico essencial à exploração espacial, possuía lacunas e não preenchia de forma satisfatória as necessidades do Direito Internacional Especial vigente, de modo que foram assinados outros tratados posteriores para preencher essas lacunas.

2.2.2 Convenção sobre Responsabilidade Internacional por Danos Causados por Objetos Espaciais

A criação do COPOUS deu início à criação de um Direito Internacional Espacial e o Tratado do Espaço Exterior se transformou, em modo geral, em seu principal código, referido até como a “Carta Magna do Espaço”. (MONSERRAT, 2013)

⁵ TRATADO SÔBRE PRINCÍPIOS REGULADORES DAS ATIVIDADES DOS ESTADOS NA EXPLORAÇÃO E USO DO ESPAÇO CÔSMICO, INCLUSIVE A LUA E DEMAIS CORPOS CELESTES

ARTIGO VI

Os Estados partes do Tratado têm a responsabilidade internacional das atividades nacionais realizadas no espaço cósmico, inclusive na Lua e demais corpos celestes, quer sejam elas exercidas por organismos governamentais ou por entidades não-governamentais, e de velar para que as atividades nacionais sejam efetuadas de acordo com as disposições anunciadas no presente Tratado. As atividades das entidades não-governamentais no espaço cósmico, inclusive na Lua e demais corpos celestes, devem ser objeto de uma autorização e de uma vigilância contínua pelo componente Estado parte do Tratado. Em caso de atividades realizadas por uma organização internacional no espaço cósmico, inclusive na Lua e demais corpos celestes, a responsabilidade no que se refere às disposições do presente Tratado caberá a esta organização internacional e aos Estados partes do Tratado que fazem parte da referida organização.

ARTIGO VII

Todo Estado parte do Tratado que proceda ou mande proceder ao lançamento de um objeto ao espaço cósmico, inclusive à Lua e demais corpos celestes, e qualquer Estado parte, cujo território ou instalações servirem ao lançamento de um objeto, será responsável do ponto de vista internacional pelos danos causados a outro Estado parte do Tratado ou a suas pessoas naturais pelo referido objeto ou por seus elementos constitutivos, sobre a Terra, no espaço cósmico ou no espaço aéreo, inclusive na Lua e demais corpos celestes.

Contudo, de forma a complementar algumas das lacunas jurídicas deixadas pelo tratado supracitado, foi acordado pela comunidade internacional em 1972 a Convenção sobre Responsabilidade Internacional por Danos Causados por Objetos Espaciais, reafirmando os princípios do Tratado do Espaço Exterior, mas trazendo novos conceitos, como de responsabilização por danos causados e de Estado Lançador.⁶

Assim o escopo do Direito Espacial é expandido, com os estados-partes se comprometendo a regras cogentes de indenização por danos a outrem, se responsabilizando por seus atos e de pessoas sob sua responsabilidade, criando regras de pagamentos de indenização, reconhecendo o estabelecimento de responsabilidade solidária para missões conjuntas entre estados-partes⁷ e hipóteses

⁶ CONVENÇÃO SOBRE RESPONSABILIDADE INTERNACIONAL POR DANOS CAUSADOS POR OBJETOS ESPACIAIS

Os Estados Partes desta Convenção, Reconhecendo o interesse comum de toda a humanidade em incentivar a exploração e uso do espaço cósmico para fins pacíficos, Lembrando o Tratado sobre Princípios Reguladores das Atividades dos Estados na Exploração e Uso do Espaço Cósmico, inclusive a Lua e demais Corpos Celestes, Considerando que, não obstante as medidas de precaução a serem tomadas por Estados e por organizações intergovernamentais internacionais empenhadas no lançamento de objetos espaciais, tais objetos poderão ocasionalmente provocar danos.

Reconhecendo a necessidade de elaborar regras e procedimentos internacionais efetivos referentes à responsabilidade por danos causados por objetos espaciais, e para assegurar, em particular, o pronto pagamento, segundo os termos desta Convenção, de uma indenização inteira e equitativa às vítimas de tais danos,

Convencidos de que o estabelecimento de tais regras e procedimentos contribuirá para o fortalecimento da cooperação internacional no domínio de exploração e uso do espaço cósmico para fins pacíficos, Convieram no que se segue:

ARTIGO 1º

Para os propósitos da presente convenção:

- (a) o termo “dano” significa perda de vida, ferimentos pessoais ou outro prejuízo à saúde; perdas de propriedade de Estados ou de pessoas físicas ou jurídicas ou danos sofridos por tais propriedades, ou danos e perdas no caso de organizações intergovernamentais internacionais;
- (b) o termo “lançamento” incluir tentativas de lançamento;
- (c) o termo “Estado lançador” significa:
 - (i) um Estado que lança ou promove o lançamento de um objeto espacial;
 - (ii) um Estado de cujo território ou de cujas instalações é lançado um objeto espacial;
- (d) o termo “objeto espacial” incluir peça, componentes de um objeto espacial, e também o seu veículo de lançamento e peças do mesmo.

ARTIGO 2º

Um Estado lançador será responsável absoluto pelo pagamento de indenização por danos causados por seus objetos espaciais na superfície da Terra ou a aeronaves em voo.

7

ARTIGO 5º

1. Sempre que dois ou mais Estados, juntamente, lancem um objeto espacial, eles serão solidária e individualmente responsáveis por quaisquer danos causados.

de exoneração de responsabilidade para situações de força-maior ou culpa exclusiva do estado que sofreu o dano.

2.2.3 Acordo que regula as atividades dos estados na Lua e em outros corpos celestes

Considerando os tratados anteriores insuficientes em seu escopo, e desejando um grau ainda maior de proteção e regulamentação às atividades dos estados na Lua e dos demais corpos celestes, alguns países membros da comunidade internacional se juntaram para a criação, assinatura e ratificação do tratado que ficou conhecido como Acordo da Lua, ou Lei da Lua.

O Acordo da Lua é ainda mais ambicioso e se aprofunda na concepção de “bem-comum da humanidade”. Ele prevê suas disposições que:

ARTIGO 11:

1 – A Lua e seus recursos naturais são patrimônio comum da humanidade, como expressam as cláusulas do presente Acordo, e, em particular, o § 5º deste Artigo.

2 – A Lua não pode ser objeto de apropriação nacional por proclamação e soberania, por uso ou ocupação, nem por qualquer outro meio.

3 – A superfície e o subsolo da Lua, bem como partes da superfície ou do subsolo e seus recursos naturais, não podem ser propriedade de qualquer Estado, organização internacional intergovernamental ou não-governamental, organização nacional ou entidade não-governamental, ou de qualquer pessoa física. O estabelecimento na superfície ou no subsolo da Lua de pessoal, veículos, material, estações, instalações e equipamentos espaciais, inclusive obras vinculadas indissolavelmente à sua superfície ou subsolo, não cria o direito de propriedade sobre sua superfície ou subsolo e suas partes. Estes dispositivos não devem prejudicar o regime internacional referido no § 5º deste Artigo.

2. Um Estado lançador que pagou indenização por danos terá o direito de pedir ressarcimento a outros participantes no lançamento conjunto. Os participantes num lançamento conjunto podem concluir acordos quanto à divisão entre si das obrigações financeiras pelas quais eles são, solidária e individualmente, responsáveis.

3. Um Estado de cujo território ou de cujas instalações e lançado um objeto espacial será considerado como participante no lançamento conjunto.

4 – Os Estados-Partes têm o direito à exploração e ao uso da Lua, sem qualquer discriminação, em condições de igualdade e em conformidade com o Direito Internacional e as cláusulas deste Acordo.

5 – Os Estados-Partes se comprometem, pelo presente Acordo, a estabelecer um regime internacional, inclusive os procedimentos adequados, para regulamentar a exploração dos recursos naturais da Lua, quando esta exploração estiver a ponto de se tornar possível. Este dispositivo deve ser aplicado em conformidade com o Artigo 18 do presente Acordo.

6 – Para facilitar o estabelecimento do regime Internacional referido no § 5º deste Artigo, os Estados-Partes devem informar ao Secretário-Geral da Organização das Nações Unidas, ao grande público e à comunidade científica internacional, do modo mais amplo e prática possível, sobre todos os recursos naturais que eles possam descobrir na Lua.

7 – Entre os principais objetivos do regime internacional a ser estabelecido estão:

- a) Assegurar o aproveitamento ordenado e seguro dos recursos naturais da Lua;
- b) Assegurar a gestão racional destes recursos;
- c) Ampliar as oportunidades de utilização destes recursos; e
- d) Promover a participação equitativa de todos os Estados-Partes nos benefícios auferidos destes recursos, tendo especial consideração para os interesses e necessidades dos países em desenvolvimento, bem como para os esforços dos Estados que contribuíram, direta ou indiretamente, na exploração da Lua.

8 – Todas as atividades relacionadas com os recursos naturais da Lua devem ser realizadas de modo compatível com os objetivos indicados no § 7º deste Artigo e com os dispositivos do § 2º do Artigo 6º do presente Acordo. (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE DIREITO AERONÁUTICO E ESPACIAL).

Importante apontar nesse momento uma diferença entre o documento traduzido e o acordo original em língua inglesa. Em seu texto original, o artigo 11.3 traz a seguinte disposição:

Neither the surface nor the subsurface of the moon, nor any part thereof or natural resources in place, shall become property of any State, international intergovernmental or non- governmental organization, national organization or non-governmental entity or of any natural person. (UNOOSA)

A utilização do termo “*in place*”, ausente na tradução do texto, implicaria, na visão de alguns, uma possibilidade implícita de que, uma vez retirado o recurso natural da superfície ou subsolo, ele passaria a ser propriedade de quem o retirou.

But Article 11 also implicitly recognizes the existence or creation of personal property rights by authorizing laws to govern the commercial use and exploitation of space resources. Without such rights there would be no commerce and no need for an international “regime” of laws. This interpretation is bolstered by the qualifier “natural resources *in place*” in 11.3 above. Once resources are no longer in situ, they become the personal property of whatever entity or person that removed them. (O’BRIEN, 2019)

Para outros, o tratado é bem claro em sua intencionalidade, e a exploração comercial a apropriação de recursos naturais na Lua ou demais corpos celestes iria claramente contra o espírito não apenas do Acordo da Lua, mas como dos princípios já estabelecidos nos tratados e declarações da Space Law. Conforme matéria jornalística da British Broadcasting Corporation:

"A mineração, seja com a intenção de trazer materiais à Terra ou armazená-los e processá-los na Lua, evidentemente é o oposto de não causar nenhum dano (como preveem os tratados internacionais)", opina Helen Ntabeni, advogada do Naledi Space Law and Policy, um escritório de advocacia britânico especializado em temas espaciais. (BBC, 2019)

Para o doutrinador Monserrat Filho, o principal problema é a falta de regulamentação e a inércia da comunidade internacional na criação de um órgão regulador, que possa gerenciar a exploração desses recursos de forma condizentes com as declarações e princípios pré-estabelecidos. Segundo o mestre, em entrevista ao jornal Sputnik:

"Esta questão ainda não foi resolvida internacionalmente. Trata-se de uma questão internacional e não nacional. O espaço e os corpos celestes são considerados bens abertos a toda a humanidade. Logo, ninguém pode se apossar do espaço. O Tratado do Espaço de 1967, que é o código maior das atividades espaciais, diz claramente em seu Artigo 2 que o espaço cósmico, inclusive a Lua e os demais corpos celestes, não poderá ser objeto de apropriação nacional, por proclamação de soberania, por uso ou ocupação e nem por qualquer outro meio. A questão da propriedade privada para a exploração industrial e comercial dos recursos naturais dos corpos celestes, inclusive dos asteroides, ainda precisa ser devidamente regulada por ser uma questão específica. [...] Além do Tratado do Espaço de 1967, há também o Acordo da Lua, que foi aprovado por unanimidade pela Assembleia-Geral das Nações Unidas, em 1979, e assinado por uns poucos países. Os EUA e a Rússia não ratificaram esse acordo, mas de qualquer maneira ele tem um peso razoável e não pode ser ignorado, e diz claramente que a exploração dos recursos naturais dos corpos celestes – a Lua e asteroides – só poderá ser feita depois de criada uma autoridade internacional com a participação dos interessados. Ou seja, a proposta é criar um sistema como o que hoje administra as riquezas dos fundos marinhos e instituir uma autoridade internacional. E a empresa que estiver interessada em participar da exploração faz um estudo com a autoridade internacional que supervisiona essa exploração, de tal maneira que ela não prejudique os outros países. (MONSERRAT, 2019).

Conforme apontado pelo doutrinador, EUA e Rússia, as grandes potências espaciais, não ratificaram o Acordo da Lua, e não se comprometeram com as suas disposições, ainda que tenha sido aprovado pela Assembleia Geral da ONU e seja

considerado parte da Space Law. Também não ratificaram o tratado outros países importantes na exploração espacial, como Japão, China e as potências europeias. Sobre isso comentam Santos e Lemos:

Podemos constatar que nenhum dos ‘gigantes’ da corrida espacial (China, EUA e Rússia, como citados no início) está dentre os seus signatários; nem sequer o Brasil assinou o Acordo, o que compromete completamente sua aplicabilidade, já que os Estados que certamente iniciarão a exploração dos recursos lunares não estão vinculados à regulamentação que esse propõe (SANTOS; LEMOS, 2016, p. 112).

Destarte, na ausência de normas e regulamentações internacionais fortes sobre o tema, e com o avanço estonteante de novas tecnologias e do interesse pelo espaço, países vem criando suas próprias legislações nacionais sobre as atividades no cosmos – em contramão ao espírito multilateral da Space Law.

2.3 LEGISLAÇÕES NACIONAIS SOBRE O ESPAÇO EXTERIOR

O minúsculo – porém rico – Grão-Ducado de Luxemburgo aprovou recentemente a *Law of 2017 on the Exploration and Use of Space Resources*. primeira legislação em solo europeu com o objetivo exclusivo de incentivar e regulamentar a nível nacional atividades especiais com fins comerciais, em especial a mineração espacial. Ano passado, aprovou ainda a *Law of 15 December 2020 on Space Activities*. Segundo sua própria agência espacial:

Its goal is to ensure that space resources explored under its jurisdiction serve a peaceful purpose, are gathered and used in a sustainable manner compatible with international law and for the benefit of humankind. Luxembourg’s vision is built on support for advanced research activities and technological capabilities, drawing on the country’s existing expertise in the space sector and its ongoing strategy of economic diversification into future-oriented high-tech industries.

The Grand Duchy is the first European country, and the second worldwide, to offer a legal framework on the exploration and use of space resources, ensuring that private operators can be confident about their rights on resources they extract in space. (LUXEMBOURG SPACE AGENCY)

O movimento do pequeno ducado para se colocar na vanguarda da exploração dos recursos do espaço é facilmente explicado: existe uma quantidade imensurável de recursos minerais e metais raros no espaço, inclusive em regiões do sistema solar próximas à Terra. Conforme expõe a LSA:

The Moon, other planets and asteroids contain a rich diversity of minerals, gases and water that could be used to provide raw materials, energy and sustenance to sustain human life and enable exploration deeper into space.

The Moon is the closest near-Earth object at a distance of around 385,000 kilometers, bound by the Earth's gravity. Analysis of the Moon and the 400 kilos of lunar rock and regolith surface material already brought back to Earth indicate that it is rich in important and useful elements.

