



PRPG | Pró-Reitoria de Pós-Graduação
PIBIC/CNPq/UFPG-2009

ANÁLISE DO VENTO NO AEROPORTO INTERNACIONAL DO RECIFE, PERNAMBUCO: BIÊNIO 2007-2008

Alexsandra Barbosa Silva¹, Pollyanna Kelly de Oliveira Silva², Maria Regina da Silva Aragão³, Magaly de Fatima Correia⁴

RESUMO

Neste trabalho a variabilidade do vento observado no Aeroporto Internacional do Recife/Guararapes – Gilberto Freire é investigada com ênfase na sua variação sazonal e horária. Dados horários dos anos de 2007 e 2008 disponibilizados pelo Comando da Aeronáutica foram utilizados. A distribuição de frequência da direção do vento, considerando 16 setores da rosa dos ventos, mostra que os ventos predominantes foram dos setores: leste-nordeste (ENE), leste (E), leste-sudeste (ESE), sudeste (SE) ou sul-sudeste (SSE). Ventos dos setores sul (S), sul-sudoeste (SSW) e sudoeste (SW) foram registrados entre março e agosto, época chuvosa. As intensidades médias mensais foram maiores no segundo semestre, época em que a alta subtropical do Atlântico Sul domina. Elas variaram entre 3 m/s em maio, quando os setores SW e SSE predominaram (frequências em torno de 20%), e 6,7 m/s em setembro, mês no qual o setor SSE dominou (frequências em torno de 40%). As intensidades médias horárias foram maiores entre 12 e 15 HL (hora local), e menores entre 4 e 7 HL. O valor máximo ocorreu em julho (8,3 m/s) e o mínimo em abril de 2008 (1,4 m/s). A circulação local (brisa) teve ventos do quadrante noroeste (sudeste) no período noturno e início da manhã (período diurno), com intensidade menor (maior) no início e final do ano (abril a agosto). A brisa foi, em geral, mais forte em 2008, com intensidade máxima de 3,2 m/s em junho e julho.

Palavras-chave: ciclo sazonal, ciclo diário, brisa

WIND ANALYSIS FOR THE RECIFE INTERNATIONAL AIRPORT, PERNAMBUCO: 2007-2008

ABSTRACT

The variability of the wind observed at the Recife International Airport/Guararapes – Gilberto Freire is investigated with an emphasis on the seasonal and diurnal variations. Hourly data for the years of 2007 and 2008 made available by the Brazilian Air Command were used. The wind direction frequency distribution based on 16 sectors of the wind rose, shows the predominant winds to be on the east-northeast (ENE), east (E), east-southeast (ESE), southeast (SE) or south-southeast (SSE) sector. Winds on the south (S), south-southwest (SSW) and southwest (SW) sectors were registered from March to August, rainy season. The monthly mean intensities were higher in the second semester, a period of South Atlantic subtropical high dominance. They varied from 3 m/s in May, when the SW and SSE sectors dominated (frequencies around 20%), to 6.7 m/s in September, when the SSE sector predominated (frequencies around 40%). The hourly mean intensities were higher between 12 and 15 LT (local time), and lower between 4 and 7 LT. The maximum value occurred in July (8.3 m/s) and the minimum in April 2008 (1.4 m/s). The local circulation (breeze) had winds on the northwest (southeast) quadrant during nighttime and early morning (daytime), with

¹ Aluna do Curso de Meteorologia (bolsista PIBIC/CNPq), Unidade Acad. de Ciências Atmosféricas, UFPG, Campina Grande, PB, e-mail: alexandrabs@yahoo.com.br

² Bolsista CNPq, Programa de Pós-Graduação em Meteorologia, UFPG, Campina Grande, PB, Brasil, e-mail: pollyanna_kelly@yahoo.com.br

³ Meteorologista, Profa. Doutora, Unidade Acad. de Ciências Atmosféricas, UFPG, Campina Grande, PB, e-mail: regina@dca.ufcg.edu.br

⁴ Meteorologista, Profa. Doutora, Unidade Acad. de Ciências Atmosféricas, UFPG, Campina Grande, PB, e-mail: magaly@dca.ufcg.edu.br

lower (higher) intensity at the beginning and end of the year (April to August). In general, the breeze was stronger in 2008, with maximum intensity of 3.2 m/s in June and July.

Keywords: seasonal cycle, diurnal cycle, breezes

INTRODUÇÃO

Situada no litoral nordestino, a capital do estado de Pernambuco caracteriza-se pelo clima quente e úmido. Recife dista 800 km das duas outras metrópoles regionais do Nordeste, Salvador e Fortaleza, disputando com elas o espaço estratégico de influência na Região. Na área de Recife há uma grande movimentação turística devido às belas praias que a colocam entre as principais rotas de lazer do mundo.

Situado no sul do Recife, o Aeroporto Internacional do Recife/Guararapes – Gilberto Freyre atende a movimentação de passageiros domésticos e internacionais. Desde 2000, Recife dispõe da maior pista de pouso e decolagem do Nordeste, com 3300 metros. Sua extensão permite a operação de grandes aviões, como o Boeing 747-400, com autonomia de vôo que abrange toda a América do Sul, Central, África, além de partes da Europa, Estados Unidos e Canadá (<http://www.infraero.gov.br>).

Neste trabalho a variabilidade do vento é investigada visando subsidiar operações de pouso e decolagem e o monitoramento climático e ambiental da área do aeroporto.

MATERIAL E METODOLOGIA

Este trabalho foi desenvolvido com a utilização dos dados meteorológicos coletados nas horas inteiras do Aeroporto Internacional de Recife/Guararapes – Gilberto Freyre (08°07'S; 34°55'W, 11m) com indicador SBRF e número sinótico 82899. Esses dados se encontram disponíveis na Internet na forma do código METAR (CORREIA, 1995; SONNEMAKER) através da REDEMET (A Rede de Meteorologia do Comando da Aeronáutica). Foram analisados os dados de direção e intensidade do vento observado à superfície para os meses de janeiro a dezembro dos anos de 2007 e 2008.

Os METAR foram decodificados para obtenção dos valores horários da intensidade e direção do vento usando um programa em linguagem Fortran especialmente desenvolvido para esse fim. O mesmo programa foi utilizado com o objetivo de determinar a contribuição da circulação de grande escala e de circulações locais para o vento observado na área do aeroporto. Essa análise foi realizada considerando que o vento observado em cada horário pode ser subdividido em uma parte média diária, denominada vento de grande escala ou vento sinótico, e uma parte de desvio, o vento local diário.

A primeira etapa do processo é decompor os dados horários do vento à superfície em suas componentes zonal (u) e meridional (v) da seguinte forma:

$$u = -|V| \operatorname{sen} \theta \quad (1)$$

$$v = -|V| \operatorname{cos} \theta \quad (2)$$

em que $|V|$ é a intensidade do vento e θ é a direção do vento em radianos.

