



ISSN:1984-2295

Revista Brasileira de Geografia Física

Homepage: <https://periodicos.ufpe.br/revistas/rbgfe>

Influência das ligações das correntes de jato entre os hemisférios na frequência dos fenômenos meteorológicos no Nordeste Brasileiro

Ana Letícia Melo dos Santos¹, Natália Fedorova², Vladimir Levit³

¹ Pós-Graduanda em Meteorologia, Universidade Federal de Alagoas, Maceió Alagoas, Brasil, aleticiam@live.com (autor correspondente). ²Prof. Doutora efetiva em Meteorologia Sinótica, Universidade Federal de Alagoas, Maceió, Alagoas, Brasil, nataliabras@gmail.com. ³ Prof. Doutor efetivo em Física, Universidade Federal de Alagoas, Maceió, Alagoas, Brasil, vladimirle@gmail.com

Artigo recebido em 12/11/2020 e aceito em 28/07/2021

RESUMO

Os fenômenos adversos têm uma atribuição muito importante na sociedade, seja por causa da intensidade, frequência de ocorrência ou tipo de fenômenos. Os principais objetivos do trabalho foram estudar a passagem das Correntes de Jato do Nordeste Brasileiro (CJNEB) entre os Hemisférios Norte (HN) e Hemisfério Sul (HS) e identificar a influência na ocorrência de fenômenos adversos no Nordeste Brasileiro (NEB). Os campos de linhas de corrente e magnitude de vento foram utilizados para identificar e quantificar a presença de ligações inter-hemisféricas no ano de 2017. Foram utilizados dados das componentes do vento *u* e *v* da reanálise do European Centre for Medium-Range Weather Forecasts (ECMWF), ERA Interim de resolução de 0,75°x 0,75°, no nível de 200 hPa às 00 UTC. Os fenômenos meteorológicos adversos foram obtidos do banco de dados do REDMET dos principais aeroportos do NEB, usando o aplicativo API. As CJNEB foram divididas em três padrões de circulação: Meridional, Zonal e Transversal. As ligações entre os hemisférios foram observadas nos meses outubro, novembro, dezembro e fevereiro. Predominaram CJNEB meridionais de sul e transversais de sudoeste. Mais dias com essas ligações ocorreram em dezembro quando os fenômenos foram observados em todas as estações. As estações ao norte do NEB registraram mais ocorrências de tempestades. O fenômeno adverso mais frequente foi a chuva. Uma análise da relação entre os hemisférios pode ajudar a melhorar as previsões de tempo de curto prazo no NEB.

Palavras-chave: Fenômenos meteorológicos. Ligação Inter-hemisférica. Padrões de Circulação.

Influence of jet stream connections between hemispheres on the frequency of adverse phenomena in Brazilian Northeast

ABSTRACT

Adverse phenomena have a very important role in society, whether because of their intensity, frequency of occurrence or type of phenomena. The main objectives of the paper were to study the Brazilian Northeast Jet Stream (BNEJS) passing between the northern and southern hemispheres and to identify the influence of this jet stream in the occurrence of adverse phenomena in Brazilian Northeast (BNE). The wind field was used to identify and quantify the presence of inter-hemispheric connections in 2017. Data on the *u* and *v* wind components from the ECMWF reanalysis, ERA Interim with a resolution of 0.75° x 0.75°, were used at 200 hPa level at 00 UTC. Adverse weather phenomena were obtained from the REDMET database of the main BNE airports using the API application. BNEJSs were divided into three circulation patterns: Meridional, Zonal and Transversal. Connections between the hemispheres were observed in October, November, December and February. Meridional southern and transversal southwestern CJNEB prevailed. More days with this connection occurred in December, when phenomena were observed at all stations. Stations north of the BNE recorded more thunderstorms. The most frequent adverse phenomenon was rain. An analysis of the relationship between the hemispheres can help improv short-term weather forecasting in the BNE.

Keywords: Meteorological phenomena. Interhemispheric connection. Circulation Patterns.

Introdução

Os fenômenos meteorológicos podem causar grandes danos à sociedade como perdas econômicas, sociais e até risco a vidas. Desde a origem da aviação e seus primeiros voos, as

condições meteorológicas adversas estão classificadas entre os fatores contribuintes de maior preocupação quando consideramos os acidentes e incidentes ocorridos ao longo dos anos (Ferreira,

2006; Anjos et al., 2016; Oliveira et. al., 2017, Cavalcante et al., 2020). A formação dos fenômenos está ligada diretamente à estabilidade ou instabilidade da atmosfera associadas a chuvas, trovoadas, nevoa úmida, névoa seca ou granizo.

As Correntes de Jato (CJ) são importantes pois, os distúrbios de escala sinótica tendem a se formar nas regiões de velocidade máxima da corrente e a se propagar ao longo das trilhas de tempestades do jato (Holton, 1979). Estão presentes em ambos Hemisférios e com ligações inter-hemisféricas (Gomes, 2003, Repinaldo, 2010, Costa 2010, Costa et al., 2013, Vaz, 2014). Segundo Bluestein (1993) as CJ também afetam o transporte aéreo não só por causar ventos fortes, mas também por causar turbulência de ar livre associada aos núcleos de jatos. Existem dois principais tipos de CJ, a Corrente de Jato Subtropical (CJST) e a Corrente de Jato Polar (CJP). Sobre o Nordeste Brasileiro (NEB), há um terceiro tipo de CJ que é a Corrente de Jato do Nordeste Brasileiro (CJNEB), ela está localizada comumente próximo dos 200 hPa na tropopausa entre as latitudes de 20°S e o Equador tendo maior ocorrência e desenvolvimento durante os meses de inverno e primavera (Gomes 2003 e Campos 2005).

No primeiro estudo sobre as CJNEB próximo de Alagoas (Gomes, 2003), foram identificadas fortes correntes de ar em altos níveis em todas as estações do ano. Fedorova et al (2017) analisaram a CJNEB ao longo de 16 anos (1994-2009) e descobriram que as CJNEB, com limite de velocidade mínima de 20 m/s, ocorriam com muita frequência, em quase todos os dias analisados. A velocidade média do vento foi de 37 m/s e atingiu o valor máximo de 64 m/s.