Other NEOs include asteroids that can be rich in carbon (C-type), metals (M-type) or silica (S-type). The number of near-Earth asteroids already identified now exceeds 20,000 and it continues to rise; more than 1,800 were discovered in 2018 alone. (LUXEBOURG SPACE AGENCY)

A quantidade de recursos naturais no espaço é tamanha que o astrofísico Neil deGrasse Tyson fincou: o primeiro trilionário virá da mineração espacial.

Mais importante que o pioneirismo da pequena nação europeia, foram as legislações nacionais postas em vigor pela maior potência econômica, científica e espacial. Os Estados Unidos da América. Ainda na administração de Barack Obama, foi aprovado pelo congresso americano e sancionado pelo poder executivo o *Commercial Space Launch Competitiveness Act of 2015*, regulamentando a atuação de empresas e cidadãos americanos no espaço. O preambulo da legislação aduz o seguinte objetivo:

To facilitate a pro-growth environment for the developing commercial space industry by encouraging private sector investment and creating more stable and predictable regulatory conditions, and for other purposes. (U.S. COMMERCIAL SPACE LAUNCH COMPETITIVENESS ACT)

Se distanciando ainda mais dos princípios estabelecidos na Space Law, o ex-presidente Donald Trump assinou durante sua gestão uma ordem executiva com a seguinte disposição:

Supportive policy regarding the recovery and use of space resources is important to the creation of a stable and predictable investment environment for commercial space innovators and entrepreneurs, and it is vital to the

long-term sustainability of human exploration and development of the Moon, Mars, and other destinations.

As part of further implementing Space Policy Directive 1, “Reinvigorating America’s Human Space Exploration Program,” President Trump underscores our commitment to the 1967 Outer Space Treaty, which has provided a foundational set of rules for the successful use of outer space for more than fifty years.

The Executive Order also affirms Congress’ intent that Americans should have the right to engage in commercial exploration, recovery, and use of resources in outer space, consistent with applicable law.

Outer space is a legally and physically unique domain of human activity, and the United States does not view space as a global commons. (UNITED STATES PRESIDENT DONALD J. TRUMP)

Isso, aliado com a recente criação do mais novo ramo de suas forças armadas, a Força Espacial dos Estados Unidos, demonstra um direcionamento claro: na ausência de uma autoridade internacional regulamento as atividades espaciais, os países estão criando suas próprias normas e instituições, para incentivar e regulamentar o comércio, exploração de recursos e até segurança nacional.

Destarte, é preciso compreender mais profundamente a força motriz por trás dessa mudança de paradigma, e analisar as consequências que isso terá no direito internacional espacial e como isso se comunica com o nosso ordenamento pátrio e nossa nação. Afinal, conforme afirmou Georges Ripert: “Quando o Direito ignora a realidade, a realidade se vingando ignorando o Direito”.

3 DA EXPLORAÇÃO DOS RECURSOS NATURAIS DO ESPAÇO EXTERIOR E O PERIGO DA TRAGÉDIA DOS BENS COMUNS

As engrenagens do capitalismo internacional, conforme demonstrado, já estão a todo vapor, sendo inevitável que o espaço seja palco da mais nova “corrida do ouro”. Asteroides metálicos no sistema solar contém dezenas, centenas ou até milhares de vezes a quantidade de metais e minerais que a Terra inteira é estimada em ter. Dessa maneira, a mineração destes metais raros é o grande foco da exploração econômica espacial, com valores que ultrapassariam, em tese, facilmente a casa dos trilhões. (GLESTER, 2018).

Contudo, os recursos do nosso sistema-solar, ainda que de extrema abundâncias, muito além do que poderíamos consumir em um futuro breve, não são infinitos. Uma breve análise histórica é suficiente para chegar à conclusão essencial de que até recursos abundantes estão sujeitos aos princípios da escassez: mais especificamente, se você utiliza um recurso mais rápido do que ele se renova, uma hora ele irá se esgotar, independentemente de sua condição inicial. E no caso de metais raros no sistema solar, eles não são renováveis em nenhum aspecto.

Quando um bem que está à disposição da coletividade é degradado a partir da ação de indivíduos que, agindo por contra própria, ainda que inconscientes, decidem maximizar seus ganhos em detrimento do coletivo, chamamos o fenômeno de A Tragédia dos Bens Comuns. Esse conceito foi popularizado pelo ecologista Garrett Hardin, em artigo publicado na revista Science em 1968.

Os recursos espaciais também podem sofrer do mesmo tipo de degradação que Hardin alertava. Recursos que a priori são tão abundantes que se aproximam que parecem infinitos em primeira análise, rapidamente tornam-se escassos ao longo de séculos de mau uso. *In casu*, refere-se não apenas ao esgotamento do recurso propriamente dito, mas como a sua inutilização, como uma fonte de água limpa que é poluída, por exemplo.

A humanidade maculou gravemente todos os espaços em que se estabeleceu, com a Antártica e o Espaço Sideral sendo os únicos ambientes em que a degradação de

recursos e a poluição antropogênica ainda é mínima. Assim, é necessário utilizar os erros do passado como aprendizado para a construção de um futuro preservado, garantindo às gerações futuras um espaço sideral pristino, com o menor resquício possível de nossas atividades. É necessário o emprego de novas tecnologias, em conjunto com um direito internacional proativo, que estabeleça os parâmetros necessários para uma expansão econômica no espaço sideral de maneira inteligente, responsável e ambientalmente íntegra.

Isso não significa que se deve deixar de explorar o espaço como algumas interpretações puristas dos tratados que compõem o direito espacial almejam. A exploração econômica do espaço tem um claro potencial de beneficiar a humanidade como um todo. De maneira direta, pelo óbvio aumento de nossa riqueza material - metais e compostos minerais extremamente úteis, porém igualmente raros, se tornariam comuns, permitindo uma aplicação ampla no cotidiano. De maneira indireta, teríamos uma menor destruição do nosso próprio planeta e do ecossistema que dele depende.

A mineração, em específico, é uma das atividades humanas que mais degradam o meio ambiente e com o potencial de causar tragédias, como evidenciado nos desastres de Mariana e Brumadinho. Um asteroide em órbita, contudo, é completamente ausente de vida, sendo qualquer acidente minimizado por não destruir fauna ou flora qualquer, muito menos afetando populações humanas ao redor. Cria-se, portanto, a necessidade de compreender, a luz da ciência, os benefícios que uma exploração econômica do espaço pode trazer à humanidade, e como o direito internacional espacial pode não a coibir, mas sim incentivá-la para que aconteça de modo racional e sustentável.

3.1 DA MINERAÇÃO NA TERRA E NO ESPAÇO

Os metais e demais recursos minerais são essenciais para o homem desde os primórdios da espécie humana. A utilização de ferramentas de metal, primeiro cobre

e depois bronze, marcam o fim do período neolítico (Idade da Pedra) e o início da Era do Bronze e das primeiras civilizações.

Towards the end of the Neolithic era, copper metallurgy is introduced, which marks a transition period to the Bronze Age, sometimes referred to as the Chalcolithic or Eneolithic Era. Bronze is a mixture of copper and tin, which has a greater hardness than copper, better casting properties, and a lower melting point. Bronze could be used for making weapons, something that was not possible with copper, which is not hard enough to endure combat conditions. In time, bronze became the primary material for tools and weapons, and a good part of the stone technology became obsolete, signaling the end of the Neolithic and thus, of the Stone Age. (WORLD HISTORY ENCYCLOPEDIA, 2018)

Avanços nos materiais utilizados para criação de armas e ferramentas marcam não apenas a transição do período neolítico à Idade do Bronze, mas de todos os momentos de rápida transformação na história. A utilização e manufatura do Ferro marca o fim da Idade do Bronze e início da Idade do Ferro, a invenção da máquina à vapor, através da queima do carvão, simboliza o início da Revolução Industrial, e a criação da máquina de combustão interna, abastecido por combustíveis fósseis derivados do petróleo, possibilitou as incríveis inovações do século XX.

[...] the application of the steam engine to transportation systems opened a new era of rapid movement of people and goods by railway systems on land and by steamships at sea. The later development of the internal combustion engine freed the land transportation systems from fixed railway routes and produced a startling rise in the use of liquid fuels.

Each of these steps relied on techniques which overcame the resource constraints of an earlier age [...] (SYMONDS, 1975)

Contudo, a utilização dos recursos naturais do nosso planeta vem com um custo, que cada vez se torna mais aparente. Degradamos o meio ambiente para extrair esses recursos, nos processos extrativistas, e degradamos novamente o ecossistema quando os utilizamos, por meio da poluição atmosférica ou dos recursos hídricos.

[...] Each, however, has caused increasing dependence of our society on energy and, more recently, a greater consciousness of the need for dependable and diverse resources of energy upon which we may draw. Two significant problems emerge from the demand for energy. The first is the magnitude of the resources which are capable of economic use, the efficiency with which they are being used, and the rate at which they are

being depleted. The second is the impact that our use of energy makes in ecological and environmental terms. (SYMONDS, 1975)

Essa dependência por combustíveis fósseis tem sido alvo de intenso combate nos últimos anos, por ambientalistas, cientistas, movimentos sociais e partidos políticos aliados à causa ambiental, com o foco principal sendo o aquecimento global e mudanças climáticas ocasionadas pelo efeito estufa. As soluções encontradas por esses grupos têm sido principalmente no investimento em fontes renováveis de energia, como solar e eólica - em substituição às fontes mais tradicionais de energia, como termoelétricas - e na renovação da frota de veículos, substituindo aos poucos os veículos à combustível fóssil – como gasolina e diesel – por veículos elétricos.

Limiting global warming to 1.5°C will require a rapid reduction of emissions from the transport sector, which is responsible for almost a quarter of direct greenhouse gas emissions.¹ Electrifying transport systems will be a crucial step in the process, in which electric vehicles (EVs) will play an important role.² Recent technological advancements offer an opportunity to replace fossil fuels by electric systems in all transport sectors – including air transport. The electrification of road transport has already begun, which has been led by the continual development of electric cars. Electric buses and trucks – as well as other EVs, such as two- and three-wheelers – are following. After years of doubt and uncertainty, EVs have begun competing commercially with internal combustion engine vehicles. (PARAJULY; TERNALD; KUEHR, 2020)

Contudo, todas essas alternativas apresentam seus próprios custos e impactos ambientais muitas vezes ignorados ou desconhecidos por aqueles que advogam a sua utilização. Veículos elétricos utilizam baterias à base de Lítio que, graças a décadas de pesquisa e desenvolvimento, conseguem hoje ser leves, relativamente baratas e com uma grande capacidade de armazenamento de carga, permitindo veículos acessíveis e com desempenho comparável, senão superior, aos carros de combustão interna. O lítio, porém, é um metal cuja extração é extremamente prejudicial ao ambiente, e o aumento exponencial da frota de veículos elétricos apenas acelerara a necessidade da extração desse e de outros metais que não apenas destroem o ecossistema, mas também possuem impactos políticos e socioeconômicos. Senão vejamos:

Until recently, the main demand for LIBs came from the consumer electronics sector, but that is anticipated to change with the growing EV market. By 2030, approximately 85% of LIB demand (in terms of their

capacity) is estimated to come from EVs, with the rest being used in consumer electronics and for stationary energy storage.

Lithium is the base element in LIBs and is expected to remain so for battery technologies of the near future, which implies that the demand for lithium will increase alongside the growing demand for LIBs. By 2030, LIBs will likely make up 80% of the 160,000 metric tons of the global lithium demand each year. Other metals that are used in current battery chemistries – including cobalt, copper, and nickel – will also see an increase in demand.

The geological availability of these metals will not be an issue for meeting the demand. However, extraction of these resources will result in increased environmental impacts, such as GHG emissions, water and soil pollutions, and stress on water resources. The continuous supply of some of these resources is subject to geopolitical challenges. Social and ethical issues, such as child labour and poor working conditions, are also of concern for the extraction of some metals. (PARAJULY; TERNALD; KUEHR, 2020)

A popularização de fontes renováveis de produção de energia, como energia solar e eólica, também impacta fortemente a demanda por metais como Lítio, Cobre, Cobalto, Níquel e pelos Rare Earth Elements (REEs), grupo de elementos que possuem esse nome pela dificuldade de serem encontrados ou de serem extraídos em grandes quantidades. De acordo com o relatório da Agência Internacional de Energia:

An energy system powered by clean energy technologies differs profoundly from one fuelled by traditional hydrocarbon resources. Building solar photovoltaic (PV) plants, wind farms and electric vehicles (EVs) generally requires more minerals than their fossil fuelbased counterparts. A typical electric car requires six times the mineral inputs of a conventional car, and an onshore wind plant requires nine times more mineral resources than a gas-fired power plant. Since 2010, the average amount of minerals needed for a new unit of power generation capacity has increased by 50% as the share of renewables has risen.

The types of mineral resources used vary by technology. Lithium, nickel, cobalt, manganese and graphite are crucial to battery performance, longevity and energy density. Rare earth elements are essential for permanent magnets that are vital for wind turbines and EV motors. Electricity networks need a huge amount of copper and aluminium, with copper being a cornerstone for all electricity-related technologies.

The shift to a clean energy system is set to drive a huge increase in the requirements for these minerals, meaning that the energy sector is emerging as a major force in mineral markets. Until the mid-2010s, the energy sector represented a small part of total demand for most minerals. However, as energy transitions gather pace, clean energy technologies are becoming the fastest-growing segment of demand.

In a scenario that meets the Paris Agreement goals, clean energy

technologies' share of total demand rises significantly over the next two decades to over 40% for copper and rare earth elements, 60- 70% for nickel and cobalt, and almost 90% for lithium. EVs and battery storage have already displaced consumer electronics to become the largest consumer of lithium and are set to take over from stainless steel as the largest end user of nickel by 2040.

As countries accelerate their efforts to reduce emissions, they also need to make sure their energy systems remain resilient and secure. Today's international energy security mechanisms are designed to provide insurance against the risks of disruptions or price spikes in supplies of hydrocarbons, particularly oil. Minerals offer a different and distinct set of challenges, but their rising importance in a decarbonising energy system requires energy policy makers to expand their horizons and consider potential new vulnerabilities. Concerns about price volatility and security of supply do not disappear in an electrified, renewables-rich energy system. (INTERNATIONAL ENERGY AGENCY, 2021)

Ainda de acordo com o mesmo relatório da IEA, a mineração é responsável por problemas e desafios envolvendo questões climáticas, de uso de terra, de manejo de água, poluição, administração pública, saúde pública e direitos humanos.⁸ Uma

⁸ IEA. Areas of risks Description. **The Role of Critical Minerals in Clean Energy Transitions**. 2021

Climate change:

- With higher greenhouse gas emission intensities than bulk metals, production of energy transition minerals can be a significant source of emissions as demand rises • Changing patterns of demand and types of resource targeted for development pose upward pressure

Land use:

- Mining brings major changes in land cover that can have adverse impacts on biodiversity • Changes in land use can result in the displacement of communities and the loss of habitats that are home to endangered species

Water management:

- Mining and mineral processing require large volumes of water for their operations and pose contamination risks through acid mine drainage, wastewater discharge and the disposal of tailings • Water scarcity is a major barrier to the development of mineral resources: around half of global lithium and copper production are concentrated in areas of high-water stress

Waste:

- Declining ore quality can lead to a major increase in mining waste (e.g. tailings, waste rocks); tailings dam failure can cause large-scale environmental disasters (e.g. Brumadinho dam collapse in Brazil) • Mining and mineral processing generate hazardous waste (e.g. heavy metals, radioactive material)

Governance:

- Mineral revenues in resource-rich countries have not always been used to support economic and industrial growth and are often diverted to finance armed conflict or for private gain • Corruption and bribery pose major liability risks for companies

Health and safety:

- Workers face poor working conditions and workplace hazards (e.g. accidents, exposure to toxic chemicals) • Workers at artisanal and small-scale mine (ASM) sites often work in unstable underground mines without access to safety equipment

Human rights:

- Mineral exploitation may lead to adverse impacts on the local population such as child or forced labour (e.g. children have been found to be present at about 30% of cobalt ASM sites in the DRC) • Changes in the community associated with mining may also have an unequal impact on women.

rápida olhada nas imagens da Mina de Carajás no Pará (à esquerda) e na devastação do rompimento da barragem de Brumadinho (à direita), demonstram com clareza o impacto no ecossistema e o perigo, tanto ambiental quanto humano, que a mineração – ainda que necessária – impõe ao planeta.

