Meteorologia em tópicos:

Volume 5

1ªEdição

Organizadores:

Glauber Lopes Mariano

André Becker Nunes

Pelotas-RS – Fevereiro de 2017

DR LTDA

Meteorologia em tópicos – volume 5

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação:

M589 Meteorologia em Tópicos: volume 5 /
Organizado por Glauber Lopes Mariano e André Becker Nunes – Pelotas: Clube dos Autores, 2017.
263p.: il. color.
Vários autores/colaboradores

ISBN 978-85-68891-04-9

1. corrente de jato. 2. energia. 3.paleoclima. 4.fotoquímica. 5. Modelagem química. I. Mariano, Glauber Lopes e Nunes, André Becker; organizadores.

Meteorologia em tópicos:

Volume 5

1ªEdição

Organizadores:

Glauber Lopes Mariano
André Becker Nunes

Autores /colaboradores:

Ericka Voss Chagas Mariano

Glauber Lopes Mariano

Gustavo Copstein Cuchiara

Jonas da Costa Carvalho

Lucas Carvalho Vieira Cavalcante

Ludmila Pochman de Souza

Marcelo Felix Alonso

Maria Luciene Dias de Melo

Matheus José Arruda Lyra

Natalia Fedorova

Vladimir Levit

SUMÁRIO

APRESENTAÇÃO 7

CAPÍTULO 1 - Corrente de jato e fenômenos associados11

Natalia Fedorova
Matheus José Arruda Lyra

CAPÍTULO 2 – Energia e Meteorologia 69

Vladimir Levit
Lucas Carvalho Vieira Cavalcante

CAPÍTULO 3 - Paleoclimatologia: Reconstruindo o passado..... 133

Maria Luciene Dias de Melo

CAPÍTULO 4 - Reações fotoquímicas na troposfera e estratosfera..... 171

Ericka Voss Chagas Mariano
Glauber Lopes Mariano
Marcos Antônio Lima Moura

CAPÍTULO 5 - Modelagem numérica da qualidade do ar: Revisão de conceitos e aplicação no estado do Rio Grande do Sul 201

Marcelo Felix Alonso
Jonas da Costa Carvalho
Ludmila Pochman de Souza
Gustavo Copstein Cuchiara

Sobre os autores.....257

APRESENTAÇÃO

A série Meteorologia em tópicos chega ao volume 5 mantendo o seu propósito inicial de abordar assuntos das mais diversas áreas da Meteorologia com pouca bibliografia em língua portuguesa ou assuntos com pouco aprofundamento nas graduações em meteorologia diante do vasto conteúdo e tecnologias que devem ser estudadas em geralmente 04 anos.

Lembro que o objetivo principal da série de livros *Meteorologia em tópicos* não é fazer com que alunos de graduação, de meteorologia ou outra área afim, assimilem o conteúdo apresentado nos volumes e se dêem por satisfeito, mas sim estimular os estudos iniciais dos conteúdos apresentados e fornecer, sempre que possível, referências bibliográficas adicionais para prosseguimento desses estudos.

Esse volume chega nas mãos dos leitores envolvendo as áreas de meteorologia sinótica (corrente de jato), fontes de energias, paleoclimatologia, química da atmosfera (análise de reações fotoquímicas e modelagem numérica). Capítulos escritos por professores da Universidade Federal de Alagoas e da Universidade Federal de Pelotas bem como colaboradores destas e de outras instituições.

Citando como exemplo dois dos capítulos abordados nesse volume, referentes à paleoclimatologia e fontes de energia, percebe-se tratar de assuntos que, apesar de usualmente abordados dentro dos cursos de meteorologia em todo o

Brasil possuem pouquíssimas informações, principalmente em nossa língua materna.

Por fim, espero que essa série de livro possua vida longa e se espalhe como fonte de referência para universidades e leitores em geral.

Boa leitura.