Estudos de Fenômenos adversos relacionados com as CJNEB que foram identificados são névoa úmida e seca, chuva leve intermitente, nevoeiro, pancadas de chuva (Campos e Fedorova, 2006), Trovoadas (Brito, 2011; Cordeiro et al. 2018).

As causas e consequências das ocorrências de fenômenos adversos, estão se tornando temas de grande relevância devido os alertas de segurança que as pesquisas apontam devido as grandes mudanças ambientais que vem ocorrendo em detrimento dos eventos extremos que podem ocorrer. A CJNEB cria em algumas situações as ligações inter-hemisféricas. A influência destas ligações na formação de fenômenos adversos associados a presença das CJNEB ainda não foi investigada.

Há estudos que relacionam a CJNEB com a presença de sistemas de escala sinótica como o Vórtice Ciclônico de Altos Níveis (VCAN), Cavado de Altos Níveis (CAN) e Alta da Bolívia (AB) com velocidades acima de 20 m/s na periférica do vórtice (Gomes, 2003; Campos e Fedorova, 2006; Costa 2010; Brito et.al. 2011; Costa et.al 2013; Moraes, 2016; Reboita et al., 2016; Reboita et al., 2017; Fedorova et al., 2018a e 2018b, Repinaldo et al, 2020).

O trabalho tem como objetivo analisar a influência de eventos de ligações inter-hemisféricas com a CJNEB na ocorrência dos fenômenos adversos nos principais aeroportos NEB durante o ano de 2017. Para este objetivo serão quantificadas as ocorrências das ligações das CJ entre os hemisférios com intuito de analisar os fenômenos meteorológicos associados e aprimorar os resultados para melhorar a previsão do tempo de curto prazo.

Material e métodos

O local de estudo é dividido em duas áreas, Figura 1 (a e b). A Figura 1a é a Área 1, entre 20° – 90°W em longitude e 60°N - 60°S de latitude, para uma visão estendida (visualização dos dos hemisférios), onde serão identificadas as CJST e as CJP. Para as análises da região do NEB foi utilizada a Área 2 (Figura 2a), de acordo com Fedorova et al., 2018a e 2018b, onde é identificada as CJNEB.

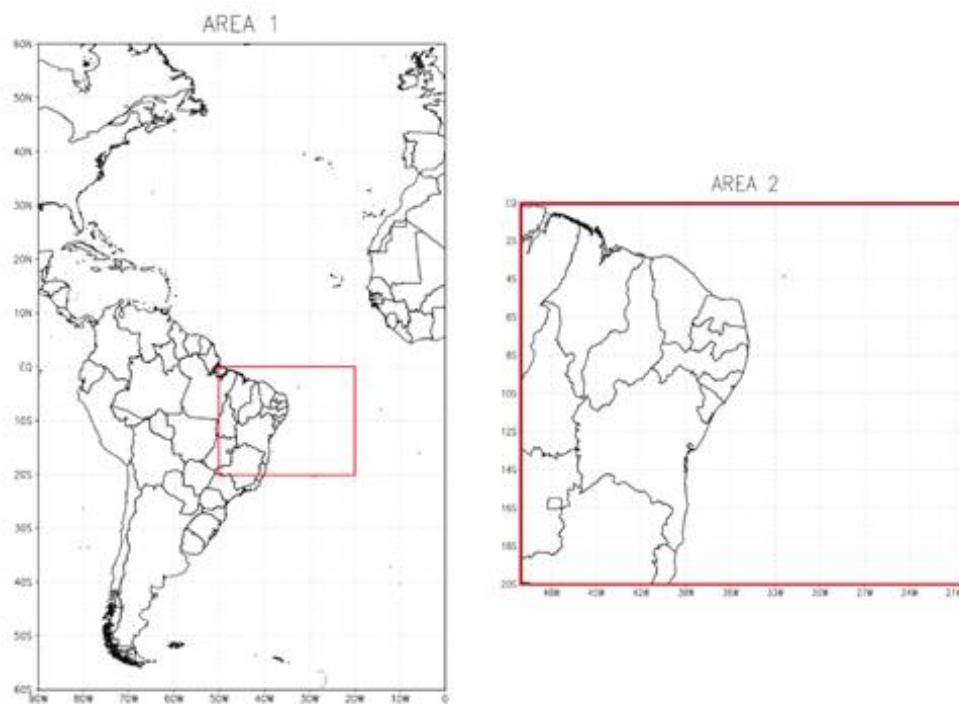


Figura 1: Localização geográfica das áreas de estudo: área 1 (a) e área 2 (b). Fonte adaptada: Vaz (2014) e Fedorova et al 2018a e 2018b.

Para a análise das CJ e suas ligações que ocorreram durante o ano de 2017 é necessária a visualização do campo de vento em altos níveis em todos os dias do período analisado para a identificação dos casos.

Os dados utilizados foram do *European Centre for Medium-Range Weather Forecasts* (ECMWF), ERA Interim, no ano de 2017, estes dados estão disponíveis no site <https://www.ecmwf.int/>. Este conjunto de dados tem resolução horizontal de $0,75^\circ \times 0,75^\circ$ no nível de 200 hPa. São dados diários e as variáveis utilizadas foram as componentes zonal (u) e meridional (v) do vento em m/s para o horário de 00 UTC, esse horário foi escolhido para a análise inicial sobre o tema a ser discutido.

Os dados do *Meteorological Aerodrome Report* (METAR) foram baixados do aplicativo API da *Rede de Meteorologia do Comando da Aeronáutica* (REDMET) dos principais aeroportos da região Nordeste do Brasil, para identificação dos fenômenos meteorológicos, que podem ser identificados na tabela 1. Foram utilizados os dados dos principais aeroportos do NEB.

A identificação dos tipos de CJNEB é feita de acordo com os dados internacionais do

ECMWF. As CJNEB são mais fracas do que as CJST ou CJP (Virgi, 1981; Gomes, 2003). As CJP e CJST possuem a velocidade do vento maior ou igual a 30 m/s (Reiner, 1969; Ayoade, 1998; Fedorova, 2008, Zimmermann 2017; Fedorova, 2018a e 2018b).

