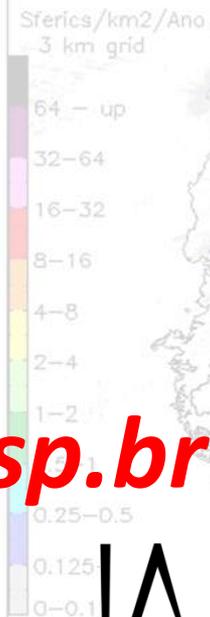
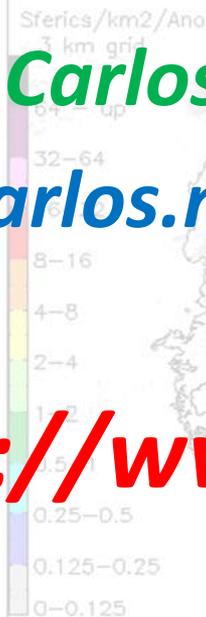


Tempestades Eléctricas: Das nuvens até o campeão mundial de raios

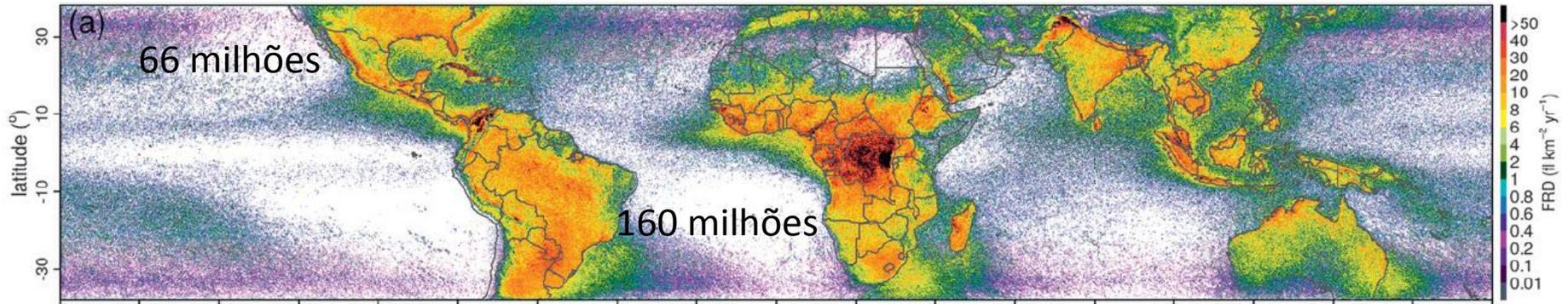
Carlos Augusto Morales

carlos.morales@iag.usp.br

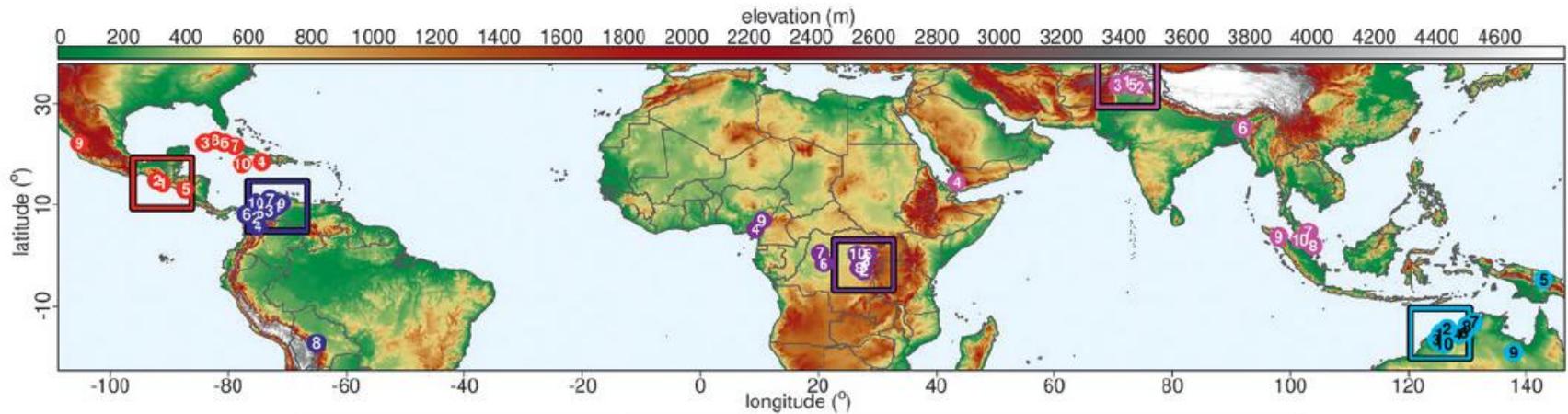
<http://www.starnet.iag.usp.br>



Densidade de Relâmpagos Total no Globo



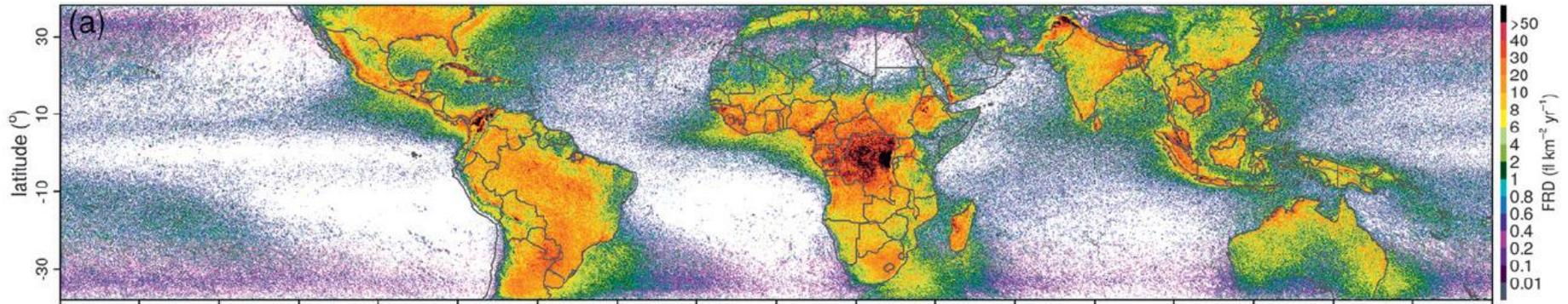
50 raios IN/segundo e 10 raios NT/segundo



WHERE ARE THE LIGHTNING HOTSPOTS ON EARTH?

BY RACHEL I. ALBRECHT, STEVEN J. GOODMAN, DENNIS E. BUECHLER,
RICHARD J. BLAKESLEE, AND HUGH J. CHRISTIAN

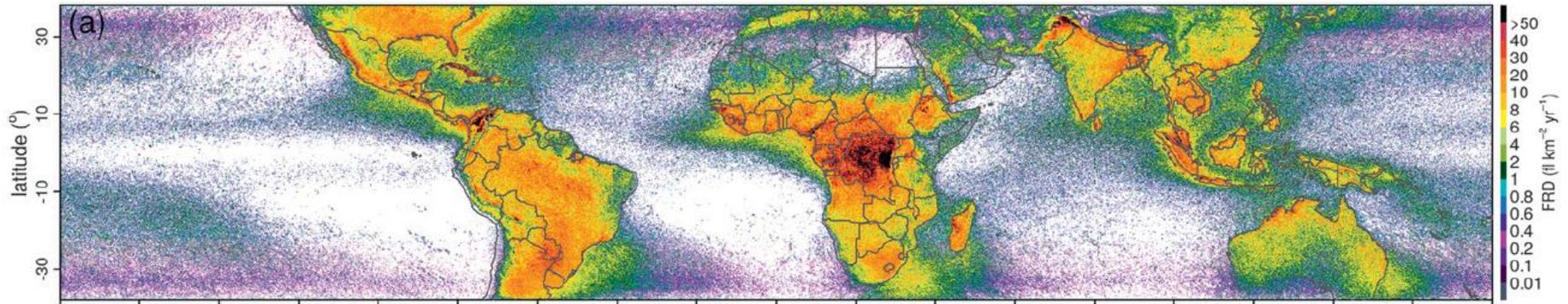
Densidade de Relâmpagos Total no Globo



Mais de 1,8 bilhões de raios anuais

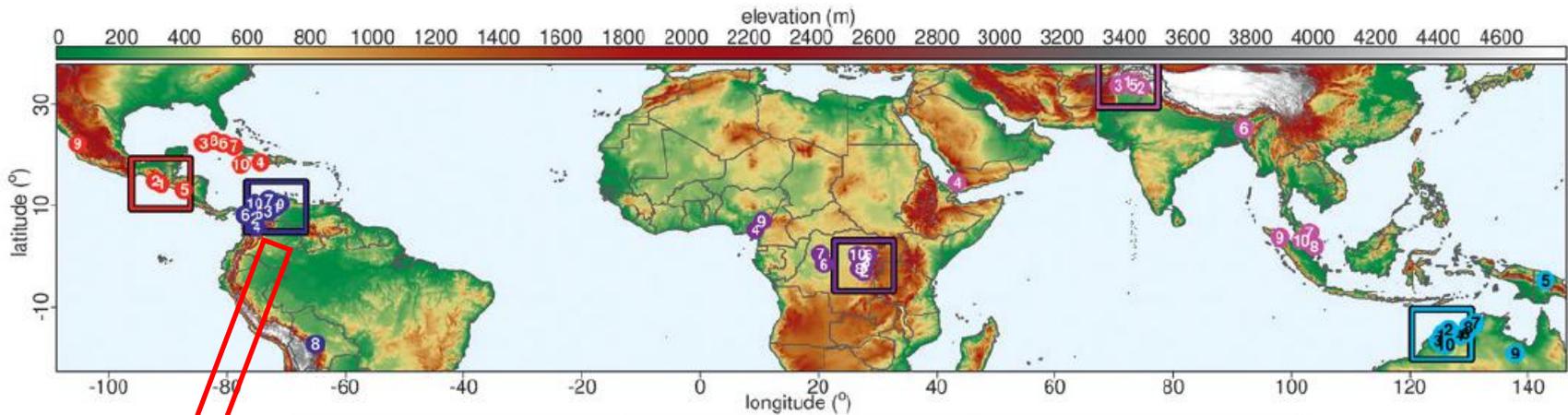
| Continentes | Número de Relâmpagos por Ano |
|------------------|------------------------------|
| America do Sul | 183.061.397 |
| America do Norte | 57.802.494 |
| África | 357.320.205 |
| Oceania | 43.479.861 |
| Asia | 157.758.517 |

Densidade de Relâmpagos Total no Globo



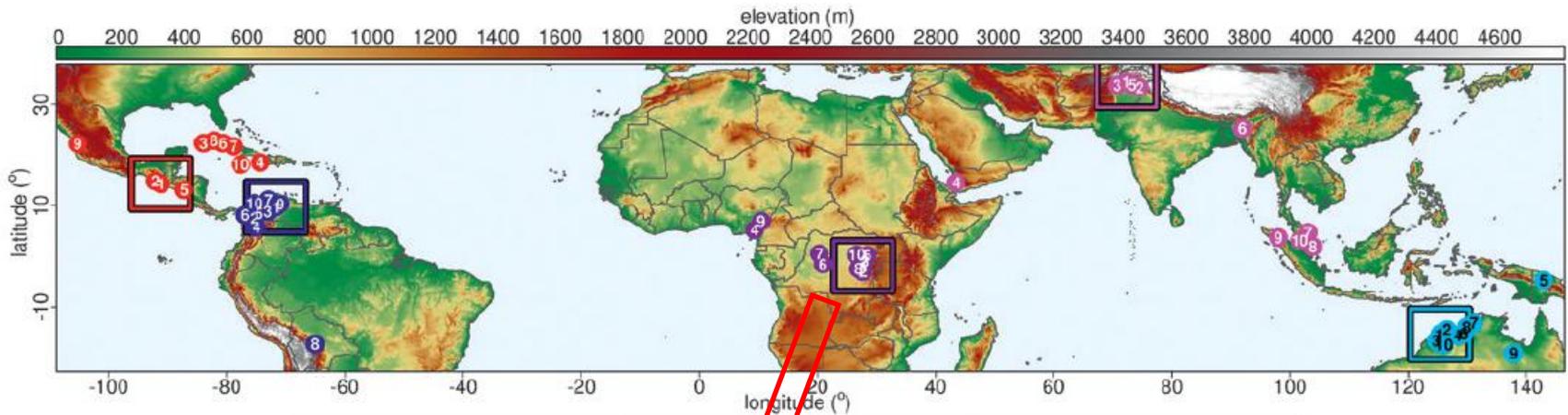
| Ranking | Pais | Continente | Número de Flashes/Ano | Área (km ²) |
|---------|-----------|-----------------|-----------------------|-------------------------|
| 1 | Brasil | América do Sul | 108.484.129 | 8.520.481 |
| 2 | Congo | África | 95.161.218 | 2.346.337 |
| 3 | Australia | Oceania | 43.279.723 | 7.610.546 |
| 4 | India | Ásia | 35.440.450 | 3.159.246 |
| 5 | Argentina | América do Sul | 26.689.789 | 1.933.305 |
| 6 | China | Ásia | 26.321.509 | 5.631.555 |
| 7 | Indonesia | Ásia | 24.588.469 | 1.896.402 |
| 8 | Mexico | América Central | 23.252.554 | 1.956.060 |
| 9 | Colombia | América do Sul | 20.697.308 | 1.145.611 |
| 10 | Angola | Africa | 19.156.615 | 1.253.139 |

Hotspots de Raios no Globo



| Rank Mundial | Rank | Flashes/ km ² ano | Latitude (°) | Longitude (°) | Cidade (>1000) | País |
|--------------|------|---------------------------------|--------------|---------------|----------------|-----------|
| 1 | 1 | 232,52 | 9,75 | -71,65 | Lagunillas | Venezuela |
| 4 | 2 | 172,29 | 7,55 | -75,35 | Cáceres | Colombia |
| 7 | 3 | 138,61 | 8,85 | -73,05 | El Tarra | Colombia |
| 11 | 4 | 124,26 | 5,75 | -74,95 | Norcasia | Colombia |
| 18 | 5 | 114,19 | 8,45 | -74,55 | Majagual | Colombia |
| 25 | 6 | 105,73 | 8,15 | -76,85 | Turbo | Colombia |
| 46 | 7 | 95,38 | 11,15 | -72,95 | Barrancas | Colombia |
| 74 | 8 | 87,96 | -17,25 | -65,05 | Chimoré | Bolivia |
| 78 | 9 | 87,61 | 10,35 | -70,95 | El Coroza | Venezuela |
| 136 | 10 | 77,02 | 10,45 | -75,35 | Santa Rosa | Colombia |

Hotspots de Raios no Globo



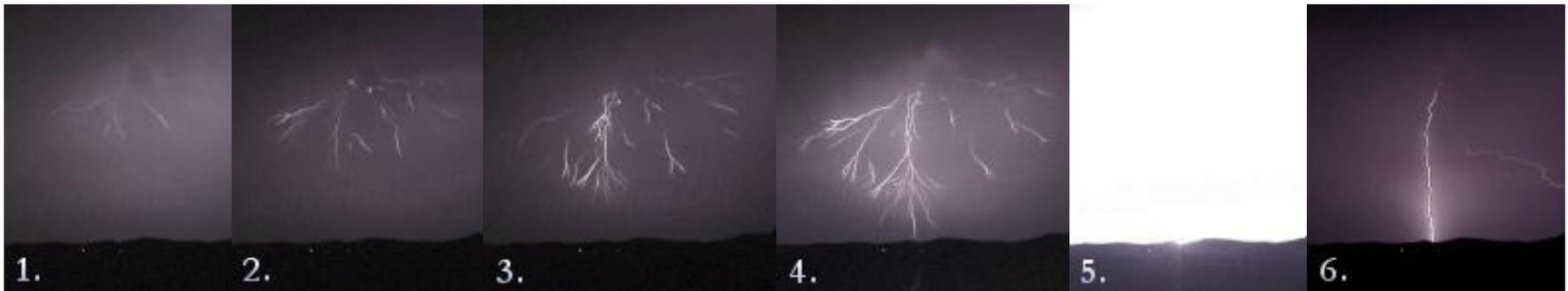
| Rank Mundial | Rank | Flashes/ km ² ano | Latitude (°) | Longitude (°) | Cidade (>1000) | Pais |
|--------------|------|---------------------------------|--------------|---------------|----------------|----------|
| 2 | 1 | 205,31 | -1,85 | 27,75 | Kabare | Congo |
| 3 | 2 | 176,71 | -3,05 | 27,65 | Kampene | Congo |
| 5 | 3 | 143,21 | -0,95 | 27,95 | Sake | Congo |
| 8 | 4 | 129,58 | 5,25 | 9,35 | Nguti | Cameroon |
| 9 | 5 | 129,50 | 0,25 | 28,45 | Butembo | Congo |
| 10 | 6 | 127,52 | -1,55 | 20,95 | Boende | Congo |
| 14 | 7 | 117,98 | 0,55 | 20,35 | Boende | Congo |
| 15 | 8 | 117,19 | -2,45 | 26,95 | Kindu | Congo |
| 16 | 9 | 116,78 | 6,95 | 10,45 | Baissa | Nigeria |
| 19 | 10 | 112,17 | 0,35 | 26,65 | Kisangani | Congo |

TABLE ES3. Top 500 FRD ($\text{fl km}^{-2} \text{yr}^{-1}$) grid points, indicating their latitude and longitude position, name of the nearest populated place location (PPL) according to the GeoNames database, the corresponding continent landmass, and distance between the center of this grid and the PPL coordinates. A minimum distance of 100 km from a previous ranked grid point was applied.

| Rank | FRD ($\text{fl km}^{-2} \text{yr}^{-1}$) | Grid lat ($^{\circ}$) | Grid lon ($^{\circ}$) | Nearest PPL from GeoNames | Country | Continent | PPL lat ($^{\circ}$) | PPL lon ($^{\circ}$) | Distance (km) |
|------|---|-------------------------|-------------------------|--|-------------------------------------|---------------|------------------------|------------------------|------------------|
| 1 | 232.52 | 9.75 | -71.65 | Lagunillas (actually over Lake Maracaibo) | Venezuela | South America | 10.13 | -71.26 | 60.1 |
| 2 | 205.31 | -1.85 | 27.75 | Kabare | Democratic Republic of the Congo | Africa | -2.50 | 28.79 | 136.2 |
| 3 | 176.71 | -3.05 | 27.65 | Kampene | Democratic Republic of the Congo | Africa | -3.60 | 26.67 | 124.9 |
| 4 | 172.29 | 7.55 | -75.35 | Cáceres | Colombia | South America | 7.58 | -75.35 | 3.4 |
| 5 | 143.21 | -0.95 | 27.95 | Sake | Democratic Republic of the Congo | Africa | -1.57 | 29.04 | 140.0 |
| 6 | 143.11 | 34.45 | 72.35 | Daggar | Pakistan | Asia | 34.51 | 72.48 | 14.0 |
| 7 | 138.61 | 8.85 | -73.05 | El Tarra | Colombia | South America | 8.58 | -73.09 | 30.9 |
| 8 | 129.58 | 5.25 | 9.35 | Nguti | Cameroon | Africa | 5.33 | 9.42 | 11.7 |
| 9 | 129.50 | 0.25 | 28.45 | Butembo | Democratic Republic of the Congo | Africa | 0.14 | 29.29 | 94.3 |
| 10 | 127.52 | -1.55 | 20.95 | Boende | Democratic Republic of the Congo | Africa | -0.28 | 20.88 | 141.2 |
| 11 | 124.26 | 5.75 | -74.95 | Norcasta | Colombia | South America | 5.58 | -74.89 | 20.4 |
| 12 | 121.41 | 33.35 | 74.55 | Rajauri | India | Asia | 33.38 | 74.31 | 22.6 |
| 13 | 118.81 | 33.75 | 70.75 | Doaba | Pakistan | Asia | 33.42 | 70.74 | 36.2 |
| 14 | 117.98 | 0.55 | 20.35 | Boende | Democratic Republic of the Congo | Africa | -0.28 | 20.88 | 109.7 |
| 15 | 117.19 | -2.45 | 26.95 | Kindu | Democratic Republic of the Congo | Africa | -2.94 | 25.92 | 126.7 |
| 16 | 116.78 | 6.95 | 10.45 | Baissa | Nigeria | Africa | 7.23 | 10.63 | 36.6 |
| 17 | 116.76 | 14.35 | -91.15 | Patulul | Guatemala | North America | 14.42 | -91.17 | 7.6 |
| 18 | 114.19 | 8.45 | -74.55 | Majagual | Colombia | South America | 8.54 | -74.62 | 12.6 |
| 19 | 112.17 | 0.35 | 26.65 | Kisangani | Democratic Republic of the Congo | Africa | 0.52 | 25.19 | 163.3 |
| 20 | 111.11 | 4.45 | 8.45 | Ikang | Nigeria | Africa | 4.79 | 8.53 | 38.8 |
| 21 | 108.47 | -3.55 | 22.55 | Lodja | Democratic Republic of the Congo | Africa | -3.52 | 23.60 | 116.6 |

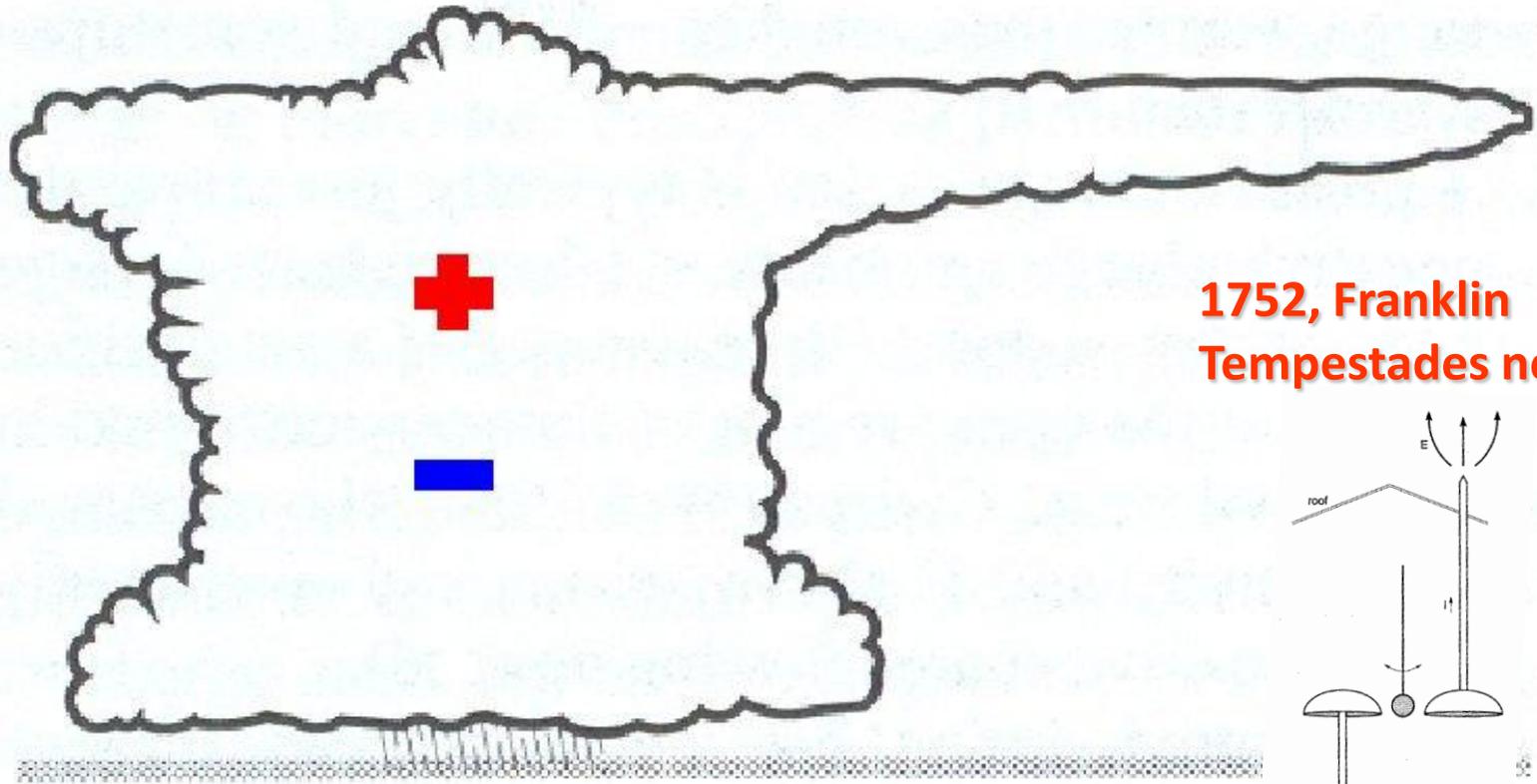
O que é um raio?

