



MINISTÉRIO DA
CIÊNCIA, TECNOLOGIA
E INOVAÇÕES



sid.inpe.br/mtc-m21c/2020/07.17.15.42-PRP

MISSÃO SATELITAL EQUARS - DOCUMENTAÇÃO DO EVENTO PRP

Delano Gobbi

Nota: Preliminary Requirements Review (PRP) Documentation compila o conteúdo oficial de informações do projeto EQUARS relativas ao evento PRP realizado em Outubro de 2019, nas dependências do INPE em São José dos Campos(SP).

URL do documento original:

<<http://urlib.net/8JMKD3MGP3W34R/42SAJRB>>

INPE
São José dos Campos
2020

PUBLICADO POR:

Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais - INPE

Gabinete do Diretor (GBDIR)

Serviço de Informação e Documentação (SESID)

CEP 12.227-010

São José dos Campos - SP - Brasil

Tel.:(012) 3208-6923/7348

E-mail: pubtc@inpe.br

CONSELHO DE EDITORAÇÃO E PRESERVAÇÃO DA PRODUÇÃO INTELECTUAL DO INPE - CEPPII (PORTARIA Nº 176/2018/SEI-INPE):

Presidente:

Dra. Marley Cavalcante de Lima Moscati - Centro de Previsão de Tempo e Estudos Climáticos (CGCPT)

Membros:

Dra. Carina Barros Mello - Coordenação de Laboratórios Associados (COCTE)

Dr. Alisson Dal Lago - Coordenação-Geral de Ciências Espaciais e Atmosféricas (CGCEA)

Dr. Evandro Albiach Branco - Centro de Ciência do Sistema Terrestre (COCST)

Dr. Evandro Marconi Rocco - Coordenação-Geral de Engenharia e Tecnologia Espacial (CGETE)

Dr. Hermann Johann Heinrich Kux - Coordenação-Geral de Observação da Terra (CGOBT)

Dra. Ieda Del Arco Sanches - Conselho de Pós-Graduação - (CPG)

Silvia Castro Marcelino - Serviço de Informação e Documentação (SESID)

BIBLIOTECA DIGITAL:

Dr. Gerald Jean Francis Banon

Clayton Martins Pereira - Serviço de Informação e Documentação (SESID)

REVISÃO E NORMALIZAÇÃO DOCUMENTÁRIA:

Simone Angélica Del Ducca Barbedo - Serviço de Informação e Documentação (SESID)

André Luis Dias Fernandes - Serviço de Informação e Documentação (SESID)

EDITORAÇÃO ELETRÔNICA:

Ivone Martins - Serviço de Informação e Documentação (SESID)

Cauê Silva Fróes - Serviço de Informação e Documentação (SESID)



MINISTÉRIO DA
CIÊNCIA, TECNOLOGIA
E INOVAÇÕES



sid.inpe.br/mtc-m21c/2020/07.17.15.42-PRP

MISSÃO SATELITAL EQUARS - DOCUMENTAÇÃO DO EVENTO PRP

Delano Gobbi

Nota: Preliminary Requirements Review (PRP) Documentation compila o conteúdo oficial de informações do projeto EQUARS relativas ao evento PRP realizado em Outubro de 2019, nas dependências do INPE em São José dos Campos(SP).

URL do documento original:

<<http://urlib.net/8JMKD3MGP3W34R/42SAJRB>>

INPE
São José dos Campos
2020



Esta obra foi licenciada sob uma Licença Creative Commons Atribuição-NãoComercial 3.0 Não Adaptada.

This work is licensed under a Creative Commons Attribution-NonCommercial 3.0 Unported License.



MINISTÉRIO DA CIÊNCIA, TECNOLOGIA, INOVAÇÕES E COMUNICAÇÕES
INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS

PROJETO:

EQUARS

MISSÃO SATELITAL EQUARS

(Equatorial Atmosphere Research Satellite)

DOCUMENTAÇÃO DO EVENTO PRR

© Equipe do Projeto EQUARS

NOTA: *Preliminary Requirements Review (PRR) Documentation* compila o conteúdo oficial de informações do projeto EQUARS relativas ao evento PRR realizado em Outubro de 2019, nas dependências do INPE em São José dos Campos (SP).

São José dos Campos (SP), Abril de 2020.



AUTORES

A Equipe do Projeto EQUARS que conduziu as atividades da Fase A foi formada pelos seguintes membros:

Leandro Toss Hoffmann (Gerente do Projeto)

Delano Gobbi (PI do GLOW e Líder dos PI's)

Ing Hwie Tan (PI do ELISA e IONEX)

Fábio Becker Guedes (PI do GROM)

José Angelo da Costa Ferreira Neri (Responsável Técnico do APEX)

Cristiane Mariano Zavati Silva (Gerenciamento da Garantia de Missão)

Marcio Silva Alves Branco (Engenharia de Sistemas)

Renato Henrique Ferreira Branco (Planejamento & Controle do Projeto)

Ana Paula de Sá Santos Rabello (Dependabilidade)

Andreia Fatima Sorice Genaro (Segurança da Missão)

Arcelio Costa Louro (Arquitetura Elétrica)

Cesar Strauss (Engenharia das Cargas Úteis)

Danny Hernán Zambrano Carrera (Análise de Missão)

Edgard Alexandre de Andrade Varela (Gestão de Requisitos)

Gino Genaro (Arquitetura Térmica)

Gledson H. Diniz (Garantia do Produto)

