

1. INTRODUÇÃO

O crescimento mundial requer uma grande quantidade de energia e essa demanda é devida, principalmente, ao acesso de um maior número de pessoas a bens de consumo tais como eletrodomésticos, automóveis, máquinas industriais, dentre outros. Silva et al., (2003) citam que a maioria das máquinas industriais é alimentada por energia elétrica e que, de maneira geral, a energia utilizada pelo ser humano é proveniente de combustíveis fósseis e carvão vegetal, sendo fontes consumidas em uma intensidade acima da capacidade de renovação natural. Além destas fontes energéticas temos ainda a energia proveniente de usinas hidrelétricas e nucleares que causa grande impacto ambiental (Burgueño & Silva, 2003). Dentro desta realidade energética atual torna-se cada vez mais importante a busca por fontes de energia renováveis e menos poluentes. Dutra, (2001) cita que aplicações efetivas de fontes alternativas de energia, como a solar fotovoltaica, biomassa, pequenas centrais hidrelétricas, eólica e etc, têm sido dirigidas ao meio rural, principalmente em locais afastados da rede elétrica convencional, mas que o uso de fontes alternativas não se limita mais a aplicações no meio rural e em atividades de pequena escala, que havia sido o seu principal nicho de aplicação.

O desenvolvimento da energia eólica no mundo apresenta-se como uma das mais importantes e promissoras tecnologias na geração complementar de energia limpa. Em alguns países como Alemanha, Holanda, Dinamarca e Estados Unidos a produção de energia eólica vem crescendo a cada ano. Dutra, (2001) cita ainda que esse crescimento seja favorecido devido ao suporte dado ao desenvolvimento da tecnologia eólica, com incentivos governamentais e ainda como reconhecimento das

vantagens ambientais obtidas. Subsídios governamentais objetivam estimular o mercado, reduzir os custos e compensar as desvantagens do uso de combustíveis convencionais. Uma larga faixa de mecanismos de estimulação do mercado tem sido aplicada em diferentes países. O apoio a iniciativas em pesquisa e desenvolvimento e acesso favorável das centrais eólicas à rede elétrica convencional são ingredientes importantes para o contínuo sucesso dessa tecnologia.

Segundo Amarante et al., (2001) em 1999 cerca de 93% (315TWh) da energia consumida no país era provenientes de usinas hidrelétricas e que um dos principais entraves para o uso de energia proveniente dessas usinas é a distancia dos principais rios com potencial para produção de energia dos grandes centros consumidores (cerca de 500 a 1000 km), enquanto que áreas com potencial de aproveitamento de energia eólica se encontram próximas a esses centros.

Estudos realizados no Brasil mostram que todo o litoral brasileiro possui potencial para o aproveitamento de energia eólica, o município de Campos dos Goytacazes por possuir um vasto litoral além de ter uma topografia plana e forte incidência de vento, se potencializa para geração desse tipo de energia. No entanto, para esse aproveitamento são necessárias pesquisas e estudos técnicos para a caracterização do regime do vento na região, objetivando caracterizar sua variação no tempo e no espaço.

Dessa forma, este trabalho teve por objetivo caracterizar, preliminarmente, a direção e a velocidade do vento observado no município de Campos dos Goytacazes, RJ, localizado na Região Norte Fluminense, RJ entre o período de junho de 2007 a julho 2008.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1. MOVIMENTOS ATMOSFÉRICOS

O vento pode ser considerado como o ar em movimento no sentido horizontal. Resultado do deslocamento de massas de ar originárias de gradientes de pressão, esse deslocamento é distinto para diferentes regiões pois é influenciado por características intrínsecas de cada local, como a orografia e a rugosidade do solo. O vento se desloca de uma área de maior pressão para uma áreas de menos pressão. Quanto maior o gradiente de pressão maior será a velocidade de deslocamento. O gradiente de pressão é formado principalmente pela absorção distinta dos raios solares no planeta, sendo o coeficiente de absorção maior na faixa equatorial e menor nos polos (Pereira, 2002).

O ar possui características de fluido, quando aquecido se expande e diminui a densidade e quando resfriado se contrai e aumenta a densidade, essas propriedades fazem com que a atmosfera terrestre seja mais contraída nos polos onde a temperatura é menor e expandida na faixa equatorial, com consequente formação do gradiente de pressão.

Pereira, (2002) cita ainda que a circulação das massas de ar ocorre simultaneamente em três escalas características das condições de tempo, a macro, meso e microescala. O gradiente de pressão dos polos para a região equatorial é responsável pela circulação na macroescala, com formação dos vento alísio de nordeste e sudeste entre os trópicos e o Equador, o vento Oeste entre os Trópicos e as regiões Sub-Polares e o Vento de Leste nas regiões Polares.

Ao longo do deslocamento das massas de ar originária de gradiente de pressão, há uma influencia sobre estas do terreno, da orografia, da rugosidade do terreno, de microclimas diferenciado o que fornece as essas massas de ar características peculiares para cada região, com formação de brisas marítimas, brisas terrestres e de montanha. Estes tipos de vento foram encontrados na região do Vale do Paraíba por Sakuragi et al., (2000), onde mostraram que se formam devido ao aquecimento da superfície continental e ainda pelo aquecimento da superfície da Serra da Mantiqueira pelo sol nascente. Ferreira et al., (2001) ainda mostraram a formação de atividades convectivas ao longo da linha da costa na região norte entre o Cabo Orange/AP e a foz do rio Parnaíba/PI, estando sobre o oceano durante a manhã (brisa terrestre) e no interior do continente a tarde (brisa marítima). Essa interação da superfície local com o deslocamento das massas de ar formam a circulação da meso escala.

Na microescala, o processo é semelhante a da mesoescala, porém, em menores proporções e ocorrem por contraste de uma área ensolarada e uma sombreada, objetos com diferentes coeficientes de absorção de radiação solar, dentre outras situações.

2.2. CAMADA LIMITE PLANETÁRIA (CLP)

Camada limite planetária (CLP) é a porção da atmosfera onde se processam a maioria dos fenômenos atmosféricos que interferem diretamente na vida das pessoas e possui aproximadamente 10 km de altura. Segundo Magnano, (2007) apenas os primeiros quilômetros da camada limite planetária são afetados diretamente pela presença da superfície do planeta. É nesta porção que se concentra o interesse dos micrometeorologistas podendo ser definida como sendo a porção da troposfera que é diretamente influenciada pela superfície terrestre.

Na parte inferior da Camada Limite Planetária (CLP) existe uma camada conhecida como Camada Limite Superficial (CLS) que se estende desde a superfície do solo até aproximadamente 100 m de altura. Dentro desta camada ocorrem grandes variações de temperatura, umidade e vento que com a altura fazem com que as trocas turbulentas mais intensas de momentum, calor e umidade também ocorram nessa camada.

Conforme apresentado anteriormente, a circulação de meso e microescala é influenciada por diferença de pressão e temperatura entre regiões próximas, na camada limite inferior. Durante a circulação das massas de ar, a estrutura do vento é principalmente, determinada pela natureza da superfície do terreno e pelo gradiente vertical de temperatura do ar. Nessa camada, segundo Roballo, (2007) o movimento do ar é altamente irregular e caracterizado por flutuações, vórtices ou turbilhões. Fogaccia & Filho, (2000) citam que a turbulência atmosférica ocorrida na camada limite inferior é resultante do movimento irregular do fluxo de ar que é gerada devido à convecção, orografia, edificações, jato, frentes e movimentação de aeronaves. Os mesmos autores definiram ainda o cisalhamento como qualquer mudança na direção e/ou velocidade do vento em uma determinada distância, tanto na horizontal como na vertical.

2.3. DIREÇÃO E VELOCIDADE DO VENTO

Cerca de 85% da massa atmosférica está concentrada nos primeiros 10 km acima da superfície, ou seja, na camada limite planetária. Em altitudes, as massas de ar fluem livremente sem a influência exercida pela superfície da terra e dentro destas condições, o vento possui grande velocidade de deslocamento. À medida que se aproxima da superfície terrestre ocorre uma maior interação entre o vento e os constituintes da superfície. Junto à superfície o deslocamento é obstruído pela irregularidade do relevo, pela presença de árvores, plantações, cidades. Além desses fatores físicos, Galvani, (1999) cita que o clima e a época do ano também influenciam na circulação atmosférica.

O relevo é característico de cada região podendo assim influenciar de maneiras distintas a circulação atmosférica de uma região para outra. Segundo Esteves, (2004) a orografia constitui um dos elementos mais importantes na caracterização do escoamento atmosférico de uma determinada localidade, devido a sua elevada dependência da complexidade do terreno em análise (terreno plano, elevações de declive suave ou terreno montanhoso).

A presença de montanhas induz a formação de determinados tipos de vento, como as brisas vale-montanha e os vento chinook, enquanto que áreas planas apresentam poucos obstáculos à circulação atmosférica. Além das características do

relevo, a rugosidade do terreno é um fator importante a ser considerado na caracterização do escoamento atmosférico de uma determinada região. Sentelhas et al. (1993) citam que a atmosfera interage diferentemente com floresta, vegetação de porte médio, gramado, solo nu e água. Pezzopane et al., (2003) mostraram que há uma redução da velocidade do vento em valores que variam de 60 a 99%, com uma rugosidade em torno de 40 a 0,1% no consórcio café/coqueiro-anão verde quando comparado com o cultivo a pleno sol, mostrando haver influência no movimento atmosférico entre diferentes coberturas de solo.

Conforme citado anteriormente, além dos fatores físicos, há ainda fatores relacionados ao tempo, ou seja, a época do ano, que influenciam no escoamento atmosférico. Durante o ano, em regiões de clima tropical, há duas estações bem definidas: a estação seca e a estação chuvosa. Estudo realizado por Roballo, (2007) mostra que a intensidade turbulenta na região do CLA é maior durante a estação chuvosa, com valores em torno de 0,40, com uma pequena dependência vertical, principalmente durante as condições noturnas. Na estação seca, o valor da intensidade turbulenta flutuou em torno de 0,20, justificando essa ocorrência devido a velocidade do vento nesta estação seca ser mais forte e persistente e com um menor número de rajadas.

2.4. MEDIDAS DO VENTO

O regime do vento é expresso por sua velocidade e direção. A velocidade é dada por sua componente horizontal em m.s^{-1} ou km.h^{-1} e a direção, definida pelo seu ponto de origem, em norte (N), nordeste (NE), leste (E), sudeste (SE), sul (S), sudoeste (SO), oeste (O) e noroeste (NO).

A direção e o sentido do vento são normalmente expressos conjuntamente, tendo-se como referência o ponto cardinal de onde o vento origina-se, ou então em graus, tendo-se como referência o ponto cardinal norte, girando-se no sentido horário. Assim, um vento soprando de norte para sul é denominado vento norte ou vento de 0° ; o vento de 90° corresponde ao vento leste, o de 180° ao vento sul e 270° ao vento oeste. Os pontos colaterais e subcolaterais são igualmente usados, correspondendo aos graus interpolados (Ferruzzi et al., 2004).

Para a obtenção de dados de direção e velocidade do vento são utilizados anemômetros que mede a velocidade do vento, enquanto que a direção é medida através de catavento ou birutas. Hoje em dia existem sensores pequenos e de elevada acurácia com resposta linear para ampla variedade de velocidade, registro automático e baixo valor inicial de medida.

Os anemômetro de caneca e hélice são os modelos mais utilizados pela simplicidade e sensibilidade. A velocidade de rotação das hélices do anemômetro é função da velocidade do vento que gera um fluxo magnético e uma tensão elétrica induzida que pode ser lida por um voltímetro.

Os anemômetros sônicos tridimensionais possuem três conjuntos de emissores e receptores nas direções x, y e z que determinam as componentes ortogonais da velocidade do vento simultaneamente e o anemômetro de fio quente é baseado no resfriamento da resistência do sensor, que indica a velocidade do vento.

O anemômetro a raio laser mede a velocidade instantânea, a velocidade média e a Tensão de Reynolds num determinado ponto. O anemômetro a raio laser substituiu, com vantagens, as técnicas de medida de velocidade utilizada nas décadas de 1960 e 1970 com os anemômetros de fio e de filme quente.

A direção do vento é dada por biruta ou cata-vento. Em sistemas convencionais, a direção é obtida por observação visual, o que permite apenas visualizações em períodos muito pequenos e esparsos durante o dia, não sendo adequado para se determinar bem o regime do vento de uma região. Em sistemas automatizado, a direção também é indicada por sensores eletrônicos, sendo expressa diretamente em graus, e continuamente registrada. Atualmente os anemômetros são dotados de sensores que medem velocidade e direção.

2.5. IMPORTANCIA DO ESTUDO DO VENTO

Todas as atividades realizadas sobre a superfície terrestre são influenciadas pela atmosfera que a circunda. A atividade agropecuária é a mais importantes entre elas, devido a necessidade de suprimento mundial de alimentos. Ao longo dos anos estudos vêm sendo realizados com o objetivo de se aumentar a produção e a qualidade dos alimentos.

O entendimento da atmosfera e todas as características inerentes a ela é essencial para o desenvolvimento das atividades humanas, principalmente a atividade agrícola. A atmosfera terrestre não é uma constante, possui variáveis que caracterizam sua condição energética. Segundo Pereira, (2002) as variáveis que a caracterizam são temperatura, pressão, concentração de vapor, direção e velocidade do vento, precipitação, etc. O clima e as condições atuais de uma determinada região é dado através da caracterização desses fatores. Sendo necessário o monitoramento permanente destas variáveis. Sentelhas et al., (1997) citam que, na agricultura, o monitoramento automático dos elementos meteorológicos tem contribuído não somente para o aumento da produtividade como, também, para a melhoria da qualidade dos produtos e para a preservação dos recursos naturais.

A direção e velocidade do vento é uma variável randômica, que é influenciada por diversos fatores, porém segundo Galvani, (1999) através do conhecimento da direção do vento e velocidade média é possíveis prever fenômenos eólicos cíclicos que ocorrem num local, fornecem informações importantes para o posicionamento de quebra vento, orientação na construção de estábulos, distribuição das diferentes culturas no campo, e principalmente, no posicionamento e dimensionamento das torres para utilização deste recurso como fonte de energia. Barbano et al., (2003) citam ainda que a direção predominante do vento pode definir ainda a provável direção e propagação de um determinado foco de queimada. Na zona urbana, o conhecimento da direção predominante pode auxiliar na escolha correta dos locais para a instalação de indústrias, evitando o deslocamento de poluentes para as áreas residenciais.