- O raio é uma descarga elétrica (**corrente elétrica**) que se propaga entre dois centros de cargas elétricas de polaridade oposta.
- Para que o raio ocorra é necessário quebrar a resistência do dielétrico ($\sim 3 \text{ G}\Omega/\text{m}$), ou seja, precisamos de um campo elétrico da ordem de $300 \text{ kV}/\text{m}$.

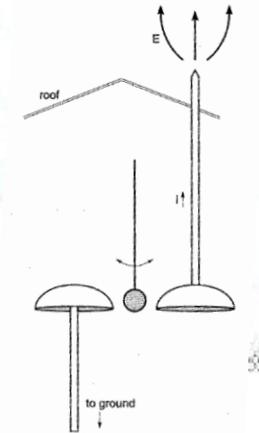


1800: cargas negativas dominam

1916-30: especulações sobre dipólo elétrico (Simpson e Wilson)



1752, Franklin
Tempestades negativas



Wilson: “a chuva carrega as cargas negativas e deixa as cargas positivas na nuvem”.

Medidas dentro da nuvem indicam dipolo positivo. (**positivo acima de centro negativo**)

Simpson: “Medidas na Índia, a chuva esta predominantemente carregada positivamente, A quebra das gotas de chuva cria o dipolo negativo (**negativo sobre o positivo**)

As primeiras observações com balões da década de 1940 indicam a presença de tripólos!!!

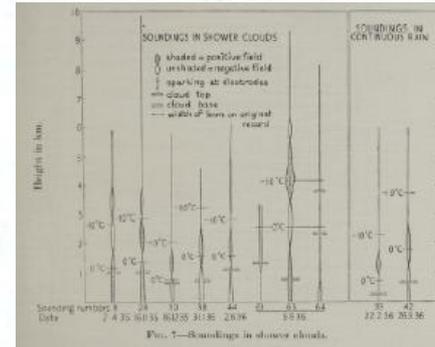
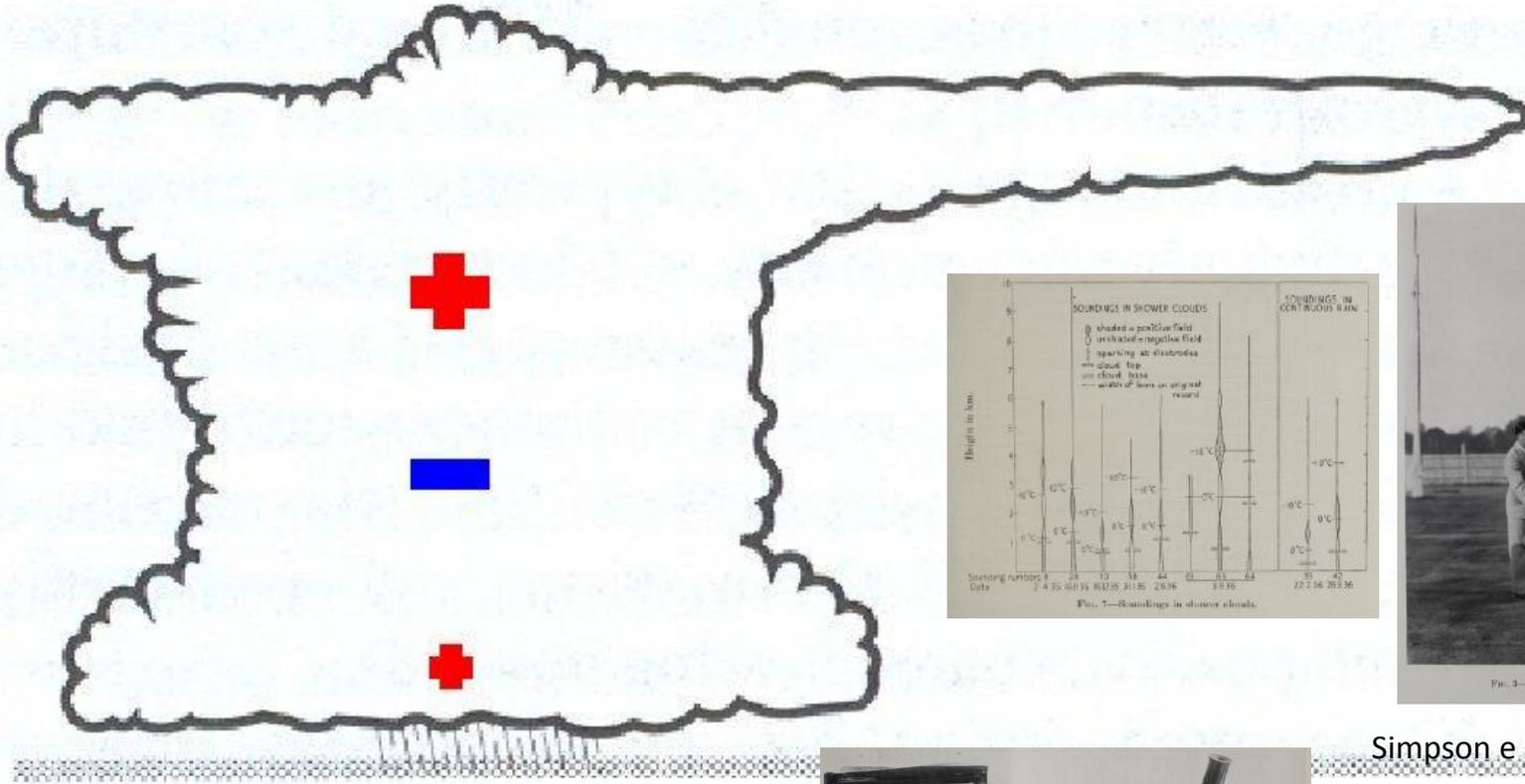


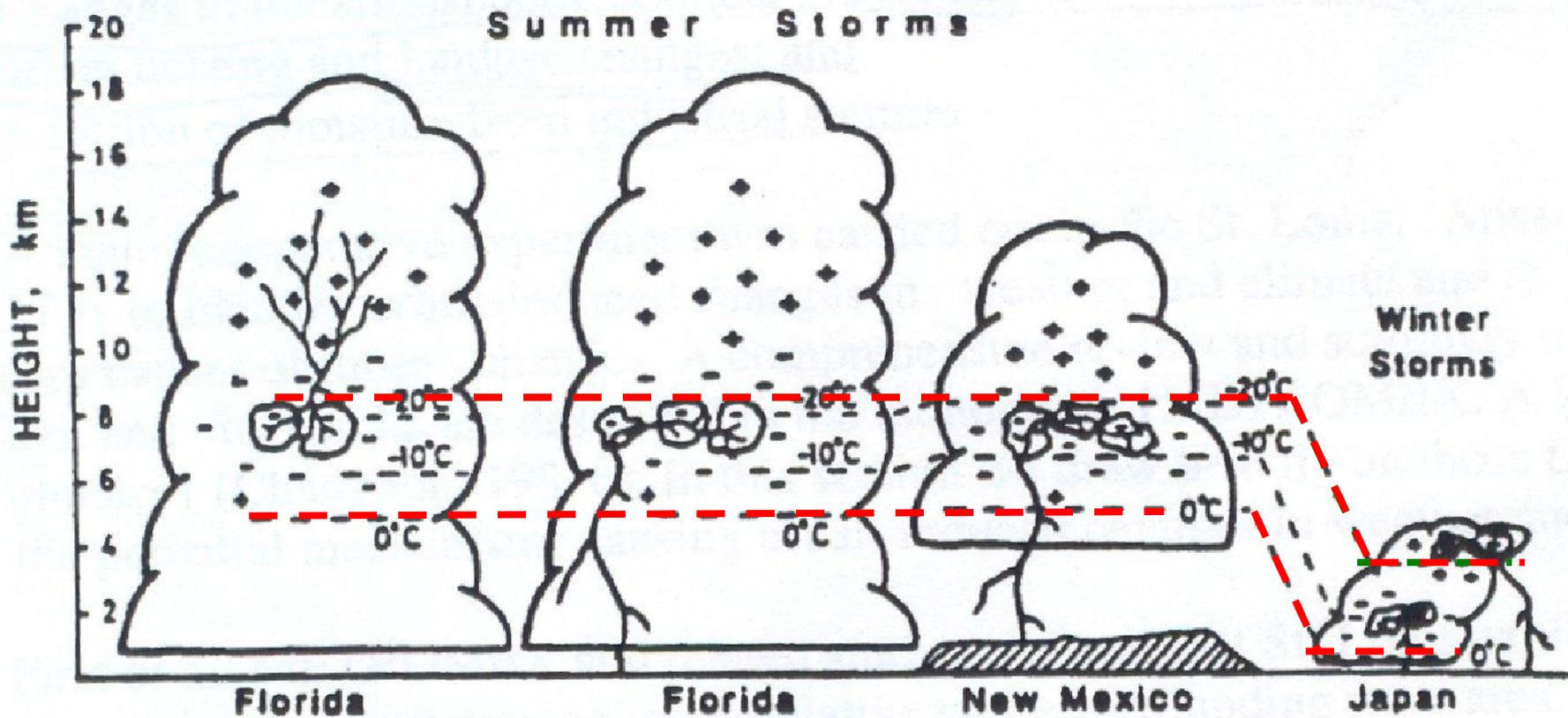
Fig. 3—Apparatus ready for launching.

Simpson e Scrase, 1937



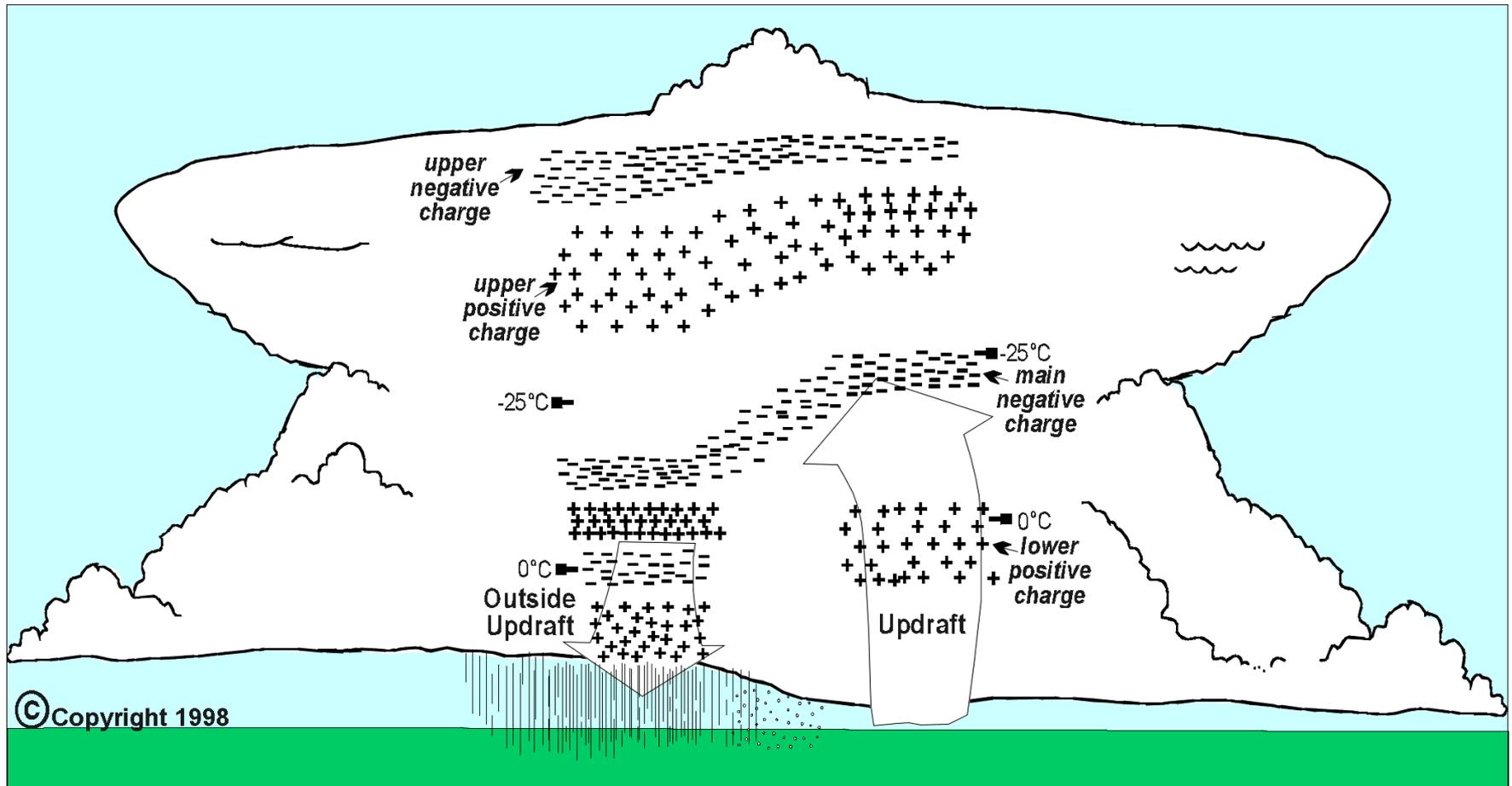
Altielectrograph

Mais tarde, na década de 1980, observou-se centros negativos na mesma região de temperatura



Krehbiel, Paul R., "The Electrical Structure of Thunderstorms," Ch. 8 in The Earth's Electrical Environment, National Academy Press, Washington, 1986

Estrutura Elétrica das Tempestades

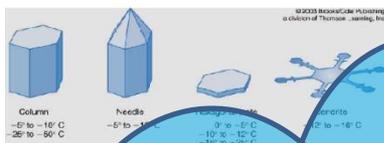


Stolzenburg et al. (1998)

Como os centros de cargas se formam nas Tempestades?

Se as gotas de chuva e cristais de gelo tem a mesma quantidade de cargas elétricas positivas (íons positivos) e negativas (íons negativos), *Como podemos explicar a formação de centros de cargas dentro das tempestades elétricas?*

F



Deposição – Cristais de gelo

T = -40°C

Deposição – Cristais de gelo



Agregação e Acreção – Gotículas de água super-resfriada, cristais de gelo e granizo

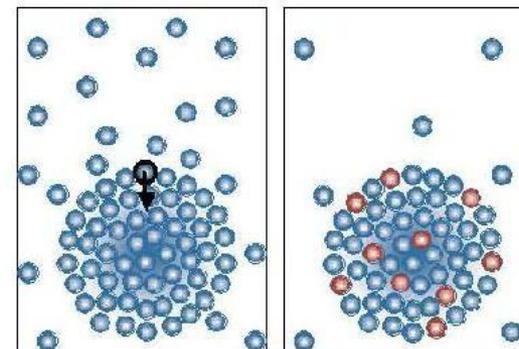
Congelamento: Gotículas de água super-resfriada

T = 0°C



Colisão/Coalescência – Gotas de nuvem e chuva

Condensação – Gotículas de nuvem



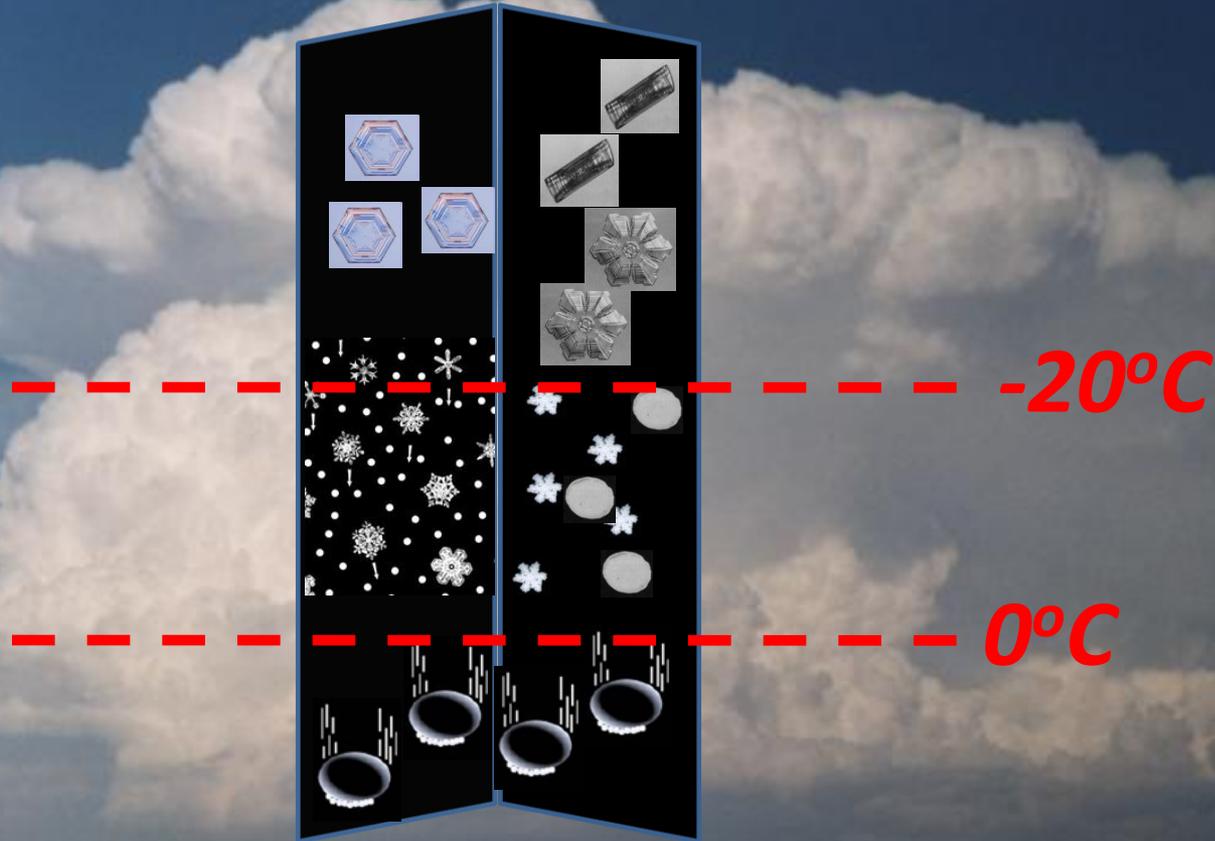
● molécula de água ● molécula de soluto

Evaporação – Vapor d'água

Temperatura

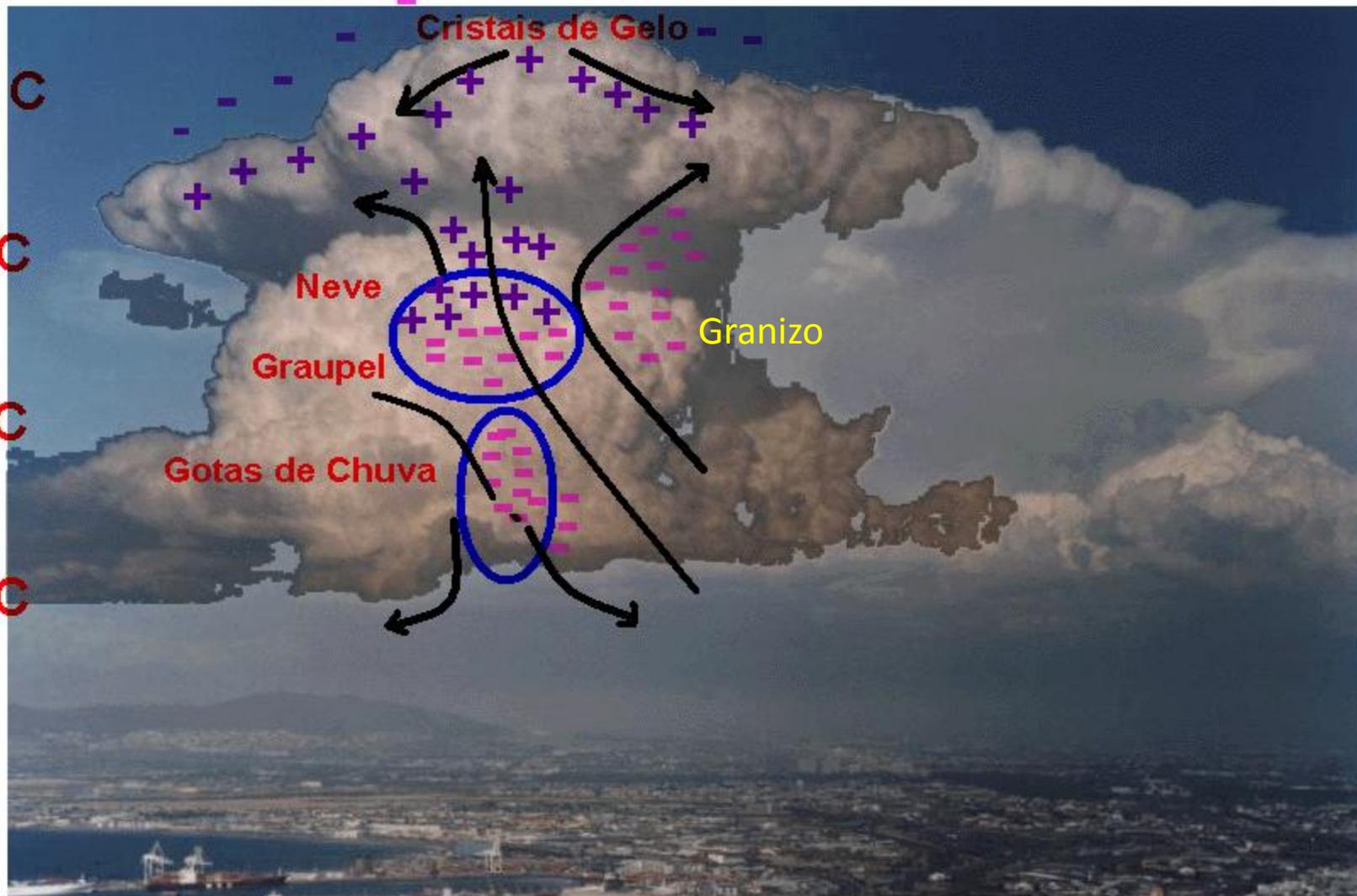
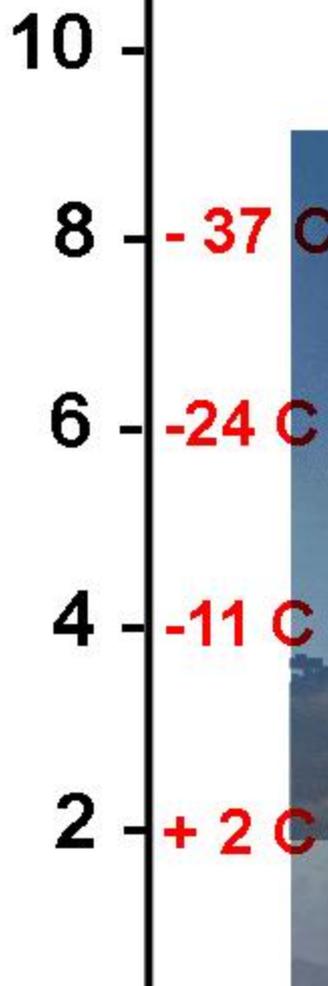
Q

O que temos dentro de um Cb



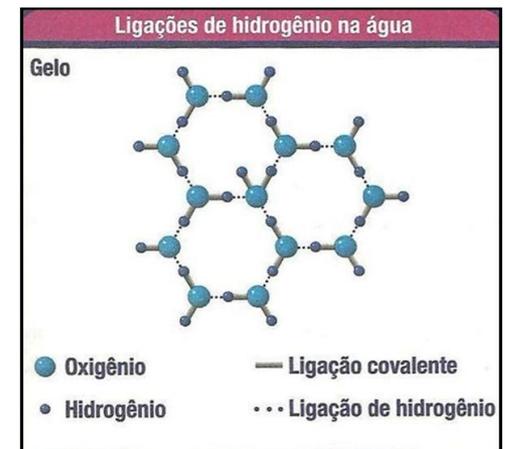
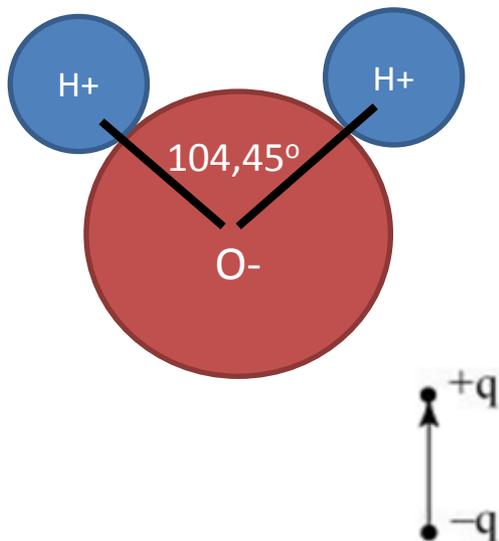
Altura (km)