Figura 1 - Mina de Carajás e rompimento da barragem de Brumadinho



Fonte: Infomoney

Fonte: Felipe Werneck/Ibama

E conforme a demanda por produtos eletrônicos, fontes renováveis de energia e veículos elétricos continua a crescer, a demanda por metais seguirá de forma exponencial. Conforme o relatório da IEA, essa é a tendência da necessidade por recursos minerais, por cada tecnologia, nos próximos anos:

Figura 2 - Demanda por recursos minerais em tecnologias renováveis

	Copper	Cobalt	Nickel	Lithium	REEs	Chromium	Zinc	PGMs	Aluminium
Solar PV	●	●	●	●	●	●	●	●	●
Wind	●	●	●	●	●	●	●	●	●
Hydro	●	●	●	●	●	●	●	●	●
CSP	●	●	●	●	●	●	●	●	●
Bioenergy	●	●	●	●	●	●	●	●	●
Geothermal	●	●	●	●	●	●	●	●	●
Nuclear	●	●	●	●	●	●	●	●	●
Electricity networks	●	●	●	●	●	●	●	●	●
EVs and battery storage	●	●	●	●	●	●	●	●	●
Hydrogen	●	●	●	●	●	●	●	●	●

Relative importance of minerals for a particular clean energy technology: High: ● Moderate: ● Low: ●

Fonte: International Energy Agency

Extrai-se, portanto, que a demanda por metais e recursos minerais crescerá no futuro, evidenciando um aumento nos impactos ambientais e sociais devido à mineração, algo incompatível e contraditória com os objetivos correntes de desenvolvimento sustentável e preservação do meio ambiente. Nesse ponto, que a mineração no espaço se torna algo extremamente desejável, não apenas da perspectiva lucrativa, mas da preservação de todos os ecossistemas terrestres: mover, gradualmente, a indústria da mineração e extração de recursos naturais para o espaço exterior, ao ponto que, eventualmente, a Terra seja poupada das atividades extrativistas mais prejudiciais.

A tecnologia está próxima, senão já existe. Em 2019 a sonda japonesa Hayabusa-2 detonou, durante missão ao asteroide Ryugu, uma série de explosivos, com o objetivo de criar uma cratera artificial, espalhando fragmentos que serão coletados e trazidos para a Terra, em uma missão de extrema importância para a ciência, mas que representa um importante passo na viabilização da mineração espacial como uma atividade tecnologicamente possível. (DVORSKY, 2019)

Da perspectiva de proteger o meio ambiente terrestre, isso seria o ideal. Um asteroide em órbita é completamente ausente de vida, qualquer eventual acidente seria minimizado por não destruir fauna ou flora, muito menos afetaria cidades e populações ao redor. Pode-se ainda mover não apenas a extração, mas a indústria de processamento e siderúrgica, onde seus dejetos tóxicos podem ser armazenados em rochas inertes no lugar de nossos rios e mares, e os gases estufa serem dispersos pelo cosmos, invés de retidos em nossa atmosfera, acelerando o processo destrutivo de aquecimento global. Essa é a visão idealista de Jeff Bezos, fundador da Blue Origins, que imagina a Terra futura como uma grande zona de moradia humana e preservação ambiental, com a mineração e indústria pesada sendo feita em órbita, minimizando os impactos em nosso delicado e frágil ecossistema. (CAPTAIN, 2019).

Além da preservação do ambiente terrestre e minimização dos impactos causados, a nova disponibilidade de recursos minerais outrora caros e poucos acessíveis poderá ocasionar uma revolução na engenharia e ciência de materiais e no que

utilizamos como matéria-prima na indústria. O homem deixaria de ter que escolher entre qualidade e acessibilidade (preço), pois o espaço proveria os recursos necessários para produzir mais e em melhor qualidade, com as matérias-primas adequadas, e não apenas aquelas de menor custo.

Asteroid mining is a concept that involves the extraction of useful materials from asteroids. Due to their accessibility, near-Earth asteroids (those asteroids that pass near the Earth, also known as NEAs) are a particularly accessible subset of the asteroids that provide potentially attractive targets for resources to support space industrialization.

Many materials could be extracted and processed from NEAs which are useful for propulsion, construction life support, agriculture, metallurgy, semiconductors, and precious and strategic metals.

Volatiles such as hydrogen and methane could be used to produce rocket propellant to transport spacecraft between space habitats, Earth, the Moon, the asteroids, and beyond. Rare-earth metals could be used to manufacture structural materials as well as solar photovoltaic arrays which could be used to power space or lunar habitats. These solar cells could also be used in a constellation of solar power satellites in orbit around the Earth in order to provide electrical power for its inhabitants. Precious metals such as platinum, platinum-group metals (PGMs), and gold are also available. (ROSS, 2001)

Existem milhares de asteroides identificados próximos à órbita terrestre, com tamanhos variando entre dezenas de metros a centenas de quilômetros. Esses corpos celestes são comumente divididos em três categorias com base em sua composição. C-type são os mais comuns, antigos, feitos de poeira e rochas que cresceram pela atração gravitacional. Os S-Type possuem uma mistura de compostos de sílica (rochas) e níquel-ferro. Já os M-Type constituem aqueles de composição metálica, incluindo os mais valiosos à mineração e indústria. (NASA, 2021). Conforme elucidado por Ross citando Kargel:

Kargel [1997] estimated that one metallic asteroid of modest size (1 km) and fair enrichment in platinum-group metals would contain twice the tonnage of PGMs already harvested on Earth combined with economically viable PGM resources still in the ground. At recent prices, this asteroid's iron, nickel, PGMs, and other metals would have a value exceeding that of the world's proven economic reserves of nonmetallic and metallic mineral resources. The availability of asteroid metals would lower market prices. Even then, the value of the asteroid-derived materials would be enormous. (ROSS, 2001)

Além dos asteroides metálicos, alguns asteroides do tipo-C também podem ser extremamente valiosos para a exploração espacial, por estarem na subcategoria de asteroides potencialmente ricos em água, como o 101955 Bennu, alvo da sonda OSIRIS-REx que coletou amostras e está com o retorno à Terra previsto para 2032. (GALILEU). Conforme a professora Beth E. Clark, uma das cientistas responsáveis pelo experimento:

[...] the asteroid mining community has set a commercial price point for mining water on asteroids, and if Bennu's water is held in clays and other water-rich minerals on the surface, that would make asteroids like Bennu attractive for mining water. That water would be used to more cheaply produce rocket fuel in space. Apparently, it would be easier to mine the water from an asteroid and deliver it to Earth orbit to be made into fuel than it would be to launch water from the surface of the Earth to the same position. It is amazing and almost sci-fi to be living in an age when asteroid mining is being seriously considered! (VERDEROSA, 2018)

Andrew Rivkin, PhD pela universidade do Arizona e pesquisador na Universidade John Hopkins, e Francesca DeMeo, PhD e pesquisadora do Massachusetts Institute of Technology, explicam:

A subset of meteorites has abundant minerals with OH and/or H₂O (hereafter simply called hydrated minerals for convenience).

[...]

Beyond the planetary science interest in asteroidal hydrated minerals, there is also interest in them from the exploration community (Graps et al., 2016; Sercel et al., 2018). The last decade has seen the establishment of private companies interested in prospecting asteroids, and several countries are passing laws that encourage (or at least allow for) mining them (Davis & Sundahl, 2017; Foster, 2016; Kfir & Perry, 2017). Hydrated minerals are candidate materials for establishing a space-based mining economy (Metzger, 2017), with the application of using them in space as a means of refueling communication satellites since it is energetically easier to bring material to geosynchronous orbit from many near-Earth asteroids than from the surface of the Earth.

Destarte, a mineração de asteroides com minerais hidratados é de grande importância a exploração espacial, pois seus recursos podem ser utilizados para fabricação in loco do combustível de foguete, diminuindo de forma exponencial o custo (e o risco) das atividades econômicas, pois esse combustível não precisaria

mais ser enviado ao espaço a partir da Terra, processo muito mais caro e arriscado.

À água também é necessária para o ser humano beber, para o processo de eletrólise que cria oxigênio nas espaçonaves, como a Estação Espacial Internacional, e em diversas indústrias que eventualmente exerçam sua atividade no espaço. Assim, a mineração de asteroides com o objetivo de recolher e produzir água não apenas é essencial para o sucesso da exploração econômica do espaço, como poderia viabilizar a exploração científica tripulada a corpos mais distantes, sem a necessidade de uma sobrecarga na quantidade de mantimentos, com água, oxigênio e combustível sendo produzido in loco, reduzindo custos e expandindo possibilidades.

Com todos esses benefícios diretos e indiretos, e com a exploração econômica do espaço se tornando uma realidade prática, com os exponenciais investimentos privados, e jurídica, com legislações nacionais próprias e acordos internacionais nesse sentido, como o Acordo Ártemis⁹, do qual o Brasil é signatário, poder-se-ia

⁹ ACORDO ÁRTEMIS PRINCÍPIOS PARA A COOPERAÇÃO EM EXPLORAÇÃO CIVIL E USO DA LUA, MARTE, COMETAS E ASTERÓIDES PARA FINS PACÍFICOS

Os Signatários deste Acordo:

Reconhecendo o interesse mútuo na exploração e no uso do espaço exterior com propósitos pacíficos e sublinhando a continuada importância dos acordos bilaterais de cooperação espacial existentes;

Observando os benefícios para a humanidade oriundos da cooperação para os usos pacíficos do espaço exterior;

Inaugurando nova era de exploração, mais de 50 anos depois do pouso histórico da Apollo 11 na Lua e mais de 20 anos depois do estabelecimento de presença humana contínua a bordo da Estação Espacial Internacional;

Compartilhando do espírito comum e da ambição de que os próximos passos da jornada da humanidade no espaço inspirem as gerações atual e futuras a explorar a Lua, Marte e além;

Valendo-se do legado do programa Apollo, que beneficiou toda a humanidade, o programa Ártemis levará a primeira mulher e o próximo homem à superfície lunar e estabelecerá, juntamente com parceiros internacionais e comerciais, exploração sustentável do sistema solar;

Considerando a necessidade de maior coordenação e cooperação entre atores consolidados e emergentes na área espacial;

Reconhecendo os benefícios globais da exploração e do comércio espaciais;

Tendo em conta o interesse coletivo em preservar a herança relativa ao espaço exterior;

afirmar que é preciso se afastar de uma interpretação mais puristas e restritiva dos tratados internacionais de direito espacial, e que a exploração desses recursos, em última análise, cumpre com êxito o princípio conjurado no preambulo do Tratado do Espaço Exterior, de que “*o uso do espaço cósmico deveria efetuar-se para o bem de todos os povos.*”

Existem, contudo, alguns aspectos a serem ponderados. Primeiramente, o acesso privilegiado de algumas poucas nações, detentoras da tecnologia e do capital necessário para essa desafiadora empreitada, poderia distorcer ainda mais o equilíbrio geopolítico e o distanciamento socioeconômico entre as nações de desenvolvidas e aquelas ainda em desenvolvimento.

Afirmando a importância do cumprimento do Tratado sobre Princípios Reguladores das Atividades dos Estados na Exploração e Uso do Espaço Cósmico, inclusive a Lua e demais Corpos Celestes, aberto para assinatura em 27 de janeiro de 1967 ("Tratado do Espaço Exterior"), bem como do Acordo sobre Salvamento de Astronautas e Restituição de Astronautas e de Objetos Lançados ao Espaço Cósmico, aberto para assinaturas em 22 de abril de 1968 ("Acordo sobre Salvamento e Retorno"), da Convenção sobre Internacional de Responsabilidade por Danos Causados por Objetos Espaciais, aberta para assinaturas em 29 de março de 1972 ("Convenção sobre Responsabilidade") e da Convenção Relativa ao Registro de Objetos Lançados no Espaço Cósmico, aberta em 14 de janeiro de 1975 ("Convenção Relativa ao Registro"), bem como os benefícios da coordenação por meio de fóruns multilaterais, tais como o Comitê das Nações Unidas para Usos Pacíficos do Espaço Exterior (COPUOS), para enviar esforços com vistas a consensos globais sobre questões fundamentais relativas à exploração e ao uso do espaço; e

Desejando implementar os dispositivos do Tratado do Espaço Exterior e de outros instrumentos internacionais pertinentes e, desse modo, estabelecer entendimento político a respeito de práticas mutuamente benéficas para o futuro da exploração e do uso do espaço exterior, com foco em atividades conduzidas em apoio ao Programa Ártemis;

Comprometem-se com os seguintes princípios:

Seção 1 - Propósito e escopo

O propósito deste Acordo é estabelecer visão comum por meio de conjunto de princípios práticos, diretrizes e melhores práticas para aprimorar a governança da exploração civil e do uso do espaço exterior, com o propósito de avançar no Programa Ártemis. A adesão a conjunto prático de princípios, diretrizes e melhores práticas ao conduzir atividades no espaço exterior tem o propósito de aumentar a segurança das operações, reduzir incertezas e promover o uso sustentável e proveitoso do espaço para toda a humanidade. O Acordo representa compromisso político com os princípios descritos no presente documento, muitos dos quais dispõem sobre implementação prática de importantes obrigações contidas no Tratado do Espaço Exterior e em outros instrumentos.

