

AQUECIMENTO GLOBAL: NATURAL OU ANTROPOGÊNICO



Luiz Carlos Baldicero Molion
Instituto de Ciências Atmosféricas
Universidade Federal de Alagoas

ESTABILIDADE CLIMÁTICA

CONTROLES CLIMÁTICOS

➤ **EFEITO-ESTUFA**

EFEITO-ESTUFA

O QUE É?

É A PROPRIEDADE QUE A ATMOSFERA TERRESTRE TEM DE ABSORVER A RADIAÇÃO INFRAVERMELHA EMITIDA PELA SUPERFÍCIE E REEMITÍ-LA EM DIREÇÃO À MESMA. RESULTA NO “**APRISIONAMENTO**” DE BOA PARTE DA RADIAÇÃO SOLAR QUE PENETRA NO SISTEMA TERRA-ATMOSFERA.

COMO FUNCIONA?

A RADIAÇÃO SOLAR AQUECE A SUPERFÍCIE. ESTA EMITE RADIAÇÃO INFRAVERMELHA TÉRMICA, OU ONDAS LONGAS (**ROL**), QUE É ABSORVIDA PELOS GASES CONSTITUINTES MINORITÁRIOS, COMO VAPOR D'ÁGUA, GÁS CARBÔNICO , METANO E ÓXIDO NITROSO, E REEMITIDA EM DIREÇÃO À SUPERFÍCIE. EM PRINCÍPIO, QUANTO MAIOR A CONCENTRAÇÃO DESSES GASES, MAIS INTENSO É O EFEITO-ESTUFA E MAIOR É O AQUECIMENTO DO PLANETA. É UM EFEITO **NATURAL E BENÉFICO** PARA A VIDA POIS, SE NÃO EXISTISSE, A TEMPERATURA DO PLANETA SERIA **-18°C** (ABAIXO DE ZERO) ENQUANTO OBSERVA-SE **+15°C**, OU SEJA, **UM AUMENTO DE +33°C!**

ESTABILIDADE CLIMÁTICA

CONTROLES CLIMÁTICOS

- EFEITO-ESTUFA
- ALBEDO PLANETÁRIO

ALBEDO PLANETÁRIO

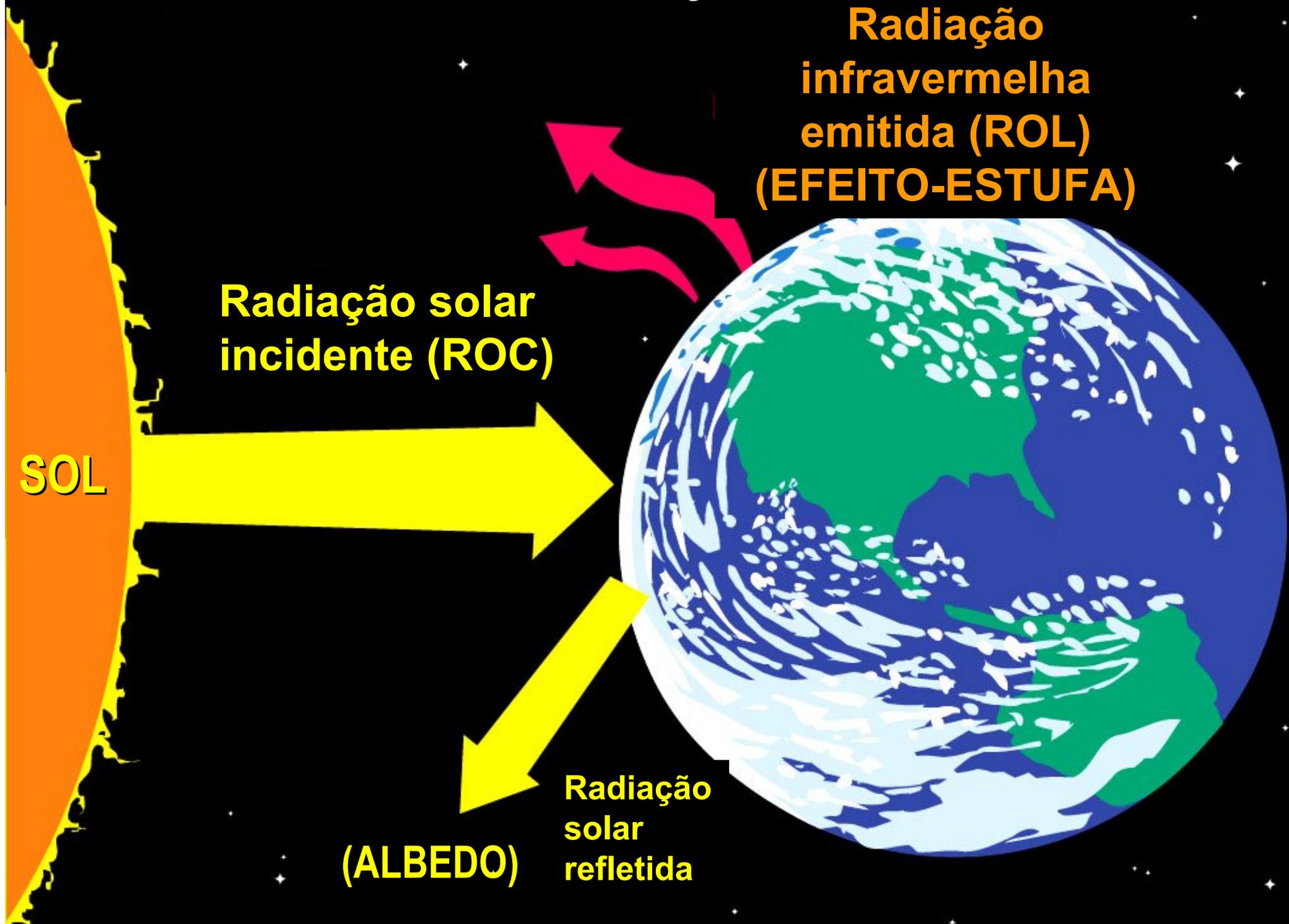
O QUE É ?

REFLETIVIDADE MÉDIA DO PLANETA I.E. O PERCENTUAL DE RADIAÇÃO SOLAR REJEITADA PARA O ESPAÇO EXTERIOR E QUE NÃO ESTÁ DISPONÍVEL PARA OS PROCESSOS FÍSICOS E QUÍMICOS QUE OCORREM NO SISTEMA TERRA-ATMOSFERA-OCEANO

COMO OCORRE?

GASES, PARTÍCULAS EM SUSPENSÃO, NÚVENS E DIVERSOS TIPOS DE COBERTURA SUPERFICIAL (ÁGUA, GELO / NEVE, FLORESTAS, DESERTOS) REFLETEM DIFERENCIALMENTE A RADIAÇÃO SOLAR DE ONDAS CURTAS (**ROC**) DE VOLTA PARA O ESPAÇO. DEPENDE DO ALBEDO DE SUPERFÍCIE, DA COBERTURA DE NÚVENS, AEROSSÓIS E MATERIAL EM SUSPENSÃO NA ATMOSFERA. **ALBEDO MENOR, MAIS RADIAÇÃO** DISPONÍVEL PARA OS PROCESSOS ATMOSFÉRICOS.

COMPONENTES DE RADIAÇÃO DO PLANETA TERRA



Radiação
infravermelha
emitida (ROL)
(EFEITO-ESTUFA)

Radiação solar
incidente (ROC)

SOL

Radiação
solar
refletida
(ALBEDO)

**OU SEJA , A ESTABILIDADE DO CLIMA
GLOBAL DEPENDE DE UM BALANÇO... DE**

$$\mathbf{ROC = ROL}$$

**BALANÇO..... ENTRE O FLUXO DE ENERGIA QUE
ENTRA E O FLUXO DE ENERGIA QUE SAI**

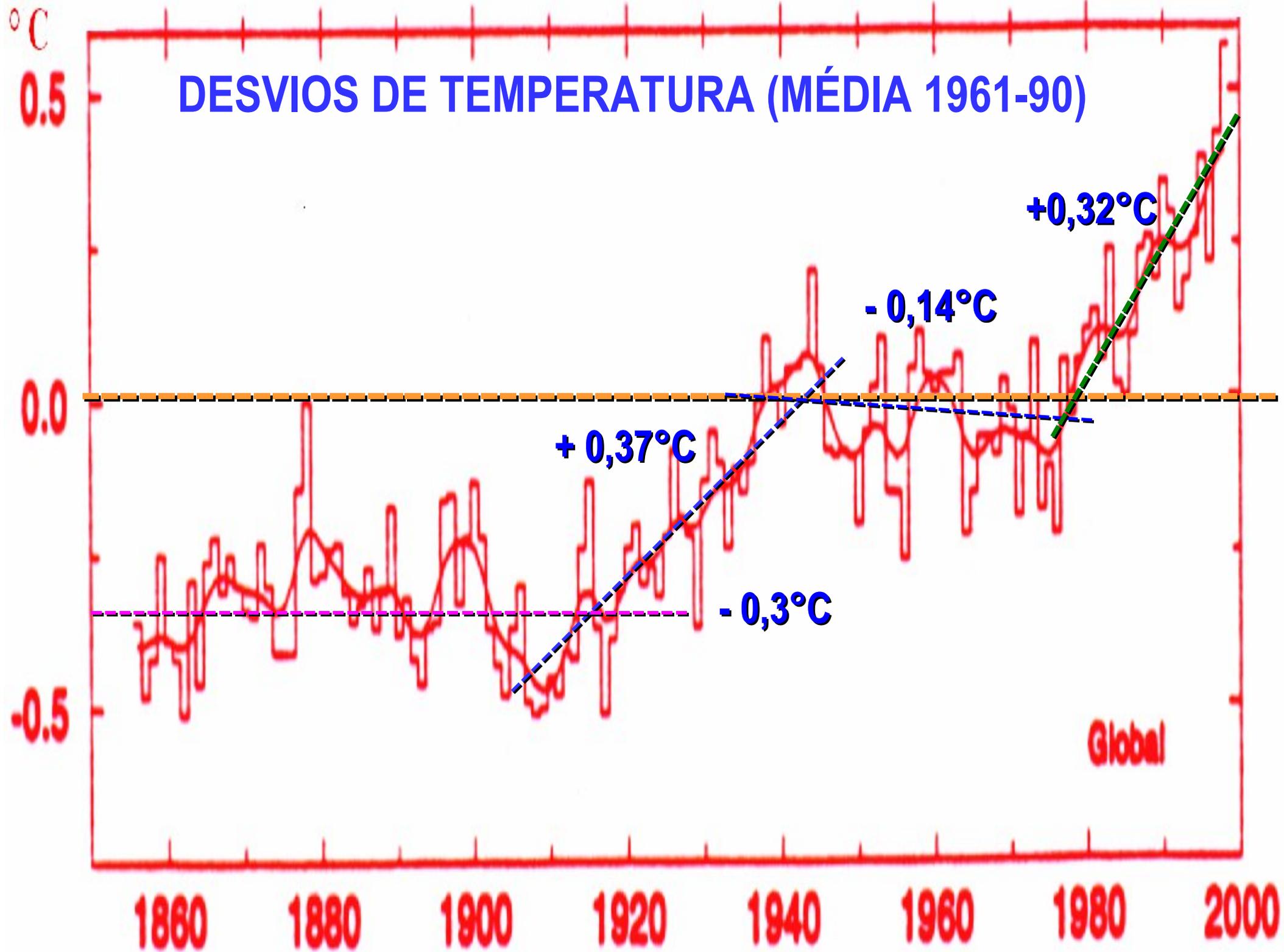
SUMÁRIO EXECUTIVO DO IPCC

PAINEL INTERGOVERNAMENTAL DE MUDANÇAS CLIMÁTICAS

- É MUITO PROVÁVEL (“ VERY LIKELY”) QUE O INCREMENTO DA TEMPERATURA MÉDIA GLOBAL SEJA DEVIDO AO AUMENTO DOS GASES DE EFEITO-ESTUFA (GEE)
- A CONCENTRAÇÃO DE CO₂ EM 2005 (379 PPMV) ULTRAPASSOU O LIMITE NATURAL (180 A 300 PPMV) NOS ÚLTIMOS 650 MIL ANOS
- É PROVÁVEL (“LIKELY”) QUE O AUMENTO DA TEMPERATURA MÉDIA GLOBAL, PARA O DOBRO DE CO₂, ESTEJA ENTRE 2 E 4,5°C. É POUCO PROVÁVEL (“VERY UNLIKELY”) QUE SEJA INFERIOR A 1,5°C
- O NÍVEL MÉDIO DOS MARES SUBIU 3,1 mm/ano ENTRE 1993-2003. O AUMENTO PODERÁ SER DE 60 cm ATÉ 2100

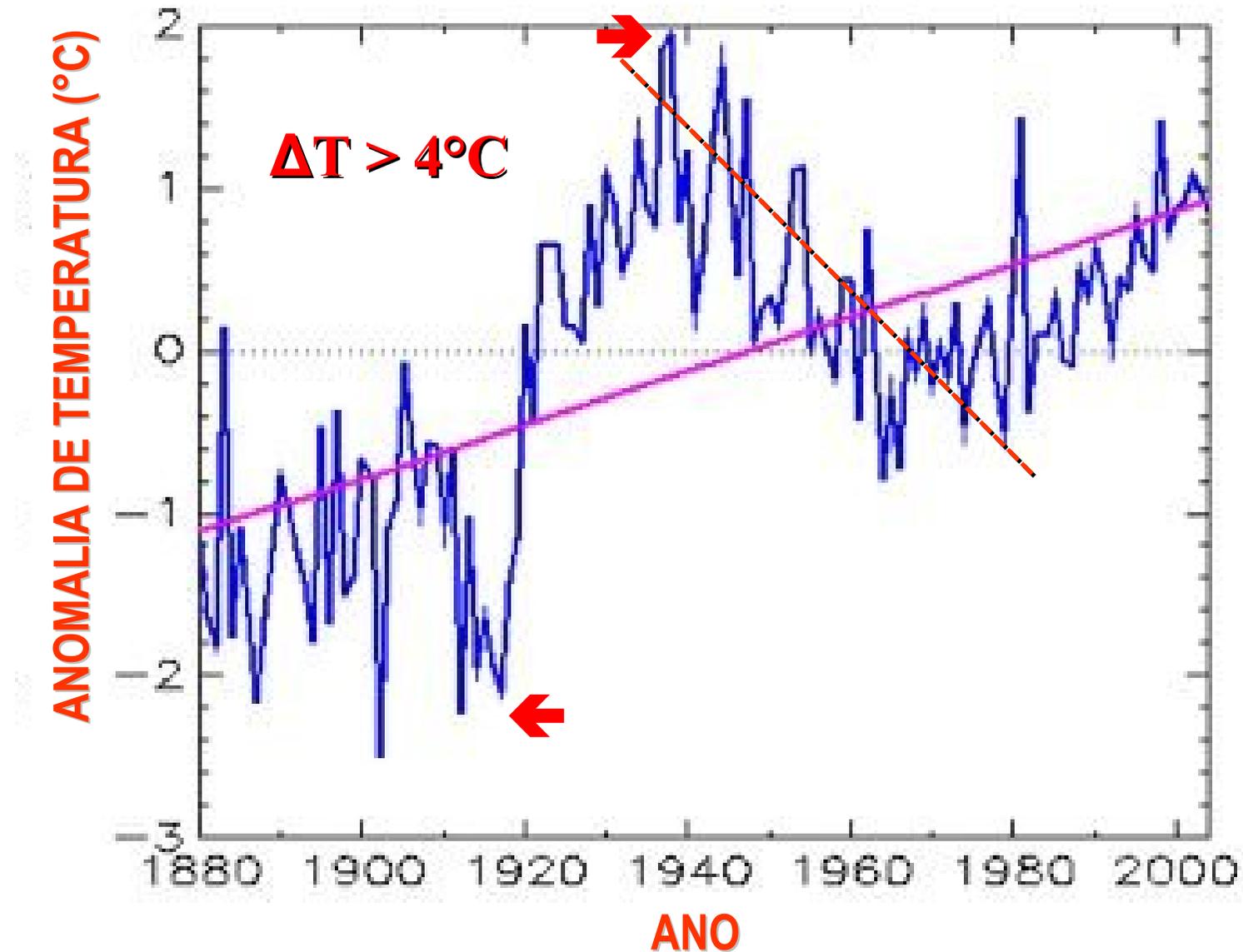
O AQUECIMENTO GLOBAL ANTROPOGÊNICO (DO IPCC) FOI CONSTRUÍDO SOBRE 3 PILARES :

- A SÉRIE HISTÓRICA DOS DESVIOS DE TEMPERATURA MÉDIA GLOBAL, RESULTANTE DA “**AMALGAMAÇÃO**” DE DADOS DE CERCA DE **3.000** ESTAÇÕES CLIMATOMÉTRICAS, DAS QUAIS **90%** ESTÃO NO HEMISFÉRIO NORTE
- A SÉRIE DA VARIAÇÃO DA CONCENTRAÇÃO DE CO_2 , POSTERIORMENTE ASSOCIADA À SÉRIE DOS TESTEMUNHOS DE GELO (“ICE CORES”) DE VOSTOK
- RESULTADOS DE SIMULAÇÕES FEITAS COM MODELOS DE CLIMA PARA O DOBRO DA CONCENTRAÇÃO DE CO_2



SÉRIE DA TEMPERATURA NO ÁRTICO ENTRE 1880 E 2004

(FONTE DE DADOS :CRU/UEA-JONES ET AL)

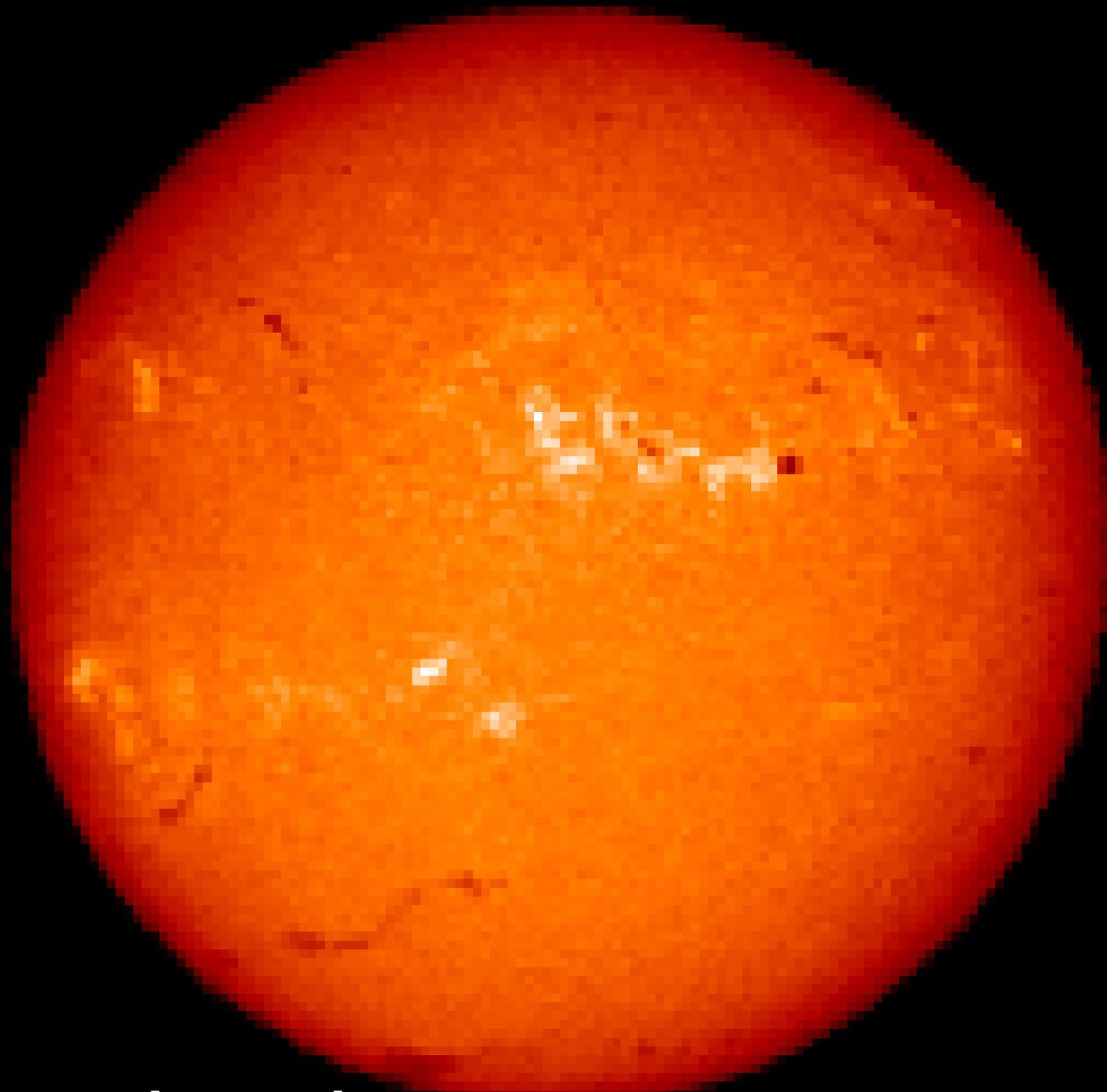


PERÍODO 1925-1946

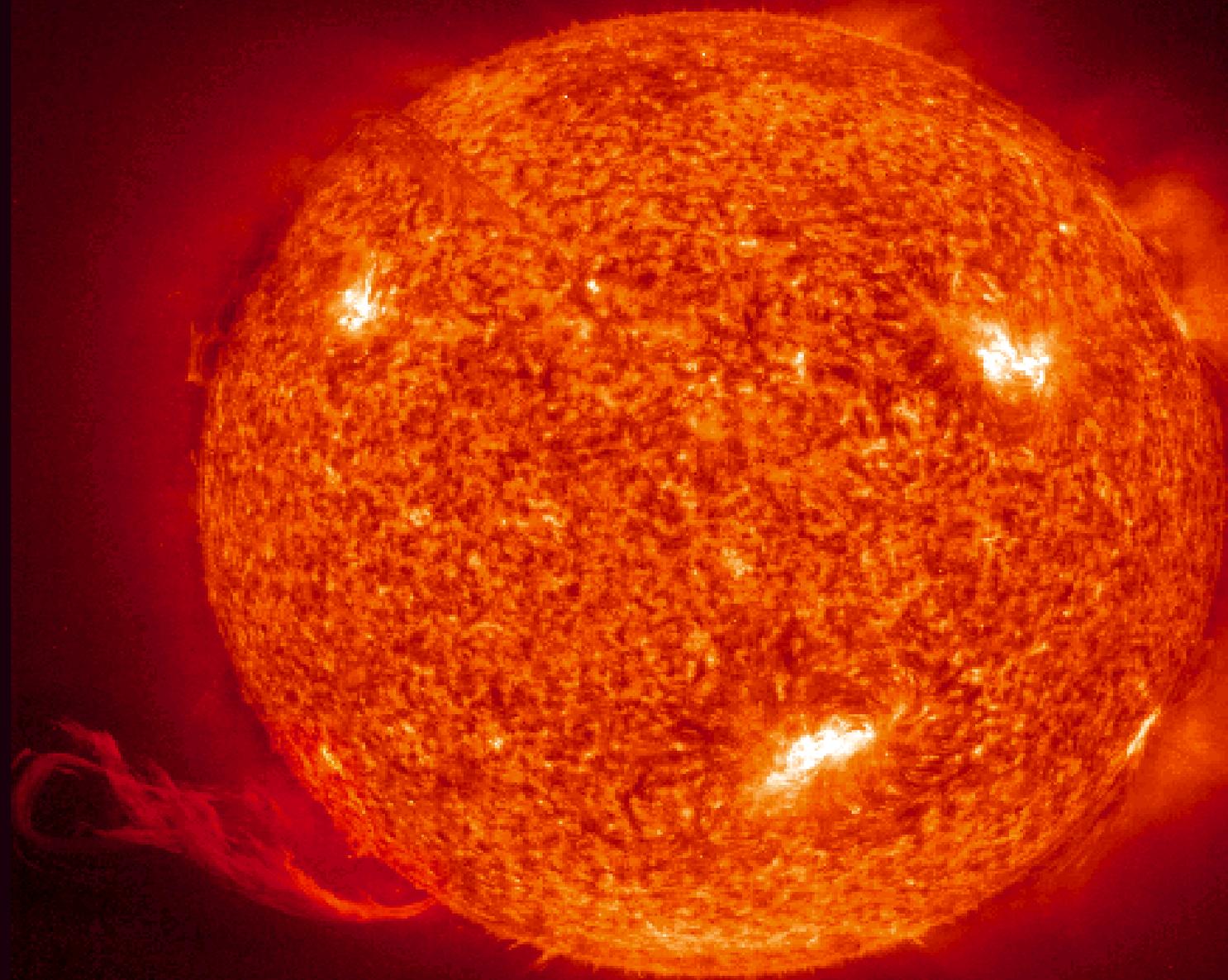
AQUECIMENTO DE + 0,37°C

CONSIDERANDO QUE O CONSUMO DE PETRÓLEO ERA PEQUENO ANTES DO FINAL DA SEGUNDA GUERRA, E O HOMEM LANÇAVA NA ATMOSFERA MENOS DE 10% DO CARBONO QUE EMITE HOJE, PERGUNTA-SE:

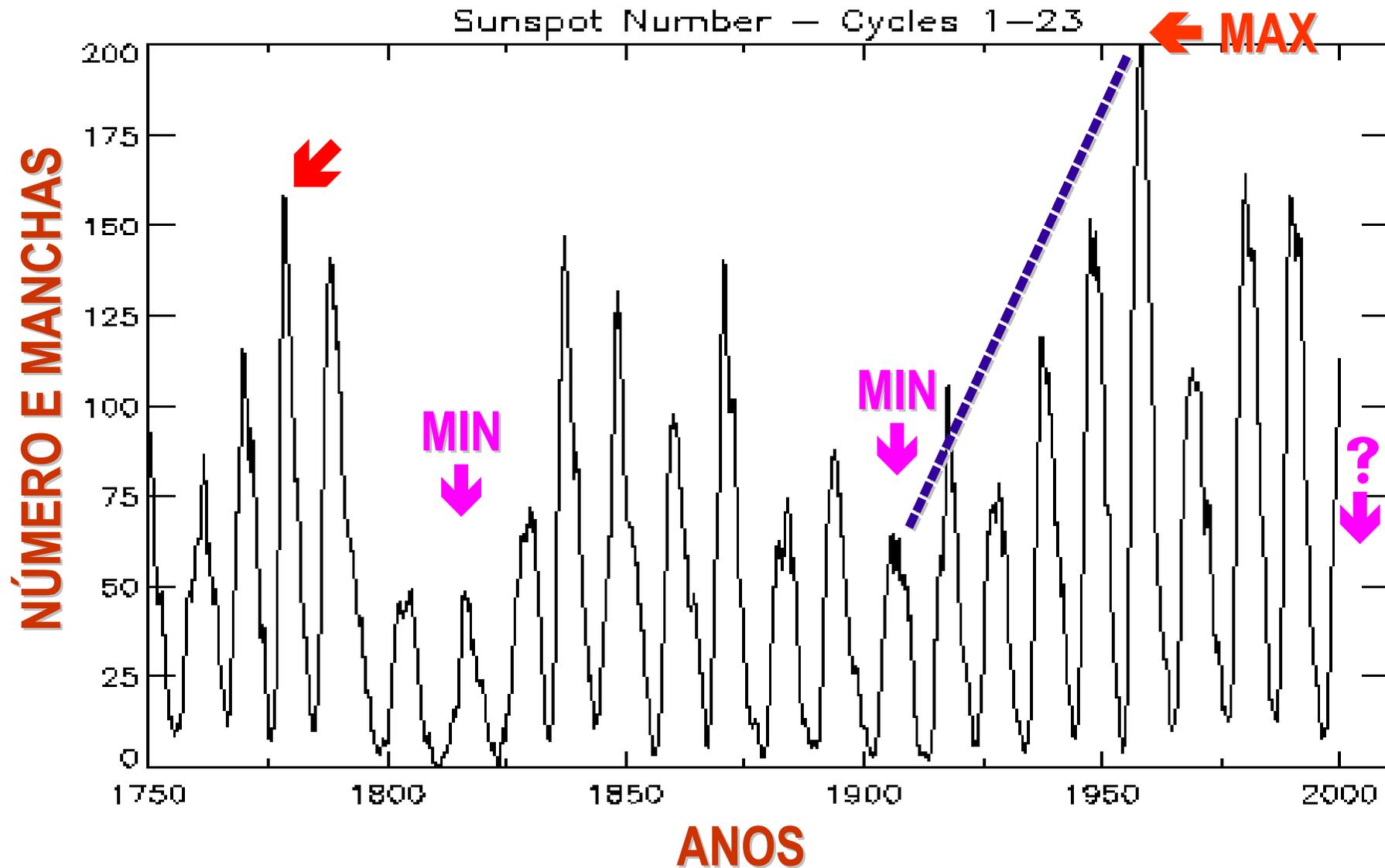
“ POR QUE O MAIOR AUMENTO DA TEMPERATURA GLOBAL OCORREU ANTES DISSO, ENTRE 1925 E 1946 ?”