Professor Dr. Glauber Lopes Mariano
Instituto de Ciências Atmosféricas
Universidade Federal de Alagoas

Política editorial: *Os dados, conceitos e textos publicados, bem como a exatidão das referências bibliográficas, são de inteira responsabilidade dos autores.*

CAPÍTULO 1

CORRENTE DE JATO E FENÔMENOS ASSOCIADOS

Natalia Fedorova
Matheus José Arruda Lyra

1.1 Introdução

No século XX, durante a Segunda Guerra Mundial na região próxima ao Japão, vários pilotos em seus aviões relataram situações estranhas quando sentiram que entraram numa "parede" e o avião não avançava mais para frente (RIEHL, 1969). Somente com o recebimento e análise detalhada dos novos, nesta época, dados de radiossondagem foi resolvido o mistério destes acontecimentos. Estas "paredes" foram criadas pelas correntes de ventos muito fortes e os aviões foram "parados" em virtude de existência de ventos fortes na direção contrária do deslocamento do avião. Posteriormente estas foram chamadas *correntes de jato*.

Estas correntes são formadas em altos níveis de troposfera, próximo da tropopausa, devido a grandes gradientes meridionais de temperatura. Nestas regiões, a componente zonal do vento de oeste atinge seus valores máximos. Estas correntes acompanham intensas invasões de

ar frio e quente com zonas frontais e, consequentemente, são associadas com intensas mudanças de tempo. Assim, as correntes de jato têm papel muito importante para todos os tipos de previsões meteorológicas.

Neste capítulo são descritos os principais métodos da identificação das localizações das correntes de jato, tanto pelos dados convencionais quanto pelos dados de satélite. Depois serão apresentadas as informações sobre a estrutura e os tipos das correntes de jato. Estudos mostraram, também, que as correntes de jato influenciaram na formação de vários fenômenos adversos (DEAN, 1971; UCCELLINI e JOHNSON, 1979; UCCELLINI et al. 1987; CARLSON, 1991; BLUESTEIN, 1993; DJURIC, 1994). As ligações das correntes de jato com precipitações intensas no nordeste do Brasil (NEB) são discutidas em vários estudos, por exemplo, Pontes da Silva, 2008; Pontes da Silva et al., 2011; Milhahn Júnior, 2013. Por isso, no final do capítulo, serão relatados alguns fenômenos adversos para aviação, ligados com correntes de jato, e também, serão descritas as ligações destas correntes com complexos convectivos de mesoescala.

1.2 Definição e identificação de corrente de jato

1.2.1 Definição de corrente de jato

A corrente de jato (CJ) é um escoamento do ar em altos níveis da troposfera e em baixos níveis da estratosfera, que apresenta velocidade de vento igual ou maior do que 30 m/s

(108 km/h; 58 nós). Nestas regiões a distribuição vertical de temperatura apresenta inversão, isotermia ou γ (lapse rate) < 0,2ºC. Os gradientes de vento na vertical são aproximadamente 5 m/s por 1 km e 10m/s por 100 km no plano horizontal. O comprimento da corrente de jato é de alguns milhares de quilômetros e sua profundidade de alguns quilômetros (ZVEREV, 1968; PALMEN e NEWTON, 1969; REITER, 1969; DJURIC, 1994; FEDOROVA , 1999).

A corrente de jato se localiza próximo da região inferior da tropopausa, entre a divisão de massa de ar quente e fria, na parte acima da zona frontal (Figura 1). Esta figura mostra a zona de forte baroclínica (Mudança de vento geostrófico com altura, sendo assim, a força de baroclinía está relacionada com a força dos gradientes de temperatura horizontais) na troposfera entre os pontos A e C, zona frontal e localização do cento do eixo da corrente de jato (C), situada sobre a vertical (B).

A linha do vento máximo na parte central da corrente de jato chama-se *eixo da corrente de jato*. A superfície que atravessa os pontos das seções verticais do vento máximo chama-se *superfície do vento máximo*.