Jônatas Campos de Oliveira (Garantia do Produto/EEE)

Jonilson Adachi (Garantia do Produto/EEE)

José Benedito de Paiva (Desenho Mecânico)

José Eduardo May (Garantia do Produto/MPMP)

Lucas Lopes Costa (Dependabilidade)

Marcelo de Oliveira (Desenho Mecânico)

Mario Eugenio Saturno (Arquitetura de Supervisão de Bordo)

Pedro Inacio Hubscher (Arquitetura Elétrica)

Rafael Anderson Martins Lopes (Arquitetura de Controle)

Renata Rapuano Fernandes (AIT)

Roberto Alfredo Marino (Arquitetura Mecânica)

Sergio Luis de Andrade Silva (Arquitetura de Telecomunicações)

Sergio Norio Itami (Controle de Configuração)

Silvio Manea (Garantia do Produto/Radiação)

Sinval Domingos (Responsável Técnico ELISA e IONEX)

Ulisses Thadeu Vieira Guedes (Arquitetura de Controle e Análise de Missão)

Obs.: PI - *Principal Investigator*;

EEE - *Electrical, Electronic and Electromechanical parts*

AIT - *Assembly, Integration and Tests*

MPMP - *Mechanical Parts, Materials and Process Plan*

GROM, GLOW, IONEX, ELISA, APEX – EQUARS *Instruments* (vide páginas 9 e 10)



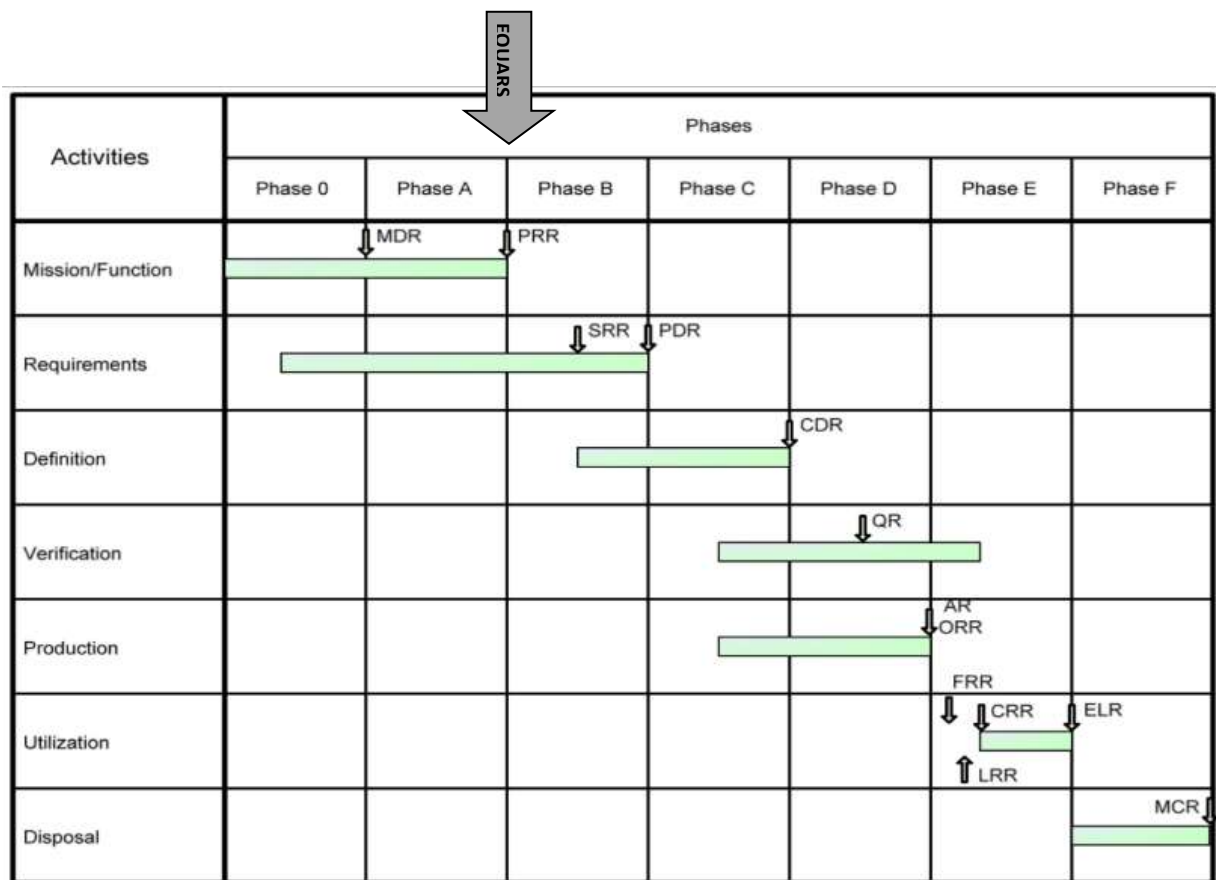
ÍNDICE

1	INTRODUÇÃO	4
2	DESCRIÇÃO GERAL DA MISSÃO EQUARS	5
3	CARACTERÍSTICAS PRINCIPAIS DO SATÉLITE EQUARS	6
4	CIÊNCIA DA MISSÃO EQUARS	7
5	APLICAÇÕES DA MISSÃO EQUARS	8
6	OPERAÇÕES DO SATÉLITE EQUARS	9
6.1	INSTRUMENTOS.....	9
6.2	APOIO OBSERVACIONAL DE DADOS DE SOLO	10
6.3	CARACTERÍSTICAS ORBITAIS.....	11
6.4	RECEPÇÃO E PROCESSAMENTO DE DADOS	11
7	CARACTERÍSTICAS SINGULARES DA MISSÃO EQUARS	12
7.1	CIÊNCIA DE QUALIDADE	12
7.2	DIFERENCIAL ESTRATÉGICO PARA O PROGRAMA ESPACIAL BRASILEIRO	12
8	REFERÊNCIAS	13
9	DOCUMENTOS ANEXOS (FONTES EXTERNAS)	14