Os princípios estabelecidos neste Acordo têm o propósito de ser aplicados em atividades espaciais civis conduzidas pelas agências espaciais civis de cada Signatário. Essas atividades podem ser realizadas na Lua, em Marte, em cometas e em asteroides, incluindo suas superfícies e subsolos, assim como nas órbitas da Lua ou de Marte, nos pontos de Lagrange do sistema Terra-Lua e no trânsito entre esses corpos celestes e suas posições. Os Signatários tencionam implementar os princípios expressos neste Acordo em suas atividades por meio da tomada, quando for o caso, de medidas tais como planejamento de missões e de mecanismos contratuais com entidades que ajam em seu nome. (BRASIL)

Os países e empresas pioneiros nessa atividade teriam um retorno extraordinário, que seria convertido em mais investimentos na exploração espacial, sedimentando um monopólio nos recursos espaciais. Para alguns, somente a atuação de um organismo intranacional, constituído a partir do direito internacional, seria capaz de direcionar a exploração do espaço de modo a realmente beneficiar a todos. Conforme aduz o mestre José Monserrat Filho em entrevista à Galileu:

A grande solução seria instituir um regime internacional com um mecanismo que não tire o dinheiro válido de quem fez grandes investimentos e que, ao mesmo tempo, também beneficie os países sem disponibilidades tecnológicas para que não haja um aumento da desigualdade internacional. (GALILEU 2016)

Outra questão é que a utilização contínua desses recursos minerais de forma desordenada pode facilmente levar ao seu esgotamento. Conforme restou demonstrado anteriormente, os recursos minerais, ainda que suficientes para suprir as necessidades das próximas gerações em diversas áreas, não são infinitos. Como analisa Hardin:

Population, as Malthus said, naturally tends to grow "geometrically," or, as we would now say, exponentially. In a finite world this means that the per capita share of the world's goods must steadily decrease. Is ours a finite world? A fair defense can be put forward for the view that the world is infinite; or that we do not know that it is not. But, in terms of the practical problems that we must face in the next few generations with the foreseeable technology, it is clear that we will greatly increase human misery if we do not, during the immediate future, assume that the world available to the terrestrial human population is finite. "Space" is no escape. (HARDIN, 1968)

Apesar do estado atual da tecnologia permitir a expectativa de se extrair recursos fora da Terra, a análise imposta por Hardin se mantém, apenas se movendo a um degrau maior: invés da humanidade ter que administrar suas necessidades a um conjunto de recursos finitos no planeta, há de fazê-lo com um conjunto de recursos finitos no nosso sistema planetário.

A possibilidade de solucionar o problema da finitude de recursos buscando-os em outro sistema estelar é mínima. A estrela mais próxima está a vinte e cinco trilhões

de milhas, ou mais de 4 anos-luz de distância.¹⁰ Portanto, com exceção de alguma revolução científica extraordinária, capaz de sobrepor todas as leis da física vigentes e permitir viagens especiais acima de C (velocidade da luz), há de concluir que a humanidade está restrita ao seu “quintal”. Destarte, é necessário discutir maneiras de preservar esses recursos para gerações futuras, honrando com a característica do espaço de ser uma grande herança de toda a humanidade e evitando a característica Tragédia dos Bens Comuns.

3.2 DA TRAGÉDIA DOS BENS COMUNS

O conceito de Tragédia dos Bens Comuns foi popularizado pelo ecologista Garrett Hardin, em artigo publicado na revista *Science* em 1968 sob o título *A Tragédia dos Comuns*, e traduzido em 2011 por Jose Roberto Bonifácio, Professor de Ciência Política e Relações Internacionais da Universidade Gama Filho (UGF). Através do exemplo de um pasto comum, Hardin realiza uma metáfora sobre superpopulação e sobre como nós humanos estamos consumindo os recursos naturais mais rápido do que estes podem se recuperar – ou seja, quando um bem que está à disposição da coletividade é degradado a partir da ação de indivíduos que, agindo por contra própria, ainda que inconscientes, decidem maximizar seus ganhos em detrimento do coletivo.

The tragedy of the commons develops in this way. Picture pasture open to all. It is to be expected that each herdsman will try to keep as many cattle as possible on the commons. Such an arrangement may work reasonably satisfactorily for centuries because tribal wars, poaching, and disease keep the numbers of both man and beast well below the carrying capacity of the land. Finally, however, comes the day of reckoning, that is, the day when the long-desired goal of social stability becomes a reality. At this point, the inherent logic of the commons remorselessly generates tragedy.

As a rational being, each herdsman seeks to maximize his gain. Explicitly

¹⁰ Alpha Centauri is a triple star system located just over four light years, or about 25 trillion miles, from Earth. While this is a large distance in terrestrial terms, it is three times closer than the next nearest Sun-like star. (NASA)

or implicitly, more or less consciously, he asks, "What is the utility to me of adding one more animal to my herd?" This utility has one negative and one positive component.

1) The positive component is a function of the increment of one animal. Since the herdsman receives all the proceeds from the sale of the additional animal, the positive utility is nearly + 1.

2) The negative component is a function of the additional overgrazing created by one more animal. Since, however, the effects of overgrazing are shared by all the herdsman, the negative utility for any particular decision-making herdsman is only a fraction of -1.

Adding together the component partial utilities, the rational herdsman concludes that the only sensible course for him to pursue is to add another animal to his herd. And another; and another . . . But this is the conclusion reached by each and every rational herdsman sharing a commons. Therein is the tragedy. Each man is locked into a system that compels him to increase his herd without limit-in a world that is limited. Ruin is the destination toward which all men rush, each pursuing his own best interest in a society that believes in the freedom of the commons. Freedom in a commons brings ruin to all. (HARDIN, 1968)

Atenta-se ao fato que a Tragédia dos Bens Comuns não se aplica apenas à noção de esgotamento dos recursos, mas também do seu descarte e problemas de poluição. Ainda que a espécie humana consiga suprir as suas necessidades por recursos materiais, todo e qualquer bem depois de utilizado é disposto, no seu ciclo final, muitas vezes de forma a poluir e acumular-se em algum lugar. Como explica Hardin novamente:

In a reverse way, the tragedy of the commons reappears in problems of pollution. Here it is not a question of taking something out of the commons, but of putting something in-sewage, or chemical, radioactive, and heat wastes into water; noxious and dangerous fumes into the air; and distracting and unpleasant advertising signs into the line of sight. The calculations of utility are much the same as before. The rational man finds that his share of the cost of the wastes he discharges into the commons is less than the cost of purifying his wastes before releasing them. Since this is true for everyone, we are locked into a system of "fouling our own nest," so long as we behave only as independent, rational, free-enterprisers. (HARDIN, 1968)

A espécie humana não apenas já poluiu todos os continentes, inclusive a Antártica¹¹, como vem poluindo a sua própria órbita espacial, com milhares de objetos,

¹¹ The degradation in the Antarctic region is a result of internal, yet mostly external anthropogenic activities from international agents. Spikes in pollutants around the region directly correspond to the international use of pollutants such as lead, fossil fuels, and Chlorofluorocarbons (CFCs). Whether it be

fragmentos de espaçonaves, satélites dentre outros, vagando sem controle pela órbita terrestre. São mais de vinte e sete mil fragmentos rastreados pela NASA por meio do SSN (Space Surveillance Network) e qualquer impacto de um desses fragmentos, viajando a dezenas de milhares de quilômetros por hora, poderia ter um impacto desastroso em um satélite ou espaçonave. (NASA 2021). Como aduz o doutrinador:

O lixo espacial é gerado pelos mais diversos componentes, pedaços e restos de foguetes e satélites já sem utilidade. Eles se chocam constantemente, produzindo mais e mais detritos, cada vez menores. Surgem até mesmo lascas de carcaças e pintura. Por vezes, formam-se nuvens de partículas com enorme poder destrutivo, pois voam à velocidade de 28 mil km por hora, bem superior à de um tiro de revólver. (MONSERRAT FILHO, 2007, p. 94)

Os tratados do direito espacial, em especial a Convenção de Responsabilidade, trazem as hipóteses de indenização por causa de danos provocados por objetos de responsabilidade de outro estado-lançador. Contudo, pouco ou nada existe no direito espacial corrente para se evitar o problema a longo prazo, e evitar o problema. Portanto, existe a previsão de reparação, mas não de prevenção.

A nível mundial, o aquecimento global e as mudanças climáticas são um exemplo perfeito de Tragédia dos Comuns causada pela poluição. Países usufruem de processos industriais que emitem gases de efeito estufa. O benefício é individual, enquanto a consequência é diluída entre todos os membros do sistema. Há pouco incentivo para que um país comprometa sua economia em prol de um desenvolvimento mais sustentável, especialmente se não houver garantir que seus competidores o farão – e como há faltas de mecanismos de coerção no direito internacional, há uma dificuldade em se impor essas garantias.

A ausência da ratificação americana ao Protocolo de Kyoto, e a recente saída do Acordo de Paris, dois dos maiores esforços para a criação de um regime global de redução de emissões, foram fortemente frustrados pela ausência da maior economia

the documented increase in lead concentrations that fluctuated with the industrial revolution, or the growing hole in the Ozone Layer that has been a proven result of international CFC usage, the pollution in Antarctica is mostly a result of external activities from several nations. (GIEKESE, 2014).

mundial.

3.3 POSSÍVEIS SOLUÇÕES À TRAGÉDIA DOS BENS COMUNS E COMO EVITÁ-LA NA EXPLORAÇÃO DOS RECURSOS DO ESPAÇO EXTERIOR.

Considerando estes pontos, portanto, indaga-se sobre as soluções dadas pelas ciências humanas à Tragédia dos Bens Comuns. Para os economistas liberais clássicos, a resposta é a privatização. O incentivo perverso dos bens comuns é que a maximização do ganho é individual, porém o prejuízo é difuso pela coletividade. Ao você ter a privatização e o cerceamento do recurso em lotes, cada qual com o seu proprietário, há um incentivo à cautela e racionalidade, pois se o indivíduo atuar de maneira prejudicial ao bem, ele será o único e inteiramente prejudicado. (MALVES, 2016)

Obviamente, na seara da exploração espacial, essa alternativa esbarra em um insuperável obstáculo. Ainda que interpretamos que o Tratado do Espaço Exterior não proíbe explicitamente o exercício das atividades econômicas, permitindo a posse e propriedade sobre os recursos extraídos de determinado objeto celeste, não há dúvidas que o tratado de 1967, assim como todos os demais tratados e resoluções, eles vetam a apropriação do corpo celeste em si por qualquer nação – ou agente privado sob sua bandeira:

ARTIGO 2º

O espaço cósmico, inclusive a Lua e demais corpos celestes, não poderá ser objeto de apropriação nacional por proclamação de soberania, por uso ou ocupação, nem por qualquer outro meio. (TRATADO DO ESPAÇO EXTERIOR, 1967)

A ideia, portanto, da divisão do espaço sideral em lotes para exploração é impraticável. Indo além, esbarramos na problemática de que tais proprietários cuidariam de sua propriedade apenas na medida em que desse lucro, não adotando, necessariamente, todos os esforços para manutenção de uma condição pristina no

espaço, se a percebessem como conflituosa em relação a seus interesses econômicos. Além disso, essa solução também não evitaria que a Tragédia dos Bens Comuns se manifesta-se por meio da poluição. Como o próprio Hardin aponta:

The tragedy of the commons as a food basket is averted by private property, or something formally like it. But the air and waters surrounding us cannot readily be fenced, and so the tragedy of the commons as a cesspool must be prevented by different means, by coercive laws or taxing devices that make it cheaper for the polluter to treat his pollutants than to discharge them untreated.

We have not progressed as far with the solution of this problem as we have with the first. Indeed, our particular concept of private property, which deters us from exhausting the positive resources of the earth, favors pollution. The owner of a factory on the bank of a stream-whose property extends to the middle of the stream-often has difficulty seeing why it is not his natural right to muddy the waters flowing past his door. The law, always behind the times, requires elaborate stitching and fitting to adapt it to this newly perceived aspect of the commons. (HARDIN, 1968)

Ou seja, Hardin advoga que apenas medidas coercitivas ou de regulamentação administrativa poderia solucionar essa problemática. Ele reitera essa visão ao utilizar os Parques Nacionais – que estavam sendo degradados pelo alto número de visitantes - como exemplo:

The National Parks present another instance of the working out of the tragedy of the commons. At present, they are open to all, without limit. The parks themselves are limited in extent - there is only one Yosemite Valley - whereas population seems to grow without limit. The values that visitors seek in the parks are steadily eroded. Plainly, we must soon cease to treat the parks as commons or they will be of no value to anyone.

What shall we do? We have several options. We might sell them off as private property. We might keep them as public property, but allocate the right to enter them. The allocation might be on the basis of wealth, by the use of an auction system. It might be on the basis of merit, as defined by some agreed upon standards. It might be by lottery. Or it might be on a first-come, first-served basis, administered to long queues. These, I think, are all the reasonable possibilities. They are all objectionable. But we must choose-or acquiesce in the destruction of the commons that we call our National Parks. (HARDIN, 1968)

Possuem a mesma análise sobre o trabalho de Hardin – que a resposta para a Tragédia dos Bens Comuns estaria na adoção de mecanismos coercitivos para regular os “players” e evitar a degradação dos recursos pelo uso comum – os

autores Hawkshaw e Sumaila:

After laying out the “tragedy of the commons” Hardin makes the case for instituting flexible and adaptable laws. Dealing with the tragedy of the commons will require the creation and empowerment of regulatory oversight bodies—bodies that have the power to enact and enforce regulation in the best interests of society and over the objections of specific interest groups. These regulatory bodies will need to be set up in such a way as to avoid regulatory capture and caprice.

[...]

Instead of propaganda without financial compensation, the solution for Hardin is coercion. The whole point of this exercise is to produce responsibility for actions. You cannot create responsibility without coercion and sanctions. Sometimes prohibitions are called for and sometimes coercion. (HAWKSHAW; SUMALIA, 2012)

Ou seja, fica claro a necessidade da criação de um regime jurídico internacional que possa manejar esses recursos, ou como coloca Monserrat, a criação de um *“sistema como o que hoje administra as riquezas dos fundos marinhos e instituir uma autoridade internacional. E a empresa que estiver interessada em participar da exploração faz um estudo com a autoridade internacional que supervisiona essa exploração, de tal maneira que ela não prejudique os outros países”*. (MONSERRAT, 2019).

Como o próprio Hardin aduziu:

To many, the word coercion implies arbitrary decisions of distant and irresponsible bureaucrats; but this is not a necessary part of its meaning. The only kind of coercion I recommend is mutual coercion, mutually agreed upon by the majority of the people affected. (HARDIN, 1968)

Ora, a criação de regimes coercitivos mútuos, através de tratados internacionais estabelecidos por meio da autodeterminação e soberania dos estados, é exatamente uma das principais ferramentadas do direito internacional.

Destarte, conclui-se que o direito internacional já possui os mecanismos necessários para evitar a Tragédia dos Bens Comuns no âmbito da exploração – ou até colonização – do espaço exterior.

É preciso, apenas, superar a falta de vontade política e a inércia de uma parte da

doutrina que insiste em enxergar o espaço como um objeto alheio ao progresso e desenvolvimento humano.

4 DAS DEMAIS POTENCIALIDADES ECONOMICAS DO ESPAÇO EXTERIOR

A exploração dos potenciais econômicos do espaço vai muito além da extração de recursos minerais – apesar de já ter sido discutido sobre os benefícios que essa atividade trairia. O ambiente de “gravidade zero” ou “microgravidade” no espaço traz possibilidades únicas que somente agora - com as inovações tecnológicas e investimentos no setor - vem sendo descobertas, prometendo uma revolução na ciência de materiais, impressão 3D e biomedicina. Conforme afirma a Agência Espacial Europeia:

The weightless environment of the International Space Station represents a tool for application-oriented and industrial research. From biotechnology to material science to fluid physics, the facilities and resources available on board allow scientists to carry out unique research. They also offer companies the opportunity to increase their competitive advantage by using the space environment as a platform for developing and testing new products and innovative technologies.

For example, weightlessness is a non-invasive tool in which to investigate cellular functions. This is essential for the better understanding of biological and physiological processes with potential applications ranging from drug development to tissue engineering.

Studying how the human body adapts to the lack of gravity can contribute to a better understanding of many physiological processes, thus supporting the development of effective countermeasures, from pharmaceuticals to fitness equipment.