99/12/10 at 08:29 UT



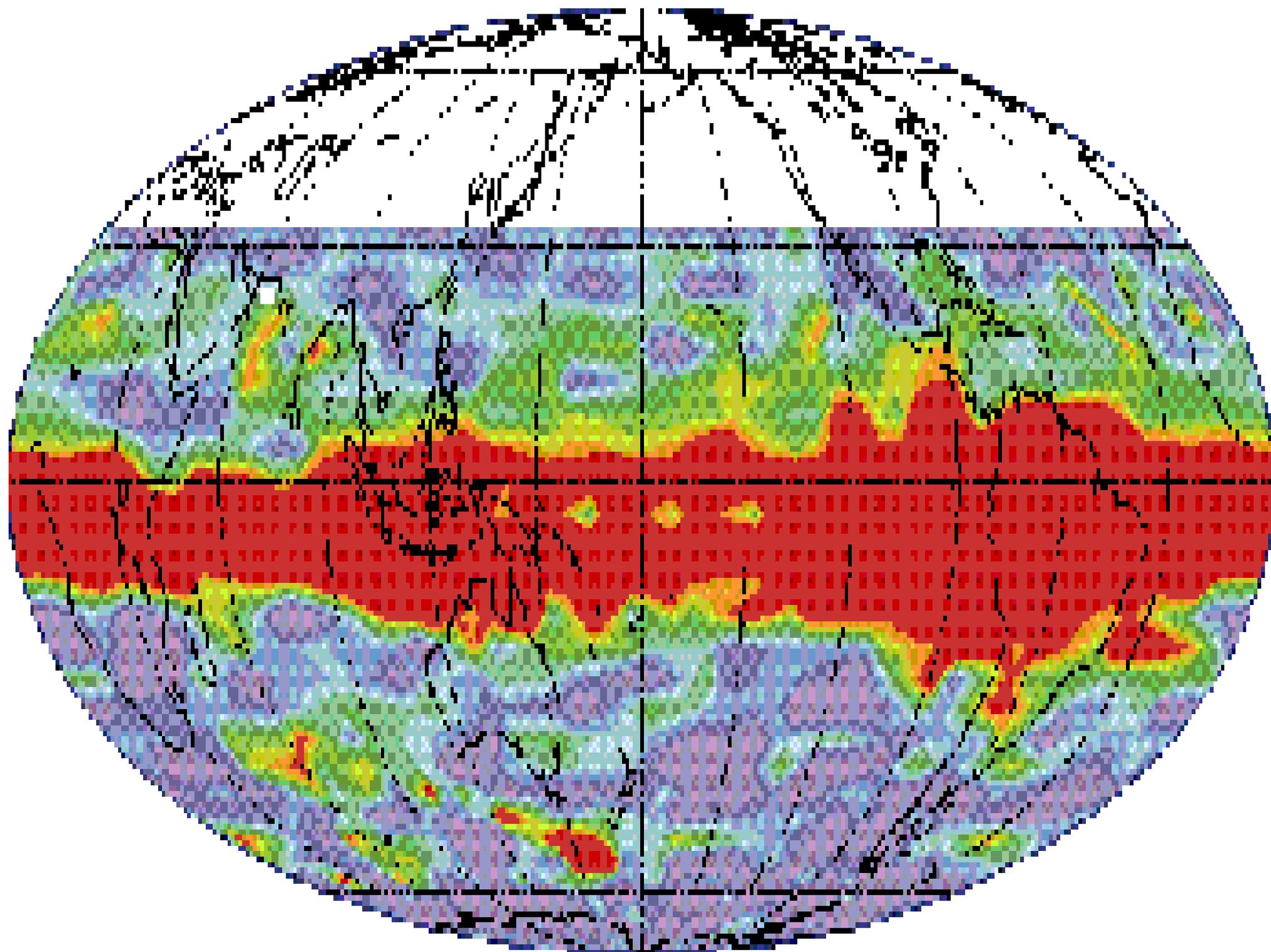
NÚMERO DE MANCHAS SOLARES ENTRE 1750 E 2000



CICLO DE MANCHAS : ~11 ANOS

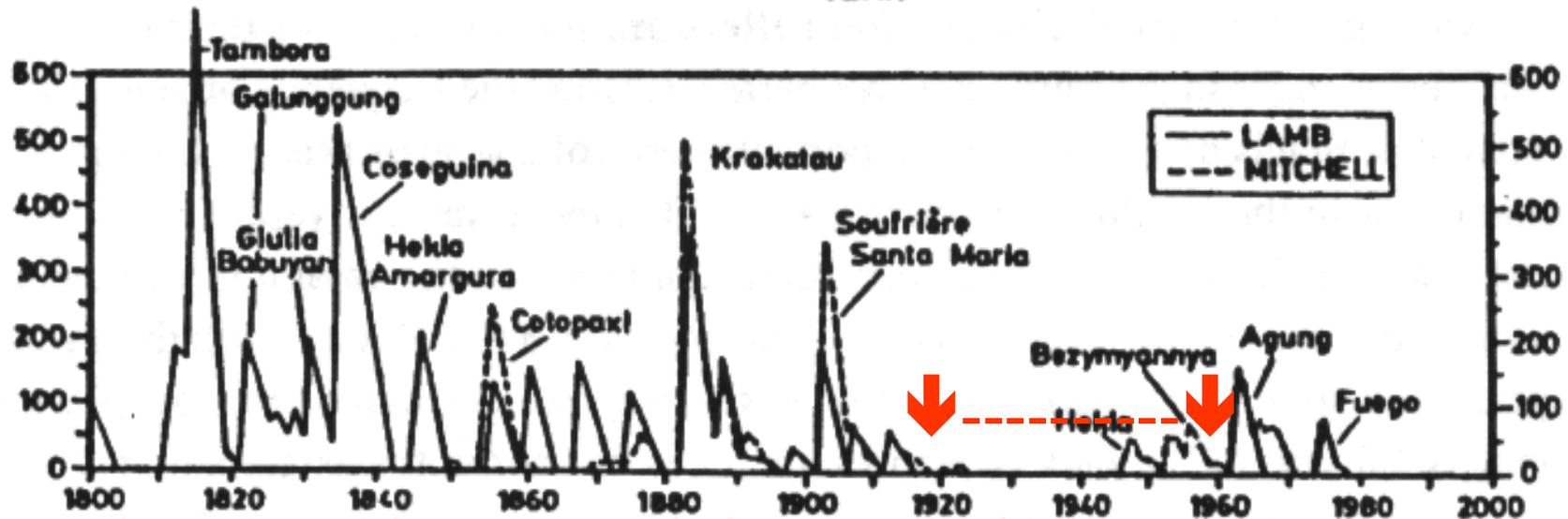
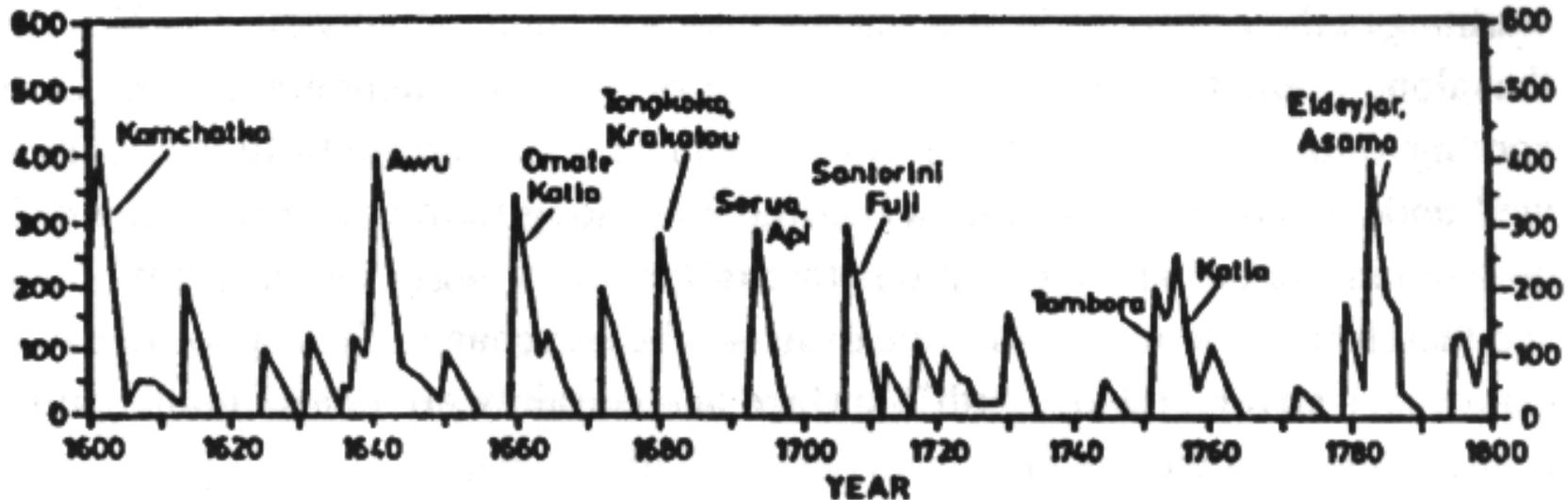
CICLO DE GLEISSBERG: ~90 ANOS





ÍNDICE DE POEIRA VULCÂNICA VELADORA

IPVV



AUSÊNCIA DE AEROSSÓIS VULCÂNICOS DEIXA A ATMOSFERA MAIS TRANSPARENTE (1915-1956) E ENTRA MAIS ROC NO SISTEMA

AQUECIMENTO GLOBAL

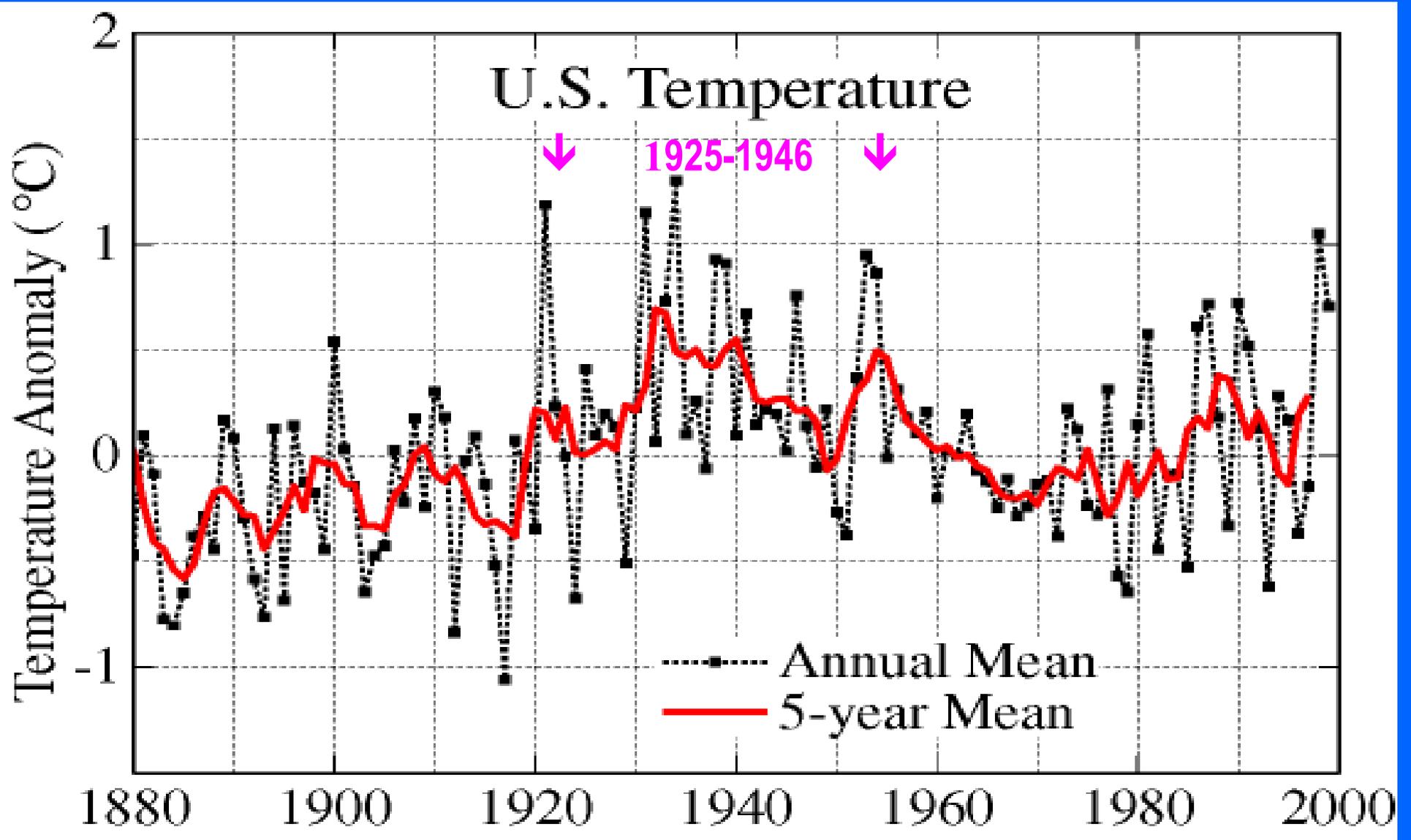
PORTANTO, É MUITO PROVÁVEL (“**VERY LIKELY**”) QUE O AQUECIMENTO VERIFICADO ANTES DE 1946 TENHA SIDO PROVOCADO PELOS AUMENTO DA **ATIVIDADE SOLAR E REDUÇÃO DO ALBEDO PLANETÁRIO**, DEVIDO À REDUÇÃO DA ATIVIDADE VULCÂNICA (AUMENTO DA TRANSMISSIVIDADE) , E NÃO PELA **INTENSIFICAÇÃO DO EFEITO-ESTUFA**.

PERÍODO 1977-1998

AQUECIMENTO DE + 0,32°C

1. UMA DAS QUESTÕES É QUE ESSE AQUECIMENTO NÃO TEM SIDO VERIFICADO EM TODO O GLOBO. POR EXEMPLO, PARA OS EEUU CONTINENTAL, QUE POSSUE UMA REDE DE ESTAÇÕES BEM MANTIDA.

DESVIOS DE TEMPERATURA PARA OS EEUU



“AJUSTES” NAS SÉRIES DE TEMPERATURA

Uma pequena grande **mudança**

A revisão do ranking dos dez anos mais quentes da história nos Estados Unidos fez aumentar ligeiramente o peso do período pré-Segunda Guerra Mundial. Os cientistas garantem que a correção é insignificante, mas ela virou um prato cheio para os adversários da tese do aquecimento global

-  Antes da Segunda Guerra Mundial
-  Depois da Segunda Guerra Mundial

>> Tabela antiga		>> Tabela revisada	
1º	1998	1º	1934 
	1934	2º	1998
3º	2006	3º	1921
4º	1921	4º	2006
5º	1931	5º	1931
6º	1999	6º	1999
7º	1953	7º	1953
8º	2001	8º	1990
9º	1990	9º	1938
10º	1938	10º	1939

Fonte: Instituto Goddard de Estudos do Espaço (Nasa)

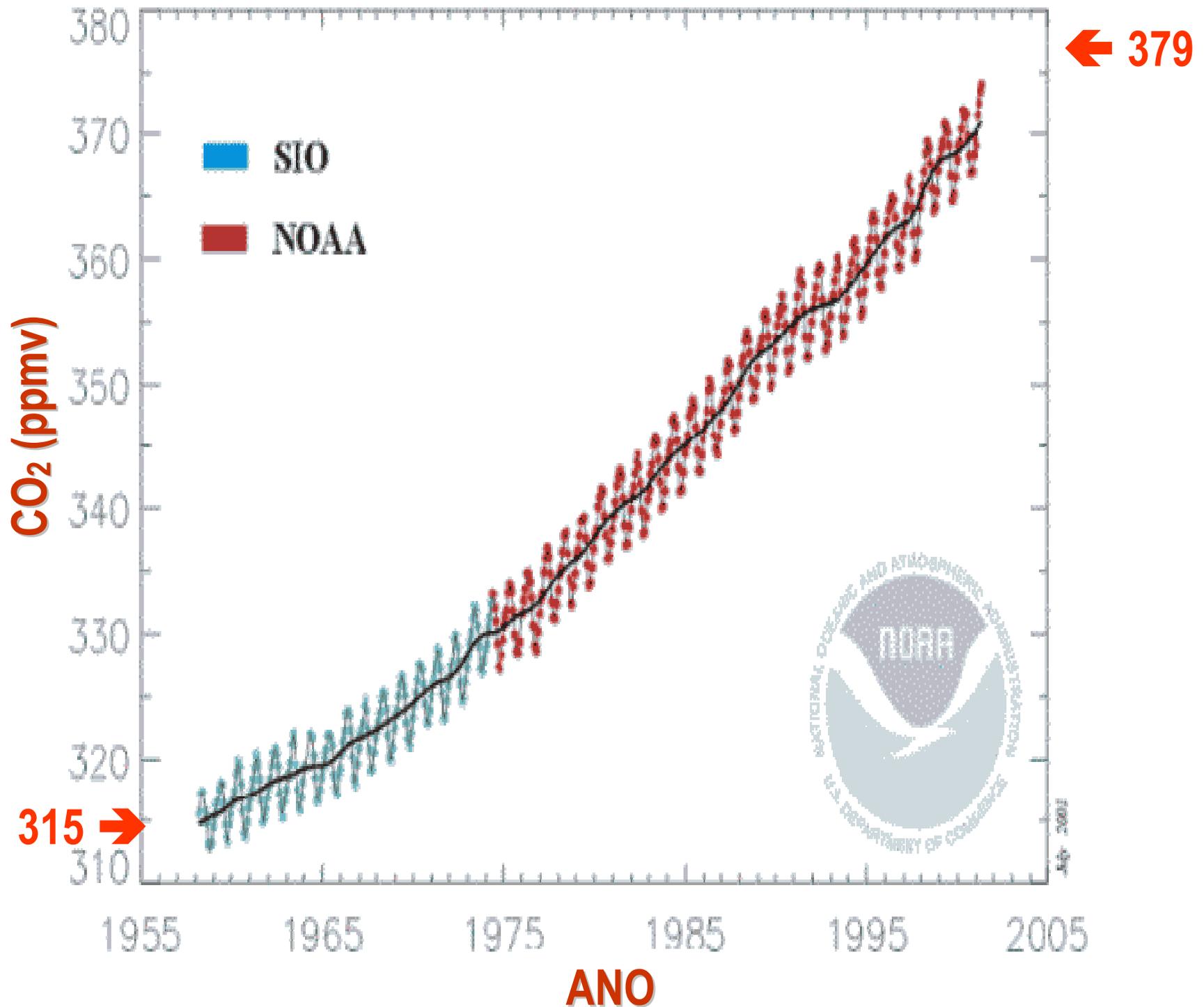
PERÍODO 1977-1998

AQUECIMENTO DE + 0,32°C

1. UMA DAS QUESTÕES É QUE ESSE AQUECIMENTO NÃO TEM SIDO VERIFICADO EM TODO O GLOBO. POR EXEMPLO, PARA OS EEUU CONTINENTAL, QUE POSSUE UMA REDE DE ESTAÇÕES BEM MANTIDA.
2. MUDANÇAS DE LOCALIDADE E / OU DO MEIO-AMBIENTE DA ESTAÇÃO MUDAM AS SÉRIES TEMPORAIS DOS DADOS.
3. URBANIZAÇÃO, OU EFEITO DE “ILHA DE CALOR”, QUE O IPCC AFIRMA NÃO INFLUENCIAR MAIS DE 0,006°C / DÉCADA
4. O MÉTODO DO CÁLCULO DA MÉDIA, QUE AARIA DE PAÍS!
NO BRASIL: $T_m = (T_{12} + 2 * T_{00} + T_X + T_N) / 5$

AUMENTO DA CONCENTRAÇÃO DE GASES DE EFEITO-ESTUFA

CO₂ MÉDIO MENSAL PARA MAUNA LOA, HAVAI

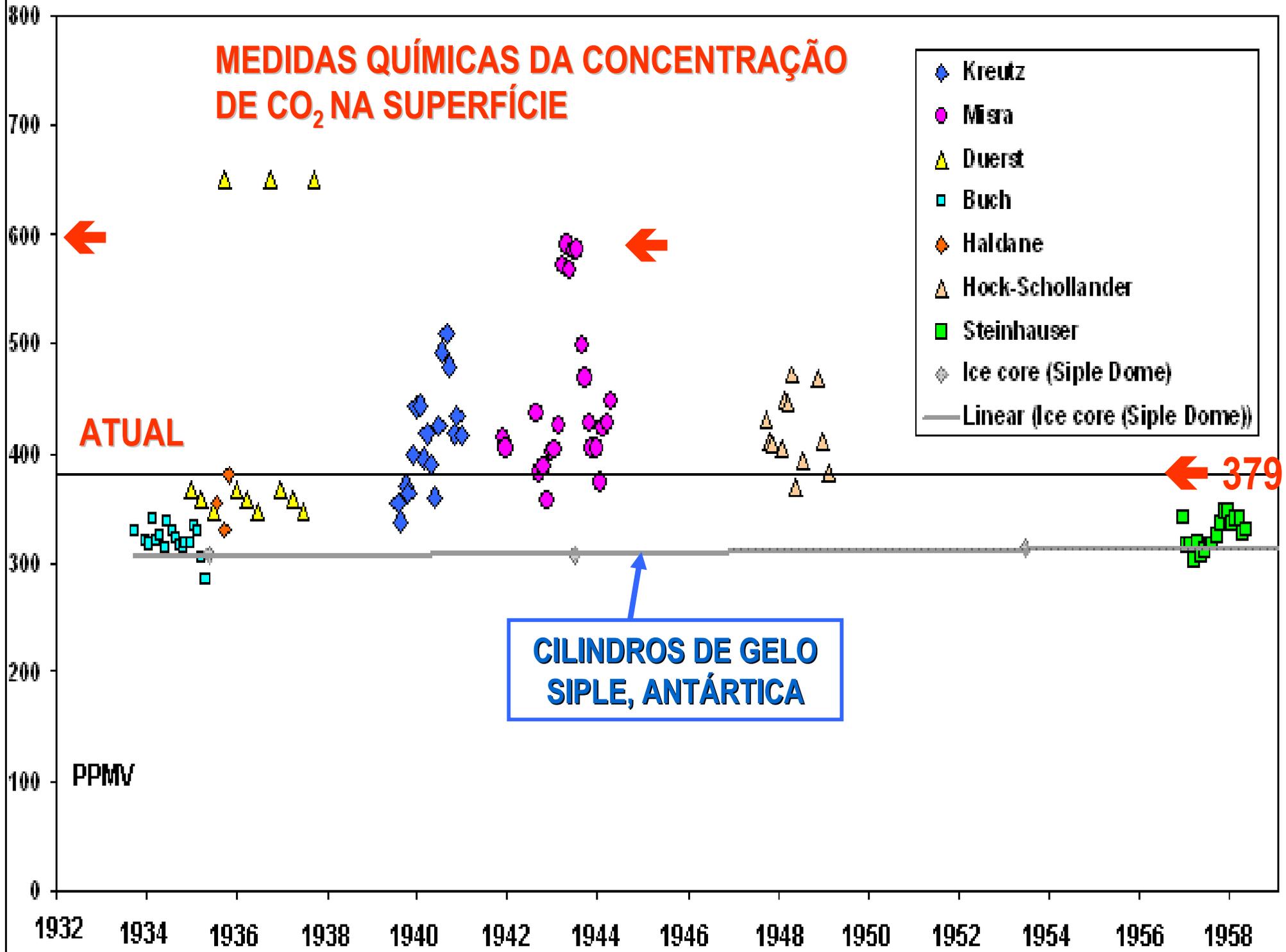


CONCENTRAÇÃO DE CO₂ ENTRE 1812-1990 (PPMV)



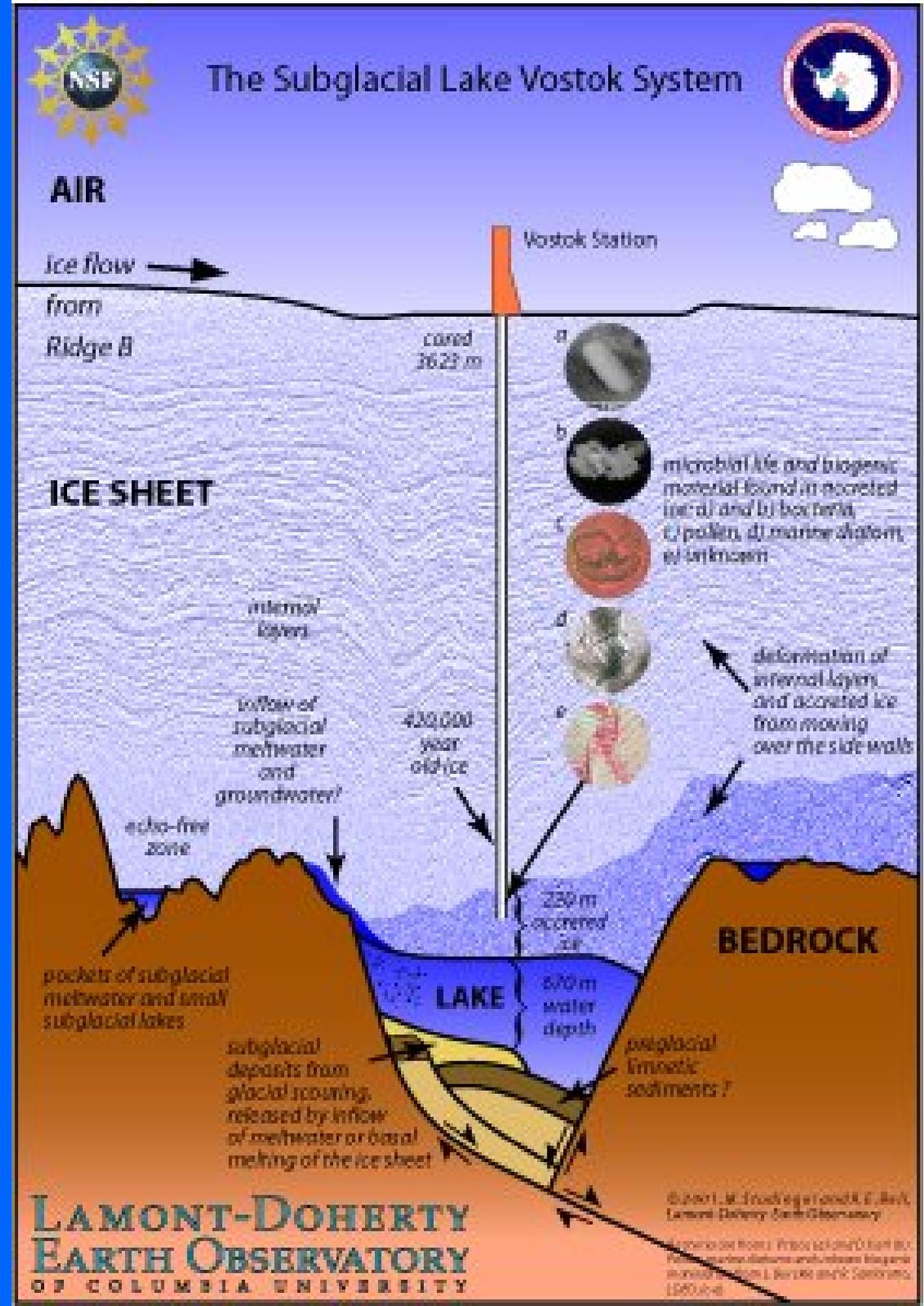
Pettenkofer, Schulze, Spring, Krogh, Warburg, Lundegardh, Kreutz
and hundreds more

MEDIDAS QUÍMICAS DA CONCENTRAÇÃO DE CO₂ NA SUPERFÍCIE



TESTEMUNHOS DE GELO (CILINDROS)

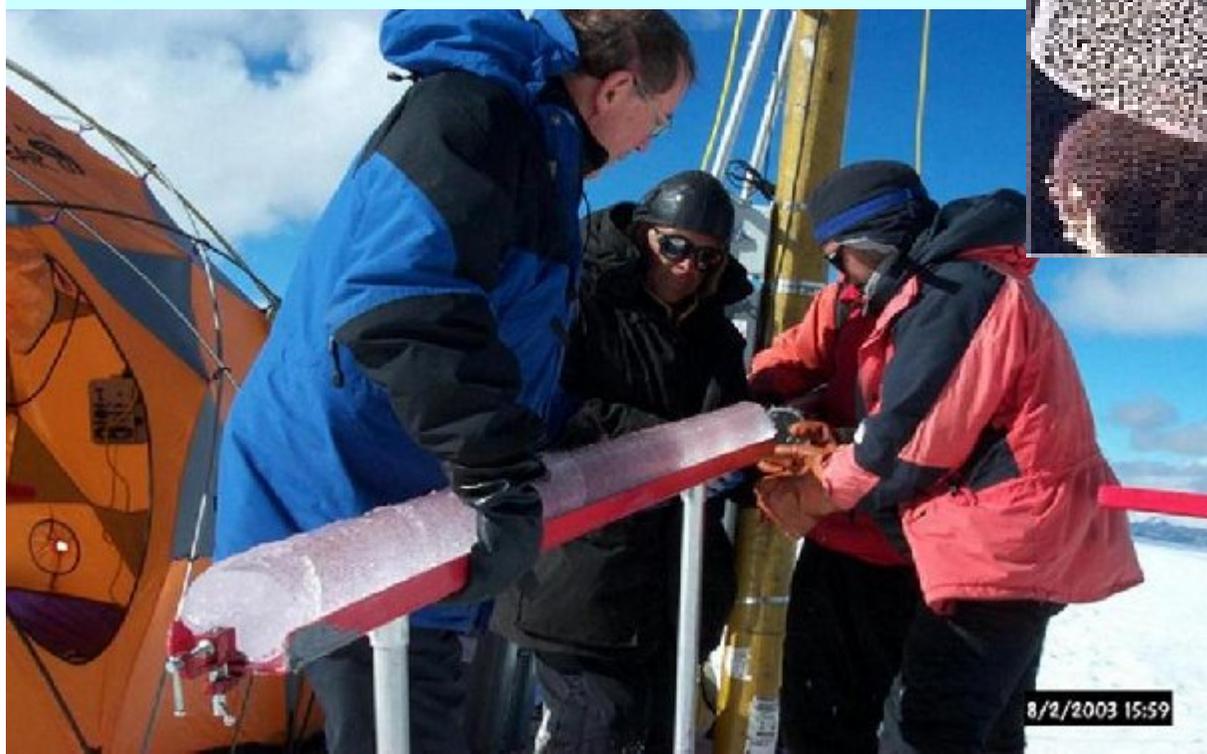
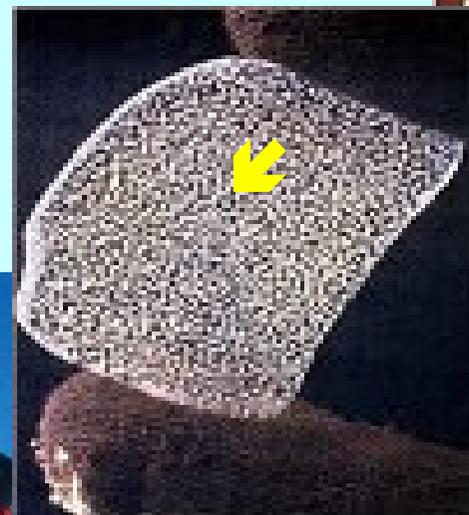
VOSTOK



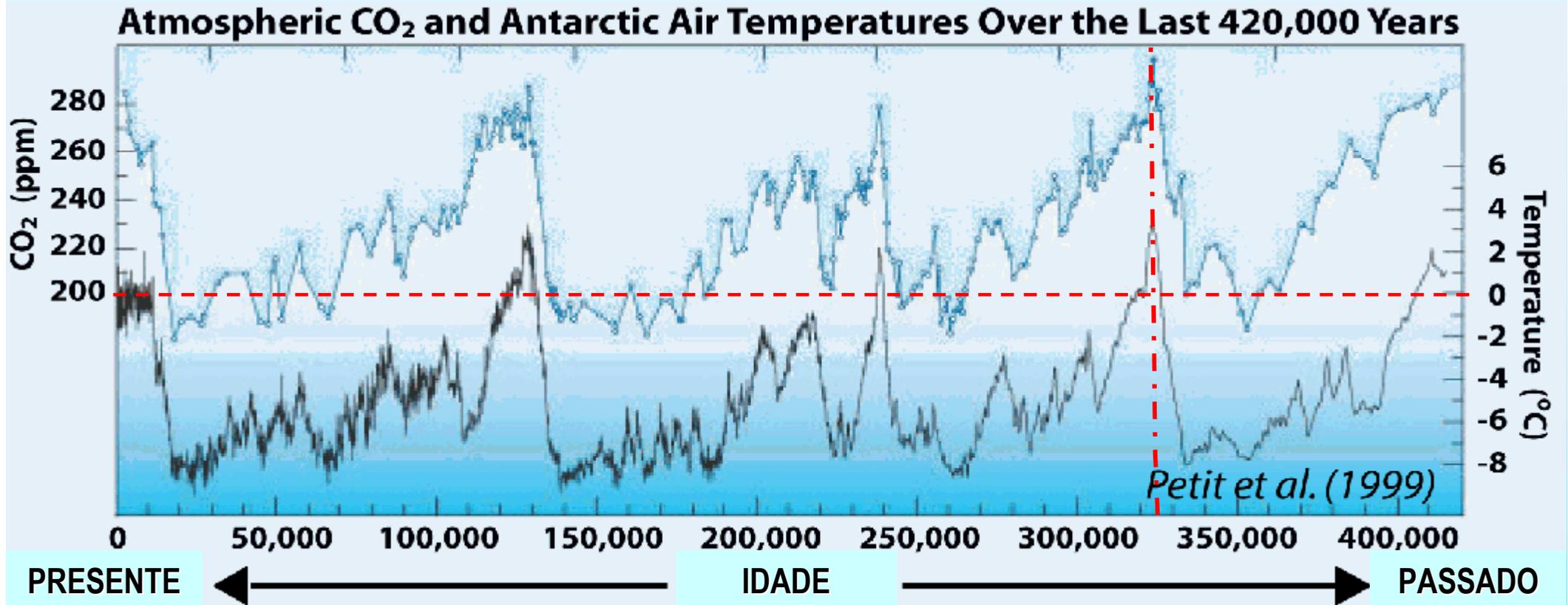
• A **HIPÓTESE**, QUE A COMPOSIÇÃO QUÍMICA E / OU ISOTÓPICA DAS BOLHAS DE AR **NÃO** MUDA AO LONGO DE MILHARES DE ANOS, **NÃO É ACEITA POR TODOS**, POIS AS BOLHAS ESTÃO SUBMETIDAS A PRESSÕES MAIS DE **300 VEZES** SUPERIOR À ATMOSFÉRICA !