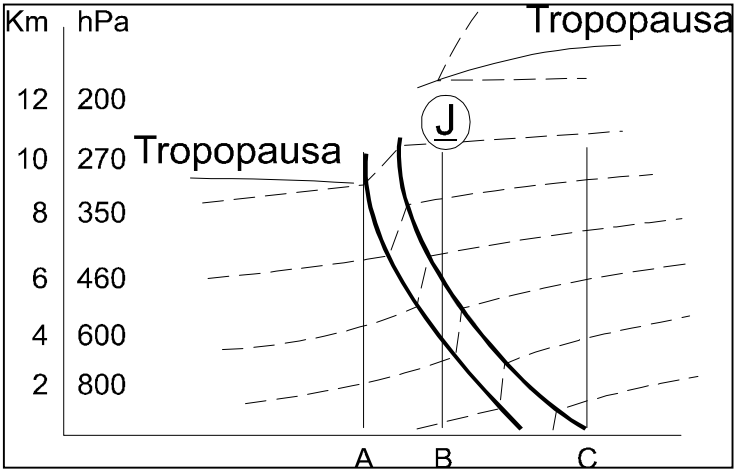


Figura 1. Seção vertical de temperatura (linhas tracejadas) com localização da superfície frontal (duas linhas grossas) e cento do eixo da corrente de jato (C).
Fonte: Palmen e Newton (1969).

1.2.2 Identificação da corrente de jato nos mapas de velocidade do vento

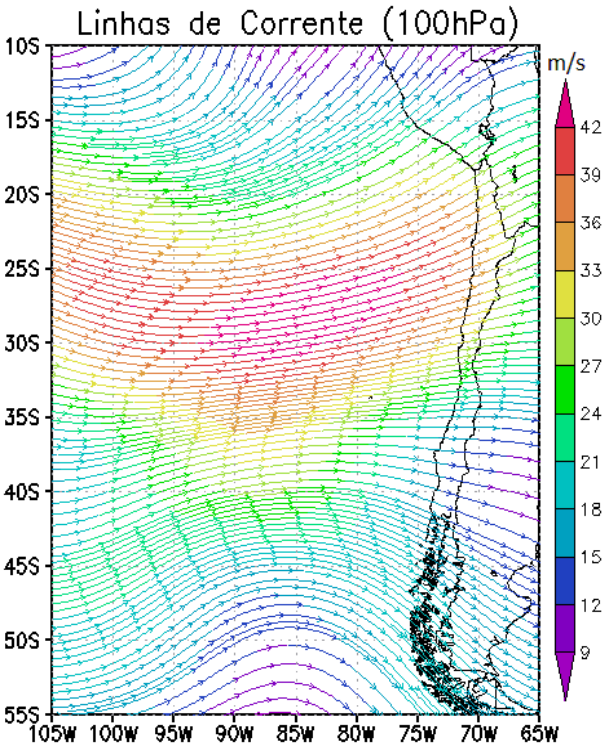
A Corrente de jato se identifica nos mapas de velocidade do vento pela área com velocidades iguais ou maiores do que 30 m/s. Como a altura da tropopausa muda de acordo com latitude, o eixo da corrente de jato varia de localização referente à uma determinada altura. A tabela 1 apresenta estas alturas em quilômetros. Além disso, nesta tabela são observados em quais níveis de pressão e temperatura potencial podem ser encontrados os eixos da corrente de jato. Ou seja, na região equatorial, para localização de corrente de

jato, devem ser utilizados os mapas de vento no nível de 100 hPa ou 390K. Todavia, nas regiões polares, as correntes de jato serão vistas nos mapas de vento no nível de 300 hPa ou 310K.