Os mapas de linhas de corrente para a análise sinótica foram elaborados utilizando o software *Open Grid and Analysis Display System* (OpenGrADS). Foi estabelecido como limite de CJNEB a velocidade do vento igual ou superior a 20 m/s (Fedorova et al., 2018a e 2018b).

A ligação inter-hemisférica foi confirmada quando nos mapas de linhas de corrente é identificada ligação de todos os tipos de CJ (Vaz, 2014). Um exemplo desta ligação é apresentado na Figura 2, onde é visto que as correntes do Hemisfério Sul (HS) ligam-se as do Hemisfério Norte (HN) através das CJNEB. A ligação ocorreu com velocidade da CJNEB superior a 35 m/s no lado oeste do NEB. Na região da Corrente de jato polar do Hemisfério Norte (CJPHN) o núcleo com velocidade máxima superior a 60 m/s. As ligações foram identificadas a partir da análise dos mapas da área 1.

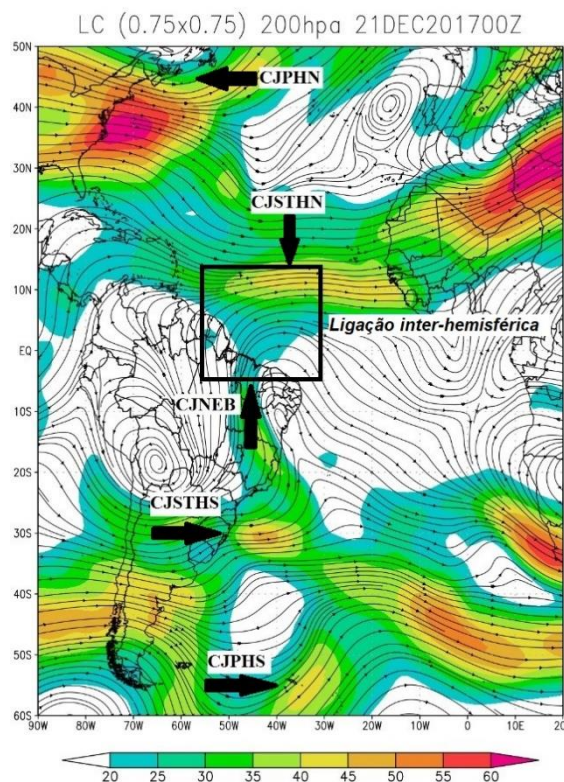


Figura 2: Exemplo de um dia com ligação inter-hemisférica. Corrente de jato do hemisfério norte (CJPHN), Corrente de jato subtropical do hemisfério norte (CJSTHN), Corrente de jato subtropical do hemisfério sul (CJSTHS) e Corrente de jato do hemisfério sul (CJPHS) e região de ligação entre os hemisférios.

Foram identificados os tipos de processos de acordo com a direção da CJNEB sobre o NEB de maneira semelhante a Costa (2010, 2013) e Repinaldo (2010). Na Figura 3 pode-se identificar os tipos de CJNEB conforme os processos. A metodologia adotada por Fedorova et. al (2018a e 2018 b) mostrou que a direção da CJNEB com a velocidade do vento acima de 30 m/s é identificada conforme sua origem, podendo ser de norte (N),

noroeste (NW), oeste (W), sudoeste (SW), sul (S), sudeste (SE), leste (E) e nordeste (NE). Os intervalos utilizados foram, de N entre 337,6° e 22,5°; de NE entre 22,6° e 67,5°; de E entre 67,6° e 112,5°; de SE entre 112,6° e 157,5°; de S entre 157,6° e 202,5°; de SW entre 202,6° e 247,5°; de W entre 247,6° e 292,5°; e de NW entre 292,6° e 337,5°.

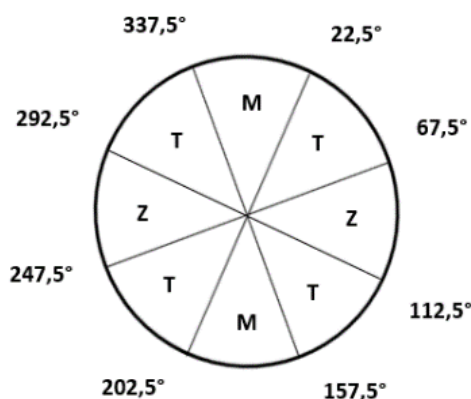


Figura 3: Intervalos de ângulos utilizados para classificação da direção das CJNEB. Meridional (M), Transversal (T) e Zonal (Z). Fonte: Adaptado Fedorova et al, 2018.

Com a classificação da direção das CJNEB, se pode calcular o número de CJNEB, caso haja dias com mais de um deles, sendo eles contabilizados conforme sua direção. Quando a

área de análise possui dois ramos de CJNEB, os mesmos são identificados conforme sua localização, se sobre o NEB ou sobre o oceano.

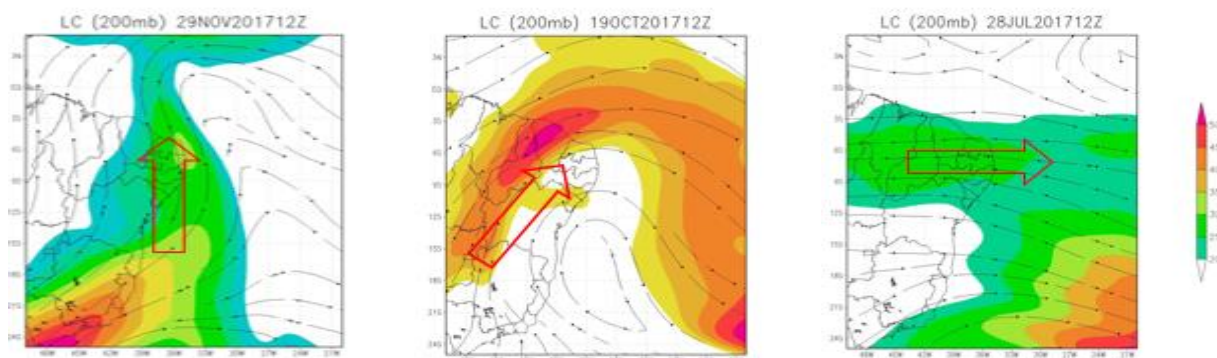


Figura 4: Direções das CJNEB: (a) Meridional (M), (b) Transversal (T) e Zonal (Z).