Grandes esforços vem sendo feito afim de se caracterizar o vento devido seu potencial destrutivo, vento de alta intensidade pode causar grandes catastrofes. Silva et al., (1997) destacam que os ventos intensos são bastante temidos visto serem os responsáveis por muitas catástrofes no mundo inteiro. Dentre os muitos prejuízos causados na agropecuária, pode-se destacar o acamamento das plantas, a erosão dos solos e a mortandade de pequenos animais. O vento de alta intensidade combinado com outros fatores pode ocasionar formação de tsunamis, ressacas do mar, queda de postes, casas, etc... O monitoramento do vento é uma das variáveis atmosféricas que vem ganhando importância para agentes da defesa

civil, pois o seu monitoramento proporciona esses profissionais agirem de forma preventiva para evitar que estes tipos de catastrofes façam vítimas.

O vento interfere sobre maneira na aviação pois quando de alta intensidade, combinados com outros fatores atmosféricos podem causar acidentes, atrasar vôos e promover pousos de emergências. Fogaccia, (2000) realizou estudo com o objetivo de diagnosticar vento associados a tempestades que causaram turbulência ou cisalhamento intenso na região do Aeroporto Internacional de São Paulo (AISP), Guarulhos, para auxiliar o Centro Meteorológico do Aeródromo na previsão destes fenômenos.

O vento como variável que influencia no estado da atmosfera é importante não somente como aspectos agronômicos e para fins de prevenção de acidentes. Vários autores têm mostrado a importância de se fazer uma caracterização do regime do vento para o aproveitamento deste recurso como energia, por ser limpa e renovável. Segundo Lyra et al., (2004) devido ao crescimento populacional e à necessidade de crescimento econômico, o Brasil vem experimentando nos últimos anos um aumento constante da demanda de energia elétrica. Graças a este aumento e a ocorrências de chuvas abaixo da média o Brasil sofreu em 2001 um quadro de racionamento energético que beirou o colapso. Tal acontecimento levou o governo brasileiro a criar o Programa de Incentivo às Fontes Alternativas de Energia Elétrica (PROINFA) através da Lei nº 10.438 de 26 de abril de 2002 com o objetivo de incentivar a implementação de fontes alternativas de geração de energia elétrica, dentre as quais figura a energia eólica.

Tendo em mente a forma como o vento interfere na vida e nas atividades humanas, este elemento meteorológico vem sendo alvo de estudos no Brasil e no mundo, estudos de seu comportamento horizontal e vertical em determinadas regiões, bem como os fatores que o influenciam.

Souza et al., (1998) estudaram a diversos níveis de probabilidade, os valores médios mensais assumidos pela velocidade do vento realizado na região do Passo do Lontra/Pantanal Sul-Mato-Grossense, e concluíram que a maior ocorrência do vento estabelece-se nos meses de junho e julho, o menor valor no mês de dezembro e a velocidade média em torno de $116,7 \text{ km.dia}^{-1}$.

Utilizando registros diários de velocidade média, da velocidade máxima e da direção predominante do vento, no período de 1952 a 1993, coletados a uma altura de 7 m acima do nível do solo na região de Pelotas, RS, Silva et al., (1997)

indicaram a primavera como a estação do vento mais intenso, sendo os meses de outubro e novembro aqueles com o vento mais forte, o outono como a estação com vento de menor velocidade e o mês de maio o de ocorrência do vento mais fraco. Indicaram ainda que a velocidade média e a velocidade máxima tendem a decrescer nos meses de verão e a crescer nos meses de inverno.

A partir de medidas do vento distribuídas sobre o Estado de Santa Catarina durante o período de 4 anos, Lyra et.al., (2004) estimaram o potencial eólico da região. Os resultados obtidos mostram que em algumas regiões, notadamente o sudeste do estado, há uma capacidade de produção anual de cerca de 3700 GWh. Os dados foram obtidos de 14 estações meteorológicas cujas alturas variam de 25,3 a 48 m de altura com valores registrados de 10 em 10 minutos, no período de 1999 a 2000.

Sansigolo (2005) aplicou a distribuição de probabilidade de Weibull, Log-Normal e Beta visando a determinação do potencial eólico mensal e anual na cidade de Panorama, SP e verificou que a distribuição Beta foi a que melhor se ajustou à maioria dos conjuntos de velocidade do vento. As distribuições de Weibull e Log-Normal foram as que melhor se ajustaram aos conjuntos de velocidade cúbica do vento.

Souza et al., (1997) descreveram de forma quantitativa o potencial eólico das microrregiões de Campo Grande e Dourados-MS concluindo que o mínimo de velocidade do vento encontra-se no começo do outono e máximo no final do inverno e começo da primavera; as direções predominantes foram bem definidas para ambas as estações sendo que em Campo Grande a direção manteve-se a leste com 24,5% de ocorrência, seguido de norte com 19,8% e de NE com 12,2%, e em Dourados manteve-se a NE com 23,5%, seguido de SE com 9,4%, observando-se portanto, uma constância e rigidez sazonal nas direções predominantes.

Galvani et al., (1999) realizaram um estudo comparativo da direção predominante do vento baseado em observações efetuadas às 9 h, 15 h e 21 h e do valor médio para os três horários, na localidade de Maringá-PR, utilizando dados de direção do vento coletados de um cata vento do tipo Wild instalado a 10 m de altura. A direção predominante do vento as 9 h e 15 h foi nordeste (NE) com 31,4% e 28,5% das ocorrências anuais, respectivamente. Para as observações das 21 h, a direção sudeste (SE) apresentou maior frequência de ocorrência entre os meses de janeiro a maio e de outubro a dezembro e a direção leste (E) entre os meses de

julho a setembro. Barbano et al., (2003) também realizaram estudo da direção predominante do vento na localidade de Campinas, SP, com dados coletados às 7, 14 e 21h e concluíram que a direção predominante do vento às 7h foi SE, com maiores índices nos meses de agosto, setembro e outubro e, em média, 23,6% das observações feitas às 14 horas foi na direção NW, destacando-se também, as direções SE e N, com frequência média mensal em torno de 17,6% e 12,0%, respectivamente. A direção predominante às 21h foi à direção SE, com 48,9% de frequência média mensal para os doze meses do ano e considerando-se os três horários analisados, a direção SE predomina sobre as demais, com maior frequência nos meses de abril, agosto, setembro, outubro e novembro com média de 40,0%.

Júnior et al., (1996) estabeleceram em Botucatu, SP, uma relação entre a velocidade do vento e o número de dias que ocorrem criando as curvas de duração das velocidades. Para esse estudo foram utilizados dados diários de velocidade do vento (km.dia^{-1}) correspondentes aos anos de 1980, 1984, 1988 e 1992. As curvas apresentadas demonstram quantos dias por ano ocorre um valor maior ou igual a um determinado valor de velocidade do vento. A maior disponibilidade de potencial eólico para a região é obtida quando a velocidade do vento corresponde a $184,974 \text{ km.dia}^{-1}$.

No meio rural, onde normalmente a energia elétrica muitas vezes não está presente, a utilização de fontes alternativas tem se mostrado viável, principalmente a fonte eólica se comparado com o custo de levar uma rede convencional de energia elétrica em regiões isoladas e distantes. Silva et al., (2003) realizaram um estudo com o objetivo de avaliar o potencial eólico para bombeamento d'água em zonas rurais, utilizando-se uma série de dez anos de dados de velocidade médios mensais coletados na Fazenda Lageado, município de Botucatu, SP e calcular o potencial energético desta fonte, variando o diâmetro das pás dos rotores de cata-vento encontrado no mercado. Concluíram que com uma velocidade média do vento de $3,1 \text{ m.s}^{-1}$ é possível bombear um volume médio de $102 \text{ a } 24 \text{ m}^3.\text{dia}^{-1}$ em função da altura manométrica, variando de 2 a 20 m, respectivamente, considerando a potência hidráulica gerada e o diâmetro das pás do rotor de 3,28 m. Ainda Bugueño et al., (2003) em outro estudo realizado em Pelotas, RS, concluíram que o bombeamento de água utilizando energia eólica é promissor para uso em pequenas propriedades rurais na região, acima de cinco mil litros por dia, em média, principalmente nos períodos de mais alto consumo.

3. MATERIAL E MÉTODOS

3.1. ÁREA DE ESTUDO

O Município de Campos dos Goytacazes localizado na Região Norte Fluminense ocupa uma área de 4.027 km² possuindo atualmente 106 bairros, em 14 distritos. Sua sede está localizada a 21° 45" 23' de latitude sul, 41° 19" 40' de longitude oeste e a 14 m acima do nível do mar.

Na Figura 1 é apresentada a área de estudo, contida da região Norte Fluminense, RJ em referência ao estado do Rio de Janeiro e ao Brasil.

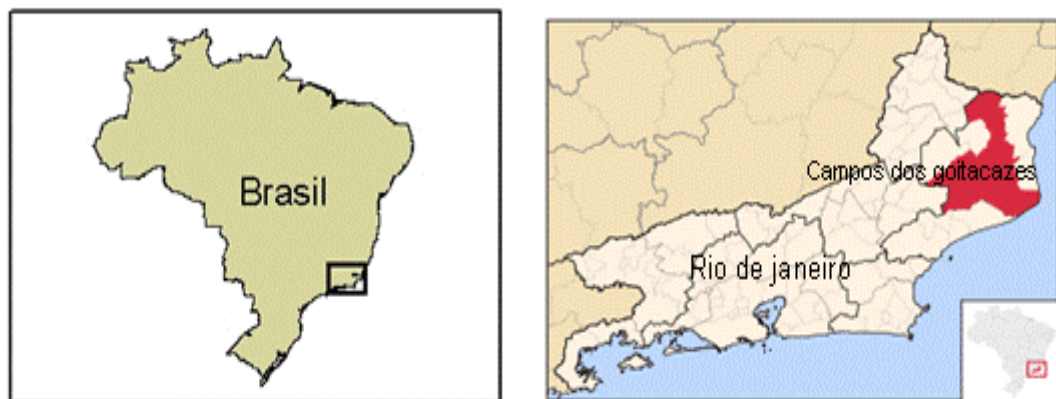


Figura 1: localização da área de estudo

Segundo a classificação climática de Köppem, o clima da região Norte Fluminense, RJ é classificado com Aw, isto é, clima tropical úmido, com verão chuvoso, inverno seco e temperatura do mês mais frio superior a 18°C. A temperatura média anual se situa em torno de 24°C, sendo a amplitude térmica

muito pequena. A precipitação pluviométrica média anual está em torno de 1.023 mm (Gomes, 1999).

O uso e a cobertura do solo do Município estão intimamente ligados à sua topografia. Seu território é pouco acidentado, sendo formado em sua maior parte de planícies, constituindo a denominada Baixada dos Goytacazes e as planícies de tabuleiros e em menor parte por serras e morros, que se localizam na porção sudoeste e norte do município. Os cultivos de cana-de-açúcar e de pastagens, que juntas, correspondem a mais de 3/4 de todo o território.

Na Tabela 1 pode-se observar o percentual de ocupação do solo de acordo com as classes de utilização.

Tabela 1: Percentual de área total segundo as classes de uso do solo no Município de Campos dos Goytacazes, RJ – 2001

| Classe de uso e cobertura do solo | Participação da área total do município (%) |
|-------------------------------------|---|
| Cultura | 40,6 |
| Pastagem | 36,7 |
| Floresta | 6,1 |
| Vegetação secundária em regeneração | 5,9 |
| Corpos d'água | 4,3 |
| Campo inundável | 3,8 |
| Área urbana | 1,5 |
| Praia, dunas e restinga | 1 |
| Outros usos | 0,1 |

Fonte: Fundação CIDE

Através da Tabela 1 pode-se observar que a área do município possui 40,6% cobertos com por cultivos agrícolas, com predomínio da cana-de-açúcar e 36,7% coberto por pastagem.

Pelo perfil da topografia e rugosidade da região não há muitos obstáculos ao escoamento do vento. Observações visuais indicam um grande potencial para aproveitamento do vento como fonte de energia alternativa.

3.2. A TORRE ANEMOMÉTRICA E SOLARIMÉTRICA

O Parque de Energia Alternativa – PEA-UENF implantado no campus Leonel Brizola da Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro é dotado de um conjunto de 6 (seis) aerogeradores, sendo 5 (cinco) destinados à geração de 1kW hora e 1 (um) destinado à exploração de água subterrânea, um conjunto de 24 (vinte e quatro) painéis fotovoltaicos e uma torre para medir direção e velocidade do vento e a radiação global incidente ($R_{s\downarrow}$). A energia gerada pelos aerogeradores e pelos painéis fotovoltaicos é utilizada para alimentar uma residência unifamiliar.

A torre anemométrica e solarimétrica possui 50 m de altura e registra a direção e velocidade do vento em 5 (cinco) níveis, sendo respectivamente a 3, 10, 15, 30 e 50 m de altura. A medida do vento a 50 metros é feito por um anemômetro sônico bidirecional, modelo WAS-425 que mede a velocidade e direção do vento com uma resolução de 1° e $0,01 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ respectivamente. Nos outros níveis a medida é feita por 4 anemômetros de hélice RM-YONG Marinizado, modelo 05106 que possui uma precisão de $\pm 3^\circ$ e $0,03 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ respectivamente para a direção e velocidade.

Na altura de 5 m, um piranômetro Kipp & Zonen modelo CM3, registra a radiação global incidente. Este modelo possui uma faixa espectral de respostas numa banda de 305 a 2800 nm, uma sensibilidade: $15 \mu \text{ V} / \text{W} / \text{m}^{-2}$ e uma irradiância máxima de $2000 \text{ W}\cdot\text{m}^{-2}$.

Todos os sensores da torre registram valores a cada minuto, sendo os valores médios, mínimos e máximos decorrentes do período de 20 minutos armazenados num Datalogger modelo CR 1000, da Campbell Sci e transmitidos para uma central, gerenciada pelo software Loggernet-SDK, também da Campbell Sci.

Na Figura 2 são apresentados fotografias da torre anemométrica e solarimétrica, com detalhes para os sensores acima descritos.



Figura 2: Torre anemométrica e solarimétrica instalada no Parque de Energia Alternativa – PEA/UENF

3.3. AVALIAÇÃO DO REGIME DO VENTO

Para a caracterização preliminar do vento em Campos dos Goytacazes, RJ foi realizado estudos estatísticos dos dados de velocidade do vento através da elaboração de planilha eletrônica. Os dados de velocidade máxima, mínima e média, nos 5 níveis de medição foram analisados separadamente.

Os dados correspondem a um período que se inicia no dia 26 de junho de 2007 a 27 de julho de 2008, registrados a cada 20 minutos, totalizando 396 dias, o que corresponde 24.535 observações analisadas.

