

Como as constelações de satélites em órbita baixa – LEO's - impactarão o setor elétrico

Uma visão do futuro das comunicações e monitoramento no setor elétrico

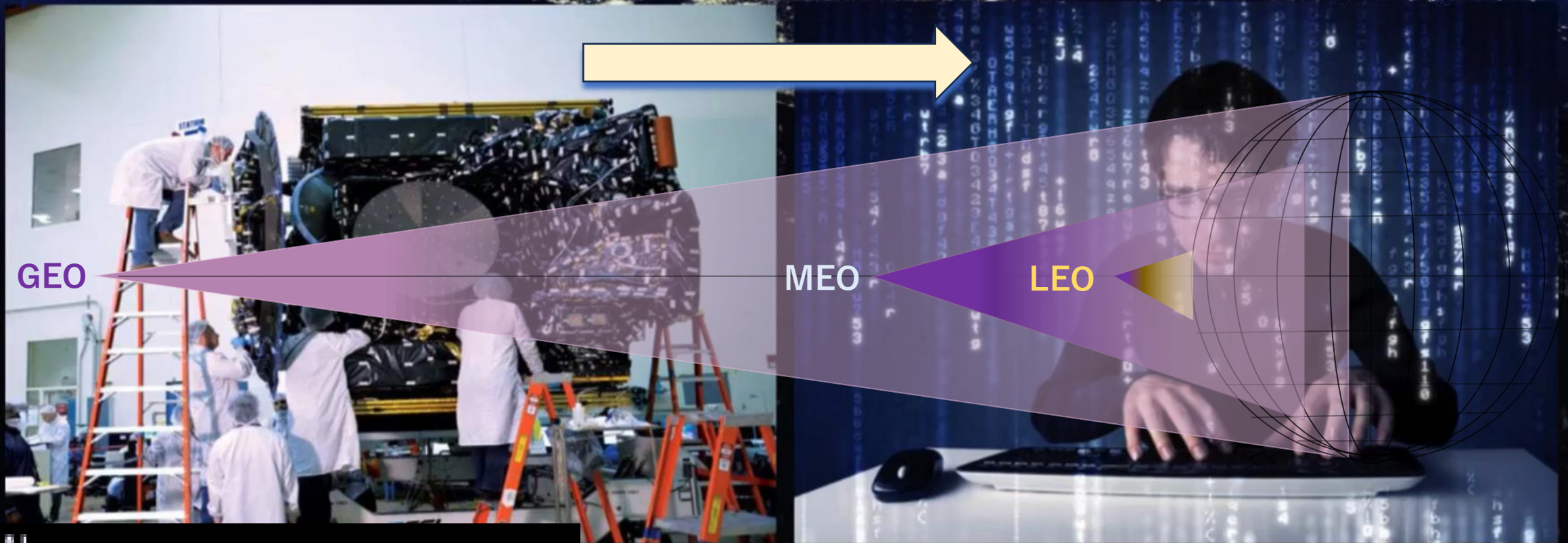
NEW SPACE

UNION⁶

Transformando o Espaço Como o Conhecemos

Baseado em Hardware + \$100M + Anos

Baseado em Software + <\$1M + Meses



GEO

MEO

LEO

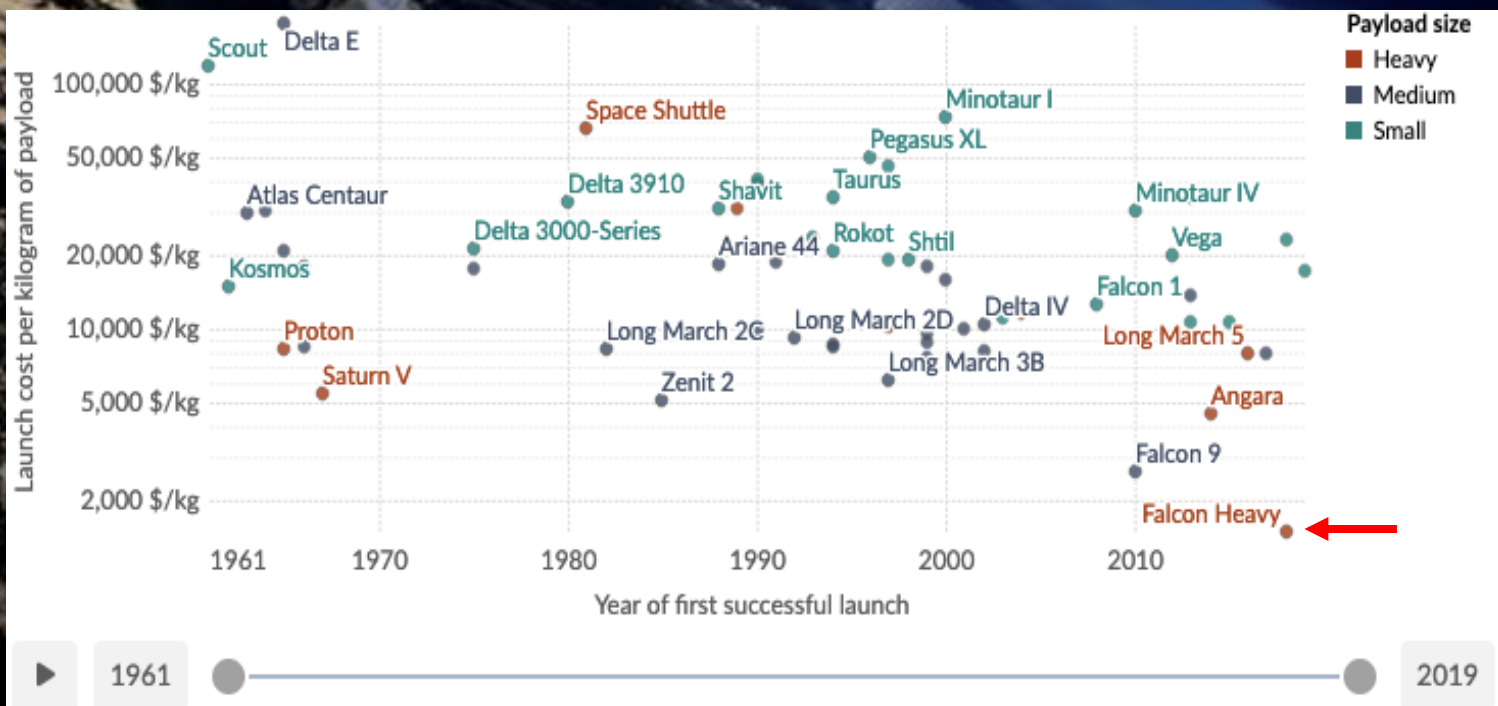
UTCAL
SUMMIT 2024



Utilities Telecom &
Technology Council
América Latina™

Queda livre nos custos de lançamento

Preço dos lançamentos para satélites LEO caiu até 85% desde a década de 1990, de cerca de US\$ 10.200 por quilo para US\$ 1.500 por quilo hoje.



- **Rideshare:** Custos compartilhados
- Reuso de lançadores
- Maior número de competidores



143 satélites lançados pela Space X em 24/01/2024.
Rideshare em um único Falcon 9