Research under conditions of weightlessness allows more precise measurement of thermophysical properties, which can be applied in numerical models to optimize material-forming processes and leading to the improvement of production methods or materials. (ESA)

Entretanto, é fundamental se aprofundar nas possibilidades que esse novo ambiente, em breve disponível ao ser humano, oferece, assim como as dificuldades que o direito internacional pode vir a ser compelido a resolver.

4.1 MANUFATURA EM MICROGRAVIDADE

Uma das principais aplicações da manufatura no espaço é a realização de impressões 3D de modo mais eficiente e com mais possibilidades. Na Terra a impressão 3D é feita com o depósito de camadas sobre camadas de material, apoiados em alguma superfície, pois o objeto a ser produzido não consegue simplesmente ficar flutuando - mas no espaço isso é possível, permitindo estruturas ainda mais complexas. Ademais, a impressão 3D no espaço permite a utilização de líquidos, como água, como matéria-prima, que simplesmente derramariam e se espalhariam sob a gravidade terrestre.

Essas novas aplicações nas impressões em 3D estão sendo testadas, nesse momento, pela Techshot e nScrypt, duas companhias focadas em alta-tecnologia, que se uniram para criar o 3D BioFabrication Facility ou BFF, uma impressora 3D desenvolvida para fabricação de órgãos humanos e enviada à Estação Espacial Internacional em 2019 pela SpaceX. (GLASURE, 2019)

Segundo o vice-presidente da Tecshot, Rich Boling, o objetivo principal é solucionar o problema da falta de órgãos para transplantes – com 20 pessoas morrendo por dia, somente nos EUA, na fila de espera. Outros cientistas já conseguiram produzir, com sucessos, ossos e cartilagens sintéticas com impressão 3D. Contudo, órgãos com “tecidos moles”, como pulmão ou coração, são muito mais difíceis de serem produzidos. Como esclarece Boling:

“On Earth, when attempting to print with soft, easily flowing biomaterials, tissues collapse under their own weight – resulting in little more than a puddle. But if these same materials are produced in the microgravity environment of space, the 3D-printed structures will maintain their shapes. Once printed in space, the structures will be placed in a cell-culturing system that strengthen them over time, to the point where they become viable, self-supporting tissues that will remain solid once back in Earth's gravity.

Our initial tests will focus on printing cardiac tissue. After our test protocols have been completed, we'll open the program up to outside researchers who want to use our device. Then we'll bring BFF back to earth and make whatever modifications may be needed to optimise it based on what we've learned during the test phase; then we'll send it back up with the goal of manufacturing increasingly complex tissues,” (GLASURE, 2019)

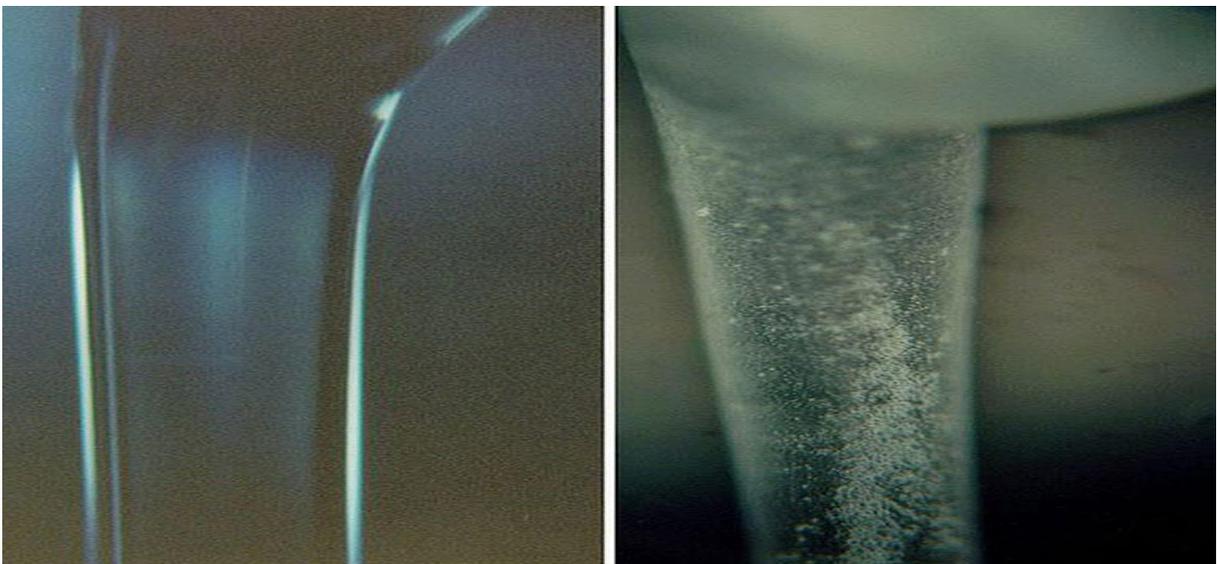
E essa é apenas uma das possibilidades que a industrialização em microgravidade pode oferecer. Um outro grande candidato a ser o primeiro produto manufaturado em massa é o ZBLAN, que pode revolucionar o setor de fibra óticas - que são utilizadas em uma infinidade de aplicações, desde satélites e lasers a conexões de internet de alta velocidade.

A fibra ótica utilizada comercialmente é feita à base de sílica e apesar de ser bem estabelecida no mercado, ela oferece perdas de sinal a longas distancias, necessitando o uso de caros e complexos repetidores de sinais para impulsionar novamente a transmissão dos dados. Já o ZBLAN oferece a possibilidade de, em teoria, reduzir de dez a cem vezes a perda de sinal comparada à fibra ótica de sílica, segundo o ISS National Laboratory. Contudo, como aponta o laboratório:

[...] when ZBLAN is produced on Earth, convection and other gravity-driven phenomena can cause imperfections because of the nonuniform distribution of the various chemical components within the fiber. These defects that occur during the process of solidification result in the formation of microcrystals that render the fibers unusable for many commercial applications.

[...] Using estimates for the theoretical loss limit of ZBLAN glass, a 2,000-km length of ZBLAN fiber could have the same optical loss as 10 km of silica fiber, which would be an extraordinary performance gain. (ISS NATIONAL LABORATORY, 2019)

Figura 3 - ZBLAN produzido em microgravidade e na Terra



Fonte: NASA

O ZBLAN não apenas poderia promover um imenso avanço diversos setores de extrema importância – medicina, telecomunicações, defesa – como é o candidato ideal para ser o primeiro produto feito no espaço para fins comerciais, pois ao mesmo tempo que possui um altíssimo valor agregado, é leve e compacto, qualidades importantes para reduzir custos no espaço.

Além de fibras óticas, outro material que vem sendo testado no espaço é uma liga metálica de magnésio, com potencial para ser utilizada em implantes. Ela é mais leve que o titânio atualmente utilizado, possui densidade e força próxima do osso natural e é biodegradável dentro do corpo humano, sendo, portanto, ideal para utilização médica, explica o professor Prashant Kumta, líder da pesquisa em conjunto com a Tecshot, no laboratório da ISS, à IEEE Spectrum, revista especializada em engenharia e ciências aplicadas.

Making these alloys involves melting highly reactive magnesium with other elements such as calcium and zinc, keeping the melted materials in a vacuum for a long time so the elements mix evenly, and then cooling it all down.

On Earth, impurities settle to the bottom, and the upper layer oxidizes to form an unusable skin. Both have to be thrown out. Even the usable middle layer has pores and pockets of unmixed elements and must be further processed to make a quality material. None of these problems occur when alloys are manufactured in microgravity. (PATEL, 2019)

A microgravidade presente no espaço abre oportunidade de materiais únicos e avanços inquestionáveis no campo das ciências aplicadas, capazes de beneficiar toda a sociedade. Parafraseando Neil Armstrong, as vezes um pequeno passo para o homem pode ser um gigantesco passo para a humanidade.

4.2 PESQUISAS BIOLÓGICAS E O CORONAVÍRUS – COMO A UTILIZAÇÃO DO ESPAÇO PODE PREVINIR A PRÓXIMA PANDEMIA

Os anos de 2020 e 2021 viram a saúde pública e a epidemiologia em foco, com a

mais nova pandemia de Covid-19, causada pelo vírus Sars-Cov-2, da família dos coronavírus. Até o momento os números demonstram claramente a gravidade dessa epidemia: segundo o “Center for Systems Science and Engineering” da Johns Hopkins University¹², foram 246 milhões de casos e 5 milhões de mortes no mundo até outubro de 2021, com 21 milhões de casos e seiscentas mil mortes apenas no Brasil.

Os coronavírus tem origem zoonótica, com as principais infecções em populações humanas sendo atribuídas a contatos com morcegos e pangolins infectados. A maioria dos coronavírus não afeta humanos, mas ocasionalmente mutações que permitem a infecção interespecie – sendo essa a terceira epidemia causada por essa família de vírus.

The world is currently experiencing its third outbreak with a highly virulent coronavirus causing severe pneumonia in humans, with all three taking place in the 21st century. The first epidemic had origins in Guangdong Province, China, during late 2002 and lasted until 2004. The outbreak, caused by Severe Acute Respiratory Syndrome Coronavirus (SARS-CoV), killed at least 700 people and infected over 8 000, and cases were reported in all six permanently inhabited continents with 29 countries affected. Aside from a few instances of laboratory-linked infections, SARS-CoV has not been reported in the human population ever since.

The second epidemic was first characterized in a man with pneumonia in Saudi Arabia in 2012 in which sporadic cases, small clusters, and large outbreaks have been reported over subsequent years in 24 affected countries, mostly located in the Middle East, but with imported infections to North America, Africa, Europe and Asia. The aetiological agent was named Middle East Respiratory Syndrome Coronavirus (MERS-CoV), in which over 800 deaths and close to 2 500 cases were reported to date.

The third pandemic was first reported in Hubei Province, China, in late 2019 and is still ongoing as of April 2020. Caused by another novel coronavirus, known as the human coronavirus 2019 (HCoV-19, also named by various bodies as SARS-CoV-2 or 2019-nCoV), intense and widespread transmission was observed worldwide, with over 80 000 deaths and 1 400 000 cases reported from over 200 countries, areas or territories as of 08 April 2020

From sequencing results, it was determined that HCoV-19 had over 75% genomic similarity to SARS-CoV. To date, there are no licensed prophylactics or therapeutics available to prevent or treat Severe Acute Respiratory Syndrome (SARS), Middle East Respiratory Syndrome (MERS), or Coronavirus disease 2019 (COVID-19), the diseases caused by infection with SARS-CoV, MERS-CoV or HCoV-19, respectively. (WONG et al., 2020)

¹² JHU, COVID-19 Dashboard by the Center for Systems Science and Engineering (CSSE) at Johns Hopkins University.

Entretanto, existe a possibilidade de a origem do vírus não ter sido completamente natural. Mais especificamente, na cidade de Wuhan, considerado o marco zero do novo coronavírus, o Instituto de Virologia de Wuhan conduzia pesquisas envolvendo mamíferos e coronavírus – o que é normal considerando que a região é propensa ao surgimento do vírus em humanos. O que não é comum é a recusa do governo chinês em prover à comunidade científica acesso ao laboratório, ou amostras do exame de sangue de seus funcionários. (NATURE, 2021).

Ademais, de acordo com inteligência obtida pelo Departamento de Estado dos Estados Unidos, três pesquisadores do instituto ficaram doentes e procuram atendimento hospitalar em novembro de 2019, pouco antes dos primeiros casos registrados. Ainda de acordo o relatório:

The U.S. government has reason to believe that several researchers inside the WIV became sick in autumn 2019, before the first identified case of the outbreak, with symptoms consistent with both Covid-19 and common seasonal illnesses. This raises questions about the credibility of WIV senior researcher Shi Zhengli's public claim that there was 'zero infection' among the WIV's staff and students of SARS-CoV-2 or SARS-related viruses. (NBC, 2021)

O mesmo instituo de virologia também estaria envolvido com pesquisas de *Gain-of-Function*, isso é, pesquisas que envolvem adicionar novas características genéticas a um vírus, inclusive a capacidade de um vírus animal infectar humanos, por exemplo. Conforme noticiado pela *The Intercept*:

The Intercept contain new evidence that the Wuhan Institute of Virology and the nearby Wuhan University Center for Animal Experiment, along with their collaborator, the U.S.-based nonprofit EcoHealth Alliance, have engaged in what the U.S. government defines as “gain-of-function research of concern,” intentionally making viruses more pathogenic or transmissible in order to study them, despite stipulations from a U.S. funding agency that the money not be used for that purpose.

Grant money for the controversial experiment came from the National Institutes of Health's National Institute of Allergy and Infectious Diseases, which is headed by Anthony Fauci. The award to EcoHealth Alliance, a research organization which studies the spread of viruses from animals to humans, included subawards to Wuhan Institute of Virology and East China Normal University. The principal investigator on the grant is EcoHealth Alliance President Peter Daszak, who has been a key voice in the search for Covid-19's origins.

Scientists unanimously told The Intercept that the experiment, which involved infecting genetically engineered mice with “chimeric” hybrid viruses, could not have directly sparked the pandemic. None of the viruses listed in the write-ups of the experiment are related to the virus that causes Covid-19, SARS-CoV-2, closely enough to have evolved into it. Still, several scientists said the new information, which the NIH released after it was sued by The Intercept, points to biosafety concerns, highlighting a general lack of oversight for research on pathogens and raising questions about what other information has not been publicly disclosed. (THE INTERCEPT, 2021)

Por hora é impossível concluir de forma definitiva se o vírus que ocasionou a pandemia de 2020-2021 teve origem inteiramente natural, a partir de mutação e seleção natural, ou se há uma – ainda que involuntária – com as pesquisas realizadas no Instituto de Virologia de Wuhan. Contudo, a mera possibilidade de uma epidemia iniciada a partir de um laboratório, junto com o surgimento de trabalhos envolvendo pesquisas de *Gain-of-Function*, deixam muitos na comunidade científica e no público em geral preocupados, não apenas com a origem da pandemia da Covid-19, mas com o que pode vir a acontecer no futuro.

The public health danger from the escape, from laboratories, of viruses capable of causing pandemics has become the subject of considerable, well-merited discussion, spurred by “gain of function” experiments. The ostensible goal of these experiments— in which researchers manipulate already-dangerous pathogens to create or increase communicability among humans—is to develop tools to monitor the natural emergence of pandemic strains. Opponents, however, warn that the risk of laboratory escape of these high-consequence pathogens far outweighs any potential advance. These arguments appear in a variety of recent research papers, including Rethinking Biosafety in Research on Potential Pandemic Pathogens; The Human Fatality and Economic Burden of a Man-made Influenza Pandemic: A Risk Assessment; Containing the Accidental Laboratory Escape of Potential Pandemic Influenza Viruses; and Response to Letter by the European Society for Virology on “Gain-of-Function” Influenza Research.

The risk of a manmade pandemic sparked by a laboratory escape is not hypothetical: One occurred in 1977, and it occurred because of concern that a natural pandemic was imminent. Many other laboratory escapes of high-consequence pathogens have occurred, resulting in transmission beyond laboratory personnel. Ironically, these laboratories were working with pathogens to prevent the very outbreaks they ultimately caused. For that reason, the tragic consequences have been called “self-fulfilling prophecies.” (FURMANSKI, 2014)

A utilização do termo “self-fulfilling prophecies” seria extremamente adequado, pois

o motivo desses laboratórios de pesquisas genéticas, virologia e de bioengenharia existirem é justamente a tentativa da ciência de compreender melhor as doenças, especialmente aquelas com alto potencial infeccioso, para desenvolver tratamentos eficazes e prevenir epidemias. Contudo, assim como Édipo na tragédia grega, falhas de segurança ou erros humanos podem levar a concretização do que se está justamente tentando evitar.

