



Meteorologia Básica I

A Estrutura Vertical da Atmosfera

Prof. Reinaldo Haas
Universidade Federal de Santa
Catarina - UFSC

Altitude (km)

Meteorologia Básica: A Estrutura Vertical da Atmosfera

Uma jornada espacial da superfície ao espaço sideral.



Prof. Reinaldo Haas,
Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC)

Como dividimos o céu? As Três Lentes da Atmosfera

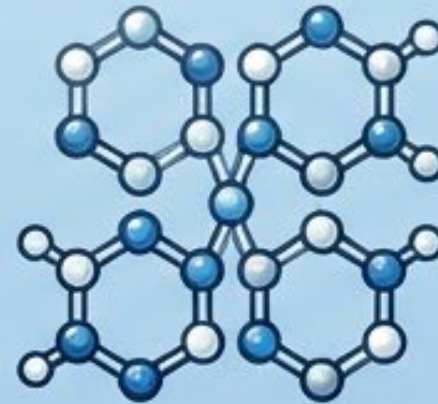
Um perfil vertical da atmosfera revela que ela não é um bloco único de ar. Dependendo da lente científica utilizada, a atmosfera divide-se em diferentes arquiteturas.

Atmospheric Elevator Axis



Temperatura

Como a temperatura varia com a altitude (Troposfera a Termosfera).



Composição Gasosa

Como os gases estão distribuídos e misturados ao longo do espaço.



Propriedades Elétricas

Como a radiação solar eletrifica partículas na alta atmosfera.

0 km

Como dividimos o céu? As Três Lentes da Atmosfera

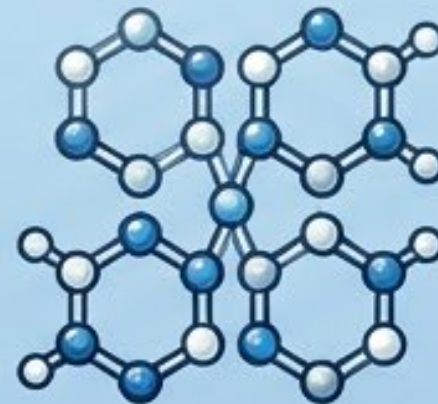
Um perfil vertical da atmosfera revela que ela não é um bloco único de ar. Dependendo da lente científica utilizada, a atmosfera divide-se em diferentes arquiteturas.

Atmospheric Elevator Axis



Temperatura

Como a temperatura varia com a altitude (Troposfera a Termosfera).



Composição Gasosa

Como os gases estão distribuídos e misturados ao longo do espaço.



Propriedades Elétricas

Como a radiação solar eletrifica partículas na alta atmosfera.

0 km

O Fundamento Físico: Gravidade, Compressão e Densidade

Atmospheric Elevator Axis

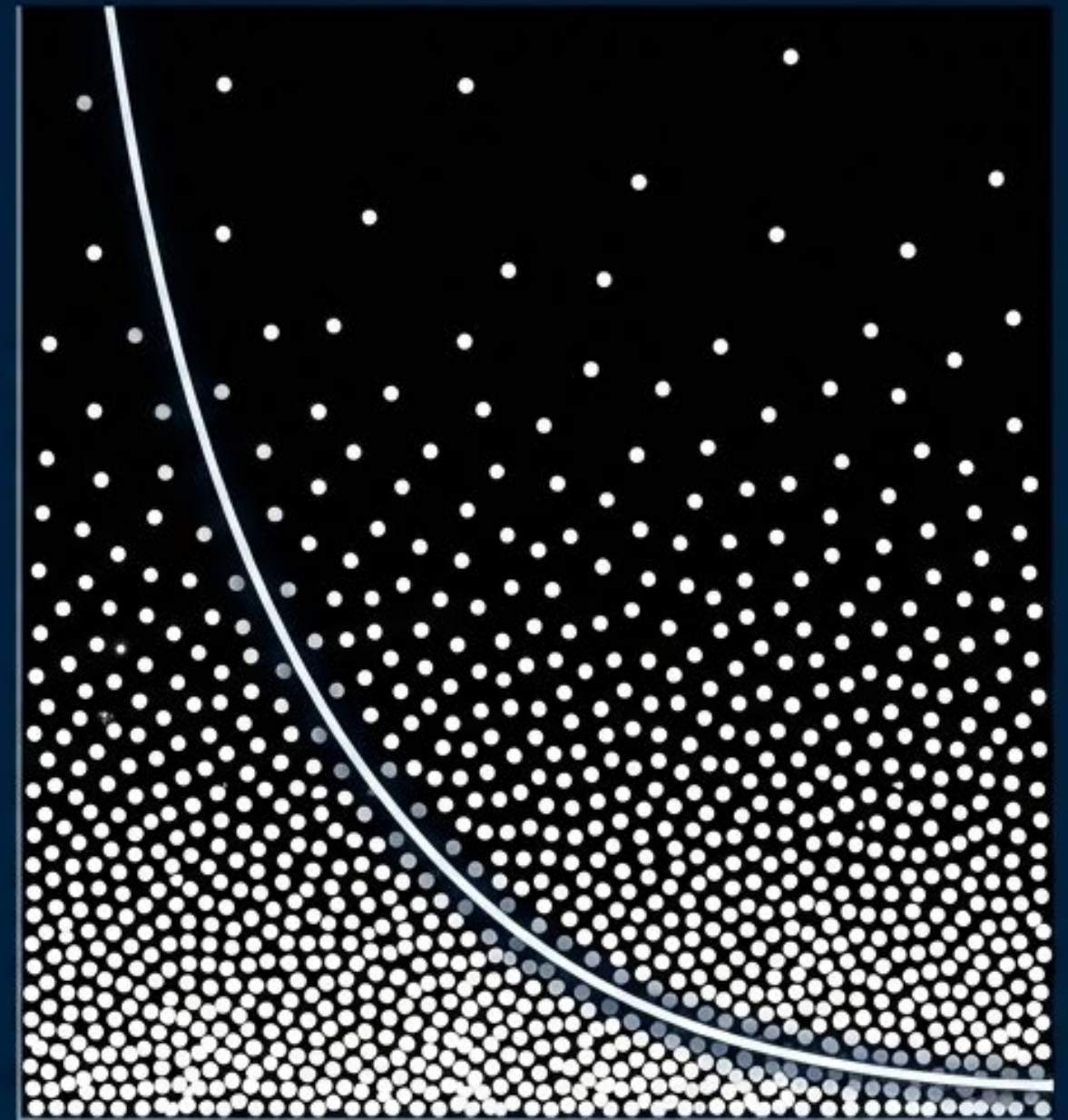
0 km

Compressão: O acúmulo de moléculas cria um peso esmagador sobre as camadas camadas inferiores.

Efeito da Gravidade: A maior parte das moléculas é puxada para a superfície. As colisões chegam a 10 bilhões por segundo.

Densidade = Massa / Volume

Molecular Packing Metaphor



O Fundamento Físico: Gravidade, Compressão e Densidade

Atmospheric Elevator Axis

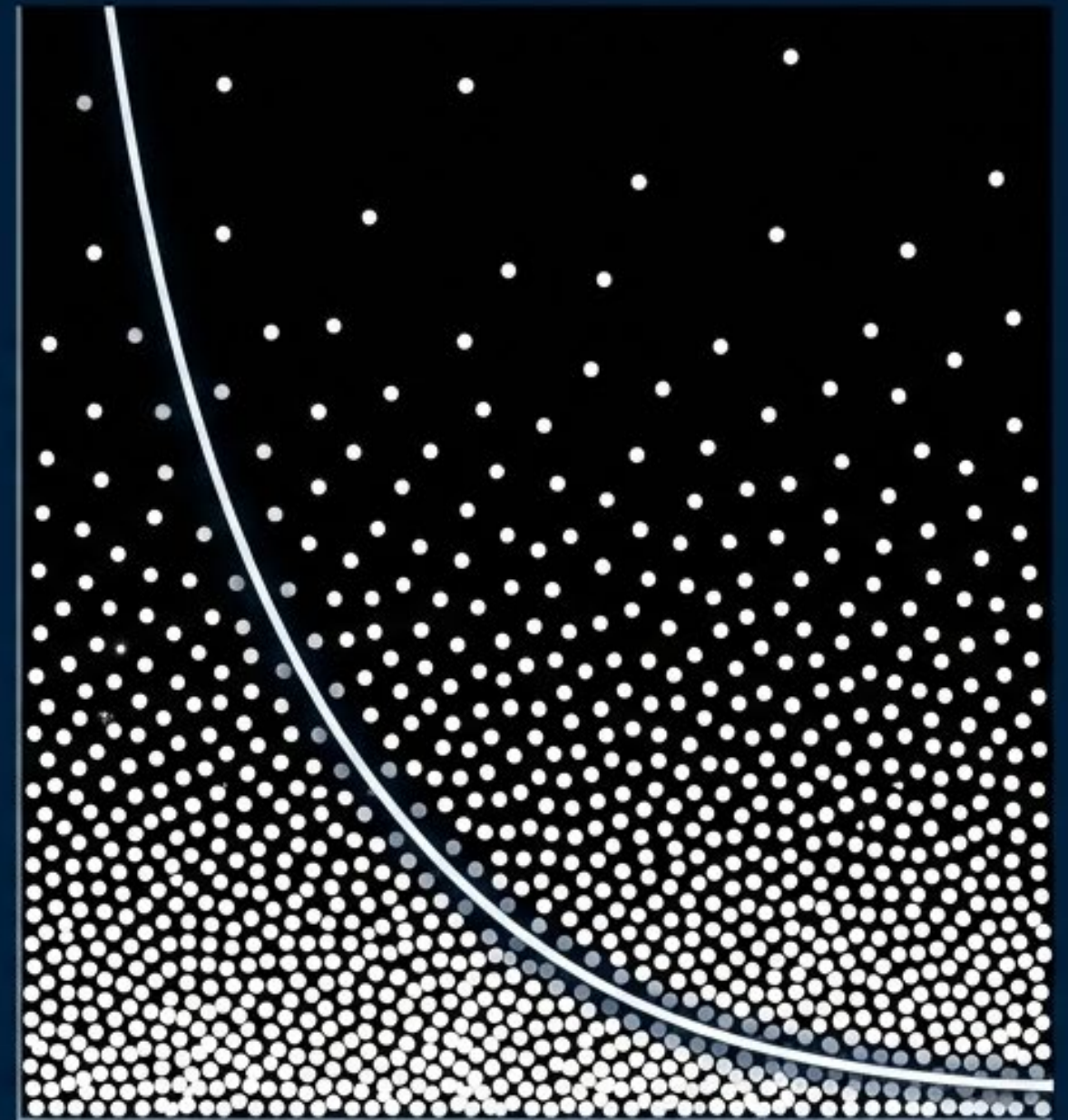
0 km

Compressão: O acúmulo de moléculas cria um peso esmagador sobre as camadas camadas inferiores.

Efeito da Gravidade: A maior parte das moléculas é puxada para a superfície. As colisões chegam a 10 bilhões por segundo.