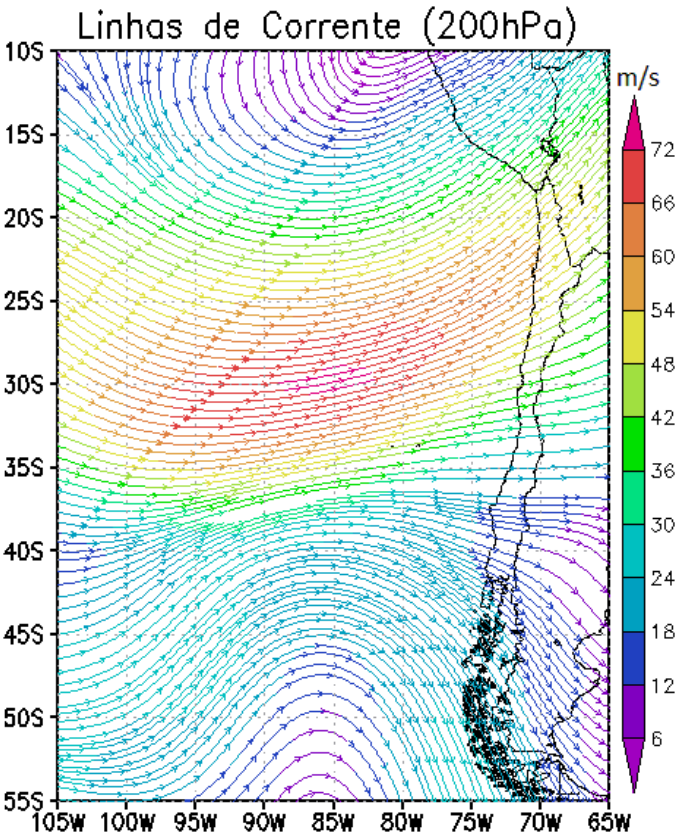
Tabela 1. Alturas do eixo de corrente de jato em diferentes latitudes em km, hPa e temperatura potencial (Θ).
Fonte: Fedorova (2008).

Alturas	**Região equatorial**	**Latitudes medias**	**Regiões polares**
H (km)	20	13	9
P (hPa)	100	200	300
Θ (K)	390	350	310

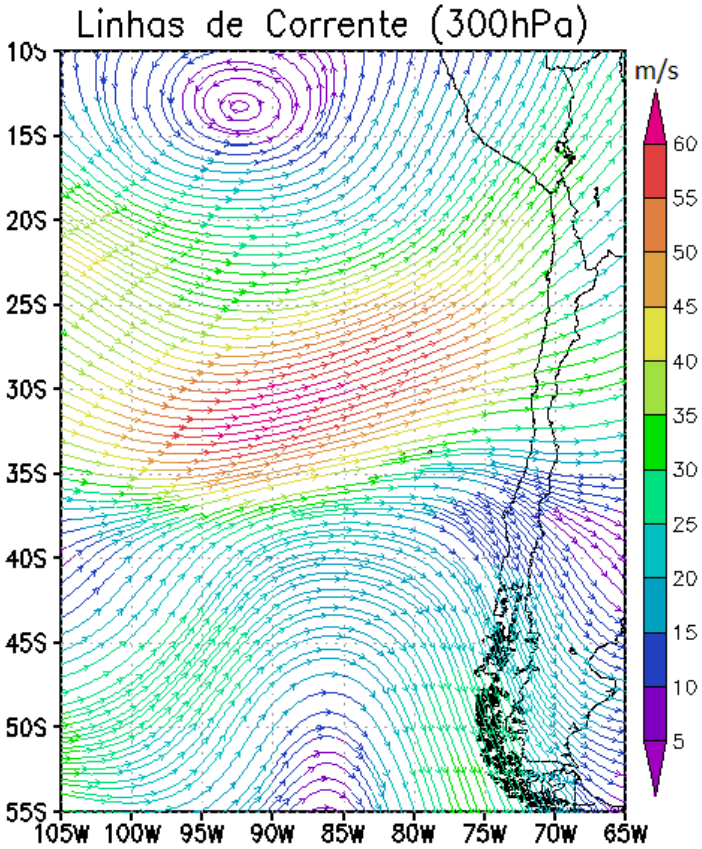
A localização da corrente de jato, mas nos níveis de 100, 200 e 300 hPa no dia 29 de maio de 2016 às 06UTC está apresentada na Figura 2. Pode ser visto que a corrente de jato, observada no nível de 300 hPa, encontra-se entre as latitudes de 38 e 23^{o}S, aproximadamente. No nível de 200 hPa entre as latitudes de 38 e 20^{o}S e no nível de 100 hPa entre as latitudes de 35 e 18^{o}S.