Fonte: <https://ourworldindata.org/grapher/cost-space-launches-low-earth-orbit>

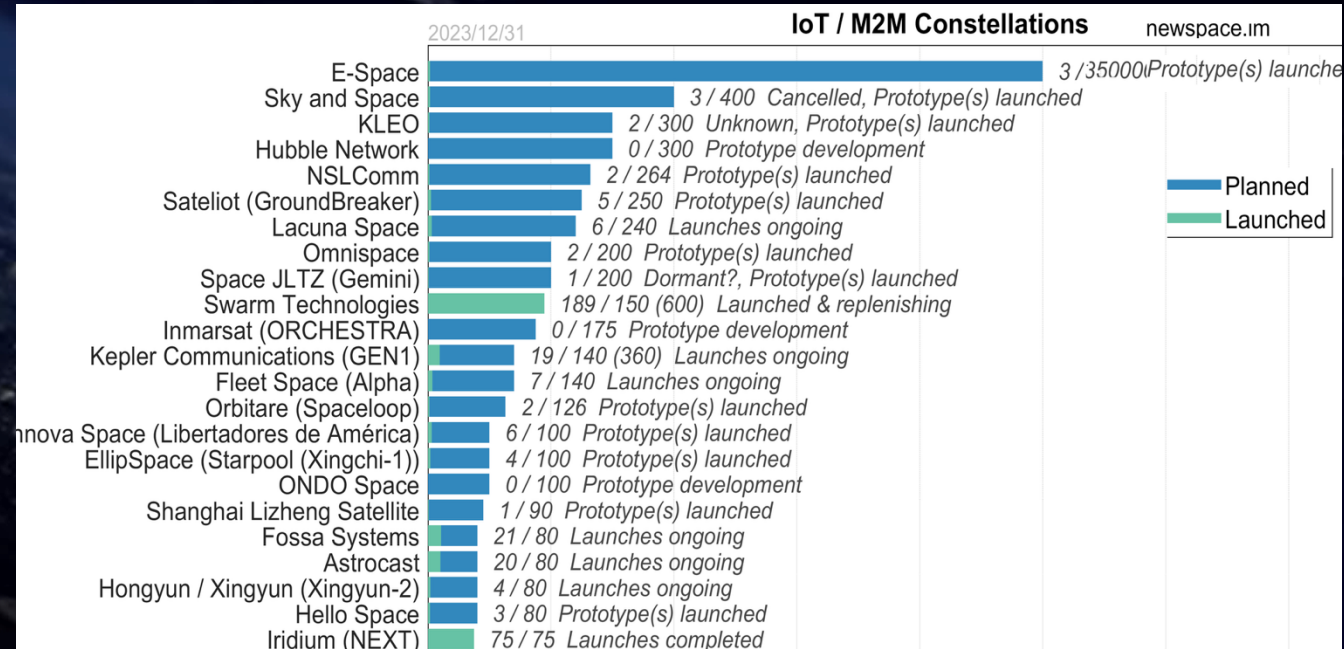
Dois tipos de constelações LEO: de alta capacidade (HTS) e de baixa capacidade (LTS)



LEO HTS – Super LEOs

Sistema	Amazon Kuiper 	Guowang 	OneWeb 	SpaceX Starlink 	Telesat Lightspeed
Satélites em operação	0	0	576	5.177	0
Satélites planejados	3.232	12.992	7.088	34.396	198 (fase 1) 1.373(fase2)
Bandas de operação	ka	Ka, V	Ku, Ka	V, Ku, Ka, E	Ku, Ka
Altitude	590-630	1.100	1.200	335-570 328-614	1015 - 1325
Fabricante	ABL Space System	China Space	JV com a Airbus	Space X	Tales Alenia Space
Vida útil aprx.	5-10 anos				
Taxa de dados aprx.	100-400 Mbps				

LEO LTS - IoT via Satélite (S-IoT)



Mega Constelações (+1000 Sats):

- Nº Total planejado: 18
- Total de satélites planejados: 537.267
- Total com pelo menos 1 lançamento: 8
- Total de satélites já lançados: 6390
- Total de satélites em operação: 5823

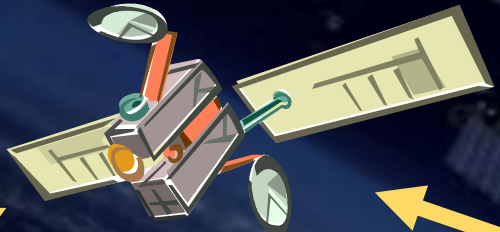
Grandes Constelações (50 a 1000 Sats):

- Nº Total planejado: 44
- Total de satélites planejados: 5731
- Total com pelo menos 1 lançamento: 39
- Total de satélites já lançados: 2144
- Total de satélites em operação: 898

Fonte: Jonathan McDowell, <https://planet4589.org> – última atualização: 07/04/2024