Análise dos Fenômenos

As ligações de CJNEB com fenômenos adversos foram identificadas conforme os dias onde ocorreram ligações inter-hemisféricas e foi feita a frequência dos registros dos fenômenos. Foram elaboradas tabelas com cada código e seu número de ocorrência referente a cada mês e dia.

Para a identificação dos fenômenos adversos ocorridos foram utilizados os boletins gerados de hora em hora pela REDMET com os dados do METAR (Cabral, 2006). Os fenômenos

foram analisados a partir da identificação das ligações inter-hemisféricas ocorridas ao longo do ano conforme a orientação dos processos meridionais, transversais e zonais.

Na Tabela 1, são listados os fenômenos adversos que podem ser observados no METAR. A decodificação de cada fenômeno corresponde a um código que representa o tempo presente. Há um qualificador da intensidade de precipitações e de precipitações na vizinhança, e são indicadas pelos sinais devido ao momento ocorrido, essas são + (forte), - (leve) e sem sinal (moderada).

Tabela 1: Códigos de fenômenos adversos.

Fenômenos Adversos	Códigos METAR
Chuveiro	DZ
Chuva	RA
Chuva fraca	-RA
Chuva Forte	+RA
Chuva recente	RERA
Chuva na vizinhança	VCSH
Trovoada/Raios/Relâmpagos	TS
Chuva com trovoada	TSRA
Chuva fraca com trovoada	-TSRA
Trovoada recente	RETS
Pancada de chuva	SHRA
Pancada de chuva fraca	-SHRA
Pancada de chuva recente	RESHRA
Névoa úmida	BR

Resultados e Discussões

Os estudos sobre CJNEB começaram recentemente, por isso há poucos estudos sobre esse tipo de corrente. Foram identificados os fenômenos como névoa úmida e seca, chuva leve intermitente, nevoeiro, pancadas de chuva (Campos e Fedorova, 2006), Trovoadas (Brito, 2011; Cordeiro et al. 2018). Os resultados foram gerados a partir das imagens de linhas de corrente no nível de 200 hPa diárias, onde podem ser observadas as CJ e suas ligações em cada hemisfério e entre ambos. Com os mapas gerados, realizou-se a contagem das ocorrências e os tipos das correntes de jato.

Foram relacionados os tipos das ligações com as ocorrências dos fenômenos adversos. As

CJNEB ocorreram em todos os meses do ano em praticamente todos os dias, porém janeiro foi o mês com menor ocorrência dessa CJ, foram 16 dias (Tabela 2). Os meses de maio, julho, agosto e novembro foram 29 dias com eventos de CJ sobre o NEB

As ligações inter-hemisféricas aconteceram em 3% dos eventos de CJNEB, ocorrendo somente nos meses de outubro, novembro, dezembro e fevereiro, ou seja, no período quente do hemisfério. O total anual de 12 dias de ocorrências de ligação e dezembro e outubro foram os meses com maior frequência, com quatro dias.

Tabela 2: Ocorrência (em dias) das CJNEB e CJ com ligações inter-hemisféricas no ano de 2017.

	CJNEB	LIGAÇÃO
Janeiro	16	-
Fevereiro	22	1
Março	21	-
Abril	22	-
Maio	29	-
Junho	24	-
Julho	29	-
Agosto	29	-
Setembro	28	-
Outubro	26	4
Novembro	29	3
Dezembro	28	4
Soma		12

Ocorrência dos Tipos de Processos

Na Tabela 3, observa-se a ocorrência das ligações inter-hemisféricas conforme o tipo de processos. Os meridional e transversal ocorreram nove eventos cada um, principalmente em dezembro. O processo zonal não teve ocorrência no ano em análise. Nos casos meridionais as CJNEB

tinham direção de S para N e nos casos de CJNEB transversais foram de SW para NE e NO para NW.

Houve dias com dois tipos de ligações simultaneamente. Por exemplo, nos dois lados do VCAN ocorreu um processo meridional e um processo transversal. Com isso, a contagem da Tabela 2 diferencia-se da contagem da tabela 3.

Tabela 3: Ocorrência dos tipos de processos Meridional (M), Transversal (T) e Zonal (Z) nos meses que ocorreu ligações inter-hemisféricas.

Processo	Dir. do vento	Fev	Out	Nov	Dez	Soma
M	S - N	-	2	2	5	9
T	SW-NE	1	3	1	1	6
T	NO-NW	-	3	-	-	3
Z	-	-	-	-	-	-
Soma	-	1	5	3	5	18

Exemplos de Casos

Ao que se refere à análise dos processos, o processo meridional foi observado com maior frequência (Tabela 3) em dezembro, onde ocorreram quatro processos meridionais, três deles ocorreram em dias distintos e um ocorreu no mesmo dia em que houve também o processo transversal. Por isso, como exemplos serão apresentados um dia com dois tipos de processos de CJNEB (meridional e transversal), um dia CJNEB com processo meridional.

Exemplo 1: CJNEB meridional e transversal no dia 21 de outubro.