Densidade = Massa / Volume

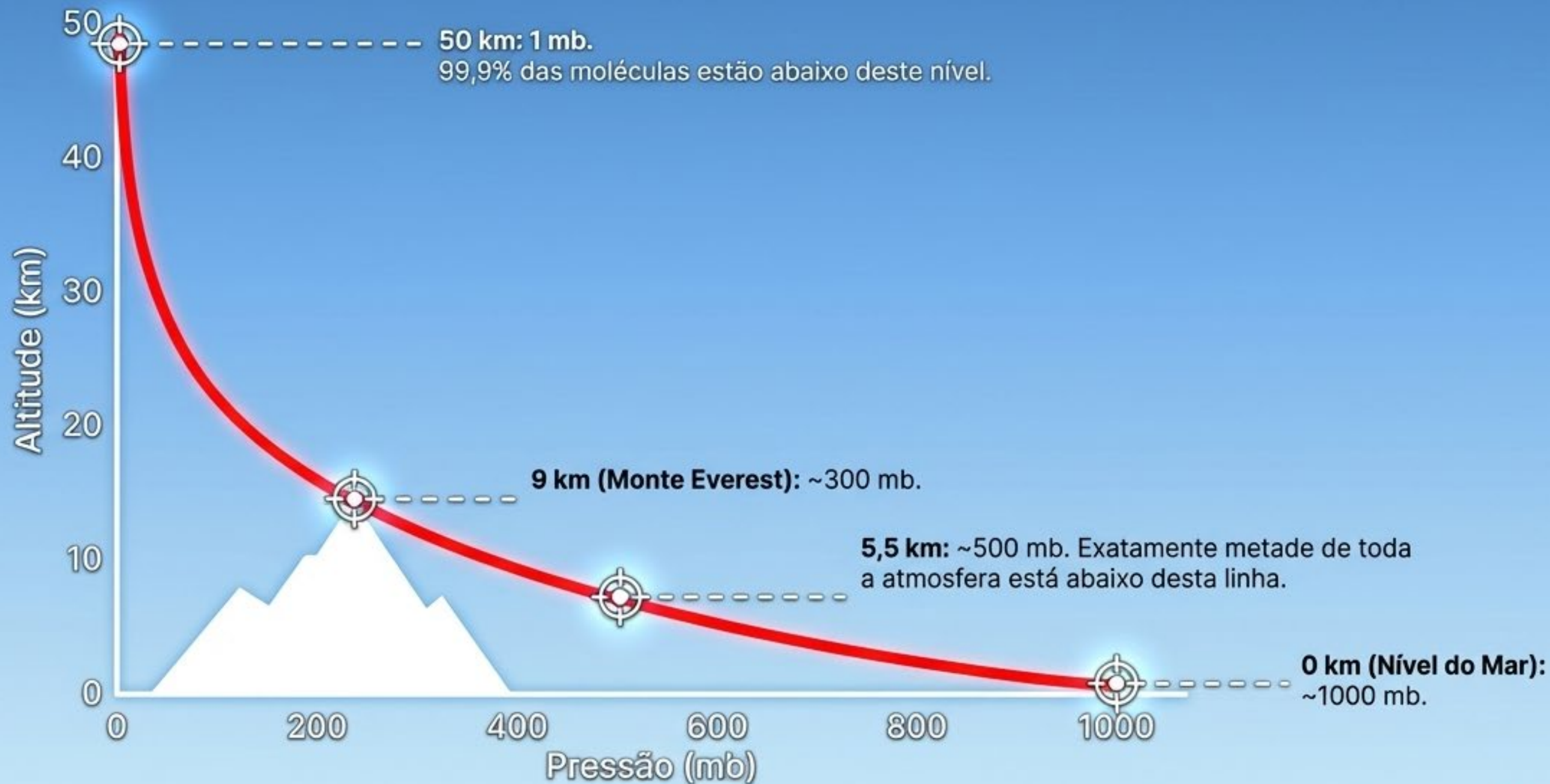
Molecular Packing Metaphor



A Curva de Pressão Atmosférica

A pressão decai rapidamente nos primeiros quilômetros e, em seguida, estabiliza de forma não-linear.

Atmospheric Elevator Axis



A Curva de Pressão Atmosférica

A pressão decai rapidamente nos primeiros quilômetros e, em seguida, estabiliza de forma não-linear.

Atmospheric Elevator Axis



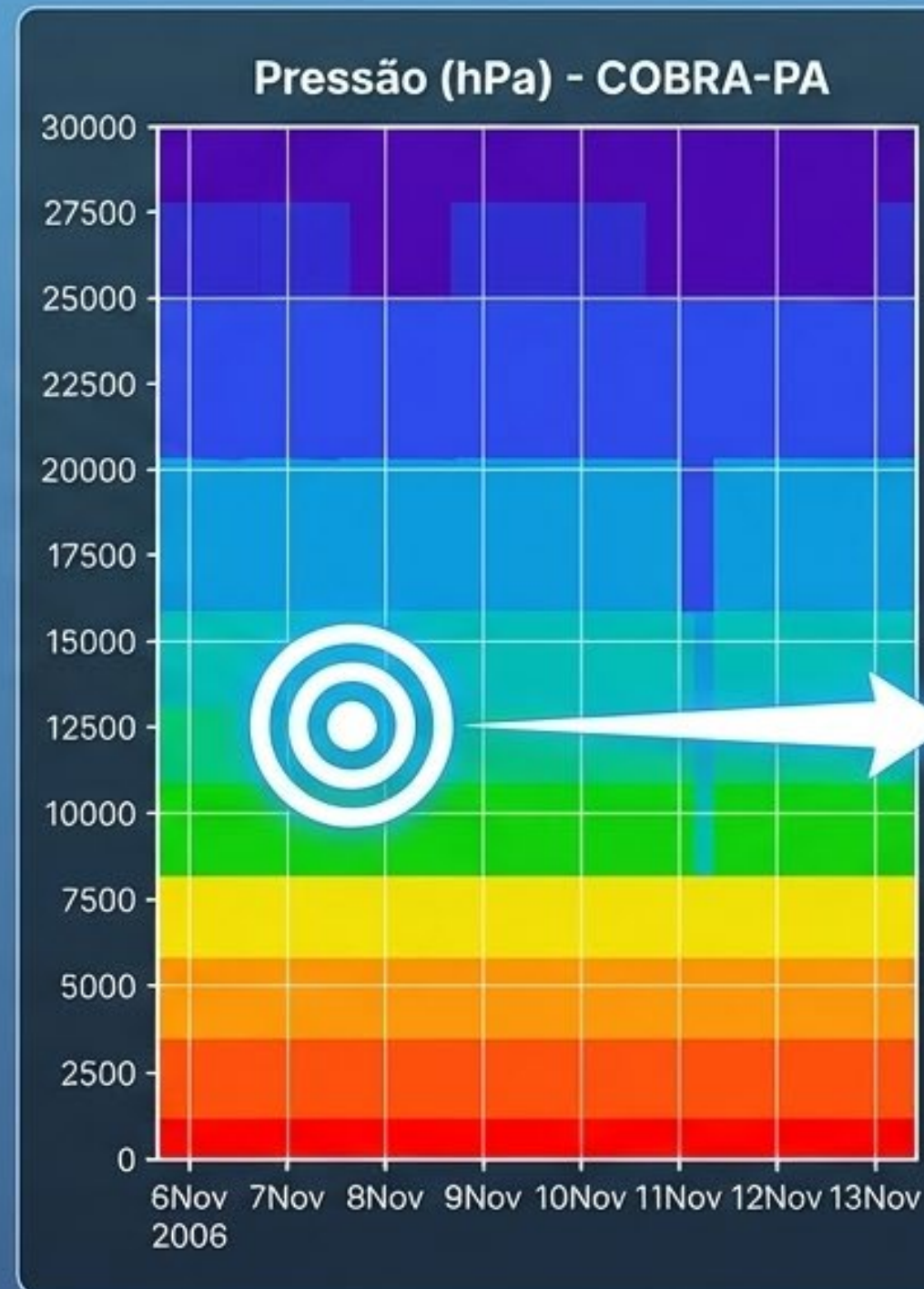
Comprovação Prática: Radiossondagens na Amazônia

Atmospheric Elevator Axis

12 km



Medição Real: Balões meteorológicos coletam dados físicos diretos de pressão e temperatura enquanto sobem pela atmosfera.



Dados de Caxiuanã (Pará):

A pressão desaba para apenas 200 hPa a uma altitude de 12 km, confirmando o decaimento não-linear na prática.

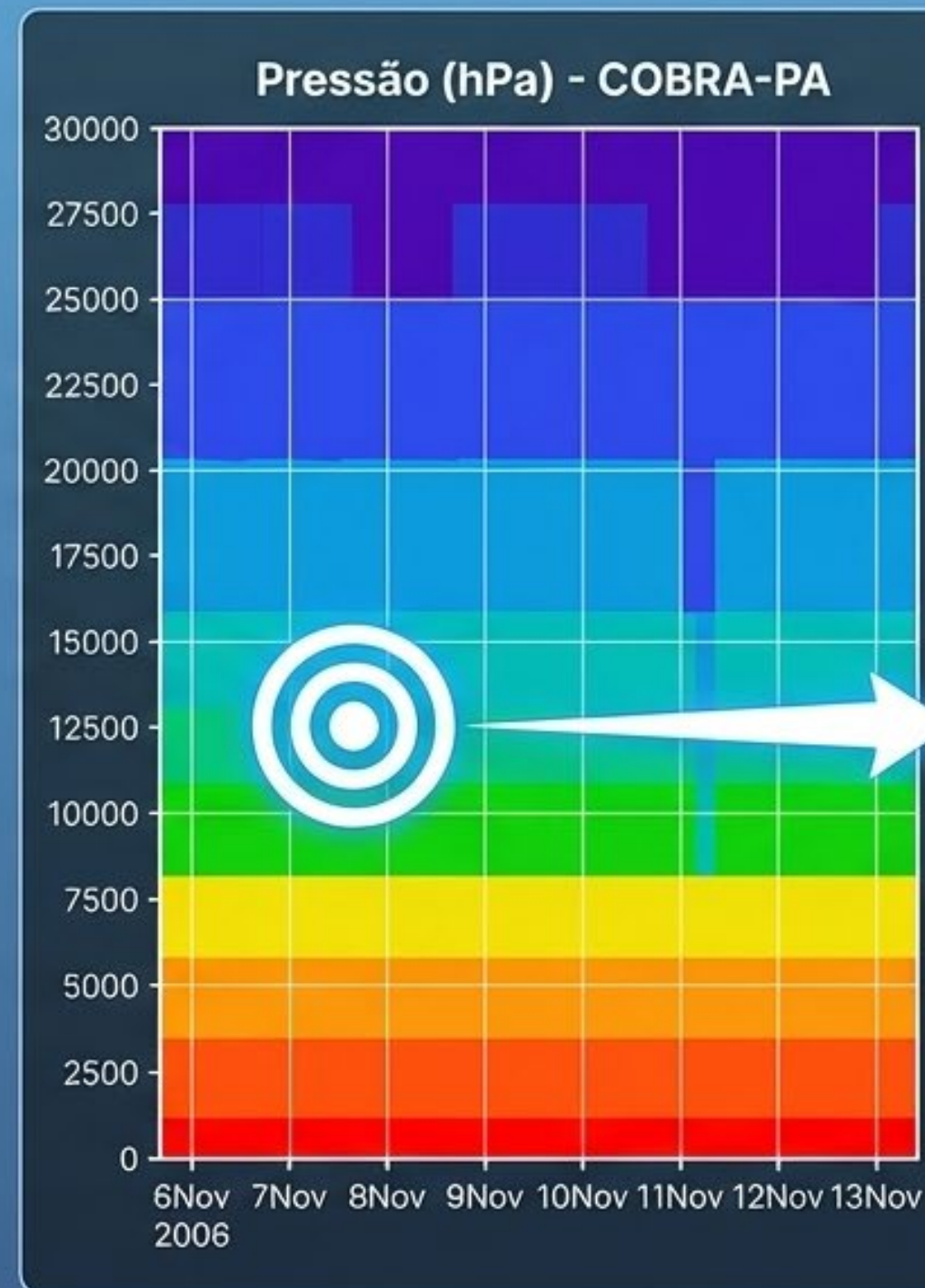
Comprovação Prática: Radiossondagens na Amazônia

Atmospheric Elevator Axis

12 km



Medição Real: Balões meteorológicos coletam dados físicos diretos de pressão e temperatura enquanto sobem pela atmosfera.