*RAIO X DE UMA NUVEM
DE TEMPESTADE ELÉTRICA*

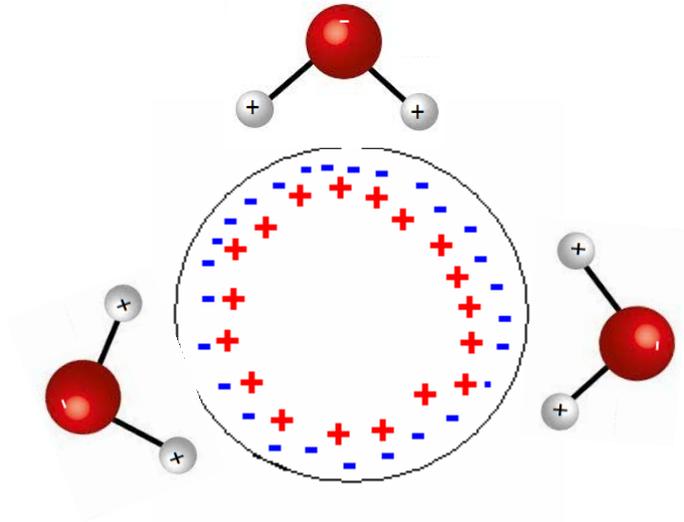


Propriedades elétricas da água

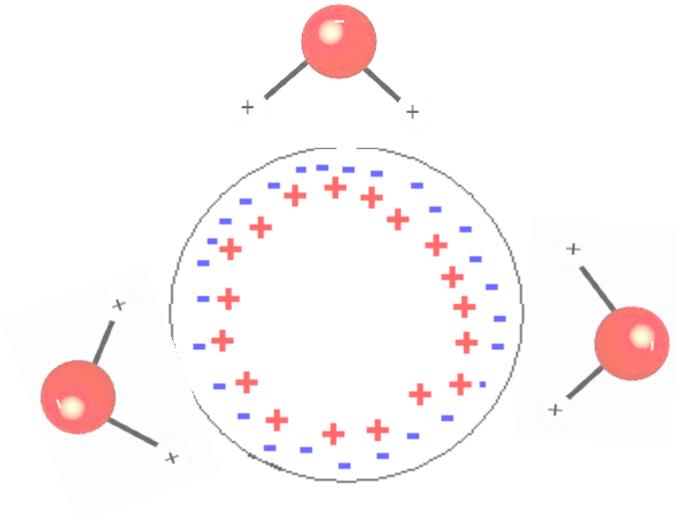
- A água é uma molécula polar e tem um momento de dipolo permanente ($p = 6.18 \times 10^{-30}$ cm),
- A distribuição de elétrons na molécula implica em:
Q+ nos núcleos de H e **Q-** no de O₂.
- O vértice do O₂ sempre fica para fora



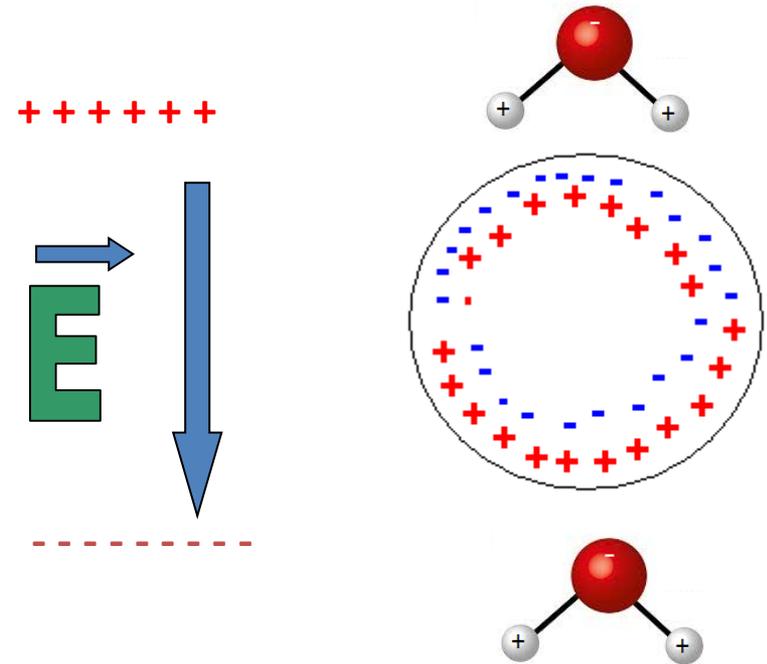
- Dessa forma, as gotas de chuva parecem estar carregadas negativamente



- Dessa forma, as gotas de chuva parecem estar carregadas negativamente



- Sob a ação de um Campo Elétrico, as moléculas se alinham e formam um dielétrico.



Teorias de eletrificação se dividem em duas grandes categorias:

i) Precipitação.

ii) Convecção;

TEORIA DA PRECIPITAÇÃO

É baseada nos processos de formação da precipitação:
colisões entre as partículas!! (Julius Elster e Hans F. Geitel em 1885)

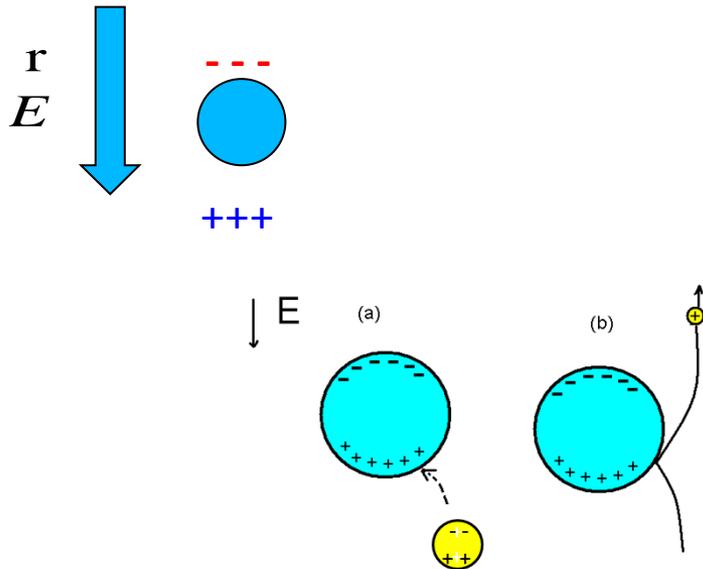
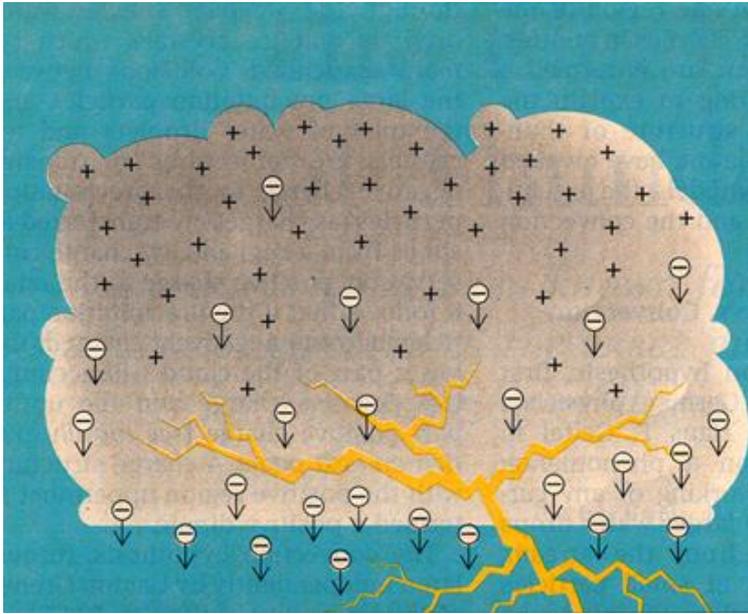
Requerimentos:

- ✎ Presença de um Campo Elétrico para polarizar a água
- ✎ As partículas se rebatem após as colisões;
- ✎ Cargas devem ser separadas de acordo com seus tamanhos ou temperatura (para formar tripólo);
- ✎ Transferência de cargas é rápida e ocorre durante a colisão;

Dipolo

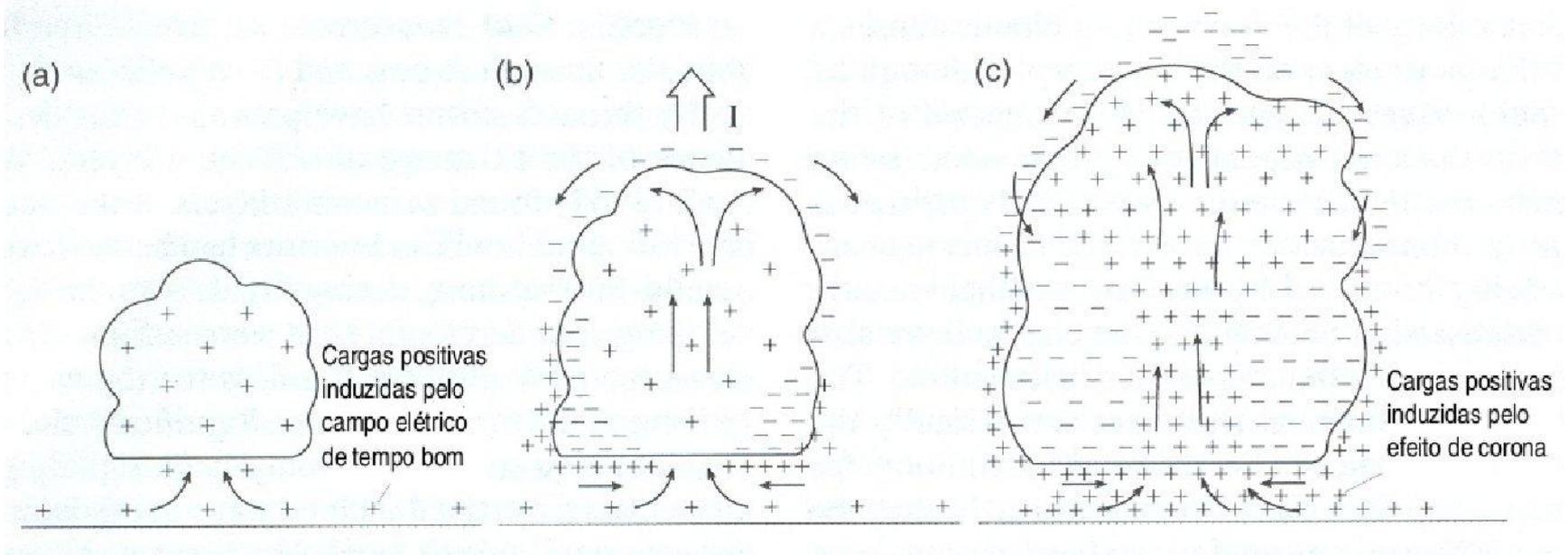
Modelo de precipitação

sugere que a gravidade induz o movimento descendente das gotas de chuva que são mais pesadas (granizo, e partículas de gelo como graupel), logo elas colidem com as partículas menores de água e de gelo que estão suspensas. *Durante este processo de colisão seguido de rebatimento, elas transferem cargas positivas para as partículas menores e assim as mais pesadas ficam negativas.*

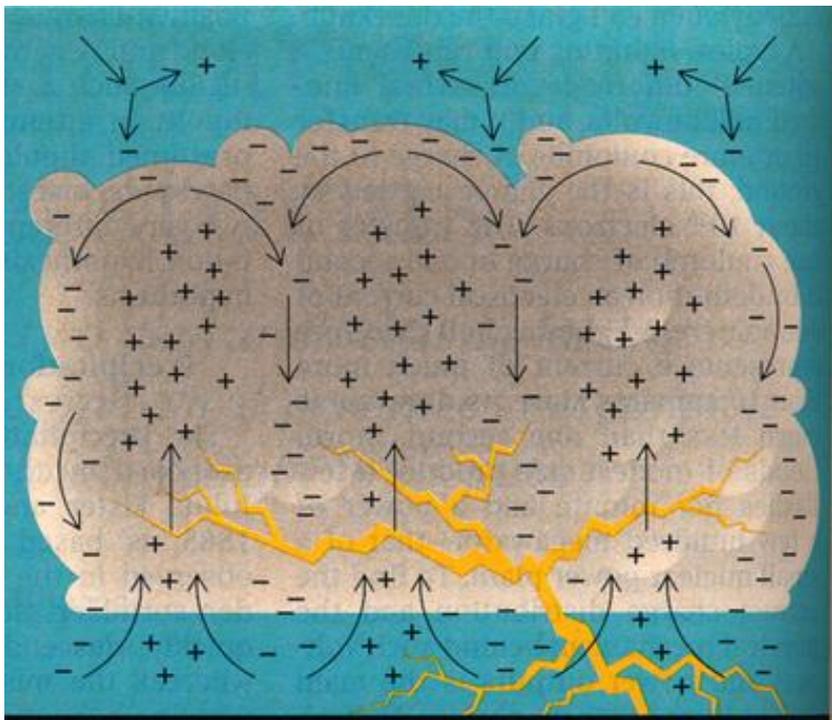


TEORIA DA CONVECÇÃO

Grenet (1947), Vonnegut (1955, 1963), e Telford (1981)



- ❑ Não requer a presença de campo elétrico para polarizar as partículas.
- ❑ As cargas têm origem externa (terra e ionosfera)



O Modelo de Convecção

Esta hipótese propõe que as correntes ascendentes de ar quente próximo superfície carreguem as cargas positivas (liberadas pela superfície da terra) e as transportem até o topo da nuvem.

Estas cargas positivas por sua vez atraem as cargas negativas produzidas pelos raios cósmicos da ionosfera e formam uma camada de blindagem.

Posteriormente as correntes descendentes transportam as cargas negativas para a parte inferior e lateral da nuvem.

Mas no que estas hipóteses
falham?

Mas no que estas hipóteses falham?

- O Campo elétrico da atmosfera não é suficiente para polarizar os hidrometeoros; (100 a 300 V/m)
- Não conseguem explicar a camada de cargas negativa entre as isoterms de 0°C e -20°C.

Mecanismos de Eletrificação em Nuvens

- *Mecanismo Indutivo*

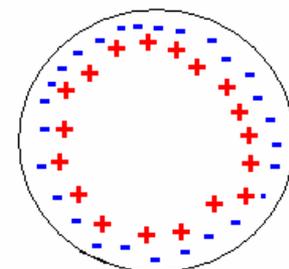
- *Mecanismo de Captura de Íons:*
- *Mecanismo Indutivo de partícula-partícula*

- *Mecanismo Não Indutivo*

- *Camada elétrica dupla*
- *Efeito termo elétrico*
- *Camada quase líquida*
- *Deslocamento de estruturas de gelo*
- *Potencial de contato*



1 C/km³min



Mecanismos de Eletrificação em Nuvens

- *Mecanismo Indutivo*

- *Mecanismo de Captura de Íons:*
- *Mecanismo Indutivo de partícula-partícula*

- *Mecanismo Não Indutivo*

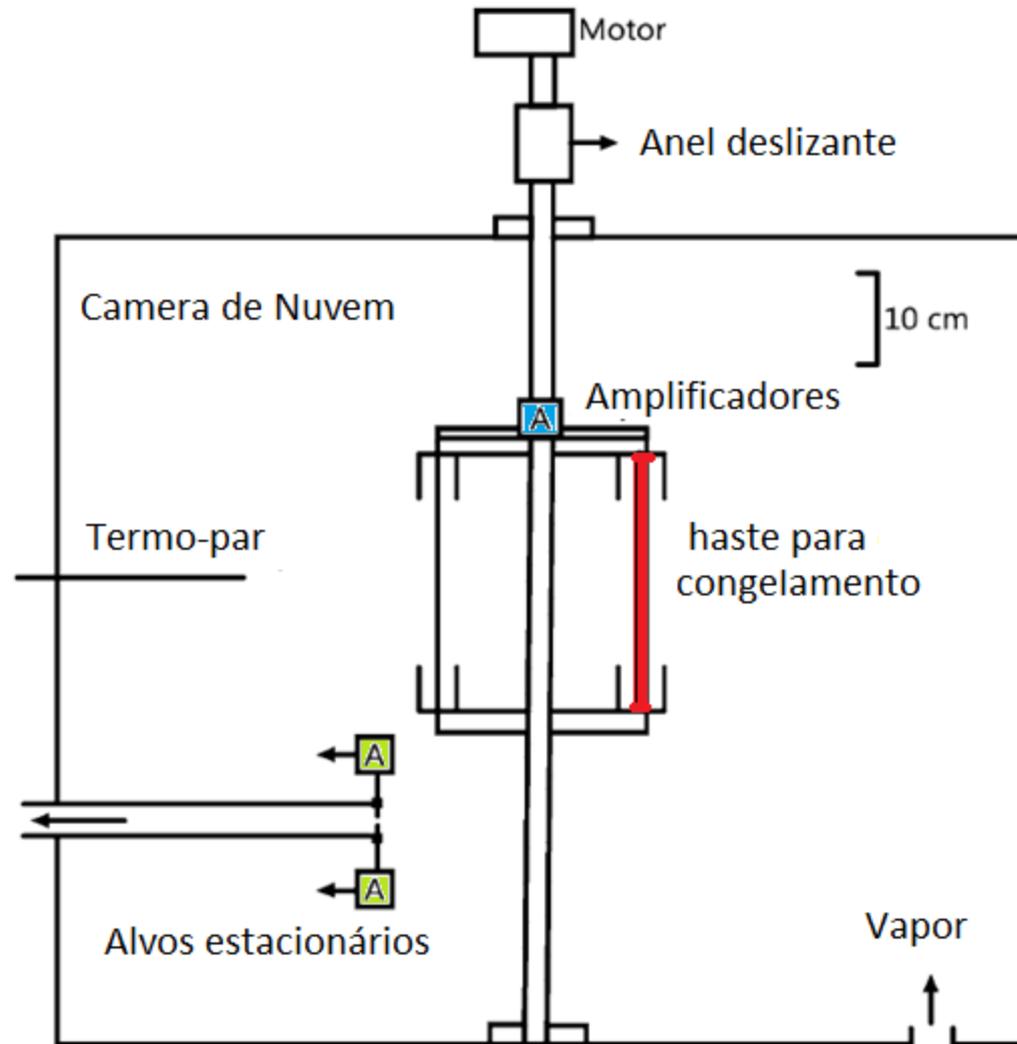
- *Camada elétrica dupla*
- *Efeito termo elétrico*
- *Camada quase líquida*
- *Deslocamento de estruturas de gelo*
- *Potencial de contato*



**Colisões entre
gotículas de água
super-resfriada
com
granizo/graupel**

Câmara de Nuvem

Fig. 7 Cold room cloud chamber and charge transfer apparatus. (Jayaratne 1981)



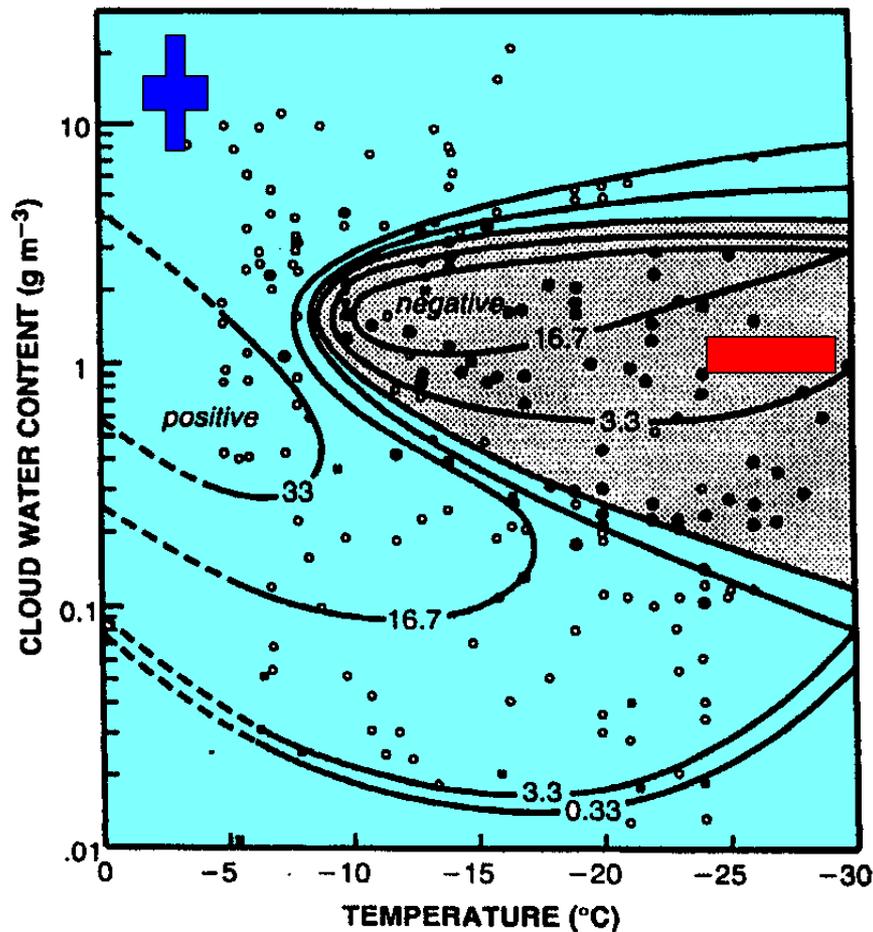


Fig. 3.12. Charge (in fC) gained by rimed graupel colliding with ice particles as a function of temperature and liquid water content. Open circles indicate that rimed graupel gained positive charge, solid circles indicate that it gained negative charge, and x's indicate that no charge was transferred. (Adapted from Takahashi 1978, with permission.)

Takahashi (1978) encontrou que a magnitude e o sinal da carga depositada no **graupel** dependia da **temperatura** e do **LWC**, e o tamanho da gota líquida não tinha nenhum efeito quando o LWC era mantido constante.

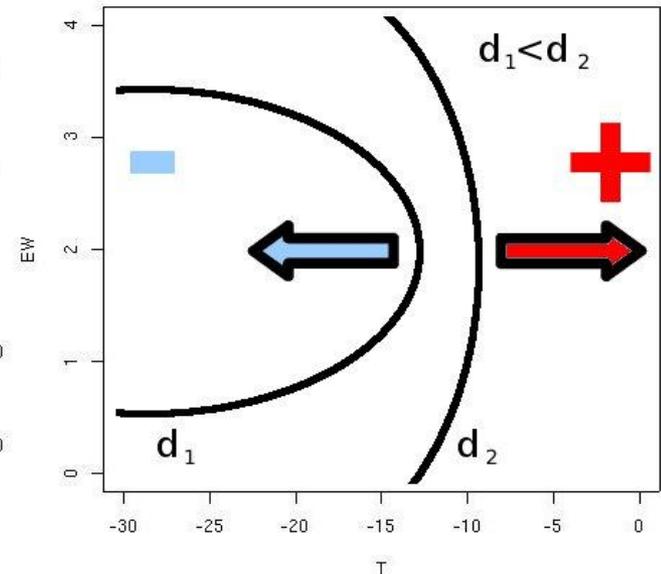
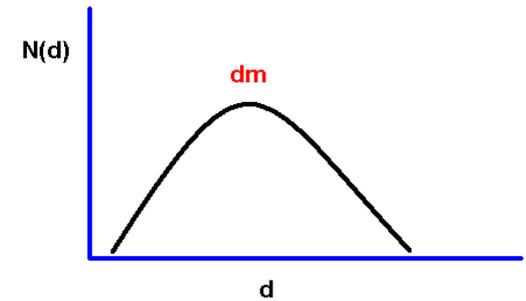
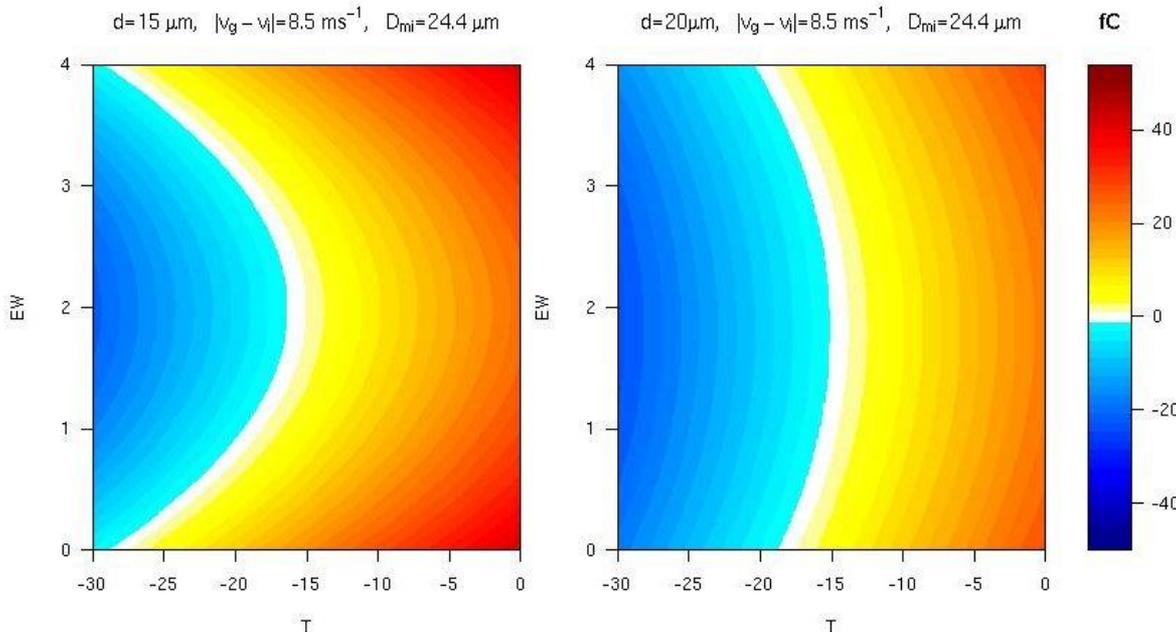
Obs: Colisão de cristais de gelo sobre o graupel que foi formado pelo congelamento da gota de água super-resfriada.