• **DIFUSÃO E REAÇÕES**

• **GELO MAIS VELHO QUE O AR**



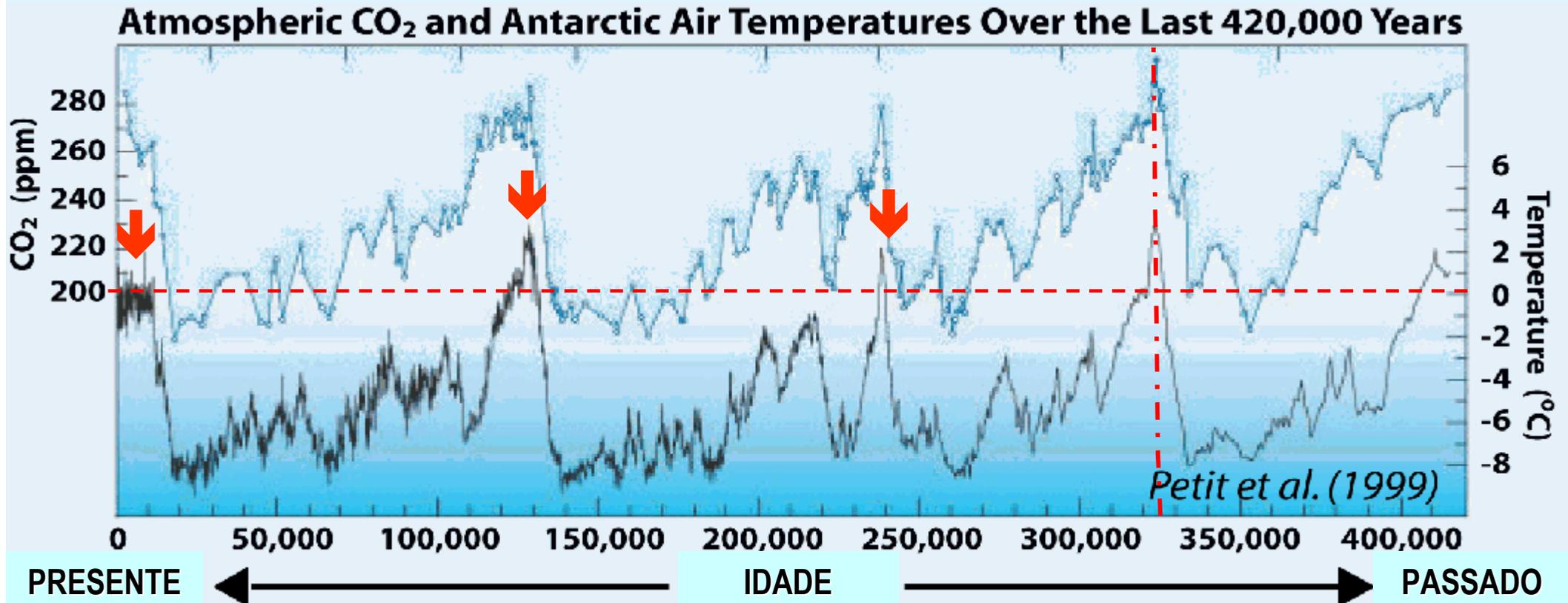
TEMPERATURA E CO₂ VOSTOK





DOCUMENTÁRIO – AL GORE

TEMPERATURA E CO₂ VOSTOK



TEMPERATURAS DOS INTERGLACIAIS ANTERIORES FORAM MAIORES QUE AS ATUAIS E AUMENTARAM CERCA DE **MIL ANOS** ANTES DA CONCENTRAÇÃO DE CO₂

MODELOS DE SIMULAÇÃO DO CLIMA GLOBAL

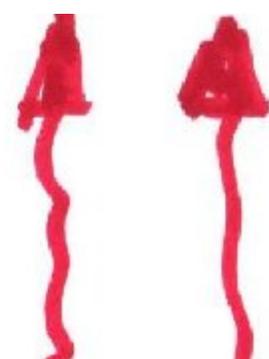
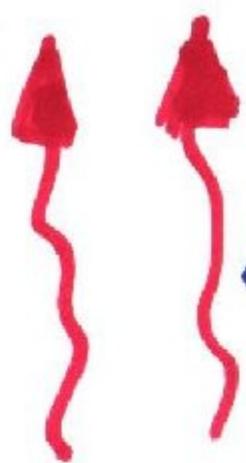
PROBLEMAS COM MODELOS CLIMÁTICOS

- FALHAM AO REPRODUZIR AS ESTRUTURAS DO CLIMA GLOBAL
- CICLO HIDROLÓGICO É, LITERALMENTE, MAL - TRATADO
 - PROPRIEDADES E COBERTURA DE NÚVENS (PARAMETRIZAÇÃO)
 - CONVECÇÃO PROFUNDA “CURTO-CIRCUITA” O EFEITO-ESTUFA

ROL

ESPAÇO

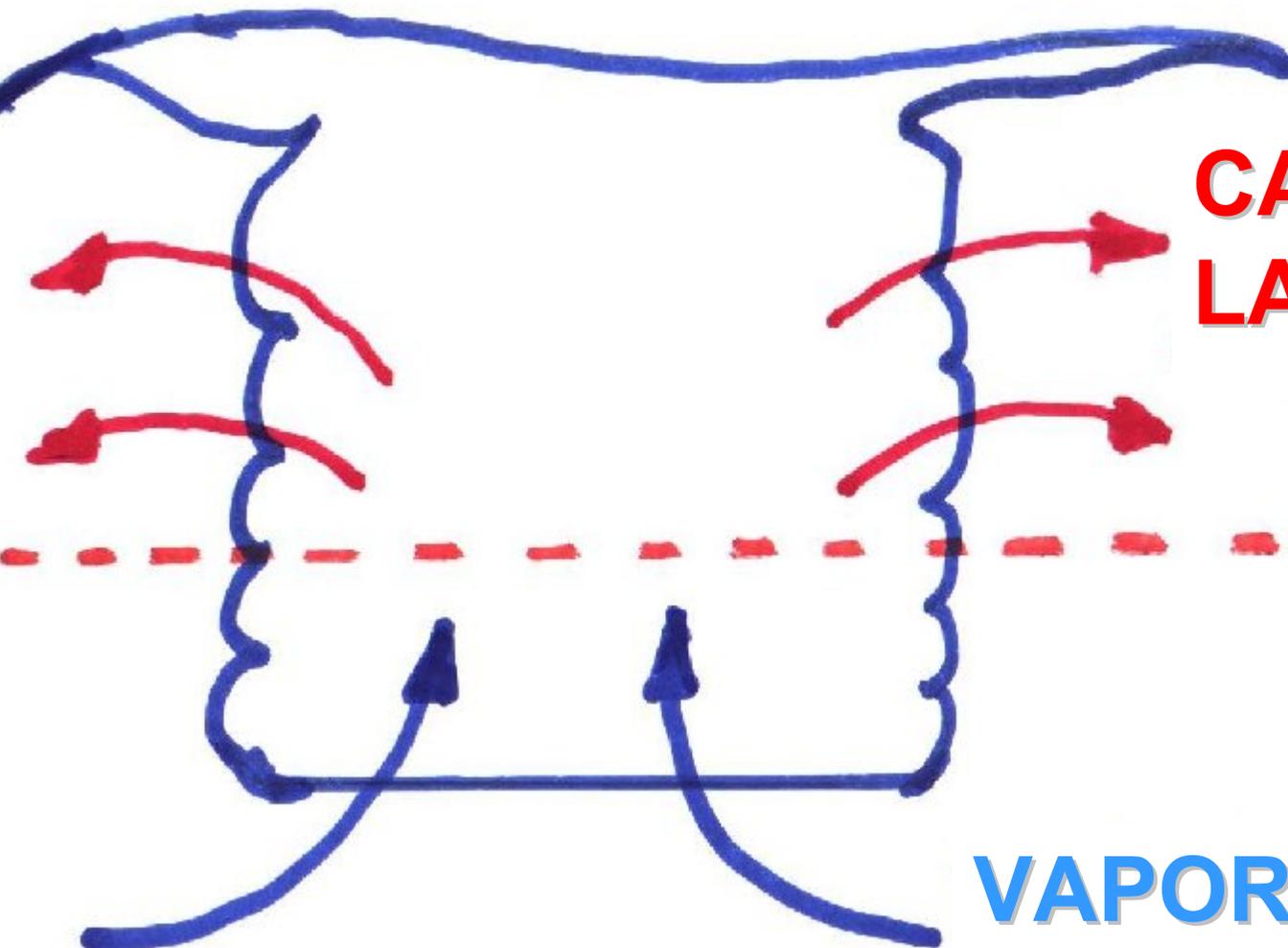
ROL



CALOR LATENTE



CAMADA LIMITE

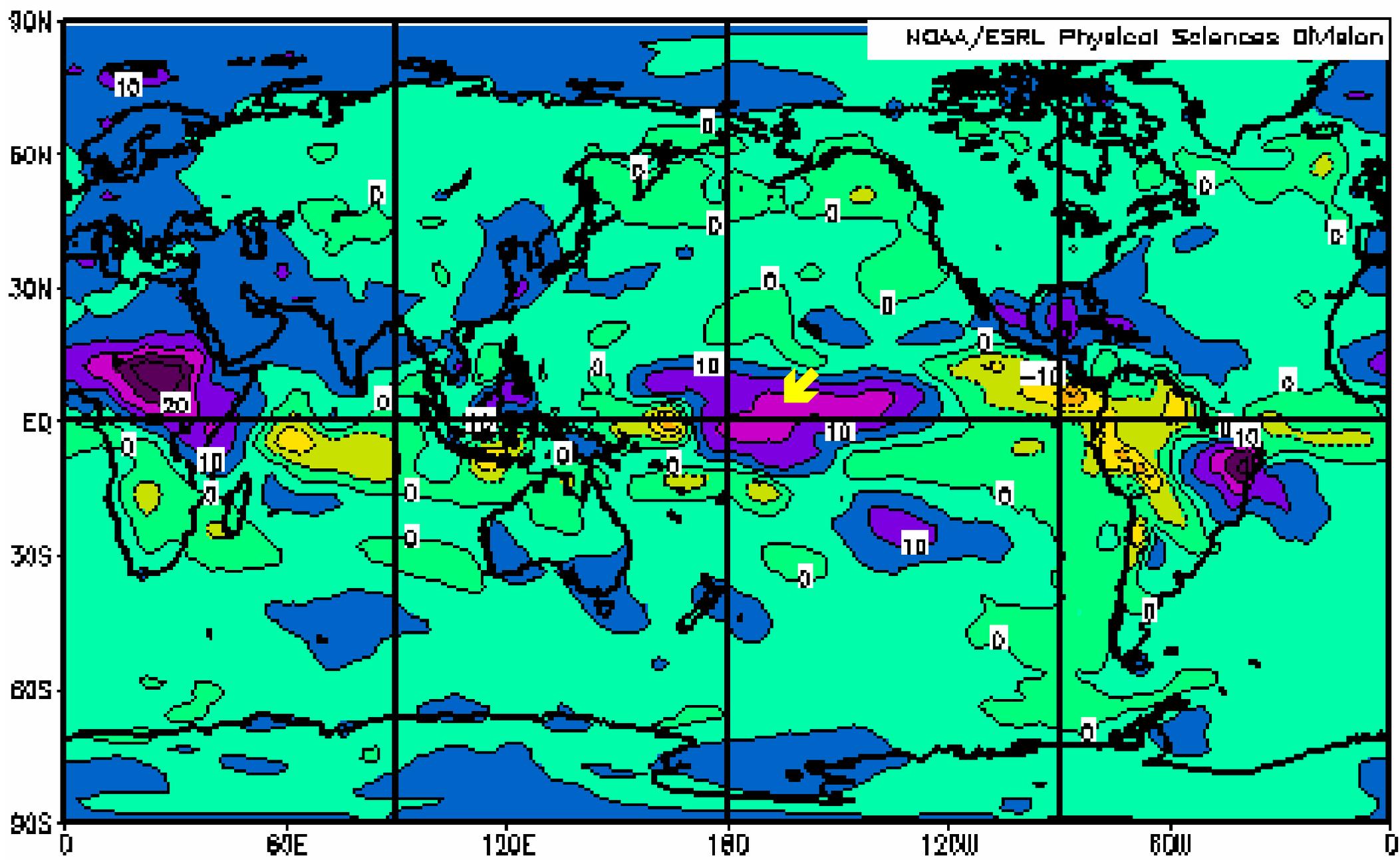


VAPOR



SUPERFÍCIE

RADIAÇÃO DE ONDA LONGA GLOBAL

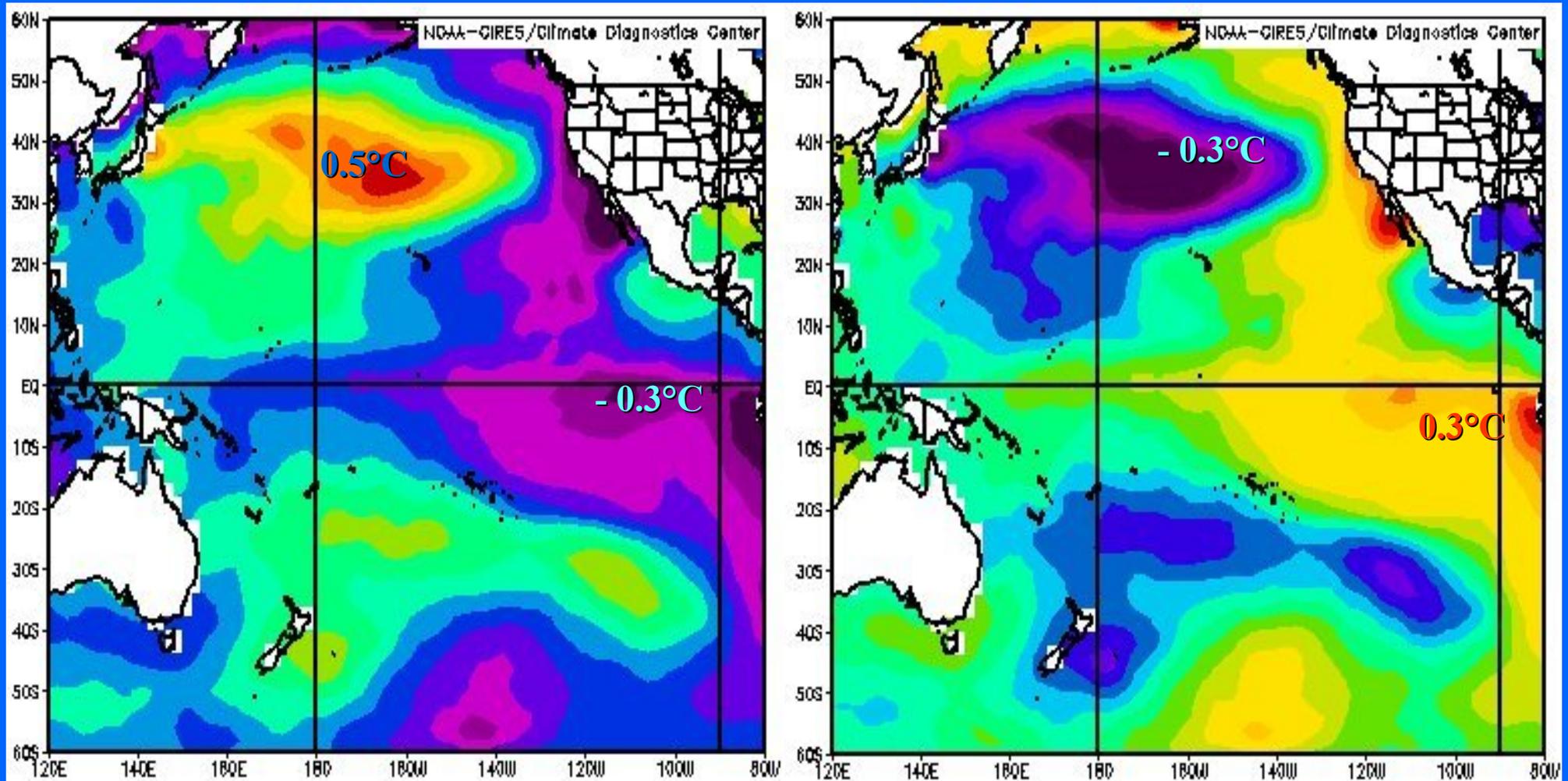


PERÍODO : 1977-1998

PROBLEMAS COM MODELOS CLIMÁTICOS

- FALHAM AO REPRODUZIR AS ESTRUTURAS DO CLIMA GLOBAL
- CICLO HIDROLÓGICO É PESSIMAMENTE TRATADO
 - PROPRIEDADES E COBERTURA DE NÚVENS
 - CONVECÇÃO PROFUNDA “CURTO-CIRCUITA” O EFEITO-ESTUFA
- OCEANOS (71% DA SUPERFÍCIE DA TERRA)
 - TEMPERATURA DE SUPERFÍCIE PRESCRITA
 - TRANSPORTE DE CALOR PRESCRITO

OSCILAÇÃO DECADAL DO PACÍFICO

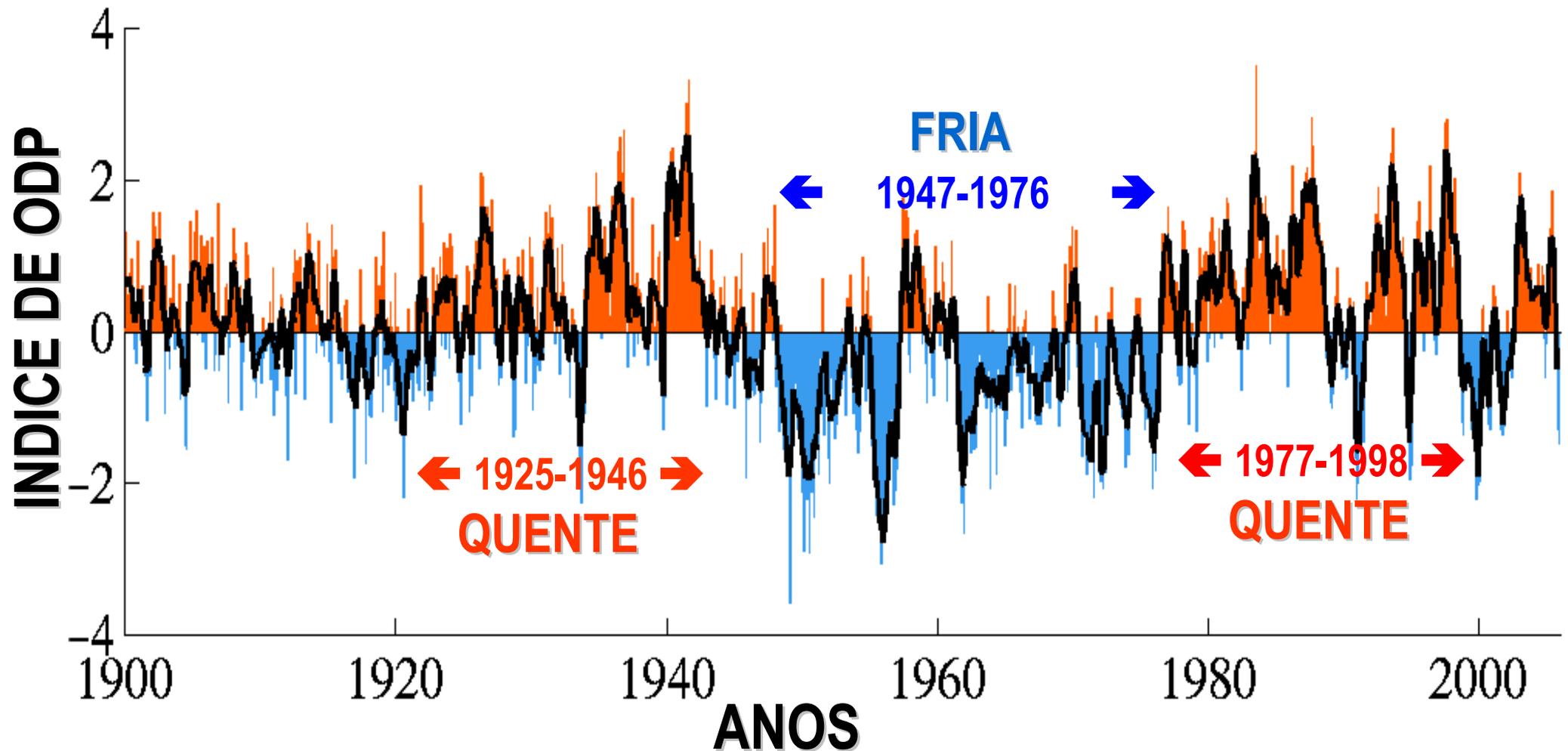


FASE FRIA

FASE QUENTE

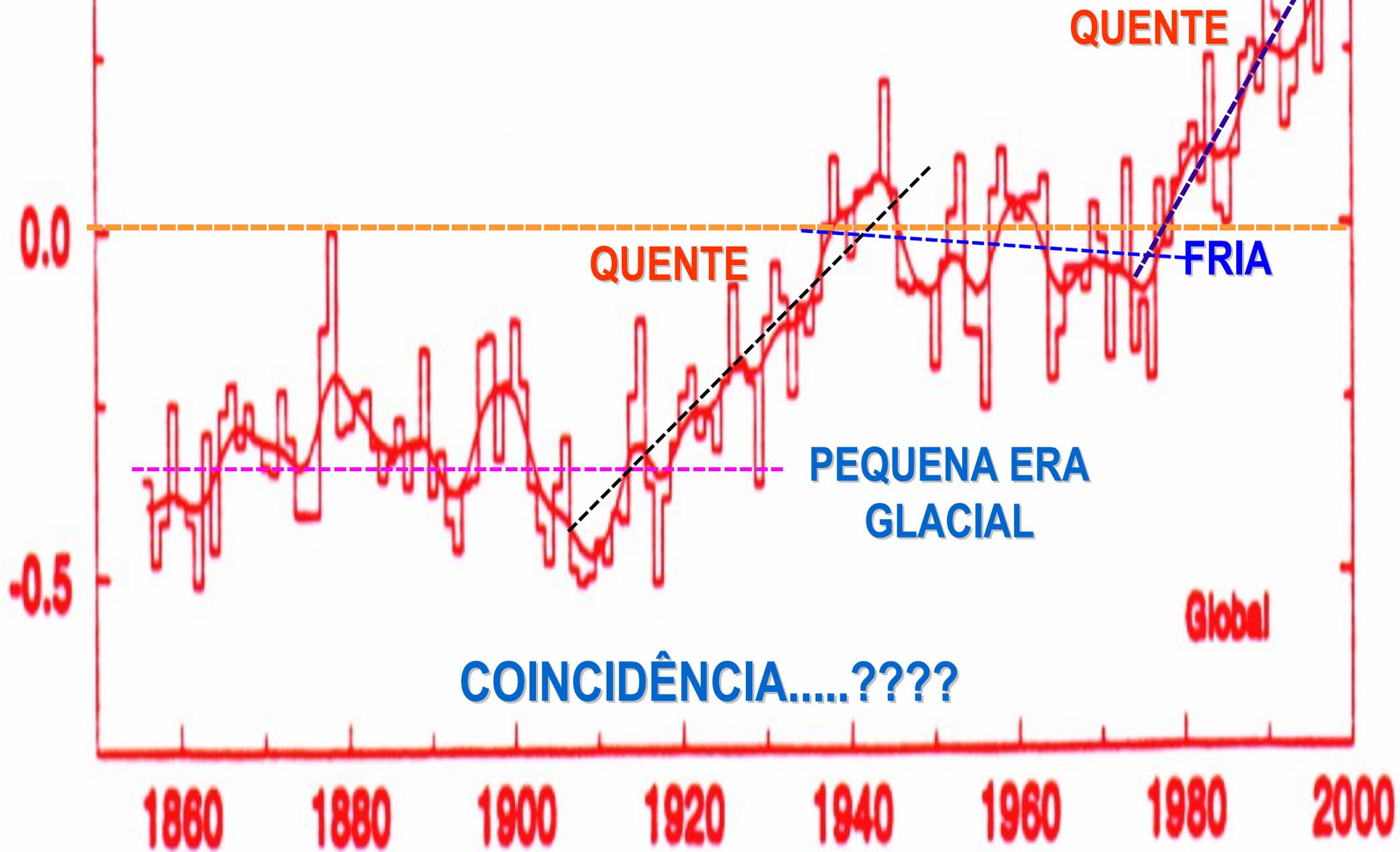
FONTE DOS DADOS: ESRL / PSD / NOAA

OSCILAÇÃO DECADAL DO PACÍFICO



CICLO DA ODP: ~ 50 A 60 ANOS

DESVIOS DE TEMPERATURA MÉDIA GLOBAL E AS FASES DA ODP



O QUE VEM OCORRENDO COM O CLIMA?



*10/09/1945

Após a Segunda Guerra Mundial já era manchete as Mudanças Climáticas e a Time mostrava o planeta suando e esbaforido, dizendo: "O mundo está fervendo!".

1945



*31/01/1977

Nos anos 70 a notícia era o esfriamento e a manchete foi:

"O Grande congelamento".

1977



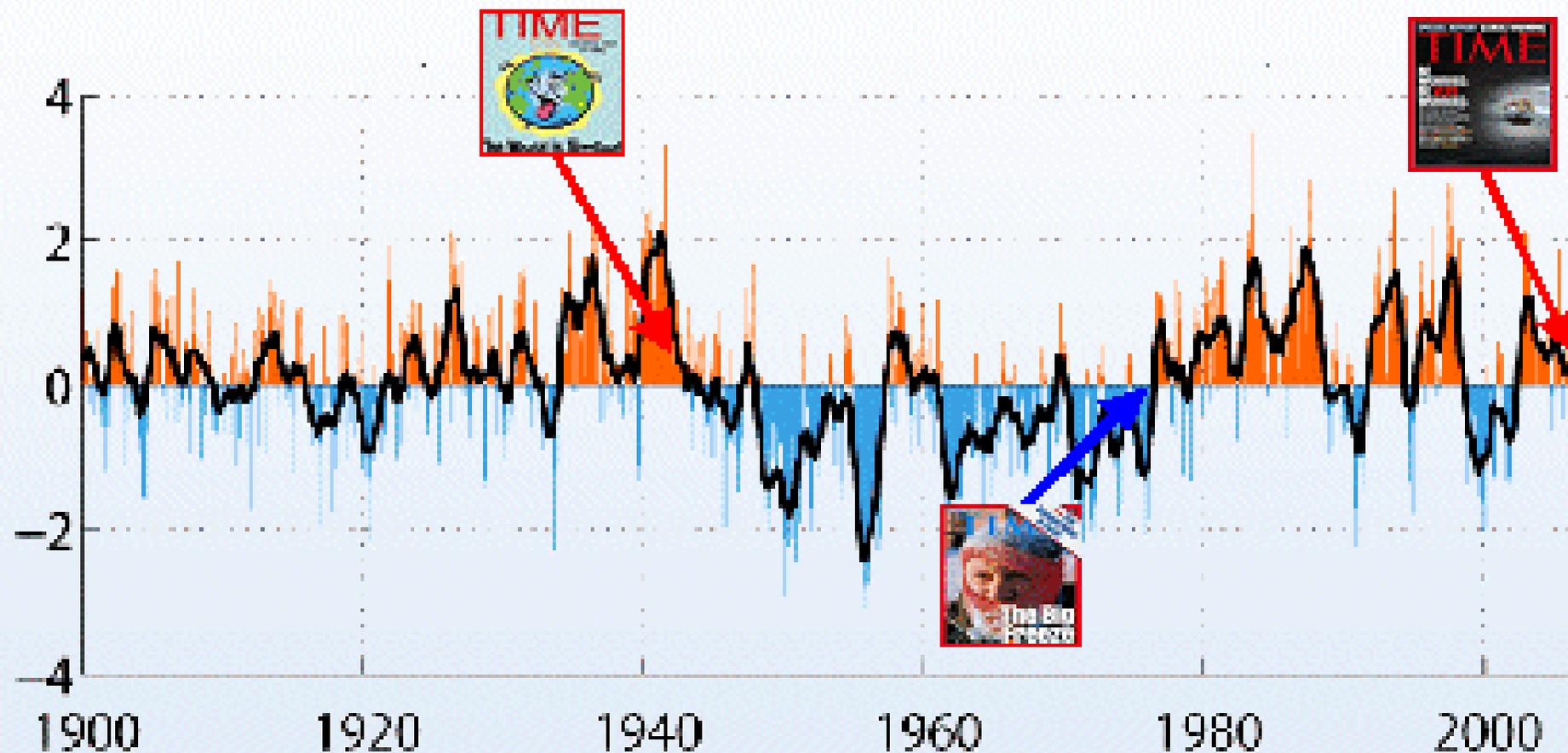
*08/04/2006

Em 2006, a manchete dizia: "Fiquem preocupados. Muito preocupados."