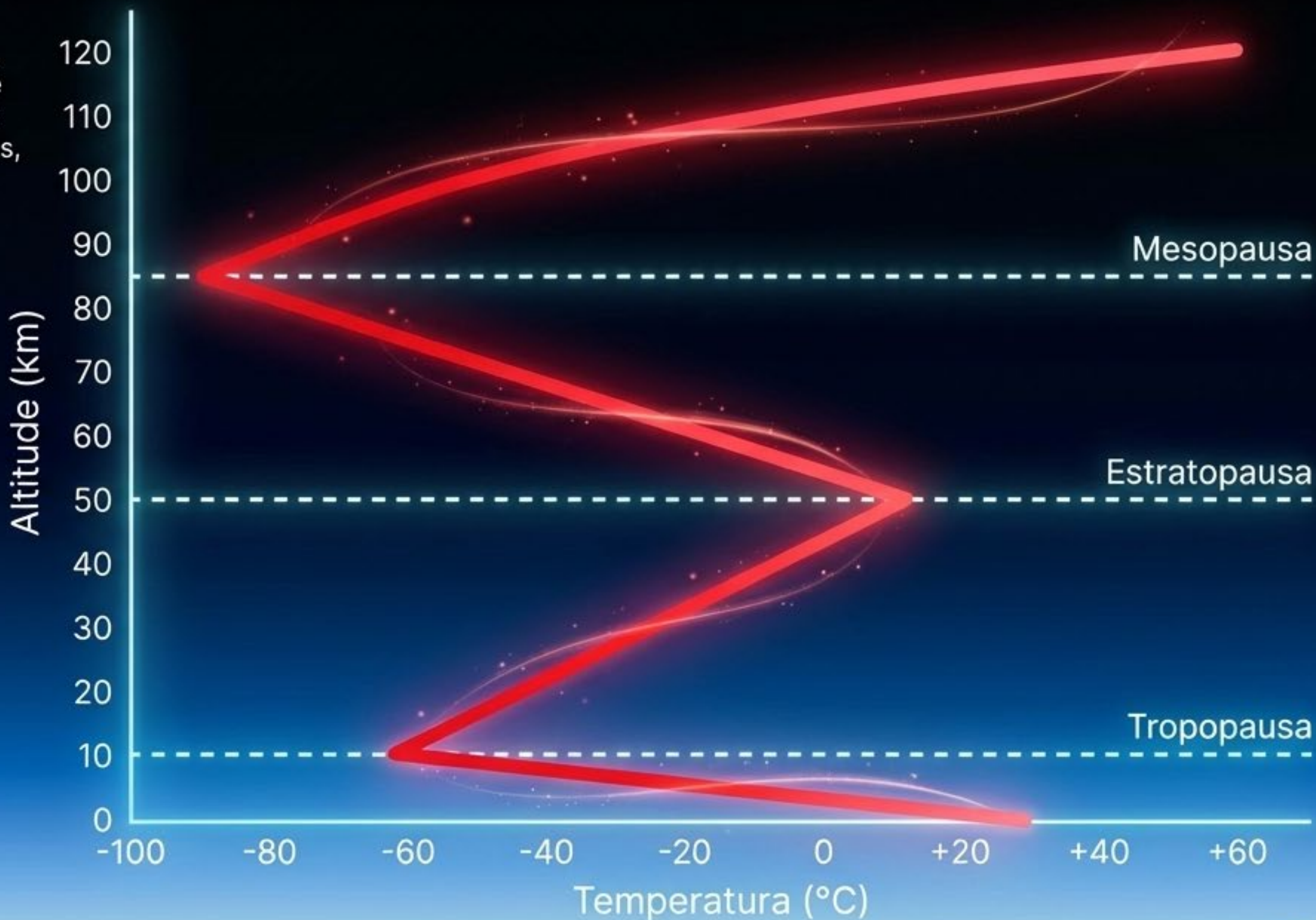
Dados de Caxiuanã (Pará):

A pressão desaba para apenas 200 hPa a uma altitude de 12 km, confirmando o decaimento não-linear na prática.

O Perfil Térmico: O Ziguezague da Temperatura

Atmospheric Elevator Axis

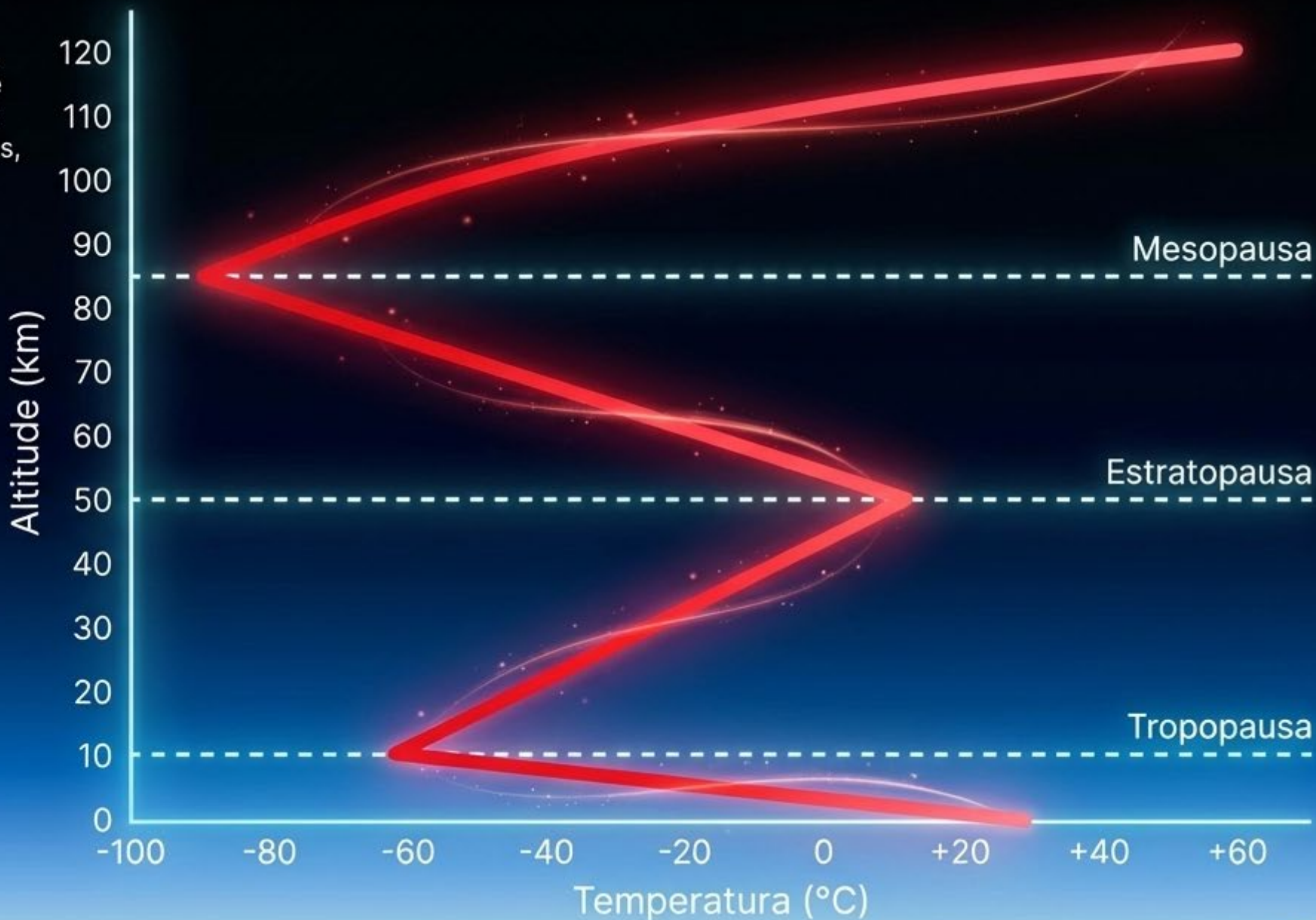
Body callout:
Diferente da pressão, a temperatura inverte de direção três vezes à medida que subimos, moldando as quatro grandes camadas térmicas.



O Perfil Térmico: O Ziguezague da Temperatura

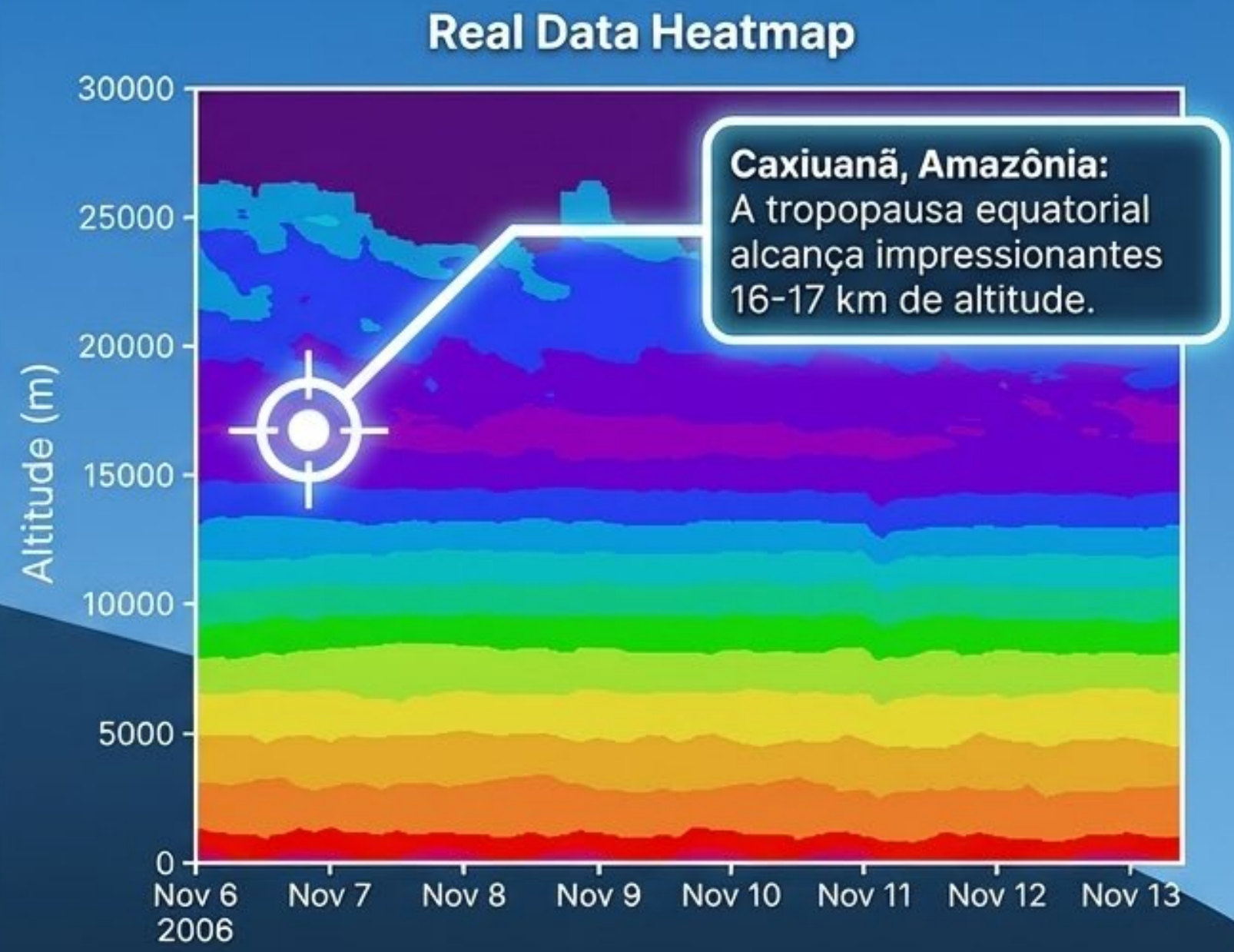
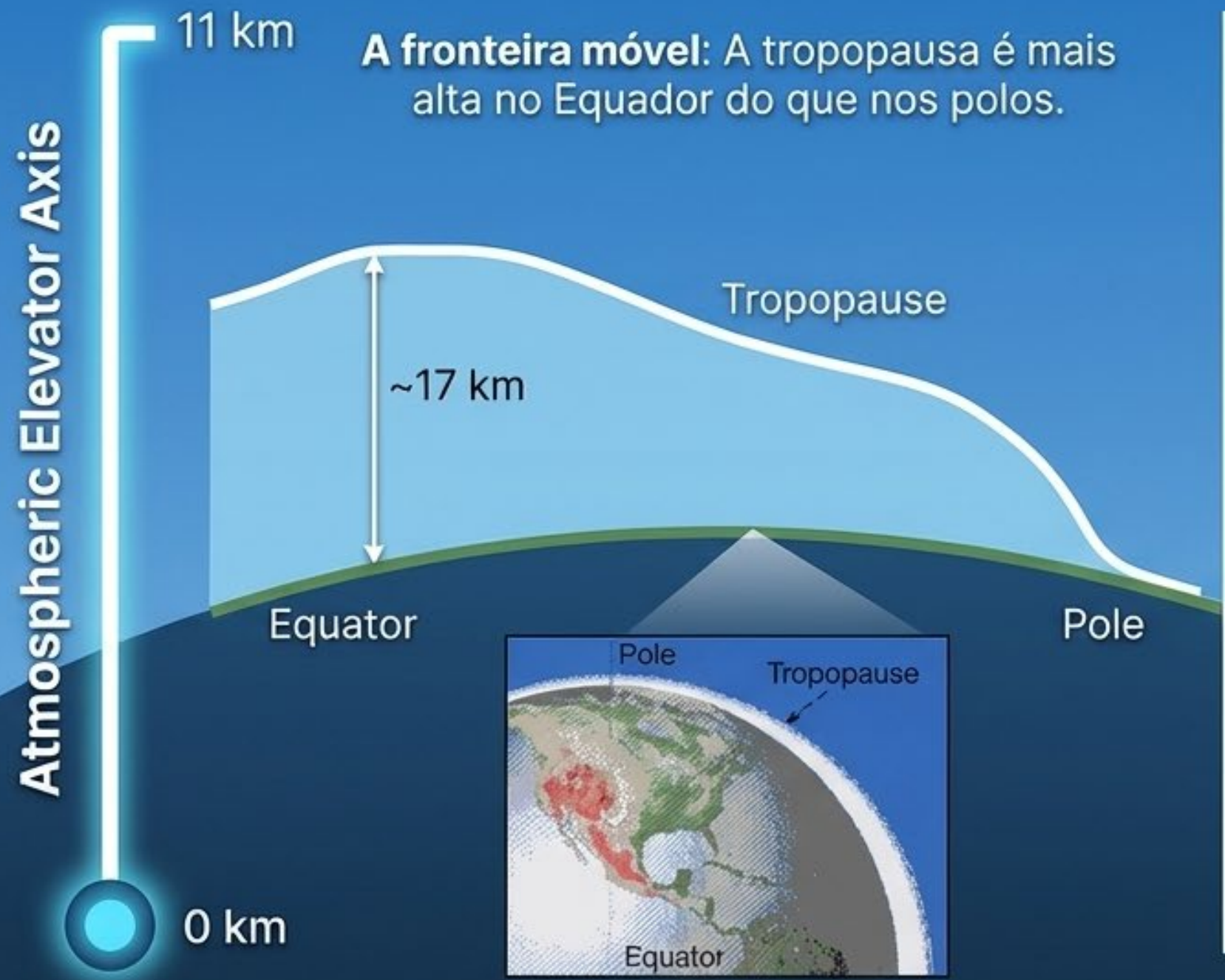
Atmospheric Elevator Axis