Avila e Pereyra (2000):

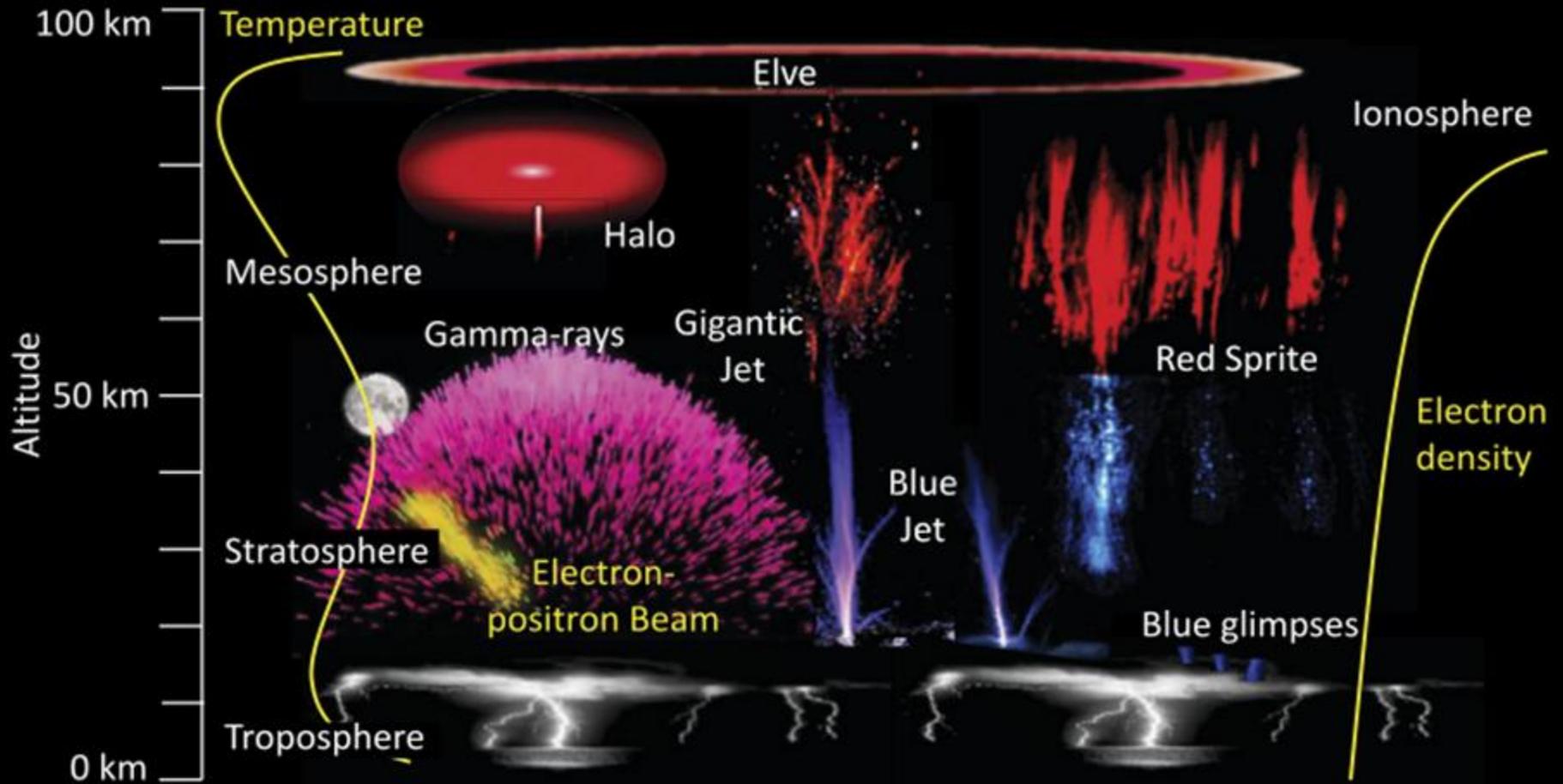
Mais tarde, Avila e Pereyra replicaram o experimento de Takahashi mas controlavam o tamanho das gotículas (d) e dos cristais de gelo na câmara de nuvem e identificaram uma dependência com d

$d = 15 \mu\text{m}$

$d = 20 \mu\text{m}$

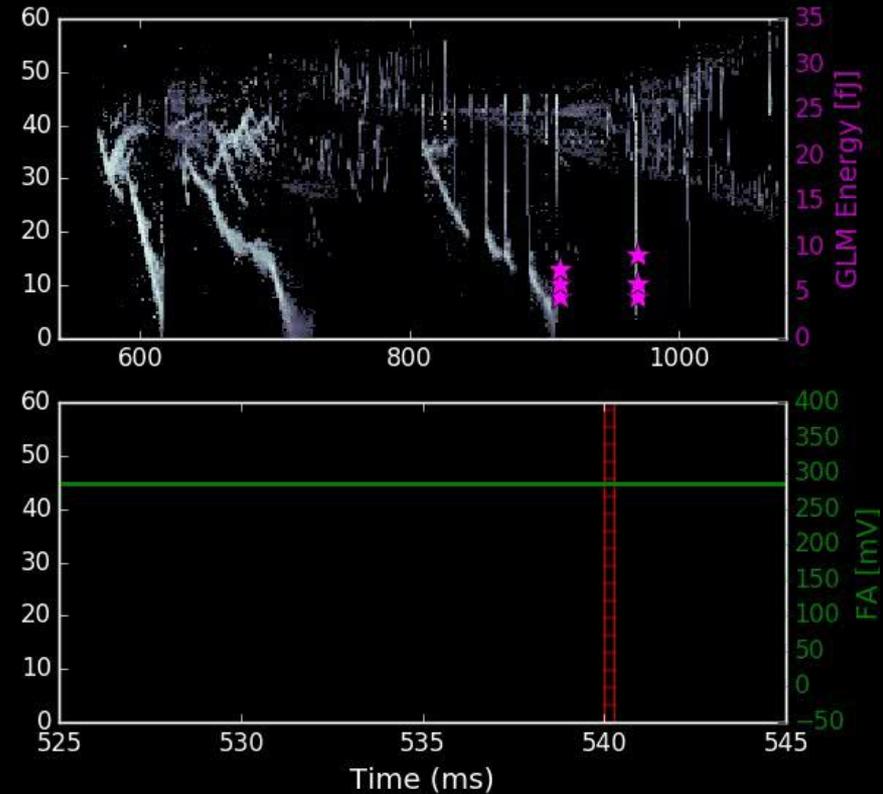
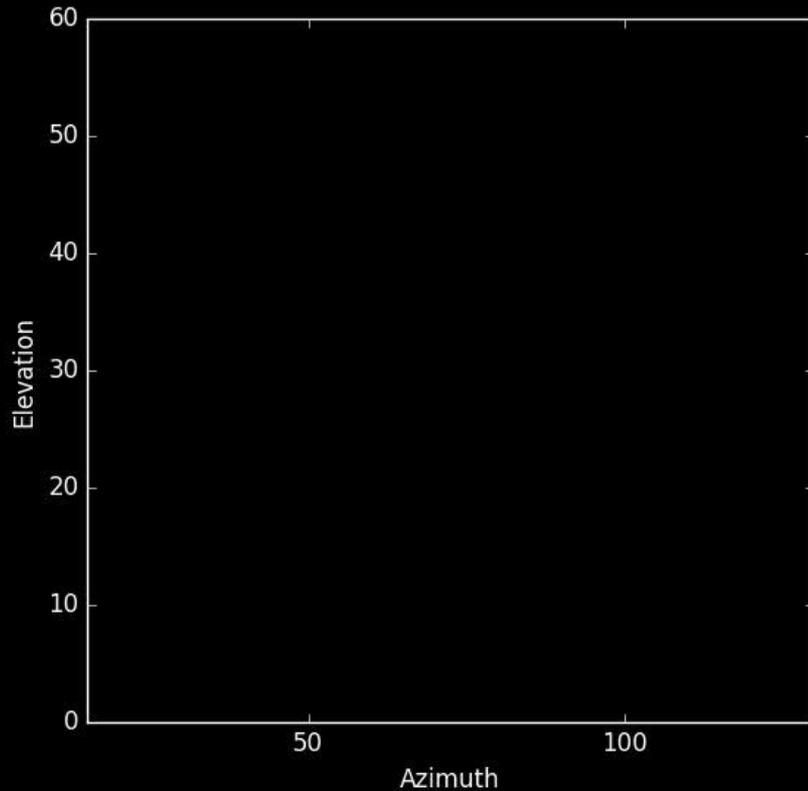


Raios Documentados



Como medimos os raios?

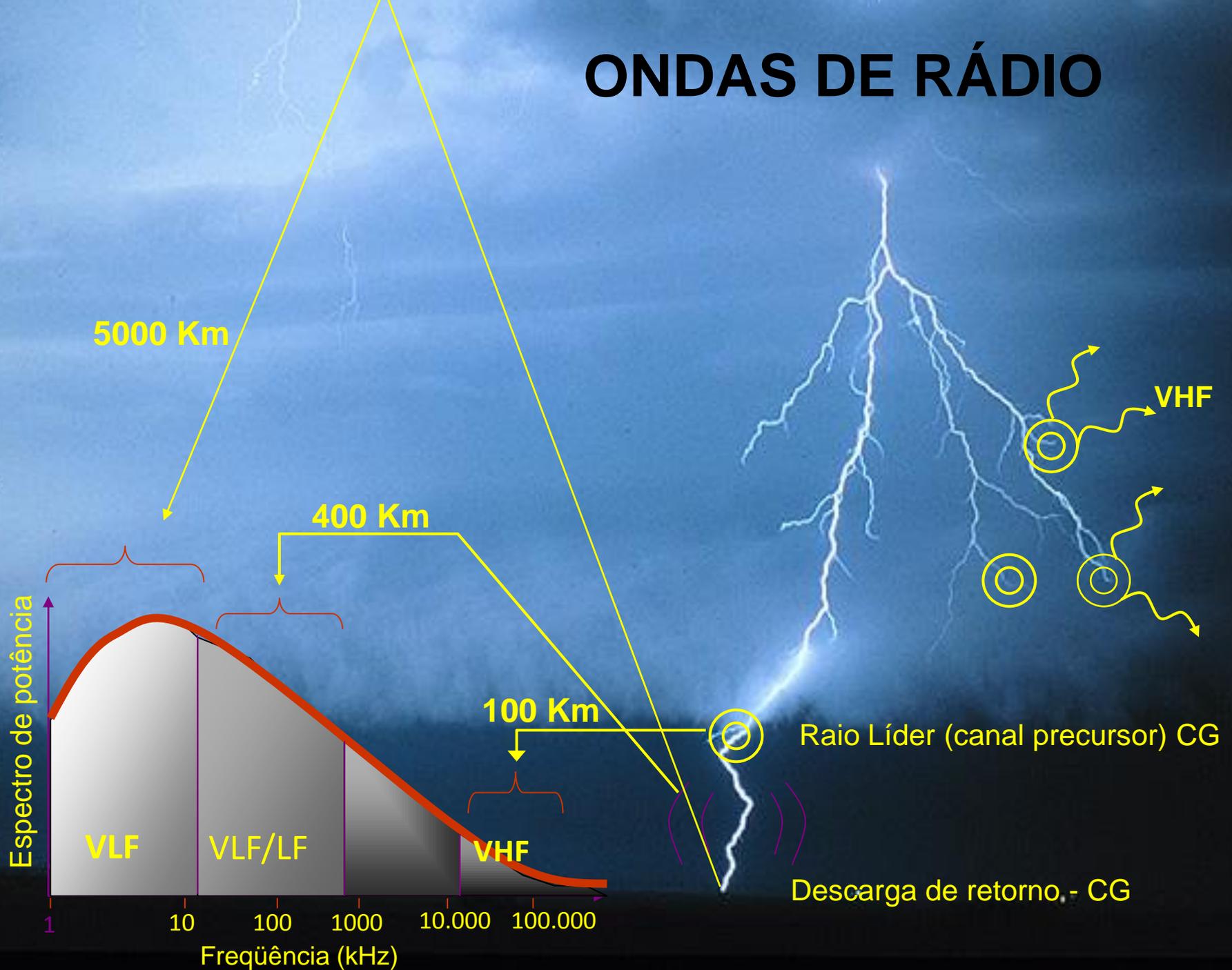
2017/05/13 20:21:49 UT
Frame Rate: 4000 fps
540.000



Cortesia

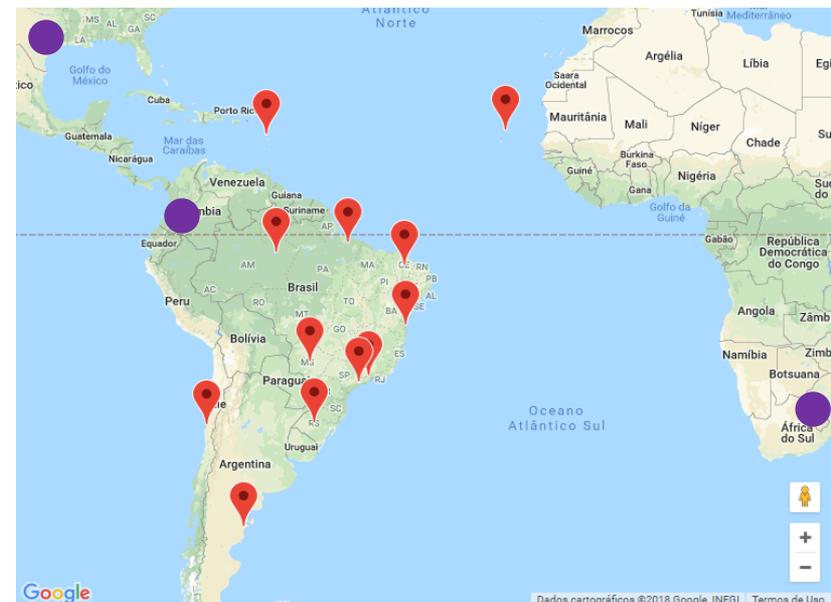
Broadband VHF Interferometry within the Kennedy Space Center Lightning Mapping Array – IDLC-2018
Mark Stanley¹, Paul R. Krehbiel¹, William Rison¹, Julia Tilles², Ningyu Liu², Robert G. Brown³, Jennifer Wilson³

ONDAS DE RÁDIO



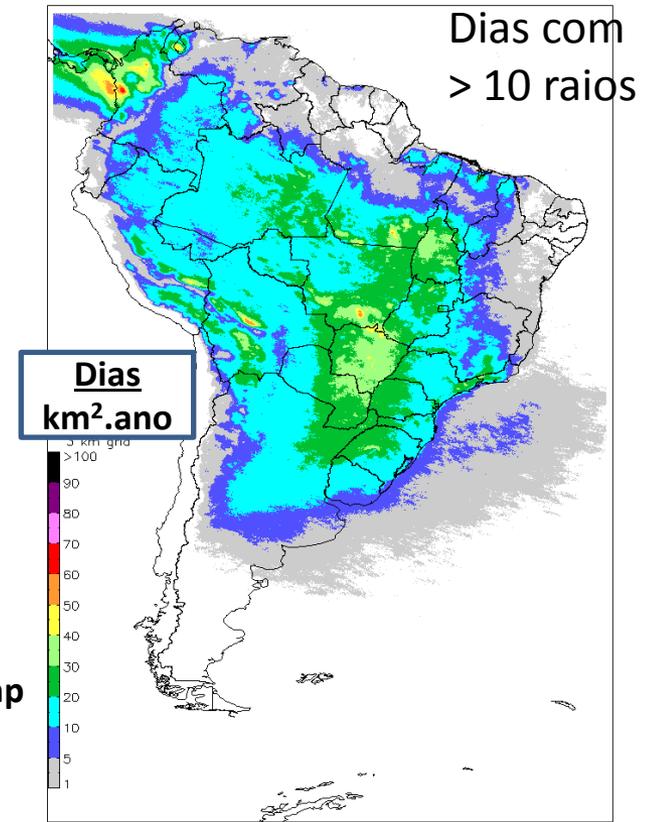
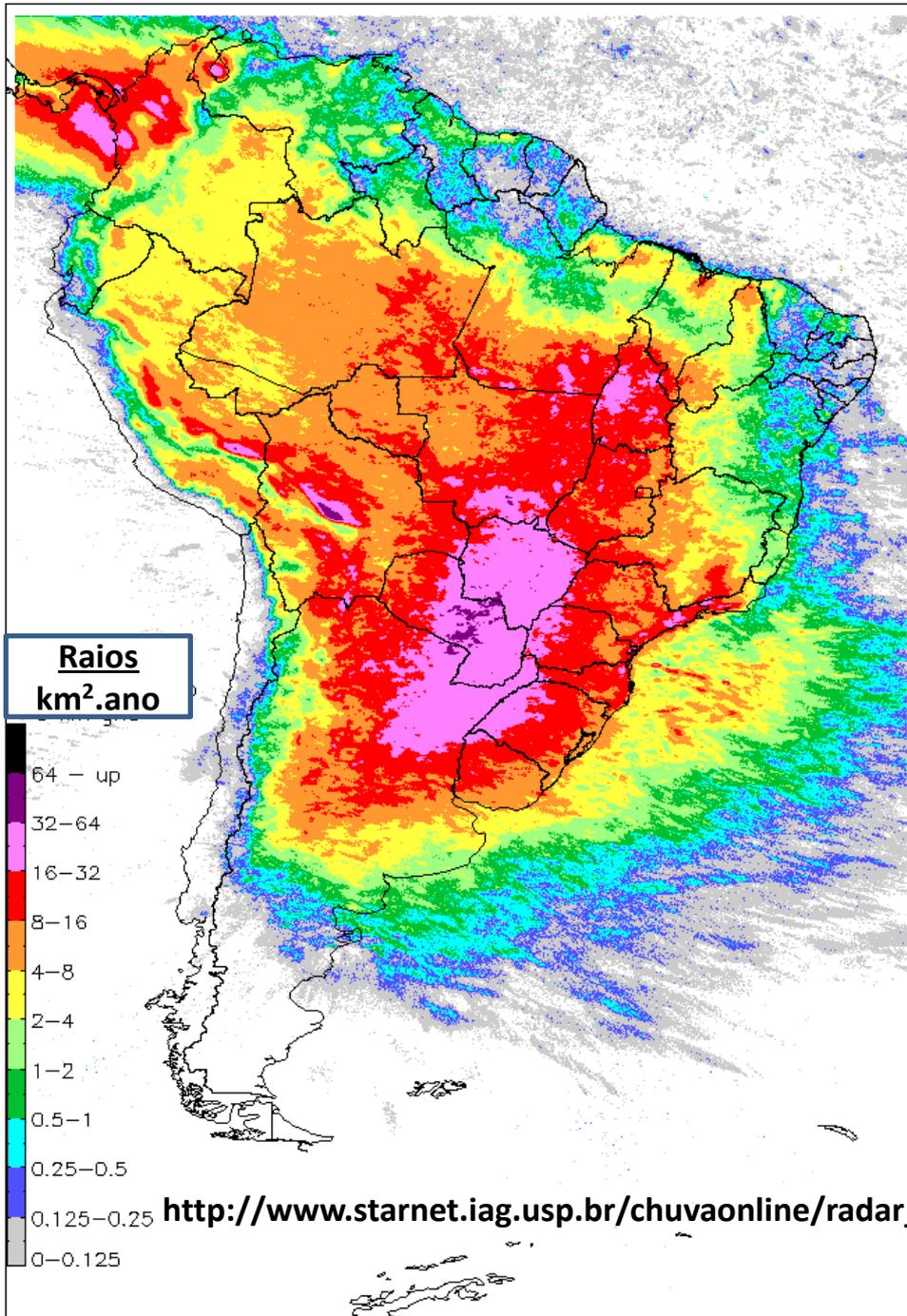
STARNET

- Sferics Timing And Ranging Network - **STARNET**
 - O STORM-T mantém e opera uma Rede de detecção de raios de longa distância baseada em medidas de VLF (Morales et al., 2011) desde o 2º semestre de 2016.
 - Desde 2018 a STARNET conta com 13 antenas de VLF instaladas na América do Sul, Africa, Caribe e EUA.
 - *STARNET cobre essencialmente a América do Sul, Oceano Atlântico e Pacífico, e Golfo do México*



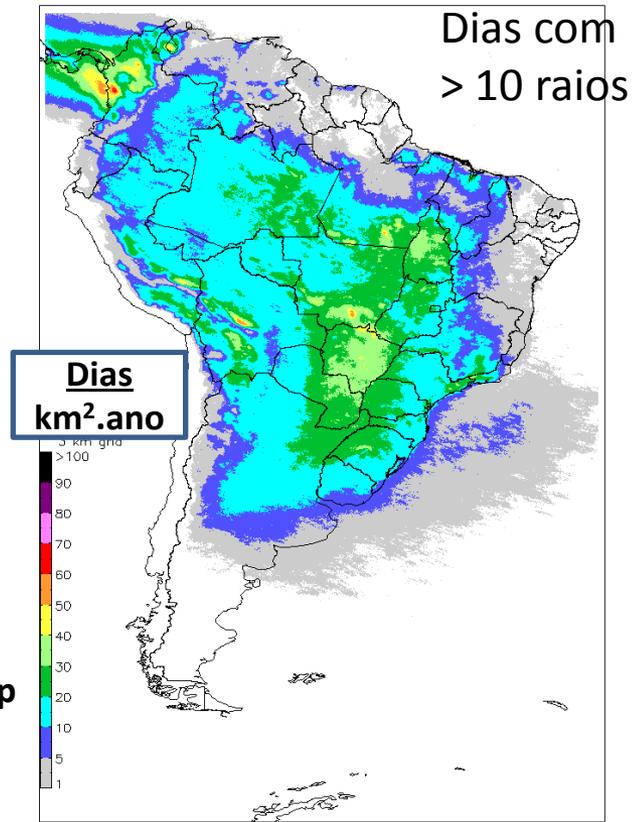
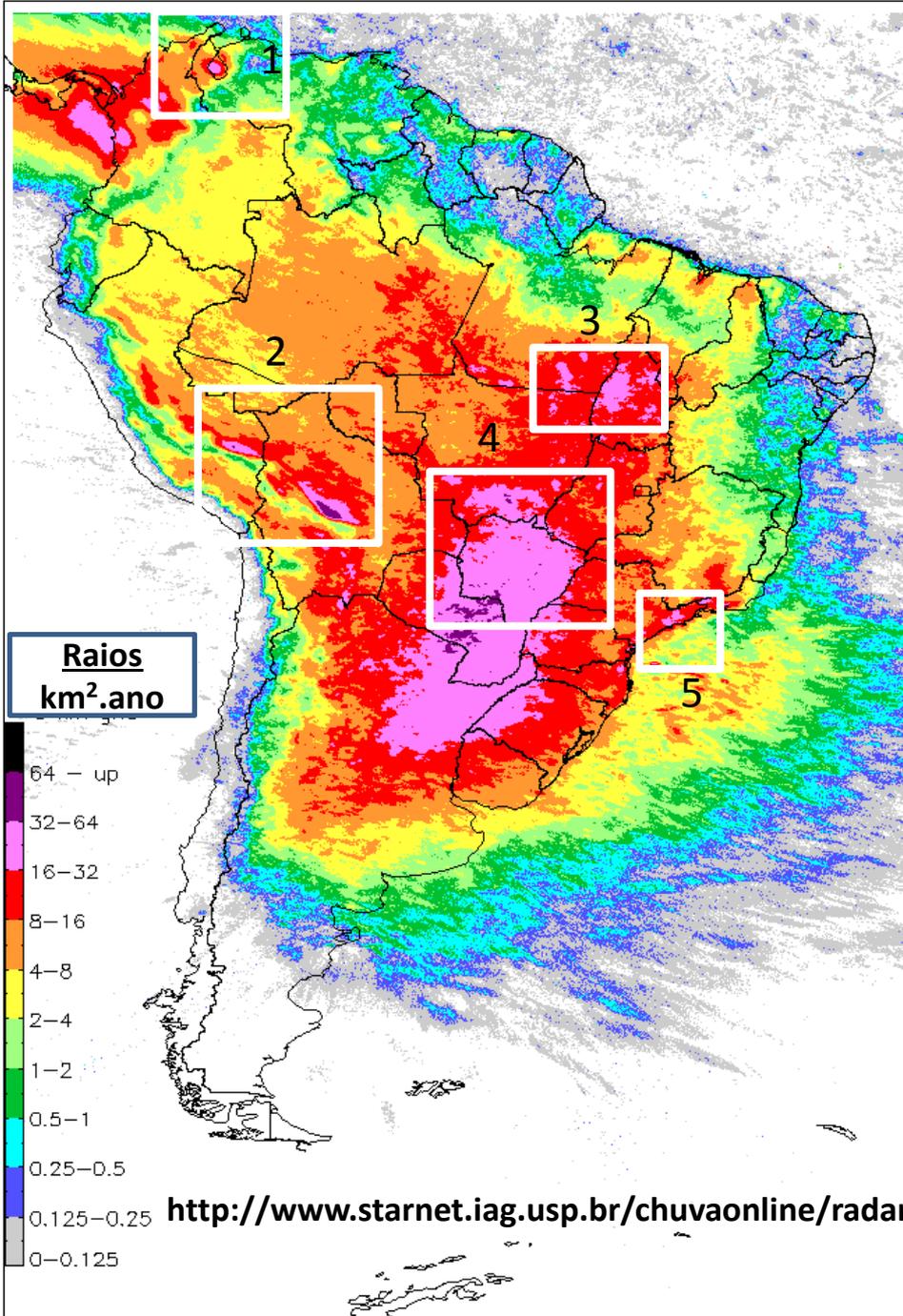
CLIMATOLOGIA