Foram calculados a média simples da velocidade média, máxima e mínima mensal e de todo o período para os 5 (cinco) níveis, com o objetivo de determinar os meses com maior potencial eólico.

Os dados de velocidade média, máxima e mínima foram separados por direção com o objetivo de calcular a média simples para cada direção. As

informações geradas permitem visualizar quais as direções do vento possuem maiores médias de velocidade.

A análise de frequência foi realizada a partir dos dados separados por direção, com uso da Equação 1.

$$f(x) = \frac{n}{(N - 1)} \cdot 100 \quad (1)$$

Onde n é o número de observações em determinada direção e N o número total de observações registradas.

Os dados de velocidade média, máxima e mínima foram classificados em intervalos de velocidade sendo: velocidade maior que 15 m.s^{-1} ; maior que 10 e menor que 15 m.s^{-1} ; maior que 5 e menor que 10 m.s^{-1} e menor que 5 m.s^{-1} . Com os dados classificados nesses intervalos de velocidade foram calculados as frequências mensais, horárias e os períodos de calmarias para os 5 (cinco) níveis de medição.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1. PERFIL VERTICAL DO VENTO

Com os valores da velocidade média em todo o período de estudo foi traçado o perfil vertical do vento em função da altura de observação, sendo o resultado no Gráfico 1.

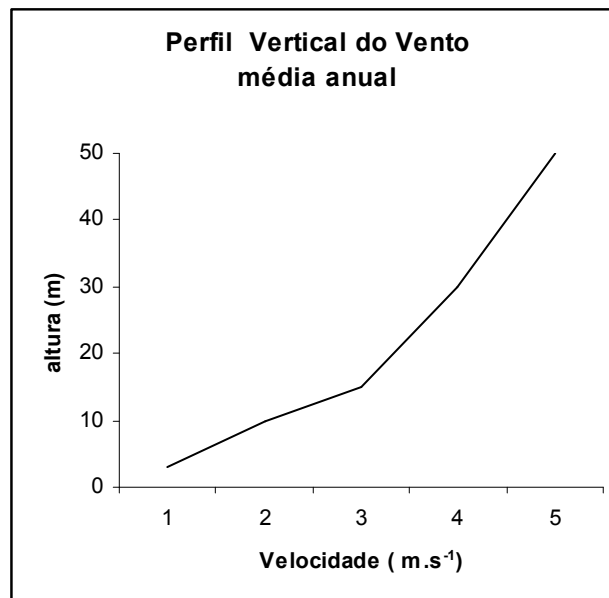


Gráfico 1: Perfil vertical do vento em 5 (cinco) níveis de altura para a região de Campos dos Goytacazes no período de junho/2007 a julho/2008.

Através do gráfico 1 é possível observar uma redução na velocidade do vento em função da altura em resposta ao atrito exercido contra o movimento horizontal do vento.

4.2. VELOCIDADE MÉDIA MENSAL

O período em estudo apresenta velocidade média que varia em função da altitude e do mês.

Na Tabela 2 são apresentadas as velocidade médias mensais nos 5 (cinco) níveis de observação, determinadas a partir dos valores médios registrados a cada 20 (vinte) minutos.

Tabela 2: Velocidade média mensal do vento ($m.s^{-1}$).

| Mês/Ano | 50 m | 30 m | 15 m | 10 m | 3 m |
|----------------|------|------|------|------|------|
| Junho/2007 | 4,40 | 3,30 | 2,29 | 1,73 | 1,01 |
| Julho/2007 | 5,07 | 5,07 | 2,73 | 2,06 | 1,25 |
| Agosto/2007 | 4,98 | 3,90 | 2,80 | 2,15 | 1,35 |
| Setembro/2007 | 5,95 | 4,91 | 3,61 | 2,79 | 1,80 |
| Outubro/2007 | 5,77 | 4,81 | 3,61 | 2,89 | 1,90 |
| Novembro/2007 | 5,26 | 4,27 | 3,12 | 2,50 | 1,66 |
| Dezembro/2007 | 5,34 | 4,48 | 3,33 | 2,66 | 1,73 |
| Janeiro/2008 | 5,28 | 4,34 | 3,20 | 2,53 | 1,61 |
| Fevereiro/2008 | 4,65 | 3,83 | 2,81 | 2,17 | 1,32 |
| Março/2008 | 3,77 | 2,93 | 2,09 | 1,68 | 1,12 |
| Abril/2008 | 3,83 | 2,99 | 2,09 | 1,62 | 1,05 |
| Mai/2008 | 3,90 | 2,95 | 2,01 | 1,53 | 0,92 |
| Junho/2008 | 4,09 | 3,12 | 2,10 | 1,57 | 0,95 |
| Julho/2008 | 4,28 | 3,27 | 2,21 | 1,64 | 0,96 |

Na Figura 3 é apresentado à variação da velocidade média mensal, em m s^{-1} e seu respectivo desvio padrão.

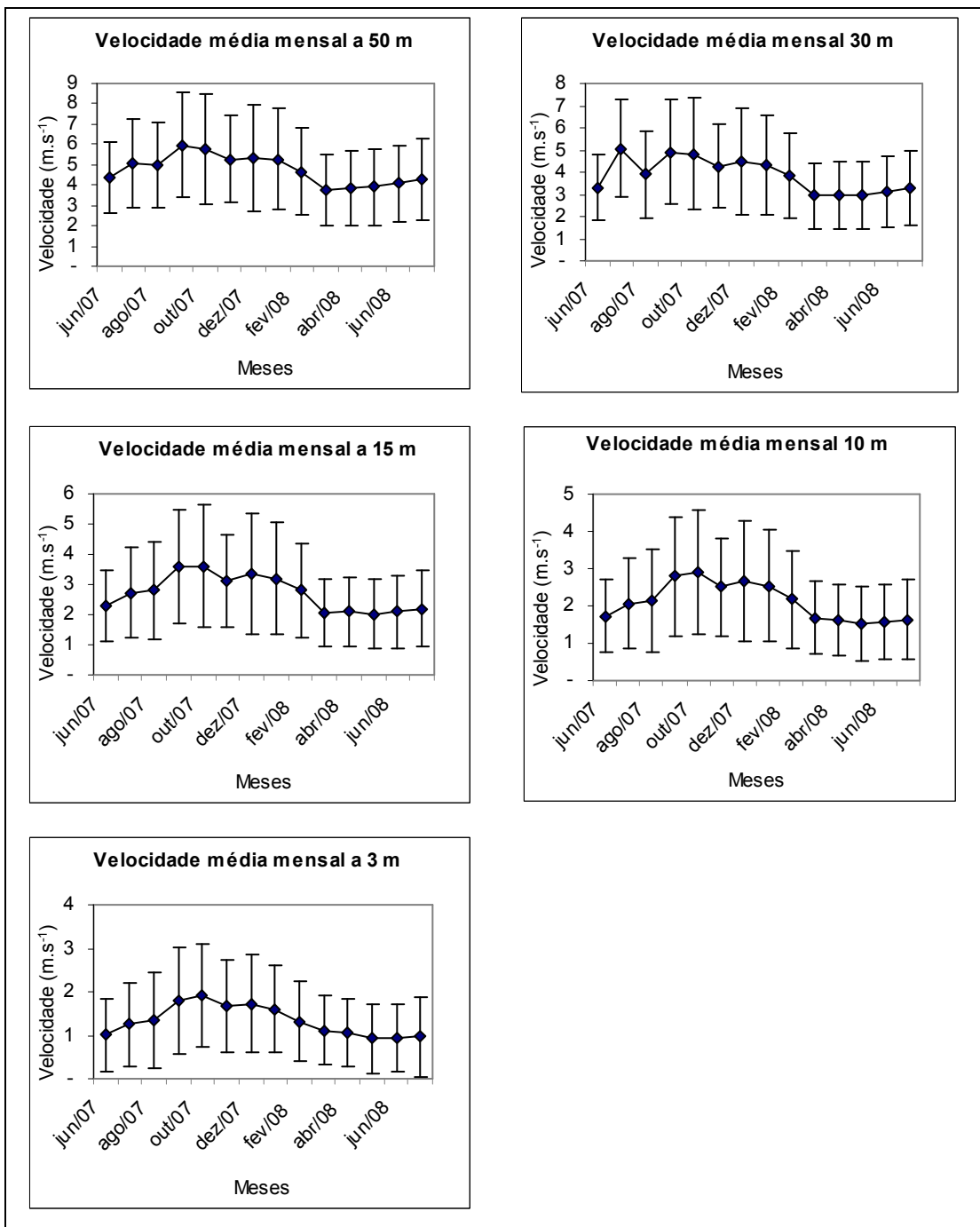


Figura 3: Velocidade média mensal e o respectivo desvio padrão da média em todos os cinco níveis, em m.s^{-1} .

Através da Tabela 2 pode-se observar que nos meses de setembro a janeiro o vento apresentou maior velocidade em relação aos demais meses nos 5 (cinco) nível. Este resultado concorda com uma série de 10 anos de dados observados a 4 m de altura, em estação automática modelo Thies Clima, pertencente à

Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro, localizada na Estação Experimental de Campos/Pesagro-Rio. A velocidade variou também em função da altura medida. A 50 m de altura o vento foi de $5,95 \text{ m.s}^{-1}$ em setembro a $3,77 \text{ m.s}^{-1}$ em março. A 3 m de altura foi de $1,90 \text{ m.s}^{-1}$ em outubro e $0,92 \text{ m.s}^{-1}$ em maio. Essa diferença de velocidade em relação à altura registrada pode ser atribuída à rugosidade do terreno, pois quanto menor a altura, maior é o efeito da rugosidade do terreno sobre o movimento atmosférico.

Ao analisar o desvio padrão apresentado na Figura 3, pode-se perceber que a velocidade média do vento a 50 m alcança valores acima de 8 m.s^{-1} , sem diferença significativa em relação ao nível de 30 m que possui velocidade, nos meses de alta, em torno de 7 m.s^{-1} . A 3 m a velocidade nos meses de setembro e outubro foi superior a 3 m.s^{-1} .

4.3. VELOCIDADE MÉDIA MENSAL DO VENTO MÁXIMO

A velocidade média mensal do vento máximo foi obtida a partir dos registros de velocidade máxima a cada intervalo de 20 (vinte) minutos, nos 5 níveis. O comportamento da velocidade máxima foi semelhante à velocidade média mensal, com vento de maior intensidade a 50 m de altura e concentrados nos meses de setembro a janeiro, sem diferença significativa do nível de 30 m.

Na Tabela 3 é apresentado a variação da velocidade máxima mensal no período de estudo.

Tabela 3: Velocidade média mensal do vento máximo (m.s^{-1}).

| Mês/Ano | 50 m | 30 m | 15 m | 10 m | 3 m |
|----------------|------|------|------|------|------|
| Junho/2007 | 5,71 | 4,63 | 3,76 | 3,21 | 2,23 |
| Julho/2007 | 6,72 | 6,72 | 4,51 | 3,80 | 2,66 |
| Agosto/2007 | 6,58 | 5,49 | 4,52 | 3,87 | 2,78 |
| Setembro/2007 | 7,99 | 6,93 | 5,81 | 4,98 | 3,61 |
| Outubro/2007 | 7,79 | 6,79 | 5,78 | 5,06 | 3,76 |
| Novembro/2007 | 7,15 | 6,13 | 5,17 | 4,53 | 3,36 |
| Dezembro/2007 | 7,23 | 6,35 | 5,39 | 4,71 | 3,45 |
| Janeiro/2008 | 7,16 | 6,17 | 5,23 | 4,54 | 3,30 |
| Fevereiro/2008 | 6,32 | 5,47 | 4,61 | 3,95 | 2,79 |
| Março/2008 | 5,19 | 4,36 | 3,62 | 3,19 | 2,41 |
| Abril/2008 | 5,31 | 4,41 | 3,63 | 3,14 | 2,31 |
| Mai/2008 | 5,21 | 4,22 | 3,40 | 2,89 | 2,06 |
| Junho/2008 | 5,45 | 4,45 | 3,56 | 3,01 | 2,14 |
| Julho/2008 | 5,63 | 4,59 | 3,66 | 3,06 | 2,10 |

Através da Tabela 3 pode-se observar que o período de setembro a janeiro apresenta velocidade máxima superior aos demais meses nos 5 (cinco) níveis. A velocidade foi de 7 m.s^{-1} a 50 m de altura e 3 m.s^{-1} a 3 m. Da média mensal do vento máximo a 50 m a maior foi de $7,99 \text{ m.s}^{-1}$ no mês de setembro de 2007 e a menor foi de $5,21 \text{ m.s}^{-1}$ no mês de maio de 2007. O comportamento foi semelhante a 30 m de altura em que a maior velocidade foi no mês de setembro de $6,93 \text{ m.s}^{-1}$ e a menor no mês de maio de $4,22 \text{ m.s}^{-1}$. A menor média de velocidade máxima foi a 3 m de altura, das quais a maior foi $3,76 \text{ m.s}^{-1}$, em outubro de 2007 e a menor $2,06 \text{ m.s}^{-1}$ em julho, de 2007. Observa-se ainda que a 30 m de altura a velocidade do vento chega a valores próximos de 7 m.s^{-1} nos meses de julho, setembro e outubro de 2007.

Na Figura 4 é apresentado a variação da velocidade máxima mensal, em m.s^{-1} e seu respectivo desvio padrão.