Body callout:
Diferente da pressão, a temperatura inverte de direção três vezes à medida que subimos, moldando as quatro grandes camadas térmicas.



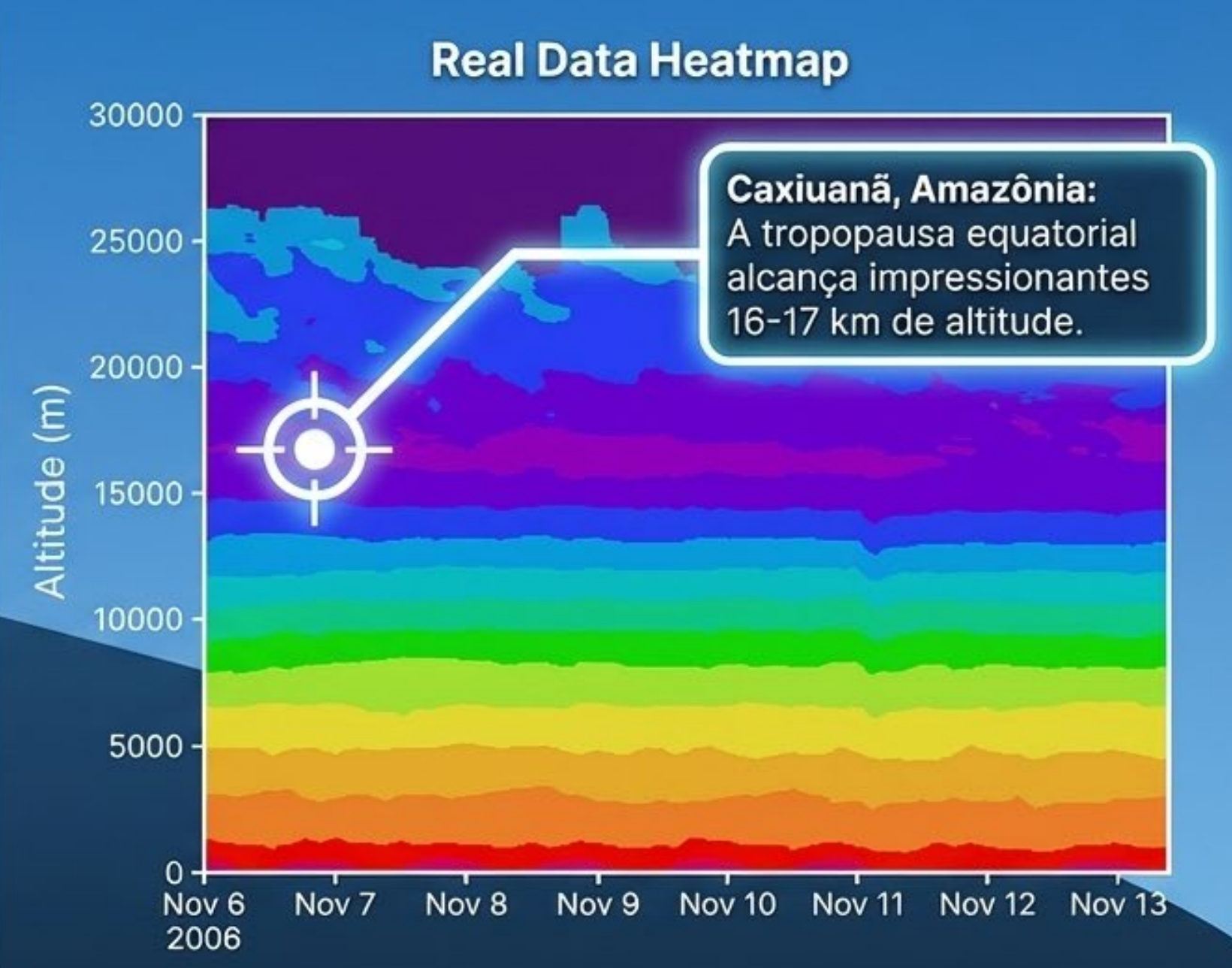
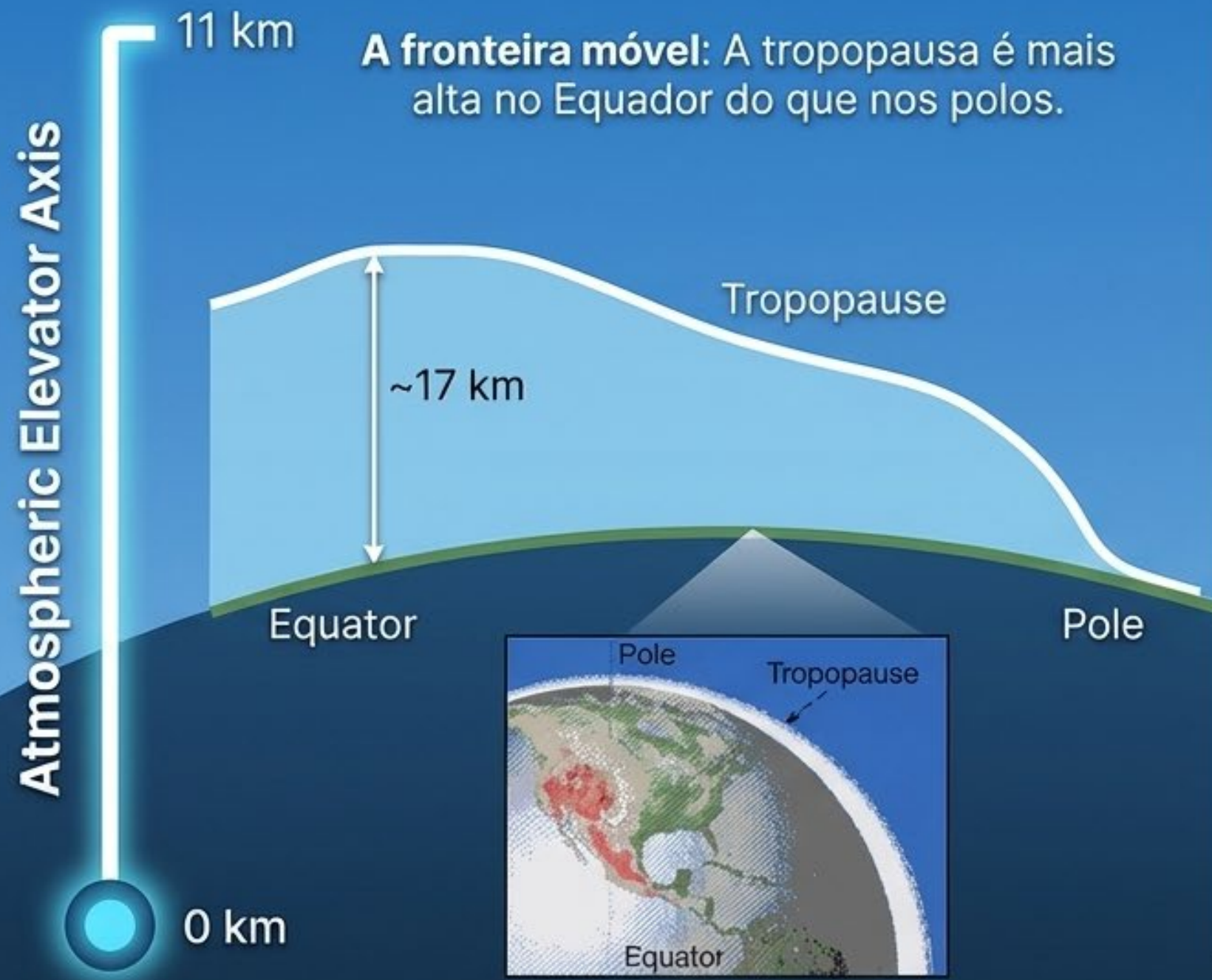
Troposfera: Onde o Clima Acontece (0 a ~11 km)

Contém a maior parte dos eventos climáticos. A temperatura cai 6,5°C a cada 1000m por conta do distanciamento da superfície aquecida.



Troposfera: Onde o Clima Acontece (0 a ~11 km)

Contém a maior parte dos eventos climáticos. A temperatura cai 6,5°C a cada 1000m por conta do distanciamento da superfície aquecida.



