

# **PARTIÇÃO DE ENERGIA ASSOCIADA A FONTES TROPICAIS DE CALOR EM UM MODELO BAROCLÍNICO ESPECTRAL GLOBAL USANDO FUNÇÕES DE HOUGH**

José Paulo Bonatti

Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais -INPE  
Centro de Previsão de Tempo e Estudos Climáticos - CPTEC

## **ABSTRACT**

It is analysed the energy partition due to the response of atmospheric circulation to the tropical heat sources. It is used a baroclinic global spectral Hough functions model to analyse these distribution of energy among the vertical and horizontal modes. This mecanistic model appears as a good tool to study the energy exchange among the modes during the process of exciting the tropical atmosphere by use of a realistic prefixed heat sources based on observed climatological outgoing longwave radiation and the associated meridional transport of energy.

## **1 - INTRODUÇÃO**

As fontes tropicais de calor, associadas a regiões de convergência/convecção, que influenciam o escoamento sobre a América do Sul podem se divididas em duas categorias: a) locais: Amazônica (CAMZ), Zona de convergência da América do Sul (ZCAS), principalmente no verão, e a zona de convergência intertropical (ZCIT); e b) remotas: região de convergência/convecção da Indonésia (CIND), zona de convergência do Pacífico Sul (ZCPS), principalmente em anos de El-Niño, e há também alguma indicação de que a região de convecção da África (CAFR) poderia afetar a região do Atlântico tropical e o norte/NE do Brasil.

A partição de energia é tal que essas fontes tropicais excitam modos baroclínicos internos com altura equivalente da ordem de 250 metros, os quais através da presença de cisalhamento vertical favorável do vento zonal, transferem energia dos trópicos para os extra-trópicos para o modo externo (altura equivalente da ordem de 10.000 metros). Pouco se sabe no entanto sobre as trocas entre os modos horizontais durante esse processo.

Através de um modelo baroclínico espectral global, usando funções de Hough (MFH), estuda-se a dinâmica de grande escala em resposta à transferência remota de energia associada às fontes de calor tropicais. Para maiores detalhes do modelo veja Andrade (1994).

## **2 - RESULTADOS**

O modelo é rodado por 5 dias para resolução horizontal média romboidal 31 (que tem maior resolução meridional, o que resolve melhor o problema de propagação meridional de energia) e na vertical adota-se 5 modos (20 níveis). Como o estudo das trocas de energia entre os modos verticais e sua propagação meridional exige a presença de vento zonal com cisalhamento vertical utilizou-se um campo médio zonal observado (obtido das reanálises do NCEP) e inicializado pelo método dos modos normais não-linear diabático. As fontes de calor foram dimensionadas com forma e posição comparáveis à convecção observadas nas regiões tropicais (CAFR, CIND e CAMZ), tomando-se como base a radiação de onda longa climatológica para os meses de dezembro a janeiro.

As figuras 1a-h apresentam a energia total após cinco dias de integração. A energia total (fig. 1a) tem máximos nos pólos e na região tropical próximo às principais fontes de calor. O modo externo (fig. 1b), domina nas latitudes médias com valores acima de 60 %, região onde a energia total é mínima. O primeiro modo interno (fig. 1c) tem valores importantes, acima de 30 %, na região do Pólo Norte. Já o segundo modo interno (fig. 1d) tem dominância nas regiões polares e tropicais e o terceiro modo

interno (fig. 1e) tem valores significativos, acima de 27 %, em torno de 30°S. O quarto modo interno (não mostrado) tem máximos nas regiões polares, porém não ultrapassam 8%. As figuras de 1a a 1e correspondem muito bem com a mesma análise feita para as reanálises do NCEP (não mostradas). Quanto aos modos horizontais, as figuras 1f e 1g mostram a energia total no modos de Rossby e Kelvin (os modos Misto e Gravidade possuem em geral pouca energia e não serão considerados nessa análise); nota-se a clara dominância dos modos de Kelvin na região tropical e Rossby em latitudes médias e altas. Um fato interessante é que a soma de Rossby e Kelvin na região tropical ultrapassa o valor da energia total, causando um resíduo negativo nessa região (fig. 1h) e valores positivos de resíduo em latitudes médias; isso significa que essas ondas estão interagindo destrutivamente na faixa tropical e o reverso em latitudes médias.

