



CONTROLE TÉRMICO DE CUBESATS



MINISTÉRIO DA
CIÊNCIA, TECNOLOGIA,
INOVAÇÕES E COMUNICAÇÕES



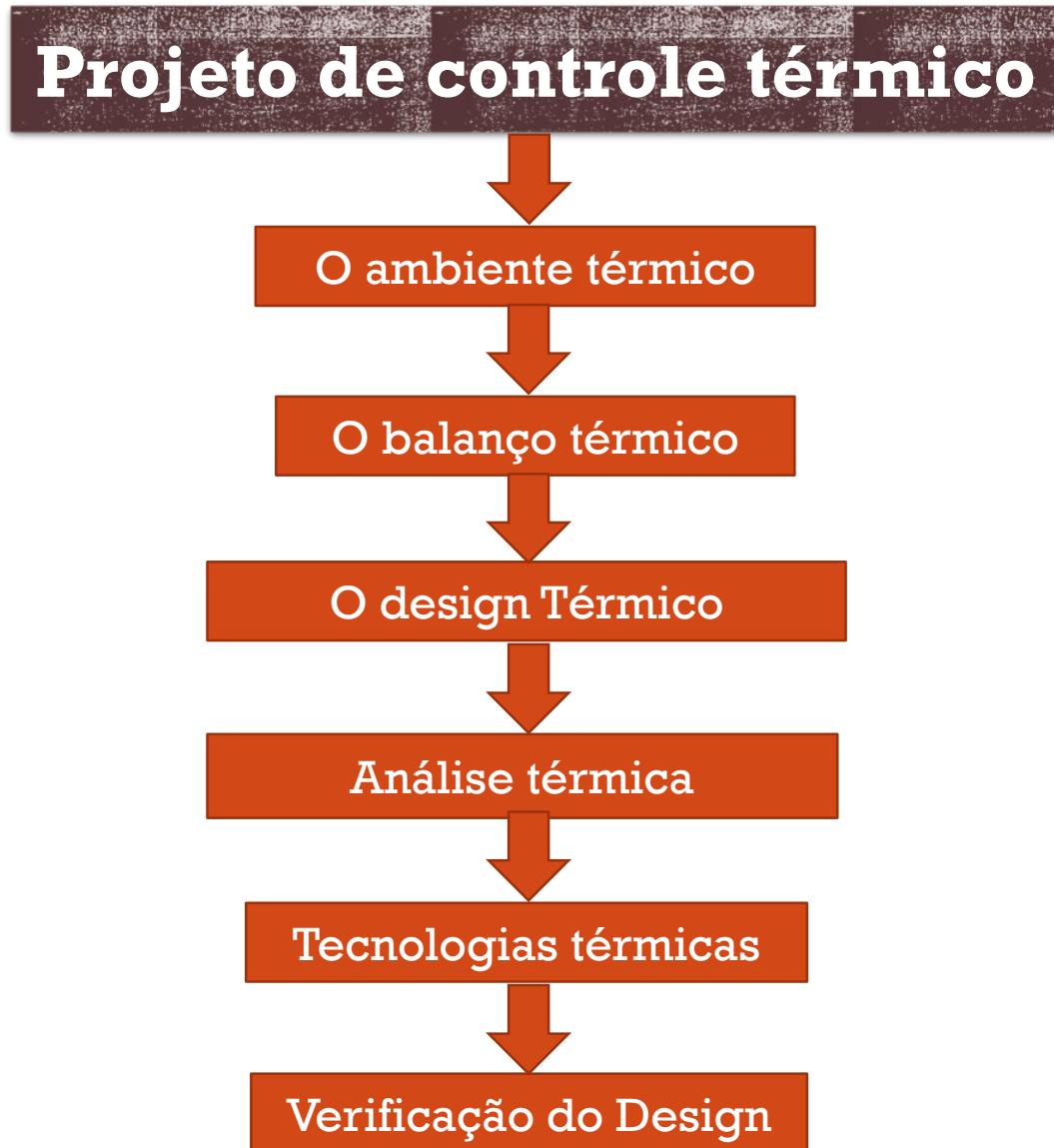


CTEE

Programa de
**Capacitação
Tecnológica em
Engenharia
Espacial** do curso
de Engenharia e
Tecnologia Espaciais
do INPE