A seguir, é obtido o vento sinótico, representado pela média diária das componentes calculada de acordo com:

$$\bar{V}_{d,m,a} = \frac{\sum_{h=1}^{h=h(l)} V_{h,d,m,a}}{H_{d,m,a}} \quad (3)$$

na qual $H_{d,m,a}$ é o número de observações horárias no d -ésimo dia, do m -ésimo mês, do a -ésimo ano, e os demais símbolos são:

$V_{h,d,m,a}$ = componente zonal ou meridional na h -ésima hora, do d -ésimo dia, do m -ésimo mês, do a -ésimo ano,

$h = 1, 2, 3, \dots, h(l)$ determinada hora do d -ésimo dia,

$d = 1, 2, 3, \dots, d(i)$ determinado dia do m -ésimo mês,

$m = 1, 2, 3, \dots, m(j)$ determinado mês do a -ésimo ano,

$a = 1, 2, 3, \dots, a(k)$ determinado ano (2007 ou 2008).

As componentes do vento local diário são obtidas subtraindo-se das componentes de cada horário o valor calculado utilizando a equação (3), de acordo com:

$$V'_{h,d,m,a} = V_{h,d,m,a} - \bar{V}_{d,m,a} \quad (4)$$

O passo seguinte é obter as médias horárias mensais que representam o vento local mensal para cada ano de acordo com:

$$\overline{V'}_{h,m,a} = \frac{\sum_{d=1}^{d=d(i)} V'_{h,d,m,a}}{D_{h,m,a}} \quad (5)$$

na qual $D_{h,m,a}$ é o número de dias com observação na h -ésima hora, do m -ésimo mês, do a -ésimo ano.

As componentes do vento local mensal são ilustradas sob a forma de hodógrafos com o objetivo de facilitar a visualização da circulação local existente em cada mês do período analisado.

A distribuição de freqüência da direção do vento foi obtida considerando 16 setores da rosa dos ventos. Os setores foram classificados como: norte (N), norte-nordeste (NNE), nordeste (NE), leste-nordeste (ENE), leste (E), leste-sudeste (ESE), sudeste (SE), sul-sudeste (SSE), sul (S), sul-sudoeste (SSW), sudoeste (SW), oeste-sudoeste (WSW), oeste (W), oeste-noroeste (WNW), noroeste (NW) e norte-noroeste (NNW).

Todos os resultados foram ilustrados utilizando o aplicativo Excel para gerar planilhas e gráficos.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A Figura 1, que ilustra os totais mensais de precipitação de 2007 e 2008 e os valores normais publicados pelo Instituto Nacional de Meteorologia (DNMET, 1992), mostra que o período chuvoso da cidade do Recife abrange os meses de março a agosto. No restante do ano, período de estiagem, os totais pluviométricos são baixos. A precipitação é oriunda de sistemas meteorológicos como: ZCIT (Zona de Convergência Intertropical), cavado de ar superior do Atlântico Sul/vórtice ciclônico de ar superior, distúrbios ondulatórios de leste, aglomerados convectivos, linhas de instabilidade e sistemas de brisa. A alta subtropical do Atlântico Sul é o sistema dominante no período de estiagem.

Comparando os índices pluviométricos do período chuvoso com as normais, observam-se valores muito próximos, exceto em março e maio. No ano de 2007 (2008) esses meses apresentam valores que são pelo menos 33% inferiores (superiores) à normal, o que sugere diferenças importantes na circulação atmosférica desses meses.

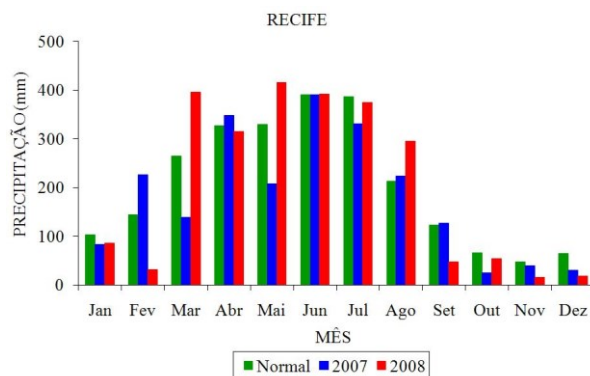


Figura 1 – Distribuição mensal dos totais pluviométricos normais do período 1961-1990 (DNMET, 1992) e dos anos de 2007 e 2008 correspondentes à estação climatológica principal do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET) localizada no Recife, Pernambuco (8°3'S, 34°55'W, 6,90m). (Fonte dos dados: INMET)

Análise da Variação Sazonal do Vento Observado (Direção e Intensidade)

Na ilustração da distribuição mensal da intensidade média do vento à superfície nos anos de 2007 e 2008 (Fig. 2) verifica-se que o segundo semestre do ano apresenta intensidades acima de 5 m/s cujos valores são mais próximos nos meses de outubro e novembro. O ano de 2007 tem intensidades menores do que o ano de 2008, de janeiro a julho, com exceção dos meses de março e abril. As intensidades mínimas são registradas nos meses de maio de 2007 (3 m/s) e março de 2008 (3,1 m/s). A intensidade máxima ocorre em setembro, com valores de 6,7 e 5,9 m/s nos anos de 2007 e 2008, respectivamente.