Linhas de Corrente (100hPa)
m/s
42
39
36
33
30
27
24
21
18
15
12
9
10S
15S
20S
25S
30S
35S
40S
45S
50S
55S
105W
100W
95W
90W
85W
80W
75W
70W
65W

a)


Linhas de Corrente (200hPa)
m/s
72
66
60
54
48
42
36
30
24
18
12
6
10S
15S
20S
25S
30S
35S
40S
45S
50S
55S
105W
100W
95W
90W
85W
80W
75W
70W
65W

b)



c)

Figura 2. Mapas de linhas de corrente nos níveis de 100 (a), 200 (b) e 300 hPa (c) com correntes de jato.

1.2.3 Identificação da corrente de jato nas imagens de satélite

As correntes de jato nas imagens de satélite são identificadas pelo tipo de nebulosidade e pela mudança do tipo de nebulosidade. As seguintes características da nebulosidade são as principais para a identificação das correntes de jato:

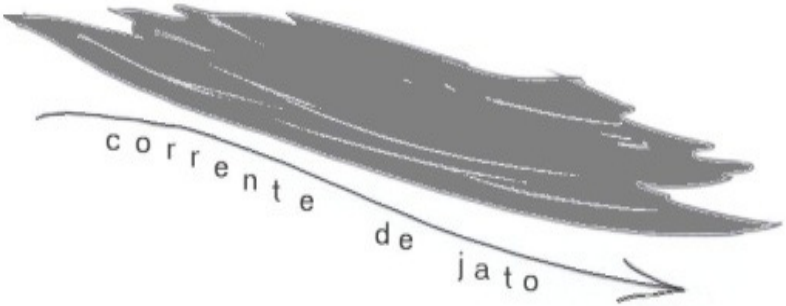
• Grandes regiões de nuvens Cirrus (Ci), escudos de Ci com bordas agudas;

• Estrutura linear de nuvens Ci, estriadas ao longo da corrente de jato;

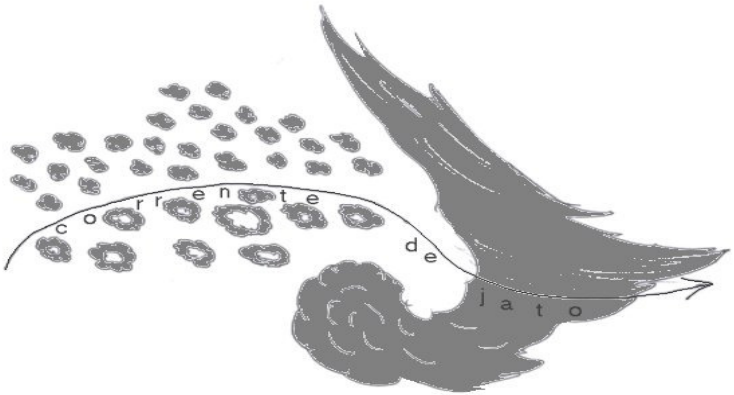
• Estrutura linear perpendicular à corrente de jato, faixas transversais dentro das faixas de Ci;

• Mudança do tipo de nebulosidade e/ou células convectivas nos dois lados da corrente de jato;

• Linhas de sombra (imagem no canal visível) prolongadas ao longo da corrente de jato.



a) Posição da corrente de jato relativamente às grandes regiões de nuvens Ci, no Hemisfério Sul (HS).



b) Posição da corrente de jato no HS relativamente ao vórtice ciclônico e mudança do tipo de células.

- No lado quente: células abertas e as nuvens Cumulus (Cu) e Cumuloninmbus (Cb);

- No lado frio: células fechadas e as nuvens Cirrostratus (Cs) e Altostratus (As).

c) Posição da corrente de jato no vórtice ciclônico do HS e mudança de textura das nuvens nos dois lados da corrente de jato:
- No lado equatorial: textura deslustrada;
- No lado polar: textura granular.