- 2012 – 2017
- Grade de 3 x 3 km²

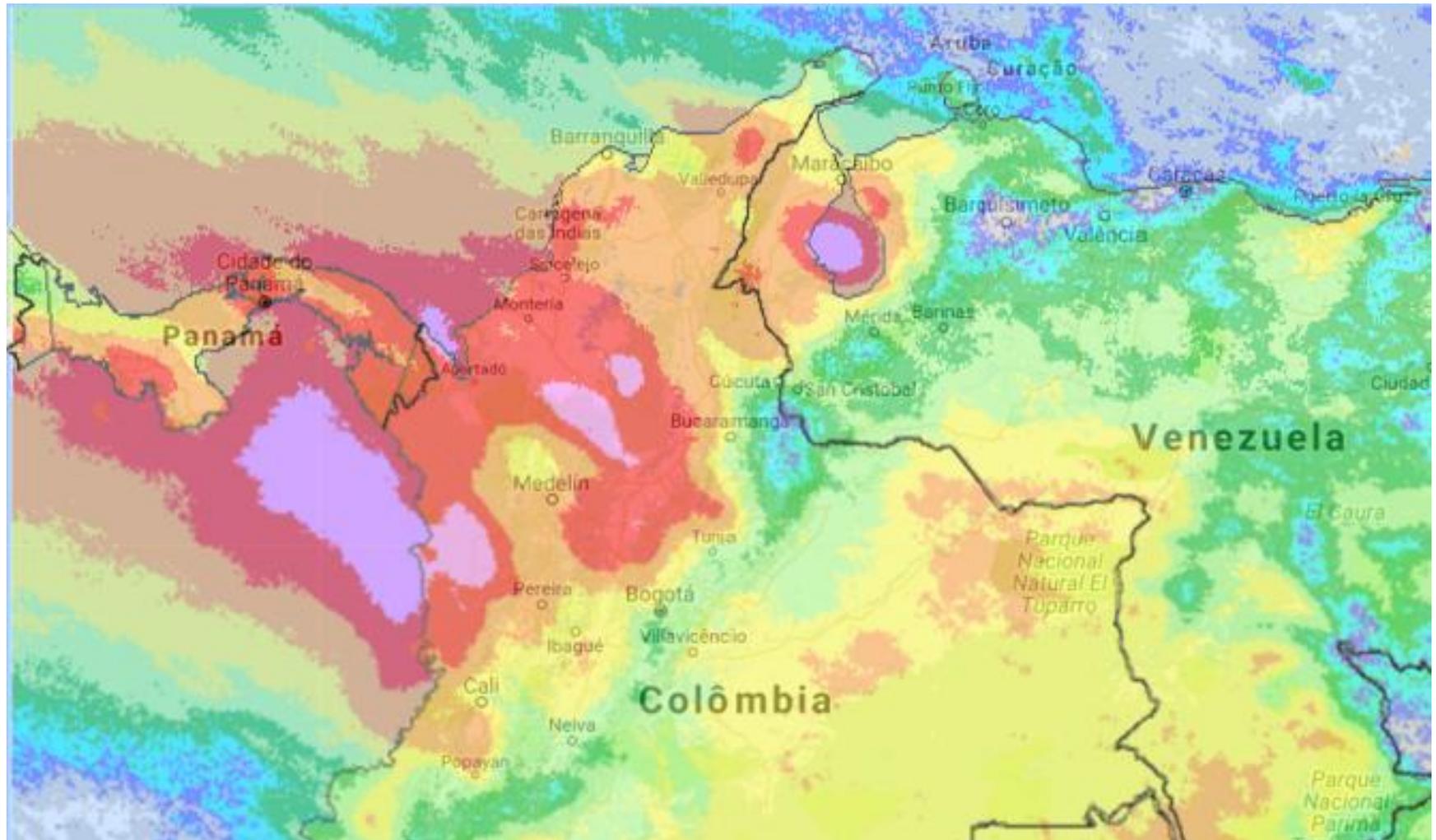


CLIMATOLOGIA

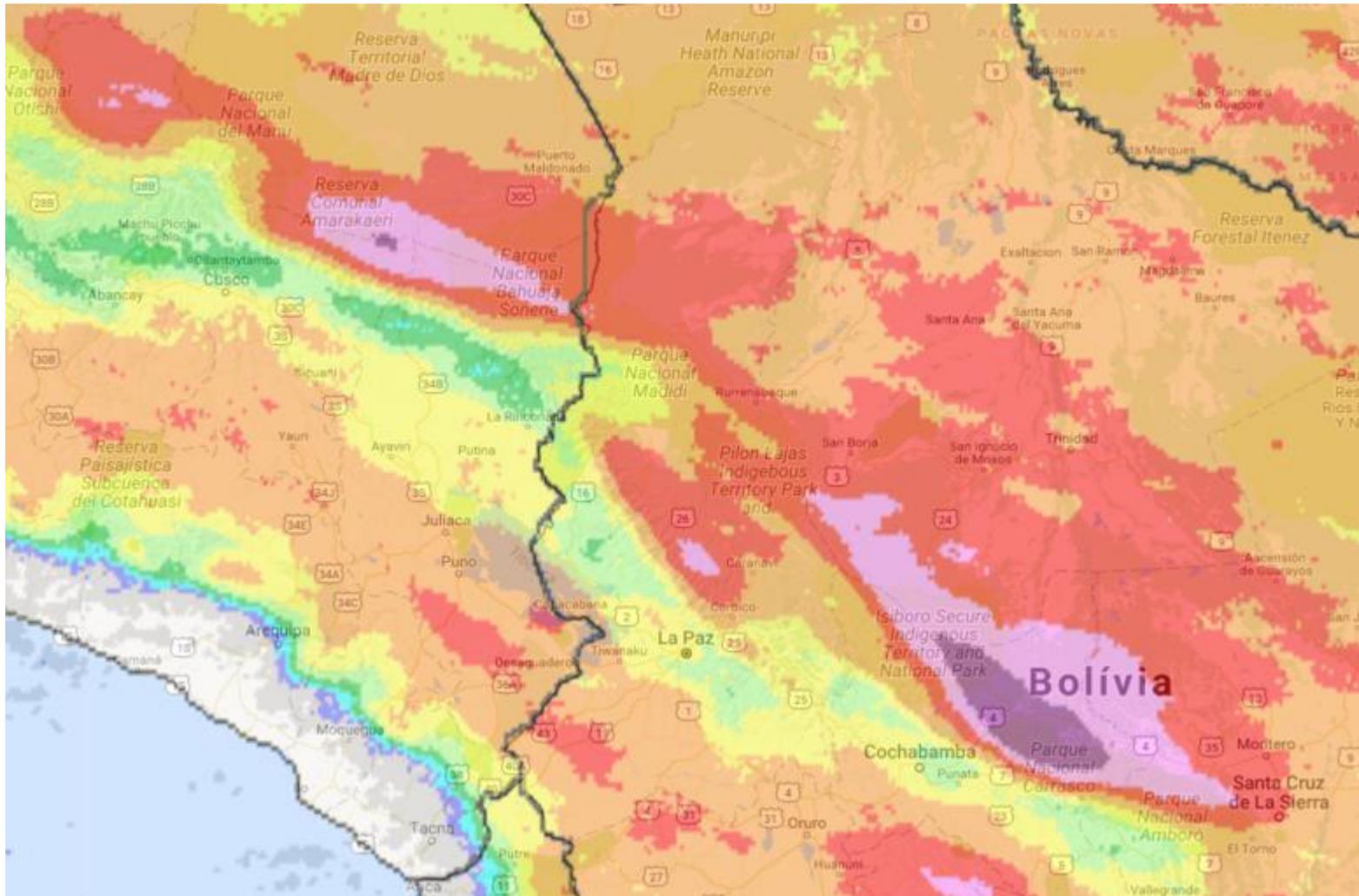
- 2012 – 2017
- Grade de 3 x 3 km²



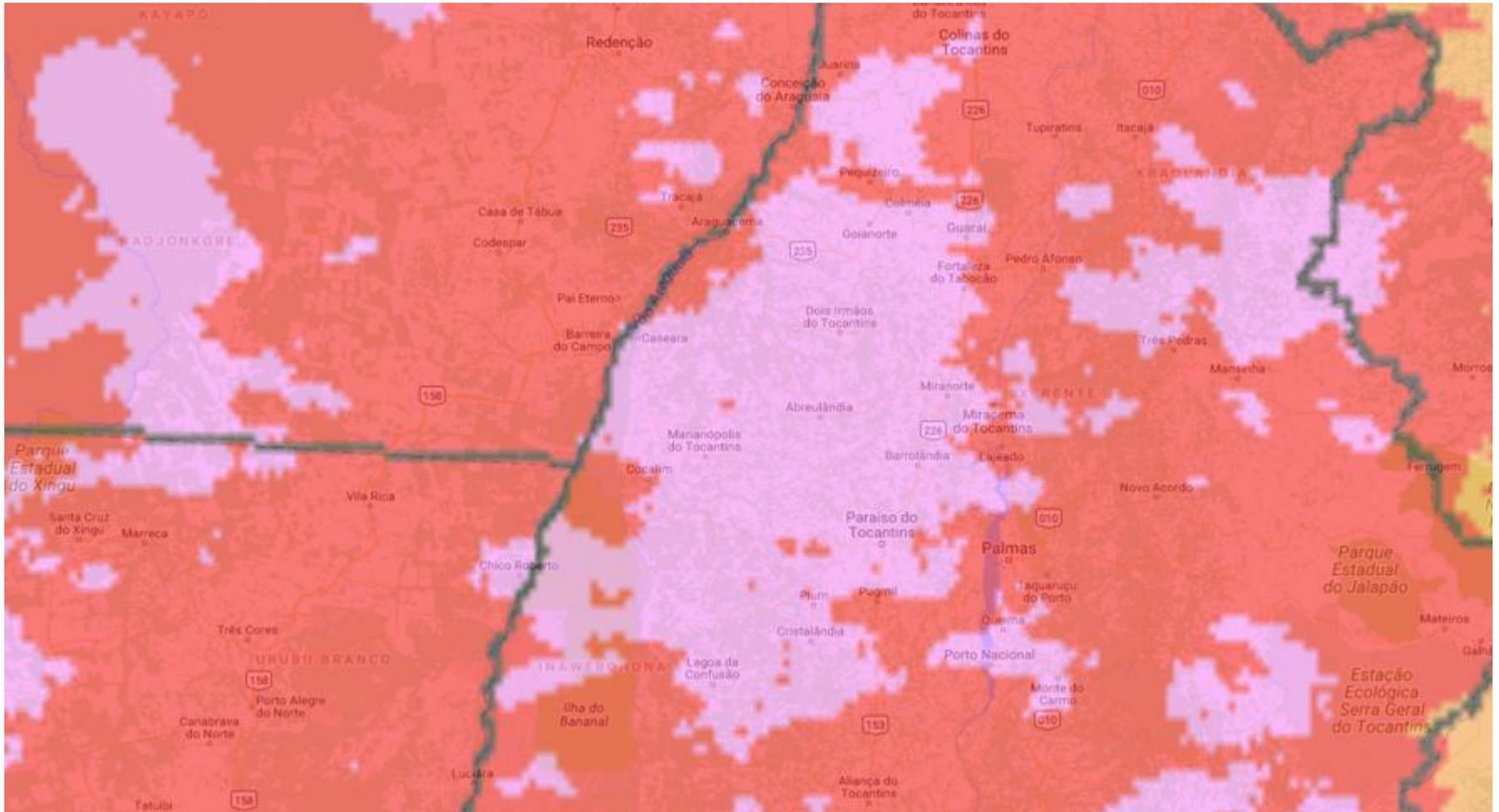
1- Colômbia e Venezuela



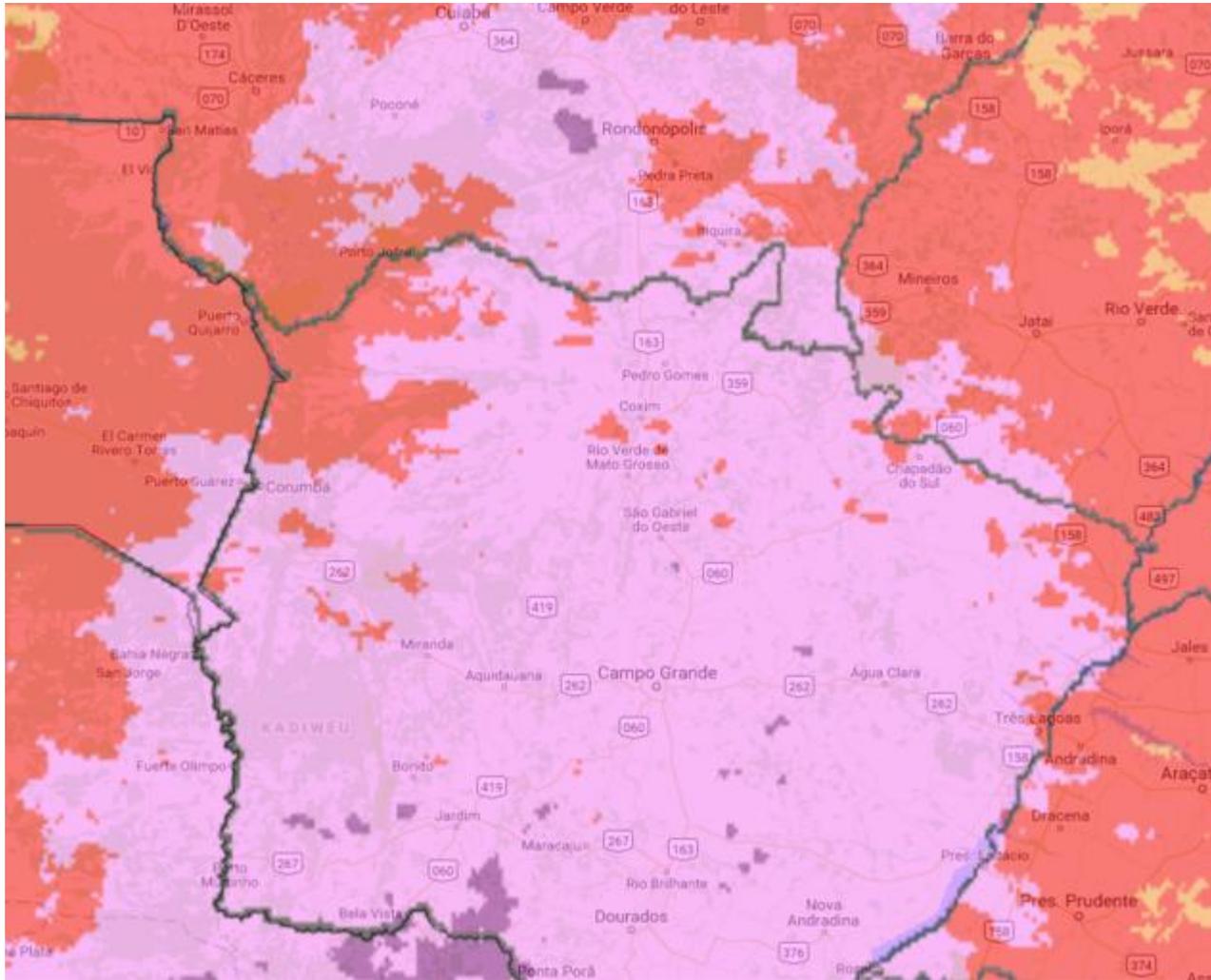
2 - Peru e Bolívia



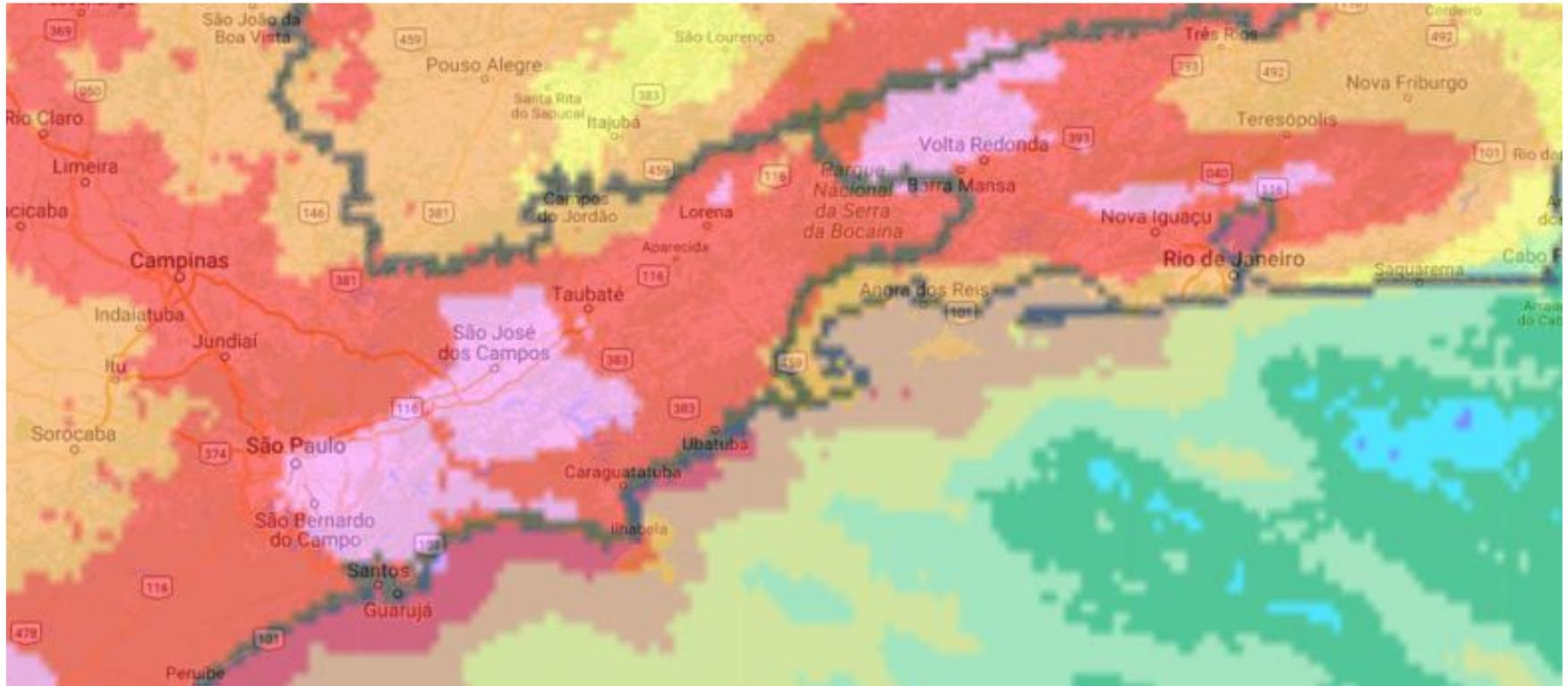
3 - Tocantins



4 -Mato Grosso e Mato Grosso do Sul



5 -Vale do Paraíba

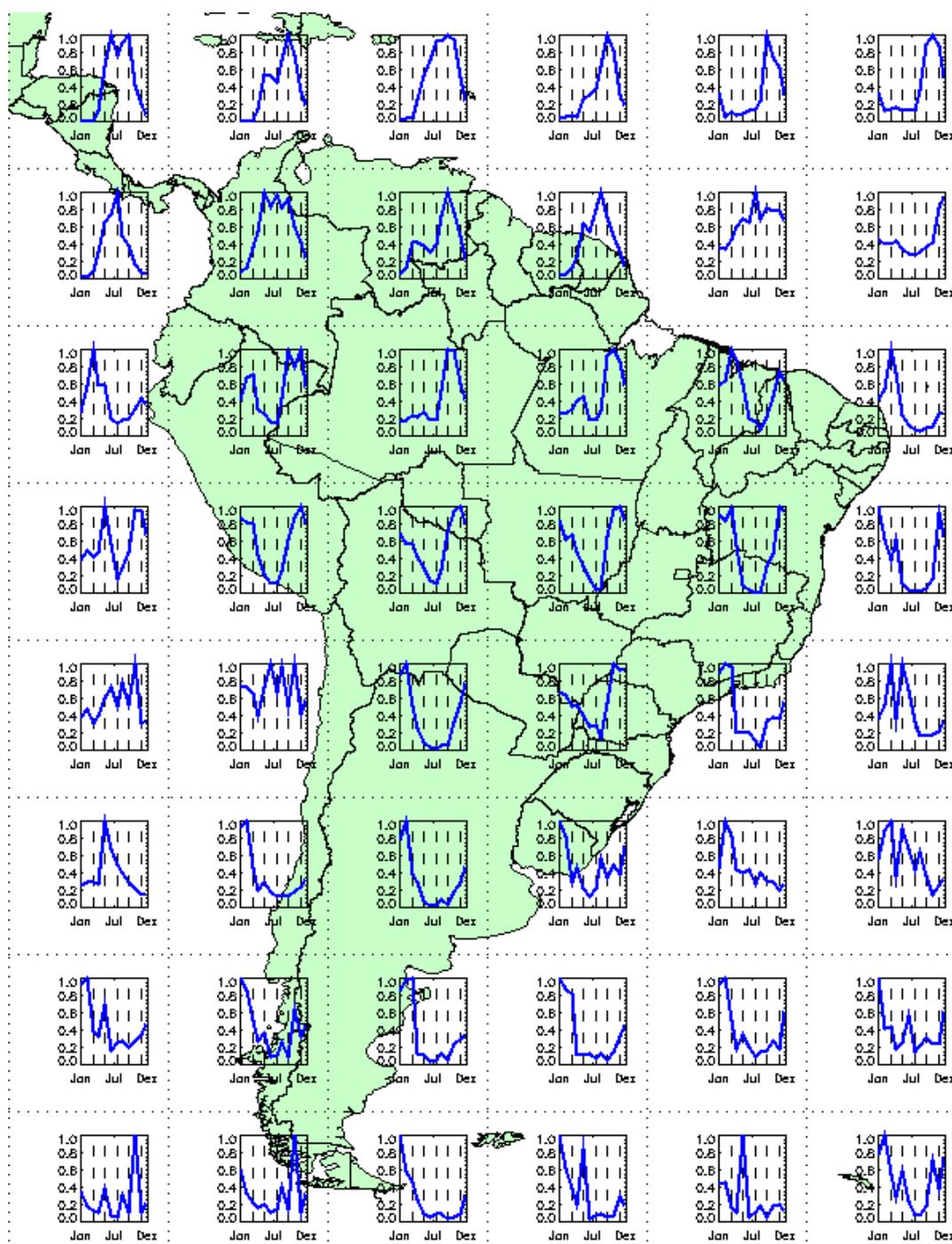


Oscilações Temporais

- Ciclo Anual
- Ciclo Diurno

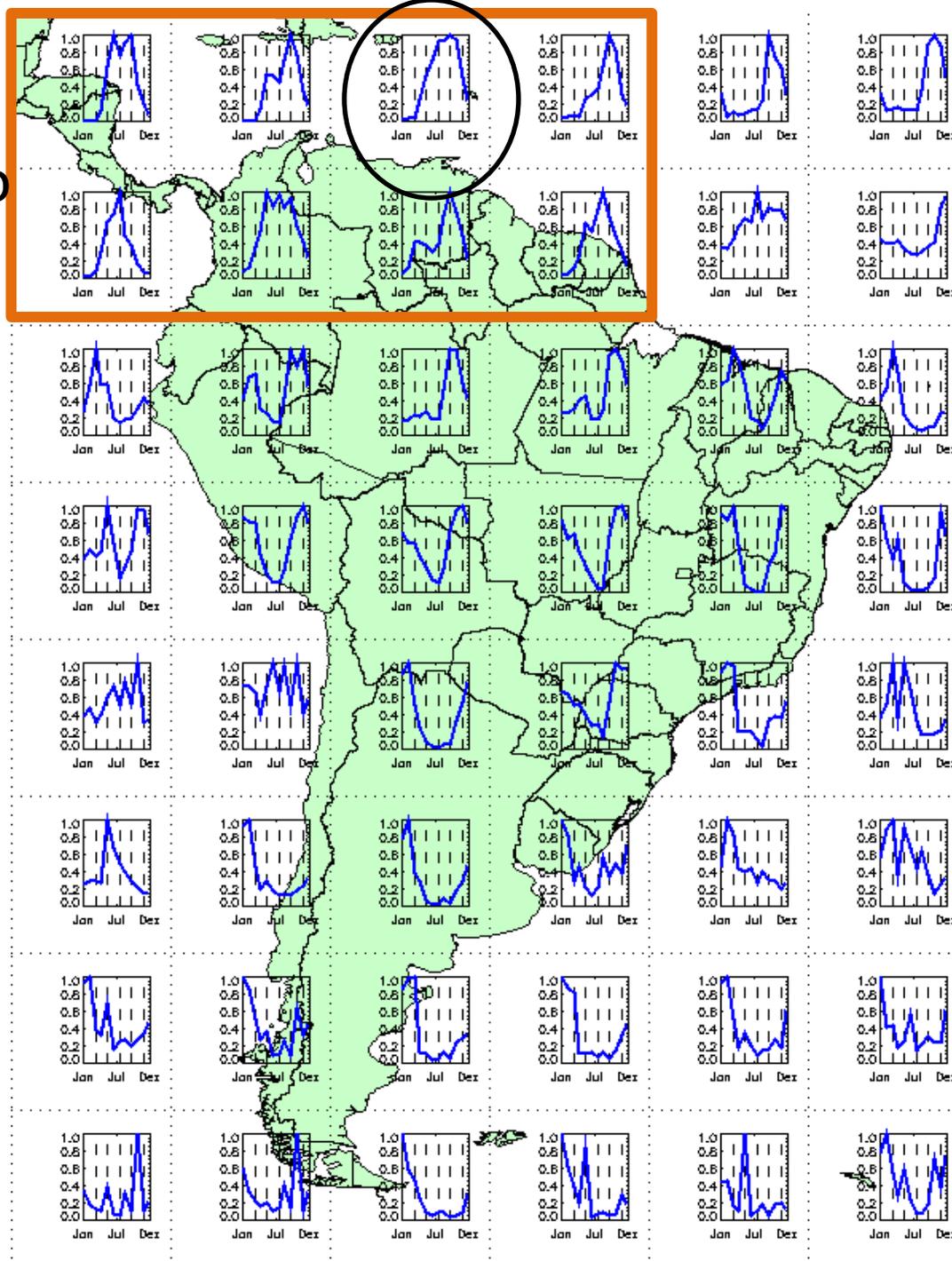
Ciclo Anual

Ciclo Anual



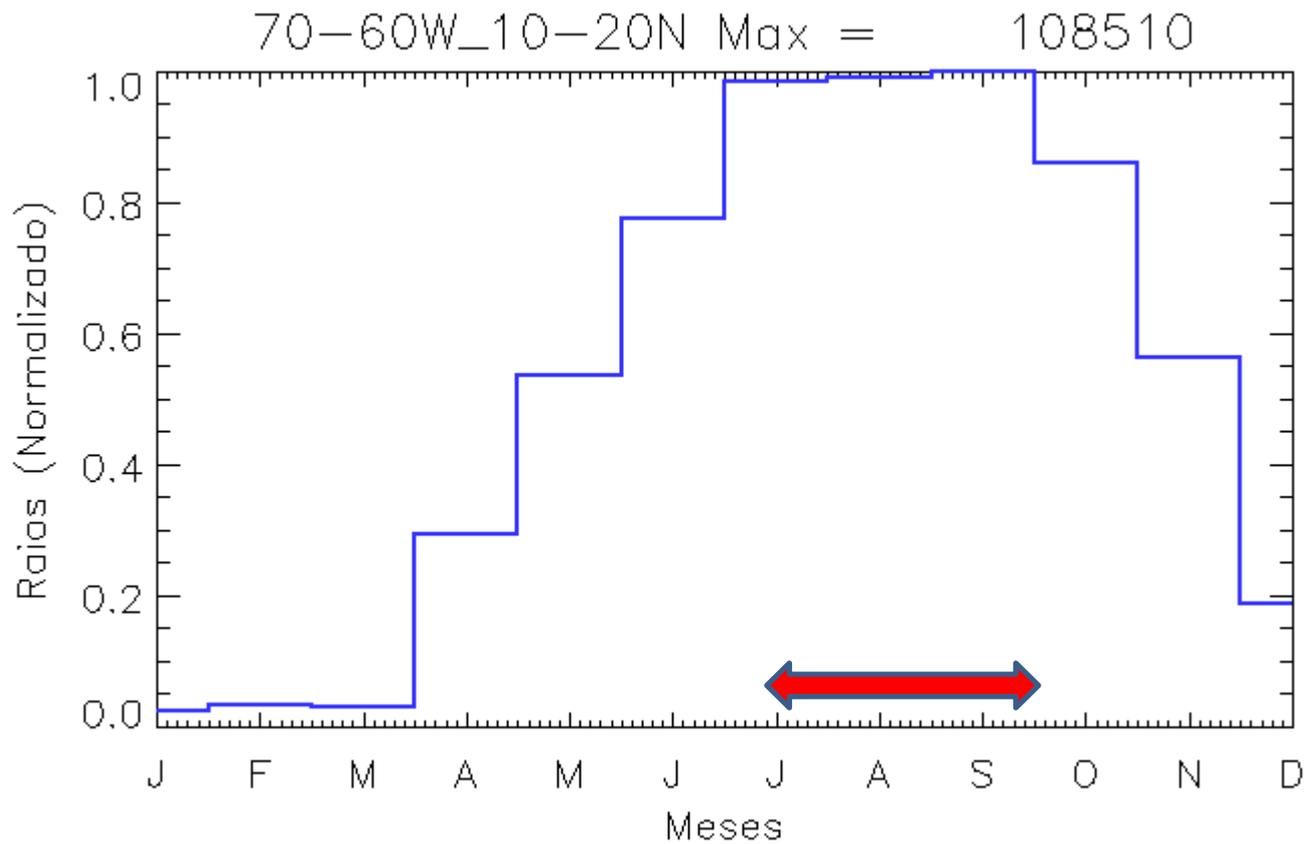
Verão
Hemisfério
Norte

*Ciclo
Anual*