Estratosfera: O Escudo de Ozônio (~11 a 50 km)

Atmospheric Elevator Axis

120 km
110 km
100 km
90 km
80 km
70 km
60 km
50 km
40 km
30 km
20 km
11 km
0 km

Stratosphere

A Inversão Térmica



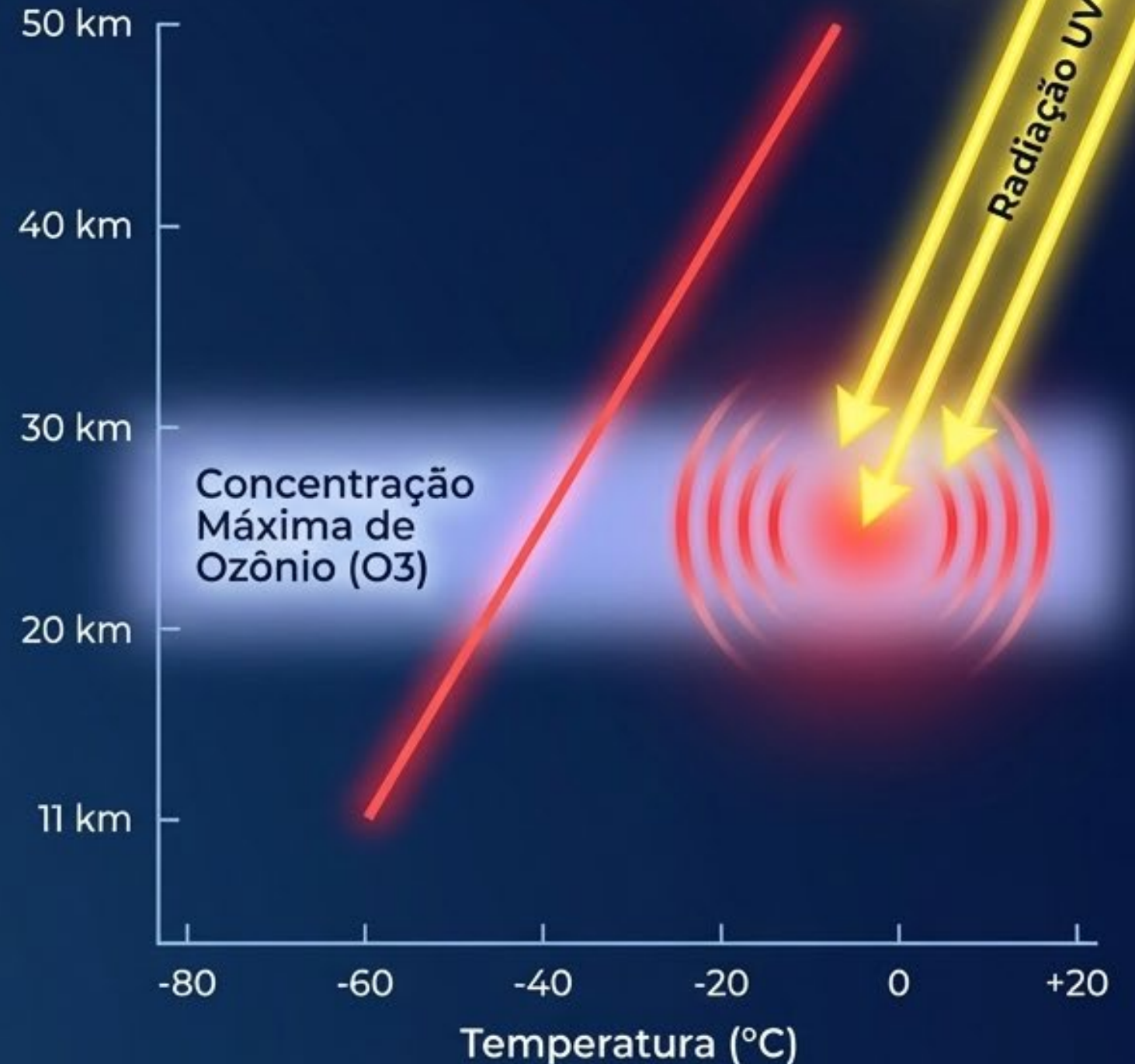
- O declínio de temperatura cessa e o ar começa a aquecer (até -46°C).



- **O Mecanismo:** O gás ozônio absorve a radiação ultravioleta letal.



- **O Resultado:** A energia absorvida atua como um aquecedor interno, estabilizando o ar e impedindo a formação de tempestades verticais.



Estratosfera: O Escudo de Ozônio (~11 a 50 km)

Atmospheric Elevator Axis

120 km
110 km
100 km
90 km
80 km
70 km
60 km
50 km
40 km
30 km
20 km
11 km
0 km

Stratosphere

A Inversão Térmica



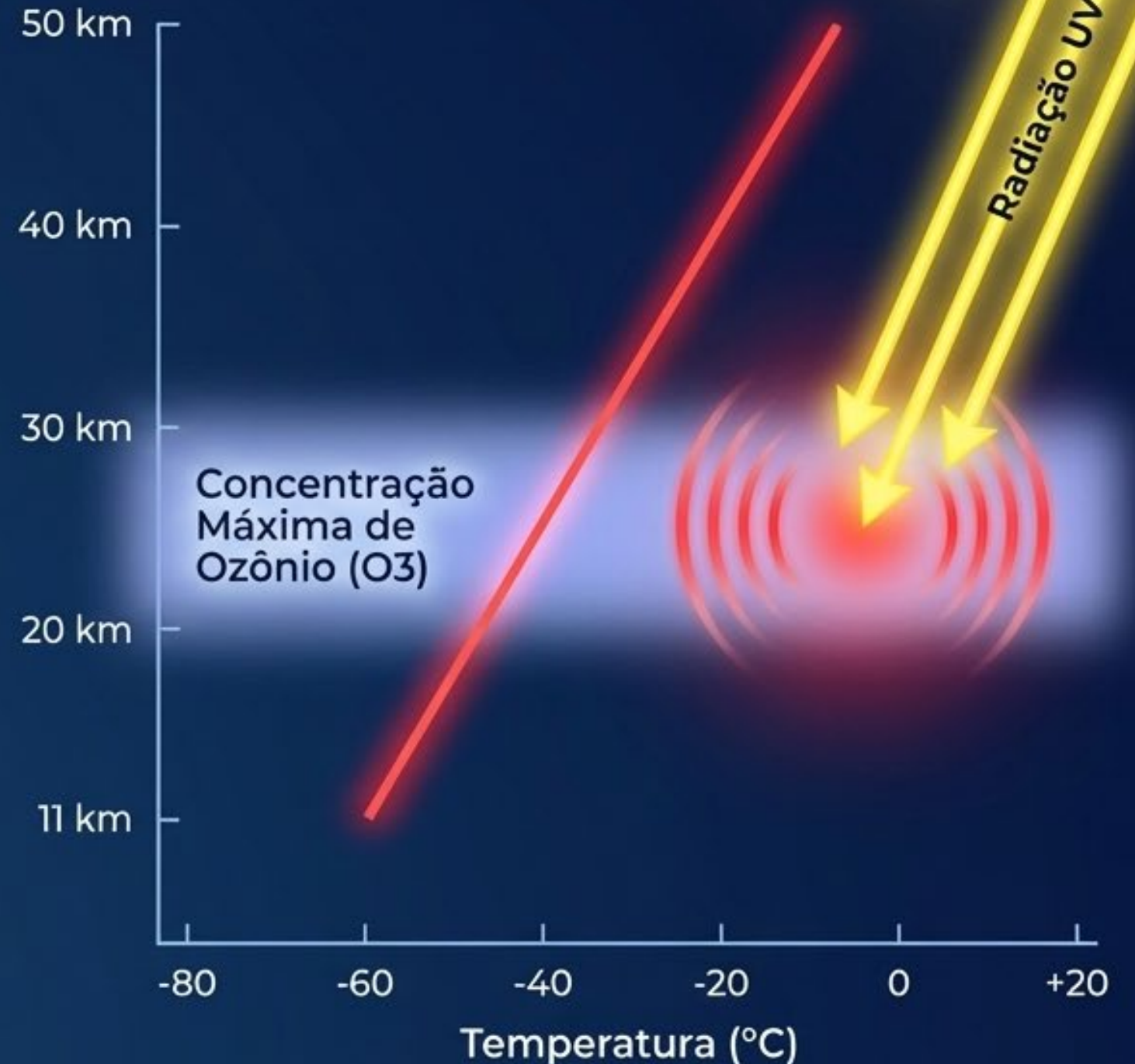
- O declínio de temperatura cessa e o ar começa a aquecer (até -46°C).



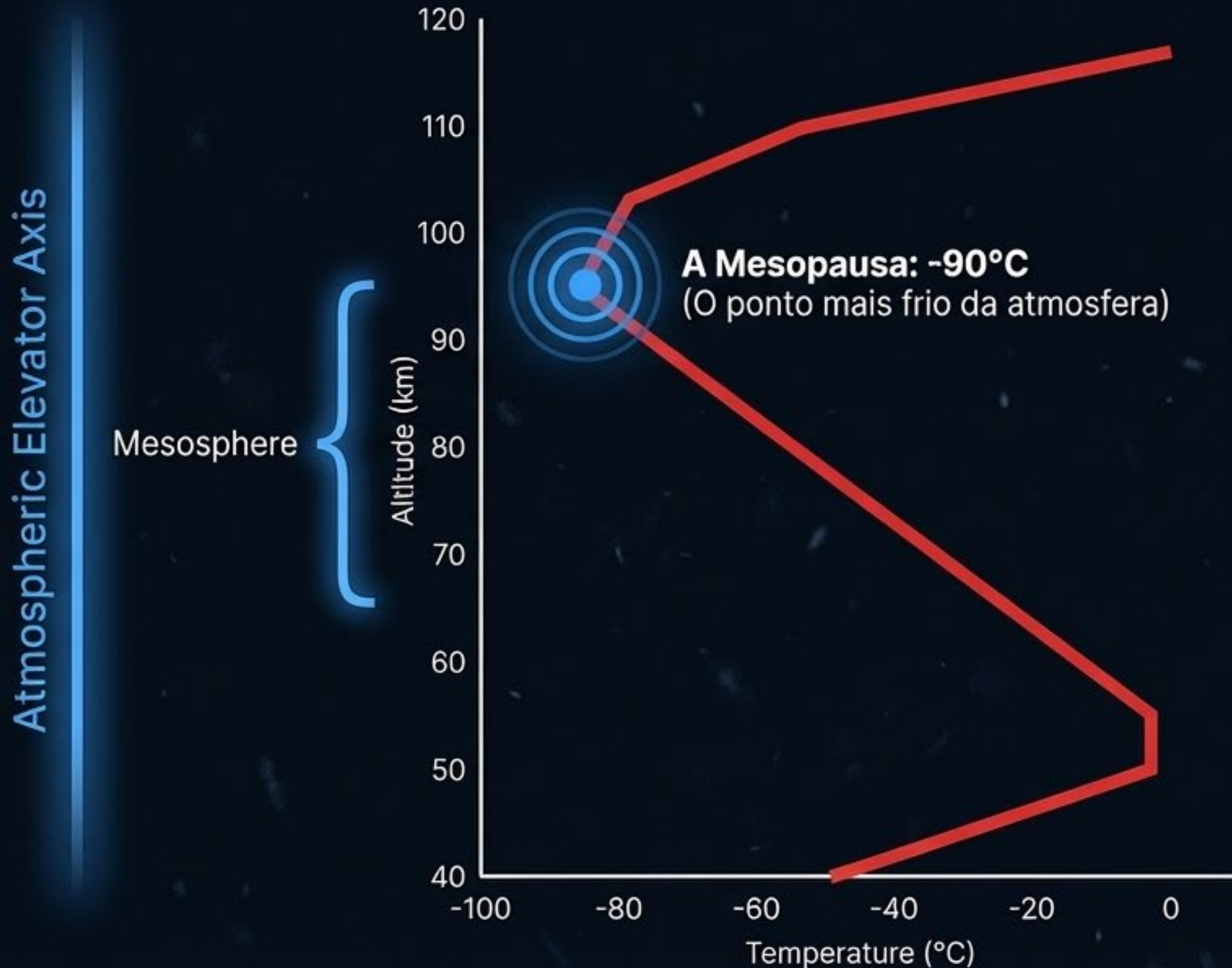
- **O Mecanismo:** O gás ozônio absorve a radiação ultravioleta letal.



- **O Resultado:** A energia absorvida atua como um aquecedor interno, estabilizando o ar e impedindo a formação de tempestades verticais.



