

UTILIZAÇÃO DE UM ÍNDICE PARA PREVISIBILIDADE DE SCM's NA AMÉRICA DO SUL

Diego Oliveira de Souza¹, Marília Guedes do Nascimento¹

¹ Centro de Previsão do Tempo e Estudos Climáticos - Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais. Cachoeira Paulista, SP, Brasil. dsouza@cptec.inpe.br ; mguedes@cptec.inpe.br

RESUMO: Com o objetivo de melhor prever o desenvolvimento de SCM na América do Sul, será introduzido e avaliado um novo índice para sua previsibilidade proposto por Jirak e Cotton (2007). Em uma primeira análise foram estudados dois casos de SCM sobre a região, onde o índice mostrou-se eficaz na identificação do ambiente favorável ao desenvolvimento destes fenômenos de tempo.

ABSTRACT: With the objective of better forecasting the development of SCM in the South America, it will be introduced and evaluated a new index for its visibility according Jirak and Cotton (2007). In a first analysis two cases of SCM on the region had been studied, where the index revealed efficient in the identification of the environment favorable to the development of these weather phenomena.

Palavras-Chave: Sistemas Convectivos de Mesoescala, Índices de Instabilidade, Mesoescala

1. INTRODUÇÃO

Os fenômenos convectivos são conhecidos pelos danos que causam em suas áreas de atuação, pois na maioria das vezes eles vêm acompanhados de precipitações intensas, fortes rajadas de vento e granizo. Os Sistemas Convectivos de Mesoescala (SCM) tem sido alvo de grande interesse para os pesquisadores devido à severidade das condições a eles associadas. Com o objetivo de gerar uma previsão mais confiável da ocorrência destes sistemas e dessa forma minimizar os prejuízos causados por eles, diversos autores buscam entender melhor sua estrutura de formação e manutenção.

Segundo Houze (1993), os Sistemas Convectivos de Mesoescala (SCM's) são definidos como sistemas formados por blocos de tempestades individuais e em linhas, apresentando seu ciclo de vida dividido em quatro etapas. Durante o estágio de formação, o sistema surge como um grupo de células isoladas, ora distribuídas aleatoriamente, ora alinhadas. No estágio de desenvolvimento as células isoladas crescem e se fundem, gerando uma região de precipitação com diversos núcleos de precipitação intensa interligados por regiões de precipitação mais fraca. No estágio máximo, forma-se uma grande região de precipitação estratiforme a partir de células mais antigas, que persistem enquanto existirem células novas. No estágio de dissipação a formação de novas células diminui, e o sistema se torna uma larga região de precipitação estratiforme, enfraquecendo-se, restando apenas algumas células convectivas tênues. Esse comportamento também foi registrado por Machado e Rossow (1993). A previsão deste tipo de fenômeno é importante por duas razões contrastantes: primeiro, uma parte positiva é porque geram precipitação essencial e abundante para regiões onde tem-se a prática agrícola; segundo, a parte negativa, estes fenômenos por serem muito intensos destroem propriedades e provocam muitos estragos onde atuam.

Muitos estudos têm sido feitos para estudar o ambiente favorável para o desenvolvimento de SMC's como os feitos por Maddox 1983, Augustine e Howard 1988, Cotton et al. 1989, Augustine e Caracena 1994, Anderson e Arritt 1998, Laing e Fritsch 2000.