*Formado por alunos e
professores do curso
de Pós-Graduação
em Engenharia
Espacial - INPE*

FLUXOGRAMA DE ATIVIDADES

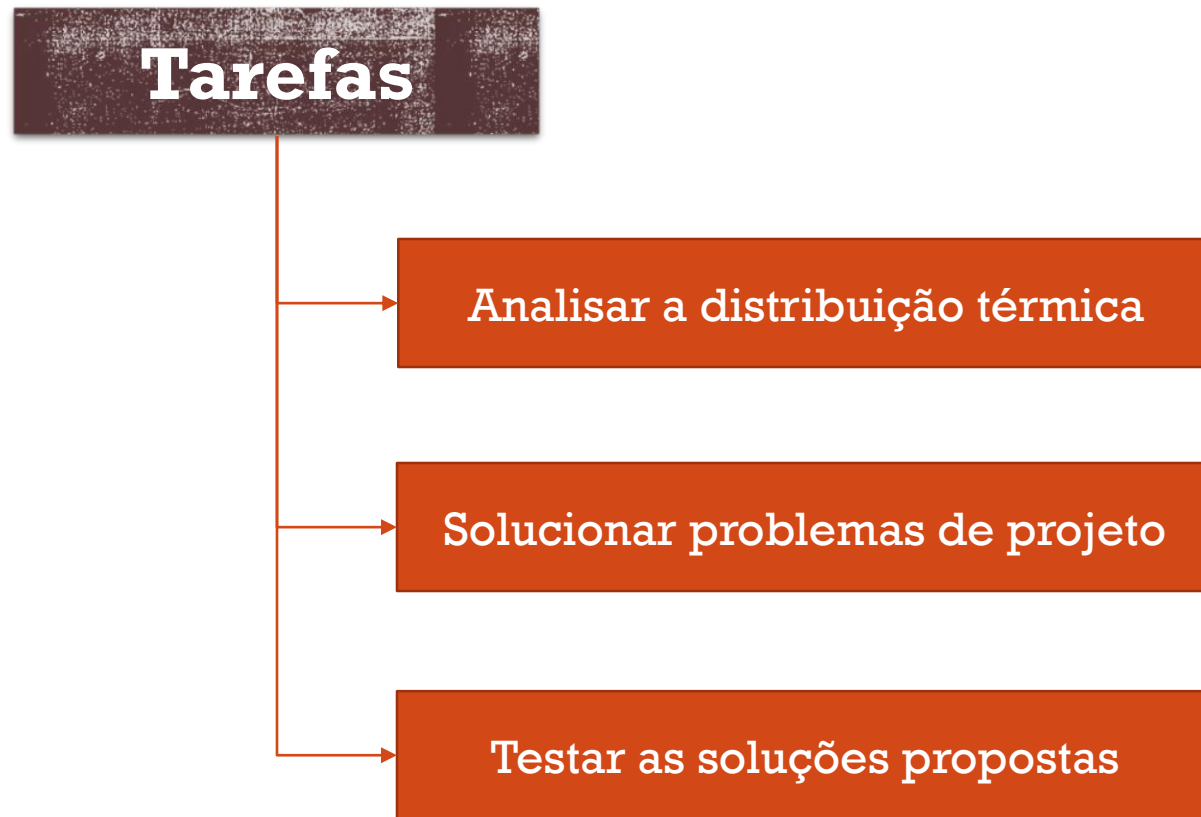


RAZÕES PARA O CONTROLE TÉRMICO

(1) Equipamentos eletrônicos de precisão geralmente operam em faixas de temperatura estreitas e dilatação zero.