Mesosfera: Frio Extremo e Ar Rarefeito (50 a 85 km)

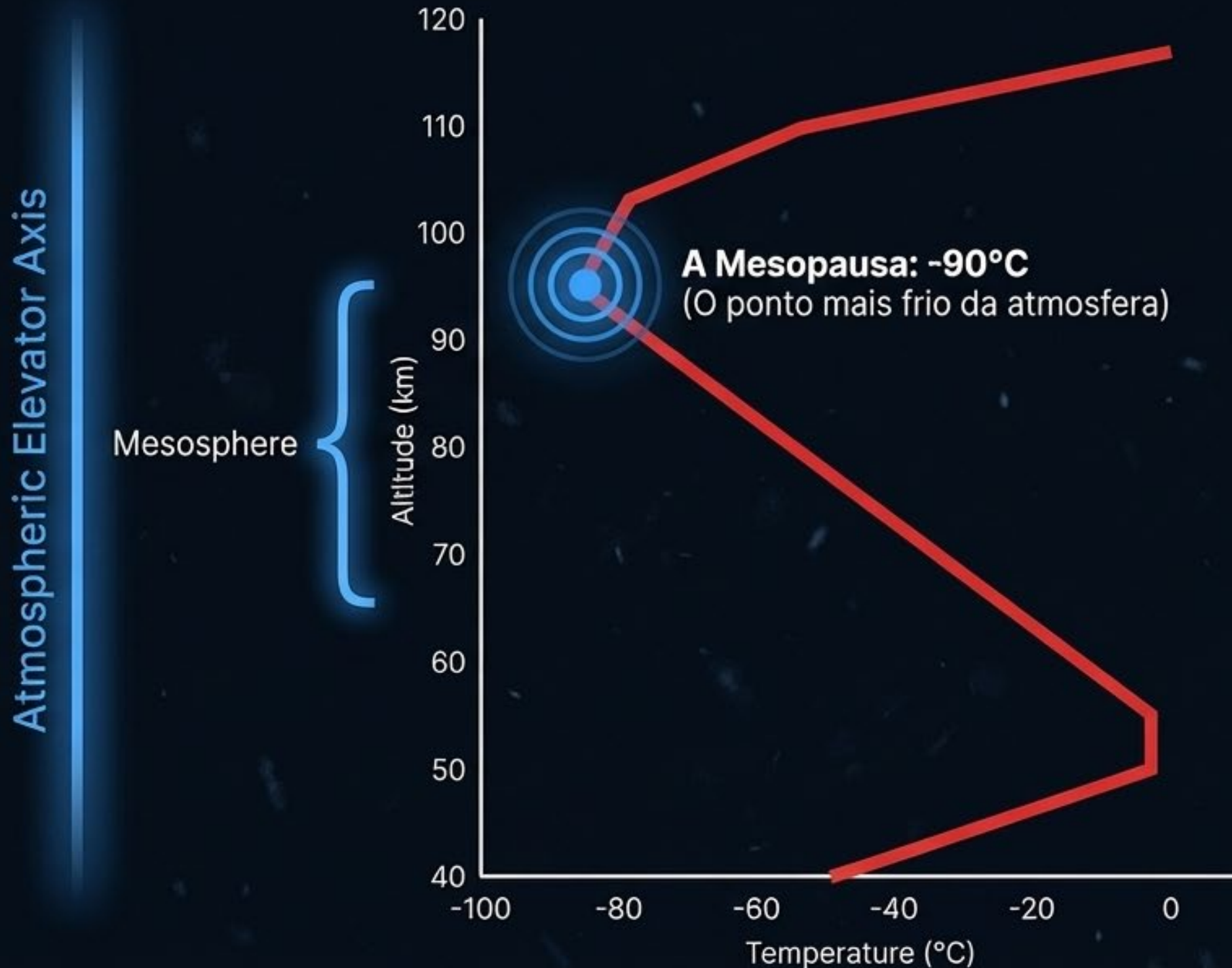


Ameaça Biológica: Ar Rarefeito



A pressão na base é de apenas 1 mb. Sem oxigênio denso e sem ozônio para reter calor, as moléculas perdem energia rapidamente. A respiração humana é absolutamente impossível.

Mesosfera: Frio Extremo e Ar Rarefeito (50 a 85 km)



Ameaça Biológica: Ar Rarefeito



A pressão na base é de apenas 1 mb. Sem oxigênio denso e sem ozônio para reter calor, as moléculas perdem energia rapidamente. A respiração humana é absolutamente impossível.

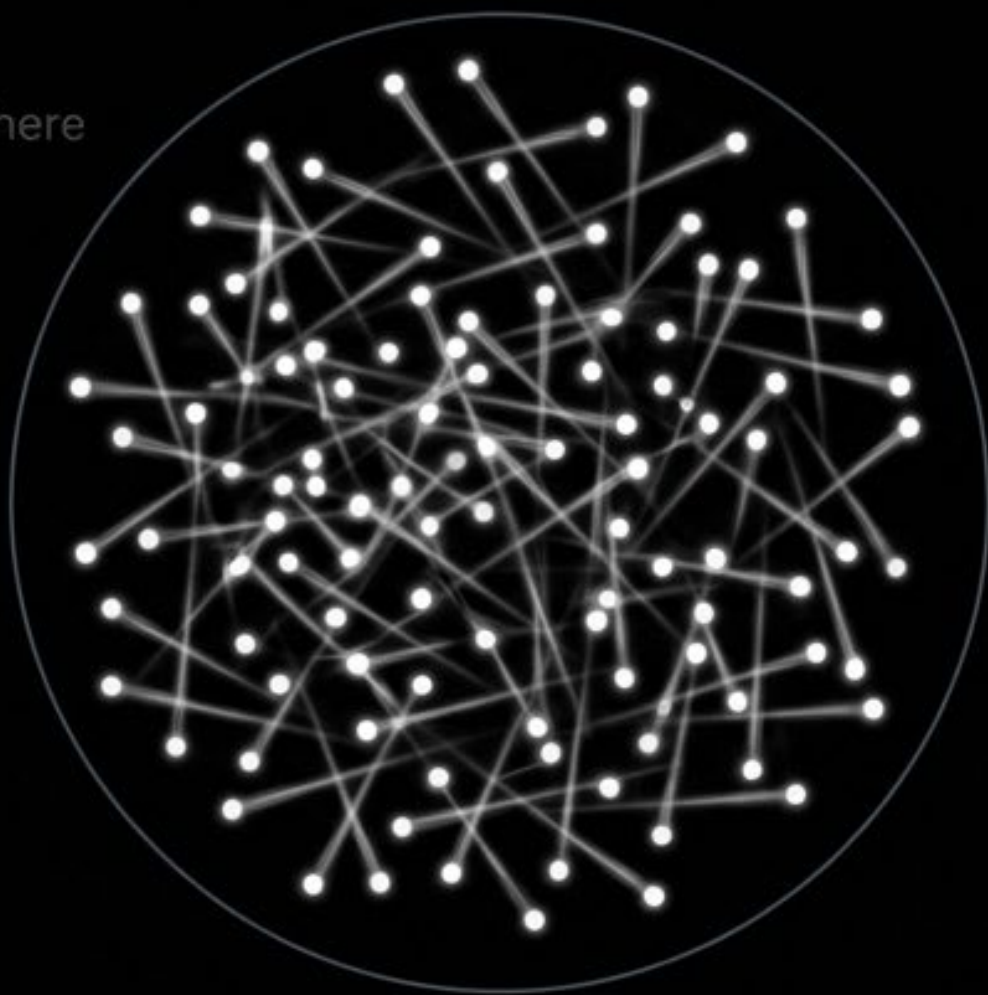
Termosfera e Exosfera: A Fornalha Solar (>85 km)

Exosphere

O Paradoxo Térmico: A temperatura é altíssima devido à radiação solar direta, mas o ar é tão rarefeito que **não queima a pele.**

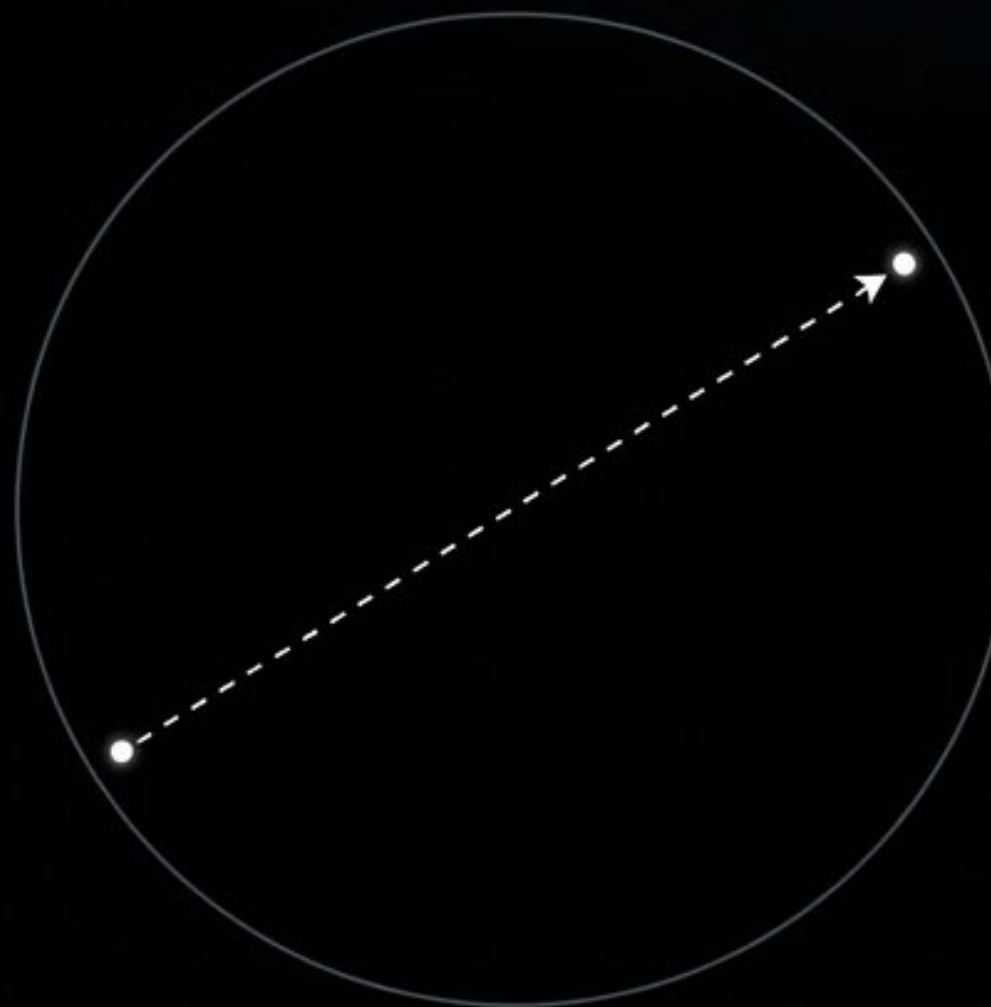
Thermosphere

85 km



Superfície

Colisões a cada milionésimo de centímetro.



Termosfera

Uma molécula viaja 1 km antes de colidir com outra.

- Palco das **Auroras Boreais e Austrais.**
- **Arrasto Atmosférico:** O atrito deforma a órbita de satélites.
- **Exosfera (>500km):** Fronteira final onde o ar escapa da gravidade.