Essa preocupação é ainda maior considerando que as pesquisas com Sars-Cov constituem apenas uma fração daquelas em andamento nesse momento. A varíola, por exemplo, foi a doença mais mortal da história humana, com média de 3 mortos a cada 10 infectados e clamando a vida de centenas de milhões de pessoas. Hoje, ela está erradicada na natureza, mas permanece guardada em laboratórios, e na década de 70 diversas pessoas foram infectadas com varíola na Grã-Bretanha, a partir de três vazamentos distintos do vírus em um laboratório. (FURMANSKI, 2014)

O dilema se repete com diversas doenças infecciosas: como estudá-las e manipulá-las, sem correr o risco de, inadvertidamente, causar o que justamente está tentando prevenir? A solução novamente se encontra fora da Terra – no espaço sideral.

Com a redução dos custos de lançamento, exploração e eventual colonização do espaço, a utilização de instalações em órbita ofereceria a solução ideal para a realização de todo o tipo de pesquisa biomédica sem os riscos que existe em terra. Seria absolutamente impossível o “vazamento” de material contaminado a partir do vácuo, e, portanto, o único meio de possível infecção seriam os cientistas em sua viagem de retorno. Procedimentos básicos de quarentena, como os adotados na missão Apollo (não tínhamos certeza, à época, se a Lua era de fato estéril) poderiam evitar que uma eventual infecção se espalhasse. Seria o ambiente perfeito para se ter certeza que nada indesejável sairia de lá, expandido as possibilidades do que poderia ser trabalho sem ter a necessidade de refletir se os riscos não poderiam ser maiores que os benefícios – um dilema enfrentado constantemente aqui na Terra.

E mais: a exposição de vírus e de células humanas à microgravidade na Estação Espacial Internacional expos uma série de descobertas, que vão desde o

reativamente de vírus em estado latente, às diferenças na forma como o nosso sistema imune responde a infecções. Como explica Rachel Clemens, do ISS National Laboratory:

The ISS National Lab is currently collaborating with global pharmaceutical companies AstraZeneca and Sanofi Pasteur on projects that push the boundaries of discovery in immunotherapy and vaccine development, respectively. AstraZeneca seeks to learn how microgravity might impact the production and secretion of monoclonal antibodies from a cell line, ultimately aiming to improve the rate at which quality immunotherapies can be manufactured here on Earth.

Cells in culture change their physiology in interesting ways in microgravity. For example, rates of proliferation may increase. There have also been reports of the reactivation of latent viruses in astronauts during their time in microgravity. These observations have led researchers at Sanofi Pasteur to investigate a mechanism that would contribute greater rates of proliferation of the influenza virus in a cell culture model. A second project from Sanofi Pasteur seeks to understand how human immune cells change in microgravity. Results from this work could lead to better methods of vaccine production and improved vaccine efficacy.

As we continue conversations around our ability to respond to infectious disease and mitigate impacts nationally and globally, I look forward to follow-on discussions about how the ISS National Lab can help researchers innovate technologies that would allow us to react faster and save more lives. (CLEMENS, 2020)

4.3 DA HABITAÇÃO NO ESPAÇO E SEUS DESDOBRAMENTOS JURÍDICOS

“Navegar é preciso, viver não é preciso.”

Poucas frases encapsulam tão acertadamente o espírito humano do que essa. De fato, uma das principais interpretações é a de que o ser humano precisa, tem a necessidade, o instinto primordial de explorar, descobrir, aventurar-se pelo desconhecido.

O registro fóssil mais antigo dos ancestrais da humanidade tem o apelido de Lucy. A fêmea da espécie *Australopithecus afarensis* habitou as savanas da Etiópia há três milhões e duzentos mil anos. Deste então, a espécie humana migrou para todos os continentes, todas as ilhas, todos os mares. Definitivamente não há nenhum motivo, do ponto de vista filosófico, sociológico ou científico, para imaginar que a humanidade irá

modificar o seu comportamento agora, e abster-se de habitar a sua última fronteira: o espaço sideral.

A ideia de uma habitação permanente no espaço não é novidade. A primeira ideia de uma colônia espacial surgiu ainda em 1869, em uma novela de Edward Everett Hale¹³, e depois em obras de Jules Vernes¹⁴ e Kurd Lasswitz¹⁵. Contudo, é Konstantin Tsiolkovsky que desenvolve o conceito de uma estação espacial de forma mais técnica, com estufas, energia solar e até “gravidade artificial” gerada através de força centrífuga.¹⁶ Após a Segunda Guerra Mundial, Wernher von Braun, líder do programa espacial norte-americano, populariza ainda mais a ideia de uma estação espacial, expandido no conceito e transformando de um sonho de ficção científica, para algo próximo à realidade. (NATIONAL SPACE SOCIETY)

A primeira estação espacial é lançada em 1971 pela União Soviética. A Salyut foi projetada para uma missão de seis meses de duração, contudo após um desastre durante o retorno à Terra de sua primeira tripulação, as missões foram temporariamente suspensas e a estação foi destruída sobre o Oceano Pacífico, após 175 dias no espaço, sendo destes apenas 24 dias tripulada. Ainda assim, ficou marcada na história como a primeira tentativa do ser humano de habitar o espaço a longo prazo, e foi sucedida por várias gerações de estações Salyut e eventualmente a estação espacial Mir, a primeira estação modular e o maior satélite artificial em órbita até a construção da Estação Espacial Internacional. (NASA, 2021)

O programa espacial norte-americano foi um pouco menos frutífero na tentativa de permanecer por longos períodos em estações espaciais, com o foco principal tendo sido as missões à Lua do programa Apollo. Ainda assim, a única estação inteiramente americana, a Skylab 1, foi habitada por um total de 171 dias, por três tripulações diferentes, e nas palavras de um dos diretores do programa:

It is impossible to single out any one area as the most important result of the Skylab missions. Skylab has served almost every scientific and technological discipline that could benefit from its special characteristics: the broad view of Earth, the freedom from atmospheric interference with observations of the Sun and stars, the absence of gravitational effects, and

¹³ Hale, E. E.: The Brick Moon, Atlantic Monthly, vol. XXIV, Oct., Nov., Dec. 1869.

¹⁴ Verne, J.: Off on a Comet, Paris, 1878

¹⁵ Lasswitz, K. K.: Auf zwei Planeten (On Two Planets), Leipzig, 1897.

¹⁶ Tsiolkovsky, K. E.: Dreams of Earth and Heaven, Nature and Man, Moscow, 1895.

the presence of trained men to make scientific observations and to operate the complex equipment. Additionally, Skylab established a broad base of factual data on which to base the design of future space systems and the planning of future operation in space. Even more important, it has demonstrated that man has significant work to do in space. (SCHNEIDER, 1976)

Os programas das estações especiais soviéticas e americana serviram como base para o maior esforço internacional na área da exploração espacial – a ISS, ou Estação Espacial Internacional. Com trinta missões e dez anos necessários para sua construção, a ISS representa um avanço sem precedentes para a ciência e para a humanidade, com diversos experimentos únicos sendo realizados em seus módulos, possível apenas pela colaboração de cinco agencias espaciais e quinze países. (ISS NATIONAL LABORATORY).

O sucesso da Estação Espacial Internacional não é apenas o sucesso da ciência, mas também do direito internacional. Foi graças a um extenso trabalho diplomático que o *International Space Station Intergovernmental Agreement*, ou IGA, foi elaborado e assinado, sendo esse o documento que estabelece todas as diretrizes da estação espacial, desde o seu financiamento ao controle de missões.

Sendo a primeira habitação humana verdadeiramente de longo prazo, já estando em orbita há mais de duas décadas, e sendo um projeto que envolve diversos países com jurisdições distintas, o IGA traz grandes inovações ao direito internacional espacial.

A exemplo, pela primeira vez a questão de jurisdição criminal no espaço é tratada de forma inovadora, se afastando do comumente utilizado princípio da bandeira¹⁷, que concede a jurisdição ao país de registro do navio, aeronave ou, *in casu*, espaçonave, e passa a adotar o princípio da extraterritorialidade ativa, com o Estado do suposto agressor sendo responsável em exercer sua a jurisdição. Ademais, nota-se ainda a utilização da extraterritorialidade passiva de forma subsidiária, caso o Estado

¹⁷ Princípio da representação, do pavilhão, da substituição ou da bandeira: a lei penal nacional aplica-se aos crimes cometidos em aeronaves e embarcações privadas, quando praticados no estrangeiro e aí não sejam julgados. Como regra básica, de acordo com o art. 5º, caput, do CP, aplica-se a lei brasileira, sem prejuízo de convenções, tratados e regras de direito. Nosso ordenamento jurídico adotou, portanto, para crimes cometidos no nosso país, a territorialidade, que, no entanto, não é absoluta, comportando exceções previstas em convenções, tratados e regras de direito internacional (territorialidade temperada). (CUNHA, 2021)

responsável se mantenha inerte ou concorrente á conduto do agente. (CHATZIPANAGIOTIS; AGUILAR, 2014).

Ora, vejamos o que o IGA estabelece:

In view of the unique and unprecedented nature of this particular international cooperation in space:

1. Canada, the European Partner States, Japan, Russia, and the United States may exercise criminal jurisdiction over personnel in or on any flight element who are their respective nationals.

2. In a case involving misconduct on orbit that: (a) affects the life or safety of a national of another Partner State or (b) occurs in or on or causes damage to the flight element of another Partner State, the Partner State whose national is the alleged perpetrator shall, at the request of any affected Partner State, consult with such State concerning their respective prosecutorial interests. An affected Partner State may, following such consultation, exercise criminal jurisdiction over the alleged perpetrator provided that, within .90 days of the date of, such consultation or within such other period as may be mutually agreed, the Partner State whose national is the alleged perpetrator either:

(1) concurs in such exercise of criminal jurisdiction, or

(2) fails to provide assurances that it will submit the case to its competent authorities for the purpose of prosecution.

3. If a Partner State which makes extradition conditional on the existence of a treaty receives a request for extradition from another Partner State with which it has no extradition treaty, it may at its option consider this Agreement as the legal basis for extradition in respect of the alleged misconduct on orbit. Extradition shall be subject to the procedural provisions and the other conditions of the law of the requested Partner State.

4. Each Partner State shall, subject to its national laws and regulations, afford the other Partners assistance in connection with alleged misconduct on orbit. (INTERNATIONAL SPACE STATION INTERGOVERNMENTAL AGREEMENT)

Observa-se, portanto, que o IGA cria uma excelente base jurídica que pode ser utilizada em futuras iniciativas no espaço onde mais de um Estado - ou entidades privadas pertencentes a mais de um Estado – esteja responsável. Outra característica singular do tratado é que ele serve de fundamento legal para processos de extradição entre os estados-membros do tratado, caso já não possuam acordos bilaterais sobre o tema. Como se conclui:

States Parties to the IGA and legal authors seem to agree that the IGA is an excellent piece of legislation that can serve as a model for future space

exploration projects involving multinational crews. In particular, the rules on criminal jurisdiction incorporated in Art. 22 of the IGA have an enormous value and have set a very useful precedent for future manned space projects, including interplanetary human exploration projects, which will be sponsored by several States. (CHATZIPANAGIOTIS; AGUILAR, 2014)

E esse tipo de regulamentação pode ser necessária em breve, com projetos – nacionais e internacionais – de habitação a longo prazo na Lua e em Marte em andamento nesse momento. Ainda esse ano a agência espacial norte-americana anunciou que procura adultos com experiência em campos como engenharia, biologia, física ou matemática para um ano de testes em seu habitat Mars Dune Alpha, que simula as condições de uma base no planeta vermelho¹⁸.

Ainda mais ambicioso são os projetos envolvendo a companhia SpaceX, que pretende utilizar seu foguete Starship para enviar os primeiros seres humanos a outro planeta¹⁹. Mais visionário – polêmico – é seu projeto de estabelecer uma colônia humana independente, com um sistema próprio de regras e não sujeitas às leis da Terra. Segundo consta nos termos de serviços da Starlink, projeto de satélites de comunicação da SpaceX:

“For services provided on Mars, or in transit to Mars via Starship or other colonization spacecraft, the parties recognize Mars as a free planet and that no Earth-based government has authority or sovereignty over Martian activities. Accordingly, Disputes will be settled through self-governing principles, established in good faith at the time of the Martian settlement.”.
(SALMERI, 2020)

Certamente não existe nenhum fundamento concreto nessa declaração, sendo nula juridicamente pois a SpaceX, como companhia privada dos EUA, está sujeita às leis norte-americanas e aos tratados assinados por essa nação – *in casu*, o Tratado do

¹⁸ Each mission will consist of four crew members living and working in a 1,700-square-foot module 3D-printed by ICON, called Mars Dune Alpha. The habitat will simulate the challenges of a mission on Mars, including resource limitations, equipment failure, communication delays, and other environmental stressors. Crew tasks may include simulated spacewalks, scientific research, use of virtual reality and robotic controls, and exchanging communications. The results will provide important scientific data to validate systems and develop solutions.

NASA is looking for healthy, motivated U.S. citizens or permanent residents who are non-smokers, age 30 to 55 years old, and proficient in English for effective communication between crew and mission control. Crew selection will follow standard NASA criteria for astronaut candidate applicants. (NASA, 2021)

¹⁹ Disponível em: <https://www.spacex.com/human-spaceflight/mars/>

Espaço Exterior de 1967 e os demais tratados de direito espacial, que regulamentam as atividades em todos os corpos celestes, incluindo o planeta vermelho. Senão vejamos:

ARTIGO 6º

Os Estados-Partes do Tratado têm a responsabilidade internacional das atividades nacionais realizadas no espaço cósmico, inclusive na Lua e demais corpos celestes, quer sejam elas exercidas por organismos governamentais ou por entidades não-governamentais, e de velar para que as atividades nacionais sejam efetuadas de acordo com as disposições anunciadas no presente Tratado. As atividades das entidades não-governamentais no espaço cósmico, inclusive na Lua e demais corpos celestes, devem ser objeto de uma autorização e de uma vigilância contínua pelo componente Estado-Parte do Tratado. Em caso de atividades realizadas por uma organização internacional no espaço cósmico, inclusive na Lua e demais corpos celestes, a responsabilidade no que se refere às disposições do presente Tratado caberá a esta organização internacional e aos Estados-Partes do Tratado que fazem parte da referida organização. (TRATADO DO ESPAÇO EXTERIOR, 1967)

Destarte, Marte não constitui *res nullius*, isto é, coisa sem dono, mas sim *res communis*, bem comum e pertencente à toda humanidade, não cabendo à SpaceX afirmar a não-autoridade dos governos terrestres sobre às atividades exercidas no planeta. Contudo, demonstra que a discussão sobre a autodeterminação de uma eventual colônia nesse ou em outro corpo celeste já é de extrema relevância. Chegará o momento, um dia, que essas comunidades crescerão e irão, de forma orgânica, exigir – e necessitar – definir suas próprias regras e solucionar seus próprios conflitos, e o direito internacional espacial precisa estar pronto para oferecer as respostas jurídicas adequadas aos problemas que surgirem.