2006

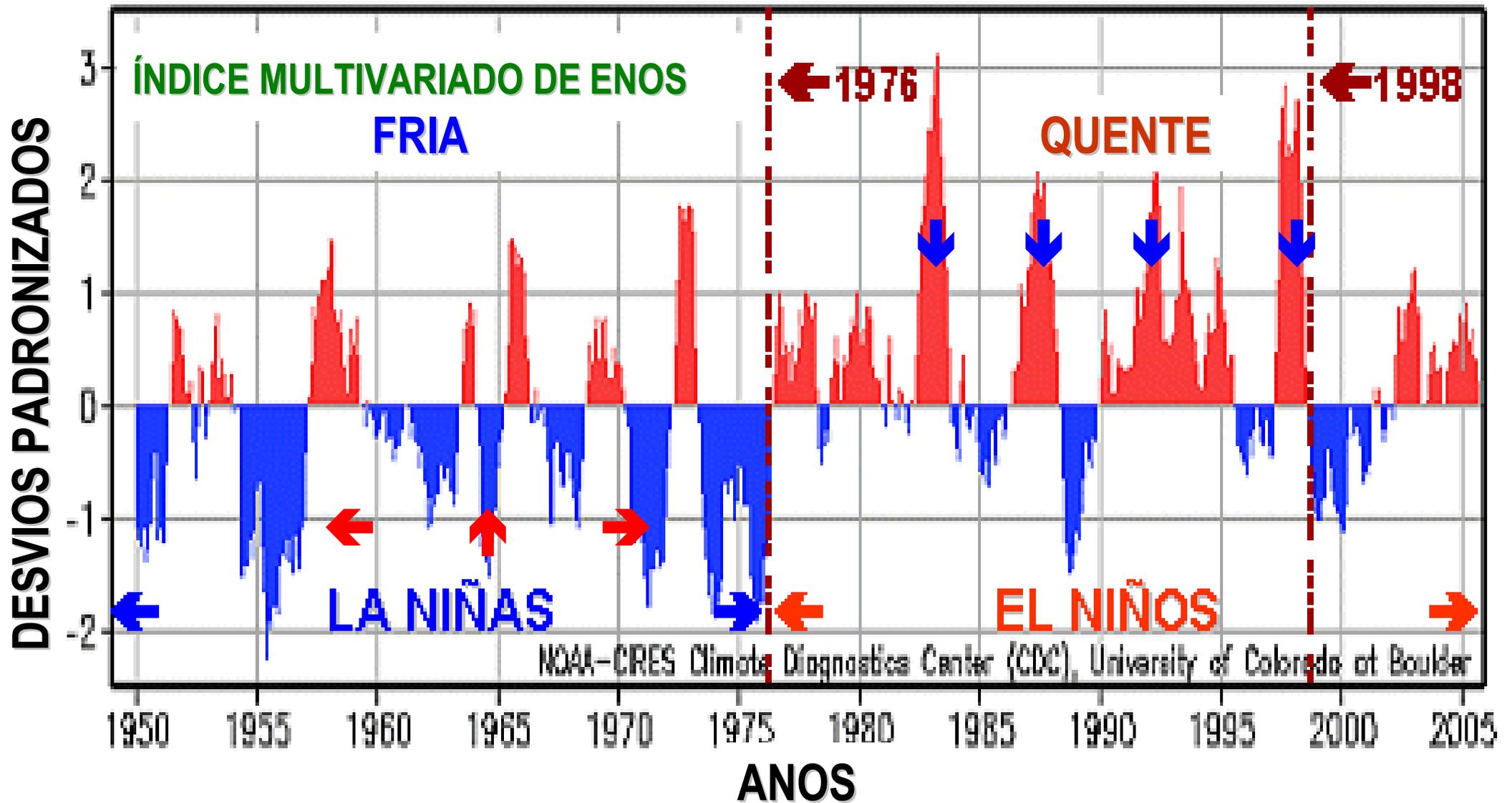
O QUE VEM OCORRENDO COM O CLIMA?

Evolução mensal da ODP: 1900 – Maio 2006



Fonte: Grupo de Estudos Climáticos

FREQÜÊNCIA DE ENOS

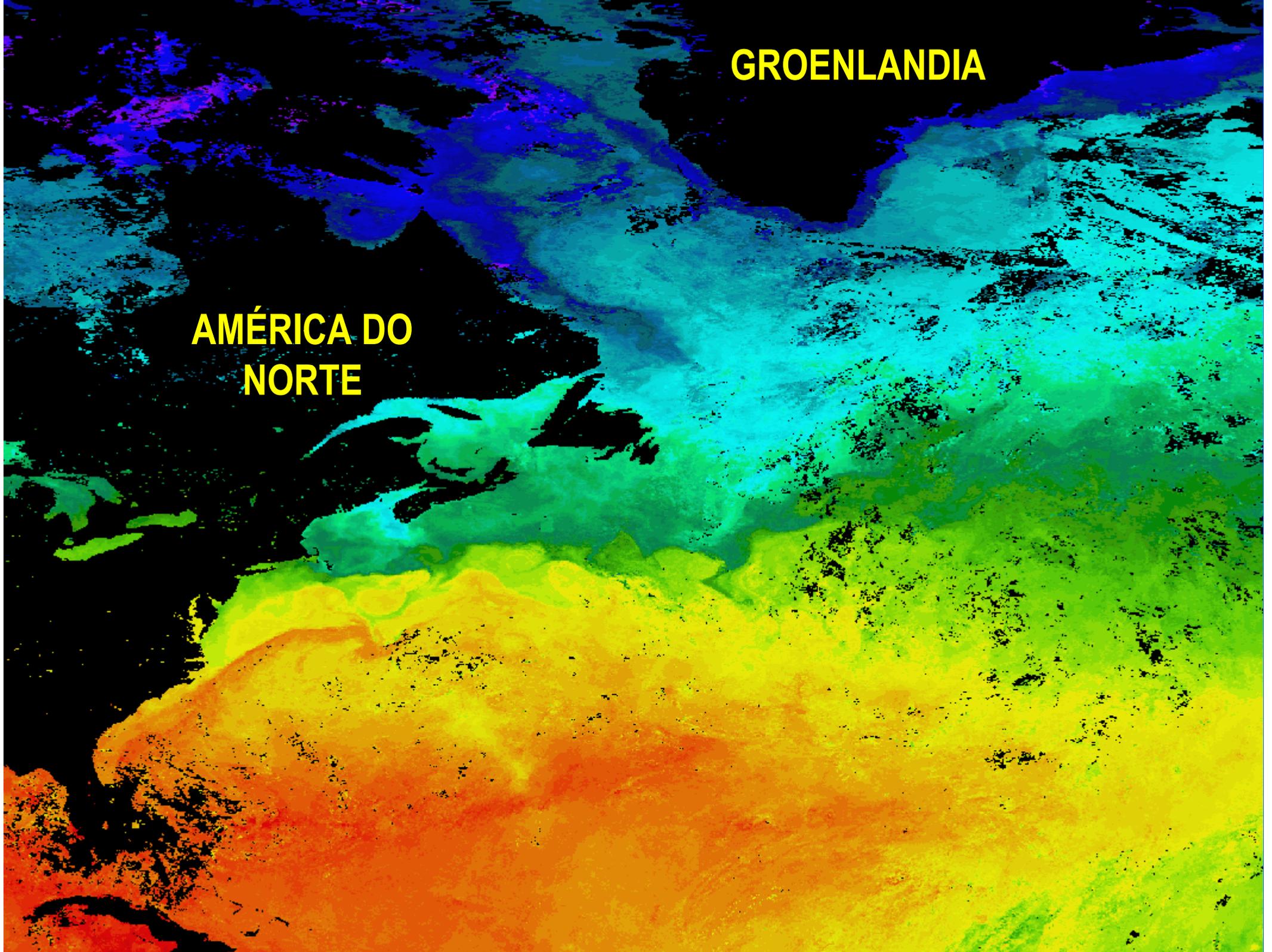


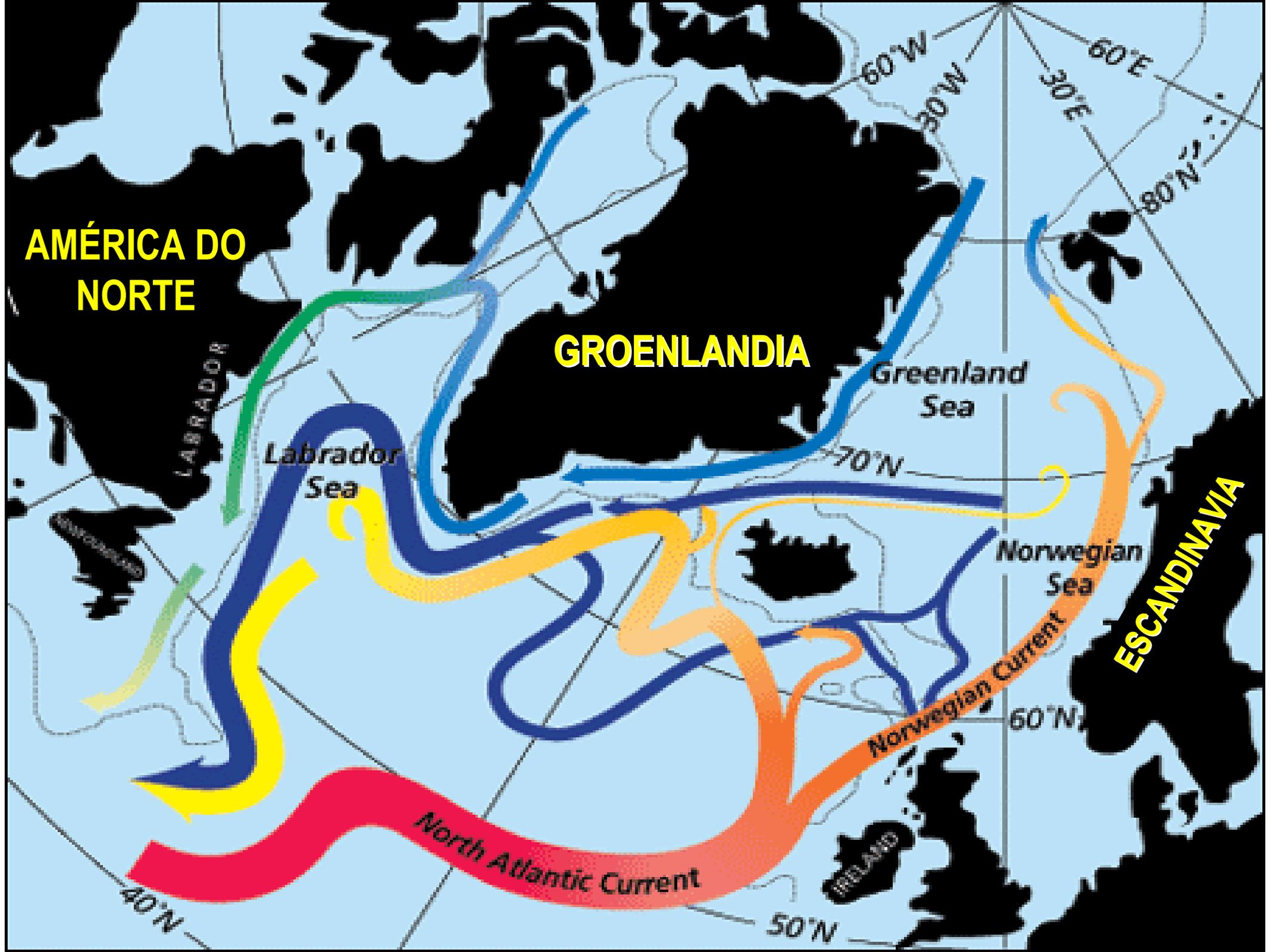
FASE FRIA: MAIOR N° DE LA NIÑA
FASE QUENTE : MAIOR N° DE EL NIÑOS

TRANSPORTES POR CORRENTES MARINHAS

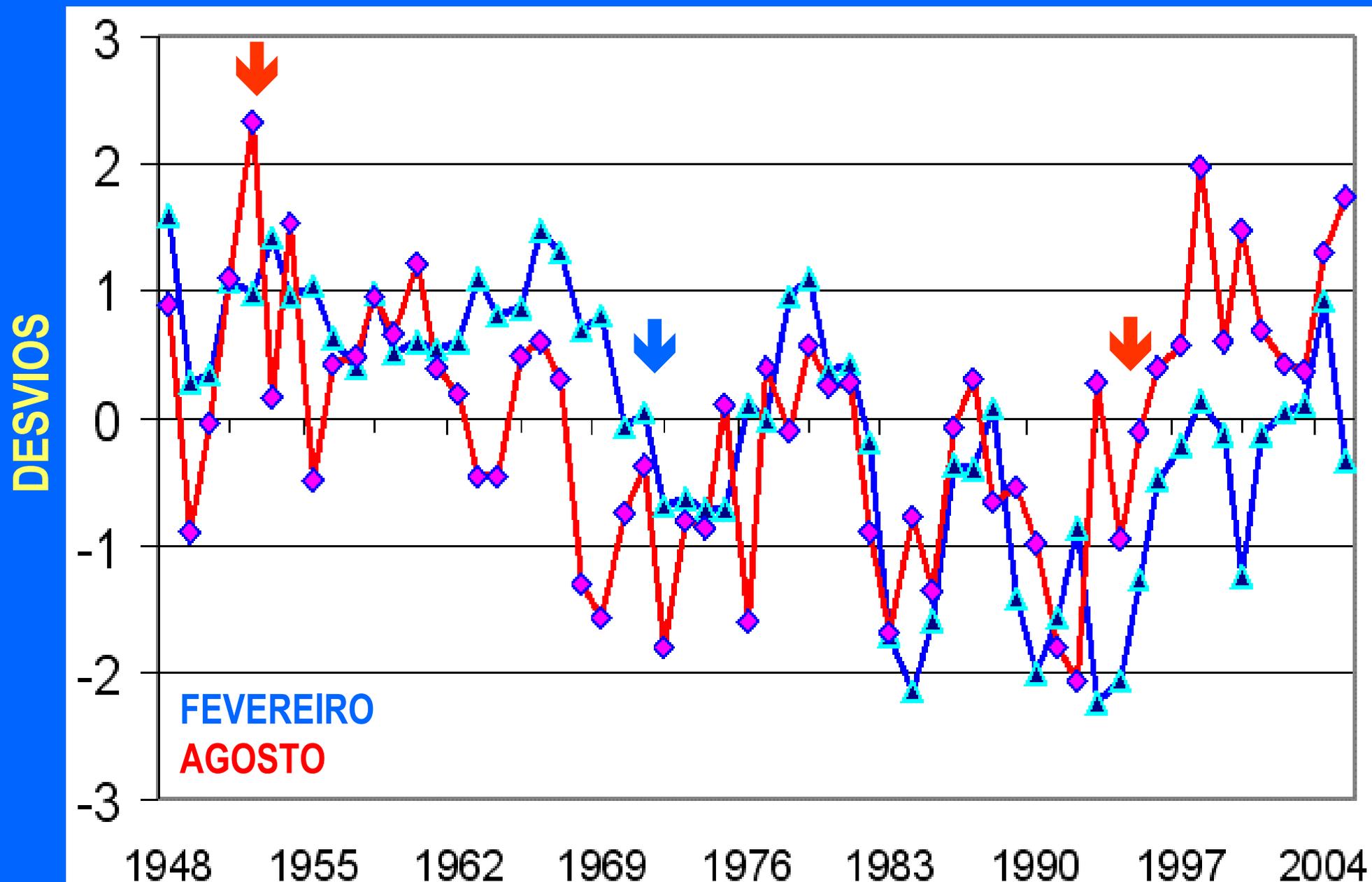
GROENLANDIA

**AMÉRICA DO
NORTE**





TSM SUL DA GROELÂNDIA



50°N-60°N;40°W-50°W

FONTE DE DADOS: CDC / CIRES / NOAA

PROBLEMAS COM MODELOS CLIMÁTICOS

- FALHAM AO REPRODUZIR AS ESTRUTURAS DO CLIMA GLOBAL
- CICLO HIDROLÓGICO É PESSIMAMENTE TRATADO
 - PROPRIEDADES E COBERTURA DE NÚVENS
 - CONVECÇÃO PROFUNDA “CURTO-CIRCUITA” O EFEITO-ESTUFA
- OCEANOS (71% DA SUPERFÍCIE DA TERRA)
 - TEMPERATURA DE SUPERFÍCIE PRESCRITA
 - TRANSPORTE DE CALOR PRESCRITO
- “SINTONIA” DOS MODELOS
 - “AJUSTES” PARA REPRODUZIR O CLIMA “OBSERVADO”
 - AJUSTES MAIORES QUE AS RESPOSTAS ESPEREDAS, E.G. RADIAÇÃO SOLAR ~ 2 TO 3 W/M^2

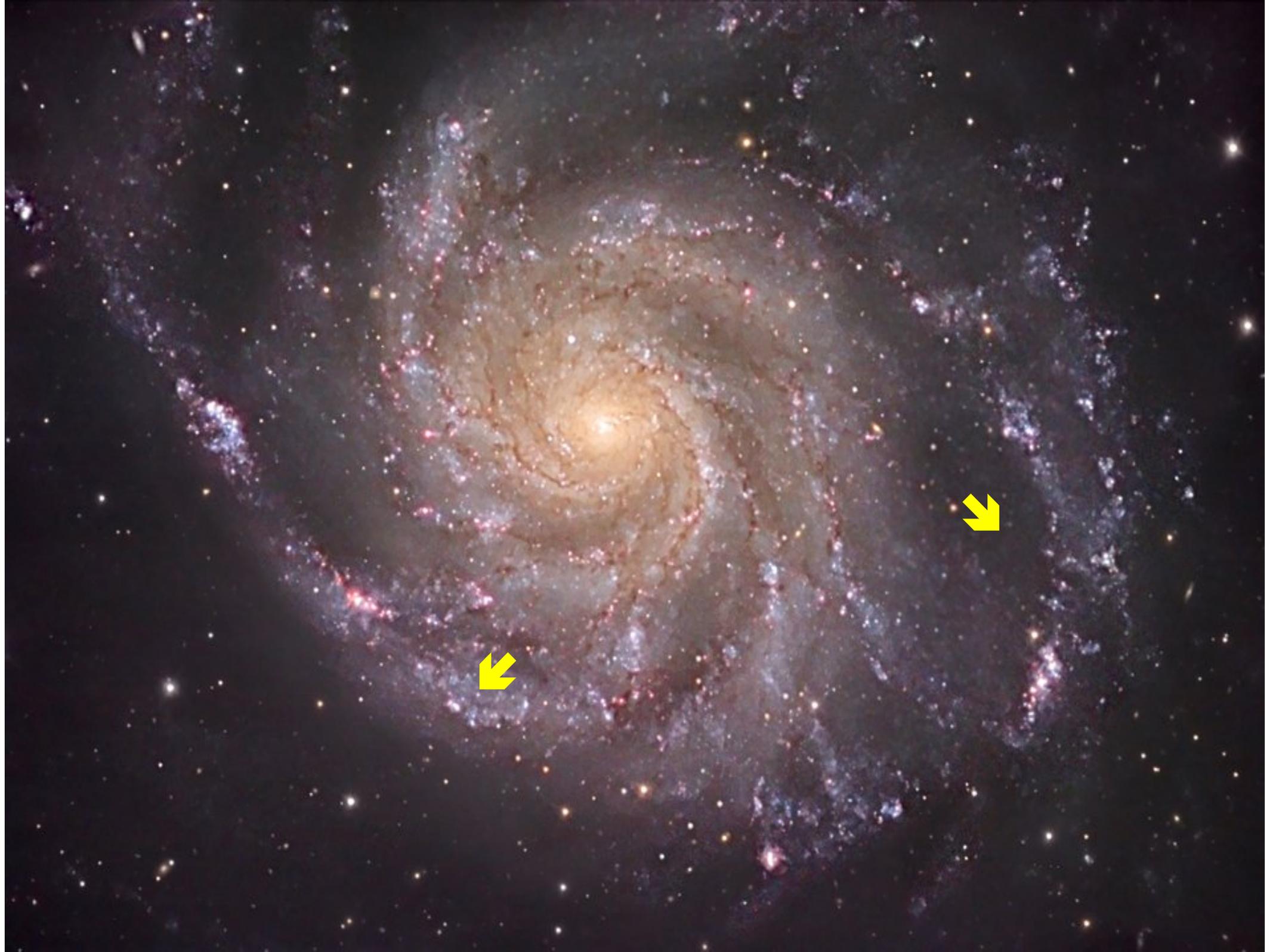
CONCLUSÃO

ESTIMATIVAS DO CARBONO GLOBAL

- FLUXOS NATURAIS (OCEANOS, SOLOS E BIOTA) :
200 BILHÕES DE TONELADAS DE CARBONO POR ANO
- FLUXOS ANTRÓPICOS :
6 BILHÕES DE TONELADAS DE CARBONO POR ANO
- CONTRIBUIÇÃO ANTRÓPICA AO EFEITO-ESTUFA: **0,12 %**
- PROPOSIÇÃO DO PROTOCOLO DE KYOTO : REDUÇÃO
DE **5,2% ~0,3 BILHÕES TONS DE CARBONO / ANO (?)**

COSMOCLIMATOLOGIA

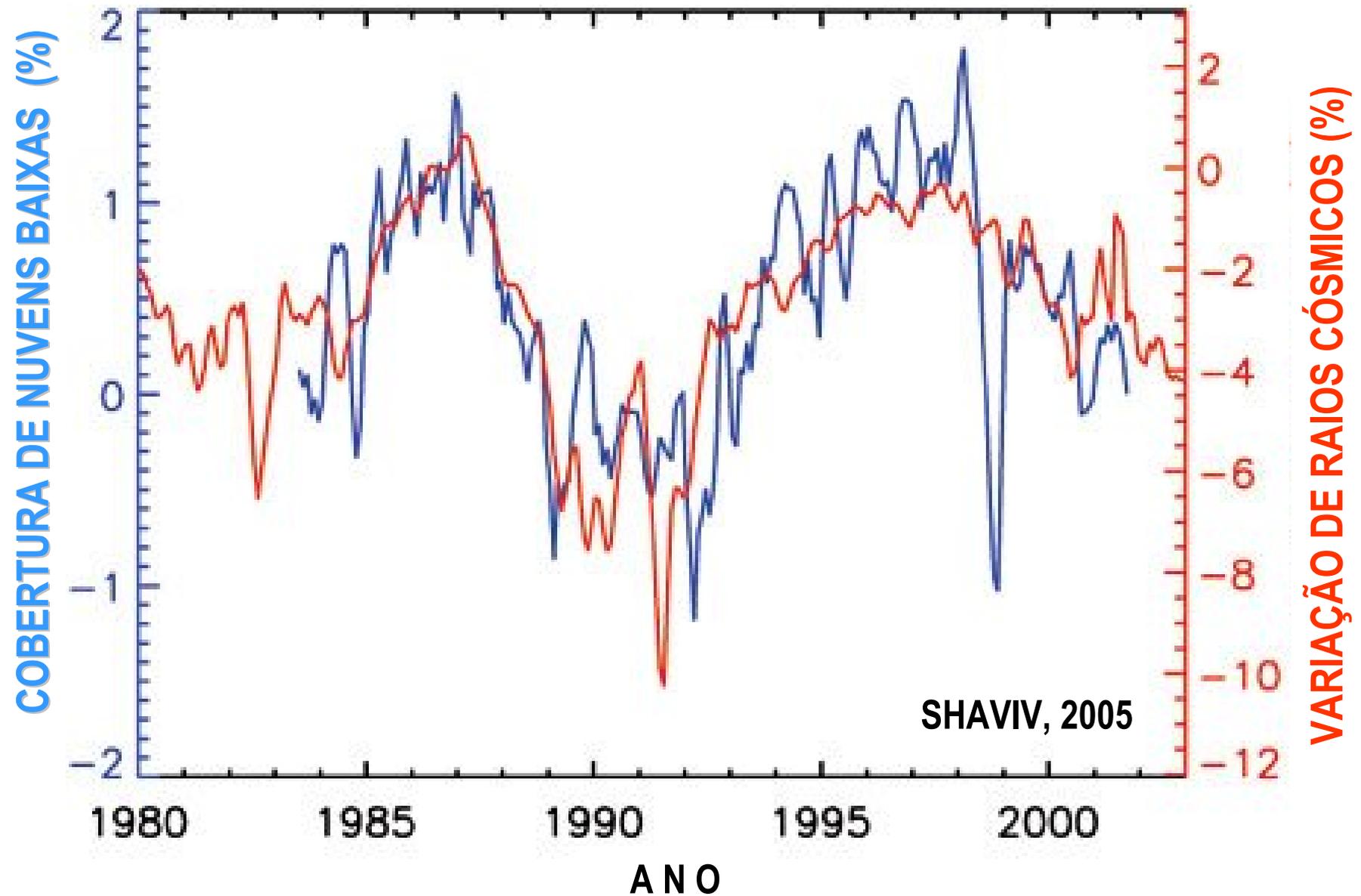
- O CLIMA DA TERRA É COMPLEXO E É RESULTANTE DE TUDO QUE OCORRE NO UNIVERSO. NUNCA ESTEVE E JAMAIS ESTARÁ EM “ EQUILÍBRIO”, “ESTACIONÁRIO”
- POEIRAS CÓSMICAS DENSAS: ERAS GLACIAIS



COSMOCLIMATOLOGIA

- O CLIMA DA TERRA É COMPLEXO E É RESULTANTE DE TUDO QUE OCORRE NO UNIVERSO. NUNCA ESTEVE E JAMAIS ESTARÁ EM “EQUILÍBRIO”, “ESTACIONÁRIO”
- **POEIRAS CÓSMICAS DENSAS: ERAS GLACIAIS**
- RAIOS CÓSMICOS GALÁTICOS ADENTRAM O SISTEMA SOLAR QUANDO O SOL ESTÁ QUIETO, PRODUZEM NÚCLEOS DE CONDENSAÇÃO, AUMENTAM A COBERTURA DE NUVENS BAIXAS E O ALBEDO PLANETÁRIO, RESULTANDO NUM **RESFRIAMENTO** DO SISTEMA CLIMÁTICO

RAIOS CÓSMICOS GALÁTICOS VS NEBULOSIDADE



CATÁSTROFES METEOROLÓGICAS

SEMPRE EXISTIRAM NO PASSADO. EXEMPLOS:

- **1877-79: SECA - MATOU MAIS DE 500 MIL NORDESTINOS E MAIS DE 5 MILHÕES ASIÁTICOS**
- **1896: ONDA DE CALOR NOS USA - MATOU MAIS DE 3 MIL SÓ EM NOVA YORK**
- **1788, 1921, 1887: PELA ORDEM, OS 3 ANOS MAIS SECOS NA INGLATERRA NOS ÚLTIMOS 250 ANOS**
- **1900: O MAIS MORTÍFERO FURACÃO, GALVESTONE , TEXAS - MATOU CERCA DE 10 MIL PESSOAS**
- **NÃO CONFUNDIR FENÔMENO COM VULNERABILIDADE**

EPIDEMIAS GLOBAIS

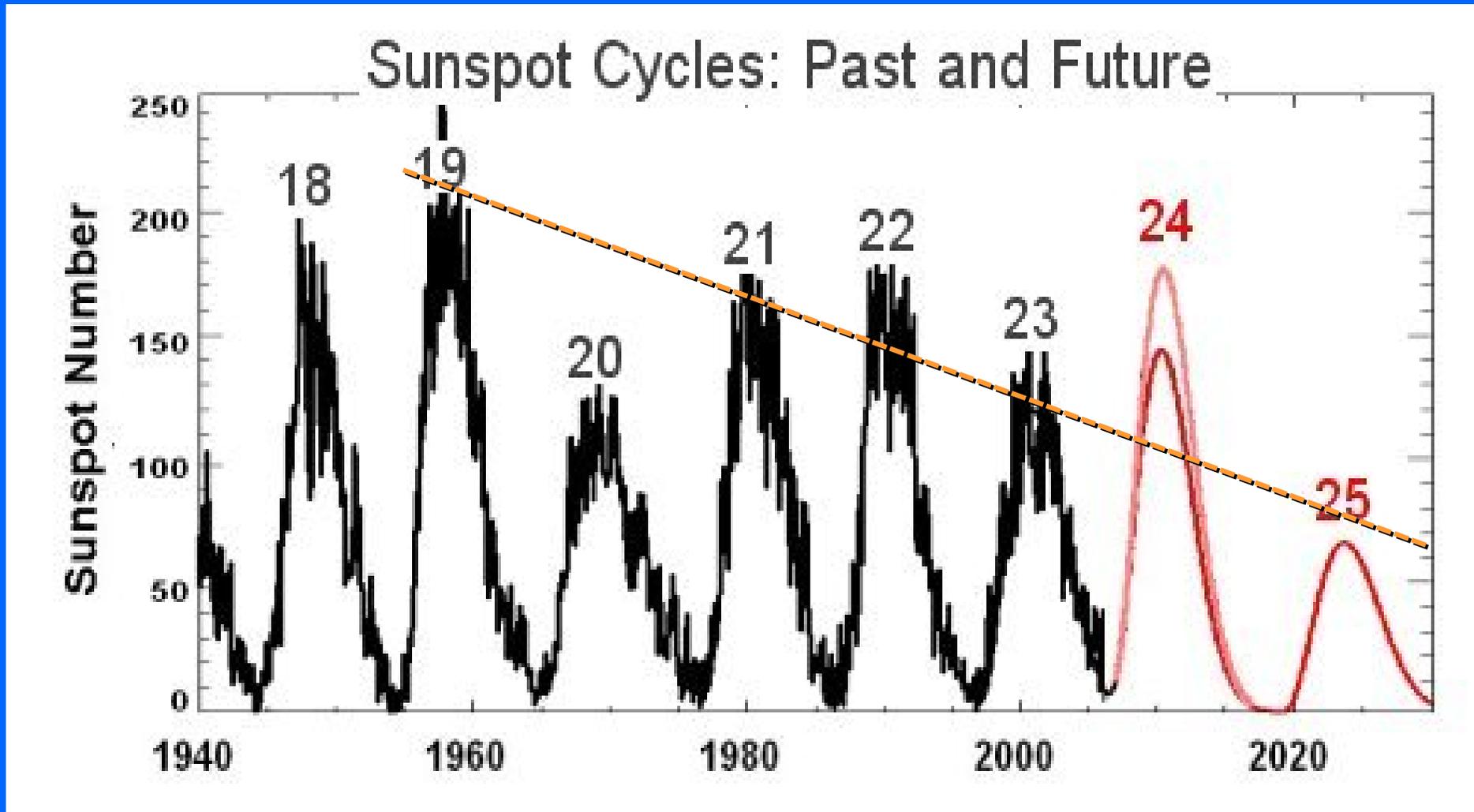
SEMPRE EXISTIRAM NO PASSADO. EXEMPLOS:

- **3.200 AC-HOJE: MALÁRIA (MOSQUITO ANOFELINO) , CERCA DE 2 MILHÕES DE MORTES POR ANO**
- **430 AC - HOJE: TIFO, + DE 3 MILHÕES ENTRE 1918 -1922**
- **430 AC – 1979?: VARÍOLA, +400 MILHÕES NO SÉCULO XX**
- **1340 -1771: PESTE NEGRA, + DE 70 MILHÕES NA EUROPA**
- **1871 - HOJE: CÓLERA, ? MILHÕES**
- **1918 - 1919: GRIPE ESPANHOLA, + 40 MILHÕES**
- **CLIMA OU VULNERABILIDADE E FALTA DE SANEAMENTO ?**

MAS.....