Configuração típica de conectividade IoT via constelação GEO ou LEO/MEO HTS

LPWAN:
NB-IoT
LoRaWAN
Sigfox
WiFi-HaLow



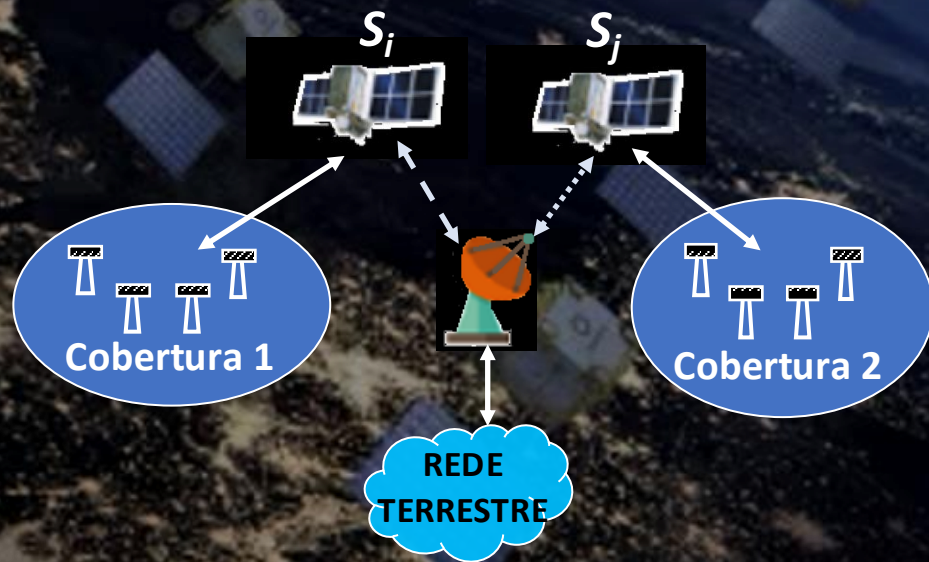
HUB
Estação Terrena
Central da Rede



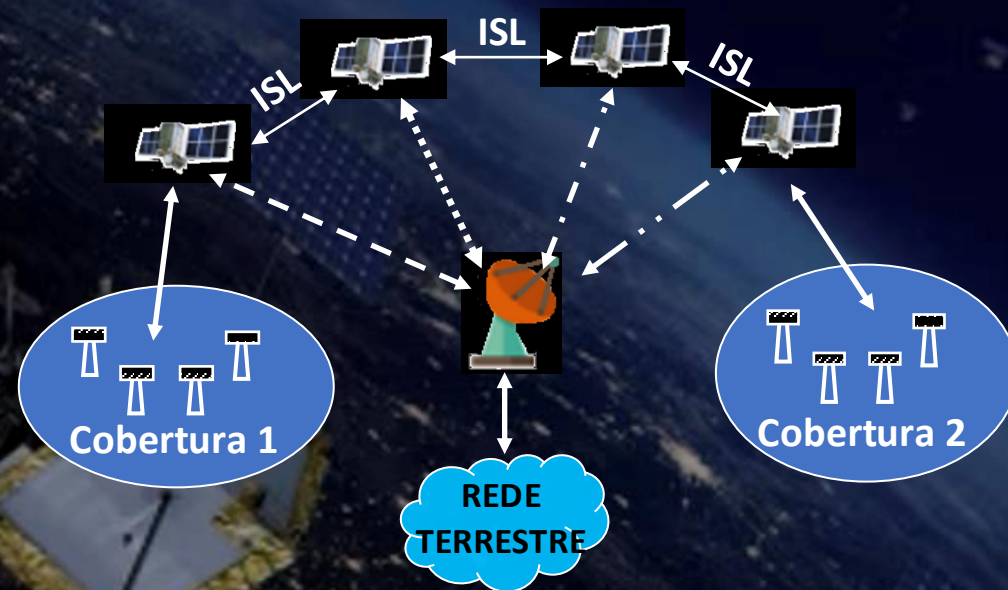
Configuração típica de conectividade IoT via constelação LEO LTS – S-IoT

Dois Tipos de Arquitetura S2S – Redes SaA e TaA

Topologia de Arquitetura de Satélite Dinâmica para redes Sensíveis a Atraso (SaA).