1 INTRODUÇÃO

O projeto EQUARS adota o modelo de Ciclo de Vida de Projeto definido pela ECSS [1], no qual, as atividades de concepção da missão, levantamento de requisitos, definição do projeto, verificação, produção, operação e descarte são tipicamente divididas em 8 (oito) fases, conforme ilustrado na Figura abaixo.

O evento de Revisão de Requisitos Preliminar (PRR, *Preliminary Requirements Review*) realizado no âmbito do projeto EQUARS teve o intuito de apresentar a viabilidade do projeto, avaliar a especificação dos requisitos preliminares e dos planos preliminares de gerenciamento, desenvolvimento e de garantia do produto, bem como seus aspectos programáticos. Essa revisão marcou o final da Fase A e subsidiou a avaliação sobre a prontidão do projeto para avançar à Fase B.



Project Phases (fonte: <https://ecss.nl/standard/ecss-m-st-10c-rev-1-project-planning-and-implementation/>) [1]

¹ ECSS-M-ST-10C – *Space Project management: Project planning and implementation*.



2 DESCRIÇÃO GERAL DA MISSÃO EQUARS

A missão satelital EQUARS é concebida para investigar os fenômenos relacionados ao comportamento da ionosfera terrestre, especialmente na região equatorial.

Em geral, a ionosfera terrestre é caracterizada por um plasma ionizado formado a partir da radiação solar no espectro do ultravioleta. Na condição do crepúsculo solar, o plasma ionosférico diminui sua densidade rapidamente, favorecendo os processos de recombinação iônica com as espécies químicas da atmosfera neutra, especialmente em altitudes mais baixas da ionosfera, onde a atmosfera neutra é mais densa. Este efeito de reorganização da densidade do plasma (na interface de dois fluidos de diferentes densidades), associado às características peculiares da eletrodinâmica ionosférica da região equatorial, pode produzir instabilidades de plasma em dimensões de mesoescala (centenas de quilômetros), dispersando e difratando os sinais de comunicação e os sinais de geoposicionamento (GNSS) que atravessam tais irregularidades. Este fenômeno, típico do comportamento da ionosfera equatorial, é conhecido como bolhas de plasma equatorial (*Equatorial Plasma Bubbles – EPB*).

Neste sentido, com o objetivo de compreender melhor a variabilidade do plasma da região equatorial, o INPE planeja concretizar a missão espacial EQUARS. No entanto, tendo em vista a natureza de elevado nível de acoplamento fotoquímico e eletrodinâmico que caracteriza a variabilidade deste plasma, múltiplos parâmetros atmosféricos devem ser conjuntamente analisados, estabelecendo uma forte associação entre o clima terrestre e o clima espacial.

EQUARS é uma missão proposta pelo Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais –INPE, que é um dos principais órgãos setoriais de execução dos projetos e atividades estratégicas do Programa Nacional de Atividades Espaciais (PNAE), em conjunto com a Agência Espacial Brasileira (AEB). Sendo concebida como um satélite científico de pequeno porte (aproximadamente 200 kg) e de custo moderado, a missão tem potencial estratégico para consolidação de uma plataforma espacial nacional e reutilizável. O seu lançamento está planejado para o final de 2023, com vida útil programada de dois anos, sendo posicionado em uma órbita quase circular, a 635 quilômetros de altitude e inclinação de 18 graus em relação ao plano equatorial.

Tal como está sendo concebida, a missão EQUARS avança no entendimento do comportamento da ionosfera equatorial, com potencial de produzir um amplo impacto no aperfeiçoamento das técnicas de mitigação dos problemas tecnológicos que afetam a integridade dos sinais de comunicação e navegação, oriundos dos sistemas espaciais, aos quais a nossa sociedade moderna é amplamente dependente, em termos de vitalidade econômica e de segurança nacional.



3 CARACTERÍSTICAS PRINCIPAIS DO SATÉLITE EQUARS

Órbita	Órbita circular com 18 graus de inclinação em relação ao plano equatorial, a uma altitude de 635 km.
Apontamento	Plataforma apontada para o Nadir ao longo da órbita, com controle em três eixos.
Duração da Missão	Dois anos (mínimo) em operação no espaço
Operações do satélite	O satélite deve ser rastreado primariamente pela Estação Terrena de Alcântara (MA), a partir do Centro de Controles de Satélite do INPE em São José dos Campos (SP).
Operações Científicas	O programa de Estudo e Monitoramento Brasileiro do Clima Espacial (EMBRACE) deve executar o processamento, armazenamento e distribuição dos dados de ciência.
Massa	A massa total do satélite está estimada em 200 kg, sendo aproximadamente 30 kg de carga útil.
Potência	Um conjunto de painéis solares provê 470 W de potência em início de vida, com uma área de 2,1 m ² .
Dimensões	Os estudos conceituais do satélite apontam para um envelope de lançamento de 1,3 (m) x 1,6 (m) x 1,1 (m).
Taxa de recepção de dados	A taxa de <i>downlink</i> para comunicação solo-bordo é da ordem de 600 kbit/s, utilizando-se da tecnologia da Banda S para transmissão de dados.