5 DA PARTICIPAÇÃO DO BRASIL NA EXPLORAÇÃO ESPACIAL E DO DIREITO ESPACIAL NO ORDENAMENTO PÁTRIO

O marco zero da exploração espacial brasileira se inicia ainda na década de 50, com o então presidente Jânio Quadros se impressionando com o lançamento do primeiro satélite soviético, o Sputnik, e ordenando a criação da primeira estação brasileira, pelo ITA, para observar os sinais emitidas pela sonda soviética e pela Explorar 1 norte-americana. (RÁDIO CÂMARA)

As pesquisas se impulsionaram então com a criação do INPE, Instituto Nacional de Pesquisas Especiais, focado em aplicações como uso de imagens, telecomunicações e previsão do tempo. Conforme recorda Jayme Boscov, veterano que trabalhou na agência espacial francesa antes de retornar ao Brasil:

“[...] na primeira fase, era uma fase de pioneirismo, não havia absolutamente nada. Nem parafuso adequado pra fazer um foguete de sondagem. Tudo isso foi desenvolvido, um aço de média resistência, propelentes, que também não tinha nenhum combustível realmente disponível. E tivemos muito sucesso com o foguete Sonda III.”. (RÁDIO CÂMARA)

Nos anos 80 o Brasil lança a Missão Espacial completa, um esforço conjunto entre o INPE e as Forças Armadas. O instituto ficou responsável com a construção dos satélites, enquanto a Aeronáutica ficaria a cargo do centro de lançamento e do veículo-lançador. O projeto, contudo, não vingou da forma esperada.

“Em 85, com a passagem para o governo civil, o programa espacial foi praticamente abandonado. Ao invés dele ficar politicamente a cargo do governo, ele ficou só a cargo da Aeronáutica, de uma instituição. Aí caíram as verbas, dificuldades quando mais se precisava de um esforço para fazer um lançador de satélites.” (RÁDIO CÂMARA)

Quatro décadas depois, apesar das dificuldades, bastante progresso foi feito, incluindo o recente teste do motor S50, o maior motor-foguete já produzido no hemisfério sul.²⁰ O país também possui a tecnologia de construção de satélites e o INPE se tornou um

²⁰ Disponível em: <https://canaltech.com.br/espaco/motor-foguete-nacional-e-testado-brasil-avanca-na-criacao-de-foguetes-proprios-197730/>

respeitável órgão no cenário internacional, liderando projetos nacionais principalmente no monitoramento via satélite da Amazonia e de dados climáticos. (RÁDIO CÂMARA)

O Brasil também cooperou com diversos outros países, inclusive com a NASA para o lançamento de seu próprio astronauta à ISS, o atual ministro Marcos Pontes. Por fim, possui um grande potencial com sua base de lançamento, o Centro Espacial de Alcântara, localizado próximo à linha do equador, que facilita o processo de lançamento e aumenta a capacidade de satelitização:

Poucos são os países que conseguem reunir, em uma só região, as características requeridas para um centro de lançamento de grande porte, onde se desenvolvem operações de considerável risco. Muitas vezes, os atributos são contraditórios entre si, tais como os mandatórios, do ponto de vista de segurança, e os desejáveis, pelas questões de logística.

A posição geográfica, estratégica e privilegiada, do Centro de Lançamento de Alcântara - CLA, a 2º18' sul da linha do Equador, é um dos fatores preponderantes para a operação de veículos suborbitais (foguetes de sondagem) e satelizadores

Esta condição possibilita aproveitar, nos lançamentos em órbita de baixa inclinação (próximas à equatorial, como demanda a grande maioria dos satélites de comunicação), o ganho de energia relativo à velocidade tangencial proporcionada pela rotação da terra. Além disso, mesmo para outras órbitas inclinadas, a situação dos centros mais próximos ao Equador é mais favorável do que a dos situados mais ao norte, que levam a um maior dispêndio de energia para as necessárias manobras. (FORÇA AÉREA BRASILEIRA)

Destarte, o Brasil é um país de proporções continentais, com uma localização privilegiada e institutos de tecnologia e educação capazes de prover o capital intelectual necessário para o desenvolvimento de um programa espacial frutífero e longo. O maior desafio se encontra em nossa falta de *know-how* e dificuldades inerentes a esse setor, como a pouca cooperação internacional, em parte por sua relação com a defesa e com tecnologias militares sensíveis. Como explica o ex-diretor do Departamento de Ciência e Tecnologia da Aeronáutica, o Brigadeiro Nicácio:

"Regra geral, os países que dominam a tecnologia, entre eles os EUA, eles evitam e até procuram muitas vezes impedir que essa tecnologia seja desenvolvida por terceiros países. Por razões estratégicas domésticas de cada um desses países, mas também com a visão comercial de não ter mais um concorrente dentro de um mercado que é extremamente promissor." (RÁDIO CÂMARA)

Contudo, o país permanece constante na tentativa de se integrar à comunidade de países que dispõem da capacidade técnica e econômica para explorar o espaço. A Agência Espacial Brasileira busca estabelecer, desde a sua fundação, regimes de parcerias com outros países, o Brasil participa regularmente do IAC - Congresso Internacional de Astronáutica – e recentemente estabeleceu parcerias público-privadas com empresas estrangeiras, em especial norte-americanas, visando a utilização conjunta do Centro Espacial de Alcântara, a fim impulsionar o nosso próprio projeto espacial. (AGÊNCIA BRASIL, 2019)

E é evidente que esse processo de evolução da participação nacional na exploração espacial, implicaria na necessidade do surgimento de um novo ramo do direito no ordenamento pátrio. Desde a gênese da Era Espacial, com o lançamento dos primeiros satélites artificiais, que juristas brasileiros como Valladão ou Hésio Pinheiro enxergavam a necessidade de um “direito interplanetário”²¹ ou um direito epí-atosférico²². Esse direito “novo direito” foi consolidado sob o termo “Direito Espacial”, reconhecido inclusive pela atual Constituição Federal:

Art. 22. Compete privativamente à União legislar sobre:

I - direito civil, comercial, penal, processual, eleitoral, agrário, marítimo, aeronáutico, espacial e do trabalho;

Seguindo essa competência, um dos principais marcos legislativos concebidos pela União é a Lei 8.854/94, que estabeleceu a criação da Agência Espacial Brasileira como uma autarquia federal vinculada à Presidência da República, e estabeleceu as suas competências.²³

²¹ VALLADÃO, Haroldo. Direito interplanetário e Direito Inter-Gentes Planetárias. São Paulo: Revista dos Tribunais, 1958, v. 274, p. 19.

²² PINHEIRO, Hésio Fernandes. Direito em órbita. Rio de Janeiro: Editora Alba Limitada, 1970, p. 188-189

²³ Art. 3º À AEB compete:

I - executar e fazer executar a Política Nacional de Desenvolvimento das Atividades Espaciais (PNDAE), bem como propor as diretrizes e a implementação das ações dela decorrentes;

II - propor a atualização da Política Nacional de Desenvolvimento das Atividades Espaciais e as diretrizes para a sua consecução;

III - elaborar e atualizar os Programas Nacionais de Atividades Espaciais (PNAE) e as respectivas propostas orçamentárias;

IV - promover o relacionamento com instituições congêneres no País e no exterior;

O país também participa ativamente de diversos dos tratados internacionais que compõem a base do direito internacional espacial, em especial: Tratado sobre Princípios Reguladores das Atividades dos Estados na Exploração e Uso do Espaço Cósmico, inclusive a Lua e demais Corpos Celestes²⁴; a Convenção sobre Responsabilidade Internacional por Danos Causados por Objetos Espaciais²⁵; o Acordo sobre Salvamento de Astronautas e Restituição de Astronautas e de Objetos Lançados ao Espaço Cósmico²⁶; e a Convenção Relativa ao Registro de Objetos Lançados no Espaço Cósmico²⁷.

O país também assinou recentemente o Acordo Artêmis, como já citado, buscando expandir a cooperação internacional na exploração espacial e no desenvolvimento de atividades científicas e de cunho comercial. Conforme Bill Nelson, o administrador-chefe da NASA à época da assinatura do acordo:

“[...] a NASA esperava por este dia desde dezembro, quando o ministro Pontes e meu predecessor, Jim Bridenstine, assinaram uma carta de intenções relaciona á colaboração do Brasil no programa Artemis. Ao Aderir a este importante documento, o Brasil se posiciona como líder na exploração segura e sustentável do espaço.”

-
- V - analisar propostas e firmar acordos e convênios internacionais, em articulação com o Ministério das Relações Exteriores e o Ministério da Ciência e Tecnologia, objetivando a cooperação no campo das atividades espaciais, e acompanhar a sua execução;
 - VI - emitir pareceres relativos a questões ligadas às atividades espaciais que sejam objeto de análise e discussão nos foros internacionais e neles fazer-se representar, em articulação com o Ministério das Relações Exteriores e o Ministério da Ciência e Tecnologia;
 - VII - incentivar a participação de universidades e outras instituições de ensino, pesquisa e desenvolvimento nas atividades de interesse da área espacial;
 - VIII - estimular a participação da iniciativa privada nas atividades espaciais;
 - IX - estimular a pesquisa científica e o desenvolvimento tecnológico nas atividades de interesse da área espacial;
 - X - estimular o acesso das entidades nacionais aos conhecimentos obtidos no desenvolvimento das atividades espaciais, visando ao seu aprimoramento tecnológico;
 - XI - articular a utilização conjunta de instalações técnicas espaciais, visando à integração dos meios disponíveis e à racionalização de recursos;
 - XII - identificar as possibilidades comerciais de utilização das tecnologias e aplicações espaciais, visando a estimular iniciativas empresariais na prestação de serviços e produção de bens;
 - XIII - estabelecer normas e expedir licenças e autorizações relativas às atividades espaciais;
 - XIV - aplicar as normas de qualidade e produtividade nas atividades espaciais. (BRASIL)

²⁴ Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/decreto/1950-1969/D64362.html

²⁵ Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/decreto/1970-1979/D71981.html

²⁶ Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/decreto/1970-1979/D71989.html

²⁷ Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2004-2006/2006/decreto/D5806.htm

Contudo, para muitos doutrinadores, os tratados internacionais assinados e as normas interiores ainda são tímidas e possuem lacunas, e para o Brasil adentrar verdadeiramente na Era Espacial necessitaria de uma Lei Geral do Espaço, para regulamentar de modo mais preciso, técnico e com maior segurança jurídica as atividades relacionadas ao espaço.

O primeiro passo nesse sentido já foi dado. Conforme explana Monserrat²⁸, em 2012 o Núcleo de Estudos de Direito Especial, da Associação Brasileira de Direito Aeronáutico e Espacial, decidiu elaborar um pré-projeto de “Lei Geral das Atividades Espaciais no Brasil”. Contudo, percebe-se inércia neste projeto e até hoje a lei geral não foi desenvolvida ou promulgada – e há de se preocupar com esse atraso.

Conforme analisou o Programa Nacional de Atividades Especiais (PNAE 2012-2021):

Mais e mais países adotam leis nacionais para ordenar suas atividades espaciais em harmonia com as normas internacionais aprovadas no âmbito das Nações Unidas. Pelo artigo 6º do Tratado do Espaço de 1967, cada país responde internacionalmente pelas atividades espaciais nacionais, sejam elas realizadas por entidades públicas ou privadas. Cabe ao país autorizá-las (ou não) e exercer vigilância contínua sobre elas. Diante do programa espacial ampliado que o Brasil executará nos próximos dez anos, precisamos criar uma lei geral das atividades espaciais, com normas que atendam aos padrões internacionais em matéria de segurança espacial, qualidade de produtos e serviços, bem como de acordos e contratos de aceitação universal.

Destarte, percebe-se que o ordenamento pátrio reconhece a importância desse ramo recente do direito, e traz as ferramentas necessárias para a sua regulamentação. Contudo, existe ainda um grande caminho a ser trilhado e o país se encontra atrasado em relação a muitos de seus pares na comunidade internacional.

O direito nacional deve possuir não apenas um papel regulamentador, mas de incentivo e otimização para as atividades espaciais. Precisa estar pronto para resolver conflitos nacionais e internacionais sobre essas atividades, estabelecer diretrizes para as entidades privadas seguirem, promover a cooperação entre a esfera pública e privada e, de modo geral, estar em um patamar adequado a inserir inserindo a nação

²⁸ Disponível em: <https://www.defesanet.com.br/space/noticia/10369/Rumo-a-Lei-Geral-das-Atividades-Espaciais-no-Brasil/>

naquele que é o mais novo espaço de exploração e interação da espécie humana – e indispensável para a soberania e aos nossos interesses nacionais.

6 CONCLUSÃO

A exploração espacial vem se expandindo de forma exponencial, com os avanços tecnológicos e o interesse comercial nessa nova fronteira ganhando proporções cada vez maiores. Como se pode perceber, a emergente realidade da exploração econômica do espaço necessita ser acompanhada por um aparato jurídico adequado, à nível nacional e internacional, para que seja otimizada, incentivada e que as soluções para os problemas e conflitos já estejam em grande parte discutidos e acordados – o direito é a ferramenta de solução pacífica de conflitos e precisa estar adequado à realidade que propõe solucionar e regulamentar.

O espaço possui uma possibilidade gigantesca de beneficiar toda a humanidade. Seus recursos minerais podem suprir as necessidades da civilização humana por milênios. A microgravidade abre a possibilidade de novas tecnologias e conhecimentos científicos inacessíveis em nossa gravidade. A colonização dos corpos celestes expande o horizonte da raça humana e nos transforma em uma espécie interplanetária.

Por fim, a utilização desse novo ambiente nos permite retirar da Terra os processos industriais mais degradantes ao meio ambiente, ou os experimentos científicos mais perigosos. Assim, em termos extremamente simples, o custo-benefício da exploração espacial e a expansão da humanidade para outros corpos celestes é inigualável.

Nesse sentido, o século XXI promete uma realidade diversa. Blue Origin, Space X, Virgin Galactic etc., inúmeros atores privados estão realizando investimentos significativos na indústria aeroespacial, em portfólios diversos que vão desde os já comuns lançamentos de satélites comerciais e operações de transporte pessoas e cargas, a objetivos mais distantes como turismo espacial, mineração e colonização de corpos celestes.

Contudo, existe a necessidade de preocupação e de uma regulamentação efetiva desses recursos. A expansão à fronteira espacial é uma oportunidade única no desenvolvimento da história humana, mas existe sempre a possibilidade latente de que sejam mal utilizados e esgotados de forma precoce, com cada ator tentando maximizar

seus ganhos a todo custo e não tomando os cuidados para realizar essa extração de modo sustentável.

Um exemplo desse princípio na história recente é a quase extinção do Bacalhau na região da Nova Escócia, no Canadá. Nesta localidade, pescava-se 100 mil toneladas de bacalhau todos os anos. A quantidade de bacalhau em uma área tão pequena era tamanha, que era possível pescar apenas com um balde, pois os peixes literalmente pulavam para dentro do recipiente. Vinte anos depois e o governo canadense necessitou proibir por duas décadas qualquer tipo de pesca de bacalhau, pela proximidade da espécie com a extinção.

