

METODO OBJETIVO DE IDENTIFICAÇÃO DE LINHAS DE INSTABILIDADE NA COSTA NORTE DO BRASIL

Fernando Pereira de Oliveira^{1,*}, Marcos Daisuke Oyama²

¹Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais - INPE – [*fernando.oliveira@cptec.inpe.br](mailto:fernando.oliveira@cptec.inpe.br)

²Instituto de Aeronáutica e Espaço – IAE

RESUMO: Este trabalho mostra um método objetivo de identificação de Linhas de Instabilidade (LIs) que se formam na costa norte do Brasil, utilizando saídas do FORTRACC (*Forecast and Tracking the Evolution of Cloud Clusters*) do mês de julho dos anos de 2004 a 2009. Este método se baseia em critérios baseados na extensão horizontal, no alinhamento e na excentricidade dos sistemas presentes na costa norte do Brasil. O método objetivo foi avaliado por meio de tabela de contingência 2×2 , onde as medidas de exatidão que indicam acerto (erro) ficaram acima (abaixo) de 65% (35%). Desta forma, pôde-se notar que este método objetivo de identificação de LI se mostrou eficiente, indicando que seu uso pode ser uma alternativa às identificações subjetivas.

ABSTRACT: This work shows an objective identification method for squall lines that form at the northern coast of Brazil. The method uses the FORTRACC's (*Forecast and Tracking the Evolution of Cloud Clusters*) outputs for one month (July) of 6 years (2004-2009). The method is based on criteria related to horizontal extension, alignment and eccentricity of the systems found in the northern coast of Brazil. The method was evaluated by using 2×2 contingency table skill measures. The accuracy was above 65% and the false alarm ratio was below 35%, showing that the method was efficient. This indicates the potential for using the objective method as alternative to subjective identifications.

1. INTRODUÇÃO

Os principais sistemas produtores de precipitação na costa norte do Brasil são a Zona de Convergência Intertropical (ZCIT) e a Linha de Instabilidade (LI). Assim, nos meses em que a atividade convectiva associada à ZCIT é pequena, a LI se torna o principal sistema atuante (Barros, 2008). A LI é um sistema de mesoescala que se forma no ramo ascendente da circulação de brisa e possui comprimento (largura) médio de 1400 km (170 km), podendo ser contínua ou não. As LIs são identificadas em imagens de satélite, por meio da análise subjetiva da nebulosidade formada na costa norte do Brasil. Esta análise pode levar a diferenças de identificação, pois na região costeira pode haver formação de nebulosidade associada a outros sistemas (p.ex., ZCIT, tempestades isoladas, complexos convectivos de mesoescala). Esta divergência na identificação pode ser notada ao se analisar a frequência de LI apresentada por

Oliveira e Oyama (2011), onde se apresentam uma frequência de LI identificadas subjetivamente e a frequência dada no boletim Climanálise. Diferenças entre as frequências médias foram notadas por Cohen (1989), Santos Neto (2004) e Oliveira e Oyama (2011), que atribuíram as diferenças à metodologia subjetiva de identificação da LI.

2. OBJETIVO

Elaborar um método objetivo de identificação de LI (MO) e compará-lo à identificação subjetiva.

3. DADOS E METODOLOGIA

São utilizadas as saídas do FORTRACC (*Forecasting and Tracking the Evolution of Cloud Clusters*) do mês de julho dos anos de 2004 a 2009, disponibilizadas pela Divisão de Satélites e Sistemas Ambientais do Centro de Previsão de Tempo e Estudos Climáticos. O mês de julho é utilizado para se filtrar a atuação da ZCIT, pois neste mês a sua atuação é pequena. O MO é baseado em critérios relacionados às características da nebulosidade presente na costa norte do Brasil, sendo que aqui somente são abordadas as LIs que se formam na costa dos estados do Pará e Maranhão. O MO consiste em uma rotina computacional (em linguagem FORTRAN) que faz a leitura dos sistemas convectivos descritos nas saídas do FORTRACC e, inicialmente, seleciona os sistemas que ocorrem na região costeira no período entre 18 e 01 UTC com área maior do que 100 pixels (1600 km²) e inclinação menor do que 2,5° - valores de inclinação menores do que 2,5° indicam que o sistema tende a se alinhar com a região costeira. A nebulosidade é analisada a cada 15 min, seguindo esquema apresentado na Fig. 1, para identificar a presença da LI.

Avalia-se o MO por meio de tabela de contingência 2 × 2 (Tabela 1), conforme descrito em Wilks (2006) e Oliveira e Oyama (2007). A partir dessa tabela, calculam-se as medidas de exatidão e desempenho (Tabela 2). As medidas de exatidão (desempenho) situam o sistema entre dois extremos: acerto total e nenhum acerto (acerto total e aleatoriedade). A identificação objetiva é confrontada com a subjetiva descrita em Oliveira e Oyama (2011).