Os mapas desse dia mostram que ocorreu uma CJNEB meridional próxima da costa do NEB e transversal sobre o oceano adjacente (Figura 5). Estas correntes de jato foram nos dois lados do cavado. A velocidade máxima atingiu 33 m/s no ramo sobre o oceano. As correntes de jato subtropicais foram acopladas com polares nos dois hemisférios. Foi registrada a ligação inter-hemisférica CJNEB + CJSTHN + CJSTHS + CJPHN + CJPHS. Assim, os fenômenos adversos ocorridos nesse dia, segundo resultado do METAR, foram em João Pessoa (-RA), Natal (-RA, VCSH, BR) e VCSH em Recife e Salvador

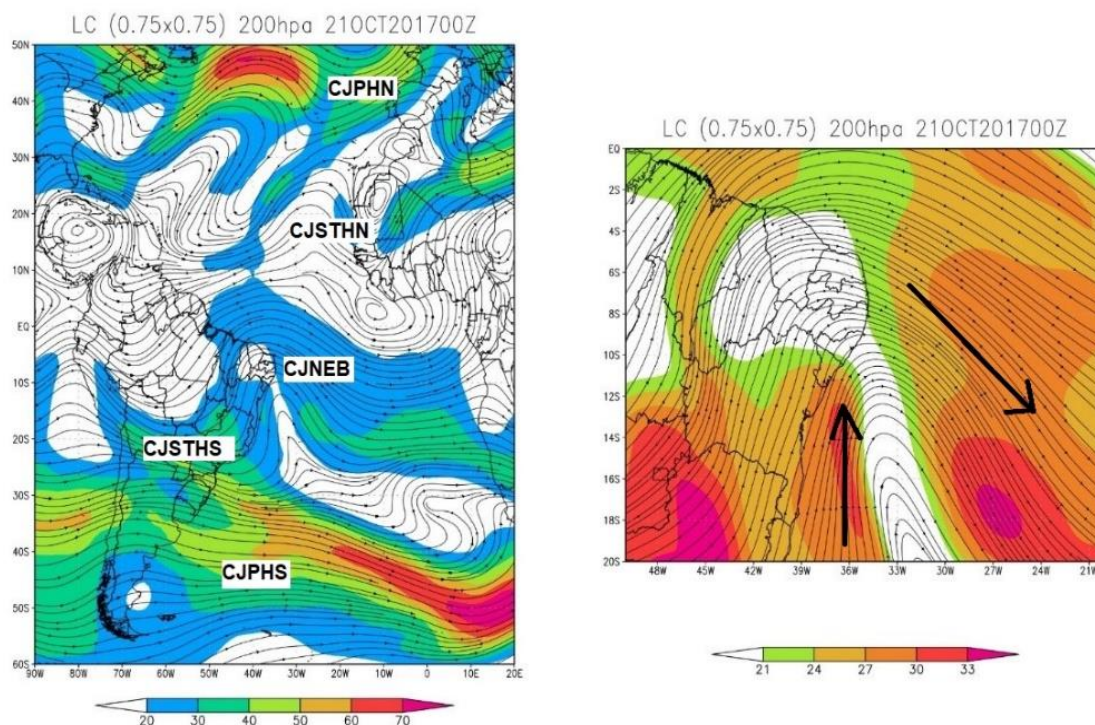


Figura 5: Processo meridional no dia 21 de outubro de 2017 as 00 UTC. Área 1 apresentando a ligação inter-hemisférica (a) e a Área 2 (b) com a CJNEB as 00UTC.

Exemplo 2: CJNEB meridional no dia 20 de novembro

Pelos dados desse dia ocorreu uma CJNEB com processo meridional, com velocidade maior que 33 m/s (Figura 6b), tinha ligação inter-hemisférica. A CJNEB abrange toda a região NEB.

Assim, o fenômeno adverso ocorrido nesse dia, segundo resultado do METAR, foi VCSH na vizinhança de Fortaleza

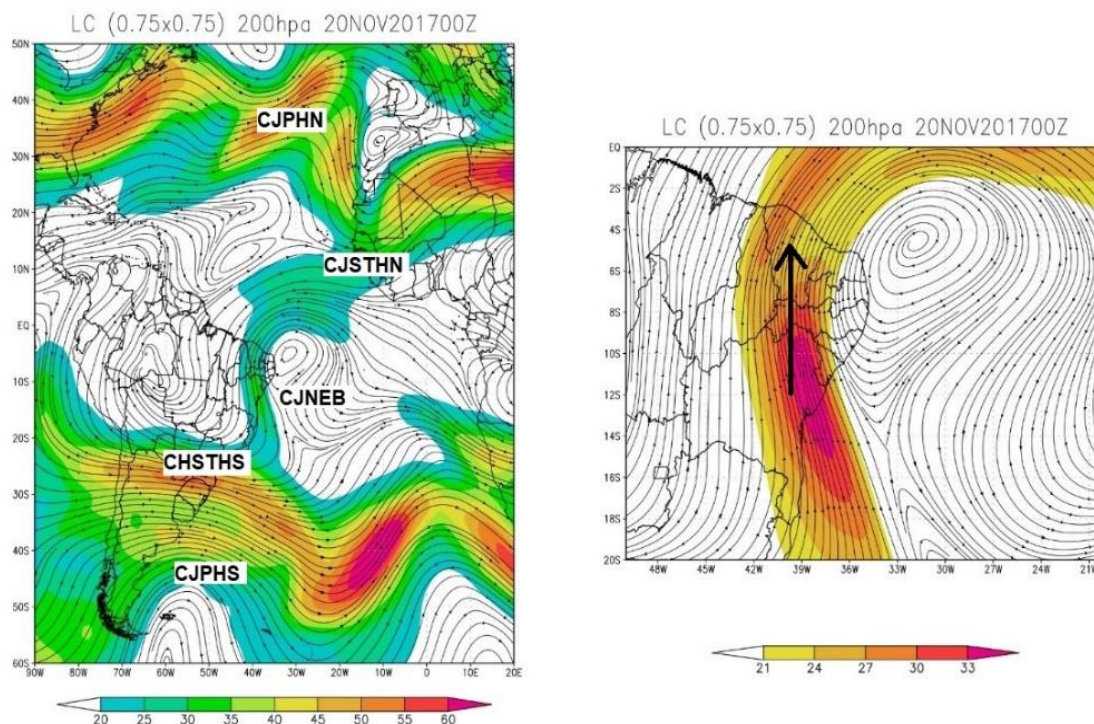


Figura 6. Processo meridional da CJNEB do dia 20 de novembro de 2017 as 00 UTC. Área 1 apresentando a ligação inter-hemisférica (a) e a Área 2 (b) com a CJNEB as 00UTC.

Ocorrência dos Fenômenos Meteorológicos

A frequência dos fenômenos meteorológicos foi analisada para os dias onde ocorreram as ligações entre CJNEB com todos os tipos de CJ entre os hemisférios. Ocorreram fenômenos em todos os dias em que houve a ligação entre CJ entre hemisférios, porém, não houve registro em todas as estações dos aeroportos analisados.