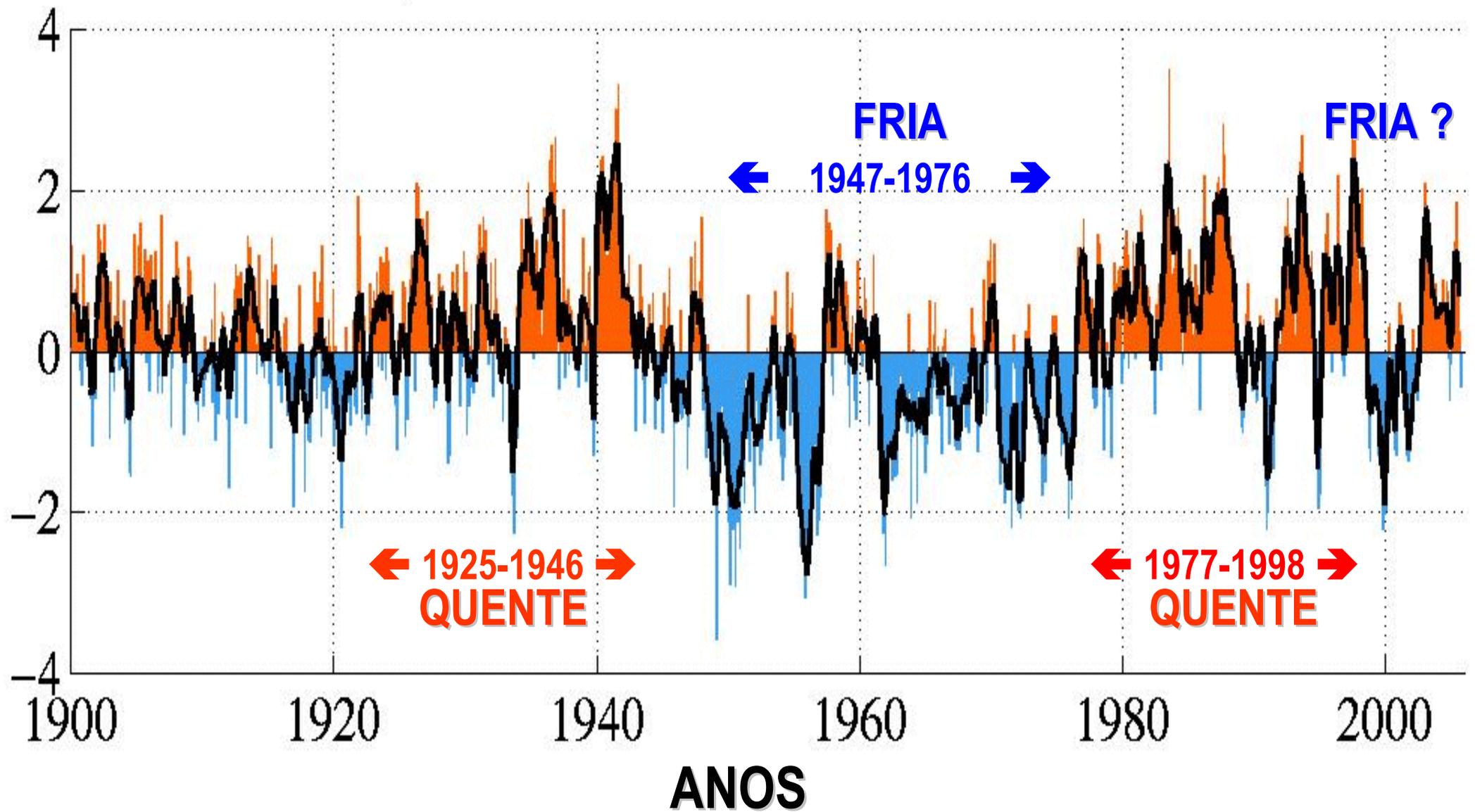
VAI AQUECER OU ESFRIAR ?????

PREVISÃO DO CICLO DE MANCHAS SOLARES

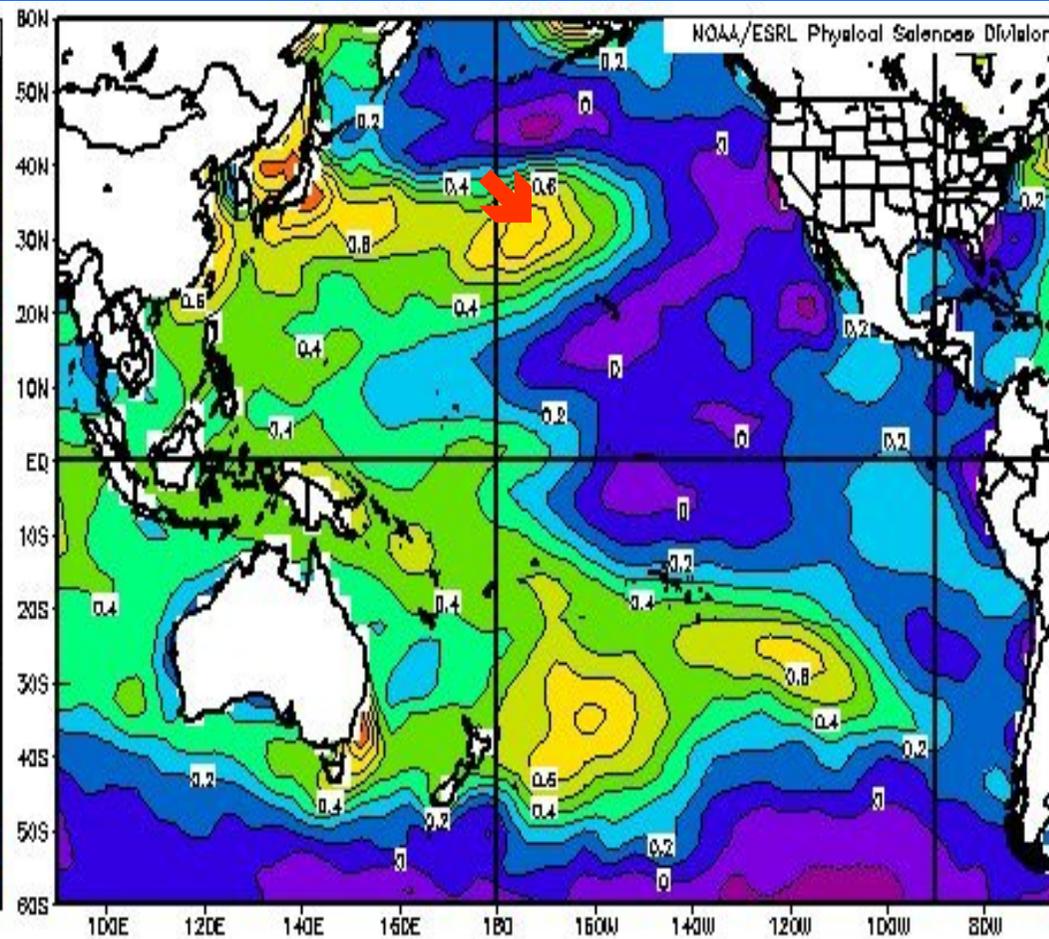
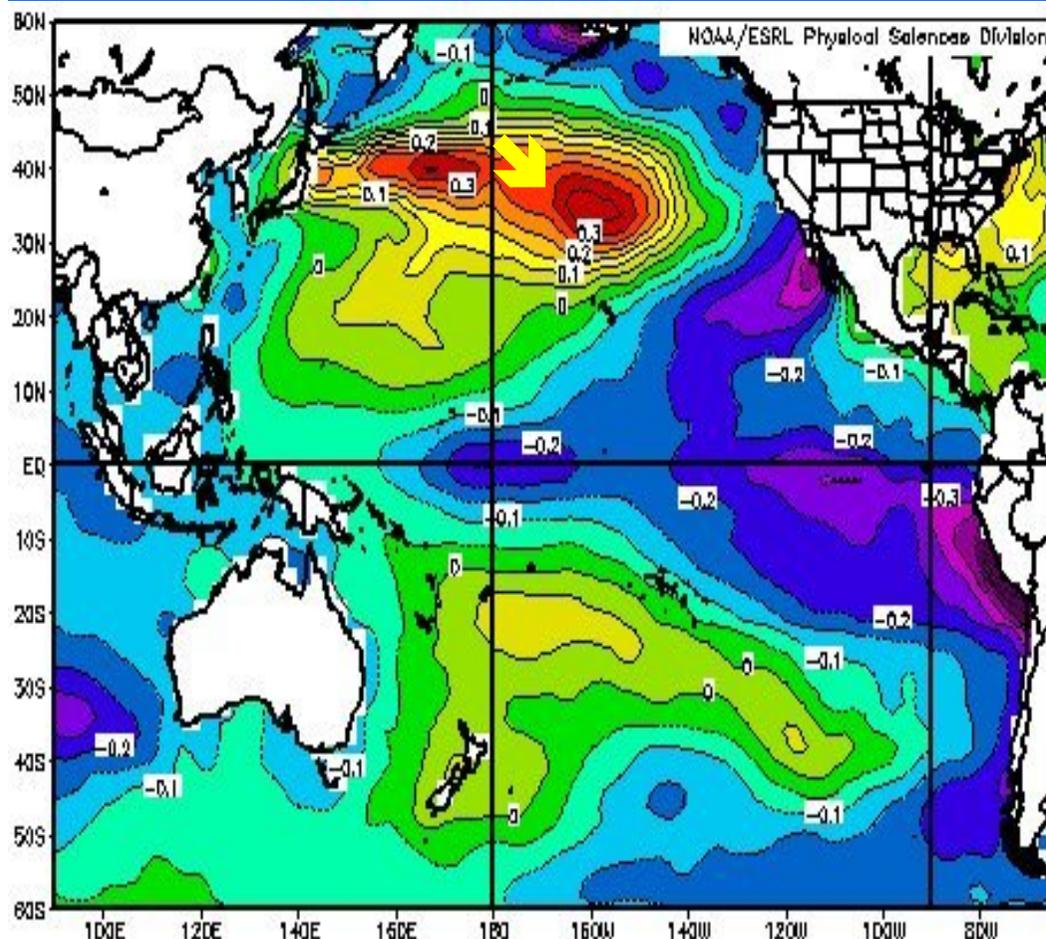


SOL , PRINCIPAL FONTE DE ENERGIA, PODERÁ PASSAR OS PRÓXIMOS DOIS CICLOS (22 ANOS) PRODUZINDO MENOS ENERGIA E O CLIMA GLOBAL RESFRIAR

OSCILAÇÃO DECADAL DO PACÍFICO



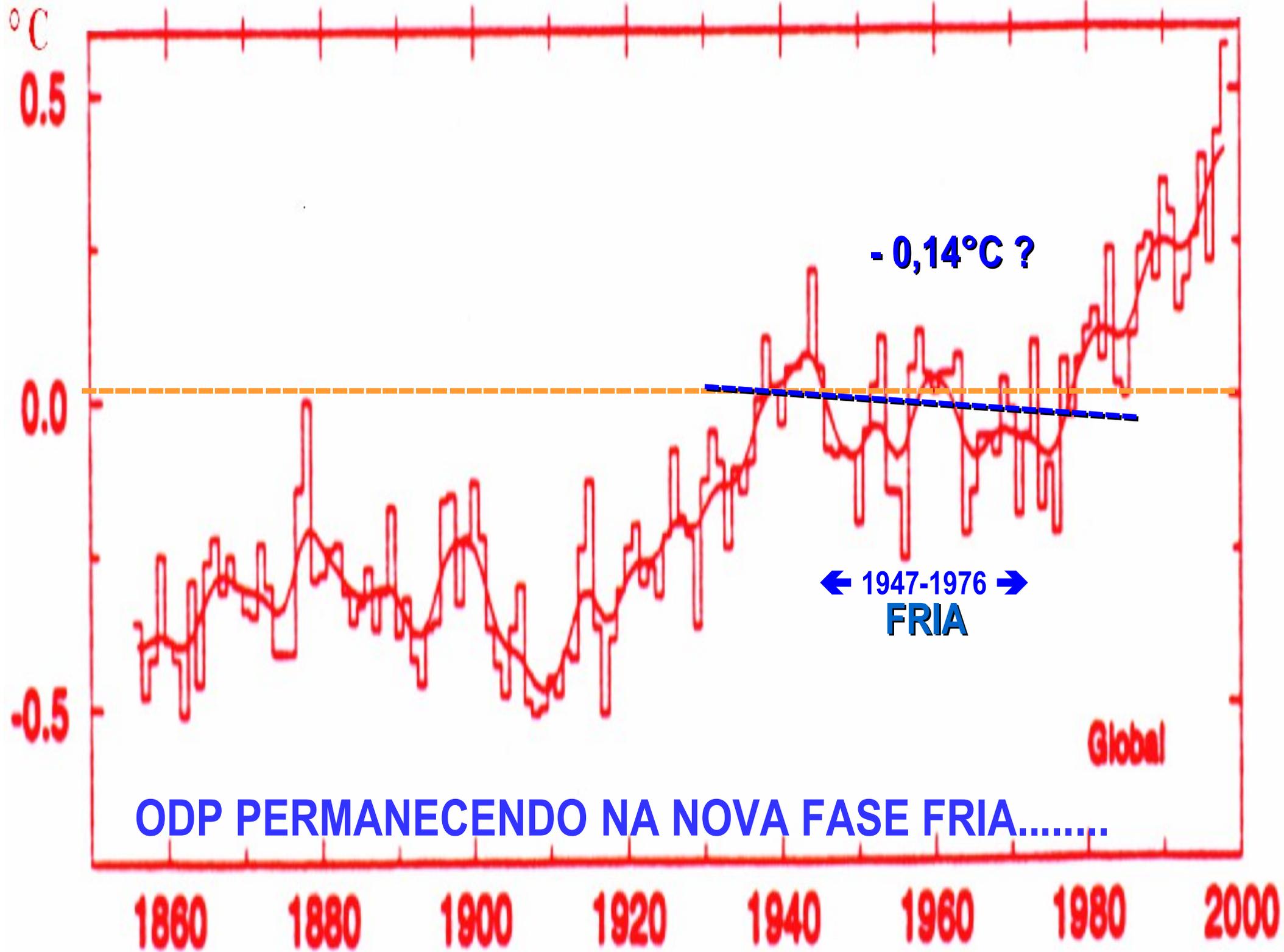
ANOMALIAS DA TEMPERAURA DA SUPERFÍCIE DO MAR



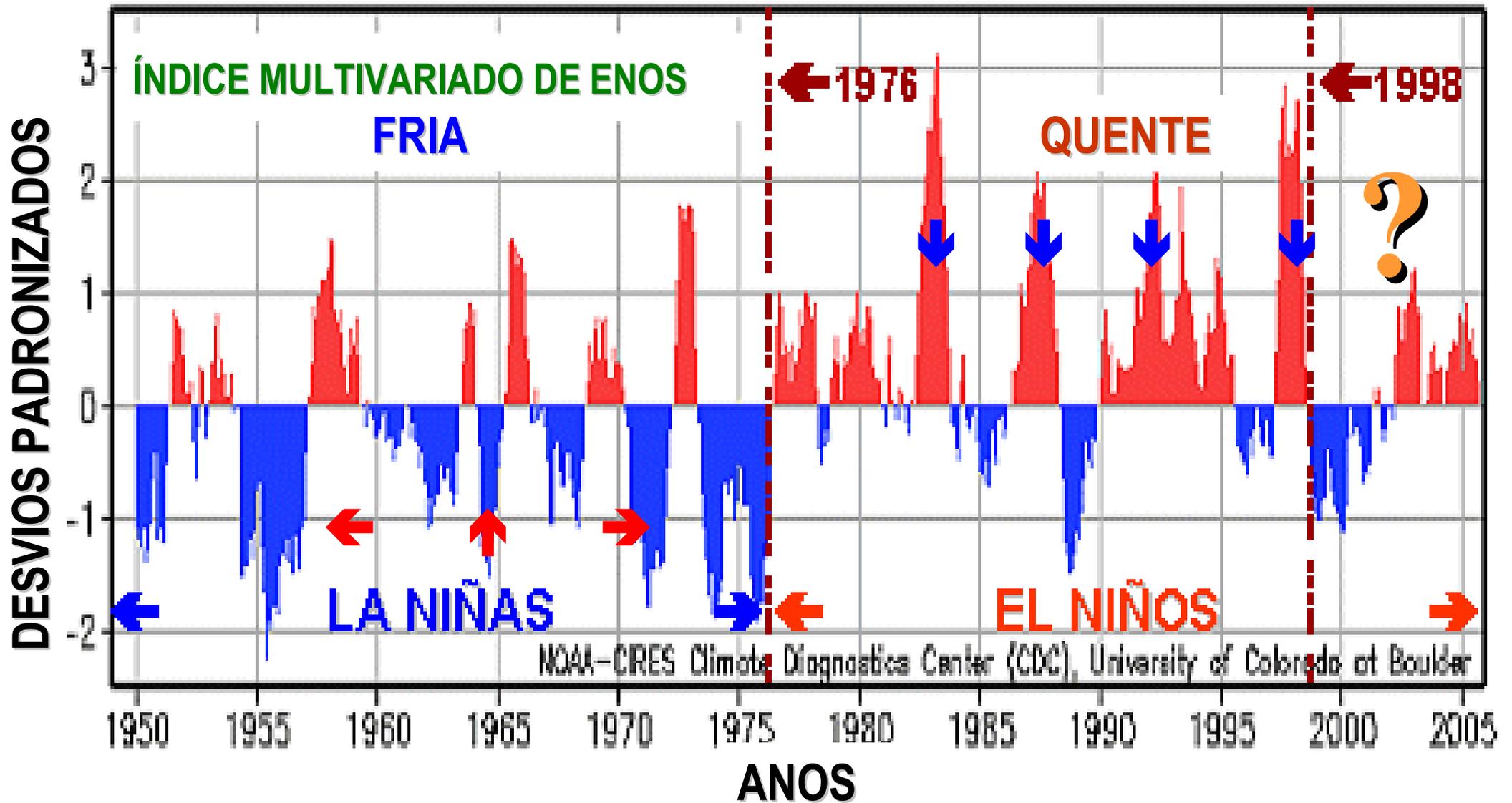
1948 – 1976 (FASE FRIA)

1999 - 2006

A ODP ESTÁ INICIANDO EM UMA NOVA FASE FRIA.....



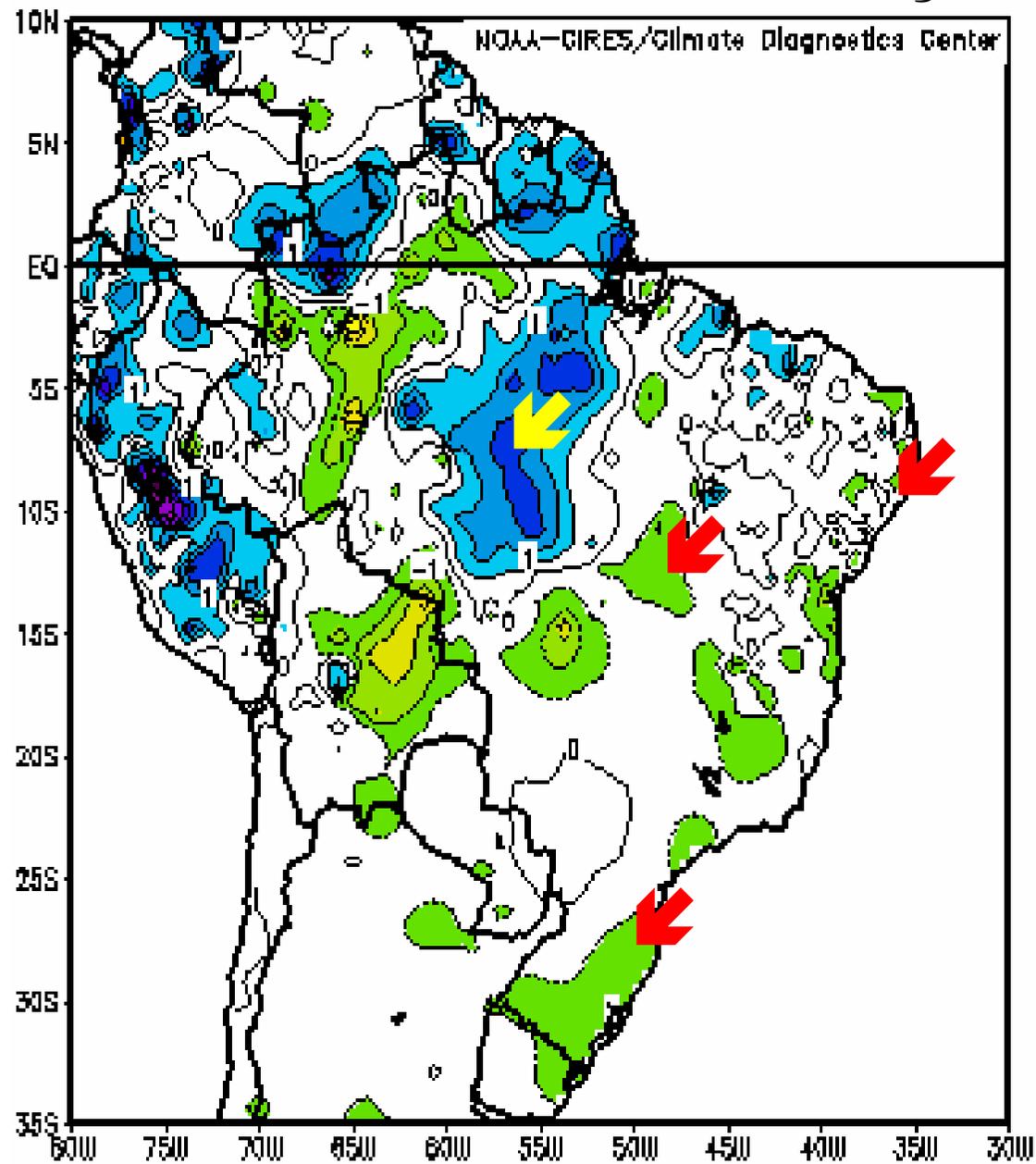
FREQÜÊNCIA DE ENOS



FASE FRIA: MAIOR N° DE LA NIÑAS

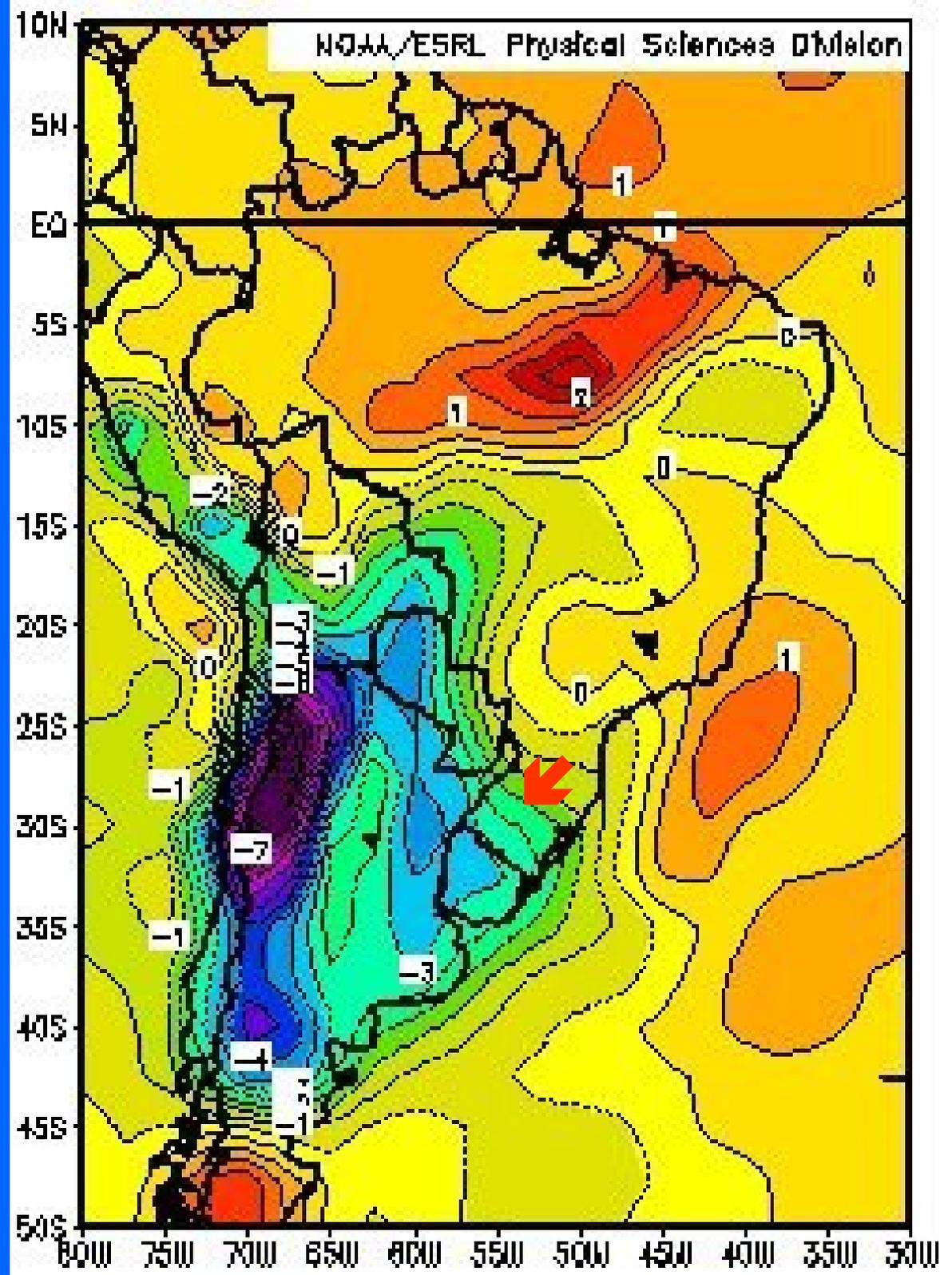
LA NIÑAS DA FASE FRIA PRODUZEM SECAS NO NORDESTE

DESVIOS DE PRECIPITAÇÃO



FASE FRIA

**ANOMALIAS DA
TEMPERATURA DO
AR MÉDIA PARA
JULHO – AGOSTO DE
2007, COM RELAÇÃO
À MÉDIA DE 1977-1998**





molion@radar.ufal.br





AQUECIMENTO GLOBAL: UMA VISÃO CRÍTICA

INTRODUÇÃO

EM 1896, SVANT ARRHENIUS AFIRMOU QUE HAVERIA UM AUMENTO DE 5°C NA TEMPERATURA GLOBAL SE A CONCENTRAÇÃO DE CO₂ DOBRASSE

EM 1938, UM TÉCNICO EM MÁQUINAS À VAPOR DA BRITISH ELECTRICAL, GUY S. CALLENDAR, TENTOU RELACIONAR O AUMENTO DE TEMPERATURA, OBSERVADO ENTRE 1918-1938, COM O AUMENTO DE CO₂, PORÉM NÃO CONVENCEU METEOROLOGISTAS

ESTABILIDADE CLIMÁTICA

CONTROLES CLIMÁTICOS

➤ EFEITO-ESTUFA

EFEITO-ESTUFA

O QUE É?

É A PROPRIEDADE QUE A ATMOSFERA TERRESTRE TEM DE ABSORVER A RADIAÇÃO INFRAVERMELHA EMITIDA PELA SUPERFÍCIE E REEMITÍ-LA EM DIREÇÃO À MESMA. RESULTA NO “**APRISIONAMENTO**” DE BOA PARTE DA RADIAÇÃO SOLAR QUE PENETRA NO SISTEMA TERRA-ATMOSFERA.

COMO FUNCIONA?

A RADIAÇÃO SOLAR AQUECE A SUPERFÍCIE. ESTA EMITE RADIAÇÃO INFRAVERMELHA TÉRMICA, OU ONDAS LONGAS (**ROL**), QUE É ABSORVIDA PELOS GASES CONSTITUINTES MINORITÁRIOS, COMO VAPOR D'ÁGUA, GÁS CARBÔNICO , METANO E ÓXIDO NITROSO, E REEMITIDA EM DIREÇÃO À SUPERFÍCIE. EM PRINCÍPIO, QUANTO MAIOR A CONCENTRAÇÃO DESSES GASES, MAIS INTENSO É O EFEITO-ESTUFA E MAIOR É O AQUECIMENTO DO PLANETA. É UM EFEITO **NATURAL E BENÉFICO** PARA A VIDA POIS, SE NÃO EXISTISSE, A TEMPERATURA DO PLANETA SERIA **-18°C** (ABAIXO DE ZERO) ENQUANTO OBSERVA-SE **+15°C**, OU SEJA, **UM AUMENTO DE +33°C!**

ESTABILIDADE CLIMÁTICA

CONTROLES CLIMÁTICOS

- EFEITO-ESTUFA
- ALBEDO PLANETÁRIO

ALBEDO PLANETÁRIO

O QUE É ?

REFLETIVIDADE MÉDIA DO PLANETA I.E. O PERCENTUAL DE RADIAÇÃO SOLAR REJEITADA PARA O ESPAÇO EXTERIOR E QUE NÃO ESTÁ DISPONÍVEL PARA OS PROCESSOS FÍSICOS E QUÍMICOS QUE OCORREM NO SISTEMA TERRA-ATMOSFERA-OCEANO

COMO OCORRE?