Ou seja, havia um recurso de extrema abundância, suficiente para sustentar gerações inteiras se fosse corretamente gerido. Contudo, os indivíduos, agindo por conta própria, decidiram por maximizar seus ganhos, pescando o máximo de peixes possível, indo além da capacidade do ecossistema de repor. Ao fazer isto, maximizaram momentaneamente seus ganhos, porém prejudicaram aos demais e a si próprios a longo prazo, com a quase extinção da espécie de peixe e o estabelecimento de uma longa moratória na pesca. (BARATA, 2011)

Para garantir portanto o desenvolvimento de uma exploração econômica dos recursos siderais que seja consoante com os princípios norteadores do direito espacial, em especial à noção do espaço como patrimônio que deve beneficiar a toda humanidade, faz-se necessária a criação de mecanismos que regulamente, otimize e incentive de modo adequado essas atividades – e considerando os princípios de autodeterminação e soberania dos estados, esses mecanismos precisam ser acordados por meios de tratados estabelecidos de pela vontade dos agentes.

A falha no estabelecimento de um regime jurídico mais robusto e abrangente leva ao que já está ocorrendo: países regulamentando por conta próprias as atividades especiais, muitas vezes em inobservâncias aos tratados e princípios já em voga, como feito recentemente pelos Estados Unidos da América ou Luxemburgo.

Por fim, é necessário que o Brasil não permaneça inerte nesse processo, que crie legislações próprias regulamentando as atividades desse setor (em observância aos

tratados já assinados), e que se insira tecnologicamente, politicamente e juridicamente nessa mais nova fronteira da humanidade.

Conforme afirmou Konstantin E. Tsiolkovsky ainda em 1911:

“Earth is the cradle of humanity, but one cannot remain in the cradle forever.”

REFERÊNCIAS

- AGÊNCIA BRASIL, **Empresas dos EUA e do Canadá vão atuar no Centro Espacial de Alcântara.** Disponível em: <<https://agenciabrasil.ebc.com.br/geral/noticia/2021-04/empresas-dos-eua-e-do-canada-vao-atuar-no-centro-espacial-de-alcantara>>. Acesso em: 01 nov 2021
- BARATA, Clara: **O bacalhau está a voltar ao Canadá, mas a pesca não regressa tão cedo.** Disponível em <<https://www.publico.pt/2011/07/28/ciencia/noticia/o-bacalhau-esta-a-voltar-ao-canada-mas-a-pesca-nao-regressa-ao-cedo-1505207>>. Acesso em: 01 nov 2021
- BITTECOURT NETO, Olavo de Oliveira. **Direito Espacial Contemporâneo: responsabilidade internacional.** Curitiba: Editora Juruá, 2010.
- BRASIL, **LEI Nº 8.854, DE 10 DE FEVEREIRO DE 1994.**
- BRASIL. Acordo Ártemis Princípios Para A Cooperação Em Exploração Civil E Uso Da Lua, Marte, Cometas E Asteroides Para Fins Pacíficos. Disponível em <<https://www.in.gov.br/web/dou/-/acordo-artemis-principios-para-a-cooperacao-em-exploracao-civil-e-uso-da-lua-marte-cometas-e-asteroides-para-fins-pacificos-334548897>>. Acesso em: 26 out 2021
- CAPTAIN, Sean: **Jeff Bezos wants to save Earth by moving industry to space.** Disponível em <<https://www.fastcompany.com/90347364/jeff-bezos-wants-to-save-earth-by-moving-industry-to-space>>. Acesso em: 25 out 2021.
- CHATZIPANAGIOTIS, Michael; AGUILAR, Rafael Moro. **Criminal Jurisdiction in International Space Law: Future Challenges in View of the ISS IGA.** Out 2014.
- CLEMENS, Rachel. **Infectious Disease Research on the ISS National Lab.** Disponível em: <<https://www.issnationallab.org/iss360/infectious-disease-research-perspectives-wvic/>>. Acesso em: 30 out 2021.
- CUNHA, Rogério Sanches. **Manual de Direito Penal.** 8ed. Editora Juspodivm, pp. 153-154. 2020.
- DVORSKY, George: **Sonda Hayabusa2 prepara sua viagem de volta à Terra, com amostras do asteroide Ryugu na bagagem.** Disponível em <<https://gizmodo.uol.com.br/hayabusa2-preparacao-viagem-volta-terra-asteroide-ryugu/>>. Acesso em: 25 out 2021
- EUROPEAN SPACE AGENCY, **Microgravity, a tool for industrial research.** Disponível em: <https://www.esa.int/Science_Exploration/Human_and_Robotic_Exploration/European_ISS_Business_Club/Microgravity_a_tool_for_industrial_research>. Acesso em: 28 out 2021
- FORÇA AÉREA BRASILEIRA. **Centro de Lançamento de Alcântara.** Disponível em: <<https://www2.fab.mil.br/cla/index.php/vantagens2>>. Acesso em: 01 nov 2021
- FRAZÃO, João N. Fernandes. **A regulação da atividade espacial: A Questão Emergente da Responsabilidade Civil no Transporte Turístico Aeroespacial.** 2015. 95f. Dissertação (Mestrado em Direito). Orientadora: Doutora Maria Helena Brito. Faculdade de Direito da Universidade Nova de Lisboa.
- FURMANSKI, Martin. **Threatened pandemics and laboratory escapes: Self-fulfilling prophecies.** Bulletin of the Atomic Scientists. 2014. Disponível em: <<https://thebulletin.org/2014/03/threatened-pandemics-and-laboratory-escapes-self-fulfilling-prophecies/>>. Acesso em: 30 out 2021.

GALILEU. **Mineração de asteroides pode deixar o mundo ainda mais desigual.** Disponível em <<https://revistagalileu.globo.com/Ciencia/Espaco/noticia/2016/06/mineracao-de-asteroides-pode-deixar-o-mundo-ainda-mais-desigual.html>>. Acesso em: 27 out 2021.

GIEKESE, Daniel T. **Antarctic Pollution Issues.** Disponível em: <<https://intlpollution.commons.gc.cuny.edu/antarctic-pollution-issues/>>. Acesso em: 27 out 2021

GLASURE, Elizabeth. **Zero Gravity May Allow Viable Human Organs to be 3D Printed.** Disponível em: <<https://www.biospace.com/article/zero-gravity-may-allow-viable-human-organs-to-be-3d-printed/>>. Acesso em: 29 out 2021

GLESTER, Andrew: **The Asteroid Trillionaires.** Disponível em: <<https://physicsworld.com/a/the-asteroid-trillionaires/>>. Acesso em: 23 out 2021

HARDIN, Garret: **A Tragédia dos Comuns.** Science, vol. 162,1968, pp.1243-1248. Disponível em: <http://www.garretthardinsociety.org/articles/art_tragedy_of_the_commons.html>

HAWKSHAW, Robert S.; HAWKSHAW, Sarah; SUMAILA, Rashid. **The Tragedy of the “Tragedy of the Commons”: Why Coining Too Good a Phrase Can Be Dangerous.** Sustainability, 2012.

IGA. **INTERNATIONAL SPACE STATION INTERGOVERNMENTAL AGREEMENT.** Disponível em: <<https://www.state.gov/wp-content/uploads/2019/02/12927-Multilateral-Space-Space-Station-1.29.1998.pdf>>.

INTERNATIONAL ENERGY AGENCY. **The Role of Critical World Energy Outlook Special Report Minerals in Clean Energy Transitions.** 2021.

ISS NATIONAL LABORATORY, **Taking ZBLAN Optical Fiber Production to Space.** Set 2019. Disponível em: <<https://www.issnationallab.org/iss360/taking-zblan-optical-fiber-production-to-space/>>. Acesso em: 29 out 2021

ISS NATIONAL LABORATORY. **History And Timeline of the ISS.** Disponível em: <<https://www.issnationallab.org/about/iss-timeline/>>. Acesso em: 31 out 2021.

JHU, COVID-19 Dashboard by the Center for Systems Science and Engineering (CSSE) at Johns Hopkins University; Disponível em: <<https://www.arcgis.com/apps/dashboards/bda7594740fd40299423467b48e9ecf6>> Acesso em: 30 out 2021

LUXEMBOURG SPACE AGENCY. **Spaceresources.lu initiative.** Disponível em: <<https://space-agency.public.lu/en/space-resources/the-initiative.html>>. Acesso em: 21 out 2021.

MALVES, Leonardo: **Hardin: A Tragédia dos Comuns.** Disponível em: <<https://ensaiosnotas.com/2016/12/28/hardin-a-tragedia-dos-comuns/>>. Acesso em: 27 out 2021

MIECZKOWSKI, Yanek. **Eisenhower's Sputnik Moment: The Race for Space and World Prestige.** Estados Unido: Cornell University Press, 2013.

MONSERRAT FILHO, José. 50 anos da Declaração da ONU que originou o Tratado do Espaço. **Jornal da Ciência.** 10 set. 2013. Disponível em: <<https://www.defesanet.com.br/space/noticia/12375/50-anos-da-Declaracao-da-ONU-que-originou-o-Tratado-do-Espaco/>>. Acesso em: 15 out 2021.

MONSERRAT FILHO, José. A ocupação e o uso da lua como problemas jurídicos internacionais. **Revista Brasileira de Direito Aeroespacial,** 1998.

MONSERRAT FILHO, José. **Direito e Política na Era Espacial: Podemos Ser Mais Justos no Espaço do que na Terra?** Rio de Janeiro: Vieira & Lent, 2007.

MONSERRAT, José. **Rumo à Lei Geral das Atividades Espaciais no Brasil.** Disponível em: <<https://www.defesanet.com.br/space/noticia/10369/Rumo-a-Lei-Geral-das-Atividades-Espaciais-no-Brasil/>>. Acesso em: 01 nov 2021.

NAÇÕES UNIDAS, **Resolução 1472 (XIV)**, 1959

NASA, 2021. **NASA is Recruiting for Yearlong Simulated Mars Mission** Disponível em: <<https://www.nasa.gov/feature/nasa-is-recruiting-for-yearlong-simulated-mars-mission>>. Acesso em: 31 out 2021.

NASA, **50 Years Ago: Launch of Salyut, the World's First Space Station.** Disponível em: <<https://www.nasa.gov/feature/50-years-ago-launch-of-salyut-the-world-s-first-space-station>>. Acesso em: 31 out 2021.

NASA. **Alpha Centauri: A Triple Star System about 4 Light Years from Earth.** Disponível em <https://www.nasa.gov/mission_pages/chandra/images/alpha-centauri-a-triple-star-system-about-4-light-years-from-earth.html>. Acesso em: 27 out 2021

NASA. Asteroids. Disponível em <https://solarsystem.nasa.gov/asteroids-comets-and-meteors/asteroids/in-depth/#otp_many_shapes_and_sizes>. Acesso em: 26 out 2021

NASA. **Breathing Easy on the Space Station.** Disponível em <https://science.nasa.gov/science-news/science-at-nasa/2000/ast13nov_1>. Acesso em: 26 out 2021

NASA. **Space Debris and Human Spacecraft.** Disponível em: <https://www.nasa.gov/mission_pages/station/news/orbital_debris.html>. Acesso em: 27 out 2021

NBC News. **U.S. intel report identified 3 Wuhan lab researchers who fell ill in November 2019.** Disponível em: <<https://www.nbcnews.com/health/health-news/u-s-intel-report-identified-3-wuhan-lab-researchers-who-n1268327>>. Acesso em: 30 out 2021.

O'BRIEN, Dennis C. **Beyond UNISPACE: It's time for the Moon Treaty.** Disponível em: <<https://www.thespacereview.com/article/3642/1>>. Acesso em: 21 out 2021.

PARAJULY, K.; TERNALD D.; KUEHR R. **The Future Of Electric Vehicles And Material Resources. A Foresight Brief.** 2020

PARKINSON, Justin. British Broadcasting Corporation. **Exploração da Lua: se a superfície lunar virar um campo de mineração, quem será seu dono?** Disponível em: <<https://www.bbc.com/portuguese/geral-46947162>>. Acesso em: 21 out 2021.

PATEL, Pracht. **4 Products That Make Sense to Manufacture in Orbit.** IEEE Spectrum, dez 2019. Disponível em: <<https://spectrum.ieee.org/4-products-that-make-sense-to-manufacture-in-orbit/>>. Acesso em: 29 out 2021

RÁDIO CÂMARA. **Programa Espacial Brasileiro: Histórico (08'14").** Disponível em: <<https://www.camara.leg.br/radio/programas/329020-programa-espacial-brasileiro-historico-0814/>>. Acesso em: 01 nov 2021

REDAÇÃO GALILEU. **Após percorrer 2 bilhões de km, sonda se aproximará do asteroide Bennu.** Disponível em <<https://revistagalileu.globo.com/Ciencia/Espaco/noticia/2018/12/apos-percorrer-2-bilhoes-de-km-sonda-se-aproximara-do-asteroide-bennu.html>>. Acesso em: 26 out 2021.

RIVKIN, Andrew S.; DEMEO, Francesca E. **How many hydrated NEOs are there?** Journal of Geophysical Research: Planets. Disponível em: <<https://agupubs.onlinelibrary.wiley.com/doi/epdf/10.1029/2018JE005584>>. Acesso em: 26 out 2021

ROSS, Shane D. **Near-Earth Asteroid Mining.** Control and Dynamical Systems Caltech. Dec 2001.

SALMERI, Antonino. **Op-ed | No, Mars is not a free planet, no matter what SpaceX says.** Disponível em: <<https://spacenews.com/op-ed-no-mars-is-not-a-free-planet-no-matter-what-spacex-says/>>. Acesso em: 31 out 2021.

SANTOS, Rafael Izidoro; LEMOS, Walter Gustavo Lemos. Direito Internacional: direito à exploração da lua. In: **Congresso Rondoniense de Carreiras Jurídicas**, I, 2016, Porto Velho. Anais p. 99-120, 2016.

SCHEFTER, James. **The Race: The Uncensored Story of How America Beat Russia to the Moon.** Estados Unidos: Doubleday. p. 25, 1999

SCHNEIDER, William C. **SP-400 Skylab, Our First Space Station.** Disponível em: <<https://history.nasa.gov/SP-400/preface.htm>>. Acesso em: 31 out 2021.

SOARES, Guido Fernando Silva. **Curso de Direito Internacional Público.** São Paulo: Atlas, p. 62. 2002.

SPUTNIK NEWS. **Opinião: EUA não têm o direito de explorar sozinhos os recursos naturais do espaço.** Disponível em: <<https://br.sputniknews.com/opiniao/201511122736689-EUA-nao-tem-direito-de-explorar-sozinhos-recursos-naturais-do-espaco/>>. Acesso em: 21 out 2021.

SYMONDS, J. L. **Perspectives In Energy Requirements Of Mankind.** Aug 1975.

THE INTERPECT, Nih Documents Provide New Evidence U.S. Funded Gain-Of-Function Research In Wuhan. 2021. Disponível em: <<https://theintercept.com/2021/09/09/covid-origins-gain-of-function-research/>>. Acesso em: 30 out 2021.

VERDEROSA, Dan. Q&A: Water Found on Asteroid. Disponível em <<https://www.ithaca.edu/news/qa-water-found-asteroid>>. Acesso em: 26 out 2021

VIOLATTI, Cristian. Neolithic Period. **World History Encyclopedia.** Disponível em: <<https://www.worldhistory.org/Neolithic/>>. Acesso em: 24 out 2021

WONG et al. Zoonotic origins of human coronavirus 2019 (HCoV-19 / SARS-CoV-2): why is this work important? 2020. Disponível em: <<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC7231470/>>. Acesso em: 30 out 2021