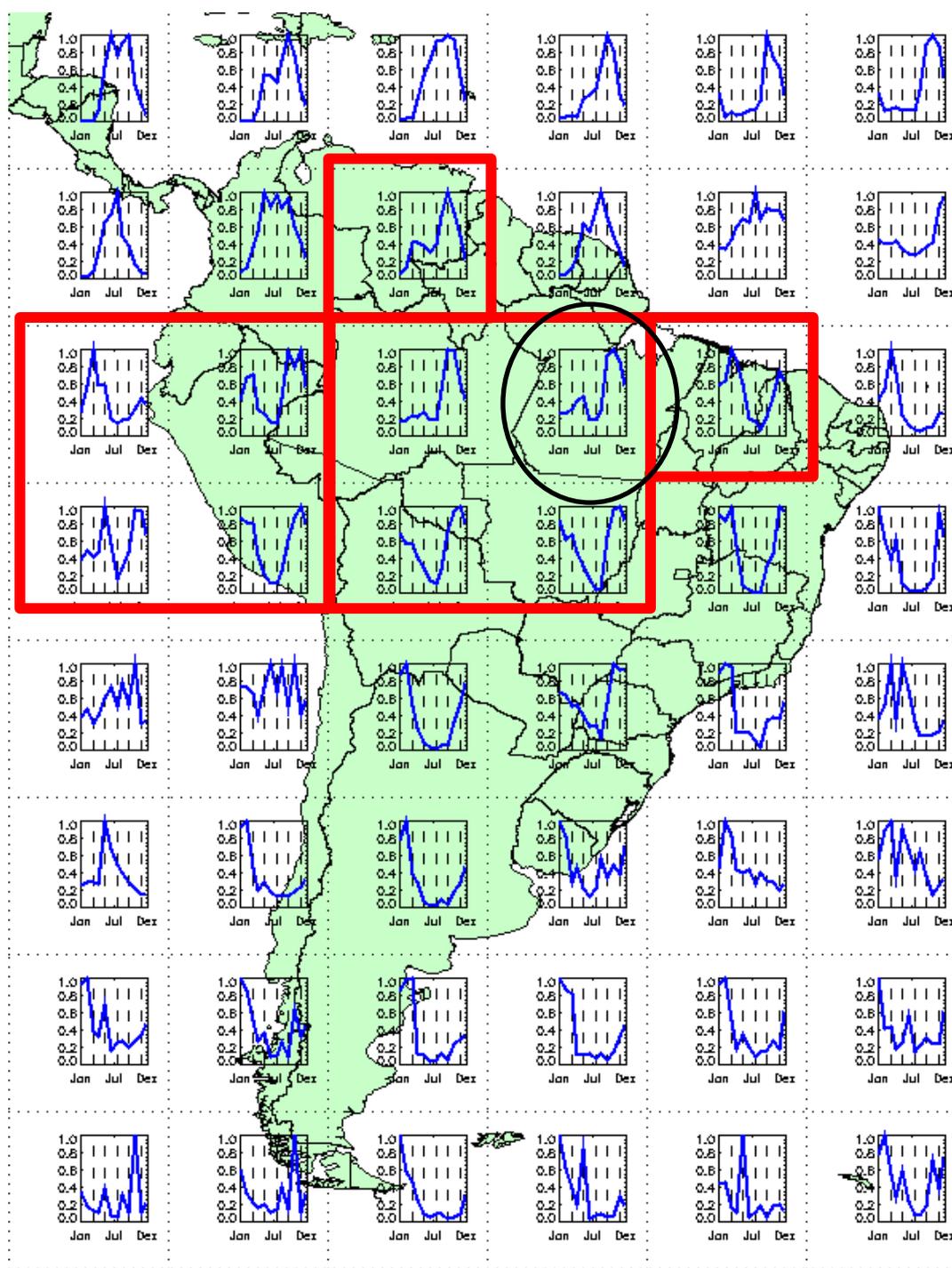
Verão
Hemisfério
Norte

**Ciclo
Anual**



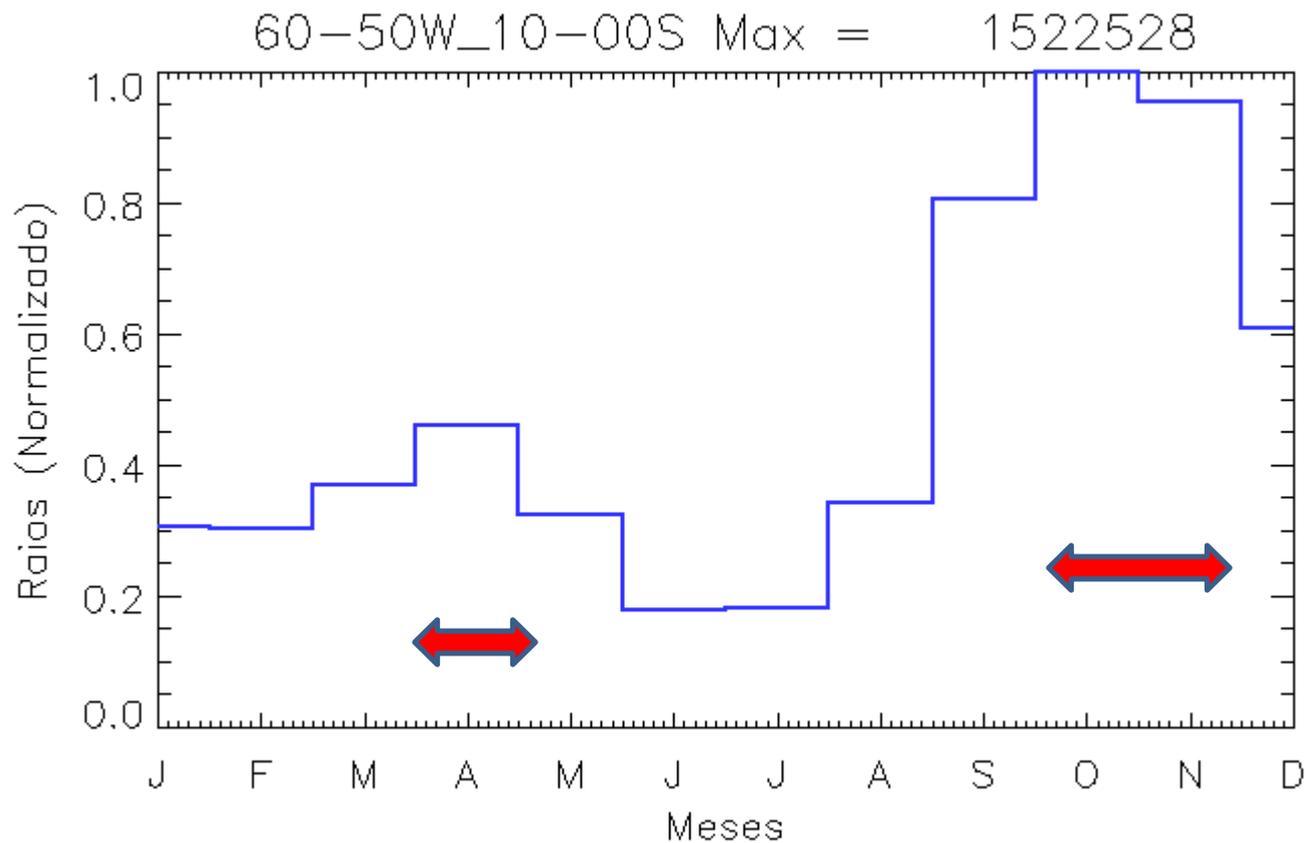
Ciclo Anual

2 Máximos

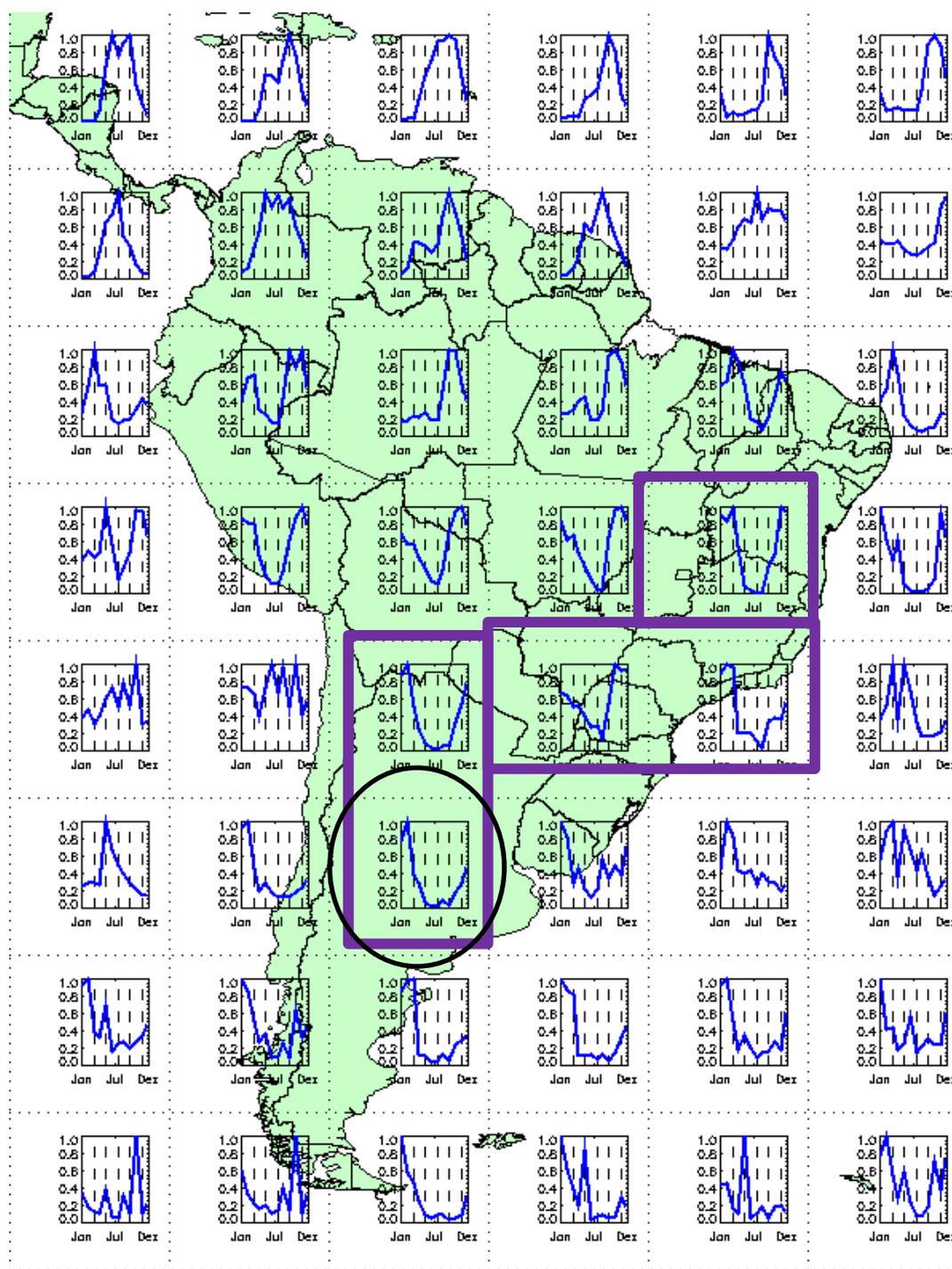


Ciclo Anual

2 Máximos



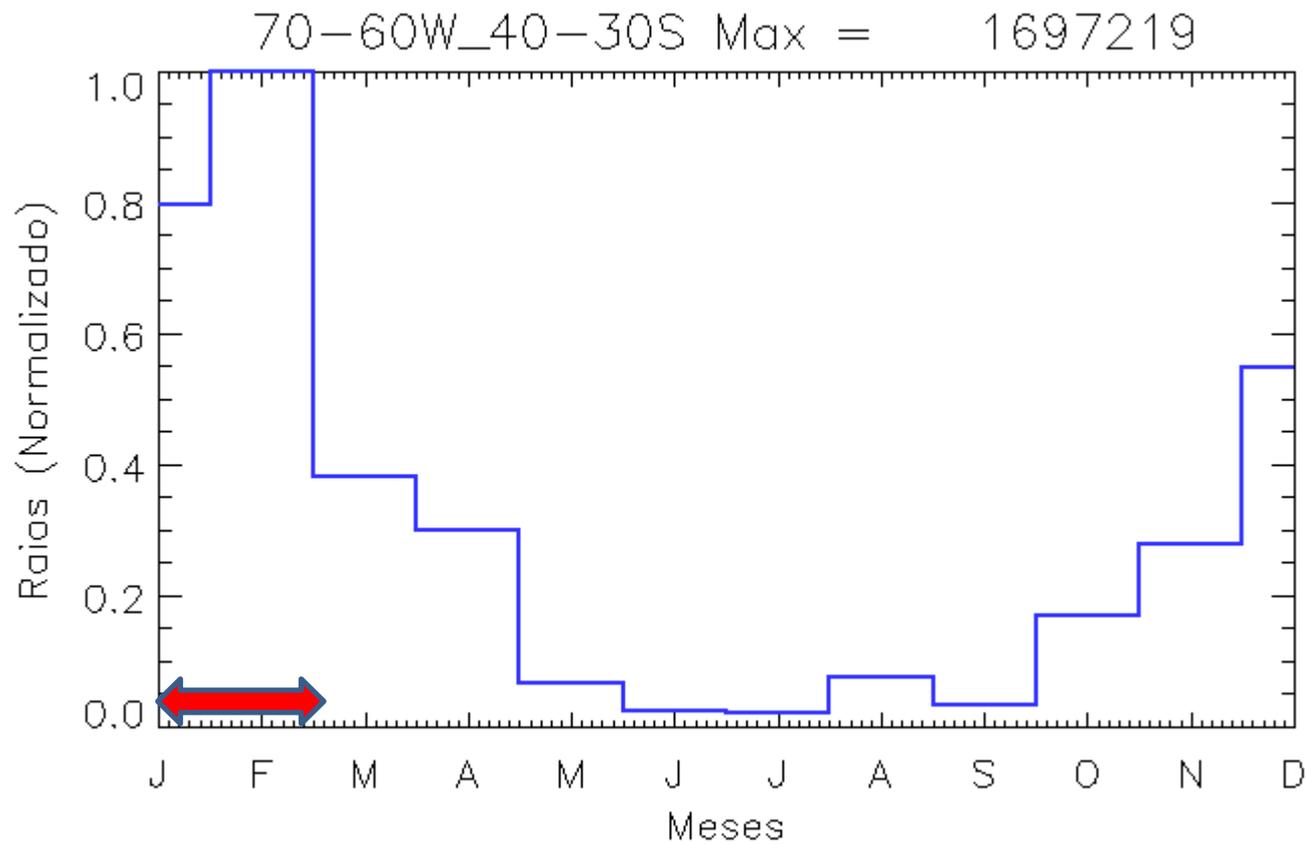
Ciclo Anual



Verão Hemisfério Sul

Ciclo Anual

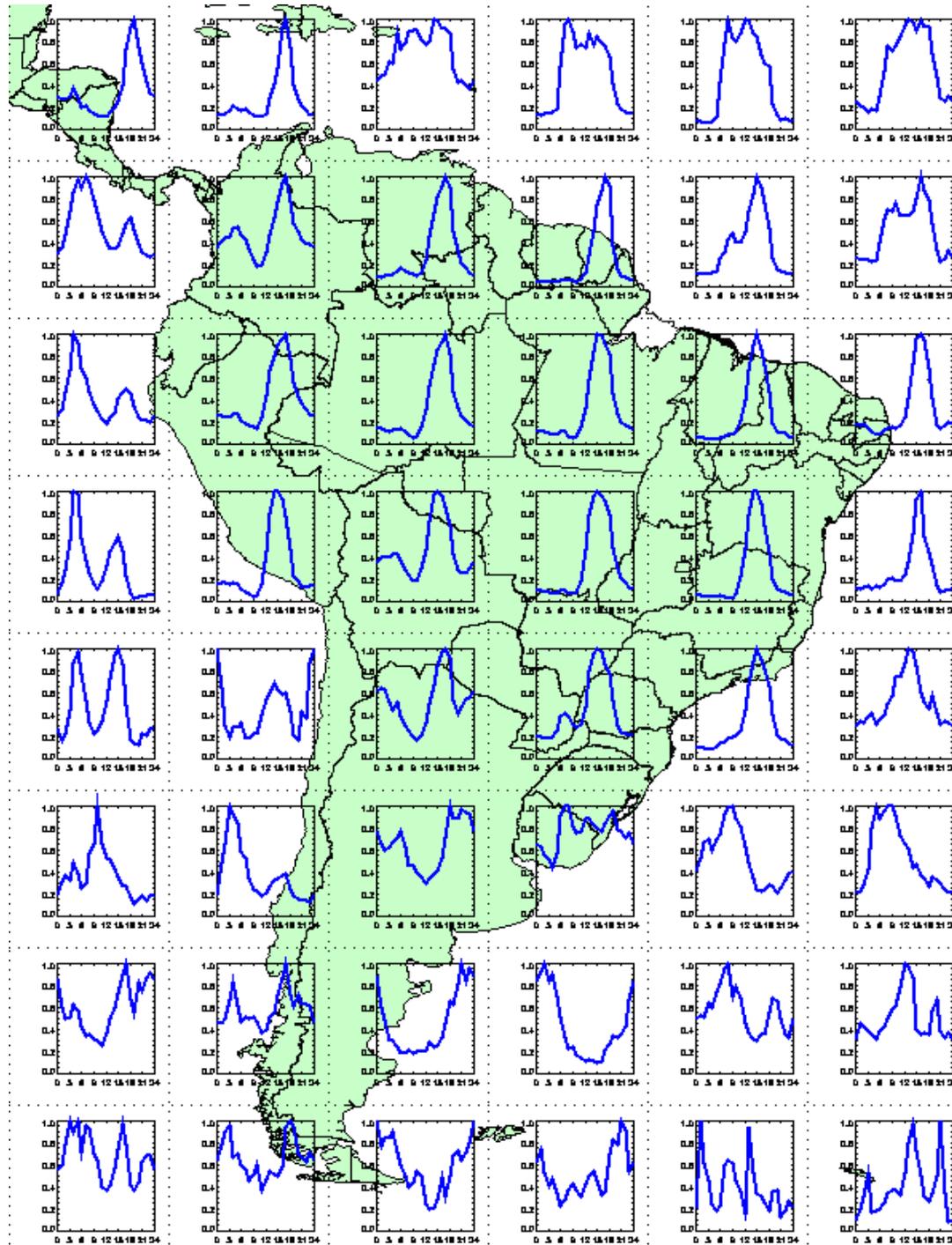
Verão Hemisfério Sul



Ciclo Diurno

Ciclo Diurno

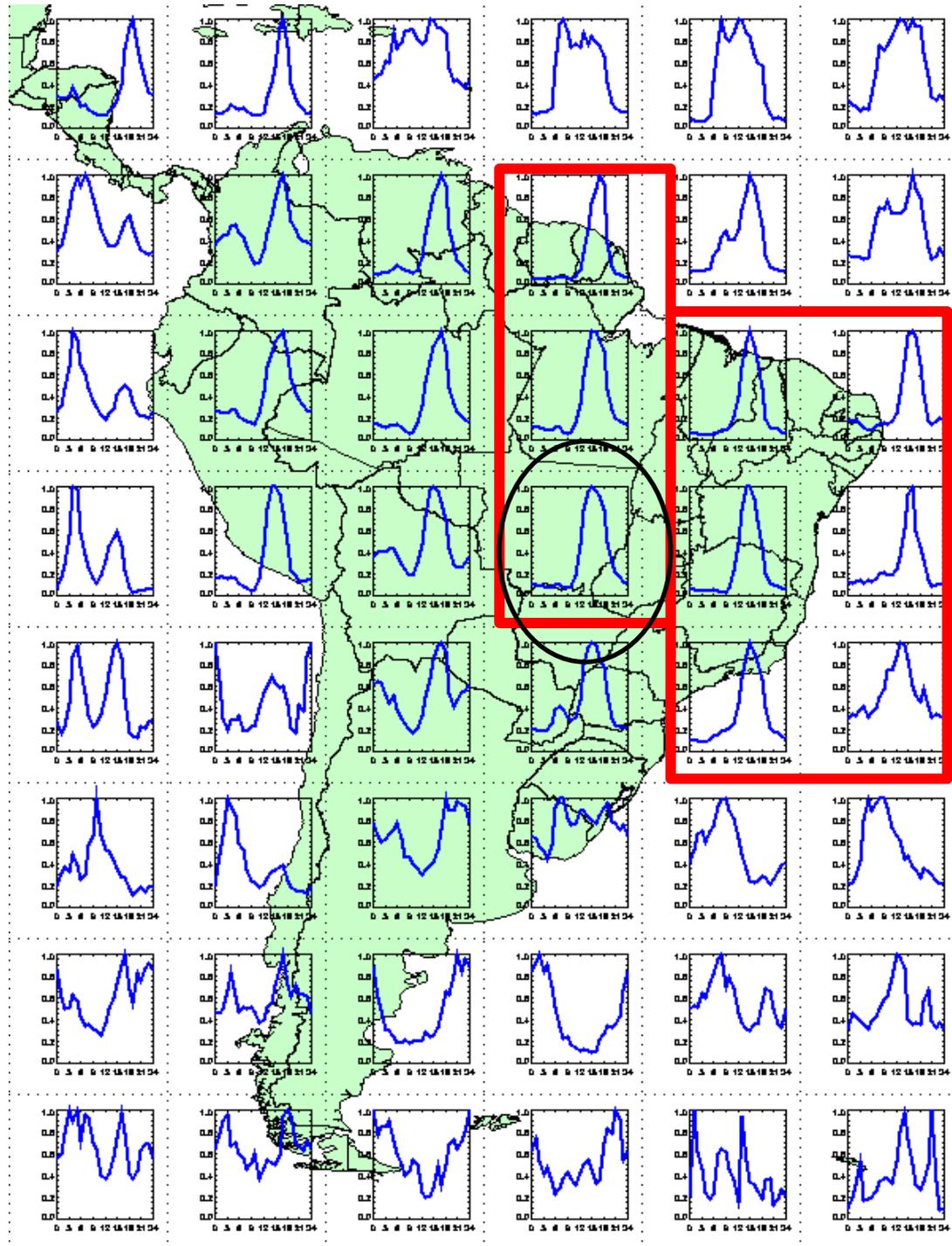
1 Máximo
2 Máximos
Sem definição



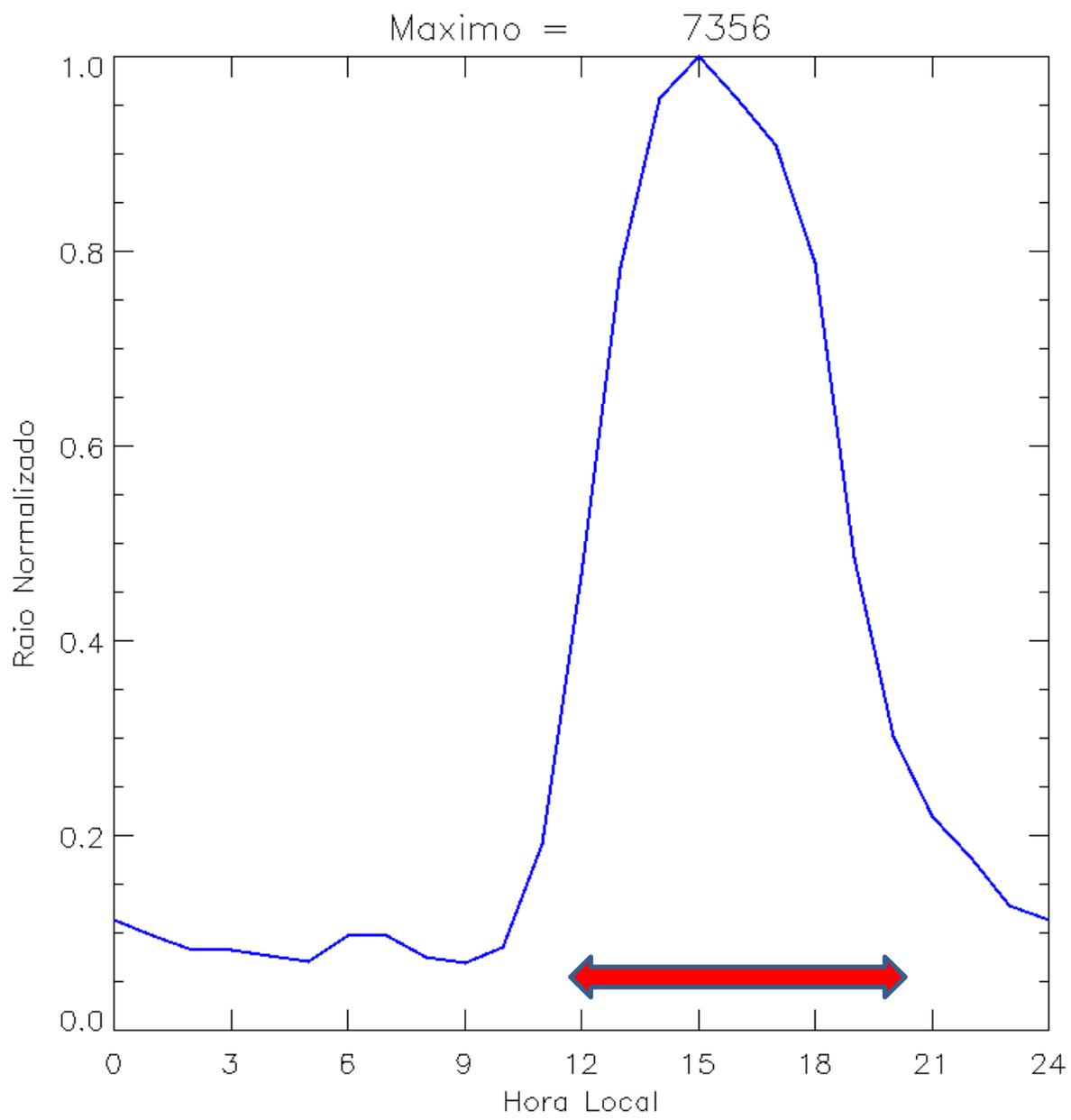
Ciclo Diurno

Tarde

Aquecimento diurno



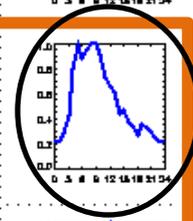
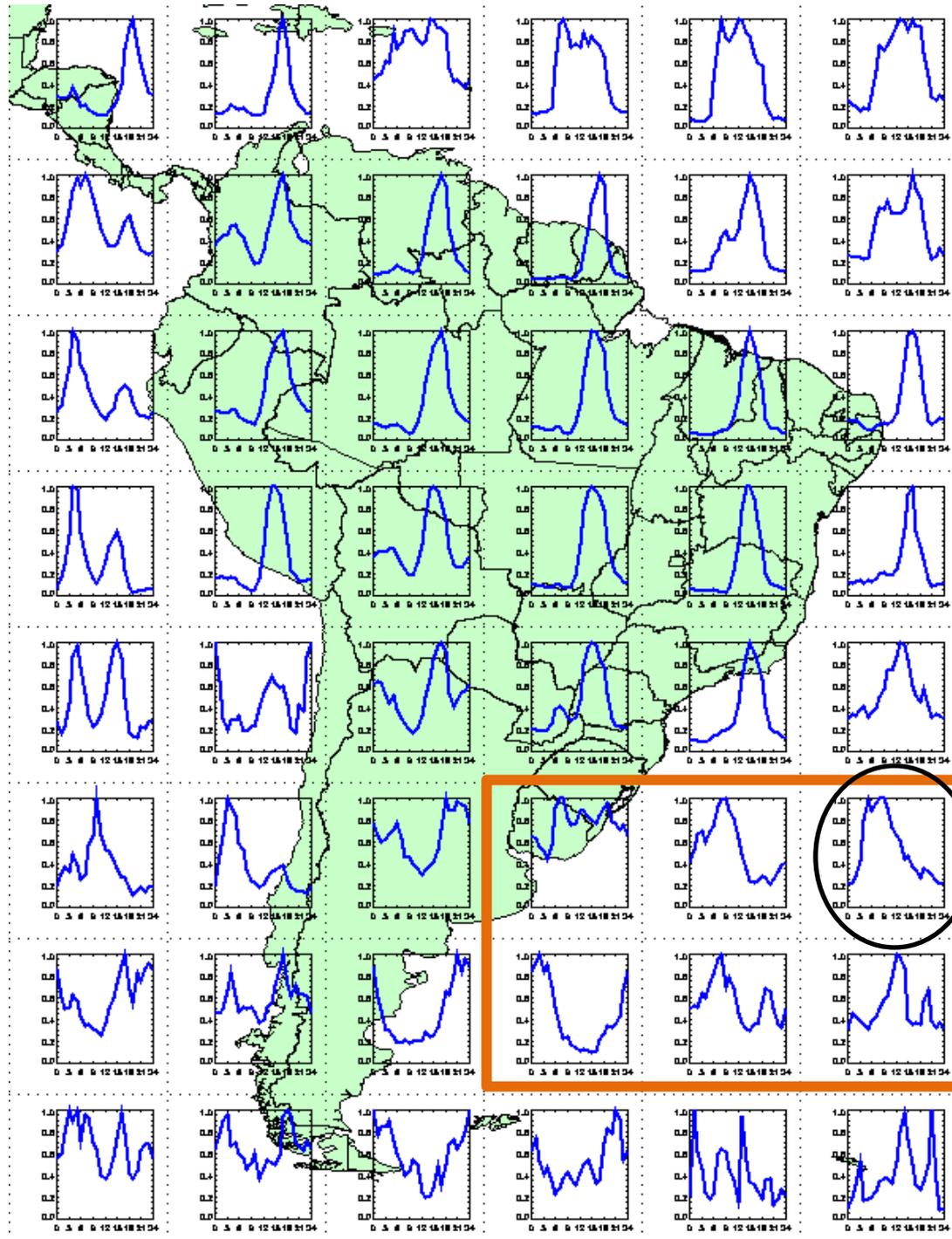
Ciclo Diurno