4 CIÊNCIA DA MISSÃO EQUARS

A missão de satélite científico EQUARS promove o avanço do conhecimento em Aeronomia Equatorial, com ênfase na investigação dos fenômenos físicos e químicos que perturbam o comportamento médio do plasma ionizado pela radiação solar, que forma a região da ionosfera terrestre acima de 60 km até a interface com o espaço exterior. Também, a missão EQUARS proporciona o monitoramento de parâmetros que caracterizam a atmosfera equatorial, de modo a atender às aplicações em diagnósticos de Clima Espacial.

A ionosfera é um meio parcialmente ionizado e dispersivo, ou seja, a propagação de sinais eletromagnéticos neste meio depende da quantidade de elétrons livres e da frequência destes sinais. De um modo geral, a tecnologia associada à comunicação por satélite é influenciada pelo regime do plasma ionosférico, que responde majoritariamente à variabilidade da atividade solar [Goodman, 2005]. No entanto, a ionosfera da região equatorial possui características que a distingue das regiões de médias e altas latitudes, especialmente devido ao maior influxo da energia solar incidente, à forte liberação de calor latente, às oscilações atmosféricas de larga escala e à configuração quase paralela do campo geomagnético em relação à superfície terrestre. Estas condições impõem um padrão de convecção do plasma ionosférico dependente dos processos de acoplamento com a baixa atmosfera [Abdu e Kherani, 2011], podendo gerar variações esporádicas e anômalas (gradientes de densidade de elétrons), tal como o fenômeno das bolhas de plasma equatorial (depleções de plasma de larga escala), que interfere severamente na operação de sistemas de posicionamento por satélites (GNSS), com potencial de prejudicar toda a cadeia da indústria de transformação que depende da integridade desta tecnologia [Sreeja, 2016].

A missão EQUARS tem o propósito de investigar as conexões entre a atmosfera neutra e a ionosfera na região equatorial. Neste contexto, três questões básicas que contribuem para elucidar os efeitos deste acoplamento se sobressaem: (1) As condições eletrodinâmicas do plasma ionosférico e a sua resposta aos influxos de momentum e energia da baixa atmosfera regulam a formação e a evolução das bolhas de plasma? (2) A atividade das ondas planetárias desempenha um papel relevante como componente da variabilidade dia a dia observada na taxa de ocorrência das bolhas de plasma? (3) A intensificação de ionização da camada-E ionosférica devido à precipitação de partículas energéticas da Anomalia Magnética da América do Sul (SAMA) é um fator competitivo na dinâmica de evolução das bolhas de plasma?

Para avançar na elucidação das questões elencadas, a abordagem observacional da missão EQUARS é realizada por intermédio de cinco instrumentos de técnicas distintas, porém com elevado nível de sinergia para o alcance dos objetivos da missão. Os dados observacionais referem-se: (1) às condições in situ do plasma ambiente como diagnóstico das irregularidades do plasma ionosférico; (2) ao airglow ionosférico como diagnóstico da geração e evolução das bolhas de plasma; (3) ao airglow mesosférico como indicador da atividade de ondas de larga escala; (4) à precipitação de elétrons com energias de ionização que contribuem à intensificação do dínamo da camada-E ionosférica; (5) à refratividade da baixa atmosfera para inferir as condições de acoplamento fotoquímico-dinâmico entre as camadas da atmosfera neutra; (6) à refratividade da alta atmosfera para estimar a distribuição vertical dos elétrons livres e a cintilação ionosférica; e (7) ao fluxo de partículas energéticas que se precipitam dos cinturões de radiação, afetando o estado eletrodinâmico da ionosfera.