Em fevereiro (Tabela 4), foi o mês que ocorreu somente um dia com ligação inter-hemisférica. As estações SBAR (Aracajú), SBMO

(Maceió), SBSV (Salvador) não houve ocorrência de fenômenos adversos. Em SBFZ foi a estação com o maior número de fenômenos registrados. O fenômeno mais frequente foi -RA ocorridos em cinco estações com registros.

A frequência dos fenômenos registrados foram (os valores a seguir são os números de estações com registro): RA: 2; -RA: 5; +RA: 1; RERA: 1; VCSH: 2; RESHRA: 1; TSRA: 1; -TSRA: 1; RETS: 1; BR: 1.

Tabela 4: Ocorrência dos fenômenos adversos em fevereiro de 2017.

Cidades (Códigos)	11/fev (Fenômenos)
Fortaleza (SBFZ)	RA; -RA; RERA; TSRA; -TSRA; RETS
João Pessoa (SBJP)	-RA
Natal (SBNT)	-RA; RESHRA; VCSH; BR
Recife (SBRF)	-RA; VCSH
São Luís (SBSL)	-RA
Teresina (SBTE)	+RA; RA

Em outubro, conforme a Tabela 5, os fenômenos ocorreram principalmente do dia 26 de outubro. Não houve registros de fenômenos adversos em todas as estações analisadas. O

fenômeno mais frequente foi o VCSH com 11 eventos, que foi registrado nos quatro dias.

Tabela 5: Ocorrência dos fenômenos adversos em outubro de 2017.

Códigos	19/out	20/out	21/out	26/out
Aracaju (SBAR)	RETS	-	-	-RA; VCSH
João Pessoa (SBJP)	-	-	-RA	-RA
Natal (SBNT)	VCSH	RA; -RA; RERA; VCSH	-RA; VCSH; BR	-RA; VCSH; BR
Recife (SBRF)	VCSH	VCSH	VCSH	VCSH
Salvador (SBSV)	-RA; VCSH; BR	-	VCSH	-RA; VCSH; BR

Em novembro, conforme a Tabela 6, houve registro de fenômenos adversos somente em duas estações, em SBFZ (Fortaleza) e SBNT (Natal). Em SBFZ, dos três dias com ligação inter-hemisférica, somente o dia 30 de novembro não

houve registros de fenômenos. Já em SBNT, os registros ocorreram neste dia. O fenômeno mais frequente foi o VCSH com dois eventos, que foi registrado em dois dos três dias.

Tabela 6: Ocorrência dos fenômenos adversos em novembro de 2017.

Códigos	20/nov	29/nov	30/nov
Fortaleza (SBFZ)	VCSH	-RA	-
Natal (SBNT)	-	-	VCSH; -SHRA

Conforme a Tabela 7, dezembro foi o mês com mais dias com ligações inter-hemisféricas e ocorreram registros de fenômenos em todas as estações analisadas. Estações como SBFZ, SBSL e SBTE, houve a ocorrência de fenômeno somente em um dia dos quatro dias em que aconteceu as ligações. Em SBAR (Aracaju), SBMO (Maceió), SBNT (Natal), SBRF (Recife) e SBSL (São Luís)

ocorreu fenômenos em dois dias dos dias com ligações e em SBJP (João Pessoa) de todos os dias com ligações, somente no dia 10 de dezembro não houve registro. Vale ressaltar que em SBTE (Teresina) foi a única estação que houve o fenômeno de TS, TSRA e RETS. O fenômeno mais frequente foi o -RA com 11 eventos, registrados nos quatro dias.

Tabela 7: Ocorrência dos fenômenos adversos em dezembro de 2017.

Códigos	04/dez	10/dez	20/dez	21/dez
Aracaju (SBAR)	-	-RA; BR	-	-RA; TS; RETS
Fortaleza (SBFZ)	-	-	-RA	-
João Pessoa (SBJP)	-RA	-	-RA	-RA
Maceió (SBMO)	VCSH; -SHRA	-	VCSH	-
Natal (SBNT)	VCSH	-	VCSH	-
Recife (SBRF)	-	-RA; VCSH	VCSH	-
Salvador (SBSV)	-	-RA; VCSH	-	-
São Luis (SBSL)	-	-	-RA; RETS	-RA
Teresina (SBTE)	-	-	-	-RA; TS; RETS; TSRA

Análise dos fenômenos nos eventos das ligações inter-hemisféricas

Durante a ocorrência das ligações inter-hemisféricas das CJ foram identificados fenômenos adversos tanto ligados à instabilidade atmosférica quanto a estabilidade nos estados do NEB. Os fenômenos relacionados a instabilidade foram: trovoadas e chuvas. O fenômeno referente a atmosfera estável foi névoa úmida.

Na Tabela 8 observa-se os fenômenos que ocorreram nos dias que foram identificadas as ligações das CJ entre os hemisférios. Os fenômenos

que mais ocorreram foram: 24 eventos de Chuva fraca (-RA); 25 eventos de Chuva na Vizinhança (VCSH); sete eventos de Chuva (RA); seis eventos de Névoa Úmida (BR); cinco eventos de Trovoada Recente (RETS). Os menos numerosos foram: dois eventos de (RERA); dois eventos de Trovoada (TS); dois eventos de Trovoada com Chuva (TSRA). Os demais fenômenos como: Chuva forte (+RA); Chuva fraca com trovoada (-TSRA); Pancadas de Chuva (SHRA); Pancadas de chuva fraca (-SHRA) e Pancada de chuva recente (RESHRA).

Tabela 8: Ocorrência dos fenômenos adversos por estações dos aeroportos do NEB nos dias das ligações inter-hemisféricas.