Um resumo feito por diversos autores indicam que os SCM's formam-se geralmente na região à direita da entrada do Jet Streak onde geralmente encontra-se movimento ascendente, favorecendo assim o desenvolvimento da tempestade (Cotton et al., 1989; Anderson e Arritt, 1998). Características mais importantes para o desenvolvimento de SMC's são encontradas. Uma destas características é a forte advecção de ar quente no nível de 700 hPa (Uccellini e Johnson, 1979). Diversos estudos encontraram esta característica, indicando que movimento ascendente associado com a advecção quente é de extrema importância para o desenvolvimento e sustentação dos SCM's. Outra característica fundamental para o desenvolvimento deste tipo de sistema é um intenso Jato de Baixos Níveis (JBN) no nível de 850 hPa, com direção de norte na América do Sul. Este jato transporta ar quente e úmido para a região de desenvolvimento do SCM (Maddox, 1983; Cotton et al., 1989; Anderson e Arritt, 1998; Laing e Fritsch, 2000). Na superfície, durante o desenvolvimento do sistema, geralmente é encontrada uma região de convergência ao longo da frente associada ao sistema. Com isto a região de interseção entre a região da frente e o JBN é preferencial

para o desenvolvimento do sistema.

A previsibilidade dos SCM's envolve parâmetros de quando e onde este tipo de fenômeno irá ocorrer. Nem sempre quando índices ou parâmetros de instabilidade indicam que o ambiente está favorável para o desenvolvimento de tempestades significa que estes poderão de forma acontecerem. Ainda do ponto de vista da previsibilidade destes sistemas, a rede observacional que poderia ajudar na previsão de tempestades não é suficiente para este objetivo.

Neste ponto de vista o presente trabalho tem como objetivo aplicar para a América do Sul (AS) um índice para a identificação de ambientes favoráveis ao desenvolvimento de SCM's proposto por Jirak e Cotton (2007). Este índice foi aplicado para os EUA apresentando resultados satisfatórios do ponto de vista da previsibilidade de SCM's, mas nunca antes foi aplicado para a AS.

2. MATERIAL E MÉTODOS

A área de interesse do presente estudo compreende o sul da América do Sul, mais precisamente Brasil, Argentina, Paraguai, Chile e Bolívia.

O índice proposto por Jirak e Cotton (2007) é composto de três termos: Lifted Index (LI - índice de levantamento da parcela), cizalhamento do vento horizontal nos primeiros três quilômetros e Advecção de temperatura ao nível de 700 hPa. A fórmula apresentada pelos autores segue:

$$SCMIndex = \frac{-(LI + 4,4)}{3,3} + \frac{(0 - 3kmciz - 11,5)}{5} + \frac{(700hPaAT - 4,5 \times 10^{-5})}{(7,3 \times 10^{-5})}$$

Podemos notar que o parâmetro estabilidade é um componente necessário do índice para a identificação de ambientes que são capazes de gerar e sustentar convecção profunda, através da utilização do índice LI. A advecção de temperatura no nível de 700 hPa também é utilizada neste parâmetro pois no estudo dos autores este foi um fator recorrente durante a formação de SCM's. Os autores também concluíram que o cizalhamento vertical do vento horizontal em baixos níveis é um fator de fundamental importância na formação de SCM's, incluindo-o no cálculo do SCM index.

Cada um dos três parâmetros utilizados no SCM Index representa um mecanismo físico diferente que atua para o levantamento vertical da parcela pelo qual o desenvolvimento e organização da convecção podem ocorrer. Avaliações deste índice feitas pelos autores sobre os EUA levaram a estimativa de limiares para os valores calculados, indicando assim se há ou não há possibilidade de desenvolvimento de SCM's. Os valores são apresentados na tabela 01.

Tabela 01: Valores limiares relacionados a formação de SCM's, baseado em observações e estudos feitos por Jirak e Cotton (2007).

VALOR	CONDIÇÃO
$SCM Index < -1,5$ ou indefinido	Desfavorável
$-1,5 < SCM Index < 0$	Limite
$0 < SCM Index < 3$	Favorável
$SCM Index > 3$	Muito Favorável

Para o cálculo do índice de SCM's foram utilizados dados de reanálises do National Centers for Environmental Prediction (NCEP). Os dados do NCEP possuem resolução espacial de 1° X 1° para todo o globo, com resolução temporal de 6 horas, representando os horários das 00, 06, 12, e 18 UTC de cada dia, descritos em 26 níveis de pressão padrões, sendo algumas variáveis descritas em níveis sigma.