Para um maior detalhamento da análise feita para a figura 1, apresenta-se nas figuras 2 e 3 a porcentagem da energia em cada modo vertical em relação à energia total em Rossby e Kelvin, respectivamente. Nota-se que a dominância dos modos verticais em Rossby é muito semelhante à da energia total (fig. 2); já em Kelvin, o modo externo (fig. 3a) domina em latitudes médias e altas, o segundo interno (fig. 3c) domina nos trópicos e o terceiro interno (fig. 3d) tem uma contribuição significativa na região equatorial. Os modos Misto e Gravidade não tem contribuição significativa para a energia total e as figuras correspondentes não são apresentadas.

### 3 - CONCLUSÃO

O MFH mostrou-se eficiente na análise qualitativa e quantitativa da energética associada aos modos horizontais e verticais, em resposta ao aquecimento convectivo, apesar de sua simplicidade no que se refere à parametrizações dos processos envolvidos. O MFH permite também o detalhamento da distribuição de energia, através da análise de porcentagem contida, para cada um dos modos horizontais de oscilação, fixado um modo vertical, bem como das interferências entre esses modos horizontais. O modelo permite ainda a análise da distribuição e troca de energia entre os modos verticais.

Os resultados obtidos estão em boa concordância com os cálculos da partição de energia usando as reanálises do NCEP, pelo menos no que se refere à dinâmica de grande escala. Os modelos mecanísticos são, portanto, ferramentas diagnósticas muito importante no entendimento das circulações atmosféricas.

### REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Andrade, C. R. Análise das trocas de energia entre modos verticais e horizontais, em resposta à fontes tropicais de calor de grande escala. São José dos Campos, INPE, 1994. (INPE-5681-TDI/567)