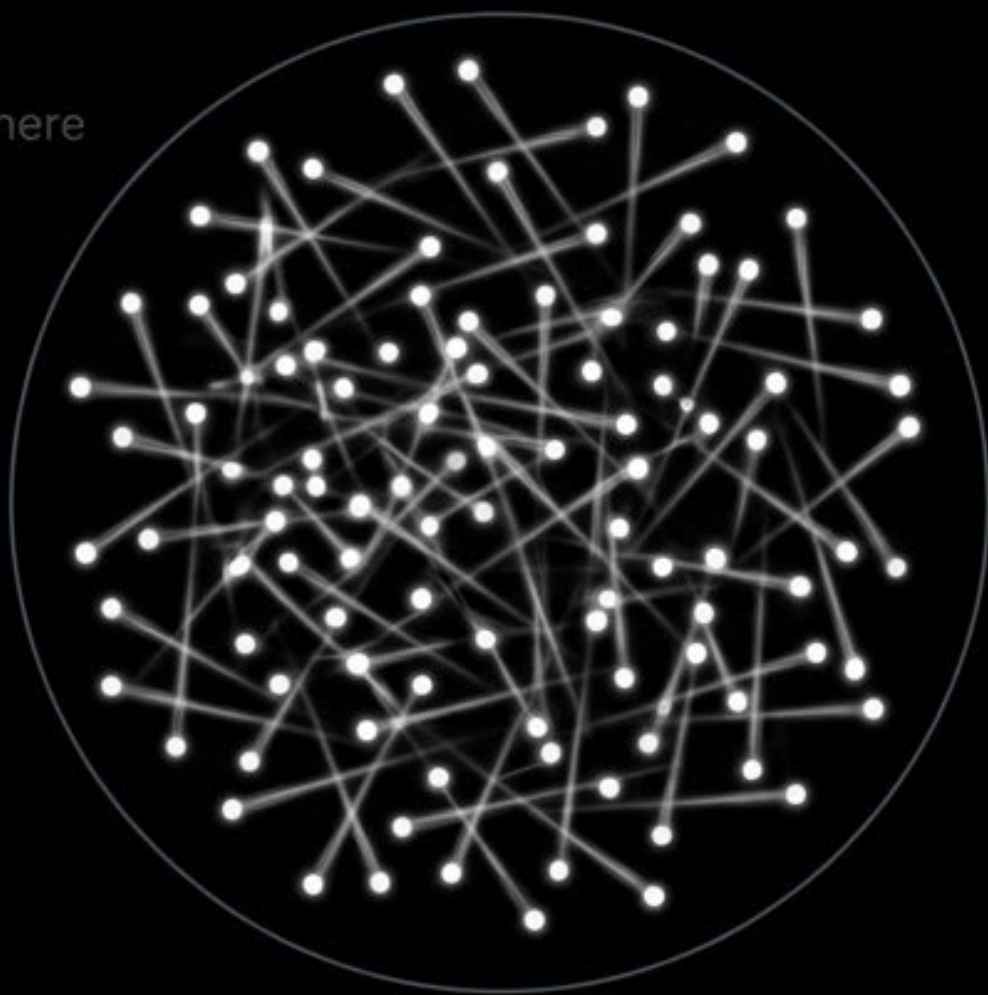
Termosfera e Exosfera: A Fornalha Solar (>85 km)

Exosphere

O Paradoxo Térmico: A temperatura é altíssima devido à radiação solar direta, mas o ar é tão rarefeito que **não queima a pele**.

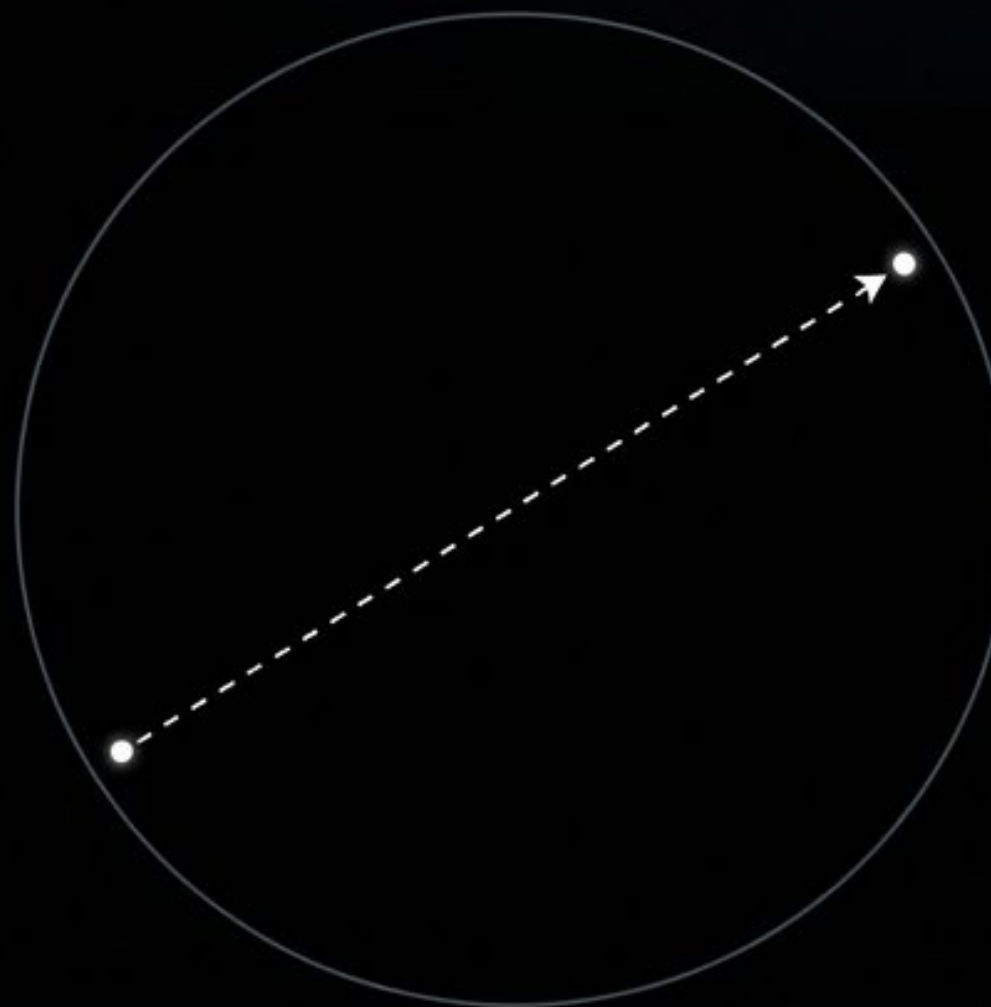
Thermosphere

85 km



Superfície

Colisões a cada milionésimo de centímetro.



Termosfera

Uma molécula viaja 1 km antes de colidir com outra.

- Palco das **Auroras Boreais e Austrais**.
- **Arrasto Atmosférico:** O atrito deforma a órbita de satélites.
- **Exosfera (>500km):** Fronteira final onde o ar escapa da gravidade.

Matriz Diagnóstica: O Perfil Térmico

100+ km

Camada	Altitude	Temperatura	Mecanismo Dominante	Característica Chave
Troposfera	0 a 11 km	Diminui (↓)	Aquecimento da superfície terrestre	Clima e tempo meteorológico
Estratosfera	11 a 50 km	Aumenta (↑)	Absorção UV pelo gás Ozônio	Inversão térmica bloqueadora
Mesosfera	50 a 85 km	Diminui (↓)	Perda drástica de energia radiativa	Ponto mais frio (-90°C)
Termosfera	Acima de 85 km	Aumenta (↑)	Absorção de raios solares diretos	Auroras e arrasto orbital

Atmospheric Elevator Axis

75

50

25

0

Matriz Diagnóstica: O Perfil Térmico

100+ km

Camada	Altitude	Temperatura	Mecanismo Dominante	Característica Chave
Troposfera	0 a 11 km	Diminui (↓)	Aquecimento da superfície terrestre	Clima e tempo meteorológico
Estratosfera	11 a 50 km	Aumenta (↑)	Absorção UV pelo gás Ozônio	Inversão térmica bloqueadora
Mesosfera	50 a 85 km	Diminui (↓)	Perda drástica de energia radiativa	Ponto mais frio (-90°C)
Termosfera	Acima de 85 km	Aumenta (↑)	Absorção de raios solares diretos	Auroras e arrasto orbital

Atmospheric Elevator Axis

75

50

25

0

Matriz Diagnóstica: O Perfil Térmico

100+ km

Camada	Altitude	Temperatura	Mecanismo Dominante	Característica Chave
Troposfera	0 a 11 km	Diminui (↓)	Aquecimento da superfície terrestre	Clima e tempo meteorológico
Estratosfera	11 a 50 km	Aumenta (↑)	Absorção UV pelo gás Ozônio	Inversão térmica bloqueadora
Mesosfera	50 a 85 km	Diminui (↓)	Perda drástica de energia radiativa	Ponto mais frio (-90°C)
Termosfera	Acima de 85 km	Aumenta (↑)	Absorção de raios solares diretos	Auroras e arrasto orbital

Atmospheric Elevator Axis

75

50

25

0

A Lente da Composição: Mistura vs. Estratificação

Se ignorarmos a temperatura e focarmos apenas na química, a atmosfera divide-se em duas grandes zonas.

Atmospheric Elevator Axis

Exosphere

Mesosphere

Stratosphere

Troposphere

A Homosfera (O Liquidificador)



Dos 0 km aos 85 km. Os gases estão perfeitamente misturados pelas correntes de ar. A proporção de Nitrogênio (78%) e Oxigênio (21%) é constante em qualquer ponto.

Exosphere

Thermosphere

A Heterosfera (O Bolo de Camadas)



Acima de 85 km. A gravidade vence os ventos. Átomos pesados (Oxigênio, Nitrogênio) assentam no fundo, enquanto os leves (Hidrogênio, Hélio) flutuam no topo.

A Lente da Composição: Mistura vs. Estratificação

Se ignorarmos a temperatura e focarmos apenas na química, a atmosfera divide-se em duas grandes zonas.

Atmospheric Elevator Axis

Exosphere

Mesosphere

Stratosphere

Troposphere

A Homosfera (O Liquidificador)



Dos 0 km aos 85 km. Os gases estão perfeitamente misturados pelas correntes de ar. A proporção de Nitrogênio (78%) e Oxigênio (21%) é constante em qualquer ponto.

Exosphere

Thermosphere

A Heterosfera (O Bolo de Camadas)



Acima de 85 km. A gravidade vence os ventos. Átomos pesados (Oxigênio, Nitrogênio) assentam no fundo, enquanto os leves (Hidrogênio, Hélio) flutuam no topo.

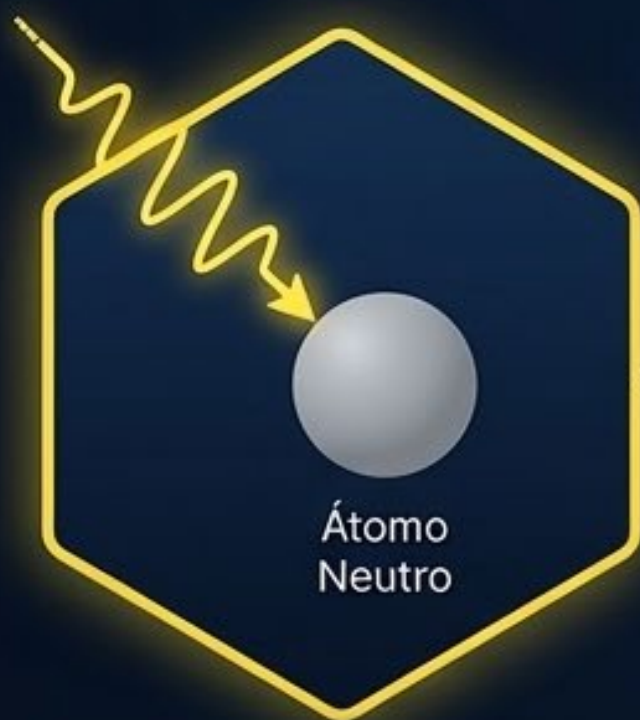
A Lente Elétrica: A Ionosfera (>60 km)

Uma região altamente eletrificada repleta de partículas carregadas.

Atmospheric Elevator Axis

100+
90km
80km
70km
60km
50km
40km
30km
20km
10km
0

Ionosfera



1. O Impacto Solar

Raios solares de altíssima energia colidem violentamente com um átomo neutro de gás.