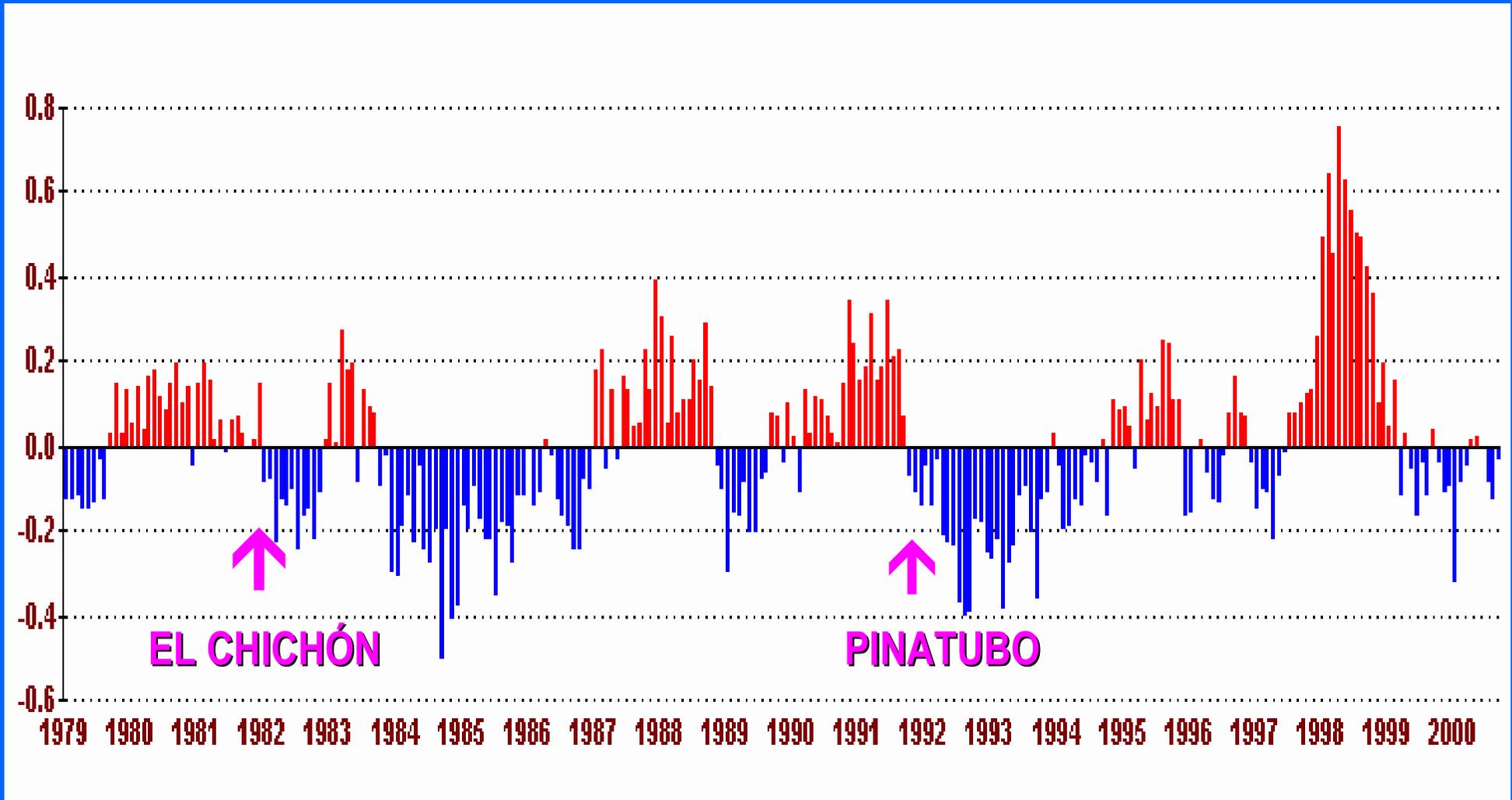
GASES, PARTÍCULAS EM SUSPENSÃO, NÚVENS E DIVERSOS TIPOS DE COBERTURA SUPERFICIAL (ÁGUA, GELO / NEVE, FLORESTAS, DESERTOS) REFLETEM DIFERENCIALMENTE A RADIAÇÃO SOLAR DE ONDAS CURTAS (**ROC**) DE VOLTA PARA O ESPAÇO. DEPENDE DO ALBEDO DE SUPERFÍCIE, DA COBERTURA DE NÚVENS, AEROSSÓIS E MATERIAL EM SUSPENSÃO NA ATMOSFERA. **ALBEDO MENOR, MAIS RADIAÇÃO** DISPONÍVEL PARA OS PROCESSOS ATMOSFÉRICOS.

PERÍODOS DE VARIAÇÃO DE TEMPERATURA

- PEQUENA ERA GLACIAL ➤ ANTES DE 1925
- AQUECIMENTO: $+0,37^{\circ}\text{C}$ ➤ DE 1925-1946
- RESFRIAMENTO: $-0,14^{\circ}\text{C}$ ➤ DE 1946-1976
- AQUECIMENTO: $+0,32^{\circ}\text{C}$ ➤ DE 1977-1998
- IPCC (2007): MÉDIA GLOBAL AUMENTOU DE $0,76^{\circ} \pm 0,19^{\circ}\text{C}$ ENTRE 1850 - 2005

DESVIOS DE TEMPERATURA OBTIDOS POR SATÉLITES

FONTE: WWW.GHCC.MSFC.NASA.GOV



**GRANDES ERUPÇÕES PROVOCAM
RESFRIAMENTO GLOBAL DURANTE 3 A 4 ANOS**

PERÍODO 1977-1998

AQUECIMENTO DE + 0,32°C

1. UMA DAS QUESTÕES É QUE ESSE AQUECIMENTO NÃO TEM SIDO VERIFICADO EM TODO O GLOBO. POR EXEMPLO, PARA OS EEUU CONTINENTAL, QUE POSSUE UMA REDE DE ESTAÇÕES BEM MANTIDA.

2. MUDANÇAS DE LOCALIDADE E / OU DO MEIO-AMBIENTE DA ESTAÇÃO MUDAM AS SÉRIES TEMPORAIS DOS DADOS.

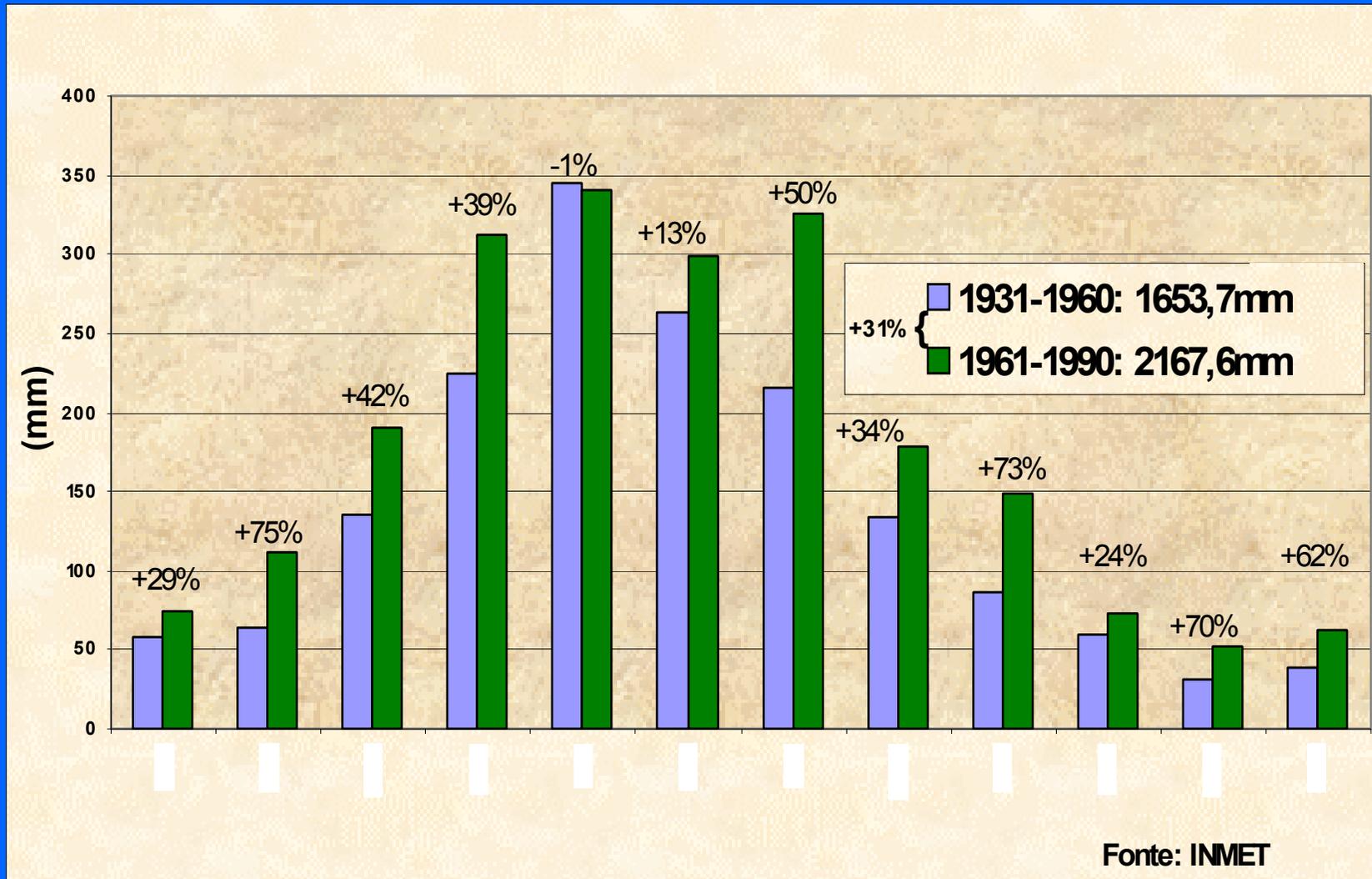
MUDANÇAS NO MEIO-AMBIENTE DA ESTAÇÃO



MANUTENÇÃO DO ABRIGO E SENSORES



NORMAIS DE PRECIPITAÇÃO MACEIO, ALAGOAS, BR



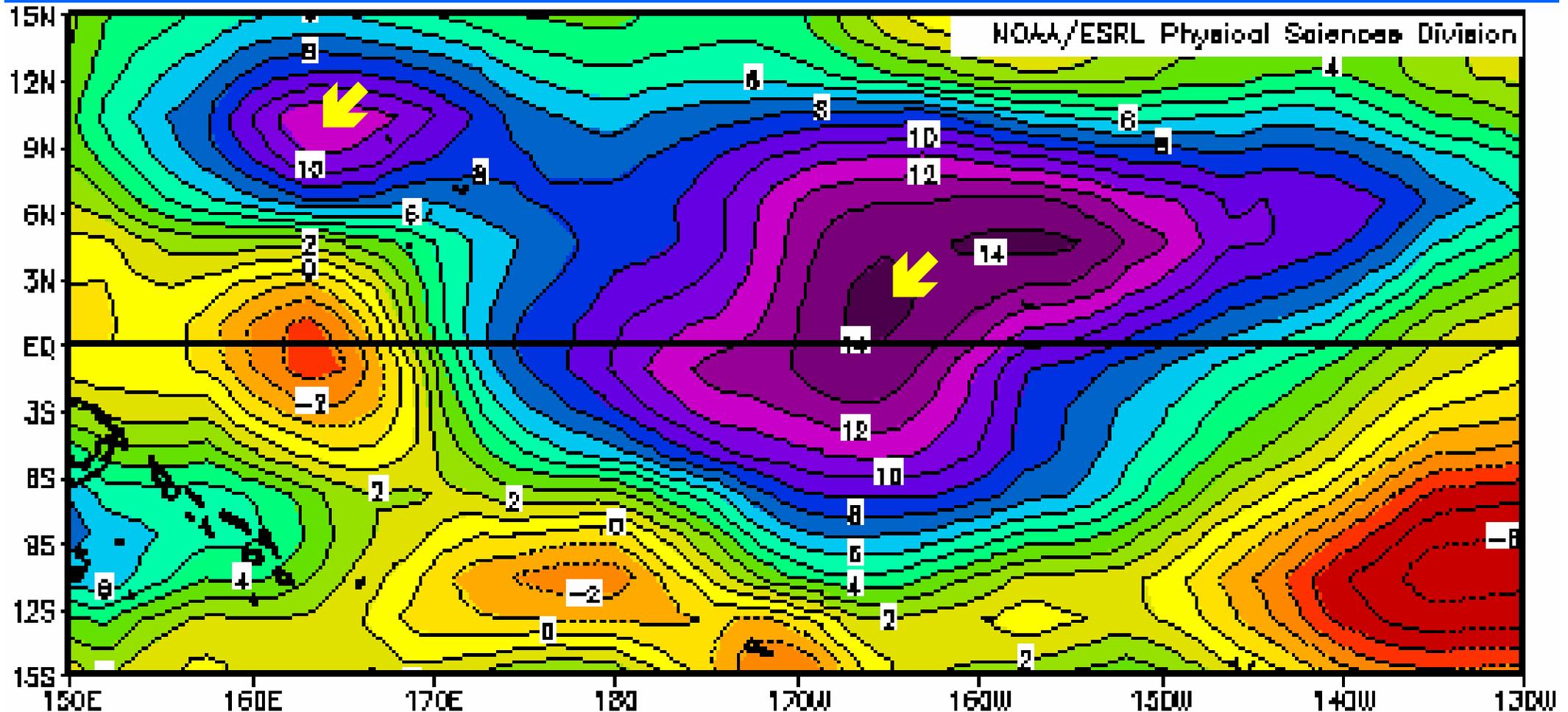
URBANIZAÇÃO: EFEITO ILHA DE CALOR

A ENERGIA DISPONÍVEL (R_n) É REPARTIDA ENTRE OS FLUXOS DE CALOR LATENTE (LE) E O DE CALOR SENSÍVEL, QUE É O QUE AQUECE O AR (RAZÃO DE BOWEN = H / LE).

$$R_n = LE + H$$

EM GRANDES CIDADES, COBERTAS DE ASFALTO E CONCRETO, EXISTE MUITO POUCA ÁGUA PARA EVAPORAR E MAIOR PARTE DA ENERGIA DISPONÍVEL CONVERTE-SE EM CALOR SENSÍVEL

CONVECÇÃO PROFUNDA, EFEITO-ESTUFA E ROLE



PACÍFICO TROPICAL, 1977-2006
(15°S -15°N;150°E-130°W)

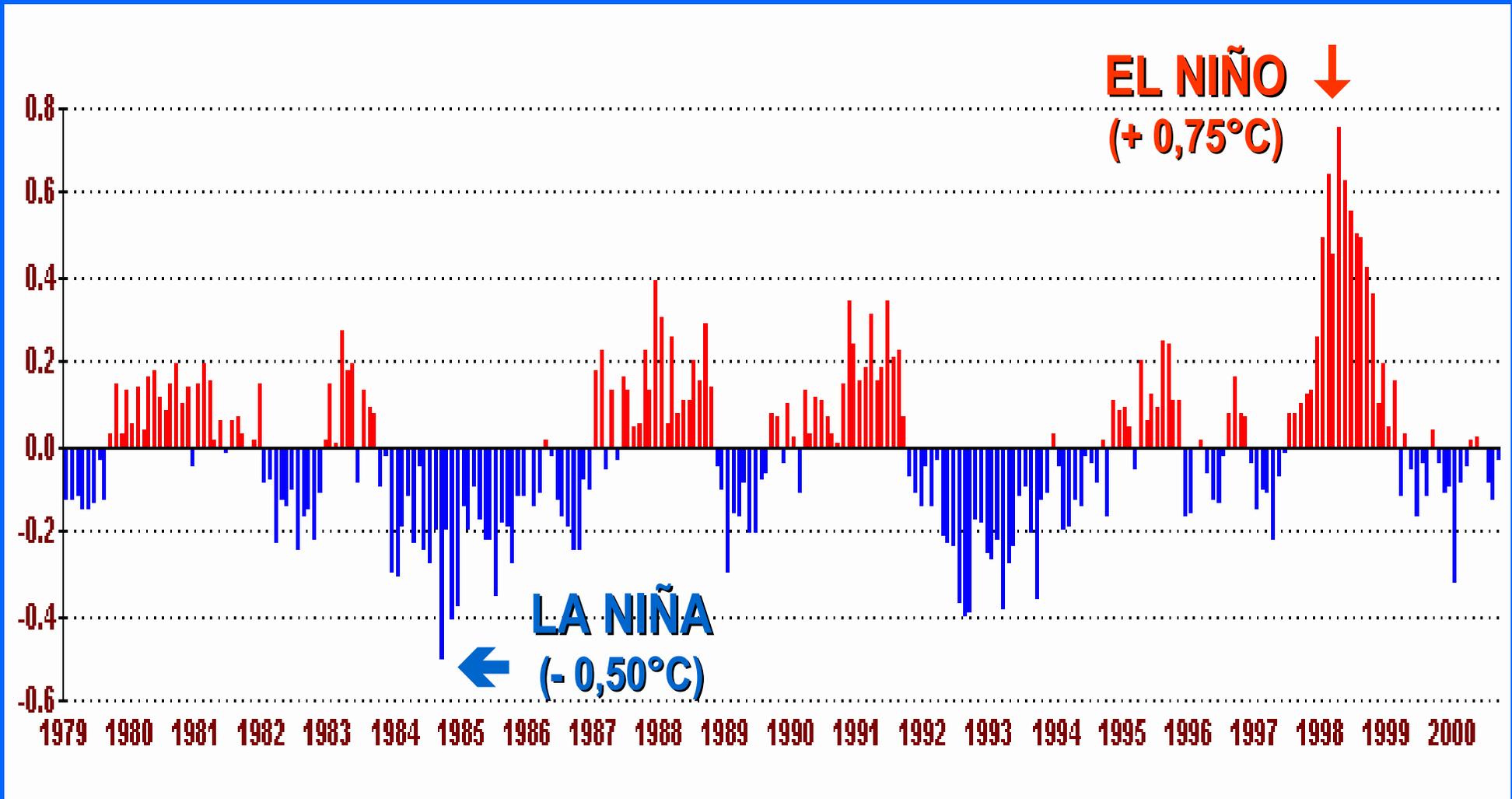
FONTE DE DADOS : ESRL/PSD/NOAA

ESCALA INTERDECADAL

ESCALA INTERANUAL

DESVIOS DE TEMPERATURA OBTIDOS POR SATÉLITES

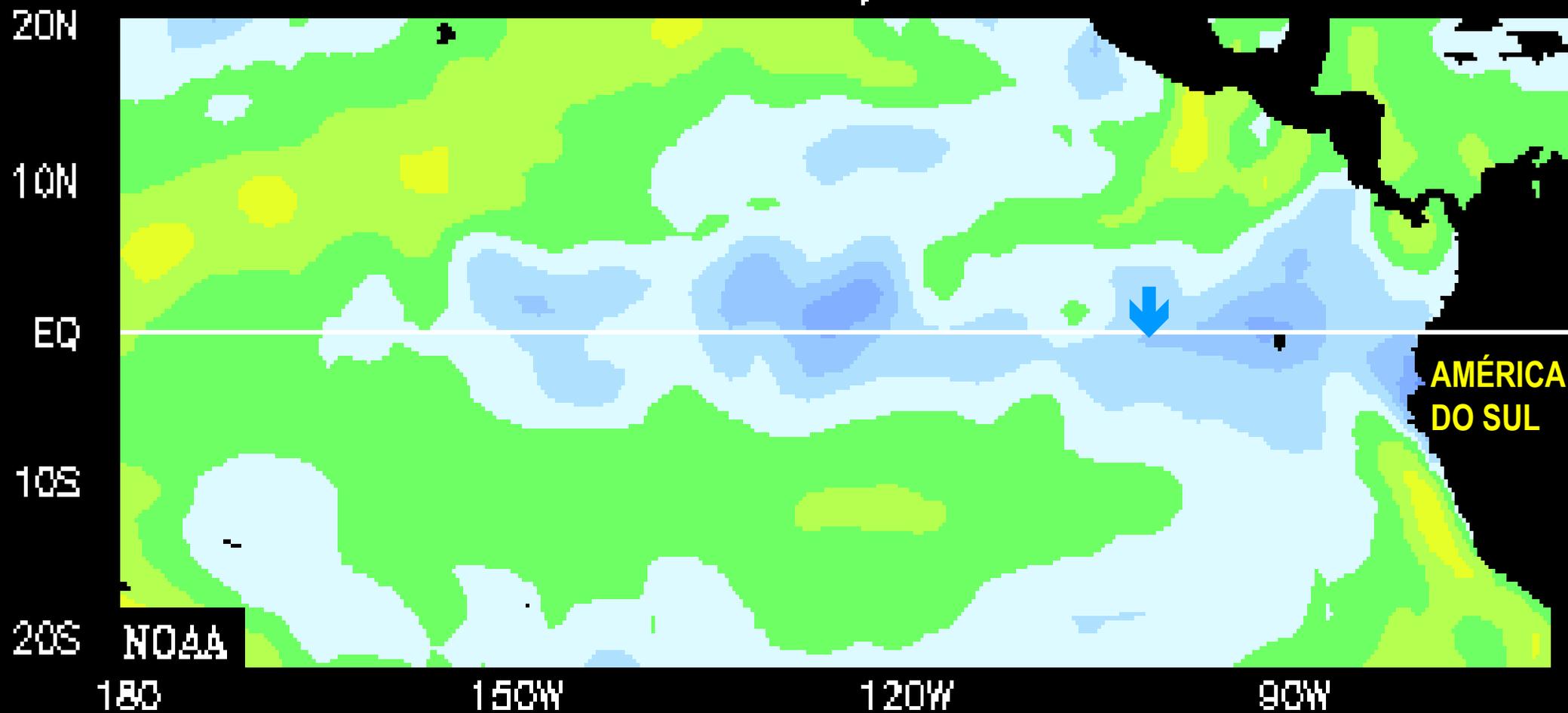
FONTE: WWW.GHCC.MSFC.NASA.GOV



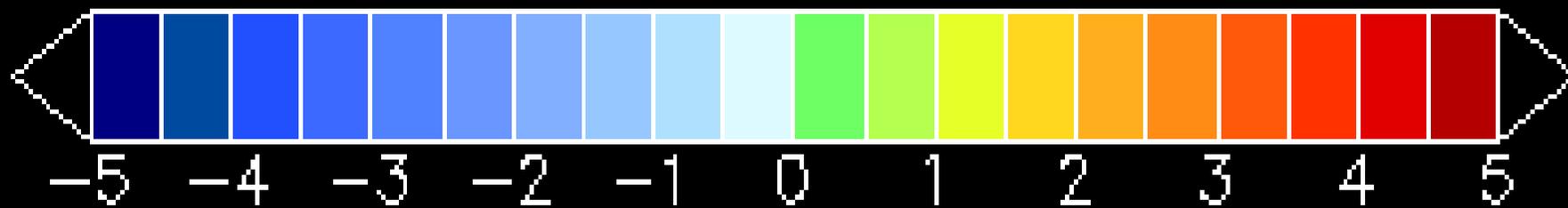
AMPLITUDE MAIOR QUE 1,5°C ENTRE UM EL NIÑO E LA NIÑA

SST ANOMALIES °C

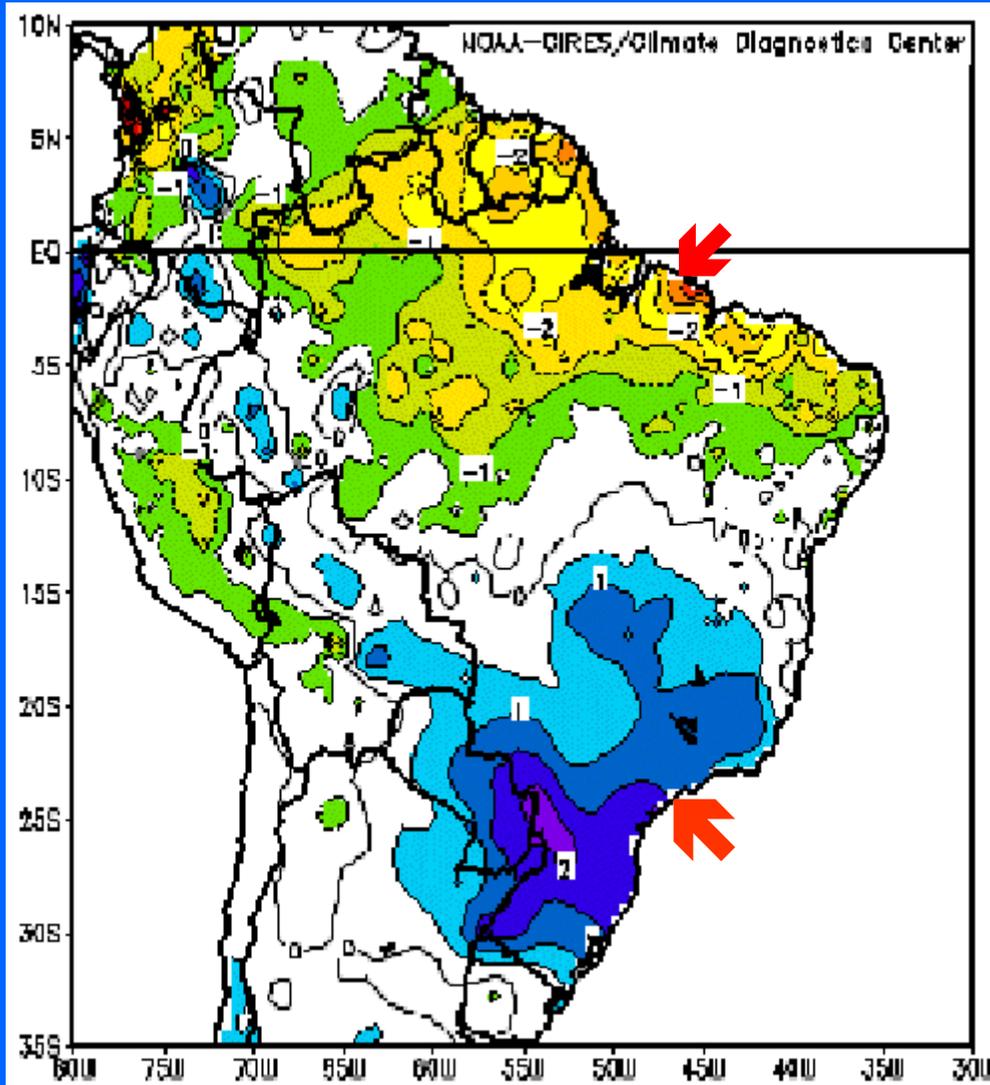
JAN 05, 1997



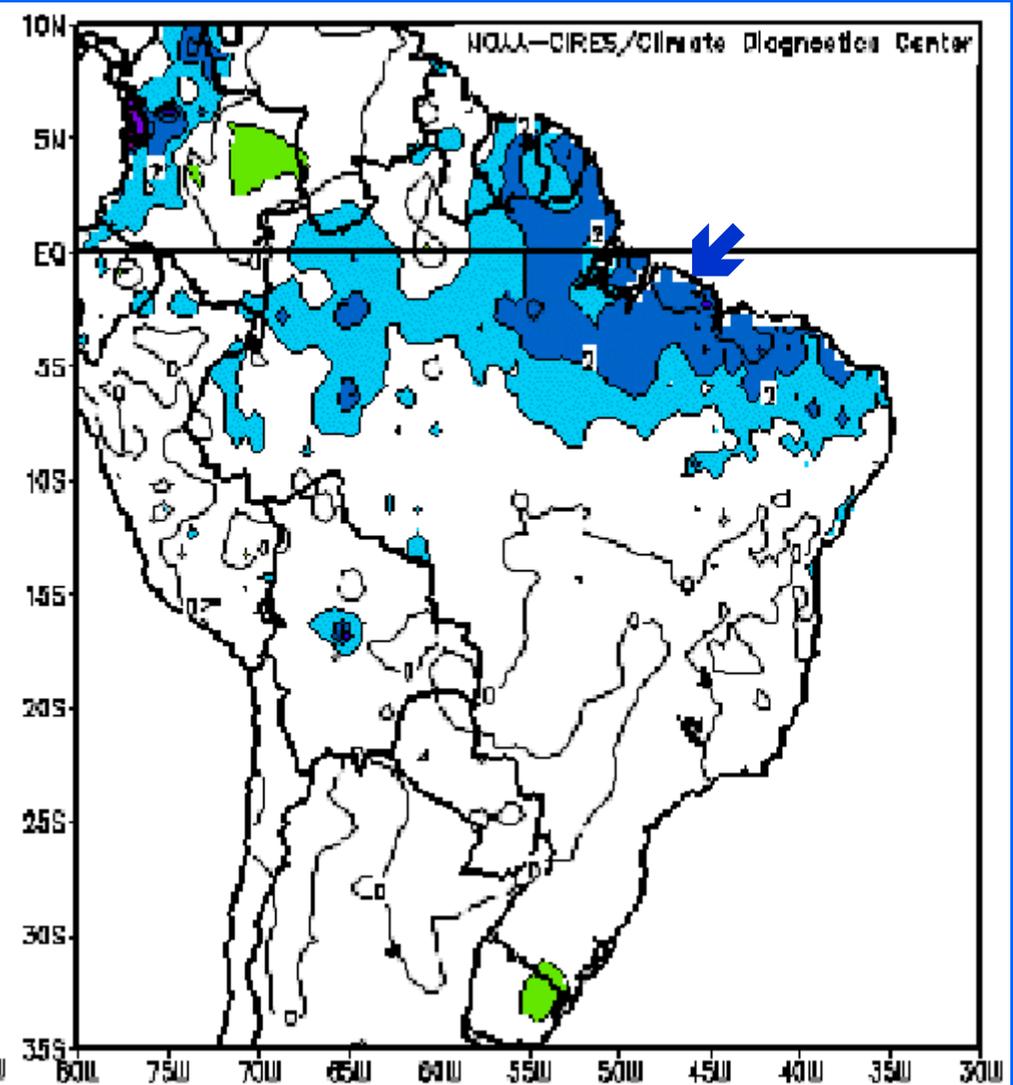
EL NIÑO - OCEANO PACÍFICO TROPICAL



IMPACTOS DO ENOS NA PRECIPITAÇÃO (cm/mês)