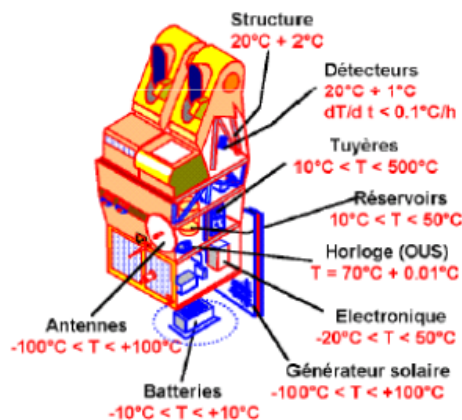
(2) Os materiais de engenharia apresentam alguma dilatação com a temperatura, gerando distorções da estrutura

TAREFAS DE UM ENGENHEIRO TÉRMICO



ALGUNS REQUISITOS TÉRMICOS

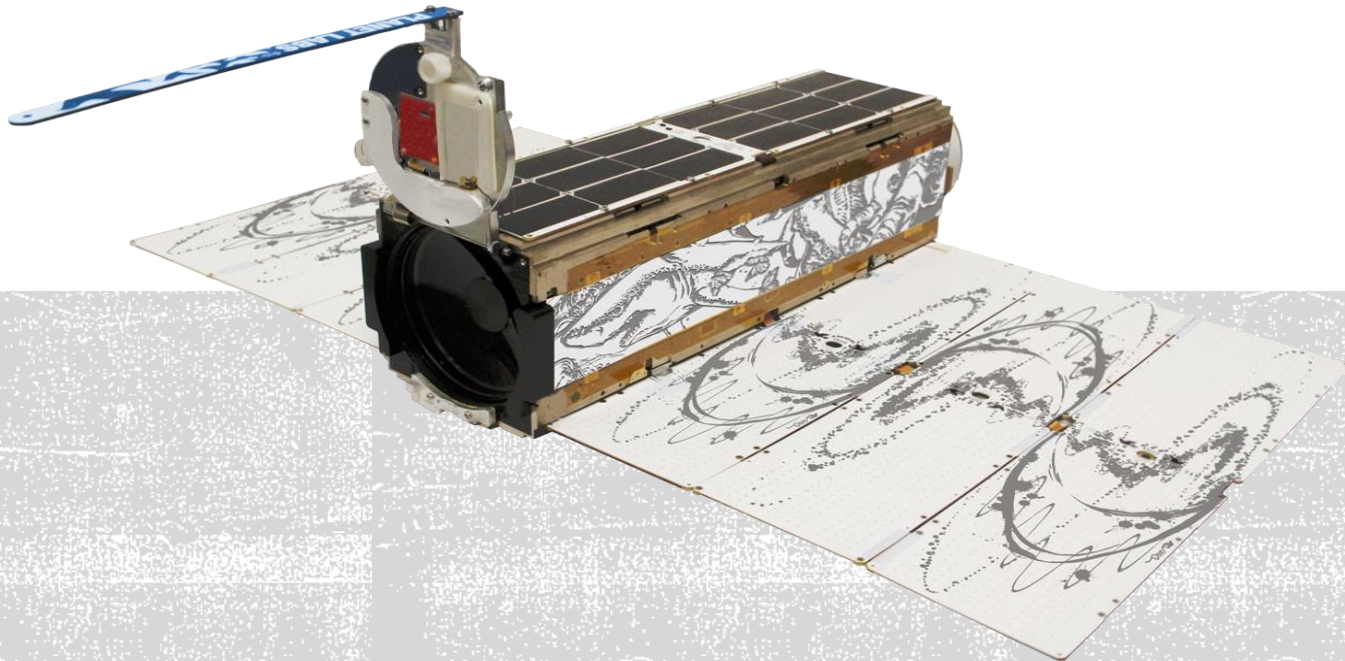
COMPONENTE	TEMP. VOO	OBSERVAÇÕES
EQUIPAMENTO ELETRÔNICO	-5 à 40°C	
PAINEL SOLAR	-130 à 80°C	Componentes e equipamentos externos toleram faixas maiores de temperatura
RESERVATÓRIO HIDRAZINA	10 à 40°C	
BATERIAS	-5 à 20°C	Faixas estreitas são componentes críticos do ponto de vista térmico
SENSOR INFRAVERMELHO	-195 à -180°C	