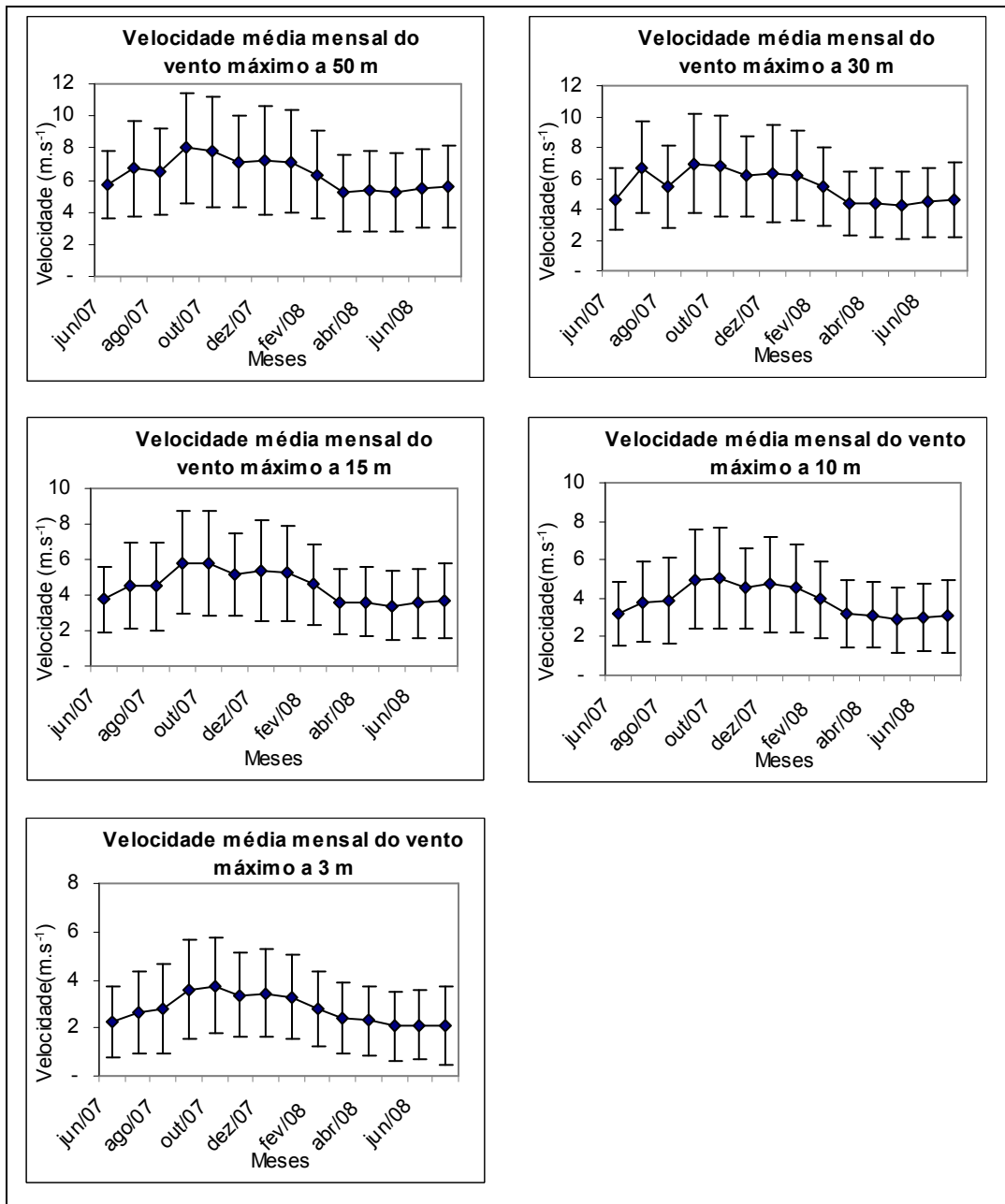


Figura 4: Velocidade média mensal do vento máximo e o respectivo desvio padrão da média em todos os cinco níveis em m.s⁻¹.

Através da Figura 4 pode-se observar que a velocidade máxima apresenta valores de aproximadamente 12 m.s⁻¹ a 50 m nos meses de setembro, outubro e janeiro e a 30 m valores de aproximadamente 10 m.s⁻¹ nos mesmos meses. O comportamento da velocidade média do vento máximo a 3 m é semelhante a média ao registro de 10 anos da estação meteorológica da UENF, registrada a 4 m de altura, com média de 1,19 m.s⁻¹ a 3,15 m.s⁻¹. A 15 e 10 m de altura os meses de setembro e outubro alcançou a velocidade em torno de 7 a 8 m.s⁻¹.

4.4 VELOCIDADE MÉDIA MENSAL DO VENTO MÍNIMO

A velocidade média mensal do vento mínimo foi obtida a partir dos valores mínimos de velocidade do vento registrados nos intervalos de 20 (vinte) minutos. O comportamento do vento mínimo é semelhante à velocidade média, máxima e aos registros da estação da Pesagro.

Na Tabela 4 são apresentados os valores da velocidade mínima mensal em cada nível.

Tabela 4: velocidade média mensal do vento mínimo (m.s^{-1})

| Mês/Ano | 50 m | 30 m | 15 m | 10 m | 3 m |
|----------------|------|------|------|------|------|
| Junho/2007 | 2,91 | 1,85 | 0,90 | 0,49 | 0,19 |
| Julho/2007 | 3,30 | 3,30 | 1,09 | 0,61 | 0,29 |
| Agosto/2007 | 3,20 | 2,21 | 1,15 | 0,69 | 0,33 |
| Setembro/2007 | 3,73 | 2,80 | 1,51 | 0,93 | 0,48 |
| Outubro/2007 | 3,55 | 2,69 | 1,56 | 1,03 | 0,52 |
| Novembro/2007 | 3,27 | 2,35 | 1,24 | 0,82 | 0,42 |
| Dezembro/2007 | 3,25 | 2,52 | 1,34 | 0,89 | 0,45 |
| Janeiro/2008 | 3,23 | 2,42 | 1,30 | 0,83 | 0,38 |
| Fevereiro/2008 | 2,85 | 2,13 | 1,10 | 0,67 | 0,28 |
| Março/2008 | 2,26 | 1,45 | 0,73 | 0,46 | 0,22 |
| Abril/2008 | 2,33 | 1,56 | 0,72 | 0,42 | 0,21 |
| Mai/2008 | 2,52 | 1,61 | 0,75 | 0,41 | 0,17 |
| Junho/2008 | 2,64 | 1,73 | 0,77 | 0,42 | 0,18 |
| Julho/2008 | 2,83 | 1,90 | 0,88 | 0,46 | 0,20 |

Dentre a velocidade mínima, as maiores médias estão concentradas em um período maior, que se iniciou no mês de julho de 2007 e terminou no mês de janeiro de 2008, sendo o maior valor igual a $3,73 \text{ m.s}^{-1}$ a 50 m em setembro e o menor igual a $0,18 \text{ m.s}^{-1}$ observado a 3 m de altura no mês de junho de 2008.

Na Figura 5 é apresentada a variação da média da velocidade mínima e seu respectivo desvio padrão, em m.s^{-1} .

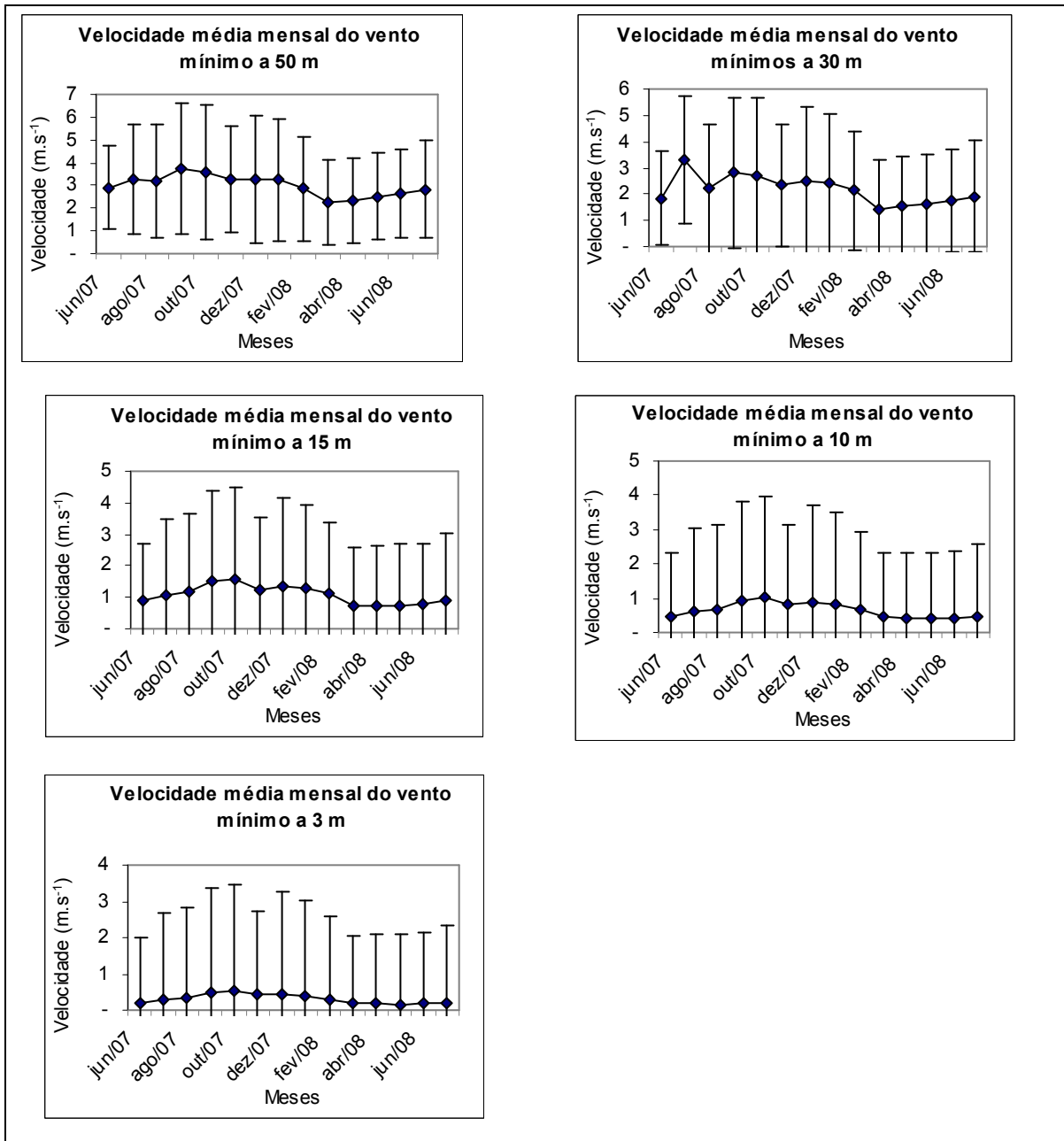


Figura 5: Gráficos da média da velocidade mínima mensal e do respectivo desvio padrão da média, nos 5 em $\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$.

Através da Figura 5, pode-se observar que a velocidade do vento alcançou valores acima de $5 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ a 50 m de altura nos meses de setembro e outubro e ainda nos outros meses alcançou valores acima de $4 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$. Nos níveis de 10 e 3 m a velocidade pode chegar à zero, o que corresponde a períodos de calma.

4.5. ROSA DOS VENTOS DO PERÍODO DE ESTUDO

A direção do vento é registrada em graus e varia de 0° a 360° sendo cada direção correspondente a uma faixa pré-determinada na rosa dos ventos. A frequência relativa para cada direção foi calculada com base nos registros a cada 20 minutos e a faixa em graus para cada direção está apresentada na Tabela 4.

Tabela 4: Intervalos de direção do vento, em graus (°).

| N | NE | E | SE | S | SO | O | NO |
|-------|------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 337,5 | 22,5 | 67,5 | 112,5 | 157,5 | 202,5 | 247,5 | 292,5 |
| 22,4 | 67,4 | 112,4 | 157,4 | 202,4 | 247,4 | 292,4 | 337,4 |

A frequência de direção do vento foi determinada para cada nível e os resultados obtidos, apresentados na Figura 6.

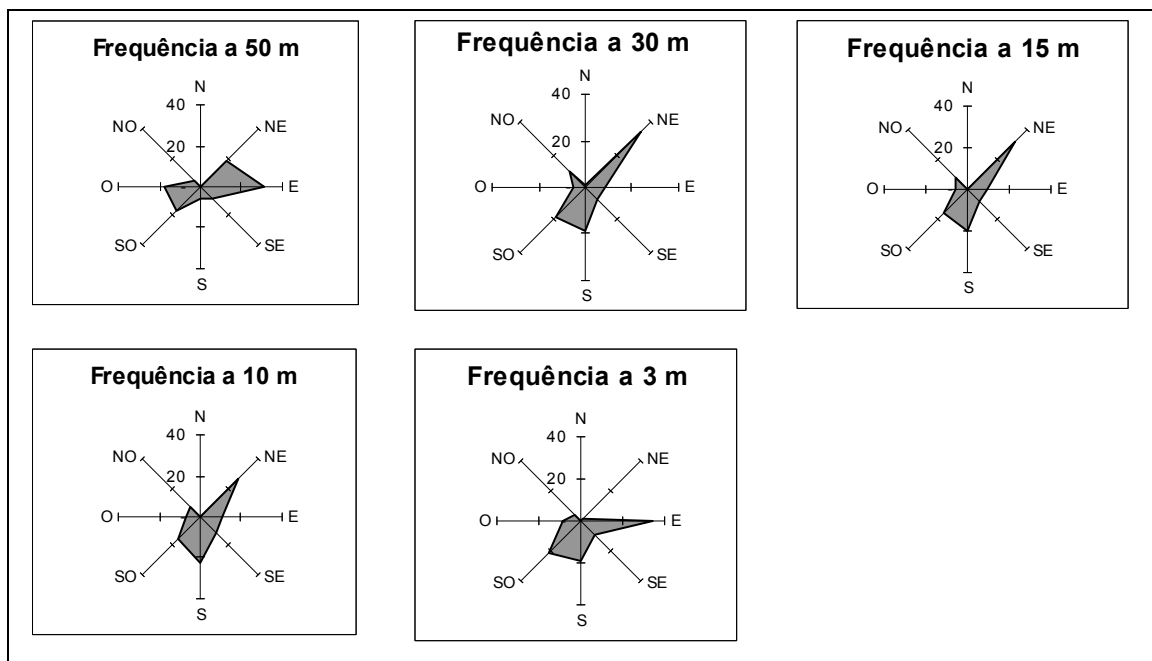


Figura 6: Rosa dos ventos no período de estudo nos diferentes níveis.

Através da análise da Figura 6 é possível observar uma predominância da direção leste nos níveis de 50 m e de 3 m de altura com aproximadamente 40% das observações. No entanto, nos níveis de 30 m, 15 m e 10 m de altura a direção predominante é na direção nordeste, com cerca de 30% das observações. Há ainda ocorrências do vento em outras direções, porém, com frequências menores que 20%. Destacam-se os vento sul e sudoeste presentes em todos os níveis, com

freqüências em torno de 20%. Ocorrência do vento norte foi de baixa freqüência em todos os níveis, sendo 0,48, 0,69, 0,11, 0,07 e 0,18% a 50, 30, 15, 10 e 3 m e devido à escala utilizada na construção da rosa dos ventos é praticamente imperceptível a visualização.

4.6. ROSA DOS VENTOS MENSAL

Para determinação da freqüência relativa da direção do vento mensal utilizou-se da mesma metodologia anterior para as direções referentes a todo o período. A distribuição mensal do vento foi feita para o 5 (cinco) níveis.