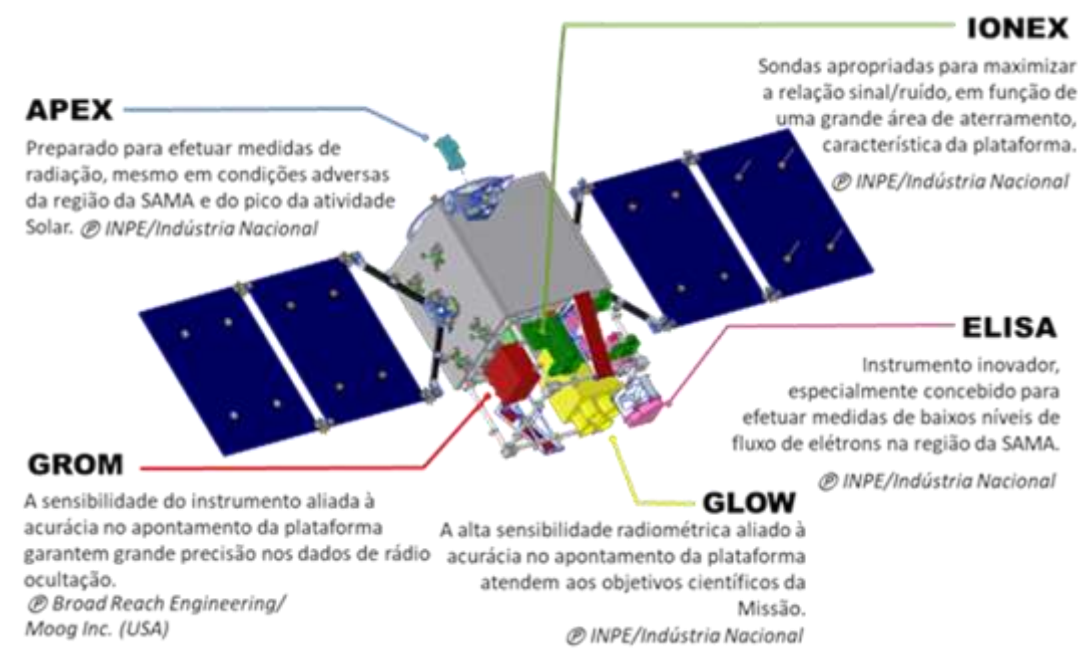


5 APLICAÇÕES DA MISSÃO EQUARS

A sociedade moderna se beneficia de diversas maneiras da infraestrutura e da tecnologia de sistemas espaciais, para ser economicamente competitiva em seus nichos de atuação. Por exemplo, os sinais do Sistema de Navegação Global por Satélite (GNSS) são empregados em diferentes níveis dos setores industriais, sobretudo em setores que fazem uso diretamente da comunicação instantânea de sensores de georreferenciamento, entre os quais: a segurança aérea, a prospecção em geofísica e a agricultura de precisão [Eastwood *et al.*, 2017; Oliver, 2010]. A tendência indica que o uso das tecnologias espaciais deve se intensificar nas próximas décadas, muito em função da expansão da economia global e do aumento da produtividade. Entretanto, os estudos de Clima Espacial revelam significativas vulnerabilidades associadas às tecnologias espaciais, seja em termos dos efeitos do ambiente espacial na operação dos satélites, bem como pela influência do comportamento do plasma ionosférico relativo aos sinais de rádio usados em comunicação e georreferenciamento por satélite. Especialmente, neste último quesito, o impacto do ambiente ionosférico frente aos sinais GNSS reforçou o interesse atual da comunidade científica pela investigação da variabilidade da ionosfera equatorial, especialmente no sentido de se avançar na compreensão dos aspectos que controlam a formação e a evolução das bolhas de plasma equatorial (EPB), destacando-se como a fonte principal das irregularidades do plasma ionosférico em baixas latitudes [e.g. Kelley & Makela, 2011], e que podem degradar severamente a qualidade do produto GNSS fornecido à sociedade.

Nesse contexto, os resultados esperados da investigação proposta pela missão EQUARS, concernente ao escopo das aplicações, referem-se aos parâmetros que geralmente são utilizados para estudos em climatologia das EPB [e.g. Magdaleno, *et al.*, 2017], tais como, a taxa de ocorrência, o tempo efetivo de duração, o nível da flutuação da depleção do plasma e a dimensão horizontal. A efetividade e qualidade de obtenção destes parâmetros climatológicos são dependentes da trajetória orbital do satélite, justificando o planejamento de missões satelitais mais próximas ao plano do equador geográfico. Atualmente, a previsibilidade operacional de eventos de formação de irregularidades ionosféricas está sendo divulgada de forma ainda bastante incipiente pelos programas mundiais de Clima Espacial, mas é provável que, com os esforços que vêm sendo realizados em modelagem numérica e assimilação de dados de redes observacionais de solo e de satélite, este panorama seja alterado em futuro próximo.

6 OPERAÇÕES DO SATÉLITE EQUARS



6.1 Instrumentos

A missão EQUARS inclui cinco instrumentos especialmente projetados, de técnicas distintas, para investigar a atmosfera neutra e ionizada, com medidas realizadas *in situ* e medidas de sensoriamento remoto.

Analizador Eletrostático de Energia, ELISA. O instrumento ELISA em um duplo sensor eletrostático concebido para realizar medidas *in situ* do fluxo espectral direcional de elétrons de baixas energias, na faixa de 1 a 27 keV, que participam dos processos de ionização característicos da camada-E ionosférica. As medidas são realizadas na região da trajetória do satélite a qual intercepta as linhas de campo geomagnético que guiam os elétrons à região da SAMA. Os dados resultantes permitem investigar de que maneira a precipitação de elétrons na região da SAMA afeta os processos eletrodinâmicos da ionosfera equatorial. Também, as medidas permitem detalhar o processo de interação feixe-plasma na ionosfera equatorial, sobretudo através de estimativas da condutividade ionosférica intensificada da camada-E ionosférica.

Conjunto de Sondas Eletrostáticas para Medidas de Plasma, IONEX. O conjunto de sondas IONEX é projetado para realizar medidas *in situ* de parâmetros intrínsecos (temperatura cinética dos elétrons e densidade numérica de elétrons) do plasma ambiente da camada-F ionosférica. Basicamente, o conjunto é constituído pelas sondas eletrostáticas Langmuir-dupla (sondas com modos configurados para medidas de densidade e temperatura eletrônica), HFC (sonda capacitiva para medida da densidade eletrônica absoluta) e ETP (sonda para medida da temperatura eletrônica). A combinação dos dados destas sondas permite a investigação das instabilidades magneto-hidrodinâmicas que originam as bolhas de plasma ionosféricas.