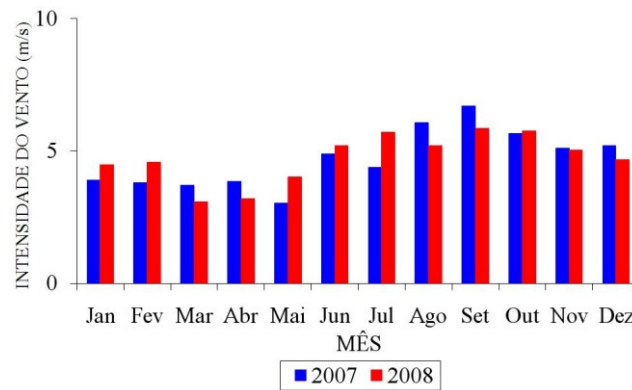
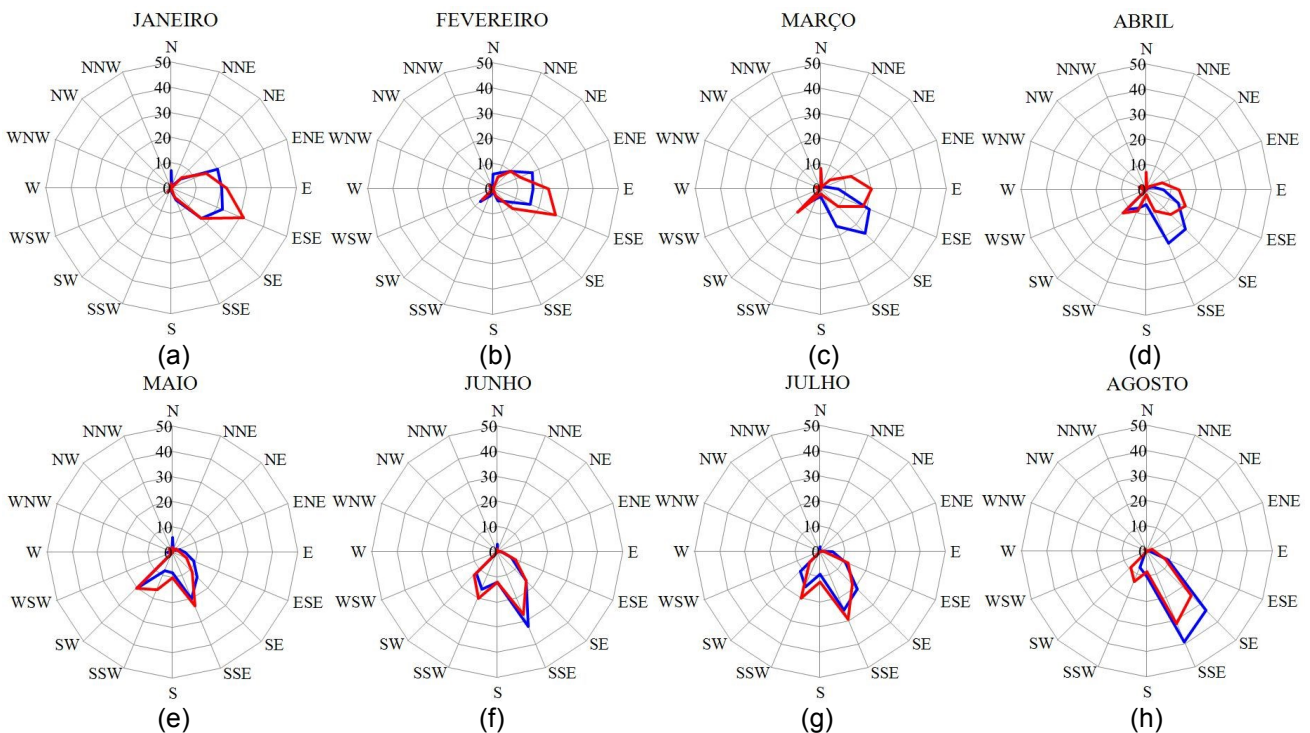


Figura 2 - Distribuição mensal da intensidade média do vento observado (m/s) no Aeroporto Internacional do Recife nos anos de 2007 e 2008. (Fonte dos dados: [http:// www.redemet.aer.mil.br](http://www.redemet.aer.mil.br)).

A Figura 3 ilustra a distribuição mensal do número percentual de casos de direção do vento observado à superfície no aeroporto de Recife nos anos de 2007 e 2008. Ela evidencia que ventos dos setores leste-nordeste (ENE), leste (E), leste-sudeste (ESE), sudeste (SE) ou sul-sudeste (SSE) são predominantes, com percentuais em torno ou acima de 20%. Por outro lado, ventos dos setores sul (S), sul-sudoeste (SSW) e sudoeste (SW) ocorrem apenas no período chuvoso (março a agosto), com percentuais entre 10 e 20%. Esses resultados sugerem que os ventos alísios associados à alta subtropical do Atlântico Sul dominam a área do aeroporto nos dois anos.

Os meses de janeiro e fevereiro (Fig. 3a,b) apresentam distribuição semelhante, com predominância do setor leste-sudeste (ESE) e percentual maior em 2008. No mês de março de 2007 (Fig. 3c) predomina o setor sudeste (SE), e em março de 2008 os setores leste (E) e leste-sudeste (ESE). No mês de abril de 2007 (Fig. 3d) dominam os setores sudeste (SE) e sul-sudeste (SSE), enquanto em 2008 predominam ventos do setor leste-sudeste (ESE). No mês de maio os setores sudoeste (SW) e sul-sudeste (SSE) têm percentuais muito próximos e dominam a distribuição nos dois anos. No período de junho a setembro (Fig. 3e-i) predominam ventos do setor sul-sudeste (SSE), com frequências maiores em agosto e setembro. O mês de outubro é de transição: predominam os setores sudeste (SE) e leste-sudeste (ESE) em 2007, e sudeste (SE) em 2008. Nos meses de novembro e dezembro de 2008 (Fig. 3k,l) ventos do setor leste-nordeste (ENE) são mais frequentes, atingindo percentuais de até 38%. Ventos desse setor também são vistos em outubro, e de janeiro a abril desse ano. No ano de 2007 ele ocorre apenas no primeiro e último bimestres do ano.



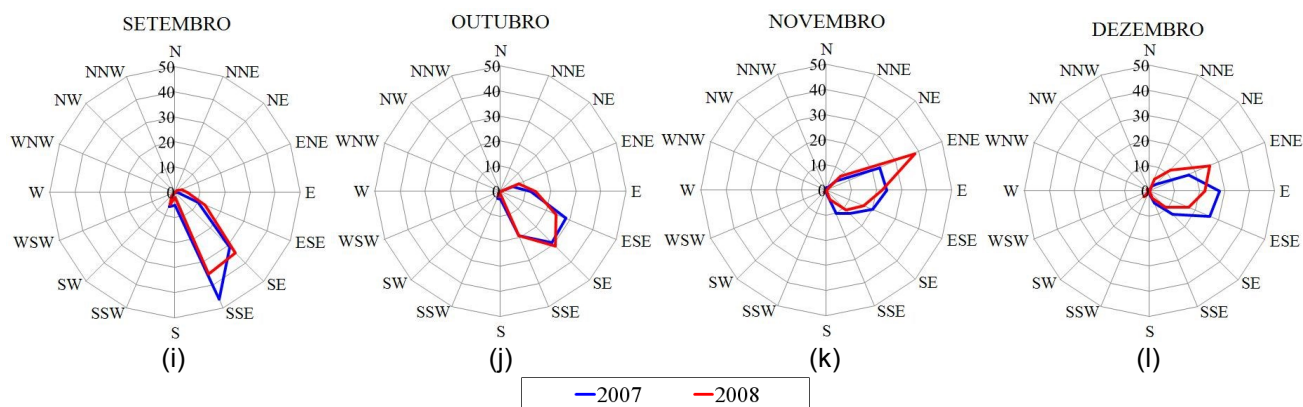


Figura 3 – Distribuição mensal do número percentual de casos da direção do vento observado no Aeroporto Internacional do Recife para os anos de 2007 e 2008 no mês de: (a) janeiro, (b) fevereiro, (c) março, (d) abril (e) maio, (f) junho, (g) julho, (h) agosto, (i) setembro, (j) outubro, (k) novembro e (l) dezembro. (Fonte dos dados: <http://www.redemet.aer.mil.br>).