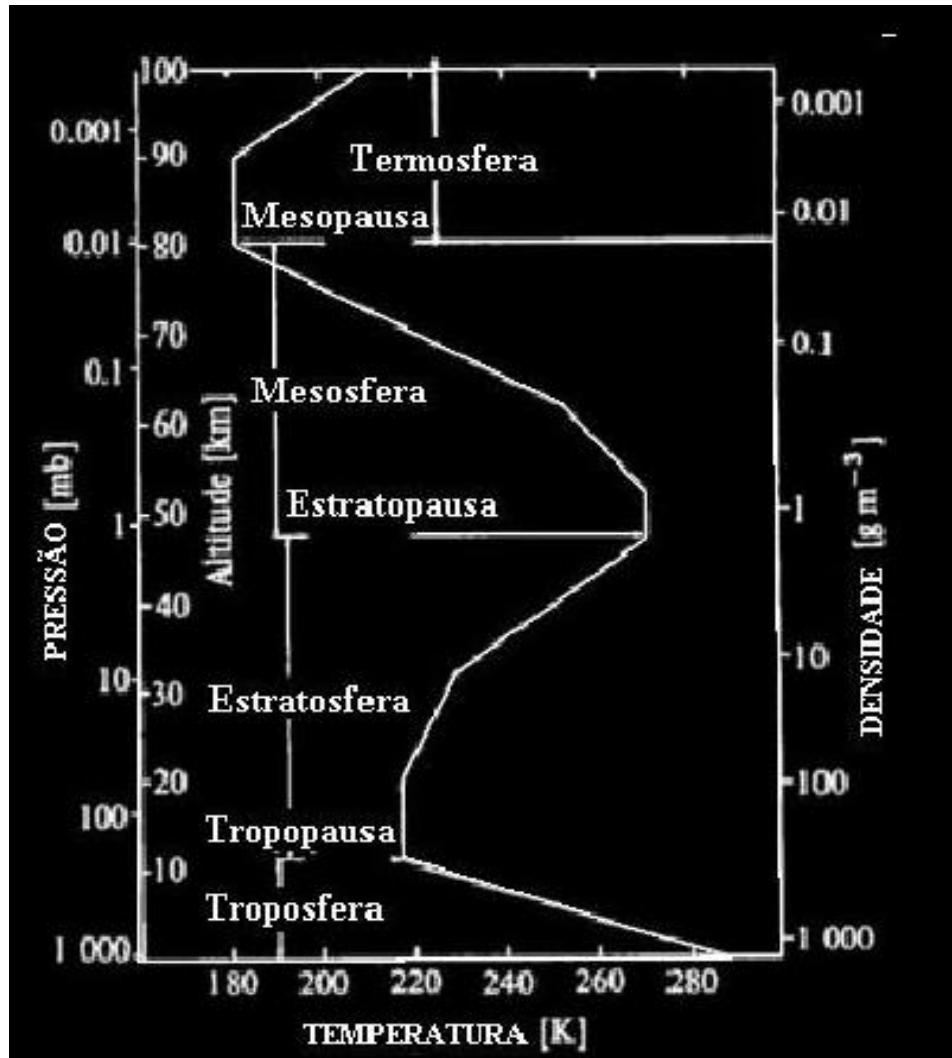
Equipamentos	Tmin (°C)	Tmax (°C)
Electronica geral	- 10	+ 45
Propulsão	+ 5	+ 60
Baterias	- 5	+ 15
Sensores infra-vermelhos	0	+ 45
Sensores Solares	- 50	+ 50
Rodas de Momentos	0	+ 55
Amplificador de tubo de ondas	- 20	+ 60
Objetiva de ótica	+17	+ 23
Antenas	- 100	+ 80



0 AMBIENTE TÉRMICO



FONTES DE REQUISITOS



Faixas de temperatura da atmosfera terrestre

Tabela 01 – Resumo das camadas e das faixas de temperatura da atmosfera terrestre.