Monitor de Partículas Energéticas, APEX. O instrumento de caráter tecnológico APEX é concebido para realizar medidas *in situ* do fluxo espectral direcional, em altas energias, das partículas (elétrons, prótons e alfa) que caracterizam o plasma ambiente da ionosfera. Os dados têm interesse, sobretudo, em estudos das anormalidades operacionais que perturbam os satélites de baixa órbita [Daglis, 2005].

Fotômetro de Airglow, GLOW. O instrumento GLOW consiste de um conjunto de quatro canais ópticos para registro remoto das emissões de airglow noturno (*nightglow*) dos constituintes fotoquímicos presentes na alta atmosfera terrestre, em quatro faixas de comprimentos de onda distintos. A análise da radiância omnidirecional permite o estudo de fenômenos da alta atmosfera, especialmente aqueles relacionados à propagação de modos de ondas planetárias (na altitude de referência do limite inferior da camada-E ionosférica) e à morfologia e dinâmica das bolhas de plasma (na altitude de referência do pico da camada-F ionosférica).

Receptor de rádio ocultação de sinal GNSS, GROM. O instrumento GROM é um receptor de sinais GNSS, modelo IGOR, que emprega a técnica de Rádio Ocultação para estudos meteorológicos, atmosféricos e de clima espacial. O receptor fornece dados remotos precisos do índice de refração do meio atmosférico ao longo da linha de visada, em um evento de rádio ocultação, entre o receptor LEO e o satélite GPS. Em função deste parâmetro e de suposições de condicionantes atmosféricos, permite-se determinar o perfil de temperatura da média atmosfera, o perfil do conteúdo de vapor d'água na troposfera, o perfil da densidade numérica dos elétrons e o índice de cintilação de sinal que caracteriza as irregularidades ionosféricas, ao longo da órbita do satélite.

Respectivamente, os primeiros quatro instrumentos têm sido desenvolvidos no INPE, em associação aos serviços de manufatura proporcionados pela indústria aeroespacial nacional. O quinto instrumento, GROM, é uma aquisição comercial junto à empresa *Broad Reach Engineering* (atualmente, *Moog Inc.*), licenciada pelo *Jet Propulsion Laboratory* (USA).

6.2 Apoio observacional de dados de solo

Com o objetivo de fornecer suporte às análises científicas a partir das medidas proporcionadas pelos instrumentos da missão EQUARS, faz-se necessário, com regularidade, correlacionar tais dados satelitais com dados advindos de instrumentos de solo empregados em Aeronomia. programa de Clima Espacial EMBRACE do INPE [e.g. Denardini *et al.*, 2016], voltado especialmente ao monitoramento, diagnóstico e previsibilidade em Clima Espacial, opera uma vasta rede de instrumentos de solo, que adquirem dados de modo rotineiro, distribuídos em latitudes e longitudes diversas do Brasil, tais como os receptores GPS, magnetômetros, ionossondas, imageadores de airglow, radares ionosféricos etc. O suporte do programa EMBRACE, disponibilizando dados de apoio às medidas do satélite EQUARS, deve contribuir significativamente para o sucesso da missão.

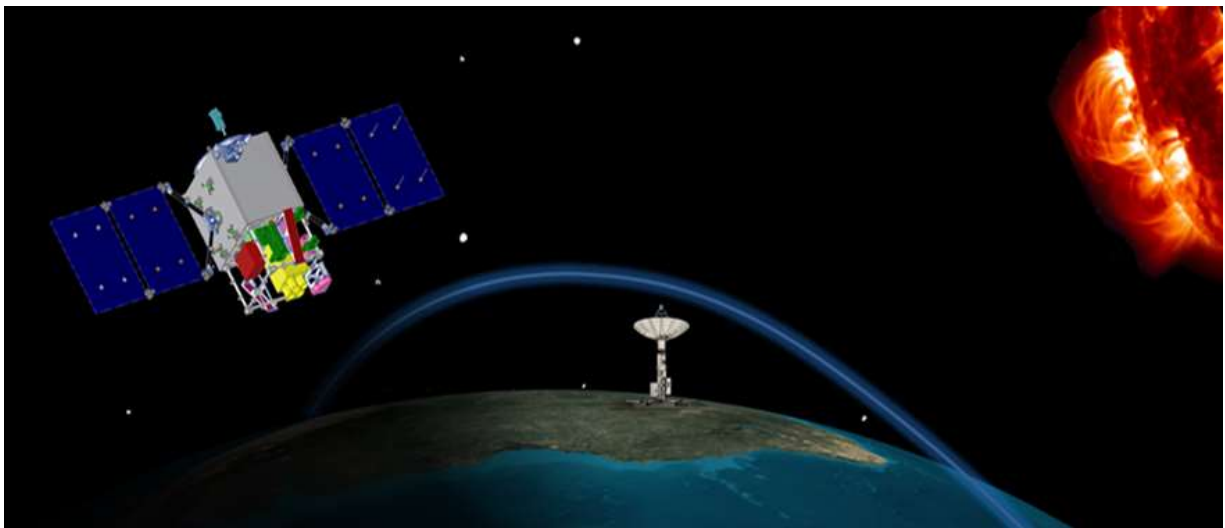


6.3 Características orbitais

O satélite EQUARS deve realizar uma órbita, quase circular, com uma inclinação de 18 graus a uma altitude de aproximadamente 635 km. Tais parâmetros permitem um posicionamento privilegiado e orientação dos instrumentos para observação ionosférica em uma ampla faixa de latitude e longitude no entorno do plano equatorial, em horário local apropriado. É importante destacar que esta órbita emerge de uma otimização de atendimento aos requisitos científicos de cobertura dos instrumentos.