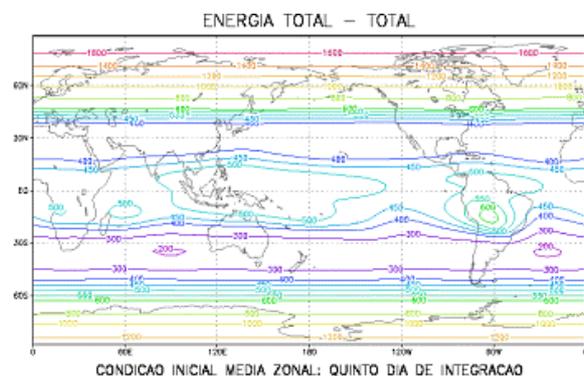


Figura 1a

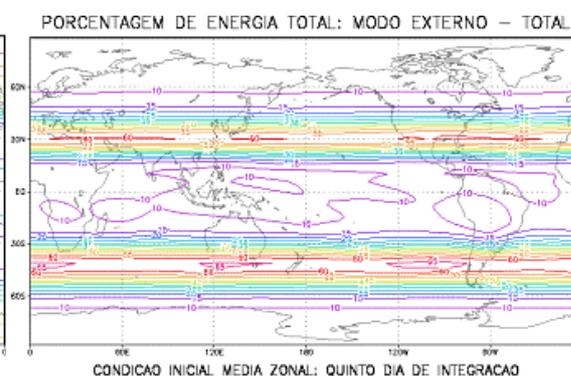


Figura 1b

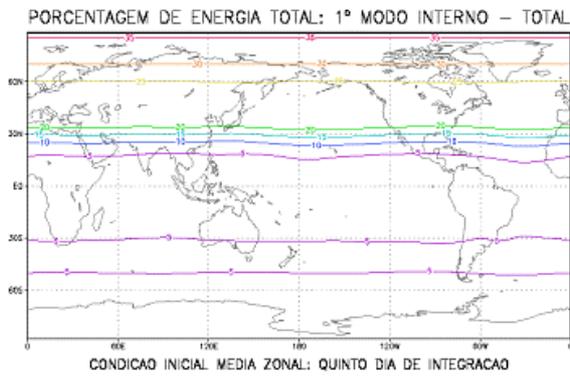


Figura 1c

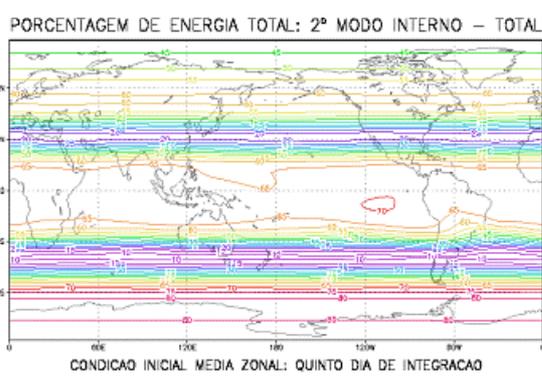


Figura 1d

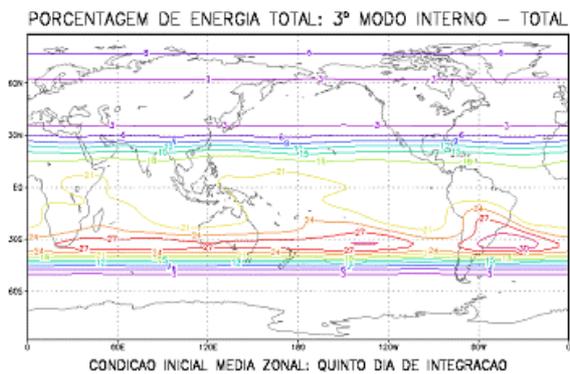


Figura 1e

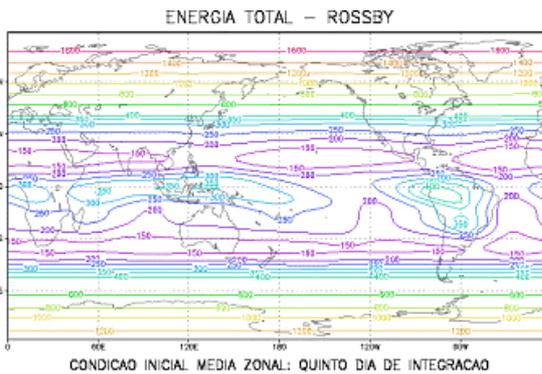


Figura 1f

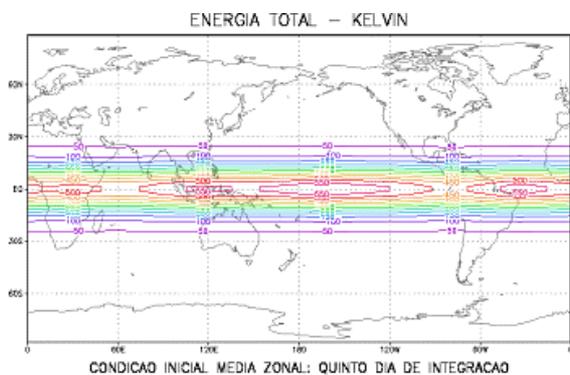


Figura 1g

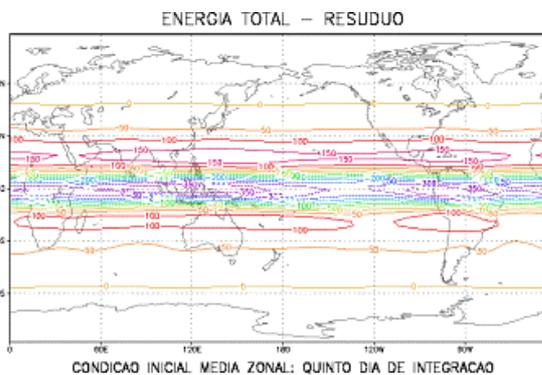


Figura 1h