Arquitetura com Estação Terrena Gateway Centralizada para redes Tolerantes a Atraso (TaA)



Constelações LEO no Brasil

a) Sistemas Autorizados

Operadora	Satélites em Operação Comercial	Planejados	Altitude (Km)	Capacidade descida (max)
GLOBALSTAR LICENSEE LLC	31	40	1.400	9,6 a 19,2 Kbps
IRIDIUM SATELLITE LLC	67	75	800	2,4 a 448 Kbps
O3B LIMITED	20 Classic 8 mPower	13 mPower	8.000	300 Mbps
ONEWEB LIMITED (WORLDVU SATELLITES LIMITED)	576	7.088	1.200	195 Mbps
Kinéis SAS	0	25	650	2,5 a 3,3 Kbps
ORBCOMM INC.	31	40	800	172,8 Kbps
STARLINK	5.177	34.396	550	500 Mbps
SWARM TECHNOLOGIES, INC.	44	150	525	150KB/mês

Operadora	Satélite/Constelação	Satélites em Operação Comercial	Planejados	Altitude (Km)	Capacidade descida (max)
EchoStar Global Australia Pty	Sistema Echostar Global	0	28	400 a 600	27 Kbps (LoRa)
Kinéis SAS	Sistema Argos-4A	7 (Argos 4A)	25 (satélites próprios)	650	2,5 a 3,3 Kbps
E-Space Africa Limited	Sistema Semaphore	0	116.640	400 a 600	100's Mbps
SatelloT Services	Sistema Sateliot	3	100	550	1 a 100 Kbps

b) Sistemas em Processamento

Jonathan McDowell, <https://planet4589.org>



Nanossatélites movimentam o Programa Espacial Brasileiro

UNION

Nanossatélites em desenvolvimento:

- Aldebaran-I, fruto de uma parceria entre a AEB e a Universidade Federal do Maranhão (UFMA)
- Programa Constelação Catarina, visa atender principalmente os setores agropecuário e de defesa civil no Brasil,
- NanoMIRAX, financiado pela AEB e desenvolvido em cooperação com o Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE)
- **NanosatC-Br1:** Um projeto liderado pela Agência Espacial Brasileira (AEB) em parceria com instituições de ensino e pesquisa, visando o lançamento de nanosatélites para diversas aplicações, incluindo IoT.
- **Nanostar:** Outro programa que busca desenvolver nanossatélites voltados para monitoramento ambiental e agrícola, também com aplicações em IoT.
- **ITASAT:** Uma iniciativa do Instituto Tecnológico de Aeronáutica (ITA) que visa o desenvolvimento de nanossatélites para aplicações diversas, incluindo comunicações IoT.

Vantagens de S-IoT no Setor Elétrico



Funcionalidades das redes S-IOT...

- Monitoração remota dos equipamentos de proteção da rede elétrica.
- Evita falhas completas na rede, isolando falhas pontuais.
- Disponibiliza os principais dados operacionais e de desempenho da rede de energia para análises (big data).
- Disponibiliza conexão de elevada confiabilidade via satélite em qualquer lugar.
- Minimiza o uso de energia com o gerenciamento inteligente de recursos.
- Viabiliza a gestão remota de toda a rede elétrica empregando tecnologia.

Viabilizam as seguintes facilidades O&M:

Tratamento analítico de Big Data, que permite:

- Reduzir o consumo energética e o desperdício,
- Rastrear onde a energia está sendo mais usada – e até mesmo às vezes onde ela não é necessária, e
- Destacar áreas da rede elétrica que precisam de atualização ou melhoria.