Tarde

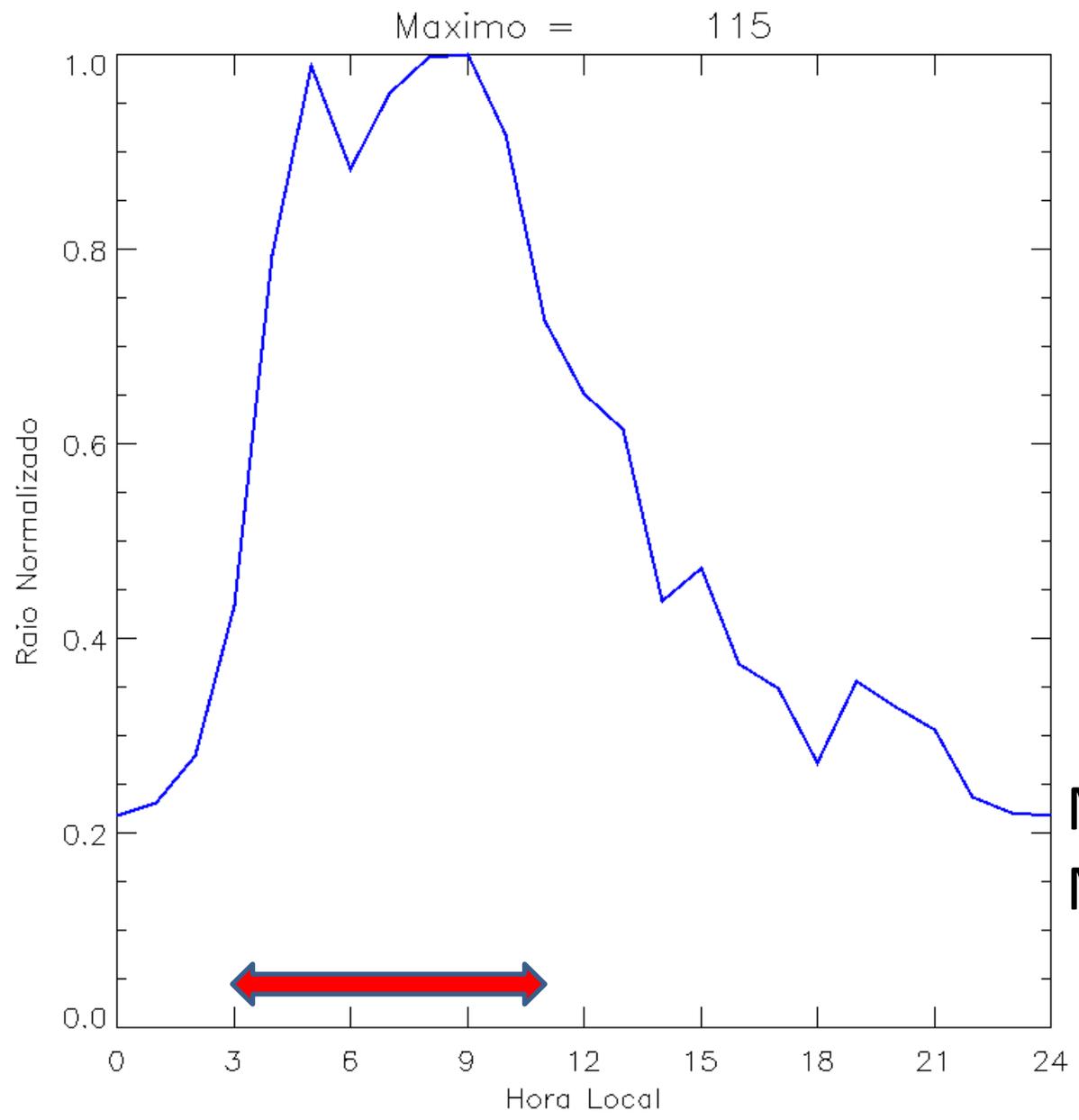
Ciclo Diurno

Radiativo e dinâmico



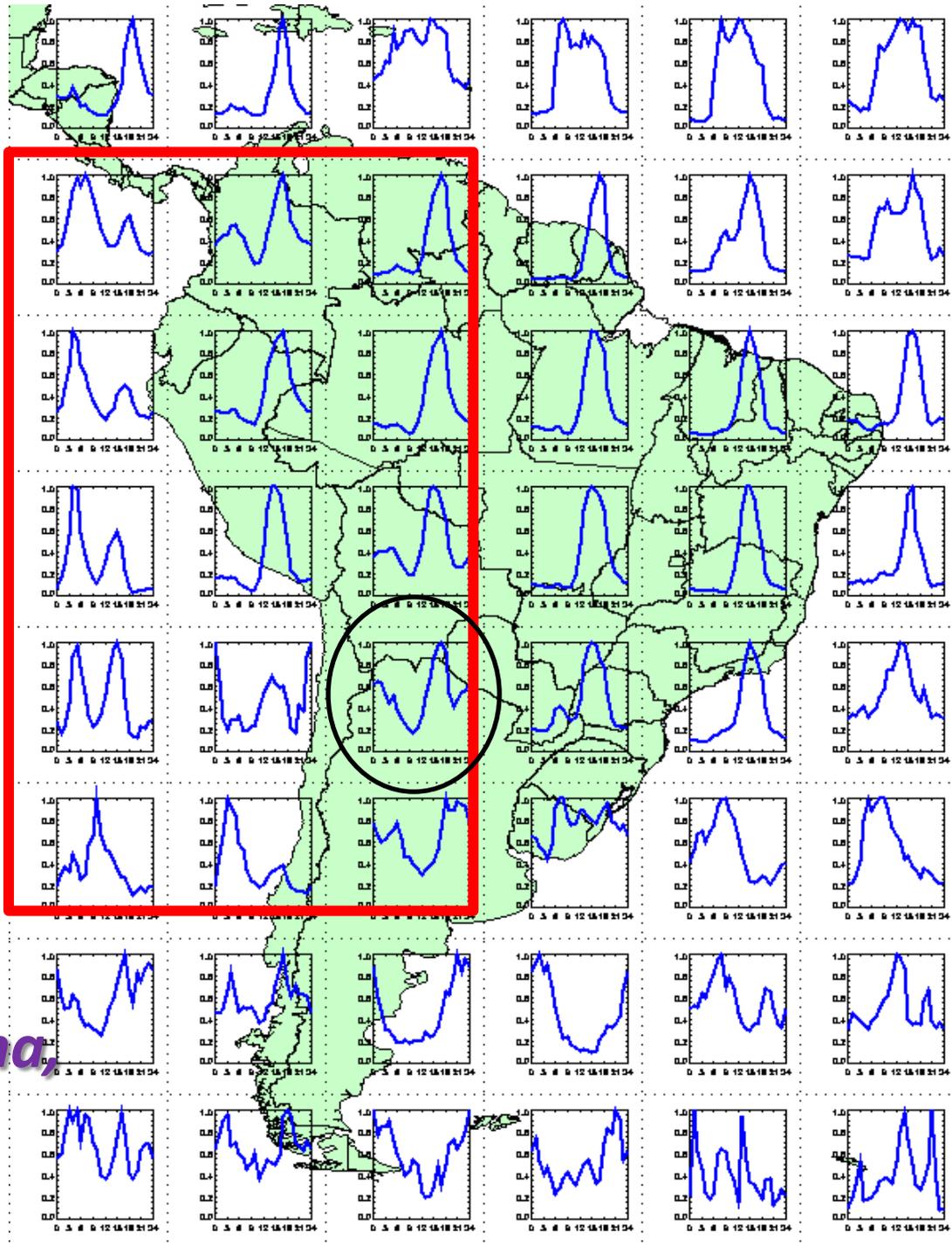
Madrugada

Ciclo Diurno



Madrugada
Manhã

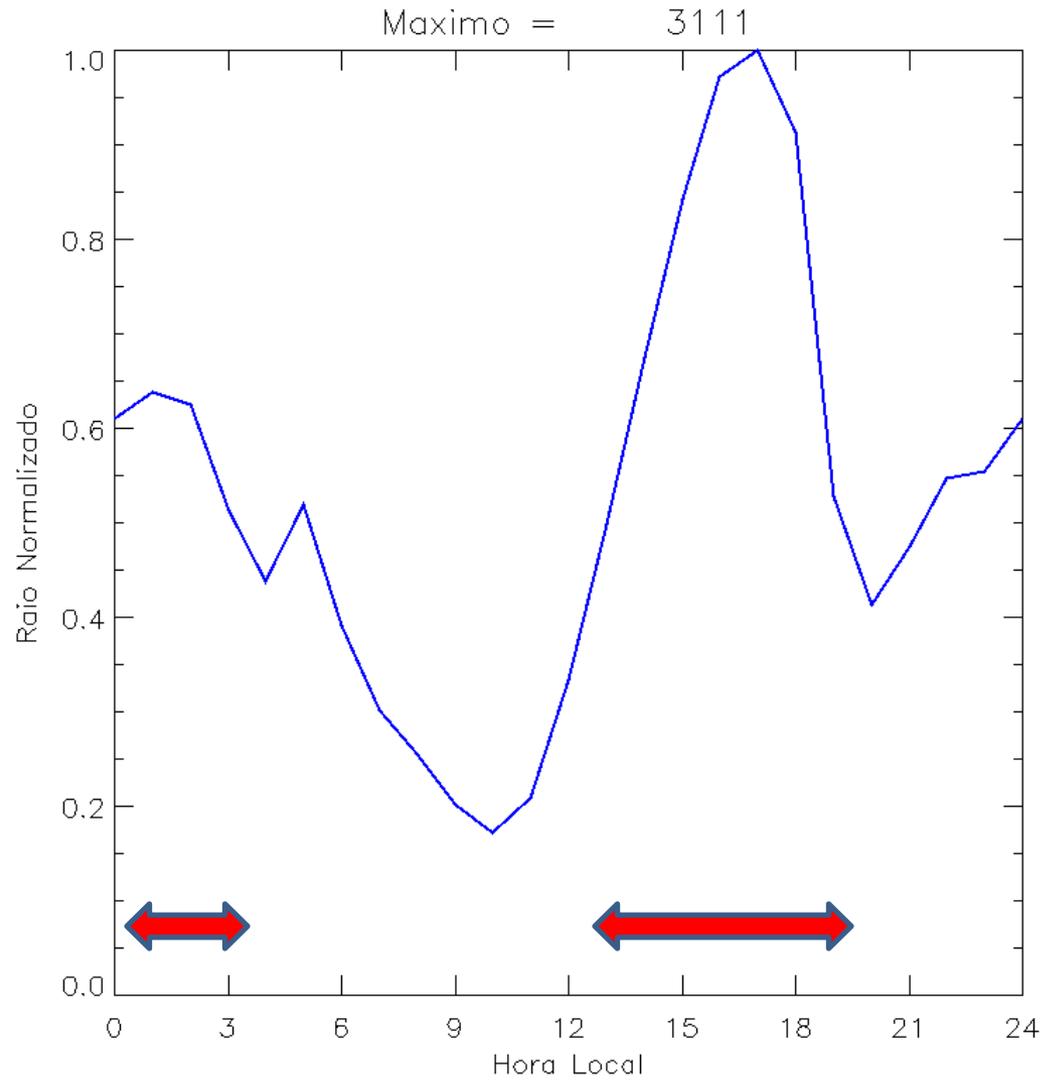
Ciclo Diurno



Tarde e Noite

Aquecimento Diurno, Orografia e Circulações Vale-Montanha, brisa

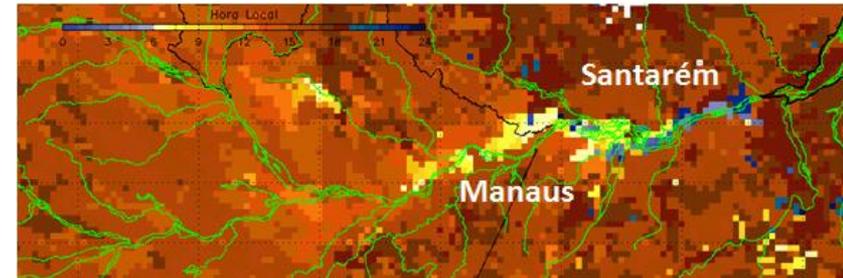
Ciclo Diurno



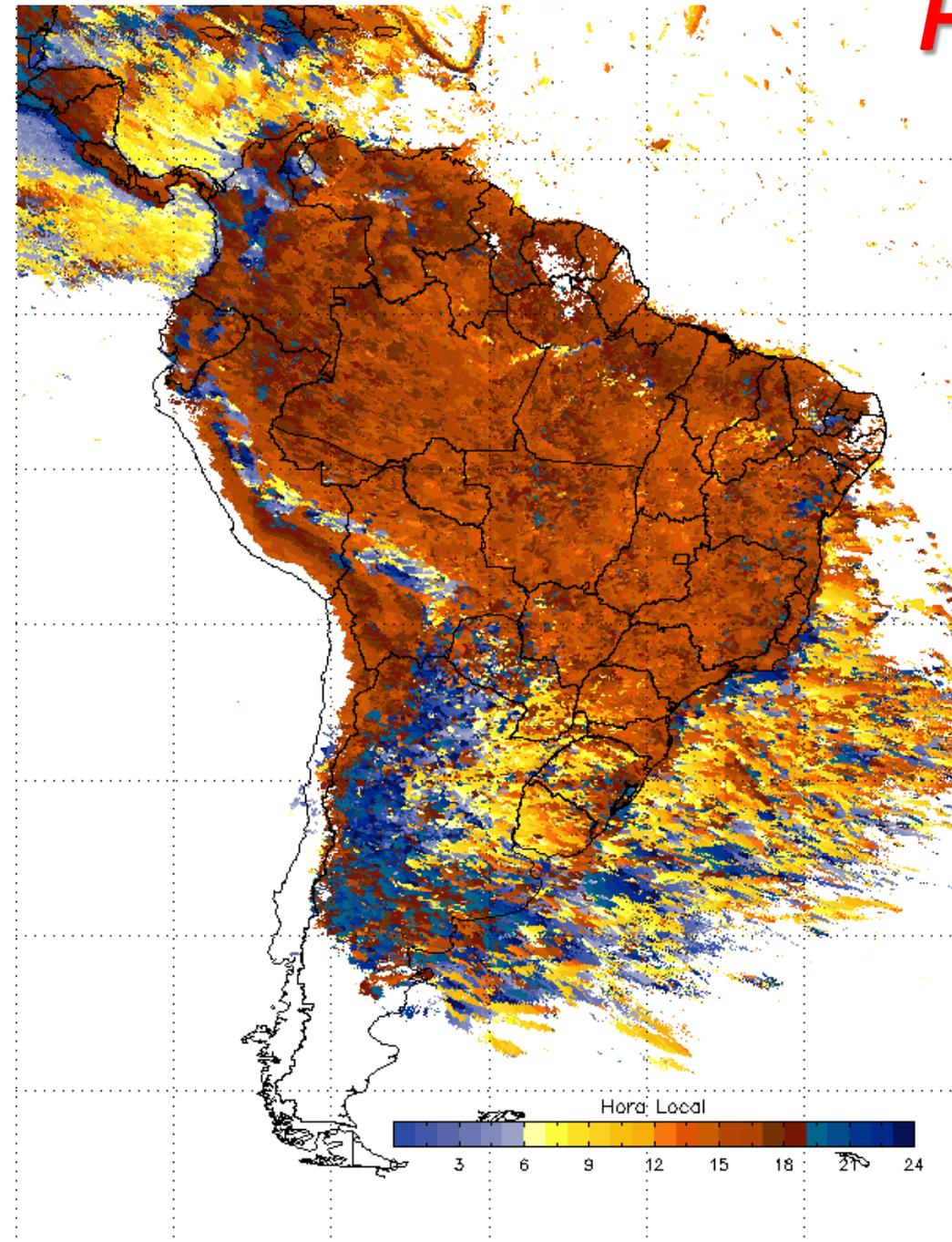
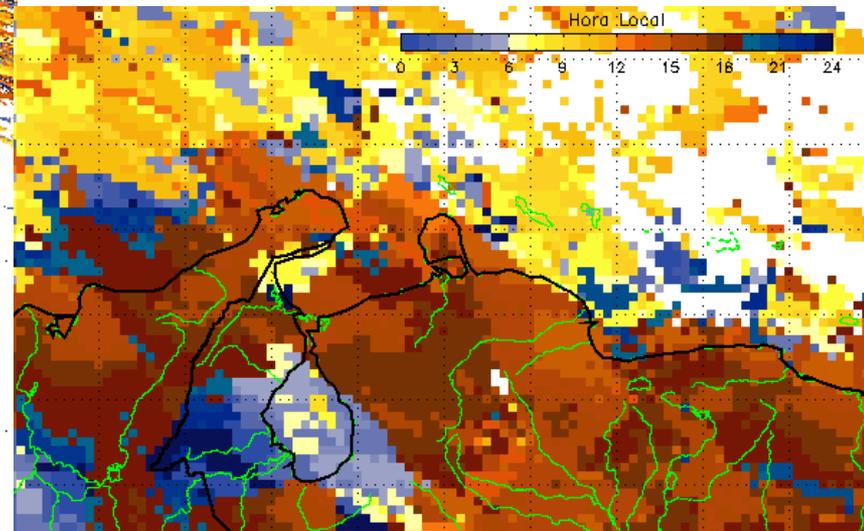
Tarde e Noite

Horário de Máxima Atividade Elétrica

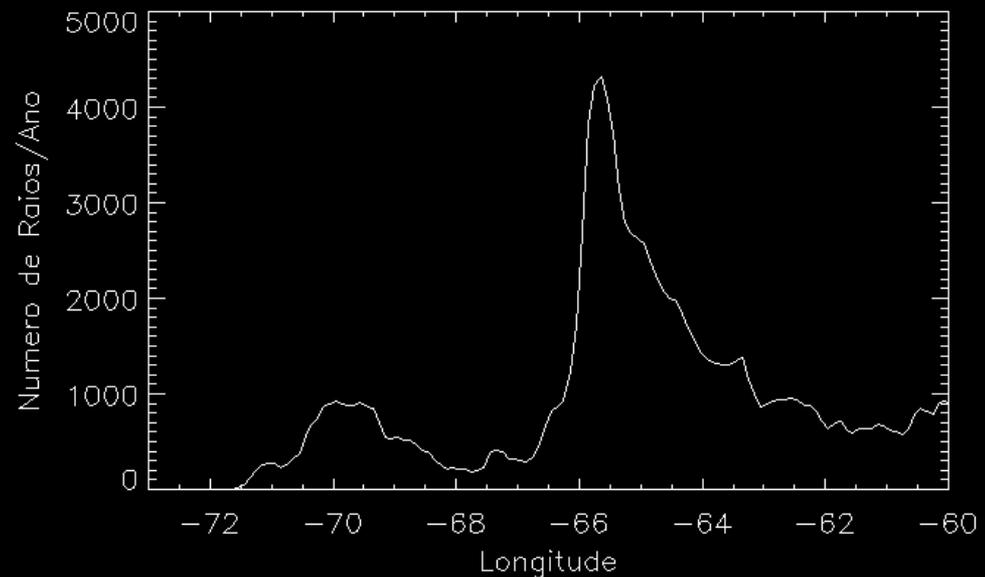
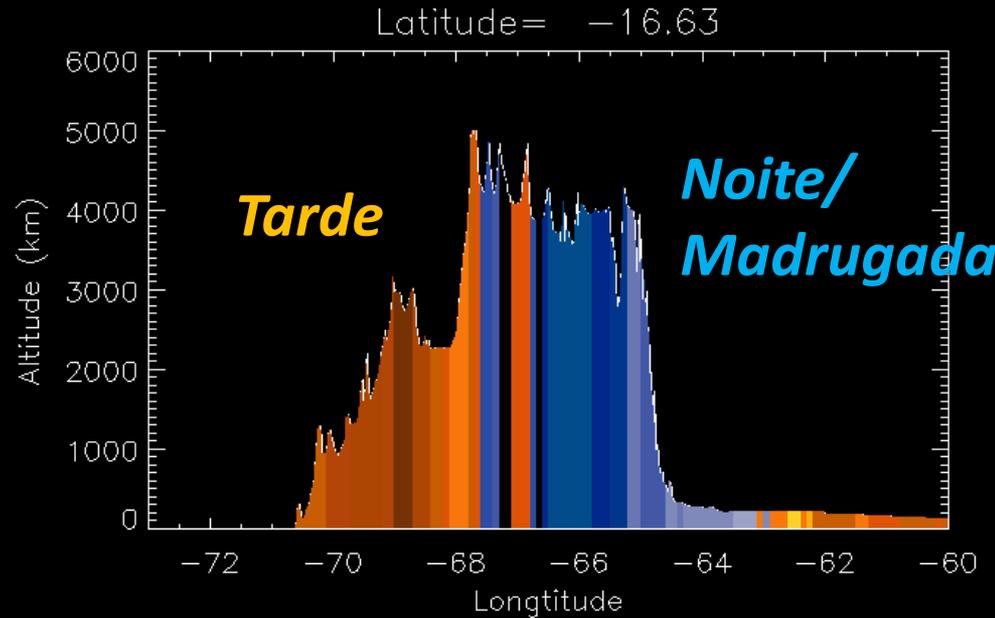
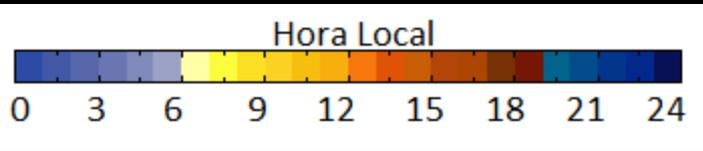
Rio Amazonas



Lago de Maracaíbo



Efeito da topografia e aquecimento diurno

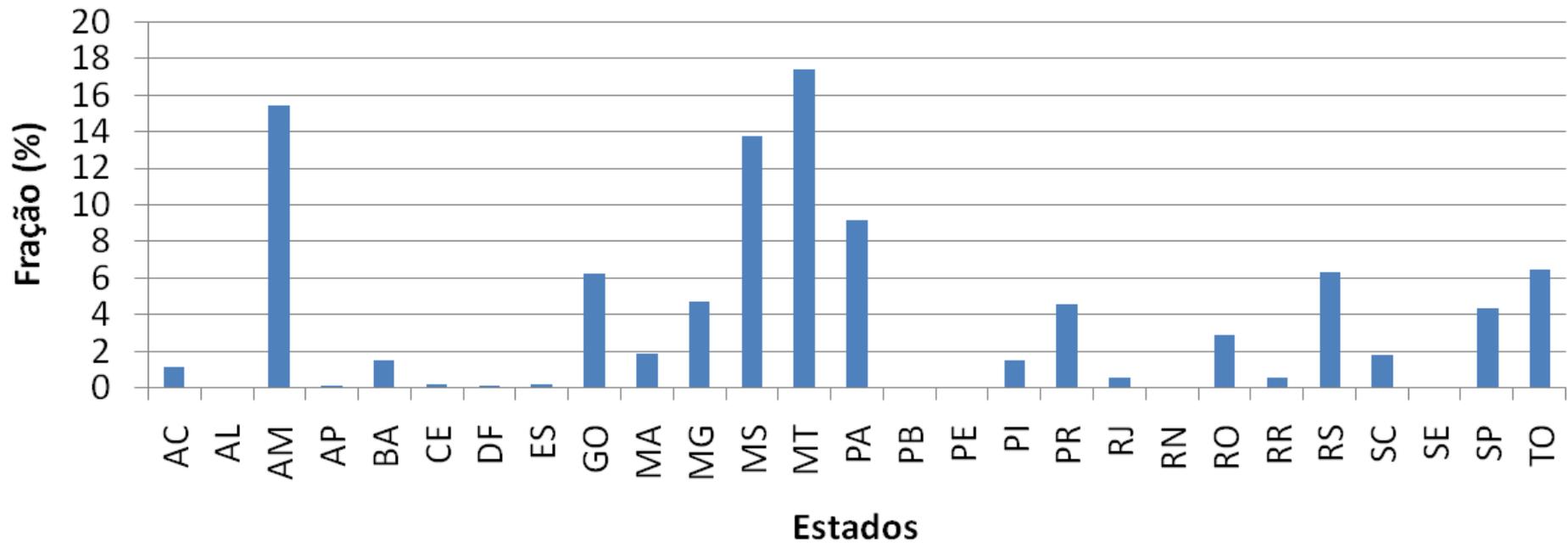


Ranking de raios no Brasil
~ 160 milhões de raios
nuvem-terra por ano

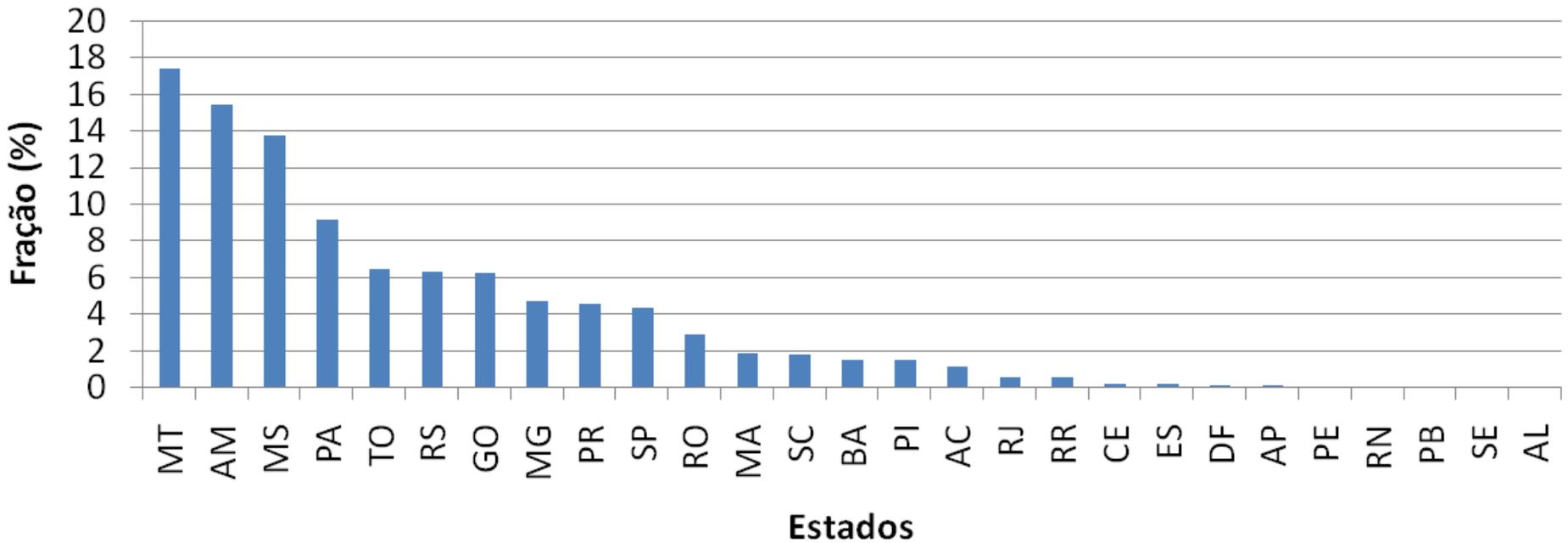
| Estado | Número de Raios | Área (km ²) | Densidade (raios/km ²) | Fração (%) |
|---------|-----------------|-------------------------|------------------------------------|------------|
| AC | 1.740.211 | 164.123,71 | 10,603 | 1,08 |
| AL | 12.723 | 27.848,16 | 0,457 | 0,01 |
| AM (2º) | 24.710.649 | 1.559.149,07 | 15,849 | 15,40 |
| AP | 98.474 | 142.828,52 | 0,689 | 0,06 |
| BA | 2.319.460 | 564.732,64 | 4,107 | 1,45 |
| CE | 247.411 | 148.887,63 | 1,662 | 0,15 |
| DF | 131.363 | 5.780,00 | 22,727 | 0,08 |
| ES | 201.600 | 46.089,39 | 4,374 | 0,13 |
| GO | 9.920.154 | 340.110,39 | 29,167 | 6,18 |
| MA | 2.910.351 | 331.936,96 | 8,768 | 1,81 |
| MG | 7.451.769 | 586.521,24 | 12,705 | 4,64 |
| MS (3º) | 22.048.883 | 357.145,53 | 61,736 | 13,74 |
| MT (1º) | 27.910.743 | 903.198,09 | 30,902 | 17,39 |
| PA (4º) | 14.678.349 | 1.247.955,38 | 11,762 | 9,15 |
| PB | 25.806 | 56.468,43 | 0,457 | 0,02 |
| PE | 62.777 | 98.076,00 | 0,640 | 0,04 |
| PI | 2.309.897 | 251.611,93 | 9,180 | 1,44 |
| PR | 7.262.026 | 199.307,99 | 36,436 | 4,52 |
| RJ | 872.091 | 43.781,57 | 19,919 | 0,54 |
| RN | 60.014 | 52.811,11 | 1,136 | 0,04 |
| RO | 4.592.294 | 237.765,38 | 19,314 | 2,86 |
| RR | 812.817 | 224.301,08 | 3,624 | 0,51 |
| RS (6º) | 10.050.600 | 281.737,95 | 35,674 | 6,26 |
| SC | 2.847.980 | 95.737,90 | 29,748 | 1,77 |
| SE | 21.360 | 21.918,45 | 0,975 | 0,01 |
| SP | 6.935.403 | 248.222,00 | 27,940 | 4,32 |
| TO (5º) | 10.260.297 | 277.720,57 | 36,945 | 6,39 |

Total no Brasil
160.495.503