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Para o mês de julho de 2004 a 2009, foram identificadas pelo MO em média 8 LIs, enquanto que subjetivamente foram identificadas em média 6 LIs, ou seja, o MO identificou em média 2 LIs a mais do que a identificação subjetiva. As frequências de LIs identificadas subjetiva e objetivamente são apresentadas na Fig. 2. Embora haja uma diferença média de 2 LIs entre os métodos, há relativa concordância entre as identificações, uma vez que a diferença de 2 LIs está dentro da escala de diferença entre identificações subjetivas.

Para a comparação entre as identificações feitas pelos métodos subjetivo e objetivo, foi elaborada uma tabela de contingência 2×2 (Tabela 3), que foi utilizada para o cálculo das medidas de exatidão e de desempenho (Tabela 4). A concordância entre as identificações pode ser vista na Tabela 3, onde se nota que somente 3 LIs identificadas subjetivamente não foram identificadas objetivamente. Esta concordância também é aparente na Tabela 4, segundo a qual as medidas de exatidão e de desempenho indicam acerto acima de 0,65 e desempenho maior que 0,70. As medidas de desempenho indicam acerto total quando iguais a 1, aleatoriedade quando iguais a 0, e nenhum acerto quando iguais -1. Como as medidas obtidas são maiores que 0,70, o desempenho do MO está próximo ao acerto total.

Analisando as medidas de exatidão que indicam acerto, pode se notar que PC indica grande proporção de acerto; isso se deve ao fato de d (concordância sobre a não-formação de LI) ser muito maior que a , b e c , levando d a ser aproximadamente igual a n . Analisando os casos onde houve a identificação de LI por pelo menos um dos métodos, pode se notar que CSI e H apresentam diferenças, que estão relacionadas ao fato de b (LIs identificadas somente pelo método objetivo) ser muito maior que c (LIs identificadas somente pelo método subjetivo).

5. CONCLUSÕES

As saídas do FORTRACC podem ser utilizadas como uma alternativa às imagens digitais, uma vez que as saídas do FORTRACC são mais compactas e de fácil manipulação.

O método objetivo de identificação de LI apresentou bom desempenho, o que indica que seu uso pode ser uma alternativa para que as identificações não sejam somente feitas de modo subjetivo.

6. AGRADECIMENTOS

Este trabalho foi realizado como parte da dissertação de mestrado (em andamento) do primeiro autor sob orientação do segundo autor. Agradecemos ao CNPq a concessão da bolsa de estudo ao primeiro autor.

7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BARROS, S. S. **Precipitação no Centro de Lançamento de Alcântara: aspectos observacionais e de modelagem.** 2008. 112 p. (INPE-15319-TDI/1362). Dissertação (Mestrado em Meteorologia) - Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, São José dos Campos. 2008.
- CAVALCANTI, I. F. A. **Um estudo sobre interações entre sistemas de circulação de escala sinótica e circulações locais.** 1982. 140 p. (INPE-2494-TDL/097). Dissertação (Mestrado em Meteorologia) - Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, São José dos Campos. 1982.

COHEN, J. C. P. **Um estudo observacional de linhas de instabilidade na Amazonia**. 1989. 174 p. (INPE-4865-TDL/376). Dissertação (Mestrado em Meteorologia) - Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, São José dos Campos. 1989.

OLIVEIRA, F. P. E OYAMA, M. D. **Uso de tabela de contingência 2x2 em meteorologia: conceitos básicos**. São José dos Campos: Divisão de Ciências Atmosféricas, Instituto de Aeronáutica e Espaço. Publicação Interna, PI-007. 2007. 12p. (Revisado em 19/10/2007).

OLIVEIRA, F. P. E OYAMA, M. D. Frequência de Linhas de Instabilidade e convecção costeira sobre a costa norte do Brasil. *In: Simpósio Internacional de Climatologia. João Pessoa – PB, 16 de outubro a 19 de outubro de 2011. Trabalho submetido.*

SANTOS NETO, L. A. **Análise Observacional das Linhas de Instabilidade Formadas na Costa Norte-Nordeste da América do Sul**. Trabalho de Conclusão de Curso do Curso de Graduação em Meteorologia da Universidade Federal do Pará, 41 pp, fevereiro de 2004.

WILKS, D. S. **Statistical Methods in the Atmospheric Sciences**, Academic Press, San Diego, Calif., p. 467, 2ª ed., 2006.