Amplia automação de rede, possibilitando:

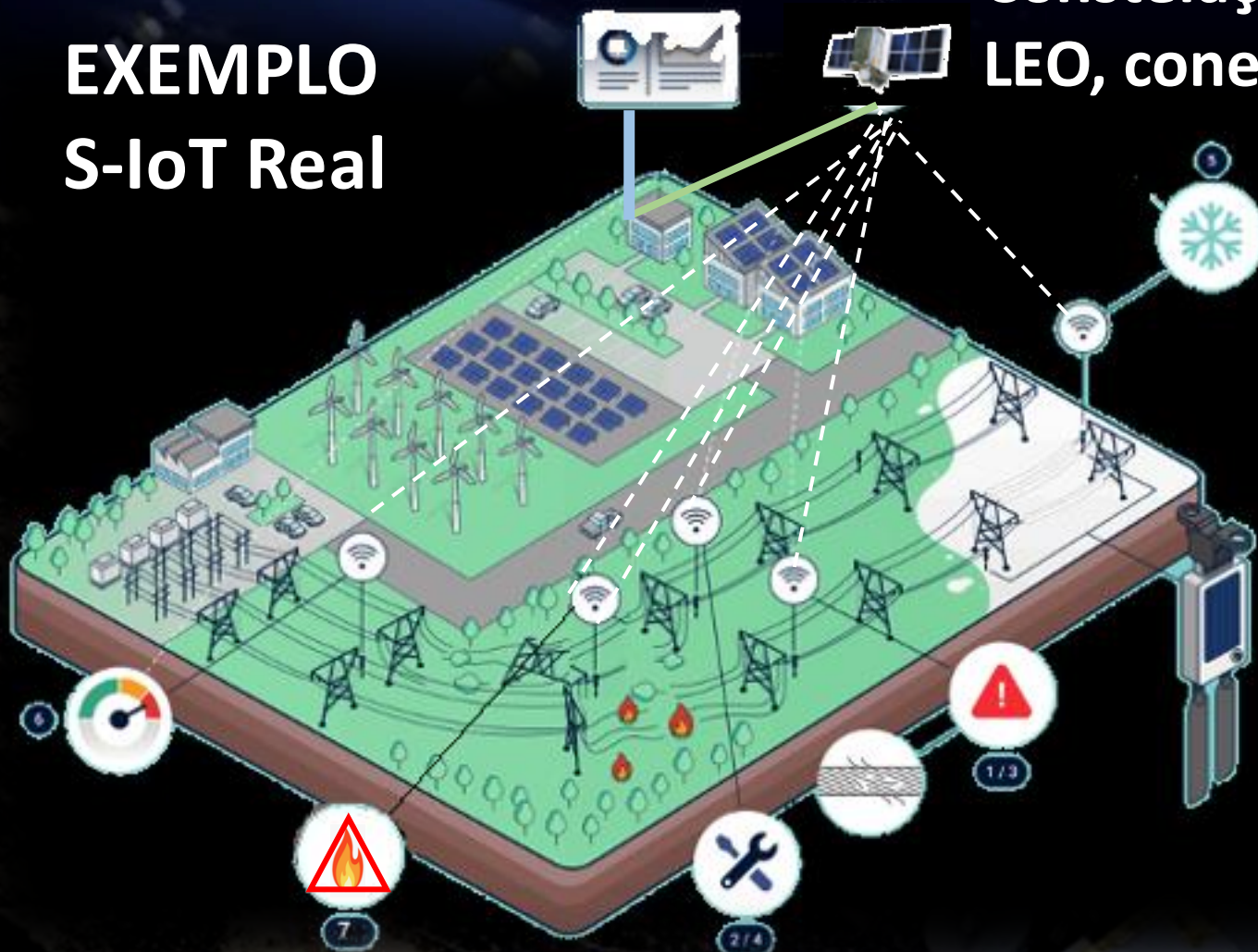
- Aumentos e reduções automáticos, baseados na demanda, na geração de energia, e
- Acesso e monitoramento remotos, bem como suporte aprimorado à automação.

Preparação mais eficiente para catástrofes, através de:

- Identificar de forma mais eficaz a causa quando determinadas redes caem e que desafios podem surgir como resultado disso,
- Criar modelos de previsão orientados por dados para entender melhor como os eventos podem se desenrolar, e
- Responder melhor aos desafios, aumentando a sustentabilidade das redes e melhorando a preparação para catástrofes.