Análise da Variação Sazonal do Vento Sinótico

A variação diária das componentes zonal (u) e meridional (v) do vento de grande escala (vento sinótico) é ilustrada na Figura 4, evidenciando diferenças nos meses e anos em estudo.

De maneira geral, o vento sinótico é do quadrante sudeste nos anos de 2007 e 2008. Ventos dos quadrantes nordeste e sudoeste também são registrados. Em particular, fevereiro de 2007, novembro e dezembro de 2008 (Fig. 4c,v,x) apresentam ventos do quadrante nordeste em vários dias em seqüência. Nos meses de maio, junho e julho (Fig. 4i-n) a intensidade da componente zonal é consideravelmente inferior à da componente meridional, o que indica que ventos dos setores SSE-S-SSW são os mais freqüentes em consequência de mudanças na circulação provocadas por distúrbios ondulatórios de leste que atingem o litoral ou por frentes frias que avançam sobre o estado da Bahia. No segundo semestre o vento sinótico é mais intenso devido ao domínio da alta subtropical do Atlântico Sul. O vento sinótico tem intensidades máximas no mês de setembro (Fig. 4q,r).

Análise da Variação Horária do Vento Observado (Intensidade)

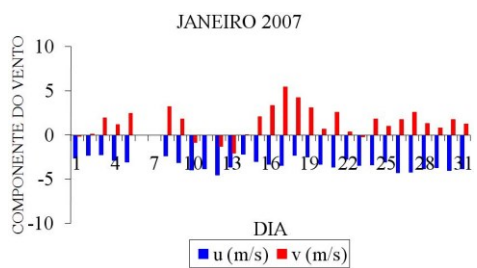
A Figura 5 ilustra a intensidade média horária do vento observado à superfície evidenciando valores maiores no período diurno e valores menores no período noturno e início da manhã, em todos os meses. As maiores intensidades são vistas entre 15 e 18 UTC com até 8,3 m/s em julho de 2008 (Fig. 5g), e as menores entre 7 e 10 UTC, com mínimo de 1,4 m/s em abril de 2008 (Fig. 5d).

Os meses de março, abril, agosto, setembro e dezembro de 2007 (Fig. 5c,d,h,i,l) apresentam intensidades maiores que os meses correspondentes de 2008 no período noturno. A intensidade nos meses de janeiro, fevereiro, maio e julho é maior no ano de 2008 (Fig. 5a,b,e,g), nas 24 horas do dia. No mês de junho (Fig. 5f) as intensidades têm valores próximos, exceto no período entre 13 e 18 UTC, quando 2008 apresenta intensidade maior, alcançando 7,7 m/s. Nos meses de outubro e novembro (Fig. 5j,k) a intensidade média horária é semelhante nos dois anos. As intensidades máximas são observadas em julho de 2008 (8,3 m/s) e setembro de 2007 (8,2 m/s).

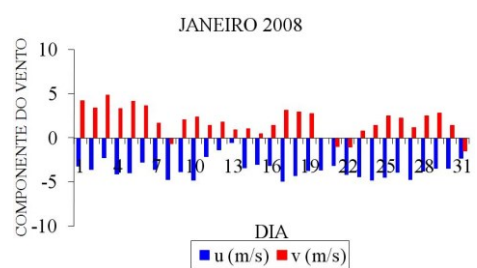
Análise da Variação Sazonal do Vento Local

Os hodógrafos da circulação média local são ilustrados na Figura 6. De maneira geral, o vento local varia entre os quadrantes noroeste e sudeste, evidenciando um padrão de circulação local bem organizada com brisa marítima no período diurno e brisa terrestre no período noturno. Há também ventos dos quadrantes sudoeste e nordeste, mas em poucos horários, a exemplo do mês de setembro (Fig. 6q,r).

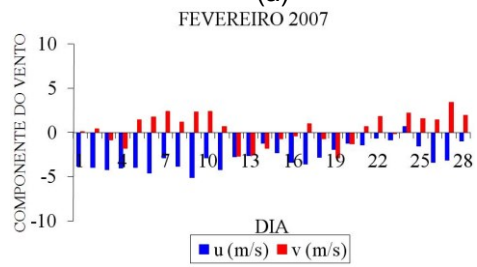
Os horários de máxima intensidade da circulação local estão entre 15 e 18 UTC (brisa marítima) e entre 7 e 10 UTC (brisa terrestre). As circulações locais mais fracas são vistas em janeiro, e de outubro a dezembro de 2007 e 2008 (Fig. 6a,b,s-v). No ano de 2007, a circulação local é mais intensa nos meses de abril, junho e julho (Fig. 6g,k,m), enquanto que em 2008 isso ocorre em junho, julho e agosto (Fig. 6l,n,p). A intensidade máxima (3,2 m/s) ocorre em junho e julho de 2008. A maior intensidade da circulação local em meses do período chuvoso é explicada pelo maior contraste térmico entre o continente e o oceano nessa época do ano, um aspecto discutido por Kousky (1980) ao analisar a variação da chuva no decorrer das 24 horas do dia no Nordeste do Brasil.



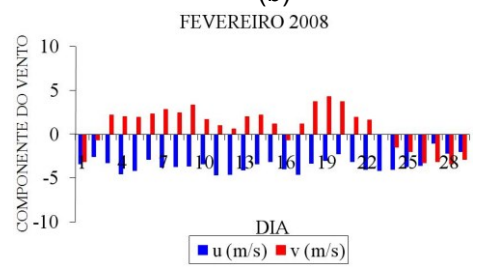
(a)



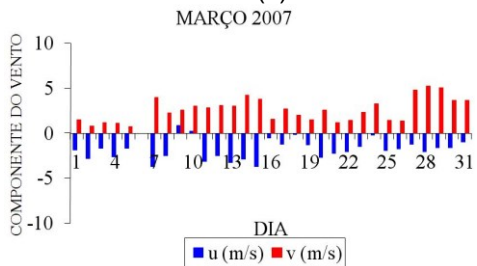
(b)



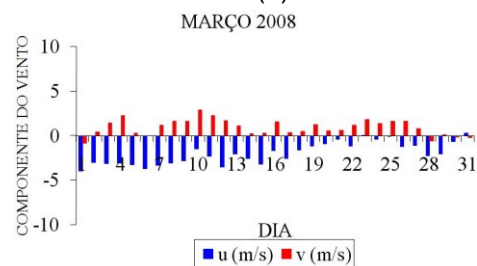
(c)