Nas Figuras 7, 8, 9, 10 e 11 estão representas as freqüências mensais para cada uma das direções da rosa dos ventos, com os valores de velocidade registrados a 50, 30, 15, 10 e 3 m de altura, respectivamente.

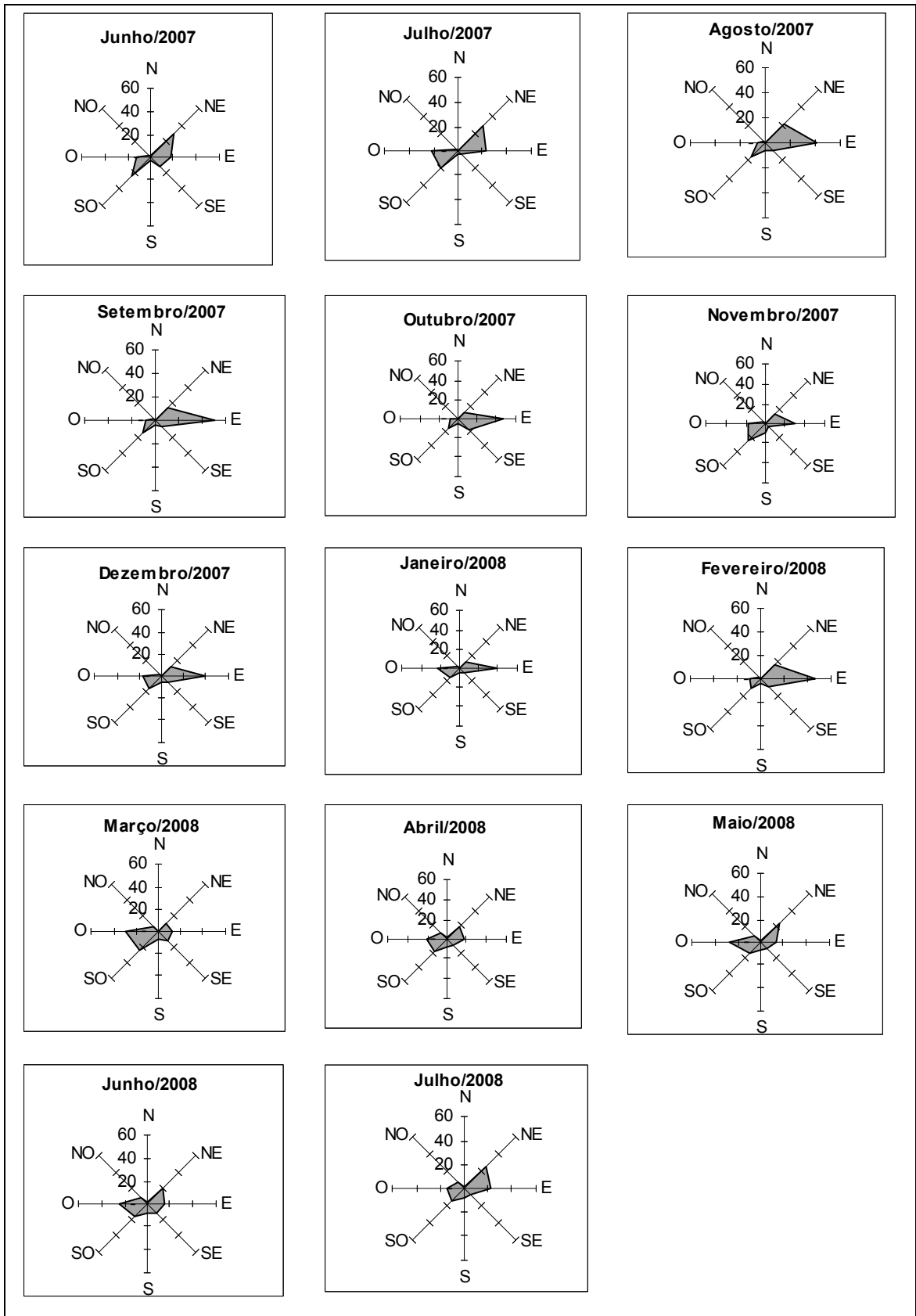


Figura 7: Rosa dos ventos mensal a 50 m de altura.

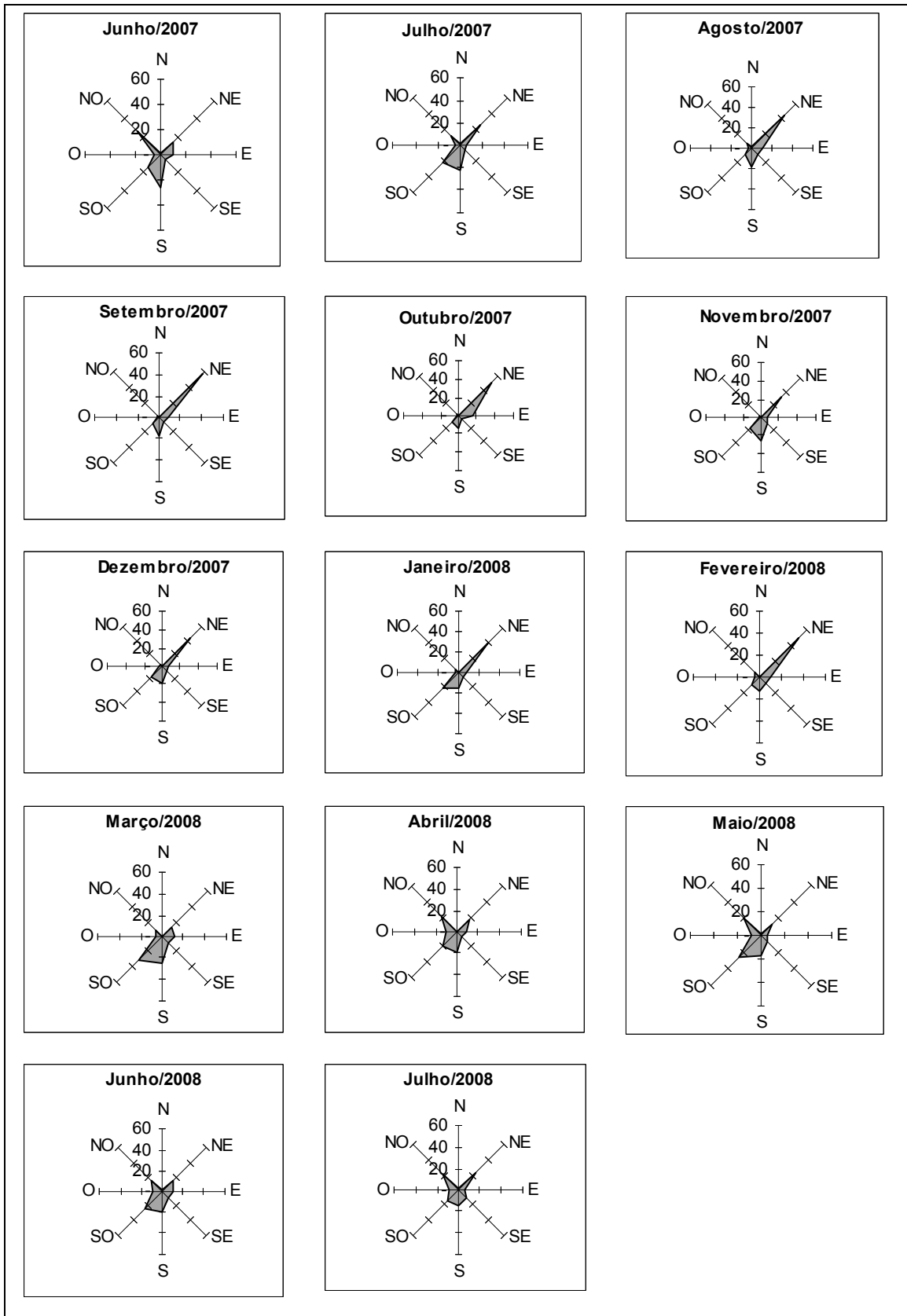


Figura 8: Rosa dos ventos mensal a 30 m de altura.

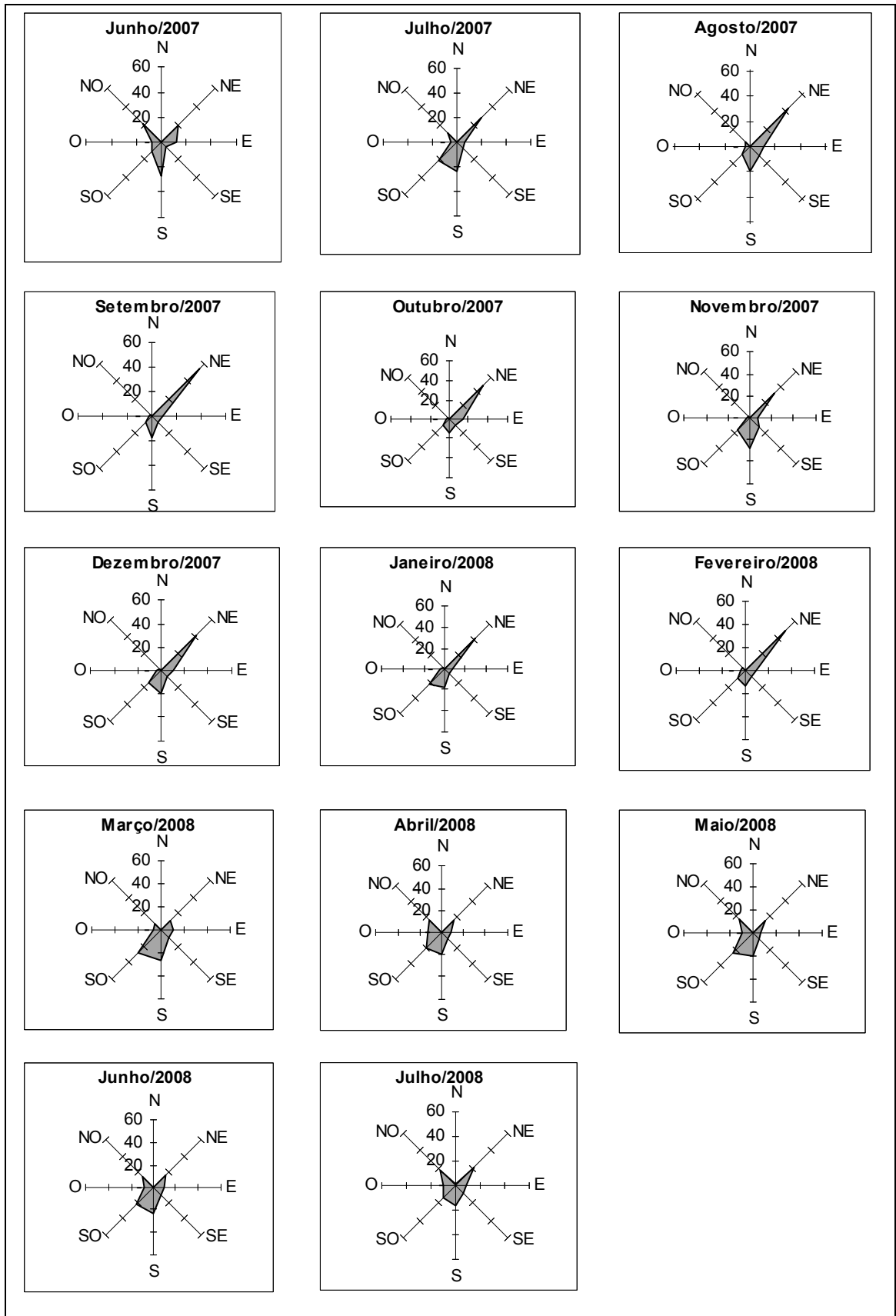


Figura 9: Rosa dos ventos mensal a 15 m de altura.

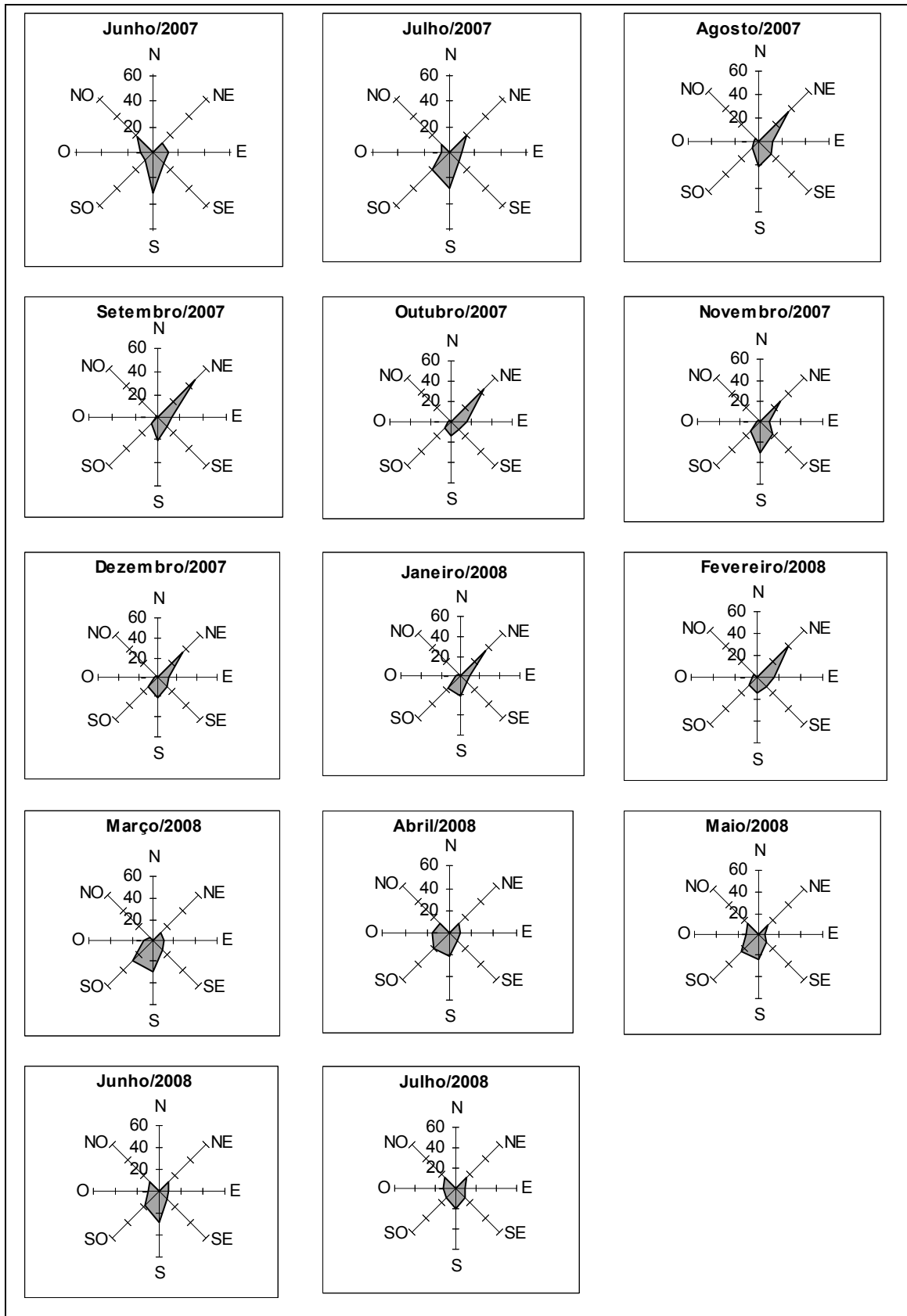


Figura 10: Rosa dos ventos mensal a 10 m de altura.