6.4 Recepção e processamento de dados

O segmento do Solo da missão EQUARS reutiliza a infraestrutura do Centro de Rastreo e Controle do INPE. A recepção de dados de carga útil, transmitidas em Banda S, deve ocorrer prioritariamente pela estação terrena de Alcântara (MA), com apoio eventual de Cuiabá (MT), a partir do Centro de Controle de Satélites (CSS) em São José dos Campos (SP). Já o processamento, armazenamento e distribuição de dados de ciência devem ser realizados em parceria com o centro de Estudo e Monitoramento Brasileiro do Clima Espacial (EMBRACE).



7 CARACTERÍSTICAS SINGULARES DA MISSÃO EQUARS

7.1 CIÊNCIA DE QUALIDADE

A ciência proposta pela missão EQUARS encontra paralelo no programa estratégico de Heliofísica da agência espacial NASA para década de 2013-2022, que têm como metas, entre outras, a investigação dos processos de acoplamento entre o plasma ionosférico e a atmosfera neutra [1]. Neste sentido, a missão EQUARS pode ser confrontada (vide quadro abaixo) com o potencial da ciência, aferida pelas variáveis observacionais, que deve ser produzida pelas atuais missões que se inserem na meta acima mencionada, são elas: ICON [2], GOLD [3] e a missão colaborativa internacional de *cubesat*, ainda em desenvolvimento, SPORT [4].

Observações	ICON	GOLD	SPORT	EQUARS
Inclinação Orbital	27°	Geoestacionária	52°	18°
Parâmetros de Plasma <i>in situ</i>				
Temperatura Eletrônica	Não	Não	Sim	Sim
Densidade Eletrônica	Não	Não	Sim	Sim
Campo Elétrico	Não	Não	Sim	Não
Velocidade dos íons	Sim	Não	Sim	Não
Campo Magnético	Não	Não	Sim	Não
Airglow ionosférico (remoto)				
Radiância	Sim (2-D)*	Sim (2-D)*	Não	Sim
Temperatura	Sim (2-D)	Sim (2-D)	Não	Não
Ventos	Sim (2-D)	Não	Não	Não
Densidade/Composição	Sim (2-D)	Sim (2-D)	Não	Não
Airglow mesosférico (remoto)				
Radiância	Sim (2-D)*	Não	Não	Sim
Temperatura	Sim (2-D)	Não	Não	Sim
Ventos	Sim (2-D)	Não	Não	Não
Rádio ocultação atmosférica	Não	Não	Não	Sim
Rádio ocultação ionosférica	Não	Não	Não	Sim
Cintilação ionosférica	Não	Não	Sim	Sim
Precipitação de elétrons na SAMA	Não	Não	Não	Sim
Partículas energéticas <i>in situ</i>	Não	Não	Não	Sim

* Imagens da radiância ou do espectro da radiância de airglow, utilizadas para derivar a estrutura horizontal 2-D.

Tendo em vista a inclinação orbital dos satélites ora relacionados, a missão EQUARS sobressa-se por fortalecer a aquisição de dados no entorno do plano equatorial. Note também que, conforme revela o quadro acima, a proposta da ciência da missão EQUARS é singular na possibilidade de análise dos efeitos da SAMA sobre a eletrodinâmica da ionosfera equatorial. Também, é a única missão que se propõem a monitorar o fluxo de partículas energéticas da região equatorial, e especialmente da região brasileira e do seu entorno.

7.2 DIFERENCIAL ESTRATÉGICO PARA O PROGRAMA ESPACIAL BRASILEIRO

A Missão EQUARS tem grande potencial para ser um catalizador do desenvolvimento do Programa Espacial Brasileiro. Sua plataforma orbital possibilita o desenvolvimento de missões mais compactas e eficientes, cujas dimensões são adequadas para transporte em pequenos lançadores. Essa estratégia viabiliza, por exemplo, o seu uso em lançadores atualmente em desenvolvimento no Brasil e permite a redução dos custos de lançamento de futuras missões. Além disto, a possibilidade de reutilização de sua plataforma abre um novo caminho para o desenvolvimento de política industrial.



8 REFERÊNCIAS

- Abdu, M. A., Kherani, E. A. (2011) Coupling Processes in the Equatorial Spread F/Plasma Bubble Irregularity Development. In: M. A. Abdu, D. Pancheva, A. Bhattacharyya (eds.) *Aeronomy of the Earth's Atmosphere and Ionosphere*. IAGA Special Sopron Book Series, Vol 2, Springer, 219-238. doi:10.1007/978-94-007-0326-116
- Daglis, I. A. (ed.) (2005) Effects of Space Weather on Technology Infrastructure. NATO Science Series, *Springer Science + Business Media*, Inc. eBook ISBN: 1-4020-2754-0
- Denardini, C. M., Dasso, S., Gonzalez-Esparza, J. A. (2016). Review on space weather in Latin America. 3. Development of space weather forecasting centers. *Advances in Space Research*, 58(10), 1960–1967. doi:10.1016/j.asr.2016.03.011
- Eastwood, J. P., Biffis, E., Hapgood, M. A., Green, L., Bisi, M. M., Bentley, R. D., Wicks, R., McKinnell, L.-A., Gibbs, M., Burnett, C. (2017). The Economic Impact of Space Weather: Where Do We Stand? *Risk Analysis*, 37(2), 206–218. doi:10.1111/risa.12765
- Goodman, J. M. (2005) Space Weather & Telecommunications. *The Springer International Series in Engineering and Computer Science*, Book 782, Springer. ISBN-13: 978-0387236704
- Kelley, M. C., Makela, J. J. (2011) Convective Ionospheric Storms: A Review. *Reviews of Geophysics*, Volume 49, Issue 2. doi.org/10.1029/2010RG000340
- Magdaleno, S., Herraiz M., Altadill, D., Morena, B.A. (2017) Climatology Characterization of Equatorial Plasma Bubbles Using GPS Data. *J. Space Weather Space Clim.*, **7**, A3. doi.org/10.1051/swsc/2016039
- Oliver, M. A. (ed.) (2010) Geostatistical Applications for Precision Agriculture. *Springer Science + Business Media B.V.* doi: 10.1007/978-90-481-9133-8
- Sreeja, V. (2016) Impact and mitigation of space weather effects on GNSS receiver performance. *Geoscience Letters*, 3-24. doi: 10.1186/s40562-016-0057-0