Fenômenos	Códigos dos aeroportos									
	SBAR	SBFZ	SBJP	SBMO	SBNT	SBRF	SBSV	SBSL	SBTE	Soma
RA	4	1	1	-	1	-	-	-	-	7
-RA	-	2	7	1	4	2	3	3	2	24
+RA	-	-	-	-	-	-	-	-	1	1
VCSH	2	1	1	2	8	7	4	-	-	25
RERA	-	1	-	-	1	-	-	-	-	2
TS	1	-	-	-	-	-	-	-	1	2
TSRA	-	1	-	-	-	-	-	-	1	2
-TSRA	-	1	-	-	-	-	-	-	-	1
RETS	2	1	-	-	-	-	-	1	1	5
BR	1	-	-	-	3	-	2	-	-	6
SHRA	-	-	-	1	-	-	-	-	-	1
-SHRA	-	-	-	-	1	-	-	-	-	1
RESHRA	-	-	-	-	1	-	-	-	-	1

Após as análises das ocorrências dos tipos de processos e dos fenômenos adversos nos eventos das ligações inter-hemisféricas, notou-se que nos eventos de CJNEB meridionais, houve registro de fenômenos adversos em todos os aeroportos analisados. No aeroporto de SBNT, no dia 20 de outubro houve o maior número de registros de fenômenos: RA, -RA, RERA e VCSH e. Nas ocorrências dos dias 20 e 29 de novembro somente em SBFZ houve registro de fenômenos que foi: VCSH e -RA.

Nas CJNEB transversais, presente em quatro dias, não foi registrado fenômenos em SBMO. O aeroporto com maior ocorrência de fenômenos em um dia foi o de Fortaleza, foram registrados seis tipos de fenômenos adversos no dia 11 de fevereiro: RA; -RA; RERA; TSRA; -TSRA; RETS; O aeroporto de SBNT foi o que apresentou maior variedade e registros de fenômenos nos dias de CJNEB transversal.

As ligações inter-hemisféricas no ano de 2017 ocorreram no período quente, nos meses de outubro, novembro, dezembro e fevereiro. Foram

12 dias onde ocorreram ligações com todos os tipos de CJ. A ocorrência de CJNEB no decorrer do ano, além das ligações inter-hemisféricas, também ocorreram de forma isolada. Ou seja, foram 303 dias de CJNEB sem ligação, maioria no mês de janeiro (16 dias).

Nos dias com as ligações inter-hemisféricas, as CJNEB meridionais predominaram de S- N e as CJNEB transversais foram mais frequentes de SW – NE e menos de NO - NW. Pode ocorrer mais de um tipo de ligação inter-hemisférica em um dia. Este foi observado nos dias 19, 20 e 21 de outubro, quando houve uma CJNEB meridional e outra transversal devido a presença de dois CAN e um VCAN. Em dezembro no dia 10, houve a ocorrência do processo transversal na parte sul do NEB e do processo meridional, na parte norte do NEB; a CJNEB ocorreu na borda leste de um CAN localizado sobre o Oceano Atlântico e que se estende até o Hemisfério Norte.

A velocidade máxima das CJNEB meridional variou de 27 m/s e 45 m/s e do processo transversal de 27 m/s e 50 m/s. A velocidade máxima (55 m/s)

foi observada no dia 30 de novembro. Como um exemplo, foi mostrado o caso de CJNEB meridional, porque este tipo tinha mais

ocorrência. Neste dia a velocidade máxima atingiu 33 m/s e foi registrado a ocorrência de chuva na vizinhança do aeroporto de Fortaleza.

Conclusão

Os fenômenos adversos analisados mostraram que os fenômenos foram registrados em todos os dias com ligações, mas não necessariamente em todas as estações dos aeroportos analisados. Dezembro foi o mês com mais dias de ligações inter-hemisféricas e ocorreu fenômenos em todas as estações ao longo dos quatro dias de existência das ligações. As estações ao norte do NEB foram as que tiveram mais ocorrências de trovoadas e de chuvas com trovoadas.

Em fevereiro ocorreu somente um dia com ligação inter-hemisférica com o processo transversal, e a velocidade do vento atingiu 27 m/s. Neste dia houve maior número de fenômenos adversos registrados, como em Fortaleza (RA; -RA; RERA; TSRA; -TSRA; RETS) e em Natal (-RA; RESHRA; VCSH; BR). Foi neste dia também o único registro com de chuva forte (+RA), em Teresina.

Com a análise dos fenômenos em todos os dias com ligações inter-hemisféricas pode-se observar que a precipitação foi mais frequente (-RA, VCSH e RA) e também trovoadas e trovoadas com chuva (TS, TSRA, -TSRA). Foram cinco dias com ocorrência de nevoa úmida. Alguns fenômenos tiveram ocorrência somente nas estações Teresina, Fortaleza, Maceió e Natal, esses foram vários tipos de chuva e chuva com trovoadas (+RA, TSRA, -SHRA e RESHRA).

Alguns fenômenos adversos podem ocorrer na presença da ligação inter-hemisférica de CJNEB nas suas proximidades. Porém, com a presença desta ligação não necessariamente haverá ocorrência de fenômenos em todas as regiões, como foi observado neste estudo.

Neste estudo são descritos mais resultados sobre as ligações inter-hemisféricas de correntes de jato e são necessárias mais pesquisas afins que se possa enriquecer a literatura sobre a influência das ligações das correntes de jato do Nordeste brasileiro entre os hemisférios. Nessa pesquisa já foram identificadas a presença de chuvas, trovoadas e de nevoa úmida, fenômenos que podem influenciar seriamente na segurança área.

A principal contribuição desse estudo está na análise das ligações inter-hemisféricas na formação de fenômenos adversos nas regiões dos aeroportos. Para a o aperfeiçoamento da previsão do tempo é recomendável a utilização dos campos de ventos no nível de 200 hPa e análise das CJNEB conforme a magnitude dos ventos a partir de 20 m/s.

Agradecimentos

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) - Código de Financiamento 001.