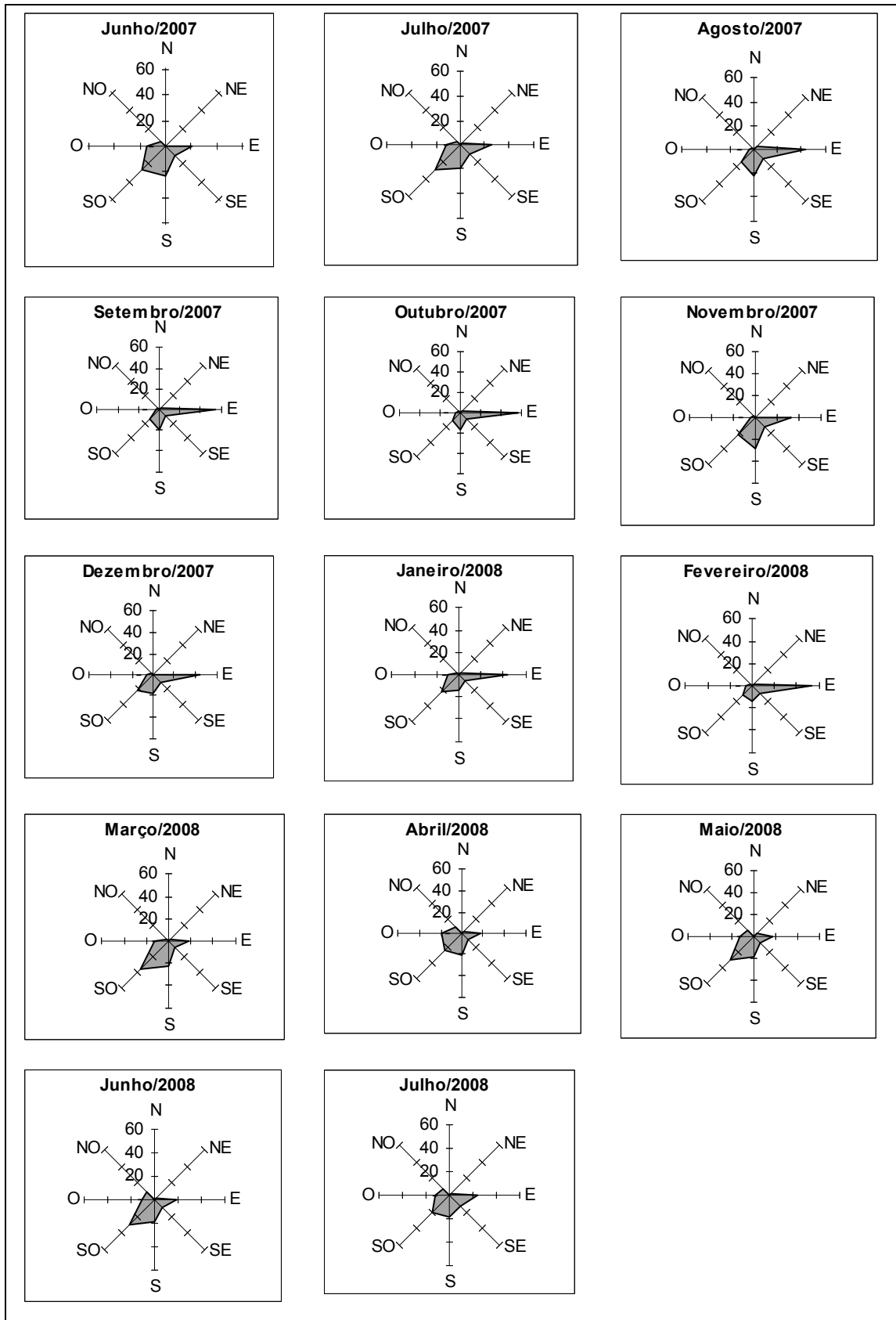


Figura 11: Rosa dos ventos mensal a 3 m de altura.

4.6.1 ROSA DOS VENTOS MENSAL A 50 m

Observando a Figura 7, pode-se perceber que a frequência de distribuição do vento a 50 m variou durante o período em estudo. Nos meses de junho e julho de 2007 a direção predominante foi nordeste, com cerca de 30 % das observações, girando para leste nos meses de agosto 2007 a fevereiro 2008, com frequências variando de 20 a 30 %. Em março de 2008 as direções predominantes foram oeste e sudoeste, com mais de 20 % das ocorrências. Em abril a predominância foi oeste, com 20 % das ocorrências, porém, com alta frequência do vento nordeste, leste e sudoeste. De maio a junho de 2008 as direções predominantes foram oeste e nordeste, com cerca de 20 % das observações, girando novamente para a direção nordeste e leste no mês de julho de 2008.

4.6.2 ROSA DOS VENTOS MENSAL A 30 m

Observando a Figura 8 é possível perceber a diferença na frequência da direção do vento a 30 m em relação a 50 m de altura. O que pode ser explicado pode ser fato desses dois níveis possuírem sensores diferentes, ou ainda devido perfil vertical de temperatura. No entanto esse último não pode ser comprovado pela inexistência de sensores de temperatura ao longo da torre. A 30 m de altura houve uma predominância do vento nordeste no período de agosto de 2007 a fevereiro 2008 com cerca de 40 % das observações, porém no mês de novembro de 2007 observou-se um aumento da frequência do vento na direção sul com mais de 20 % das observações. Nos demais meses a frequência de distribuição do vento em outras direções foi mais homogênea. Nos meses de junho o vento predominante foi na direção sul e sudoeste com cerca de 20 % das observações. Nos meses de julho o vento predominante foi na direção nordeste, sul e noroeste com cerca de 20 % das observações. De março a junho de 2008 a frequência do vento nordeste diminuiu, girando para as direções sul, sudoeste e noroeste com cerca de 20 % das observações. Porém é possível observar uma grande dominância da direção nordeste na maioria dos meses analisados.

4.6.3 ROSA DOS VENTOS MENSAL A 15 m

Com a rosa dos ventos apresentada na Figura 9, observa-se que a distribuição do vento a 15 m de altura possui comportamento semelhante à altura de 30 m, com os mesmos períodos de dominância do vento nordeste, sul, sudoeste e noroeste.

4.6.4 ROSA DOS VENTOS MENSAL A 10 m

Com a rosa dos ventos apresentada na Figura 10 é possível observar um mesmo comportamento em relação à altura de 15 m. O padrão de distribuição das freqüências das direções nordeste, sudoeste, noroeste e sul são semelhantes à distribuição nos níveis de medida a 30 e a 15 m. Foi observado, no entanto uma freqüência maior do vento sul em todos os meses analisados sendo os meses de junho, julho e novembro os de maior freqüência do vento nestas direções com mais de 20 % das ocorrências. Em 2008 os meses de março e junho obtiveram cada um aproximadamente 30 % das ocorrências do vento na direção sul.

A 10 m o vento nordeste também foi dominante na maioria dos meses analisados, com cerca de 40 % de ocorrências.

4.6.5 ROSA DOS VENTOS MENSAL A 3 m

Com a rosa dos ventos apresentada da Figura 11 é possível observar que no nível a 3 m de altura, a direção com maior freqüência com cerca de 50 % das ocorrências (podendo chegar a 60 % em alguns meses) foi à direção leste, nos meses de agosto de 2007 a fevereiro 2008. Nos demais meses a freqüência predominante do vento foi da direção sudoeste. Esses resultados não concordam com a série de dados da estação automática da UENF, onde a predominância do vento na região de Campos dos Goytacazes é na direção nordeste, em todos os meses do ano, com exceção dos meses de abril e maio quando a maior freqüência foi a sudoeste. A diferença observada pode ser atribuída à localização das duas estações e à rugosidade do terreno no entorno das mesmas.

4.7 DIREÇÃO E VELOCIDADE DO VENTO

Com base nos registros de direção e velocidade do vento obtido a cada intervalo de 20 minutos nos 5 níveis, durante o período em estudo, foi calculado a média das direções do vento para cada mês e para todo o período de estudo. Os resultados obtidos indicam qual a direção do vento que possui a maior média de velocidade, sendo estes resultados apresentados nos subitens a seguir.

4.7.1 DIREÇÃO E VELOCIDADE MÉDIA NO PERÍODO DE ESTUDO

Com os dados médios da velocidade do vento calculou-se a velocidade média de todo o período de estudo e para cada direção e nível.

Na Figura 12 é apresentado a rosa dos ventos com a velocidade média para cada direção nos 5 níveis.

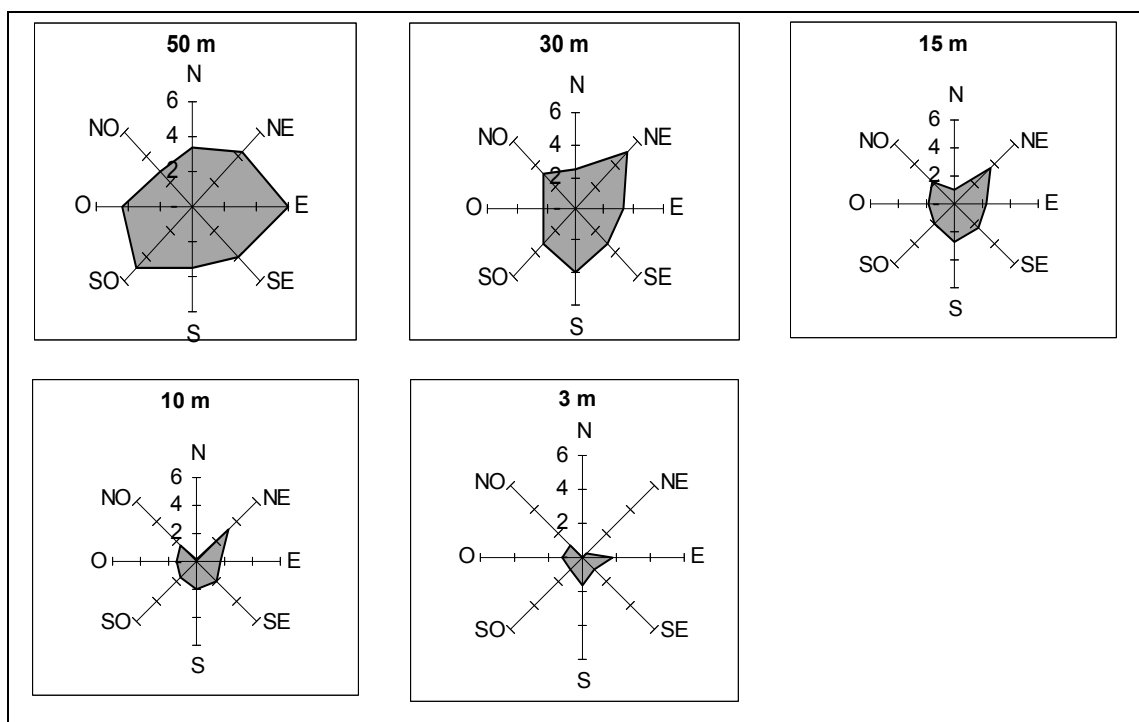


Figura 12: Direção e velocidade média do período de estudo nos 5 níveis em m.s^{-1} .

Através da Figura 12 pode-se observar que a velocidade média a 50 e 3 m é maior na direção leste, com valores de $5,98$ e $1,75 \text{ m.s}^{-1}$ respectivamente, coincidindo com a maior frequência. Nos demais níveis a maior velocidade média também coincide com a maior frequência, com valores de $5,04$ a $3,22 \text{ m.s}^{-1}$ a 30 e a 10 m respectivamente.

4.7.2 DIREÇÃO E VELOCIDADE MÁXIMA DO PERÍODO DE ESTUDO

Com os dados de velocidade máxima obtidos no intervalo de 20 minutos foi calculada a média da velocidade máxima de todo o período de estudo para cada direção e nível diferente.

Na Figura 13 é apresentado a rosa dos ventos com a velocidade média para cada direção nos 5 níveis.

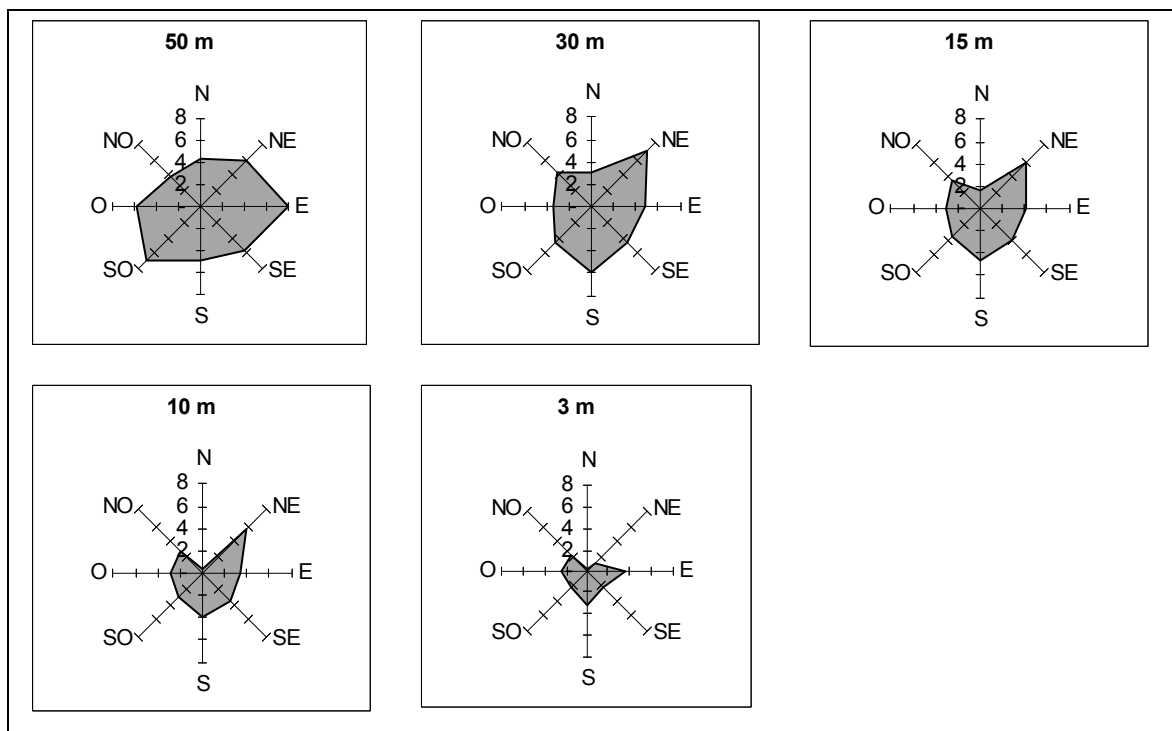


Figura 13: Direção e velocidade máxima do período de estudo nos 5 níveis em m.s^{-1} .