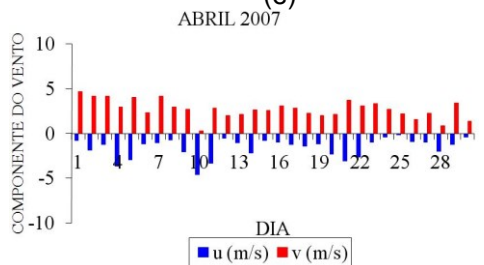
(d)



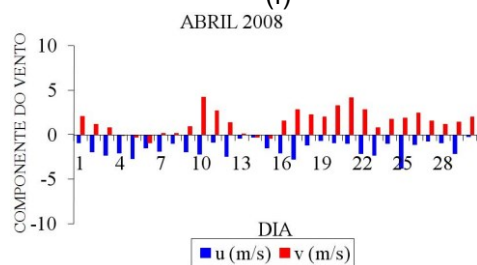
(e)



(f)



(g)



(h)

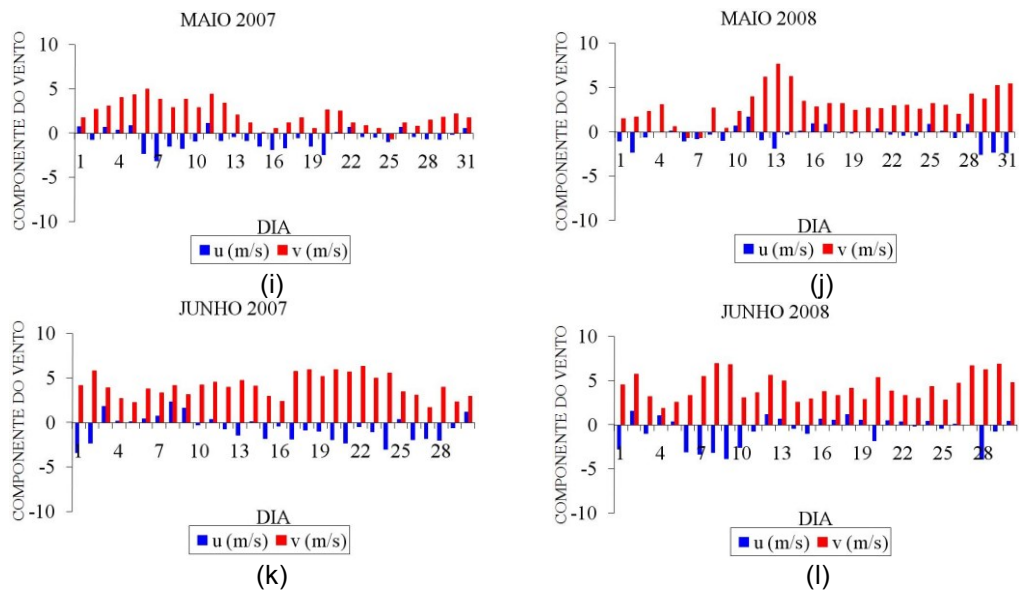
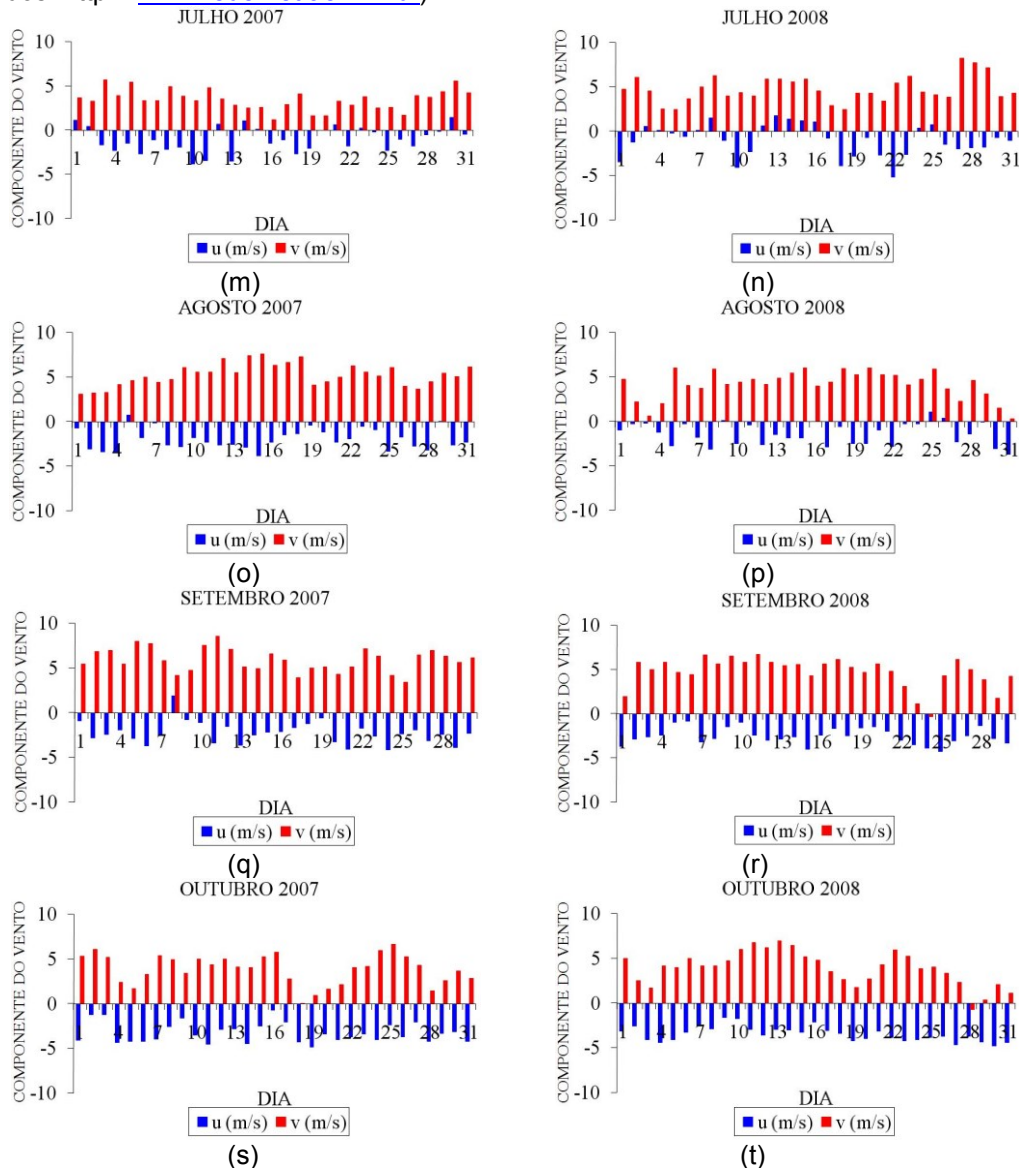


Figura 4 - Distribuição diária das componentes zonal (u) e meridional (v) do vento sinótico (m/s) no Aeroporto Internacional do Recife para os anos de 2007 e 2008 no mês de: (a,b) janeiro, (c,d) fevereiro, (e,f) março, (g,h) abril, (i,j) maio, (k,l) junho, (m,n) julho, (o,p) agosto, (q,r) setembro, (s,t) outubro, (u,v) novembro e (w,x) dezembro. Observe que há falta de dados nos dias 06 e 07 de janeiro e 06 de março de 2007. (Fonte dos dados: <http://www.redemet.aer.mil.br>).