2. A Sobrecarga

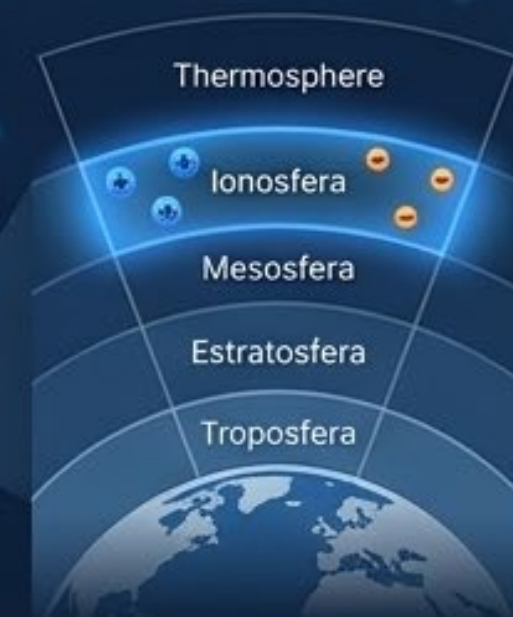
O átomo não consegue absorver o excesso de energia do impacto e se desestabiliza.



3. A Ionização

Um Elétron Livre (-) é ejetado. O que sobra é um Íon Positivo (+).

Concentração Ionosférica na Termosfera



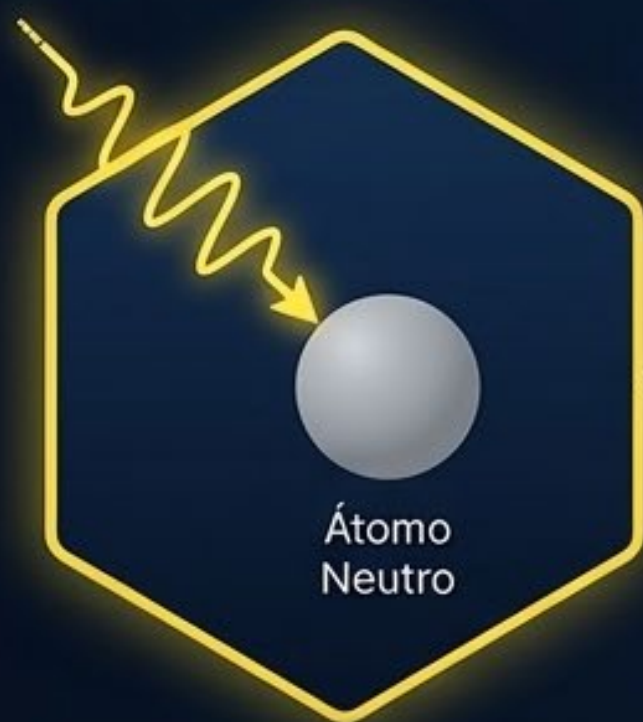
A Lente Elétrica: A Ionosfera (>60 km)

Uma região altamente eletrificada repleta de partículas carregadas.

Atmospheric Elevator Axis

100+
90km
80km
70km
60km
50km
40km
30km
20km
10km
0

Ionosfera



1. O Impacto Solar

Raios solares de altíssima energia colidem violentamente com um átomo neutro de gás.



2. A Sobrecarga

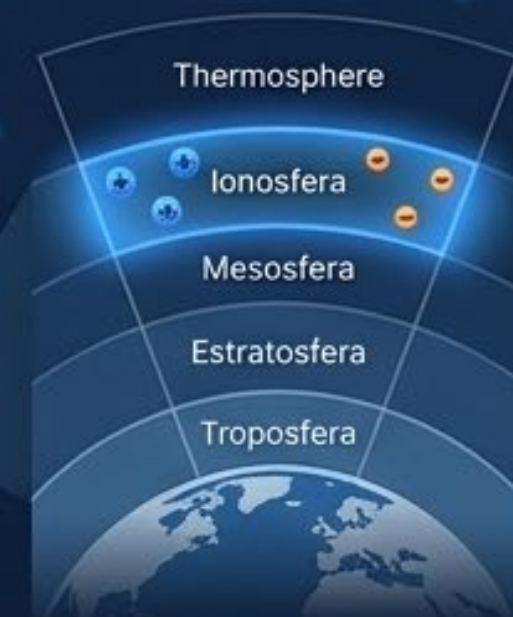
O átomo não consegue absorver o excesso de energia do impacto e se desestabiliza.



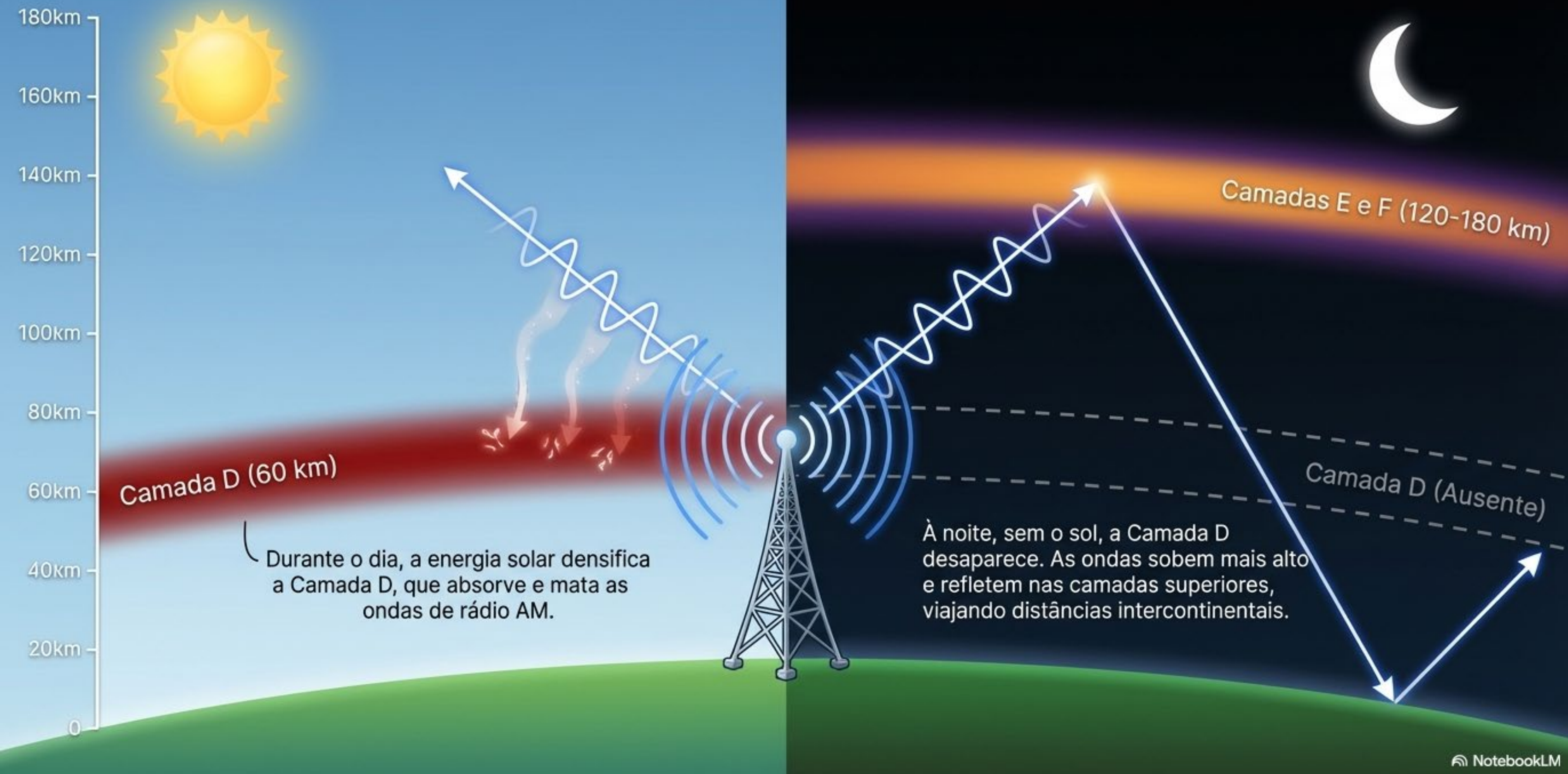
3. A Ionização

Um Elétron Livre (-) é ejetado. O que sobra é um Íon Positivo (+).

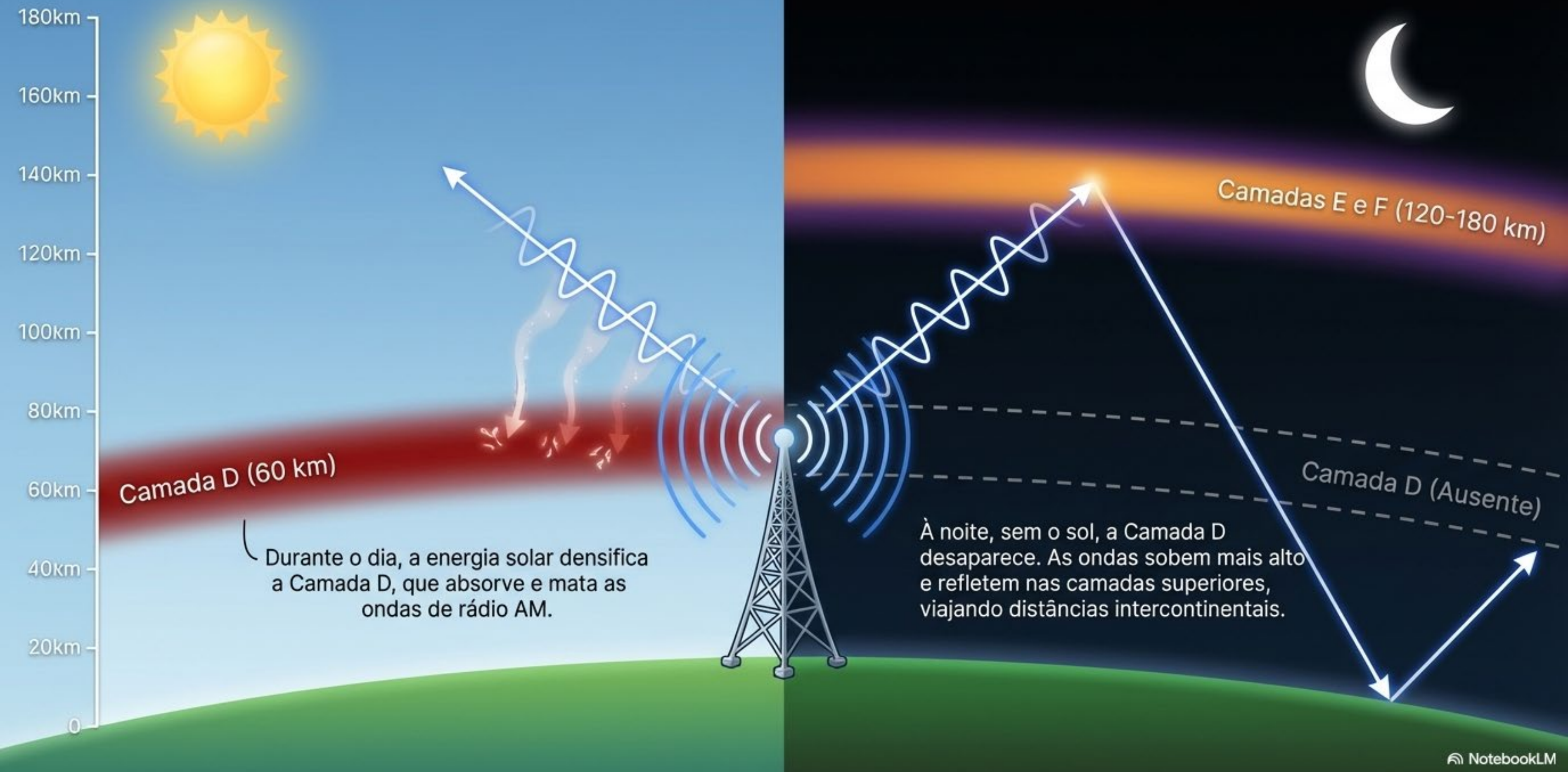
Concentração Ionosférica na Termosfera



O Espelho de Rádio: Dinâmica Dia vs. Noite na Ionosfera



O Espelho de Rádio: Dinâmica Dia vs. Noite na Ionosfera



O Mapa Mestre da Atmosfera

Três lentes científicas mapeando o exato mesmo espaço físico.



O Mapa Mestre da Atmosfera

Três lentes científicas mapeando o exato mesmo espaço físico.