Analisando as rosas dos ventos é possível observar que a 50 e a 3 m de altura o vento leste possui a maior velocidade, com valores de $7,98$ e $3,54 \text{ m.s}^{-1}$ respectivamente. Nota-se também que a 3 m o vento na direção sul possui velocidade aproximada a direção leste, igual a $3,23 \text{ m.s}^{-1}$ o que indica que com a redução da altura o vento sul recebe um incremento na velocidade e na freqüências de ocorrência. Nos demais níveis de altura a velocidade foi de $6,95$ a $5,44 \text{ m.s}^{-1}$ na direção nordeste. A maior velocidade coincide com a maior freqüência do vento conforme apresentado anteriormente na Figura 11.

4.7.3 DIREÇÃO E VELOCIDADE MÍNIMA DO PERÍODO DE ESTUDO

Com os dados de velocidade mínima obtidos foi calculado a média da velocidade mínima de todo o período para cada direção e nível.

Na Figura 14 é apresentado à média da velocidade mínima para cada direção nos 5 (cinco) níveis.

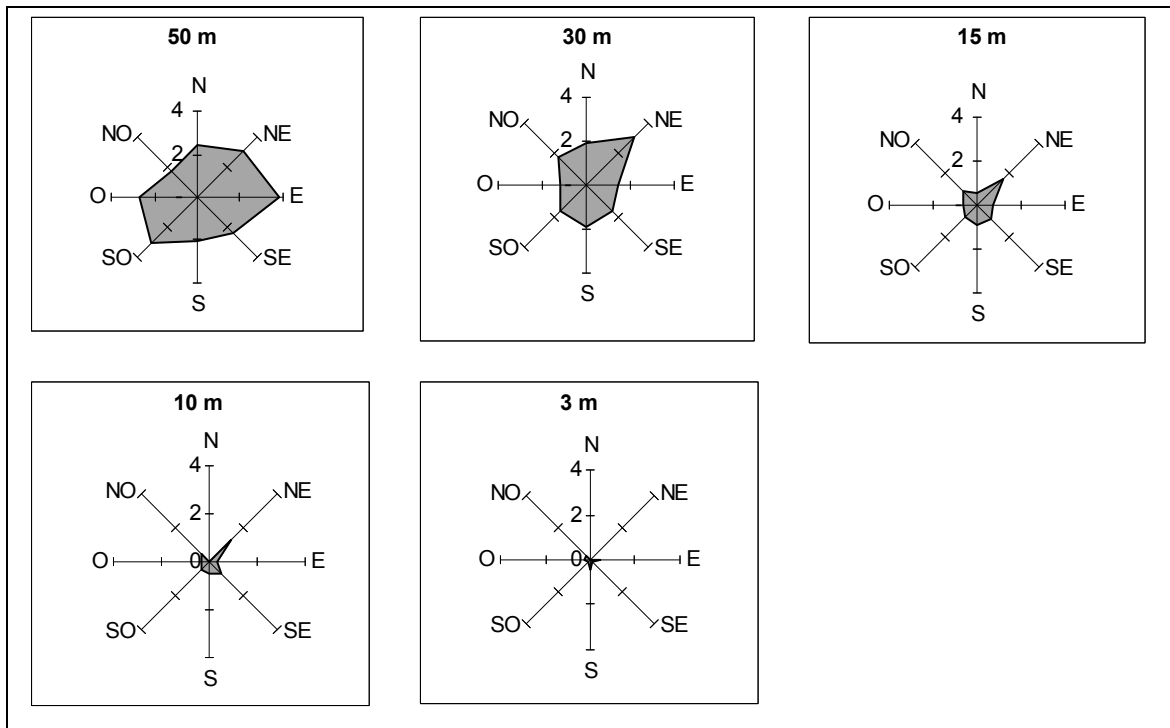


Figura 14: Direção e velocidade mínima do período de estudo nos 5 níveis, em m.s^{-1} .

Através da figura 14 é possível observar que a 50 m o vento leste apresenta a maior média de velocidade do vento mínimo ($3,78 \text{ m.s}^{-1}$). A 3 m a maior velocidade foi na direção sul ($0,45 \text{ m.s}^{-1}$). Nos demais níveis a velocidade foi de $3,06$ e $1,21 \text{ m.s}^{-1}$ na direção nordeste, sendo que a maior velocidade novamente coincidiu com a maior frequência de ocorrência.

4.8. DIREÇÃO E VELOCIDADE MÉDIA MENSAL

Com os registros de velocidade média e direção do vento, foi calculada a média mensal para cada direção nos 5 (cinco) níveis, sendo apresentado às rosas dos ventos da velocidade média e direção para cada mês a 50, 30, 15, 10 e 3 m, nas Figuras 15, 16, 17, 18 e 19, respectivamente.

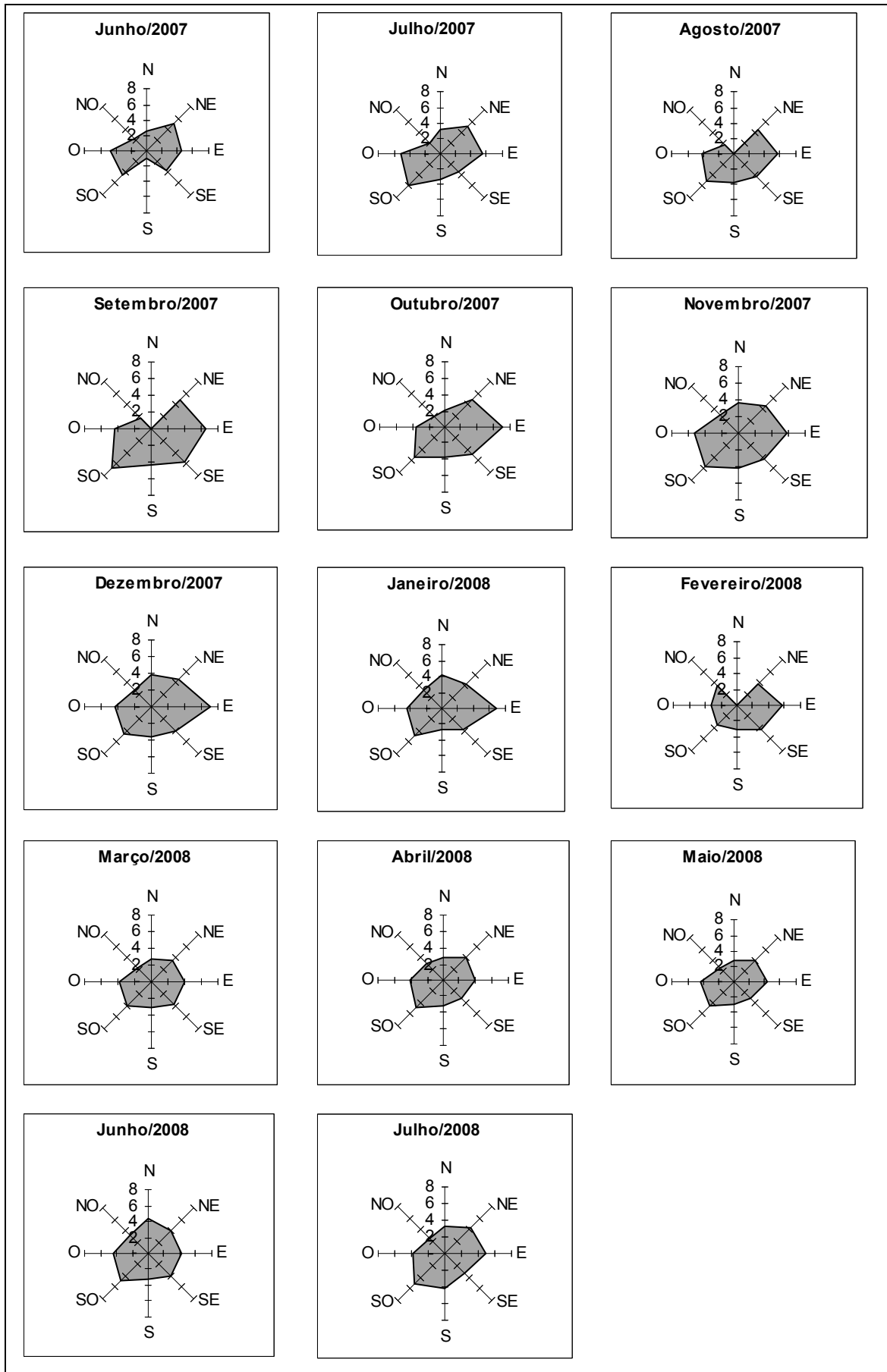


Figura 15: Direção e velocidade média mensal a 50 m.

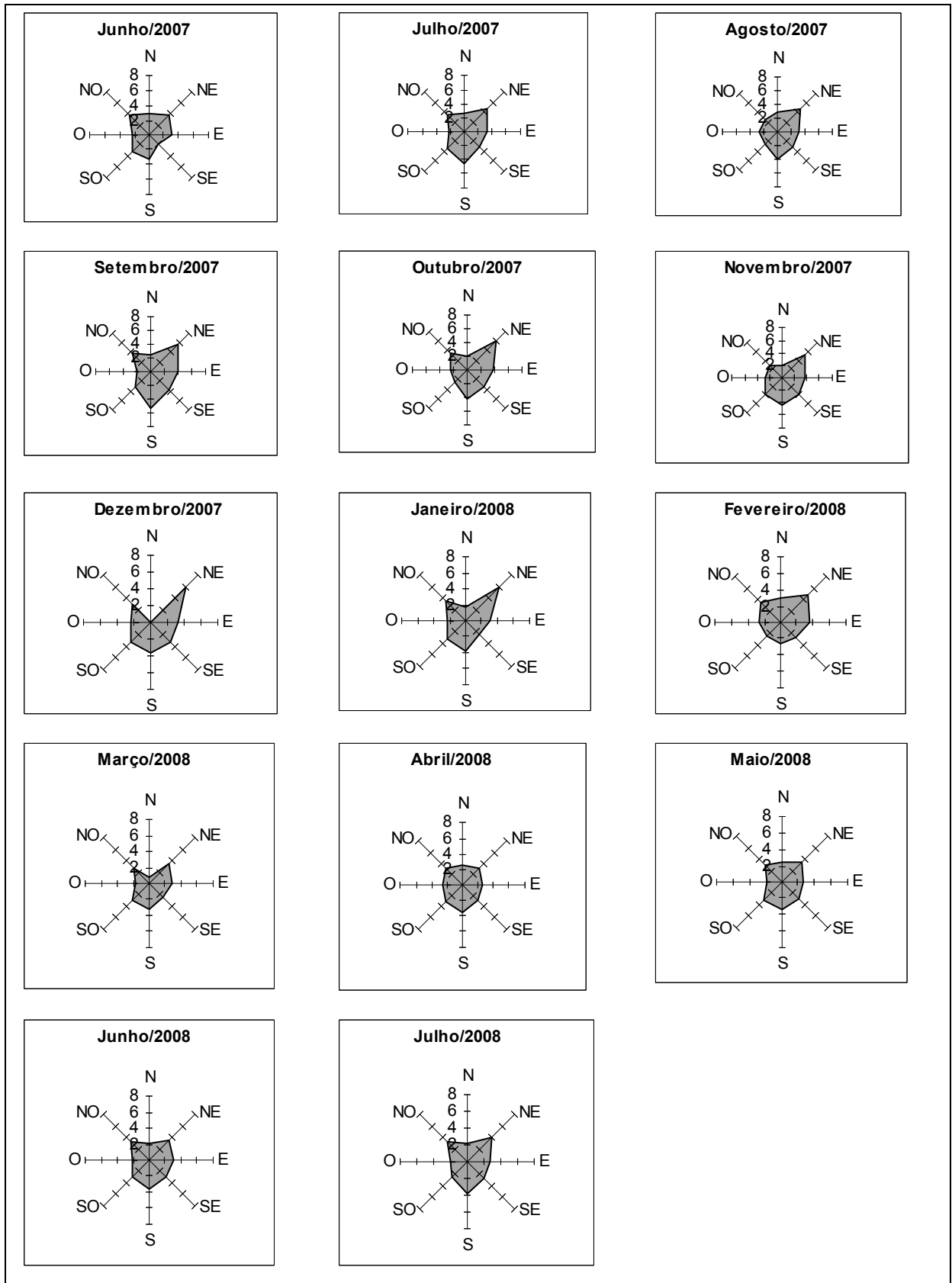


Figura 16: Direção e velocidade média mensal a 30 m.