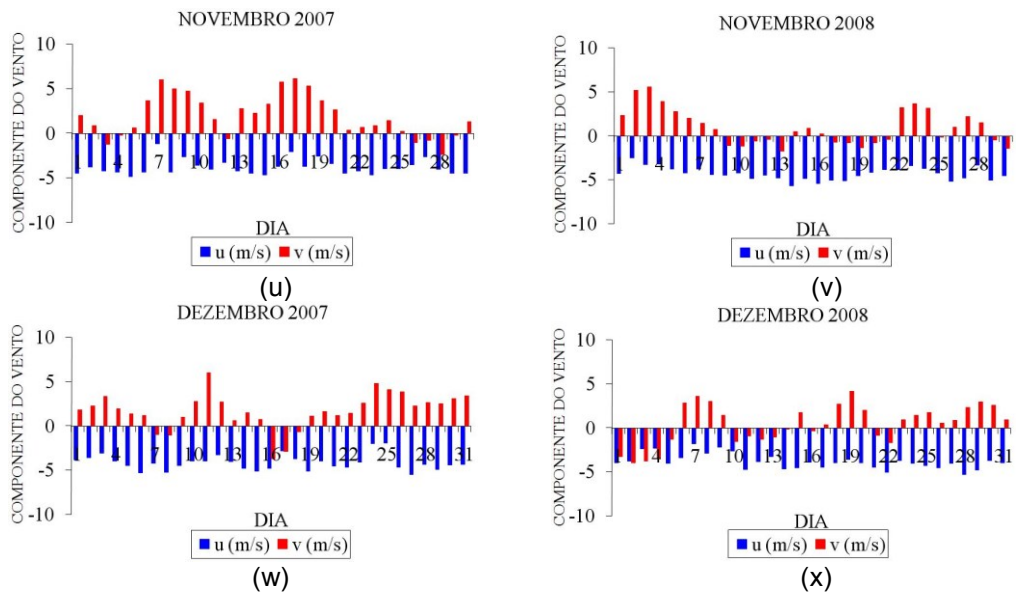


Figura 4 – conclusão.

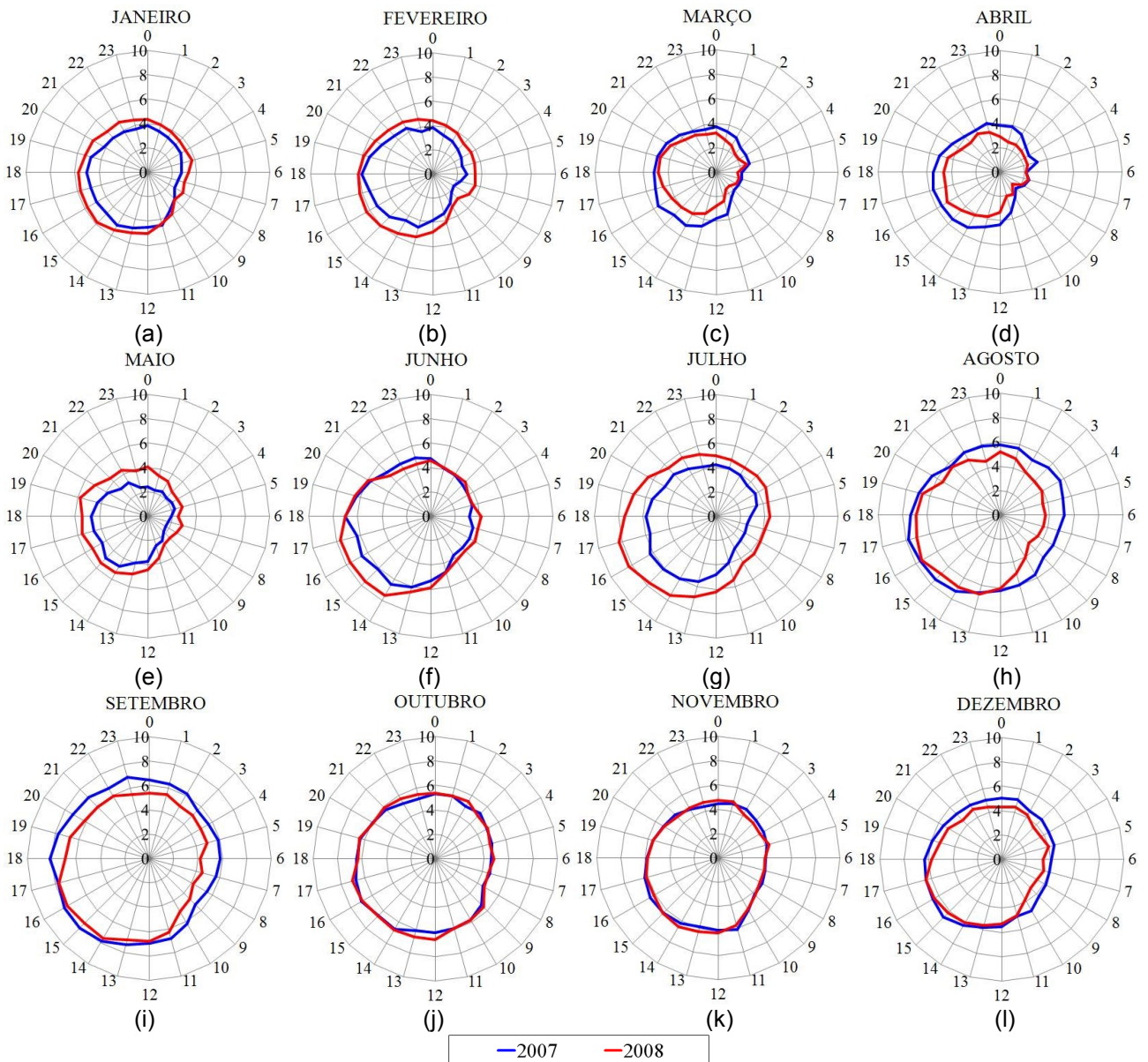
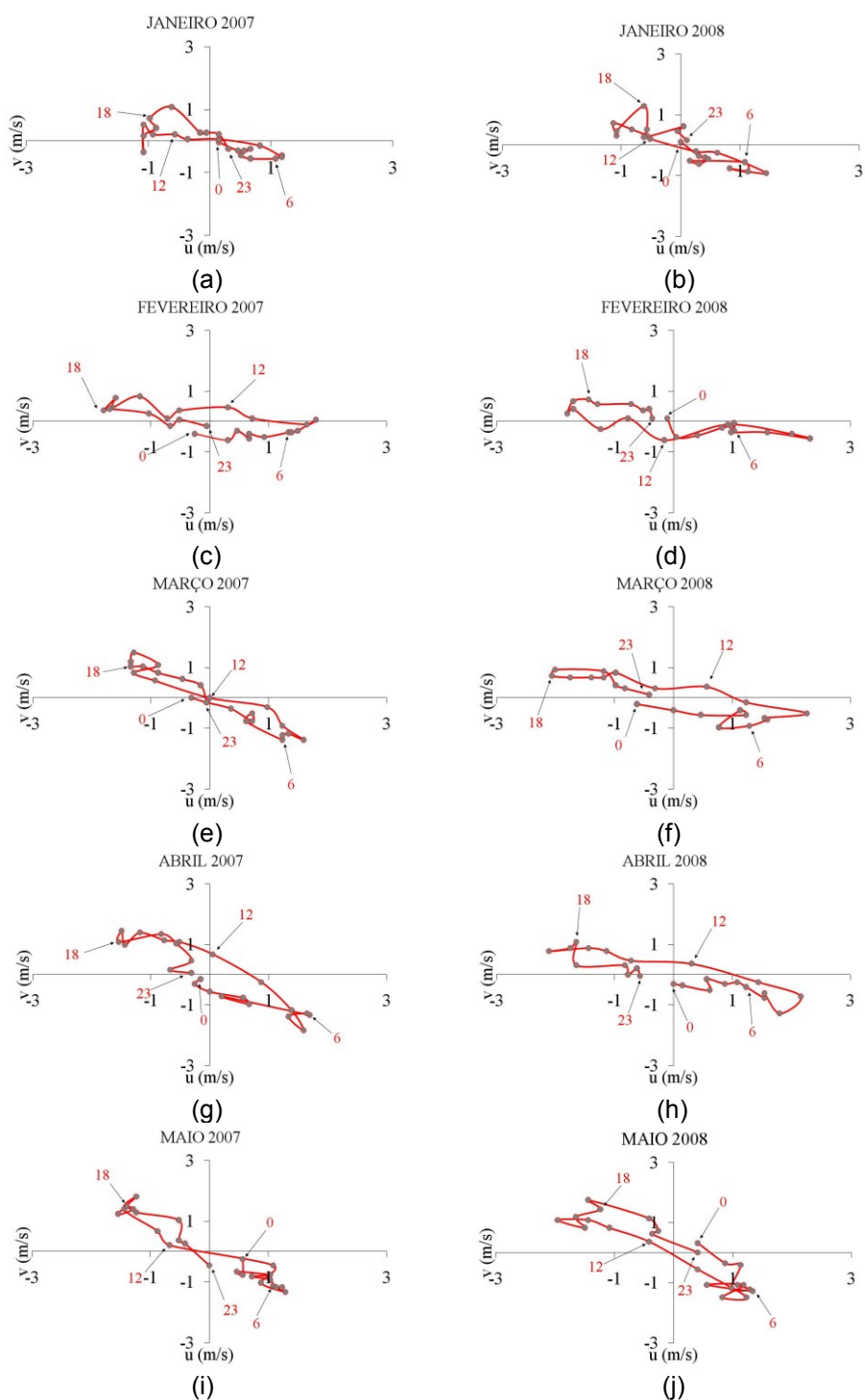