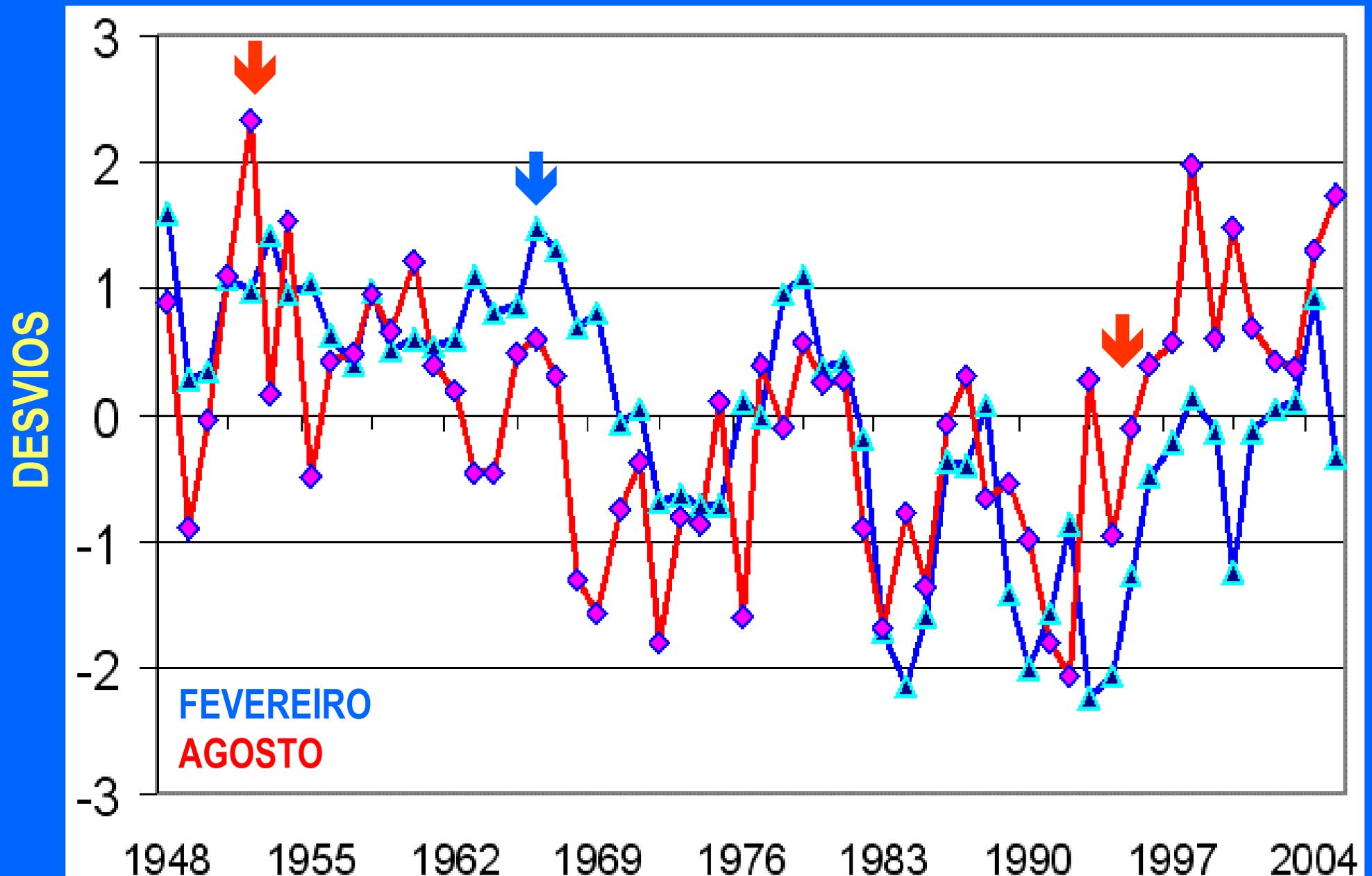


EL NIÑO



LA NIÑA

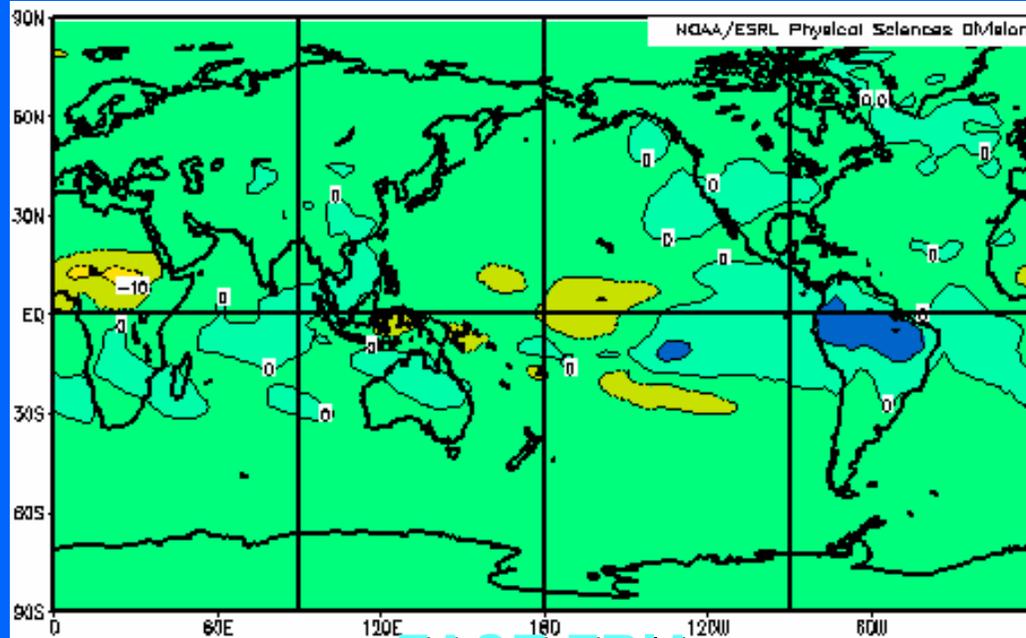
TSM SUL DA GROELÂNDIA



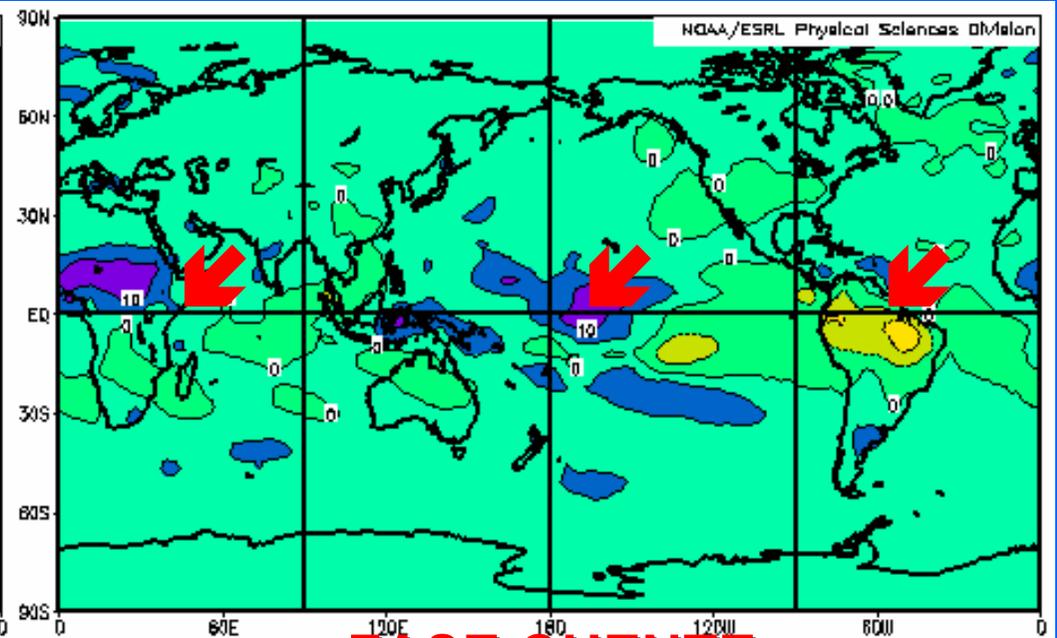
50°N-60°N;40°W-50°W

FONTE DE DADOS: CDC / CIRES / NOAA

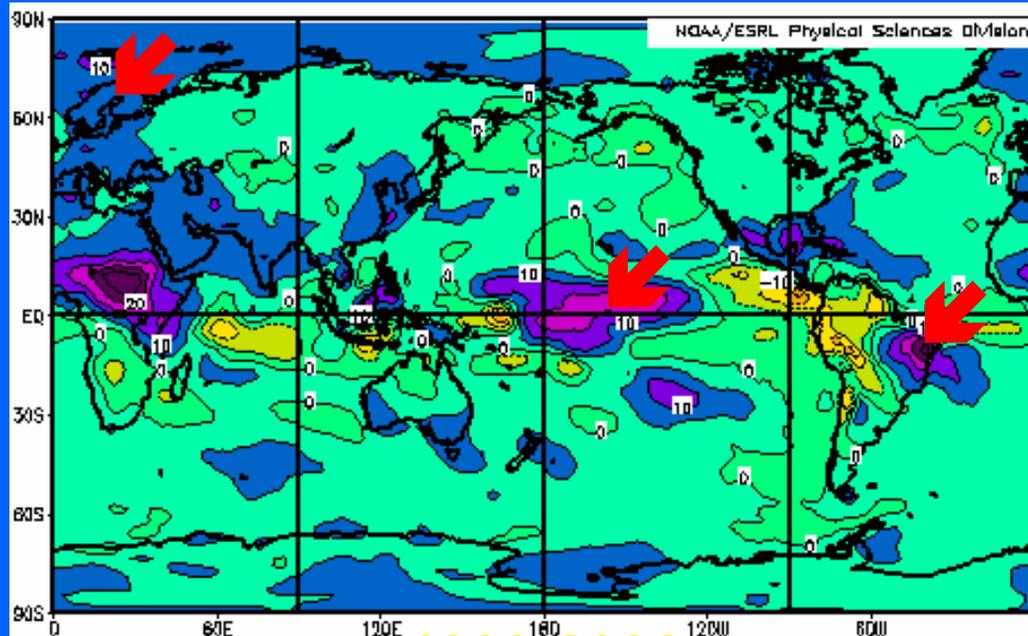
CORRENTES OCEANICAS, EFEITO-ESTUFA E ROLE



FASE FRIA

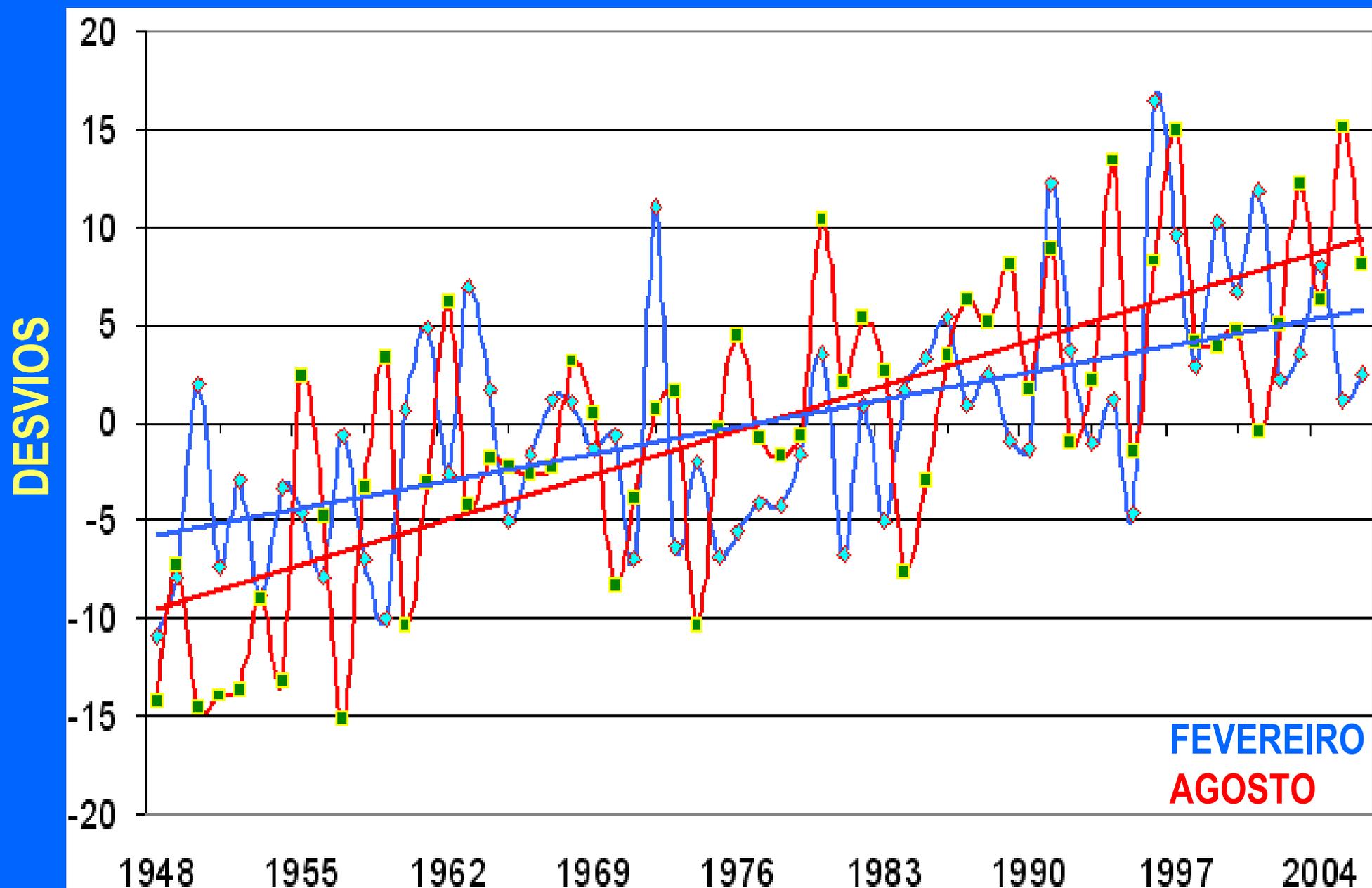


FASE QUENTE



1999-2006

DESVIOS DE ROLE SOBRE ESCANDINAVIA (Wm^{-2})



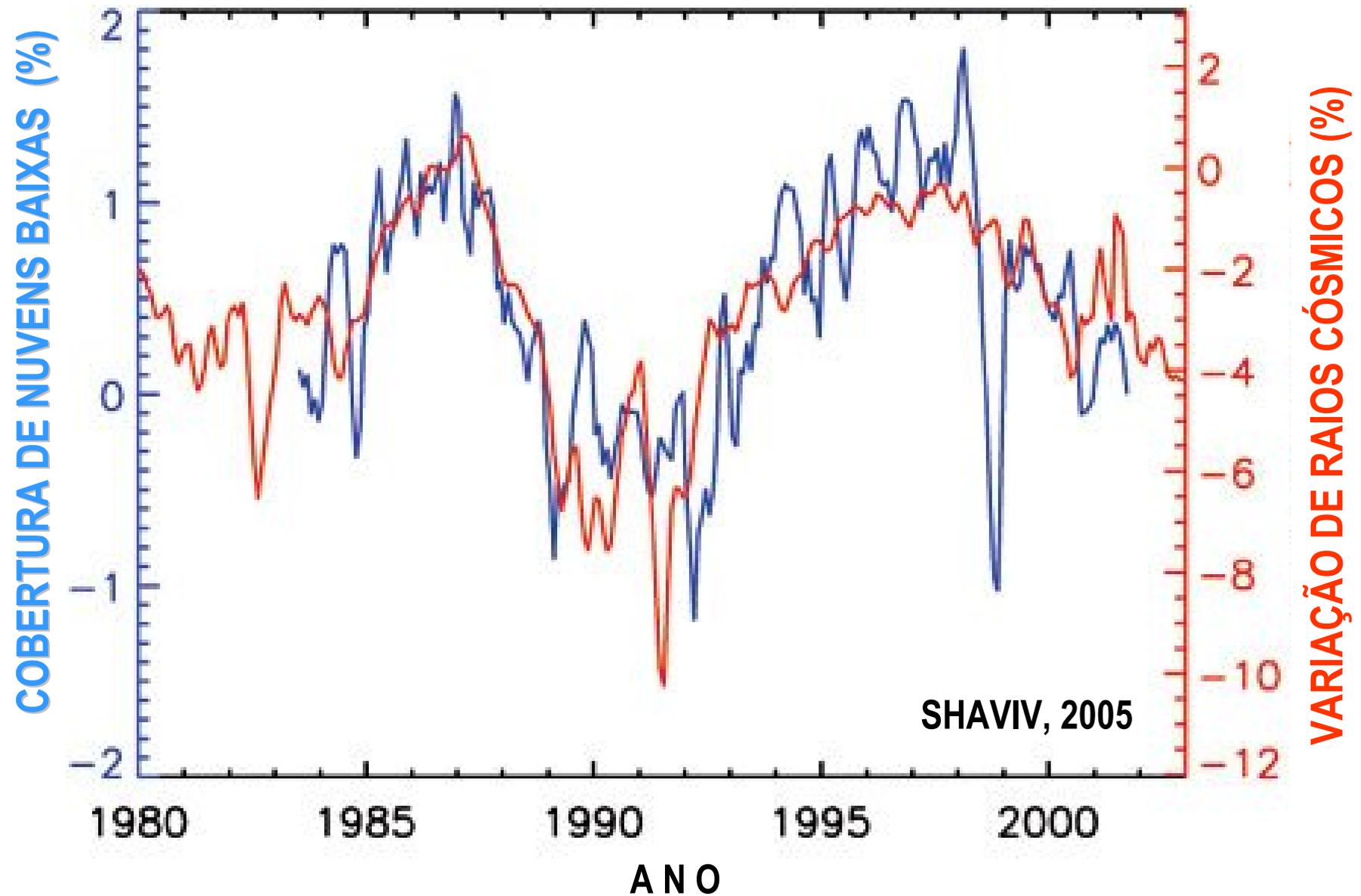
60°N -70°N;10°E- 20°E

FONTE DE DADOS: CDC / CIRES / NOAA

COSMOCLIMATOLOGIA

- O CLIMA DA TERRA É COMPLEXO E É RESULTANTE DE TUDO QUE OCORRE NO UNIVERSO. NUNCA ESTEVE E JAMAIS ESTARÁ EM “EQUILÍBRIO”, “ESTACIONÁRIO”
- **POEIRAS CÓSMICAS DENSAS: ERAS GLACIAIS**
- RAIOS CÓSMICOS GALÁTICOS ADENTRAM O SISTEMA SOLAR QUANDO O SOL ESTÁ QUIETO, PRODUZEM NÚCLEOS DE CONDENSAÇÃO, AUMENTAM A COBERTURA DE NUVENS BAIXAS E O ALBEDO PLANETÁRIO, RESULTANDO NUM **RESFRIAMENTO** DO SISTEMA CLIMÁTICO

RAIOS CÓSMICOS GALÁCTICOS VS NEBULOSIDADE



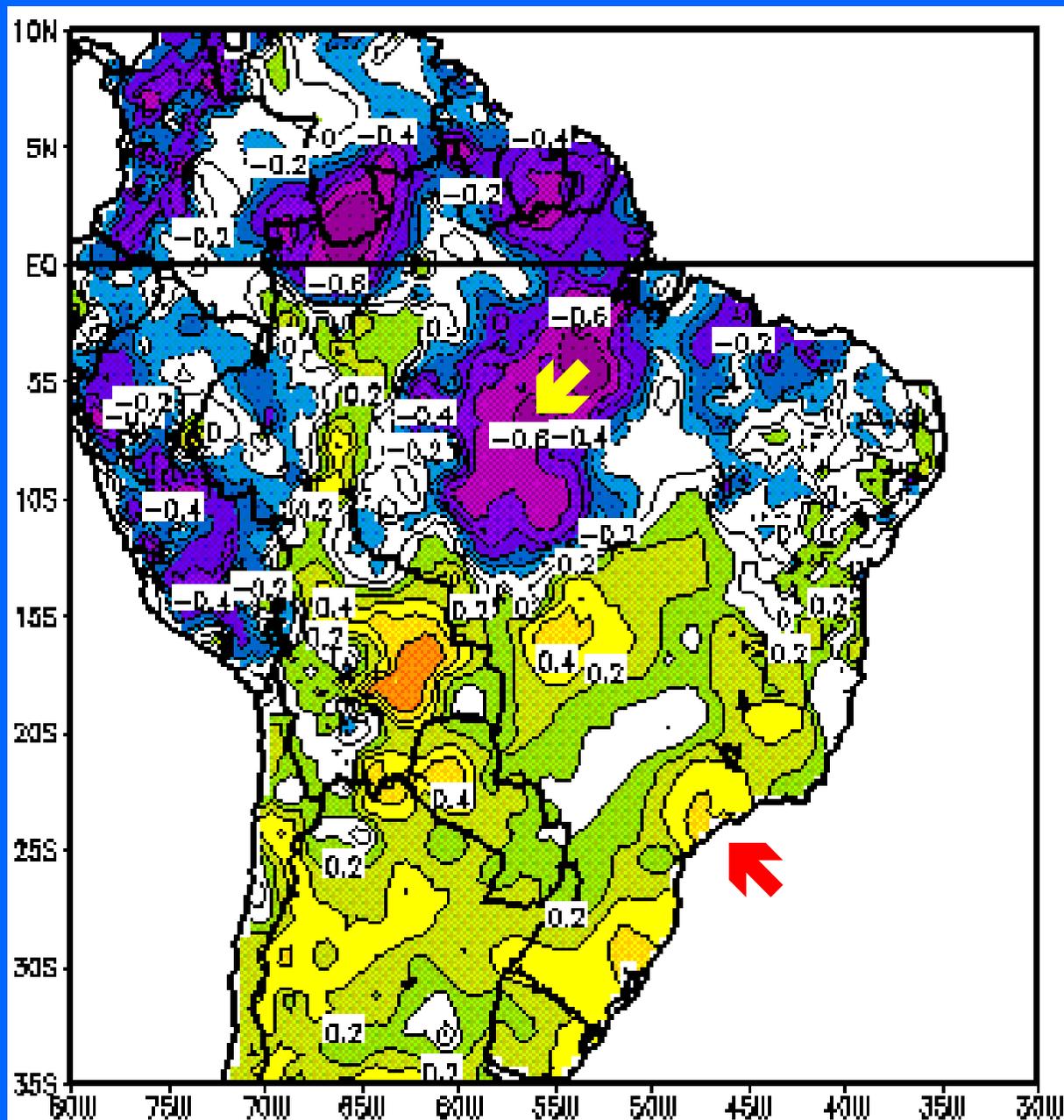
BRASIL

CORRELAÇÃO ODP vs PRECIPITAÇÃO

SE CORRELAÇÃO + :

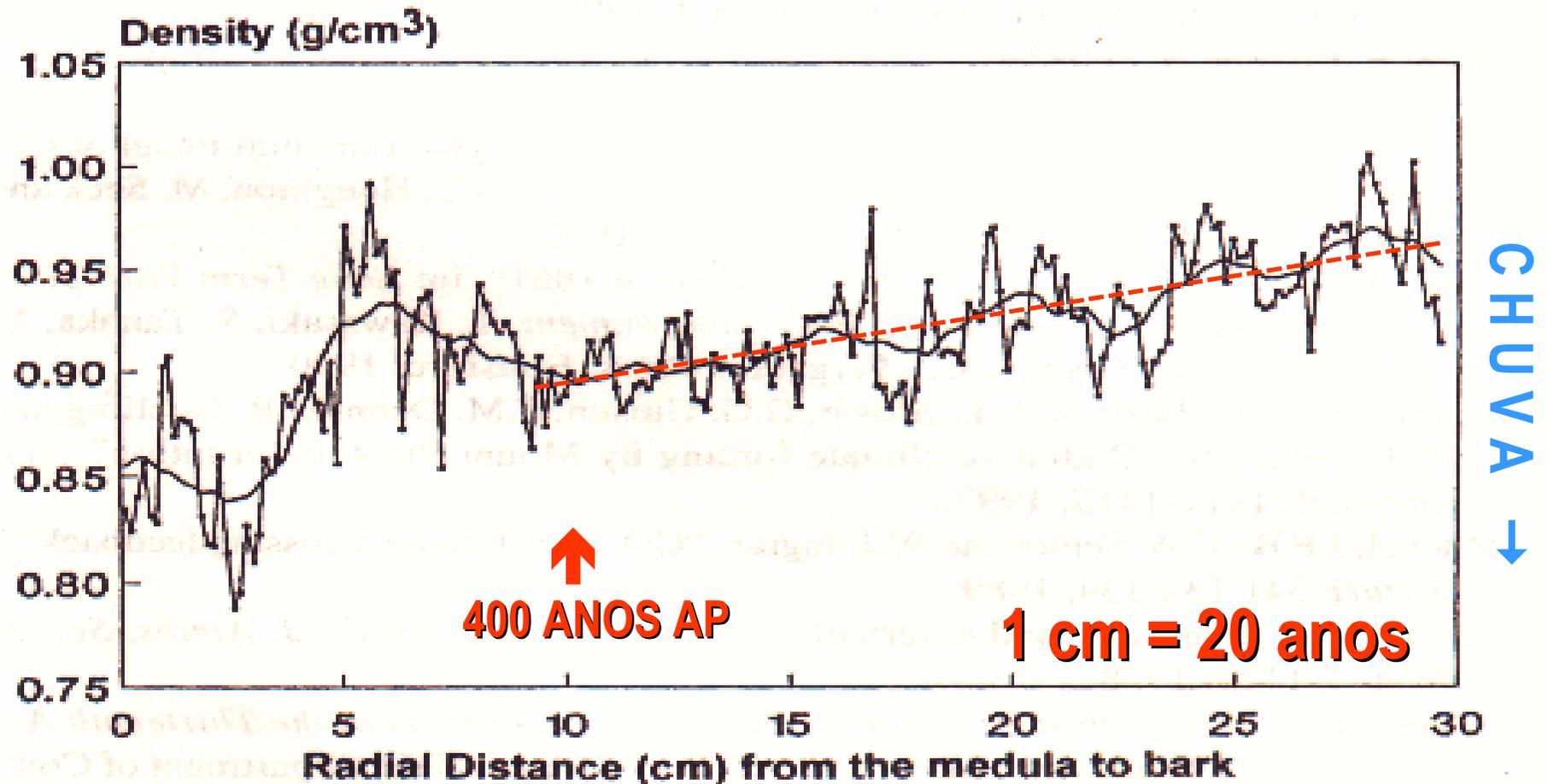
+ ODP → + CHUVA

- ODP → - CHUVA

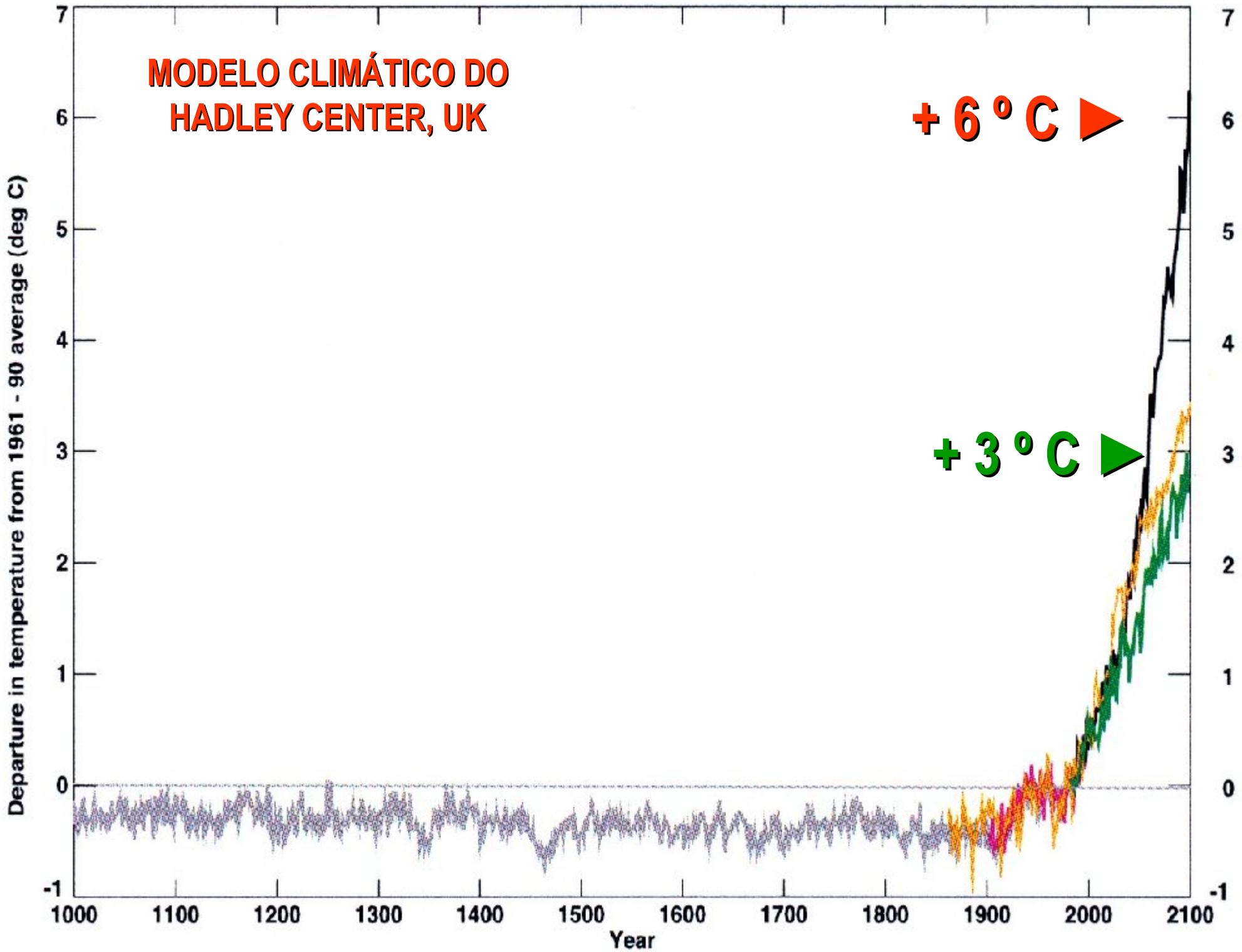


ANÉIS DE ÁRVORE NA AMAZÔNIA CENTRAL

JATOBA MIRIM (*Hymenaea coubaril*)
ESTIMATED AGE: 480/680 YEARS



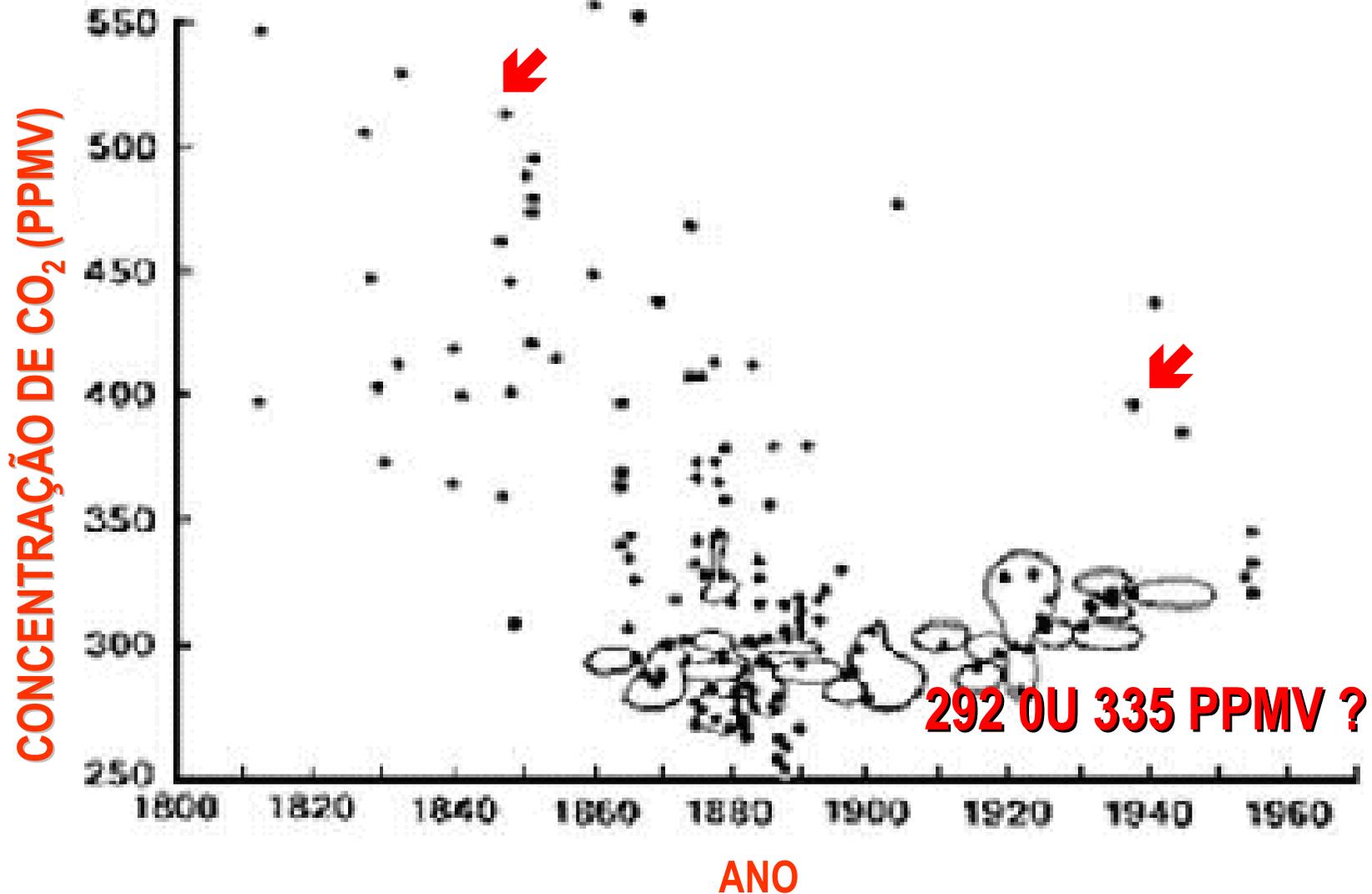
NOTEM O AUMENTO DE DENSIDADE NOS ÚLTIMOS 400 ANOS