Referências

- Anjos, R., Nóbrega, R., Araújo, F., & Rocha Filho, G., 2016. Spacial Distribution of Rain Types In Pernambuco With The Usage Of Remote Sensing. *Journal of Hyperspectral Remote Sensing*, 6(3), 154-163. Disponível: <https://doi.org/10.5935/2237-2202.20160016>
- Ayoade, J.O., 1998. Introdução à Climatologia para os Trópicos. 5. Ed. Rio de Janeiro. Bertrans Brasil
- Bluestein, H. B. Synoptic-dynamic meteorology in midlatitudes, 1993. Volume II: observations and theory of weather systems. New York: Oxford University Press, p.594
- Brito, B. M. D., Levit, V., Federova, N. Molion, L. C. B., Tenório, R. S., Rodrigues, R. N. E Da Silva, B. F. P., 2011. Análise do comportamento das trovoadas no estado de Alagoas, previsão à curto prazo. *Revista Brasileira de Meteorologia*, 26, 243 – 256
- CABRAL, E. Meteorologia Aeronáutica. Introdução à Meteorologia Aeronáutica, 17 de maio de 2006
- CAMPOS, A. M.V. Correntes De Jato próximo do Nordeste Brasileiro e fenômenos meteorológicos associados. Trabalho de conclusão de curso. Universidade Federal de Alagoas (UFAL), Maceió 2005
- Campos, A. M. V. e Federova, N., 2006. Corrente de jato do nordeste brasileiro. In: XIV Congresso Brasileiro de Meteorologia. Florianópolis
- Cordeiro, E.S.; Federova, N.; Levit, V. 2018. Análise sinótica e Termodinâmica dos Eventos Trovoadas para o Estado de Alagoas no Período de 15 Anos 1998-2012. *Revista Brasileira de Meteorologia* 33, 685-694
- Costa, M.S.C., 2010. Vórtice ciclônico de altos níveis associado à corrente de jato do nordeste brasileiro. Dissertação (Mestrado em Meteorologia), Universidade Federal De Alagoas (UFAL), Maceió
- Costa, M. S., Levit, V., Federova, N., 2013. Padrões De Circulação Atmosférica No

- Nordeste Brasileiro Dos Eventos De Vórtices Ciclônico De Altos Níveis Com Correntes De Jato. *Revista Brasileira De Geografia Física*, 6, 794-804
- Cavalcante, Lucas Carvalho Vieira, Fedorova, Natalia e Levit, Vladimir. Influência dos Distúrbios Tropicais na Formação de Fenômenos Adversos de Atmosfera Estável no Nordeste Brasileiro. *Revista Brasileira de Meteorologia* [online]. 2020, v. 35, n. spe [Acessado 30 Julho 2021] , pp. 735-743. Disponível em: <<https://doi.org/10.1590/0102-77863550002>>. Epub 07 Dez 2020. ISSN 1982-4351. <https://doi.org/10.1590/0102-77863550002>
- Fedorova N. 2008. Sinotica III: Frentes, Correntes de Jato, Ciclones e Anticiclones. (Synoptic III: Fronts, jet streams, Lows, Highs) Maceio, Brazil: Ed. Universitária/UFAL, 192 f
- Fedorova, N.; Santos, D.M.B.; Segundo, M.M.L. & Levit, V. 2017. Middle Tropospheric Cyclonic Vortex in Northeastern Brazil and the Tropical Atlantic. *Pure and Applied Geophysics*, 174: 397-411
- Fedorova, N., Levit, V., Campos, A.M.V., 2018a. Brazilian Northeast Jet Stream: frequency, wind speed and direction. *Meteorological Applications*, 25, 254-260, 2018a
- Fedorova, N., Levit, V., Campos, A.M.V., 2018b. Brazilian Northeast Jet Stream: association with synoptic scale systems. *Meteorological Applications*, 25, 261-268
- Ferreira, A. G. 2006. *Meteorologia prática*. São Paulo: Oficina de Textos, 188 p
- Gomes, H. B., 2003. Estudo da Corrente de Jato próximo do Estado de Alagoas. 2003. 113 p. Dissertação (Mestrado em Meteorologia) – Universidade Federal de Alagoas
- Holton, J.R., 1979. Introdução à Meteorologia dinâmica. Edição traduzida. P. 391
- Morais, M. D. L., 2016. Vórtice ciclônico de altos níveis no nordeste do Brasil: estudo observacional e numérico. Tese (Doutorado em Meteorologia), Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE), São José dos Campos
- Oliveira, J., de Medeiros, B., da Silva, J., Moura, G., Lins, F., Nascimento, C., & Lopes, P., 2017. Space-temporal evaluation of biophysical parameters in the High Ipanema watershed by remote sensing. *Journal of Hyperspectral Remote Sensing*, 7(6), 357-366. Disponível: <https://doi.org/10.29150/jhrs.v7.6.p357-366>
- Reboita, M.S.; Rodrigues, M.; Armando, R.P.; Freitas, C.; Martins, D. & Miller, G., 2016. Causas da semiaridez do Sertão Nordestino. *Revista Brasileira de Climatologia*, 19:254-277
- Reboita, M.S.; Campos, B.; Santos, T.; Gan, M.A. & Carvalho, V.S.B. 2017. Análise sinótica e numérica de um VCAN no Nordeste do Brasil. *Revista Brasileira de Geografia Física*, 10(1): 41-59
- Repinaldo, A. F. B. N., 2010 Dissertação (Mestrado em Meteorologia), Universidade Federal de Alagoas (UFAL), Maceió
- Repinaldo, Henrique Fuchs Bueno et al. Upper Tropospheric Cyclonic Vortex and Brazilian Northeast Jet Stream over Alagoas State: Circulation Patterns and Rainfall. *Revista Brasileira de Meteorologia* [online]. 2020, v. 35, n. spe [Accessed 30 July 2021] , pp. 745-754. Available from: <<https://doi.org/10.1590/0102-7786355000003>>. Epub 07 Dec 2020. ISSN 1982-4351. <https://doi.org/10.1590/0102-7786355000003>
- Vaz, I.N., 2014. Estudo sobre a origem da Corrente de jato no Nordeste Brasileiro e suas ligações inter-hemisféricas. 2014. 237 f. Dissertação de Mestrado em Meteorologia, Universidade Federal de Alagoas, Maceió
- Virji, H. A., 1981. Preliminary study of the summer time tropospheric circulation patterns over South America estimated from cloud winds. *Monthly Weather Review*, v. p. 109 599-610.
- Zimmermann, D. F. R.; Ynoue, R. Y., 2017. Subtropical jet climatology over south america: climatologia do jato subtropical na américa do sul. 2017. Universidade de São Paulo, São Paulo.