¹ <https://science.nasa.gov/heliophysics/programs/research>

² https://www.nasa.gov/mission_pages/sunearth/missions/mission_icon.html

³ <http://gold.cs.ucf.edu/>

⁴ https://www.nasa.gov/mission_pages/sport/index.html



9 DOCUMENTOS ANEXOS (FONTES EXTERNAS)

EQUARS-0000-ANL-001	Requisitos Científicos para o Instrumento GROM
EQUARS-0000-ANL-002	Proposta Científica, Requisitos e Concepção do GLOW
EQUARS-0000-ANL-003	Proposta Científica, Requisitos e Concepção do IONEX
EQUARS-0000-ANL-004	Proposta Científica, Requisitos e Concepção do ELISA
EQUARS-0000-MS-001	Declaração do Escopo da Missão EQUARS
EQUARS-1100-PMP-001	Plano de Gerenciamento de Projeto
EQUARS-1110-WBS-001	Estrutura Analítica do Projeto
EQUARS-1120-MNG-002	Cronograma Preliminar da Missão EQUARS - Fase A
EQUARS-1130-MNG-002	Estimativa Preliminar de Custos - Fase A
EQUARS-1140-PLN-001	Plano de Gerenciamento de Riscos
EQUARS-1140-RPT-011	Relatório de Riscos 09-2019
EQUARS-1150-PLN-001	Plano de Gerenciamento das Partes Interessadas
EQUARS-1160-PLN-001	Plano de Comunicação
EQUARS-1170-CMP-001	Plano de Gerenciamento de Configuração
EQUARS-1170-CMP-002	Plano de Gerenciamento de Informação e Documentação
EQUARS-1420-PLN-001	Plano da Revisão de Requisitos Preliminares (PRR)
EQUARS-2000-ANL-001	Concepção de Operação da Missão
EQUARS-2000-RJF-001	Matriz de Rastreabilidade de Requisitos da Missão
EQUARS-2000-TS-001	Especificação de Requisitos da Missão EQUARS
EQUARS-2100-DDF-001	Sistema de Coordenadas
EQUARS-2100-SEP-001	Plano de Engenharia de Sistemas
EQUARS-2200-TS-002	Especificação de Requisitos do Sistema
EQUARS-2300-ANL-001	Análise de Missão
EQUARS-2400-DDF-002	Árvore Funcional da Missão
EQUARS-2400-DDF-003	Árvore do Produto da Missão
EQUARS-2500-VP-001	Plano de Verificação e Validação do Sistema EQUARS
EQUARS-3000-PLN-002	Plano Preliminar da Garantia de Missão
EQUARS-3000-TS-001	<i>Mission Assurance Requirements</i>
EQUARS-3100-PLN-001	<i>Quality Assurance Preliminary Plan</i>
EQUARS-3300-PLN-001	Plano Preliminar de Segurança (<i>Safety</i>) para a Missão EQUARS
EQUARS-3300-TS-001	<i>Safety Requirements</i>
EQUARS-4210-TS-001	Especificação de Requisitos do Satélite
EQUARS-4221-ANL-001	Análise de Apontamento - Arquitetura de Controle de Atitude
EQUARS-4222-ANL-001	Análise de Arquitetura Mecânica
EQUARS-4223-ANL-001	Análise de Balanço de Potência do Satélite EQUARS
EQUARS-4224-ANL-001	Análise de Arquitetura Térmica
EQUARS-4225-ANL-001	Análise de Enlace de Comunicação Solo-Bordo
EQUARS-4226-ANL-001	Análise de Arquitetura de Supervisão de Bordo
EQUARS-4410-RPT-001	Relatório de Progresso dos Instrumentos Científicos
EQUARS-4423-PLN-001	Plano de Desenvolvimento do GROM
EQUARS-4433-PLN-001	Plano de Desenvolvimento do GLOW
EQUARS-4443-PLN-001	Plano de Desenvolvimento do IONEX
EQUARS-4453-PLN-001	Plano de Desenvolvimento do ELISA
EQUARS-4463-PLN-001	Plano de Desenvolvimento do APEX
EQUARS-4900-TS-001	<i>Product Assurance Requirements-Space Segment</i>
EQUARS-4920-PLN-001	<i>EQUARS Space Segment Dependability Plan</i>
EQUARS-4960-PLN-001	<i>MPMP Plan for EQUARS Mission - Space Segment</i>