Fonte: Arquivos do Autor

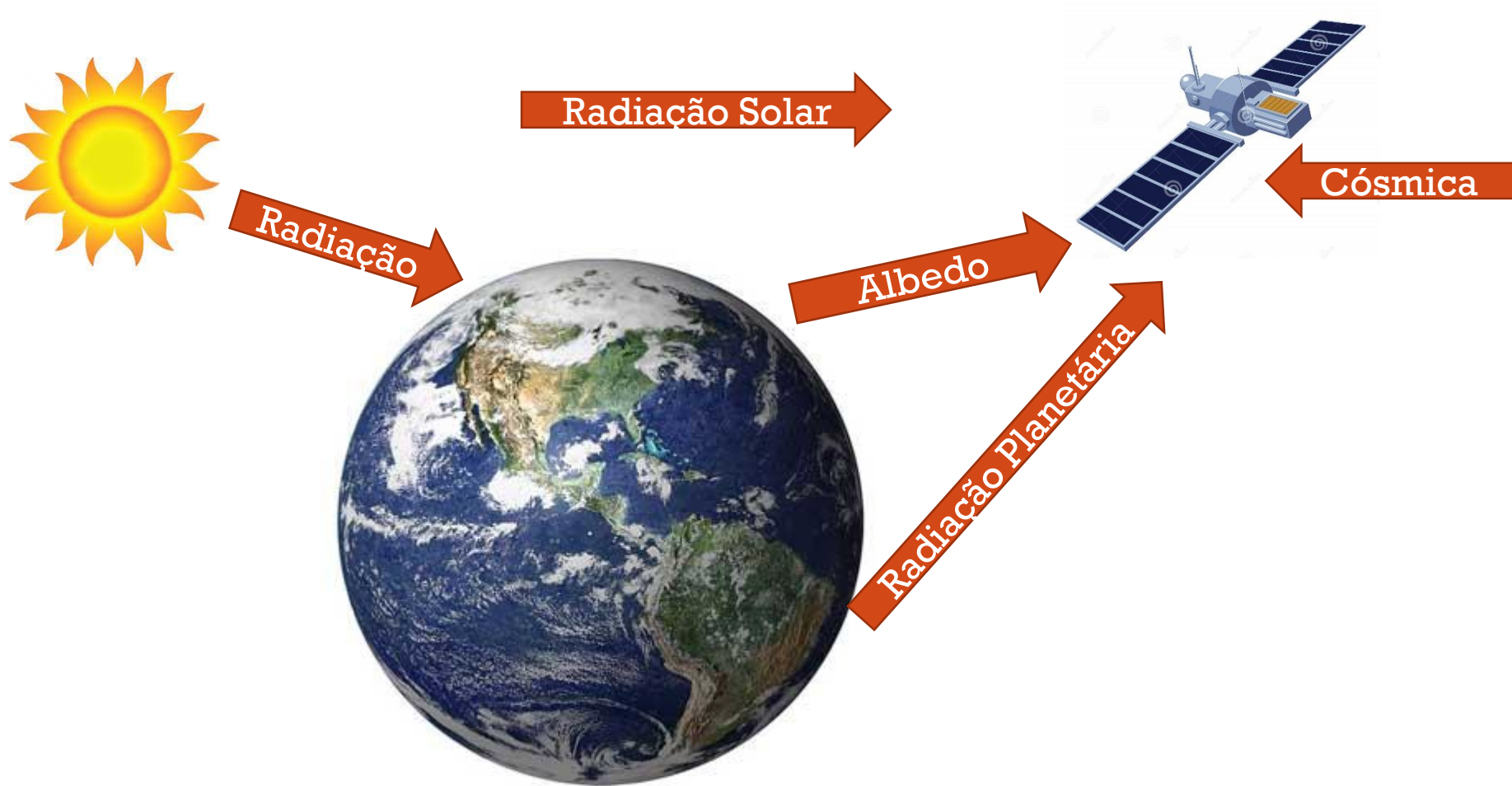
Camada	Faixa de Temperatura (°C)	Faixa de altura (km)
Troposfera	50 até -50	0 – 20
Estratosfera	-60 até -50	20 – 50
Mesosfera	-100 até -60	50 – 80
Termosfera / Ionosfera	-100 até 1000	80 – 640
Exosfera	-260 até 1000	640 – 1.000
Magnetosfera	-270 até -260	1.000 – 100.000