Constelação de nanosatélites UNION[®] LEO, conectividade NB-IoT

EXEMPLO S-IoT Real



- 1 Análise preditiva de envelhecimento e corrosão.
- 2 Detecção de cabos caídos e torres de energia.
- 3 Alertas sobre ventos fortes.
- 4 Alertas sobre árvores caídas afetando as linhas.
- 5 Detecção de depósitos de gelo.
Inclinação e folga ao solo, para modelagem de ampacidade.
- 6 Inclinação e folga ao solo, para modelagem de ampacidade.
- 7 Detecção de incêndio / combustão espontânea ou não

Análise SWOT das constelações LEO HTS

FORÇAS	OPORTUNIDADES	FRAQUEZAS	AMEAÇAS
Maior velocidade de transferência de dados	Provisão de serviços durante desastres	Aumento da interferência espectral	Fonte de frequências e orbitas comuns
Latência reduzida	Melhoria de serviços IoT com maior taxa de dados	Diminuição da visibilidade do espaço e impacto na astronomia	Ameaça ao mercado de operadores terrestres
Aumento do acesso da rede e da cobertura de áreas remotas	Melhor desenvolvimento de redes de comunicações	Aumento do lixo espacial	Satélites equipados com carga útil com varredura de alta resolução, grandes quantidades de satélites exporá a infraestrutura militar de países ao redor do mundo
Aumento na confiabilidade da rede	Abilidade de criar e desenvolver novos serviços e mercados	Fraquezas relacionadas à segurança da rede	Dificuldades com agências regulatórias - obtenção de direito de operação em diversas regiões
Cobertura de usuários móveis	---	CAPEX elevado (HTS)	Retirada de órbita e reentrada segura
Rapidez na implementação de melhorias na constelação	---	Vida útil limitada, necessitando reposição contínua de satélites	Integração com redes terrestres



Análise SWOT das constelações LEO LTS



FORÇAS	OPORTUNIDADES	FRAQUEZAS	AMEAÇAS
Menor custo dos terminais terrestres e de uso da rede	Provisão de serviços durante desastres	Aumento da interferencia espectral	Interoperabilidade
Latência reduzida	Melhoria de serviços IoT	Complexidade de sistemas para controle orbital (evitar colisão e correção de órbita)	Convivencia com dezenas de outros sistemas LEO, com milhares de satélites
Aumento do acesso da rede e da cobertura de áreas remotas	Melhor desenvolvimento de redes de comunicações	Taxas de dados de baixa velocidade pode ser inibidor de novas aplicações	Dificuldades com agencias regulatórias - obtenção de direito de operação em diversas regiões
Aumento na confiabilidade da rede	Abilidade de criar e desenvolver novos serviços e mercados	Vida útil limitada, necessitando reposição continua de satélites	Retirada de órbita e reentrada segura
Cobertura de usuários móveis	---	---	Integração com redes terrestres
Capex reduzido	---		---

...E o Futuro?



Como a Integração das Redes Não-Terrestres (NTN) e Terrestres, junto com IA, irá impactar o setor elétrico

Uma visão do NOVO futuro das comunicações e monitoramento no setor elétrico

REDES NÃO TERRESTRES – CONSTELAÇÕES DE SATÉLITES E DE “PSEUDO-SATÉLITES”