3. RESULTADOS

Serão estudados dois casos de Sistemas Convectivos de Mesoescala (SCM) ocorridos sobre a América do Sul (AS). O primeiro caso, ocorreu entre os dias 20 e 21 de janeiro de 2003, e o segundo caso, ocorreu entre os dias 22 e 23 de janeiro de 2003. Os dois casos estudados pelos autores, ocorreram sobre a parte norte da Argentina, sul do Paraguai e oeste o Estado do Rio Grande do Sul, durante a atuação do experimento South

American Low Level Jet Experiment (SALLJEX), onde estes encontram-se melhor descritos. Aqui será feita uma breve discussão sobre o ambiente para que seja introduzido o cálculo do índice para previsibilidade de SCM.

O sistema dos dias 22 e 23 se formou no período da tarde, horário de máxima atividade convectiva no ciclo diurno sobre o continente, e o outro sistema, dos dias 20 e 21 no início da noite, fase de amaduracimento dos sistemas. O ciclo de vida do sistema do dia 20-21 foi de 20 horas, com início às 22 UTC do dia 20/01 e com fim no dia 21/01 às 17 UTC. A partir das imagens de satélite pôde-se observar que o sistema surgiu sobre a influência da passagem de uma frente fria sobre a região, que tornou a atmosfera instável sobre a área de estudo e propícia ao desenvolvimento do SCM.

Durante a formação do SCM o dia 20-21/01 observa-se um forte escoamento em baixos níveis com orientação praticamente norte-sul, relacionado com o JBN a leste da Cordilheira dos Andes. Este jato possui a característica de transportar umidade proveniente da Amazônia e do pantanal para a região de saída do mesmo (Maddox, 1983; Cotton et al., 1989; Anderson e Arritt, 1998; Laing e Fritsch, 2000; Herdies et al., 2002; Nascimento, 2008). A presença deste jato formou uma intensa zona de convergência em baixos níveis, uma das características importantes para a formação deste sistema, como citado por Jirak e Cotton (2003). Esta convergência em baixos níveis durante a formação do SCM encontra-se diretamente associada com o movimento vertical ascendente, como é mostrado por Torres (2003).

Analisando parâmetros de instabilidade como a Energia Potencial Convectiva disponível (CAPE), observa-se fortes núcleos sobre a região e formação do SCM na área de estudo, com valores que alcançam os 4500 Jkg⁻¹ às 00 UTC do dia 21/01. Segundo Nascimento (2005) valores de CAPE entre 1000 e 2500 são considerados altos; valores acima de 2500 indicam instabilidade acentuada e valores de CAPE acima de 4000 indicam instabilidade extrema.

Analisando agora o índice para a previsibilidade de SCM, calculado para a área de estudo, observa-se que às 06 UTC do dia 20/01 o índice já indica que há uma região propícia ao desenvolvimento de um SCM sobre a região onde foi observado o sistema nos horários posteriores (Figura 01a), com valores maiores que 1,5 e núcleos já apresentando valores superiores a 3, o que segundo a Tabela 01 indica ser região favorável e muito favorável. No horário das 18 UTC do dia 20/01 é que observa-se o maior núcleo e valores superiores a 3 (Figura 01b), o que segundo a Tabela 01 indica uma região muito favorável ao desenvolvimento de SCM's. Neste horário ainda se observa que o SCM está em desenvolvimento.

Para o caso que ocorreu entre os dias 22 e 23 de janeiro, iremos também analisar os mesmos campos, com o objetivo de identificar o ambiente atmosférico presente durante a formação do SCM. Pode-se observar que também há a atuação de JBN sobre a área de interesse de estudo. Esta característica também foi observada na discussão feita anteriormente para o caso do dia 20-21/01. O papel que os JBN's apresentam sobre a AS é de transportar umidade proveniente do pantanal e da Amazônia para a região sul do continente. Assim como no caso anterior, a presença do JBN gerou uma região de convergência sobre a área de estudo.