Figura 5 - Distribuição horária (UTC) da intensidade média do vento observado (m/s) no Aeroporto Internacional do Recife para os anos de 2007 e 2008 no mês de: (a) janeiro, (b) fevereiro, (c) março, (d) abril, (e) maio, (f) junho, (g) julho, (h) agosto, (i) setembro, (j) outubro, (k) novembro e (l) dezembro. (Fonte dos dados: <http://www.redemet.aer.mil.br>).



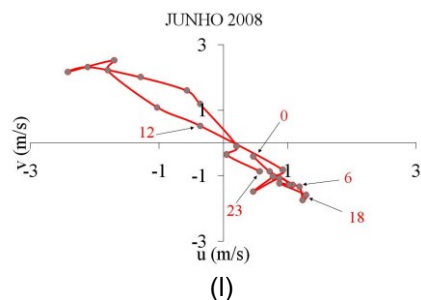
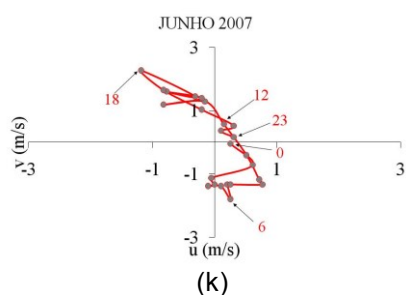
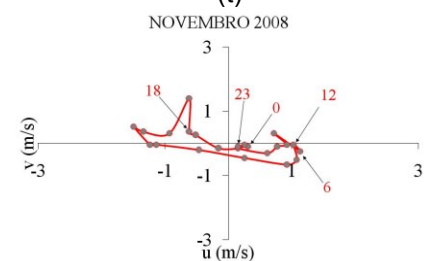
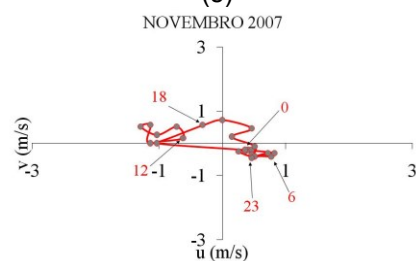
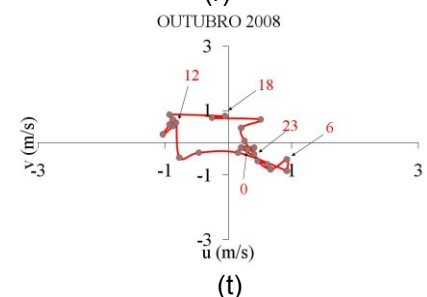
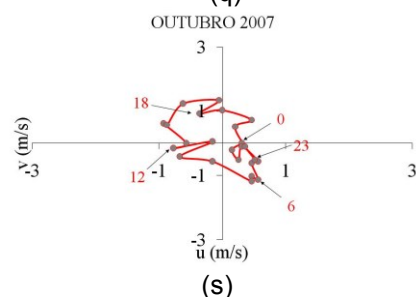
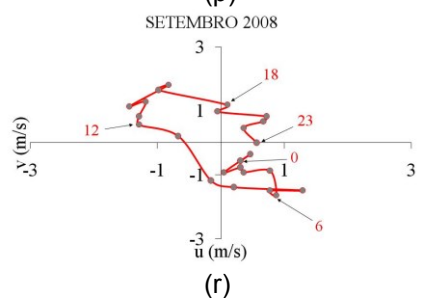
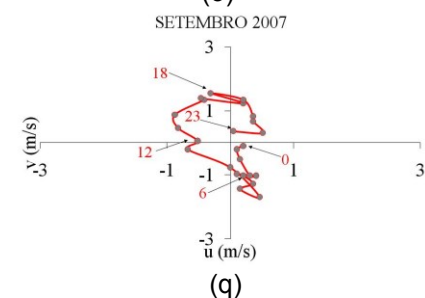
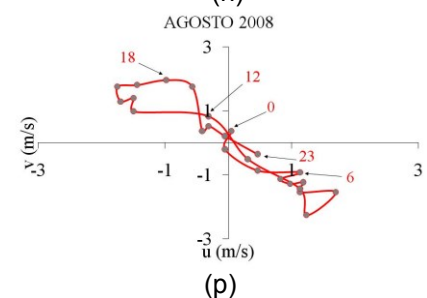
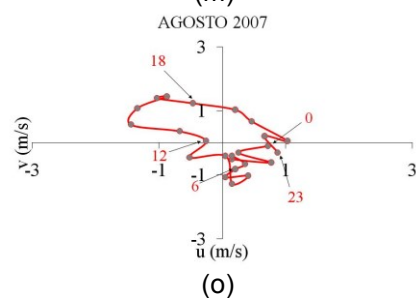
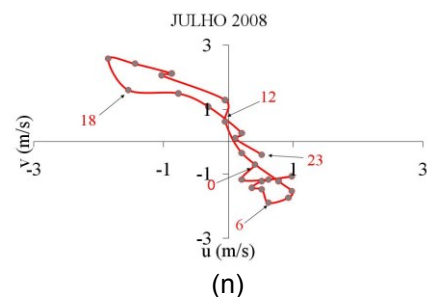
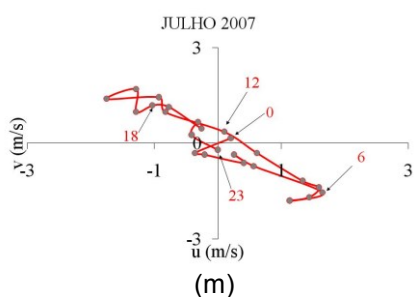