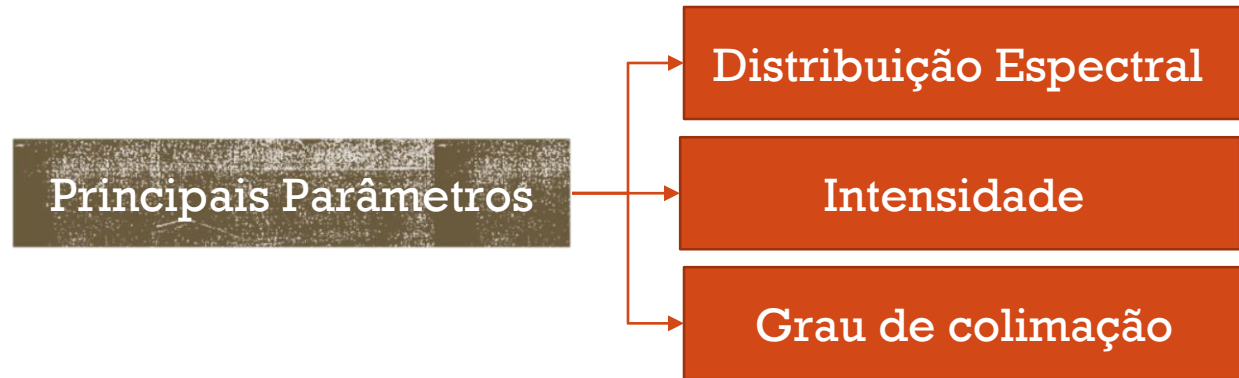
Faixas de temperatura de trabalho de alguns componentes

Dispositivo	Faixa de Temperatura de funcionamento (°C)
COTS (eletrônicos)	-65 até +50
baterias recarregáveis	-15 até +60
dispositivos mecânicos	-30 até +50

Principais fontes de radiação térmica



Radiação Solar



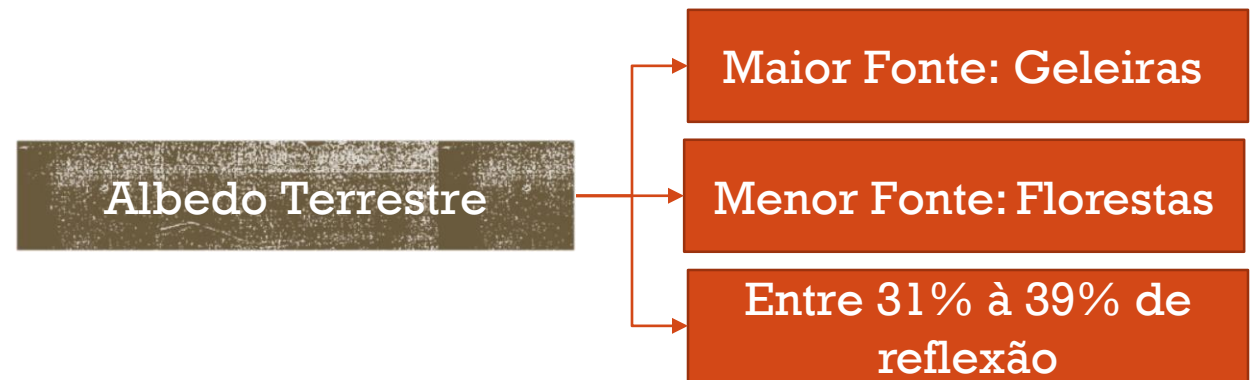
$$J_s = \frac{P}{4\pi d^2}$$

J_s = intensidade da radiação solar

d = distância do Sol

P = Potência Total do Sol ($3,856 \times 10^{26} \text{W}$)