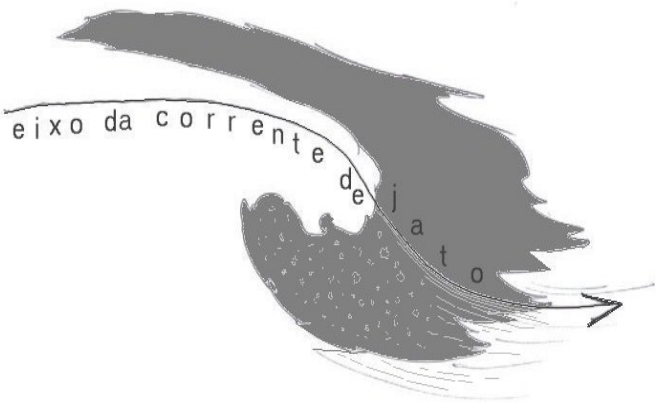
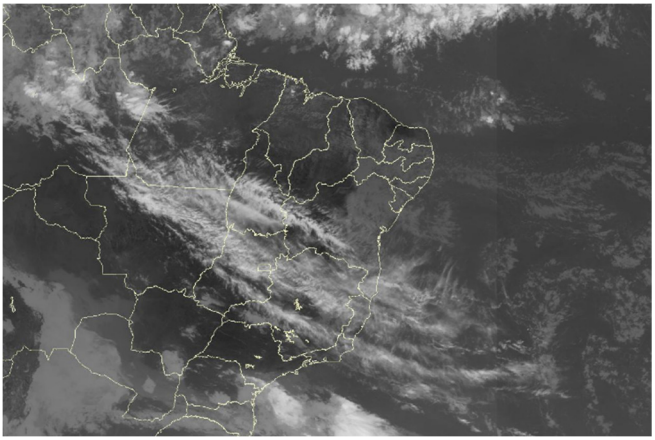


Figura 3. Esquemas da nebulosidade nas imagens de satélite para a identificação das correntes de jato.
Fonte: Fedorova (2008).

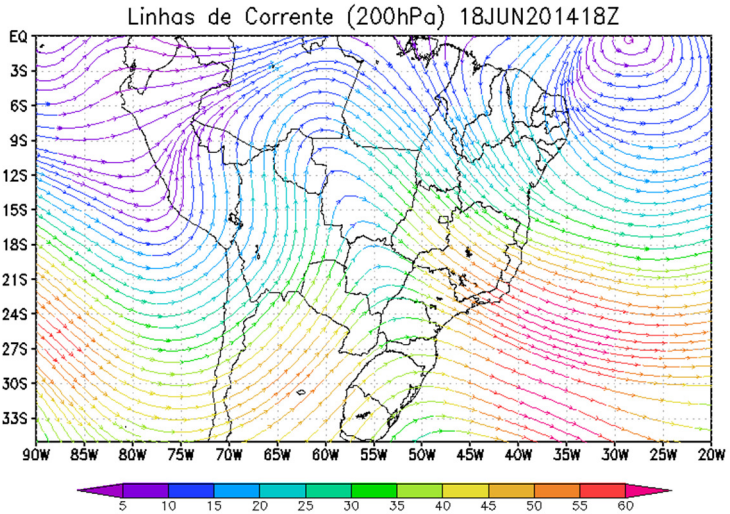
A seguir são apresentados exemplos das diversas situações das correntes de jato nos mapas das linhas de

corrente no nível de 200 hPa e imagens de satélite no canal infravermelho na América do Sul e oceanos adjacentes.

A corrente de jato, identificada pela imagem de satélite no dia 18/06/2014 15:00UTC (Figura 4a), cruza o Nordeste do Brasil (NEB) no sul da Bahia. As linhas de corrente, neste caso um pouco mais tarde, às 18 UTC, confirmam esta localização da corrente com núcleo deslocado para o oceano (Figura 4b). A nebulosidade da corrente de jato é identificada pela estrutura linear de nuvens Ci, estriadas ao longo e perpendicular (faixas transversais dentro das faixas de Ci) a corrente de jato.