A presença de convergência em superfície influenciou diretamente no movimento vertical sobre a região. Este movimento vertical está diretamente ligado à estabilidade atmosférica. Intensos movimentos verticais tornarão a atmosfera mais instável. Isto fica claro quando analisamos o parâmetro CAPE, que apresenta valores de aproximadamente 3000 Jkg⁻¹ para as 18 UTC do dia 22/01. Todo este ambiente tornou-se favorável ao desenvolvimento do SCM, gerando assim nuvens de grande movimento vertical e conseqüentemente precipitação.

A duração deste SCM também foi de aproximadamente 20 horas, mas neste evento ocorreu a formação de dois sistemas isolados que ao final de seu desenvolvimento acabaram unindo-se e formando um só sistema com tamanho considerável.

Analisando agora os valores do SCM index, observa-se que este indica uma área favorável ao desenvolvimento de SCM's na região norte da Argentina às 06 UTC do dia 22/01 (Figura 01c), com valores superiores a 1,5, o que segundo a Tabela 01 indica que o ambiente é propício ao desenvolvimento deste tipo de sistema, e um núcleo com valores superiores a 3, o que indica uma região muito favorável ao desenvolvimento de SCM. Às 18 UTC do dia 22/01 o núcleo de valores superiores a 3 aumenta seu tamanho, mostrando assim que existe uma região muito favorável ao desenvolvimento de SCM's sobre a área de estudo (Figura 01d).

Os SCM's tipicamente se formam no final da tarde e nas horas o anoitecer, atingindo seu tamanho máximo durante a noite e dissipando no período da manhã (Maddox, 1983). A tendência noturna destes sistemas também ficou claro no comportamento do SCM index, mostrando assim um ciclo diurno também observado por Jirak e Cotton (2007). Segundo os autores, este índice também apresenta um ciclo sazonal, com a maioria dos sistemas formando-se durante os meses de Maio-julho sobre os EUA.