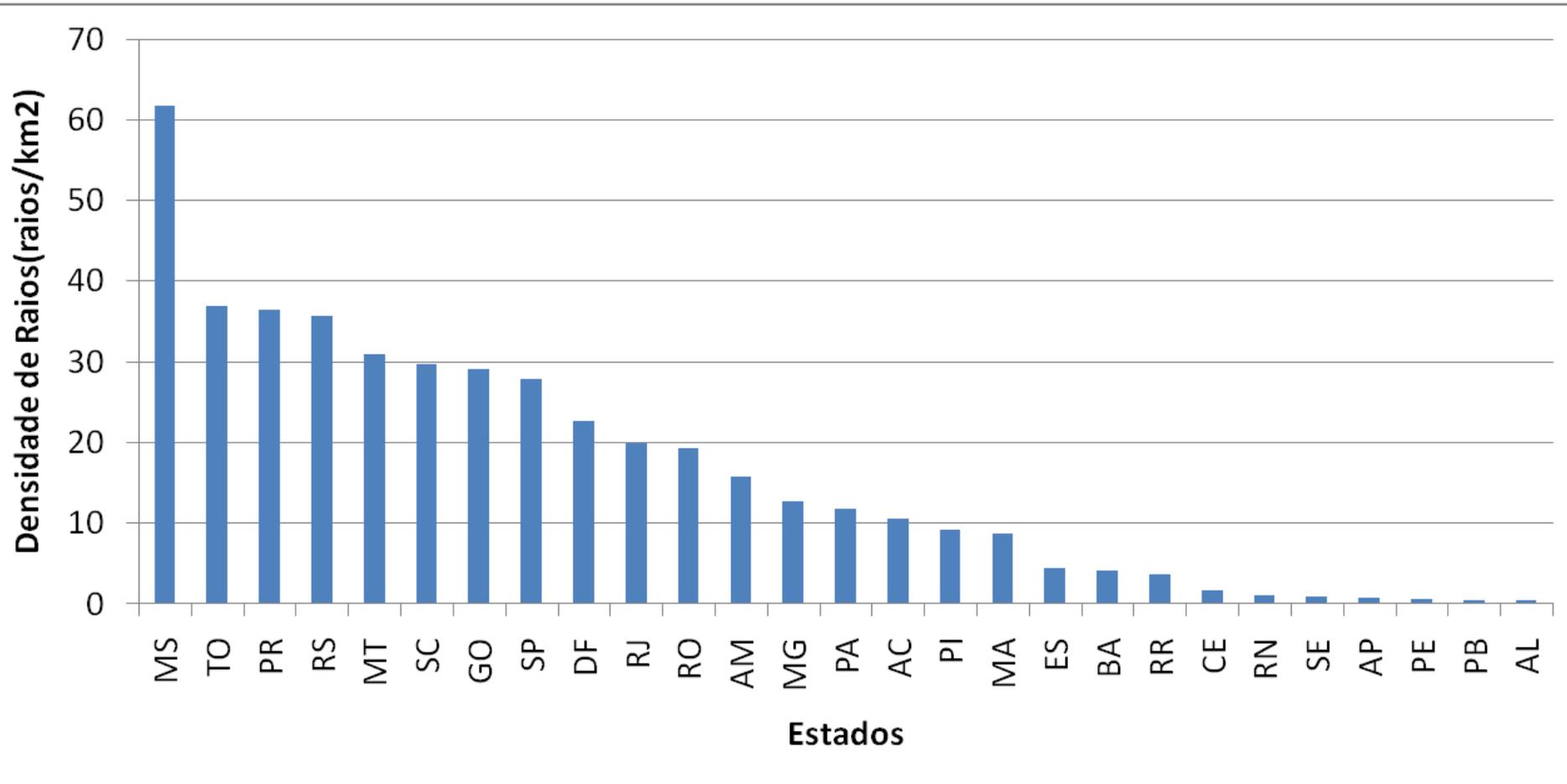
Contribuição Estadual no total de Raios



Contribuição Estadual no total de Raios



Qual estado tem maior densidade de raios

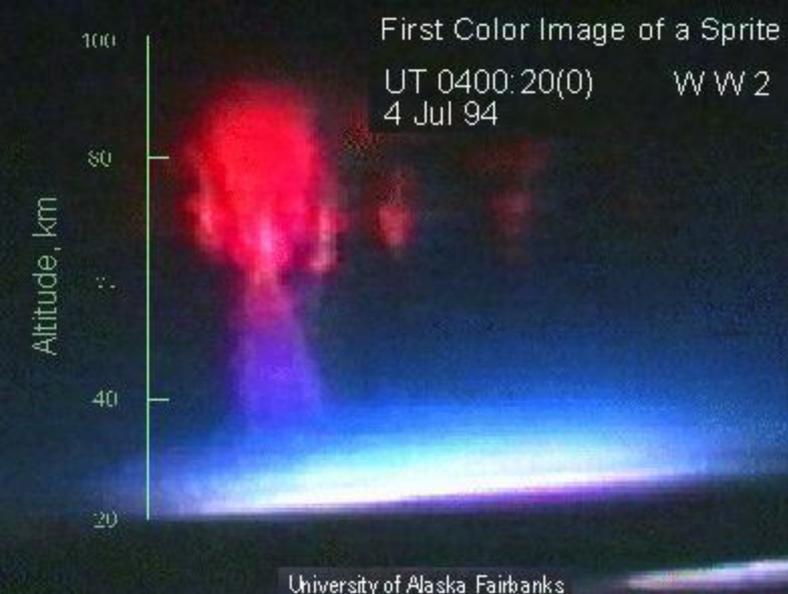


Top 10 - Número de Raios

| Ordem | Município | Estado | Área (km2) | Número de Raios Ano | Densidade Média Raios (raios/km2/ano) | Densidade Mínima Raios (raios/km2/ano) | Densidade Máxima Raios (raios/km2/ano) |
|-------|--------------------------|--------|------------|---------------------|---------------------------------------|--|--|
| 1 | Corumbá | MS | 67.426,49 | 1.140.817 | 17,521 | 9,063 | 31,696 |
| 2 | Altamira | PA | 163.462,17 | 804.337 | 5,055 | 0,213 | 34,793 |
| 3 | São Félix do Xingu | PA | 85.496,46 | 758.836 | 8,937 | 1,048 | 27,969 |
| 4 | Tapauá | AM | 100.968,14 | 563.723 | 6,236 | 3,445 | 9,271 |
| 5 | Jacareacanga | PA | 55.789,12 | 547.829 | 10,164 | 4,727 | 21,092 |
| 6 | Apuí | AM | 57.745,47 | 494.323 | 9,098 | 4,542 | 14,739 |
| 7 | São Gabriel da Cachoeira | AM | 128.973,66 | 449.758 | 4,084 | 1,73 | 6,797 |
| 8 | Ribas do Rio Pardo | MS | 17.636,43 | 438.151 | 25,011 | 16,596 | 35,111 |
| 9 | Porto Murtinho | MS | 18.458,28 | 434.058 | 24,065 | 16,511 | 34,697 |
| 10 | Barcelos | AM | 136.109,95 | 428.255 | 3,493 | 0,269 | 8,274 |

Top 10 - Densidade de Raios

| Ordem | Município | Estado | Área (km ²) | Número de Raios Ano | Densidade Média Raios (raios/km ² /ano) | Densidade Mínima Raios (raios/km ² /ano) | Densidade Máxima Raios (raios/km ² /ano) |
|-------|-------------------------|--------|-------------------------|---------------------|--|---|---|
| 1 | Amaralina | GO | 1.421,62 | 18.305 | 13,55 | 7,26 | 56,57 |
| 2 | Novo Santo Antônio | MT | 4.410,10 | 58.385 | 12,91 | 8,64 | 56,54 |
| 3 | Serra Nova Dourada | MT | 1.496,52 | 21.187 | 13,90 | 9,21 | 53,59 |
| 4 | Faxinal | PR | 723,20 | 9.707 | 13,08 | 11,25 | 51,33 |
| 5 | Bom Jesus do Araguaia | MT | 4.333,71 | 55.654 | 12,95 | 9,14 | 48,69 |
| 6 | Planaltina | GO | 2.541,18 | 20.170 | 7,20 | 5,18 | 43,13 |
| 7 | Canarana | MT | 11.000,54 | 142.419 | 13,34 | 10,07 | 42,59 |
| 8 | Uruçuí | PI | 8.445,89 | 29.220 | 3,44 | 1,32 | 39,73 |
| 9 | Rolante | RS | 298,82 | 2.607 | 8,98 | 6,67 | 39,59 |
| 10 | Sto Antônio do Leverger | MT | 12.639,25 | 297.465 | 23,88 | 14,88 | 39,23 |



Obrigado
carlos.morales@iag.usp.br

<http://www.starnet.iag.usp.br>