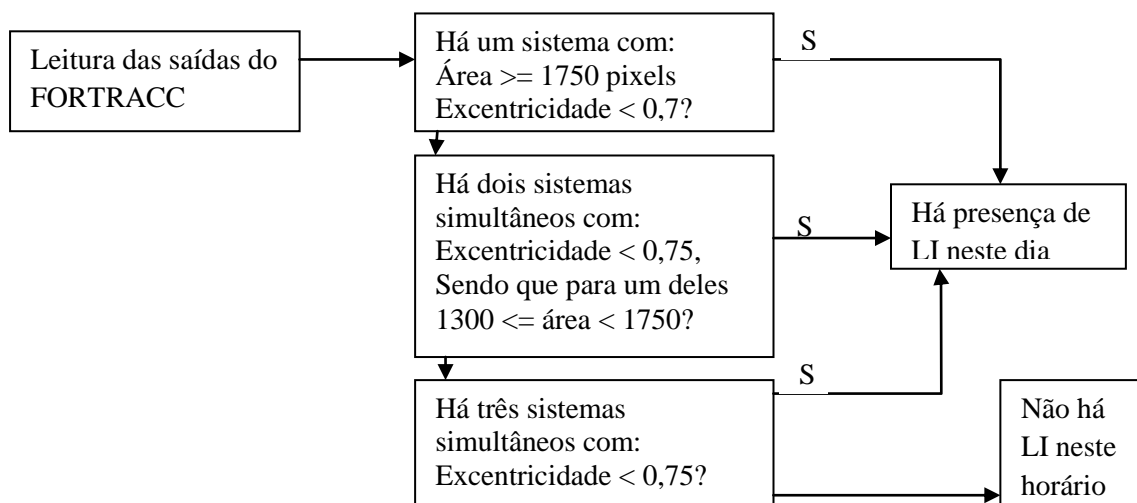


Figura 1 – Fluxograma da análise feita a cada 15 min para o período das 18 as 01UTC para identificar a presença da LI.

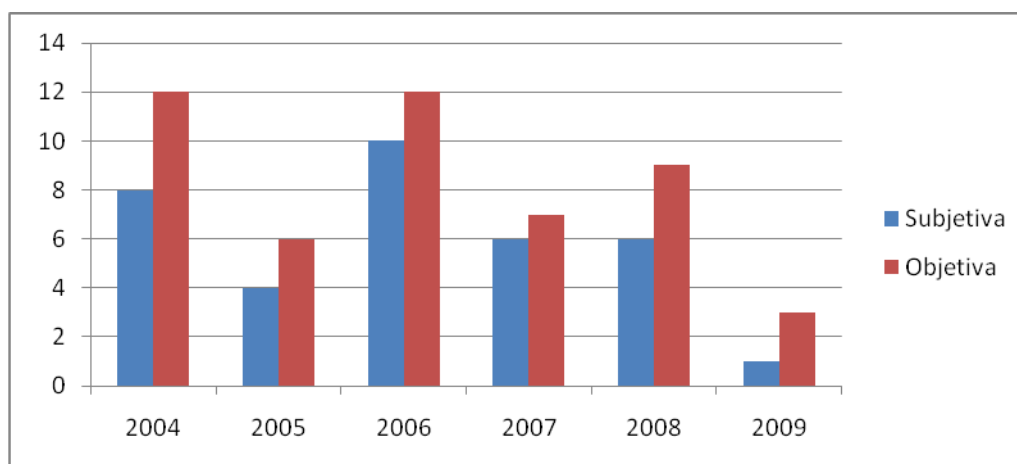


Figura 2 – Frequência de LI identificadas pelos métodos subjetivo e objetivo.

Tabela 1 – Tabela de contingência 2x2

		Identificação subjetiva		Total
		Sim (O_1)	Não (O_2)	
Identificação objetiva	Sim (F_1)	a	b	$a + b$
	Não (F_2)	c	d	$c + d$
Total		$a + c$	$b + d$	$n = a + b + c + d$

Tabela 2 – Medidas de exatidão e desempenho para tabela de contingência 2x2

	Medidas	Tradução dos nomes das medidas	Definição matemática
Medidas de exatidão	<i>Proportion Correct</i>	Proporção de Acerto	$PC = \frac{a + d}{n}$
	<i>Critical Success Index</i> ¹	Índice Crítico de Sucesso	$CSI = \frac{a}{a + b + c}$
	<i>Hit Rate</i>	Taxa de Acerto	$H = \frac{a}{a + c}$
	<i>False alarm ratio</i>	Razão de Alarme Falso	$FAR = \frac{b}{a + b}$
	<i>Bias</i>	Viés	$B = \frac{a + b}{a + c}$
medidas de desempenho	Heidke	Heidke	$HSS = \frac{2 \times (ad - bc)}{(a + c)(c + d) + (a + b)(b + d)}$
	Peirce ²	Peirce	$KSS = \frac{ad - bc}{(a + c)(b + d)}$

¹ Ou *Threat Score* (TS).

² Ou *True Skill Statistic* (TSS).

Fonte: adaptada de Oliveira e Oyama (2007)

Tabela 3 – Tabela de contingência 2x2

		Identificação subjetiva		Total
		Sim (O_1)	Não (O_2)	
Identificação objetiva	Sim (F_1)	35	15	50
	Não (F_2)	3	133	136
Total		38	148	186

Tabela 4 – Testes não-paramétricos. Os símbolos estão definidos na Tabela 2.

PC	CSI	H	FAR	B	HSS	KSS
0,90	0,66	0,92	0,30	1,32	0,73	0,82