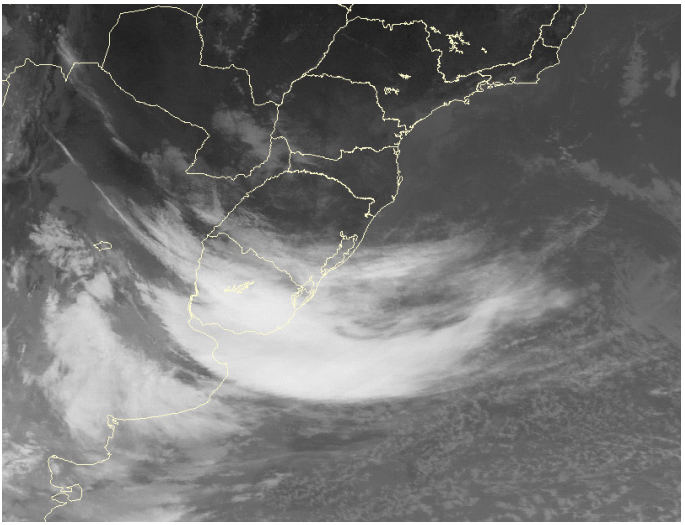
a)



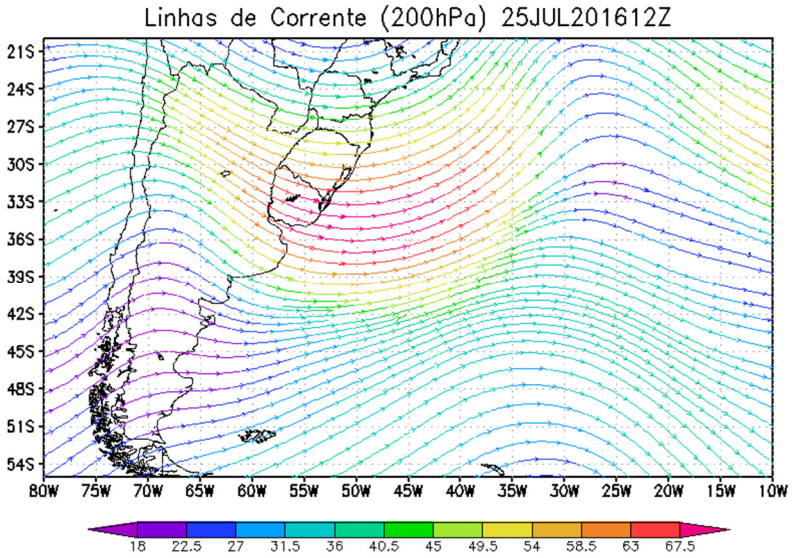
b)

Figura 4. Posição da corrente de jato relativamente às grandes regiões de nuvens *Ci,* no HS, no dia 18/06/2014. a) Imagem do canal IR às 15:00 UTC e b) Mapa das linhas de corrente em 200hPa às 18:00UT.
Fonte: Autores (2016).

A situação com a corrente de jato no sul do Brasil está apresentada na Figura 5a para o dia 25/07/2016. A nebulosidade da corrente de jato com curvatura anticiclônica é vista bem acentuada com escudos de Ci e bordas agudas sobre o o sul do Rio Grande do Sul e Uruguai. As linhas de correntes confirmam a posição da corrente de jato nesta região. As nuvens Ci na imagem de satélite estão estriadas ao longo da corrente de jato.