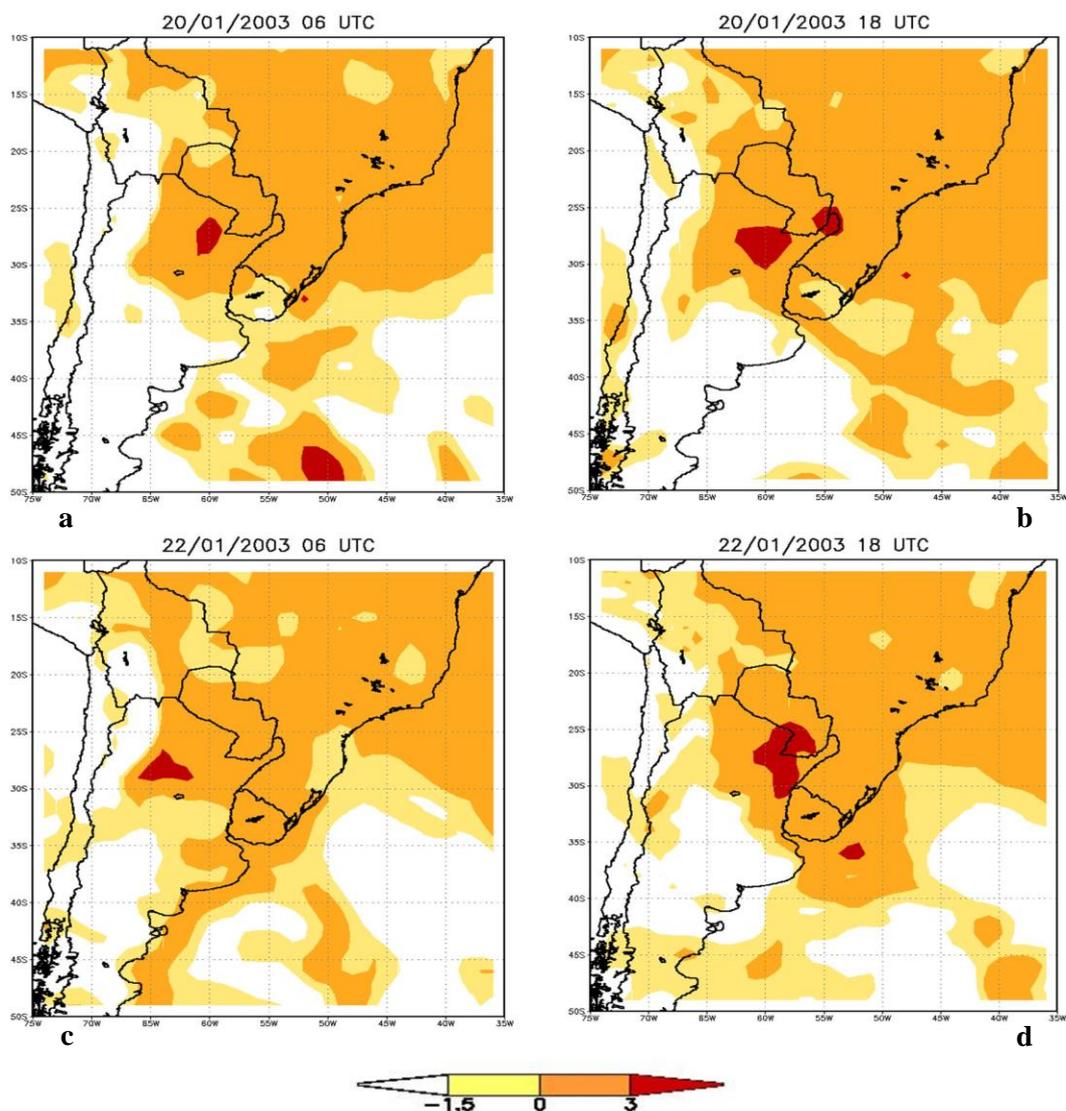


Figura 01: SCM index para (a) as 06 UTC do dia 20/01, (b) as 18 UTC do dia 20/01, (c) as 06 UTC do dia 22/01 e (d) as 18 UTC do dia 22/01.

4. CONCLUSÕES

Através da análise de diversos parâmetros do ambiente atmosférico Jirak e Cotton (2007) elaboraram um índice com o objetivo de identificar os ambientes precusores ao desenvolvimento de Sistemas Convectivos de Mesoescala (SCM). Este índice foi utilizado no presente trabalho para testar sua aplicabilidade sobre a América do Sul (AS). O índice proposto pelos autores leva em consideração o índice por levantamento (LI), cisalhamento vertical do vento entre 0-3km e a advecção de temperatura no nível de 700 hPa. Advecção de ar quente e cisalhamento atuam de forma significativa na instabilidade convectiva.

Com este objetivo, foram estudados dois eventos de formação de SCM's de intensidade moderada e forte ocorridos nos dias 20-21/01/2003 e 22-23/01/2003 sobre a parte sul da AS. Os dois casos estudados neste trabalho foram bem documentados durante o experimento SALLJEX.

Foi observado que a principal característica relacionada com a formação destes sistemas foi a presença de um Jato de Baixos Níveis, entre os níveis de 925 e 750 hPa, de intensidade moderada. Este JBN ocasionou a

formação de convergência em baixos níveis, o que favoreceu o movimento vertical, a instabilização a atmosfera e a consequente formação de convecção profunda.

Jirak e Cotton (2007) demonstraram uma significativa acurácia deste índice na previsão de SCM's sobre os EUA durante o período de estudo analisado. Assim como os autores encontraram para sua região de estudo, o presente trabalho mostrou que este índice também mostrou devida acurácia na previsão de formação de SCM's sobre a AS. O SCM index conseguiu prever de forma satisfatória os dois casos estudados aqui com pelo menos 10 horas de antecedência.