GEO
35,786 km
~550msec

MEO
2,000-10,000 km
~120msec

LEO
500-2,000 km
~15msec

HAPS
10-50 km
~5msec



HTS/VHTS
~50-500 Gbps

SES/O3B
~1-3 Tbps
22 Satellites



Telesat
~3-8 Tbps
198 Satellites



OneWeb
~2.5 Tbps
650 Satellites



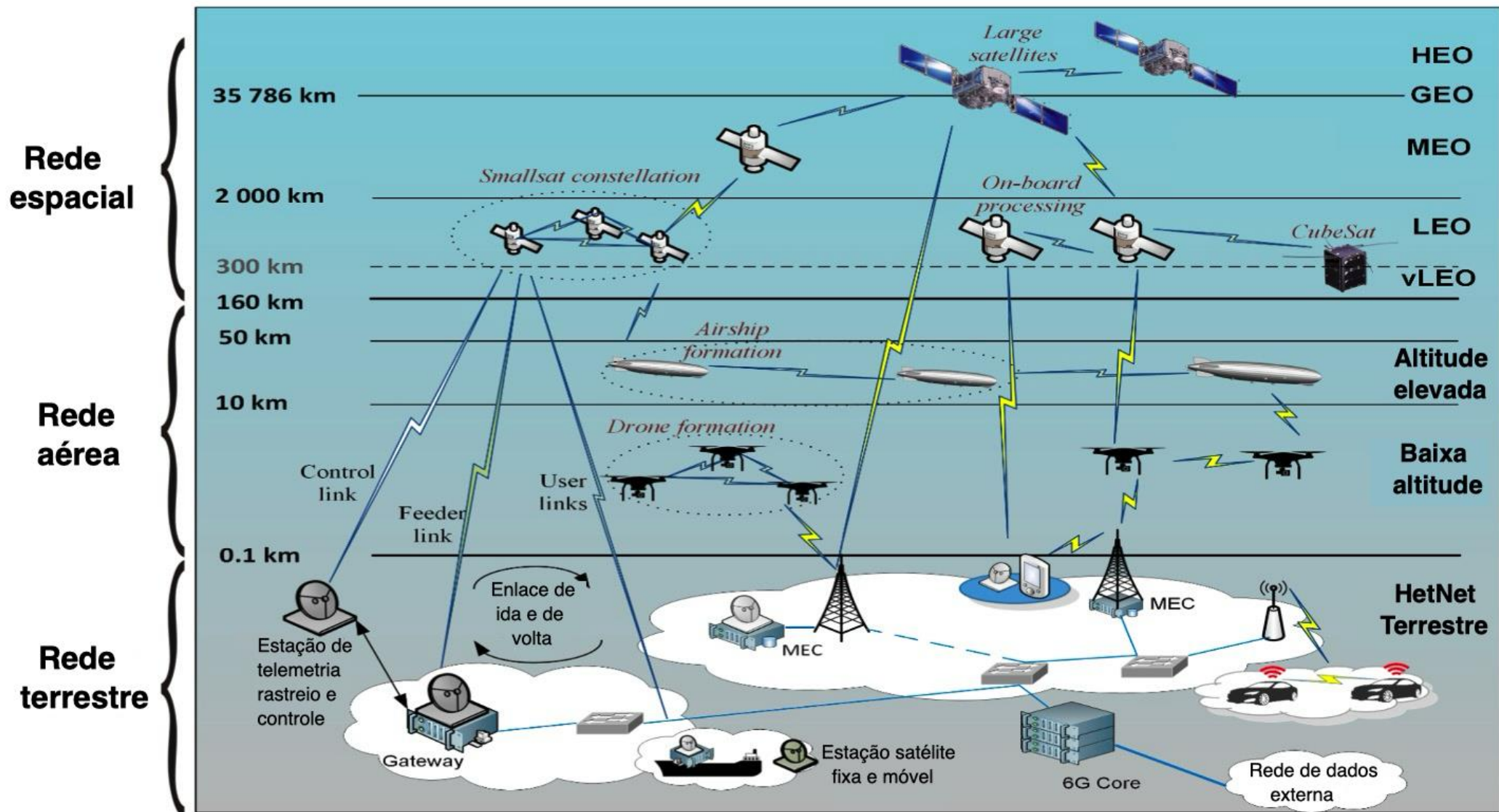
SpaceX
~10+ Tbps
~3000 -> 42,000 Satellites



Amazon
~10+Tbps
3263 Satellites



MAIS DE 50.000 SATÉLITES ESPERADO EM UMA DÉCADA; INVESTIMENTOS ACIMA DE \$30 BILHÕES



Waldo Russo

waldo.russo@union.eng.br

warusso@ieee.oeg +55 21 99984-6974

UNION ENGENHARIA DE TELEMÁTICA Ltda

WWW.UNION.ENG.BR