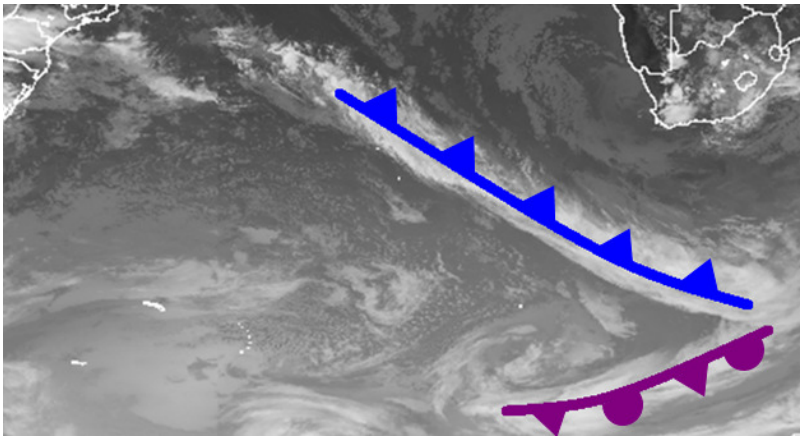
a)


Linhas de Corrente (200hPa) 25JUL201612Z
21S
24S
27S
30S
33S
36S
39S
42S
45S
48S
51S
54S
80W
75W
70W
65W
60W
55W
50W
45W
40W
35W
30W
25W
20W
15W
10W
18
22.5
27
31.5
36
40.5
45
49.5
54
58.5
63
67.5

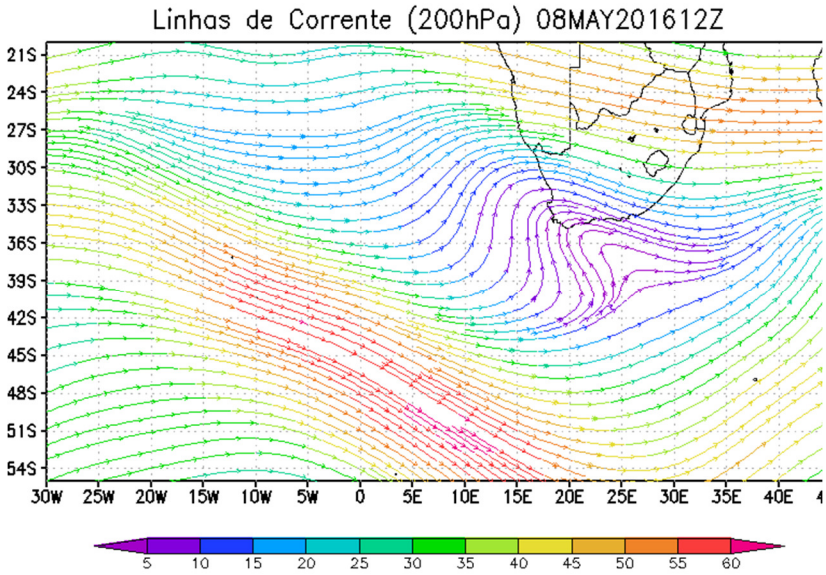
b)

Figura 5. Posição da corrente de jato relativamente às grandes regiões de nuvens *Ci,* no HS, no dia 25/07/2016. a) Imagem do canal IR às 15:00 UTC e b) Mapa das linhas de corrente em 200hPa às 12:00UTC.
Fonte: Autores (2016).

A corrente de jato ao sul da África no dia 08/05/2016 é vista ao longo da frente fria e na imagem de satélite está identificada pela borda nítida da nebulosidade no lado sul da banda das nuvens. As nuvens Ci estão estriadas ao longo da corrente de jato (Figura 6a) e a posição da corrente de jato é confirmada pelo mapa das linhas de corrente (Figura 6b).



a)



b)

Figura 6. Posição da corrente de jato no HS relativamente ao vórtice ciclônico e mudança do tipo de células no dia 08/05/2016. a) Imagem do canal IR às 14:45 UTC e b) Mapa das linhas de corrente em 200hPa às 12:00UTC.

A corrente de jato no sul da América do Sul e oceanos adjacentes no dia 28/06/2016 pode ser identificada pela borda nítida da nebulosidade de Ci com bordas agudas e com curvatura anticiclônica (Figura 7).