Com isso, o SCM index se mostrou muito útil na previsão destes sistemas, servindo assim como grande ferramenta para os centros de previsão de tempo.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AUGUSTINE, J. A.; CARACENA, F.: Lower-tropospheric precursors to nocturnal MCS development over the central United States. *Wea. Forecasting*, v.9, p.116-135, 1994.

COTTON, W. R.; LIN, M. S.; McANALLY, R. L.; TREMBACK, C. J.: A composite model of mesoscale convective complexes. *Mon. Wea. Rev.*, v.117, p.765-783, 1989.

HOUZE, R.A. Mesoscale convective systems. In *Cloud dynamics*. Academic Press, Inc., v. 53, p. 334-404, 1993.

JIRAK, I. L., COTTON, W. R.: Observational Analysis of the Predictability of Mesoscale Convective Systems. *Mon. Wea. Rev.*, p.813-838, Agosto de 2007.

JIRAK, I. L., COTTON, W. R.: Environmental precursors to mesoscale convective system development. In: 11th CONFERENCE ON AVIATION, RANGE, and Aerospace and the 22nd Conference on Severe Local Storms Opening Remarks, 2004, Hyannis, MA, USA. Trabalhos online.... Disponível em: <<http://ams.confex.com/ams/pdfpapers/81530.pdf>>

LAING, A. G.; FRITSCH, J. M.: The large-scale environments of the global populations of mesoscale convective complexes. *Mon. Wea. Rev.*, v.128, p.2756-2776, 2000.

MACHADO, L.A.T.; ROSSOW, W.B. Structural characteristics and radiative of tropical cloud clusters. *Mon. Wea. Rev.*, v.121, n.12, p.3234-3260, 1993.

MACHADO, L.A.T.; GUEDES, R.L.; SILVEIRA, J.M.B.; WALTZ, R.C.; ALVES, M.A.S. Ciclo de vida de sistemas convectivos. VIII CONGRESSO BRASILEIRO DE METEOROLOGIA, Belo Horizonte:SBMET, 1994, v. 2, p. 323-326.

MADDOX, R.A.. Large-scale meteorological conditions associated with midlatitude, mesoscale convective complexes. *Mon. Wea. Rev.*, v.121, n.5, p.1398-1416, 1983.

NASCIMENTO, M. G.: Análise dos Impactos dos Jatos de Baixos Níveis Sobre a Precipitação na Região da Bacia do Prata. Dissertação de Mestrado em Meteorologia, INPE. 2008. 216 p.

NASCIMENTO, E. L.: Previsão de Tempestades Severas Utilizando-se Parâmetros Convectivos e Modelos de Mesoescala: Uma Estratégia Operacional Adotável no Brasil? *Revista Brasileira de Meteorologia*, v. 20, n. 1, 121 – 140, 2005.

NICOLINI, M.; SAULO, A.C.; TORRES, J.C.; SALIO, P.: Enhanced precipitation over Southeastern South America related to strong low-level jet events during austral warm season. *Meteorologica, Special Issue for the South American Monsoon System*, v.27, p.59-69, 2002.

TORRES, J. C.: Sistemas Convectivos en Mesoescala Altamente Precipitantes en el Norte y Centro de Argentina. Tese de doctorado. FCEyN-UBA, 2003.

UCCELINI, K.W.; JOHNSON, D.R. The coupling of upper and lower tropospheric jet streaks and implications for the development of severe convective systems. *Monthly Weather Review*, v. 107, p. 682-703, 1979.

VILA, D. A.: Sistemas Convectivos Precipitantes de Mesoescala sobre Sudamerica: ciclos de vida e circulação em gran escala asociada. Tese de Doutorado. FCEyN-UBA, 2004.

ZIPSER, E.J.; SALIO, P.; NICOLI, M. Mesoscale Convective Systems activity during SALLJEX and the relationship with SALLJ events. *CLIVAR, Exchanges –Scientific Contributions*.n. 29, march 2004.