Albedo Planetário



Planeta	Albedo
Mercúrio	0,06 - 0,10
Venus	0,6 – 0,76
Terra	0,31 – 0,39
Lua	0,07

$$J_a = J_s a F$$

J_s = intensidade da radiação solar (w/m^2)

F = fator de visibilidade (km^{-1})

a = Altura (km)

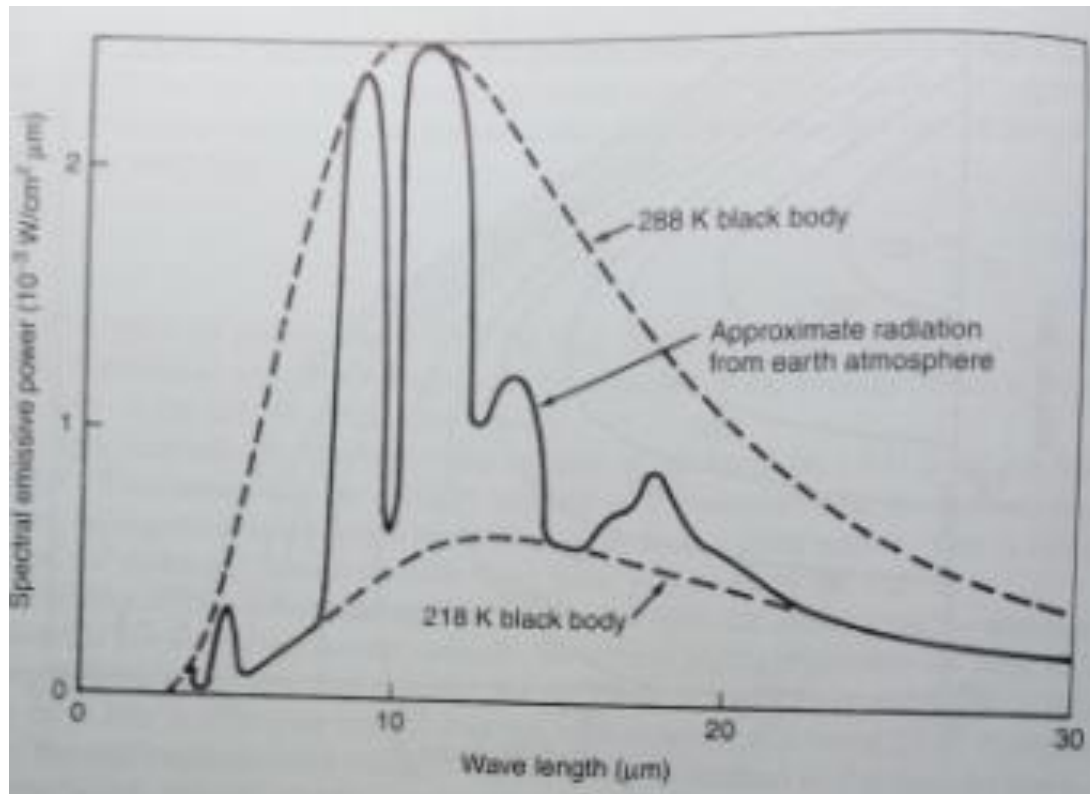
Radiação Planetária

Radiação planetária

Todos os planetas
irradiam calor

A Terra irradia ondas
I.V. entre 2 e 50 μ m

pico entre 10 μ m

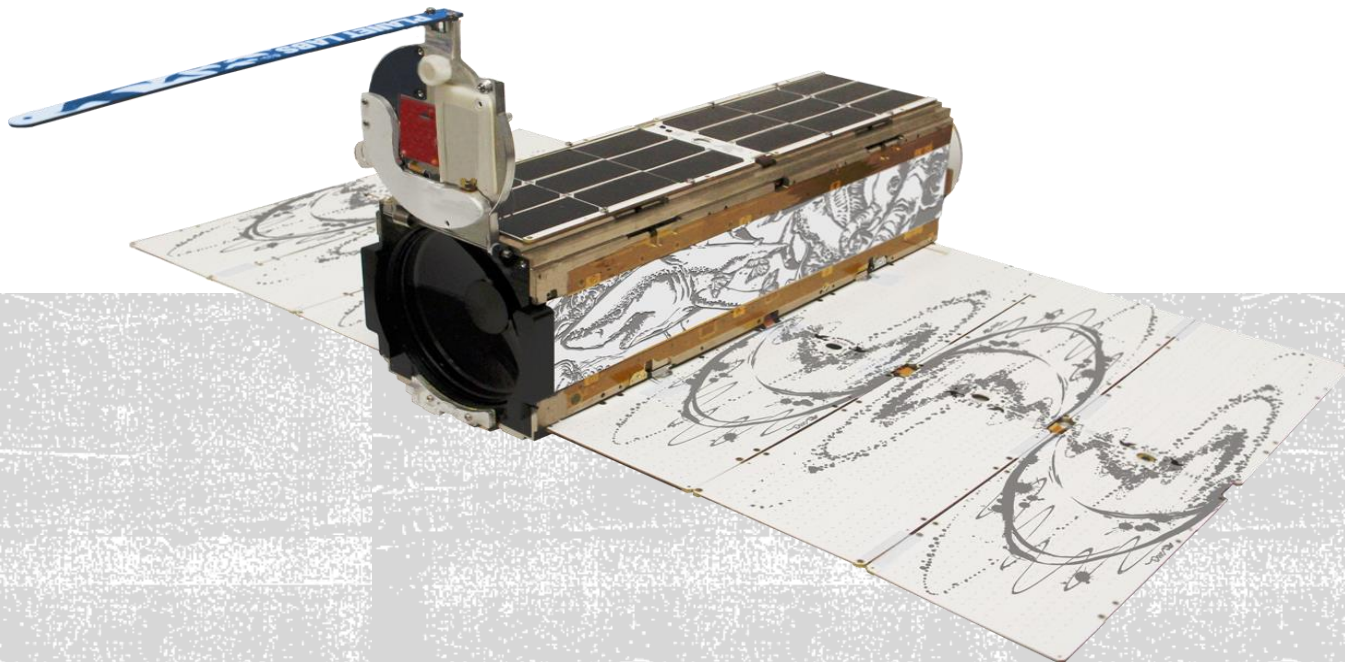


$$J_p = 237 \left(\frac{R_t}{R_o} \right)^2$$

R_T = Raio da Terra
 R_o = raio da orbita.



BALANÇO TÉRMICO



Balanço Térmico

$$J_{irrad} = J_e + J_i$$

J_e = Calor recebido do ambiente (J_e)

J_i = Calor produzido internamente

J_{irrad} = a irradiação ao espaço

$$J_e = J_s + J_a + J_p$$

J_s = intensidade da radiação solar (w/m^2)

F = fator de visibilidade (km^{-1})

a = Altura (km)



Balanço Térmico

$$J_e = J_s + J_a + J_p$$

$$J_s = \frac{P}{4\pi d^2}$$

J_s = intensidade da radiação solar

d = distância do Sol

P = Potência Total do Sol ($3,856 \times 10^{26} \text{W}$)

$$J_a = J_s a F$$

J_s = intensidade da radiação solar (w/m^2)

F = fator de visibilidade (km^{-1})

a = Altura (km)

$$J_p = 237 \left(\frac{R_t}{R_o} \right)^2$$

R_t = Raio da Terra

R_o = raio da orbita.





AGORA VAMOS FAZER DO JEITO FÁCIL?



O QUE NÓS VIMOS HOJE?





Muito obrigado!!!

Equipe CTEE – 2017

- Christopher Shneider Cerqueira;
- Daniel Alessandro Nono;
- Eduardo Escobar Bürger;
- Gabriel Torres de Jesus;
- Gledson Hernandez Diniz;
- Jeanne Samara dos Santos Lima;
- Renata Lopes Gonçalves de Souza;
- Lázaro Aparecido Pires de Camargo;
- Wagner Frederico Cesar Mahler;



inpe-ctee.blogspot.com.br

inpe.ctee@gmail.com