Figura 6 - Hodógrafos da circulação média local no Aeroporto Internacional do Recife para os anos de 2007 e 2008 no mês de: (a,b) janeiro, (c,d) fevereiro, (e,f) março, (g,h) abril, (i,j) maio, (k,l) junho, (m,n) julho, (o,p) agosto, (q,r) setembro, (s,t) outubro, (u,v) novembro e (w,x) dezembro. Os números em vermelho assinalados por flechas representam o horário (UTC) indicado em intervalos de 6 horas.

(Fonte dos dados: [http:// www.redemet.aer.mil.br](http://www.redemet.aer.mil.br)).



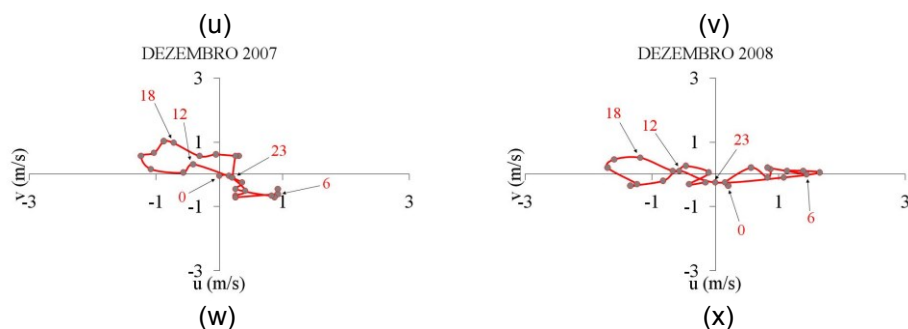


Figura 6 - conclusão.

CONCLUSÕES

Neste trabalho são discutidos resultados da análise dos dados horários do vento observado à superfície na área do Aeroporto Internacional do Recife/Guararapes – Gilberto Freyre. Os dados analisados são referentes aos anos de 2007 e 2008 e foram obtidos através da Rede de Meteorologia do Comando da Aeronáutica (REDEMET).

A análise da distribuição de frequência da direção do vento, considerando 16 setores da rosa dos ventos, evidenciou a predominância de ventos dos setores: leste-nordeste (ENE), leste (E), leste-sudeste (ESE), sudeste (SE) ou sul-sudeste (SSE). Ventos dos setores sul (S), sul-sudoeste (SSW) e sudoeste (SW) foram registrados apenas no período de março e agosto, época chuvosa na área do Recife devido à atuação de sistemas atmosféricos organizados como os distúrbios ondulatórios de leste.

As intensidades médias mensais foram maiores no segundo semestre do ano, período em que a alta subtropical do Atlântico Sul é dominante. As intensidades variaram entre 3 m/s em maio, quando os setores sudoeste (SW) e sul-sudeste (SSE) predominaram (frequências em torno de 20%), e 6,7 m/s em setembro, mês em que o setor sul-sudeste (SSE) dominou, com frequência acima de 40%.

As intensidades médias horárias foram maiores entre 12 e 15 HL (hora local), e menores entre 4 e 7 HL, um padrão que sugere interação entre o vento sinótico e o vento local. O valor máximo foi registrado em julho de 2008 (8,3 m/s) e o mínimo em abril do mesmo ano (1,4 m/s).

A circulação local (brisa) teve ventos do quadrante noroeste no período noturno e início da manhã (brisa terrestre), e do quadrante sudeste no período diurno (brisa marítima), com intensidade menor (maior) no início e final do ano (abril a agosto). A brisa foi, em geral, mais forte em 2008, com intensidade máxima de 3,2 m/s em junho e julho. Os horários de máxima intensidade estiveram entre 12 e 15 HL e entre 4 e 7 HL, o que demonstra que a brisa teve papel importante na variabilidade do vento observado no aeroporto internacional do Recife.

AGRADECIMENTOS

Ao CNPq pela bolsa de Iniciação Científica.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- CORREIA, M. F. Meteorologia Aplicada I. Códigos Meteorológicos (Versão Preliminar), Parte 2, 1995.
- DNMET - Departamento Nacional de Meteorologia. **Normais Climatológicas 1961-1990**. Brasília, 1992. 84 p.
- KOUSKY, V. E. Diurnal rainfall variation in Northeast Brazil. **Monthly Weather Review**, v. 108, p. 488-498, abr. 1980.
- SONNEMAKER, J. B. **Meteorologia**. São Paulo: Editora Asa. 203p.