“AJUSTES” DE DADOS

- DO CONJUNTO DE MEDIÇÕES QUÍMICAS DE CO₂ EXISTENTES, G.S.CALLENDAR SELECIONOU ALGUNS PARA “PRODUZIR” CONCENTRAÇÃO DE 292 PPMV

MEDIDAS QUIMICAS DE CO₂ NA ATMOSFERA ANTES DE 1958 (G.S.CALLENDAR)

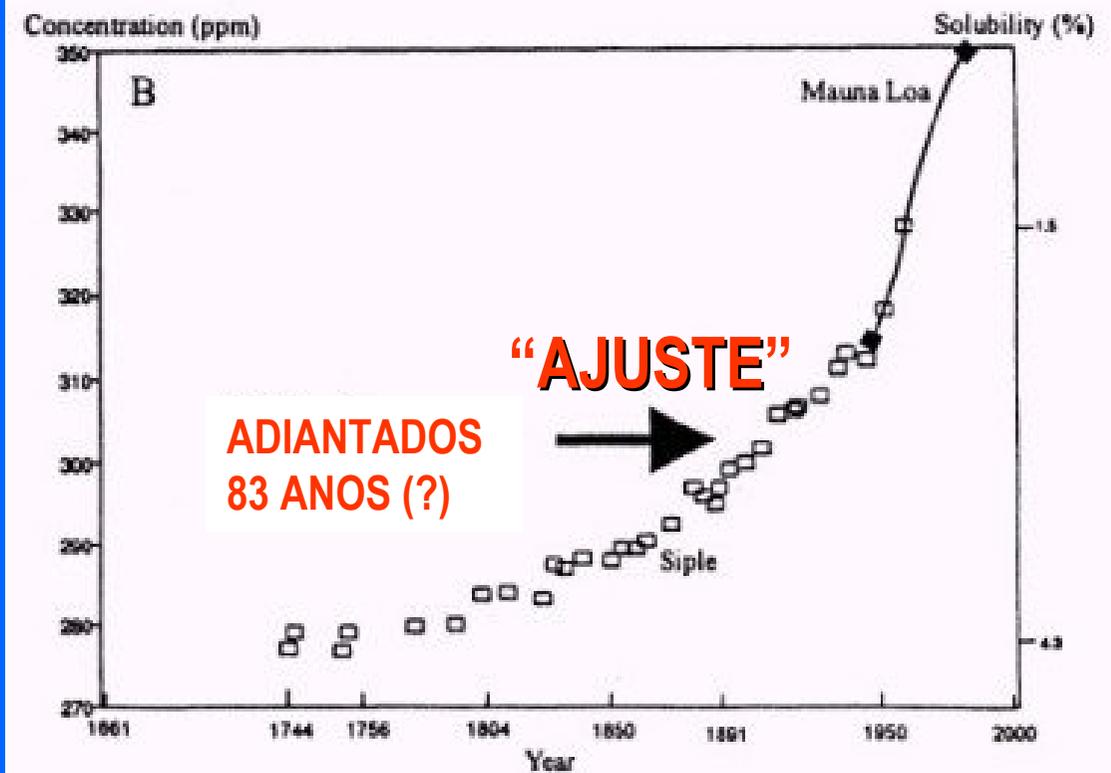
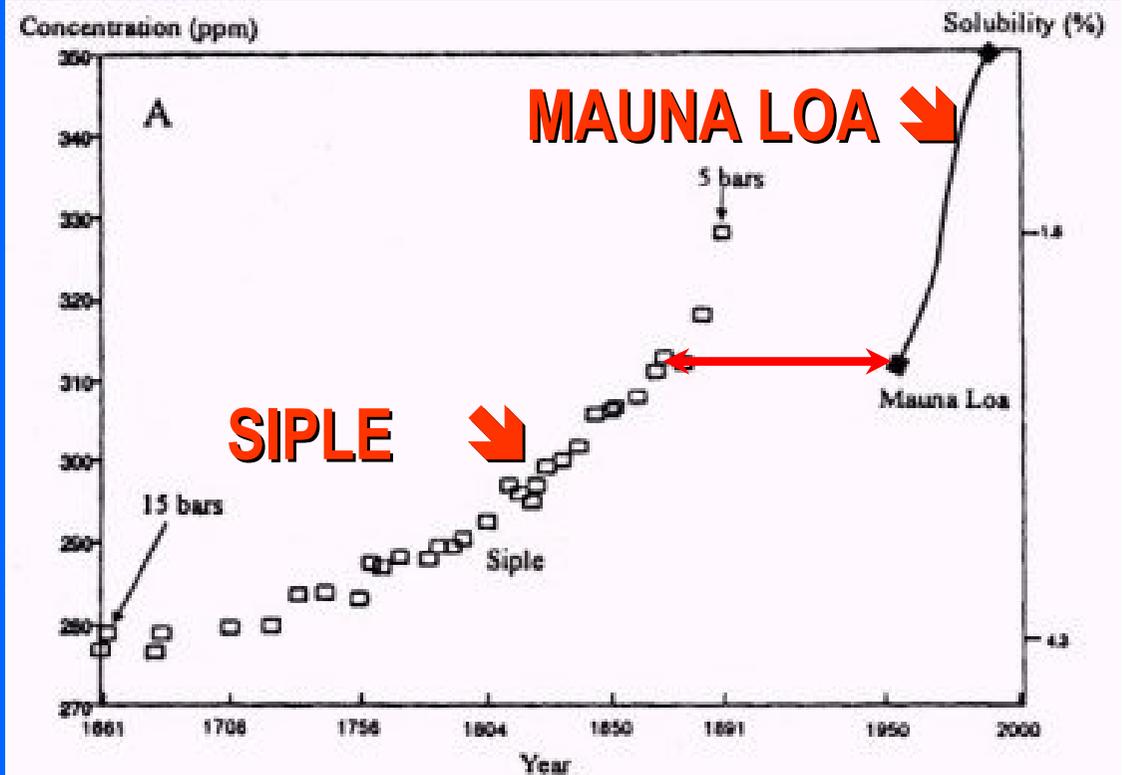


“AJUSTES” DE DADOS

- DO CONJUNTO DE MEDIÇÕES QUÍMICAS DE CO_2 EXISTENTES, G.S.CALLENDAR SELECIONOU ALGUNS PARA PRODUZIR CONCENTRAÇÃO DE 292 PPMV
- CO_2 DOS CILINDROS DE GELO DE SIPLE , ANTÁRTICA , TEVE SUA “IDADE” CALCULADA EM “83 ANOS MAIS NOVO” PARA PODER SE AJUSTAR À CURVA COM DADOS DE MAUNA LOA

CILINDROS DE SIPLE

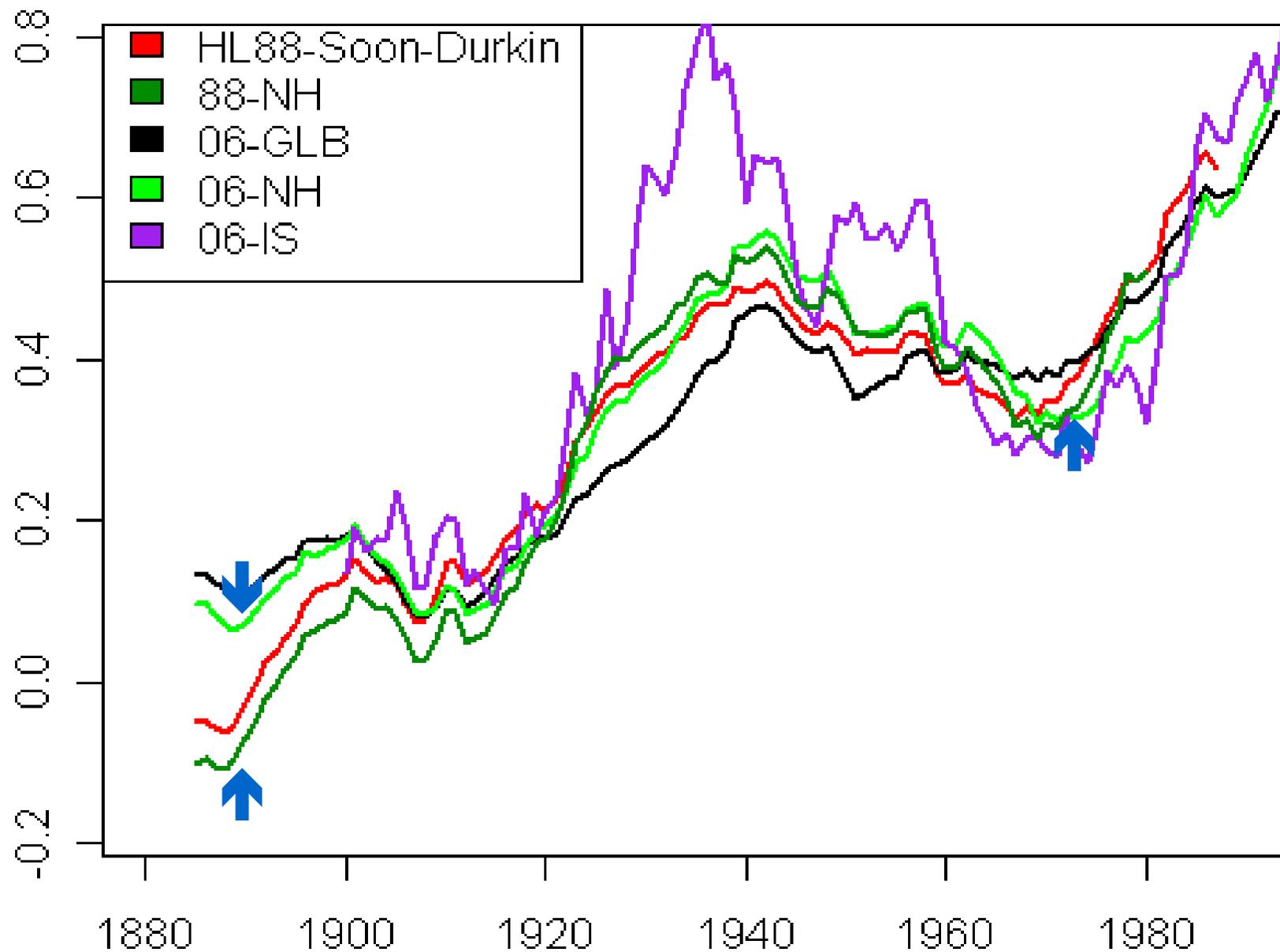
DADOS DE CO₂ DOS CILINDROS DE GELO DE SIPLE, ANTÁRTICA, FORAM AJUSTADOS PARA SE “ENCAIXAREM” COM OS DADOS DE CO₂ ATMOSFÉRICO MEDIDOS EM MAUNA LOA, HAVAI . COMO O GELO É SEMPRE MAIS VELHO QUE O AR APRISIONADO, É COMUM SE FAZEREM ESSES “AJUSTES”. NO CASO DE SIPLE , A IDADE DO GELO FOI ADIANTADA 83 ANOS (?)



“AJUSTES” DE DADOS

- **DO CONJUNTO DE MEDIÇÕES QUÍMICAS DE CO₂ EXISTENTES, G.S.CALLENDAR SELECIONOU ALGUNS PARA PRODUZIR CONCENTRAÇÃO DE 292 PPMV**
- **CO₂ DOS CILINDROS DE GELO DE SIPLE , ANTÁRTICA , TEVE SUA “IDADE” CALCULADA EM “83 ANOS MAIS NOVO” PARA PODER SE AJUSTAR À CURVA COM DADOS DE MAUNA LOA**
- **NOTEM OS “AJUSTES” QUE JIM HANSEN (GISS/NASA) FEZ NOS CONJUNTOS DE DADOS AO LONGO DO ANOS**

“AJUSTES” DE TEMPERATURA GISS (J. HANSEN)



OBSERVEM AS CURVAS VERDE ESCURO E VERDE CLARO

“AJUSTES” NAS SÉRIES DE TEMPERATURA

Uma pequena grande **mudança**

A revisão do ranking dos dez anos mais quentes da história nos Estados Unidos fez aumentar ligeiramente o peso do período pré-Segunda Guerra Mundial. Os cientistas garantem que a correção é insignificante, mas ela virou um prato cheio para os adversários da tese do aquecimento global

-  Antes da Segunda Guerra Mundial
-  Depois da Segunda Guerra Mundial

>> Tabela antiga		>> Tabela revisada	
1º	1998	1º	1934 
	1934	2º	1998
3º	2006	3º	1921
4º	1921	4º	2006
5º	1931	5º	1931
6º	1999	6º	1999
7º	1953	7º	1953
8º	2001	8º	1990
9º	1990	9º	1938
10º	1938	10º	1939

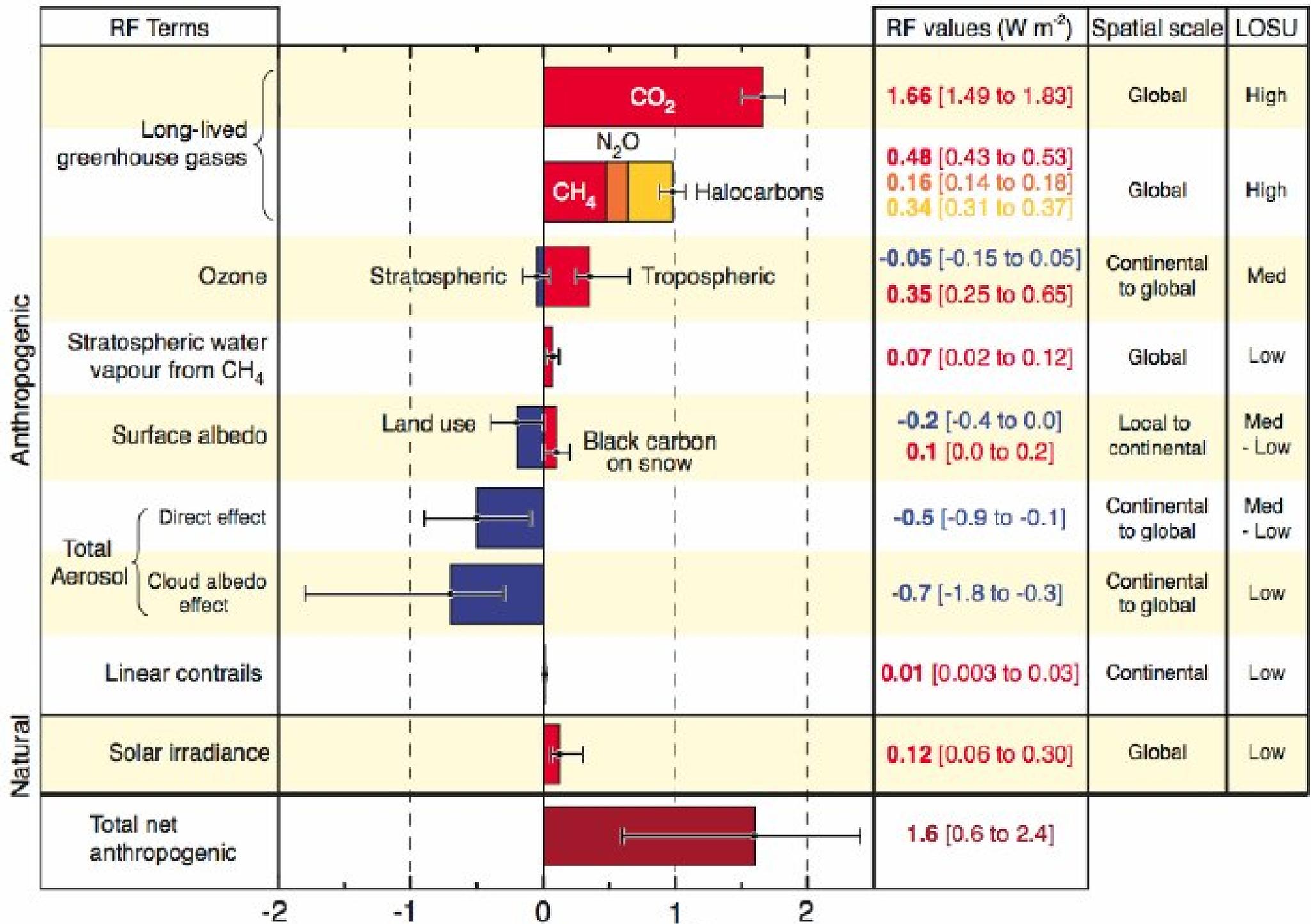
Fonte: Instituto Goddard de Estudos do Espaço (Nasa)

SENSIBILIDADE CLIMÁTICA

$$\Delta T = \lambda_c \Delta Q$$

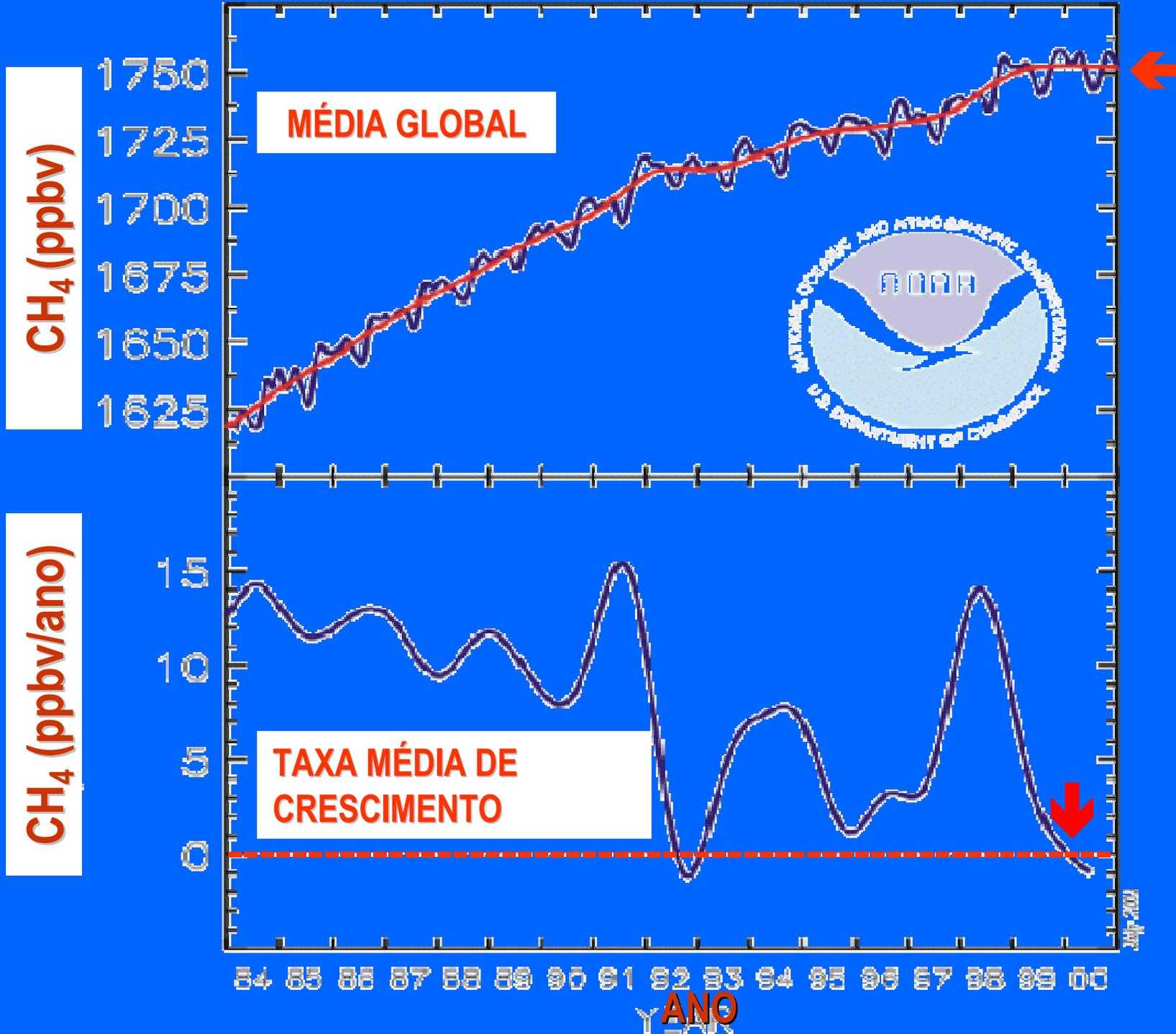
ONDE λ_c É O PARAMETRO DE SENSIBILIDADE CLIMÁTICA, ESTIMADO ATUALMENTE EM $0,7 \text{ K / W m}^{-2}$

OU SEJA, UMA VARIAÇÃO DE 0,1% NA PRODUÇÃO DE ENERGIA DO SOL ($\pm 1,4 \text{ W m}^{-2}$) CORRESPONDERIA A UMA VARIAÇÃO DE $\pm 1,0 \text{ W m}^{-2}$ NO BALANÇO DE RADIAÇÃO DO PLANETA TERRA E PRODUZIRIA UMA VARIAÇÃO DE $\pm 0,7 \text{ }^\circ \text{C}$



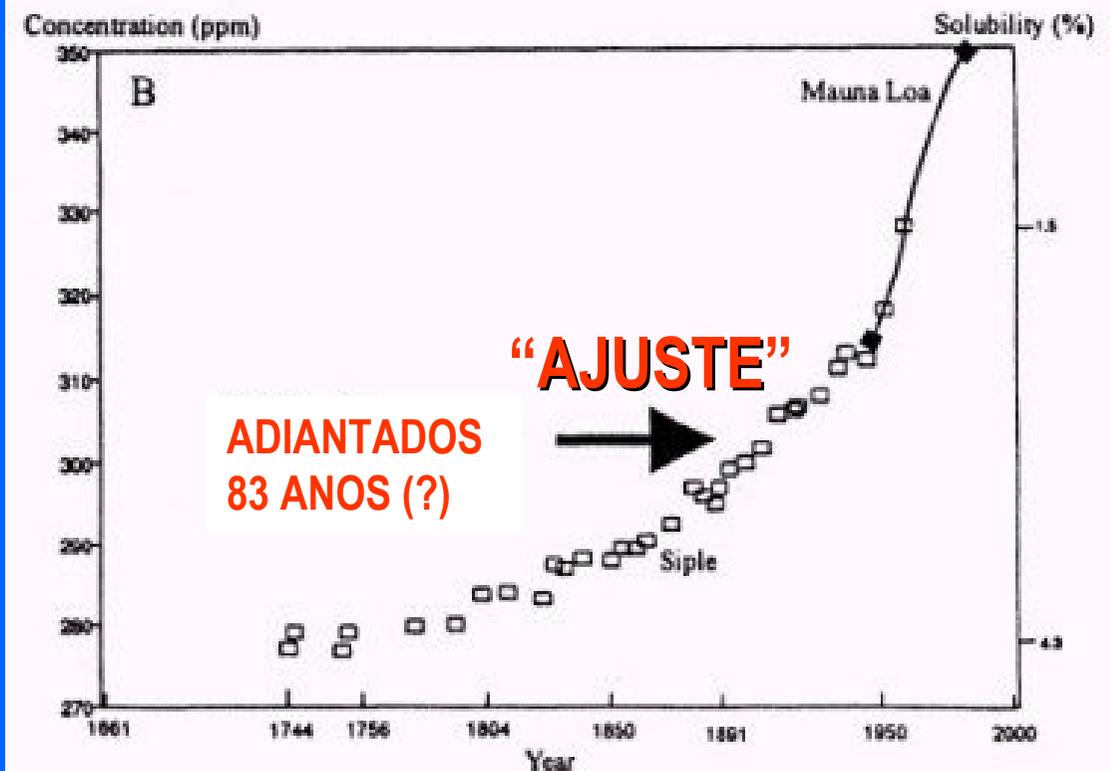
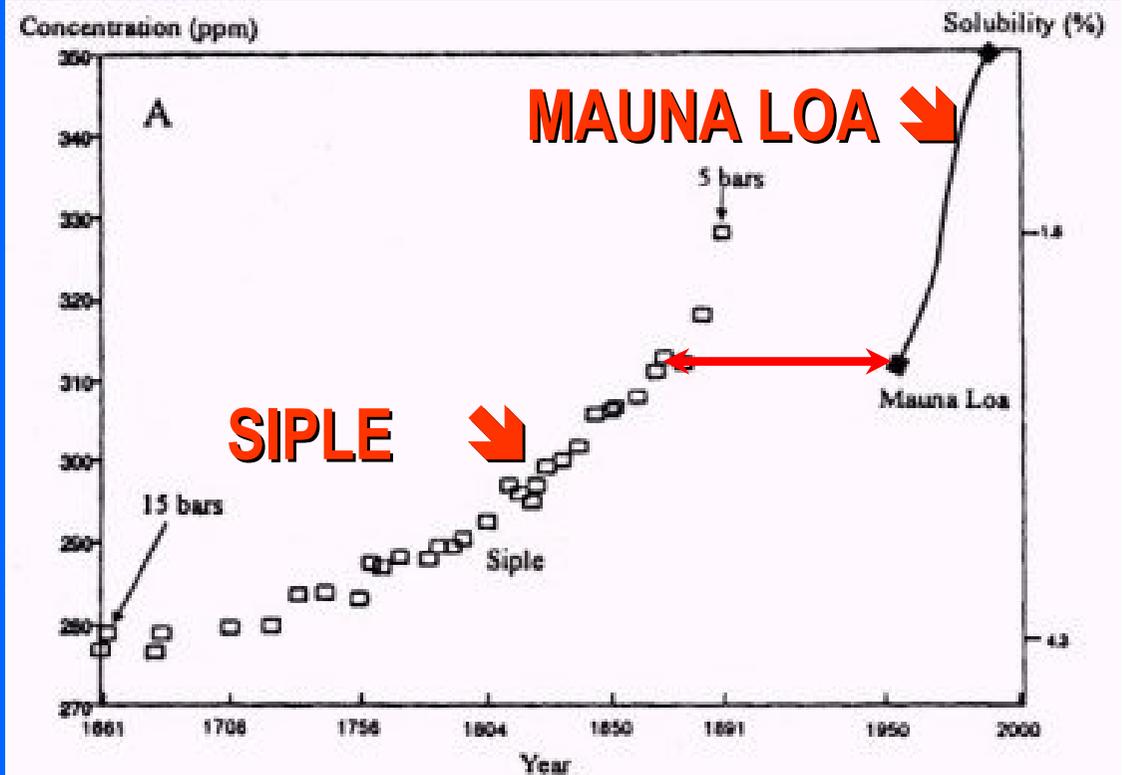
FORÇAMENTO RADIATIVO (W/m^2)

CONCENTRAÇÃO DE METANO

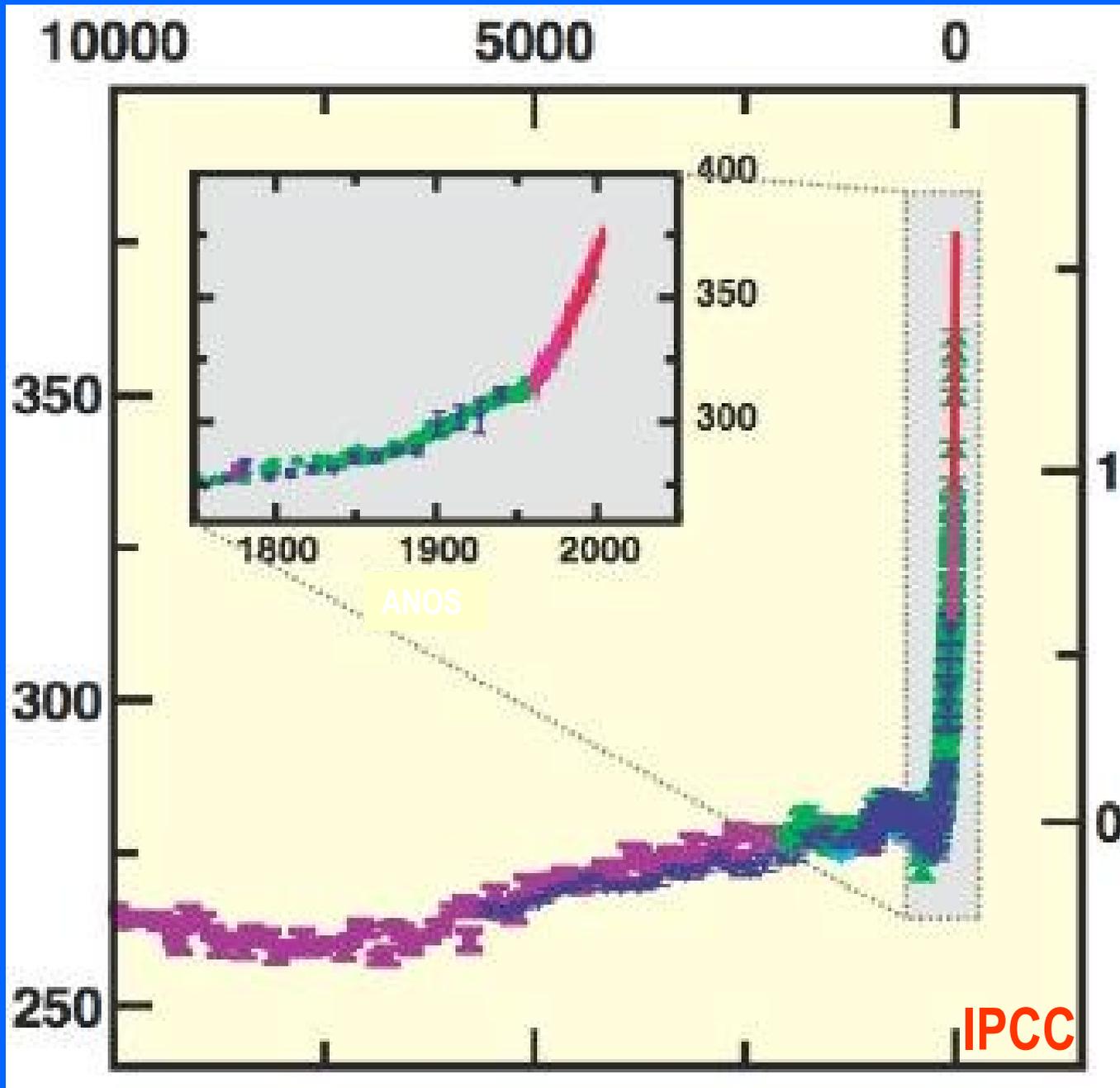


CILINDROS DE SIPLE

DADOS DE CO₂ DOS CILINDROS DE GELO DE SIPLE, ANTÁRTICA, FORAM AJUSTADOS PARA SE “ENCAIXAREM” COM OS DADOS DE CO₂ ATMOSFÉRICO MEDIDOS EM MAUNA LOA, HAVAI . COMO O GELO É SEMPRE MAIS VELHO QUE O AR APRISIONADO, É COMUM SE FAZEREM ESSES “AJUSTES”. NO CASO DE SIPLE , A IDADE DO GELO FOI ADIANTADA 83 ANOS (?)



CONCENTRAÇÃO (PPMV)



ANOS (ANTES DE 2005)

FORÇAMENTO RADIATIVO (W m⁻²)