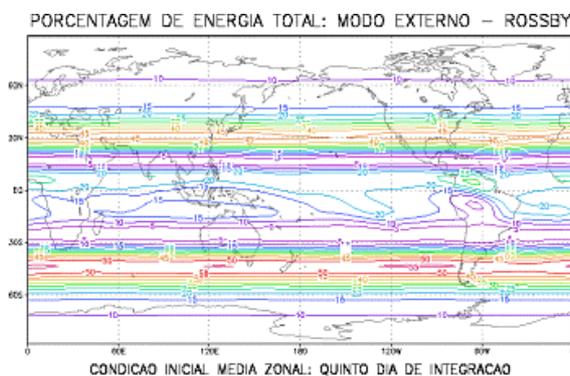


Figura 2a

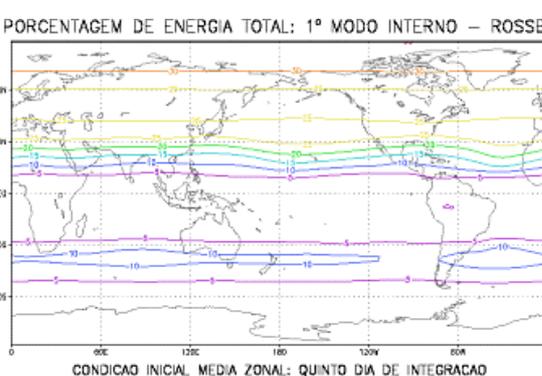


Figura 2b

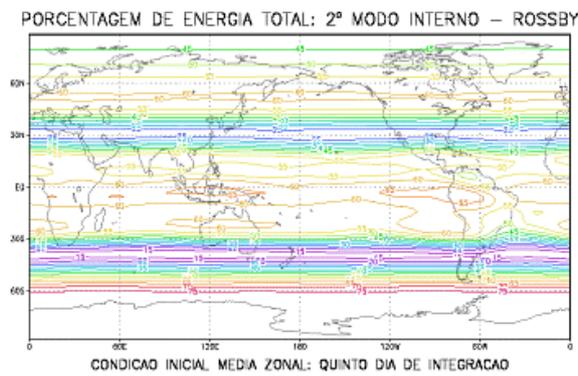


Figura 2c

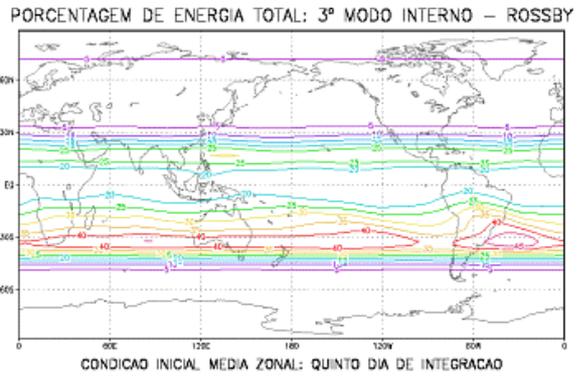


Figura 2d

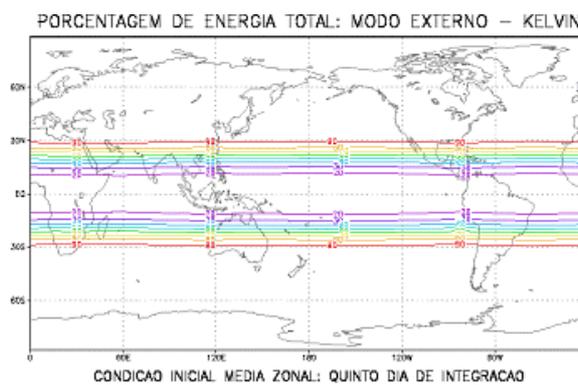


Figura 3a

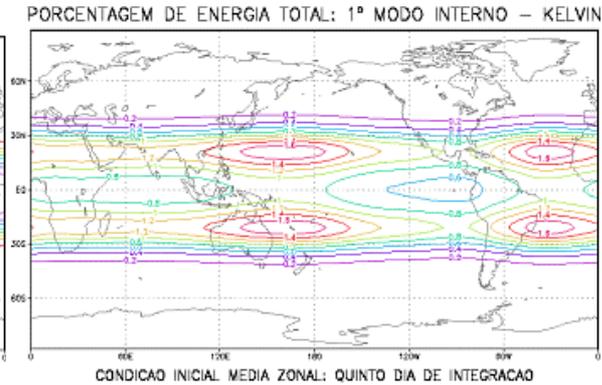


Figura 3b

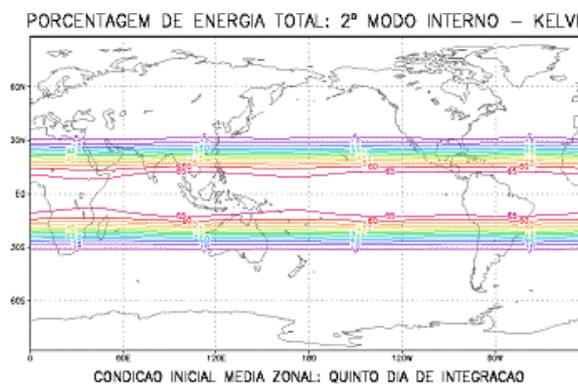


Figura 3c

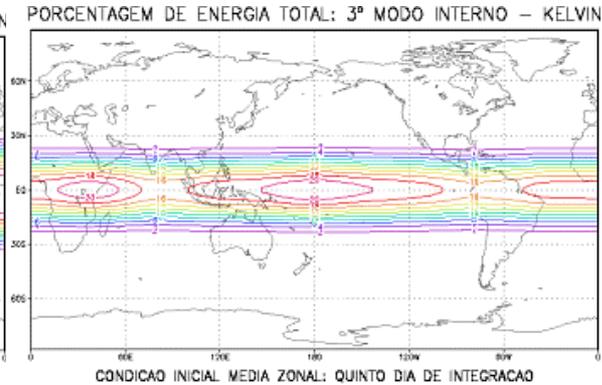


Figura 3d