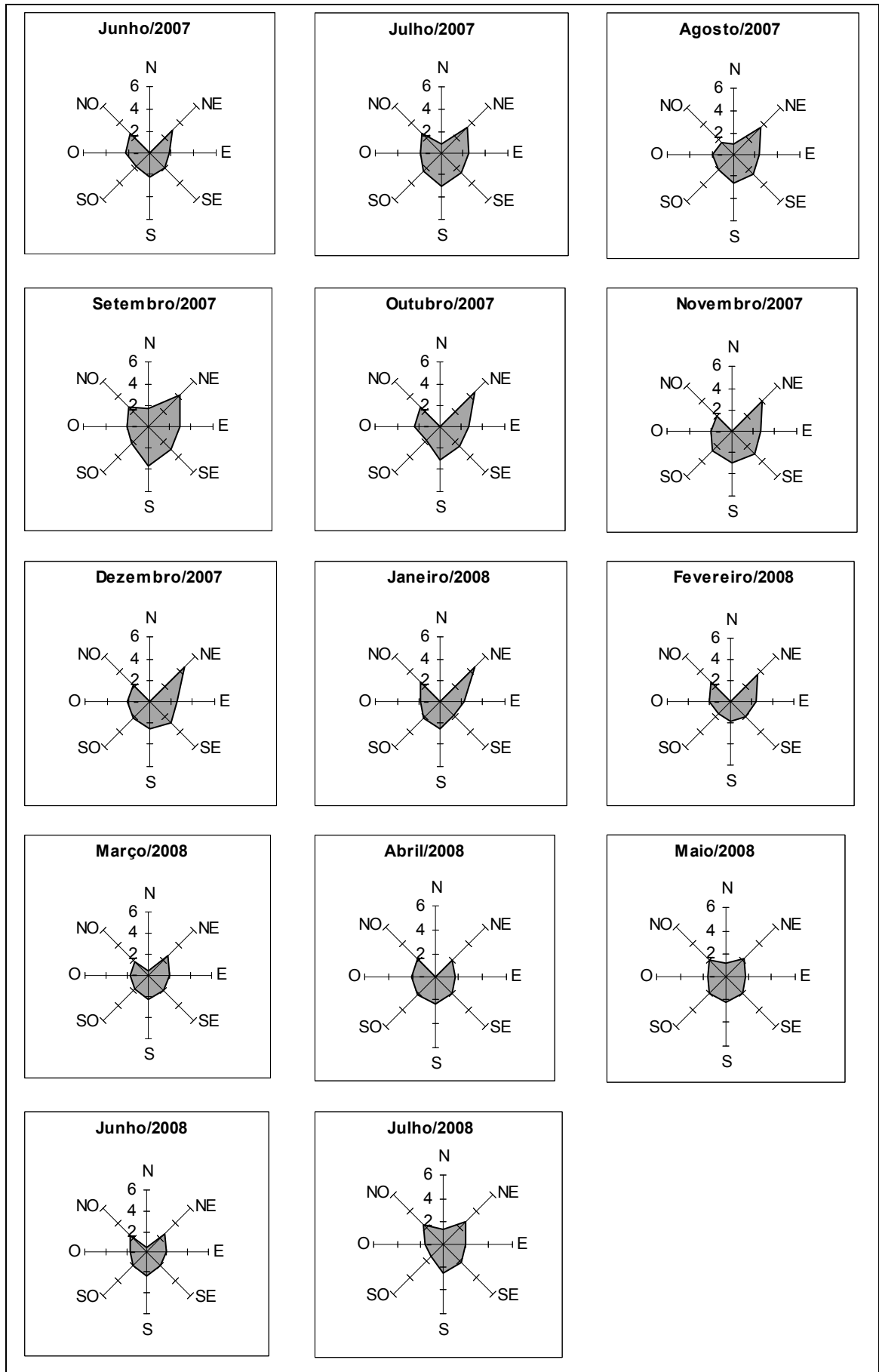


Figura 17: Direção e velocidade média mensal a 15 m.

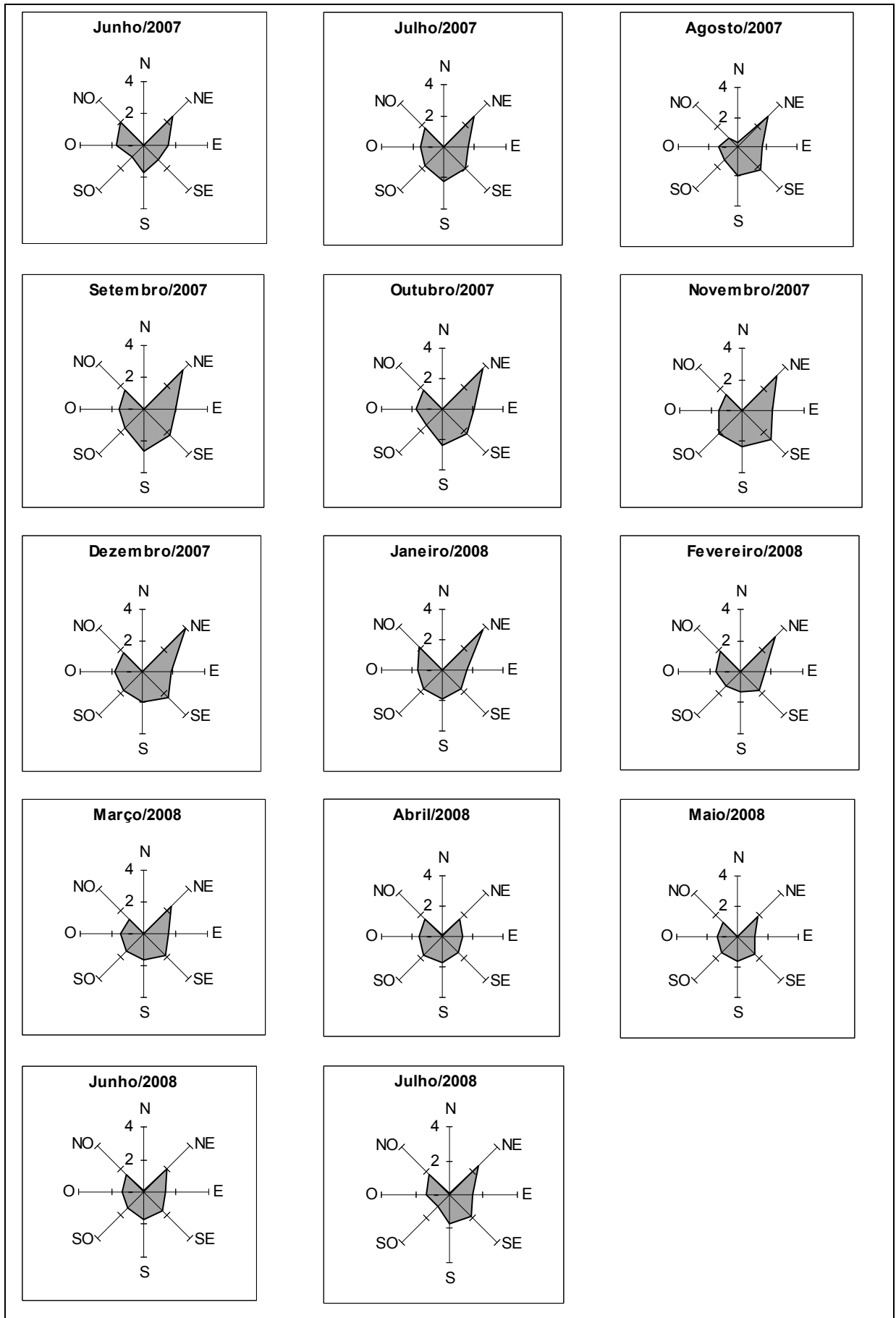


Figura 18: Direção e velocidade média mensal a 10 m.

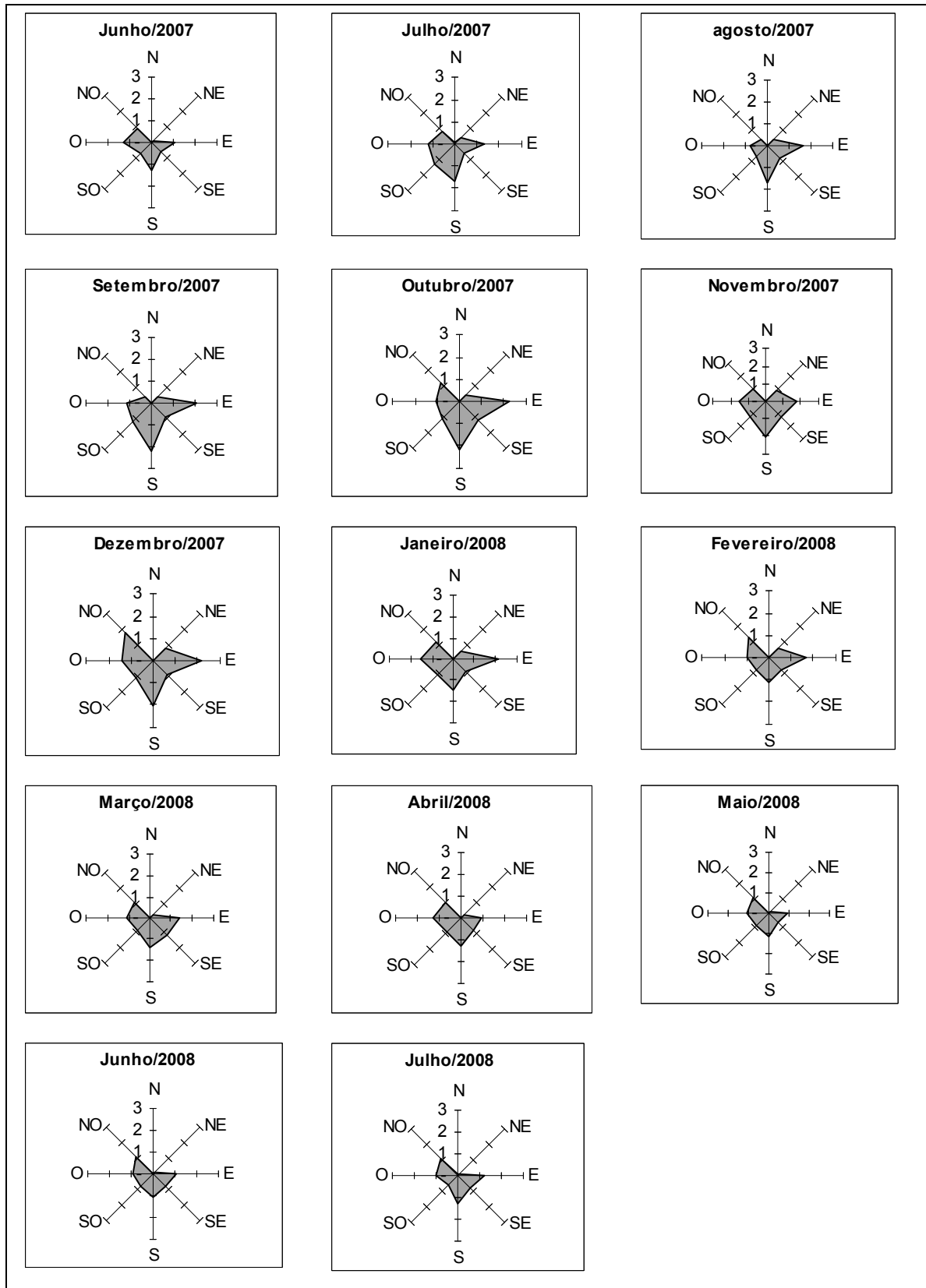


Figura 19: Direção e velocidade média mensal a 3 m.

4.8.1 DIREÇÃO E VELOCIDADE MÉDIA MENSAL A 50 m

Analisando as rosas dos ventos da Figura 15 que apresenta a média mensal da velocidade e direção do vento registrado a 50 m é possível observar que não há muita variação em torno da média ao longo dos meses analisados, sendo o vento leste, o que apresenta a maior média de velocidade. A maior velocidade média foi de $7,07 \text{ m.s}^{-1}$ que ocorreu no mês de outubro, na direção leste e a menor velocidade foi de $0,98 \text{ m.s}^{-1}$ no mês de junho na direção sul, desconsiderando os meses agosto, setembro e fevereiro, que não apresentaram ocorrências do vento na direção norte.

4.8.2 DIREÇÃO E VELOCIDADE MÉDIA MENSAL A 30 m

Analisando as rosas dos ventos da Figura 16 que apresenta a média mensal da velocidade e da direção do vento registrado a 30 m é possível observar que a distribuição do vento ao longo dos meses é bem distribuída com pouca variação da média para todas as direções. A maior velocidade média foi de $6,10 \text{ m.s}^{-1}$ no mês de outubro na direção nordeste e a menor velocidade média ocorreu no mês de março, na direção norte, sendo esta de $0,73 \text{ m.s}^{-1}$, desconsiderando o mês de dezembro que não houve velocidade registrada na direção norte.

A 30 m de altura o vento nordeste possui a maior velocidade média diferindo da altura de 50 m em que o vento com maior velocidade está no quadrante leste. O vento sul possui maior velocidade a 30 m que a 50 m de altura, sendo o vento sul o que apresenta uma das maiores média de velocidade na maior parte dos meses.

4.8.3 DIREÇÃO E VELOCIDADE MÉDIA MENSAL A 15 m

Analisando as rosas dos ventos da Figura 17 que apresenta a média mensal da velocidade e da direção do vento registrado a 15 m é possível observar que a variação é pequena em torno da média em todas as direções. A maior velocidade média foi de $4,64 \text{ m.s}^{-1}$ no mês de outubro na direção nordeste, e a menor média foi de $0,40 \text{ m.s}^{-1}$ no mês de março na direção sul. A maior média mensal coincide, na maioria das vezes, com a maior frequência mensal do vento.

4.8.4 DIREÇÃO E VELOCIDADE MÉDIA MENSAL A 10 m

Analisando as rosas dos ventos da Figura 18 que apresenta a média mensal da velocidade e da direção do vento registrado a 10 m é possível observar que a distribuição ao longo dos meses a 10, 15 e 30 m é semelhante, com pouca variação em torno da média. A maior velocidade média foi de $3,99 \text{ m.s}^{-1}$, no mês de outubro, na direção nordeste e a menor, de $0,03 \text{ m.s}^{-1}$ no mês de maio, na direção norte.

4.8.5 DIREÇÃO E VELOCIDADE MÉDIA MENSAL A 3 m

Analisando as rosas dos ventos da Figura 19 que apresenta a média mensal da velocidade e da direção do vento registrado a 3 m é possível observar a ocorrência de picos do vento na direção nordeste diminui e se distribuem nas direções leste, sul, noroeste e oeste. A maior velocidade média foi de $2,23 \text{ m.s}^{-1}$, no mês de outubro e na direção leste e a menor de $0,01 \text{ m.s}^{-1}$ nos meses de junho, agosto, março na direção norte, desconsiderando os meses em que não houve ocorrências do vento norte.

4.9. DIREÇÃO E VELOCIDADE MÁXIMA MENSAL

Com os registros da direção e velocidade máxima observados no intervalo de 20 minutos, foi calculado a média da direção e da velocidade máxima para cada mês nos 5 (cinco) níveis.

Nas Figuras 20, 21, 22, 23 e 24 são apresentadas às rosas dos ventos da velocidade média e da direção máxima do vento para cada mês, a 50, 30, 15, 10 e 3 m, respectivamente.

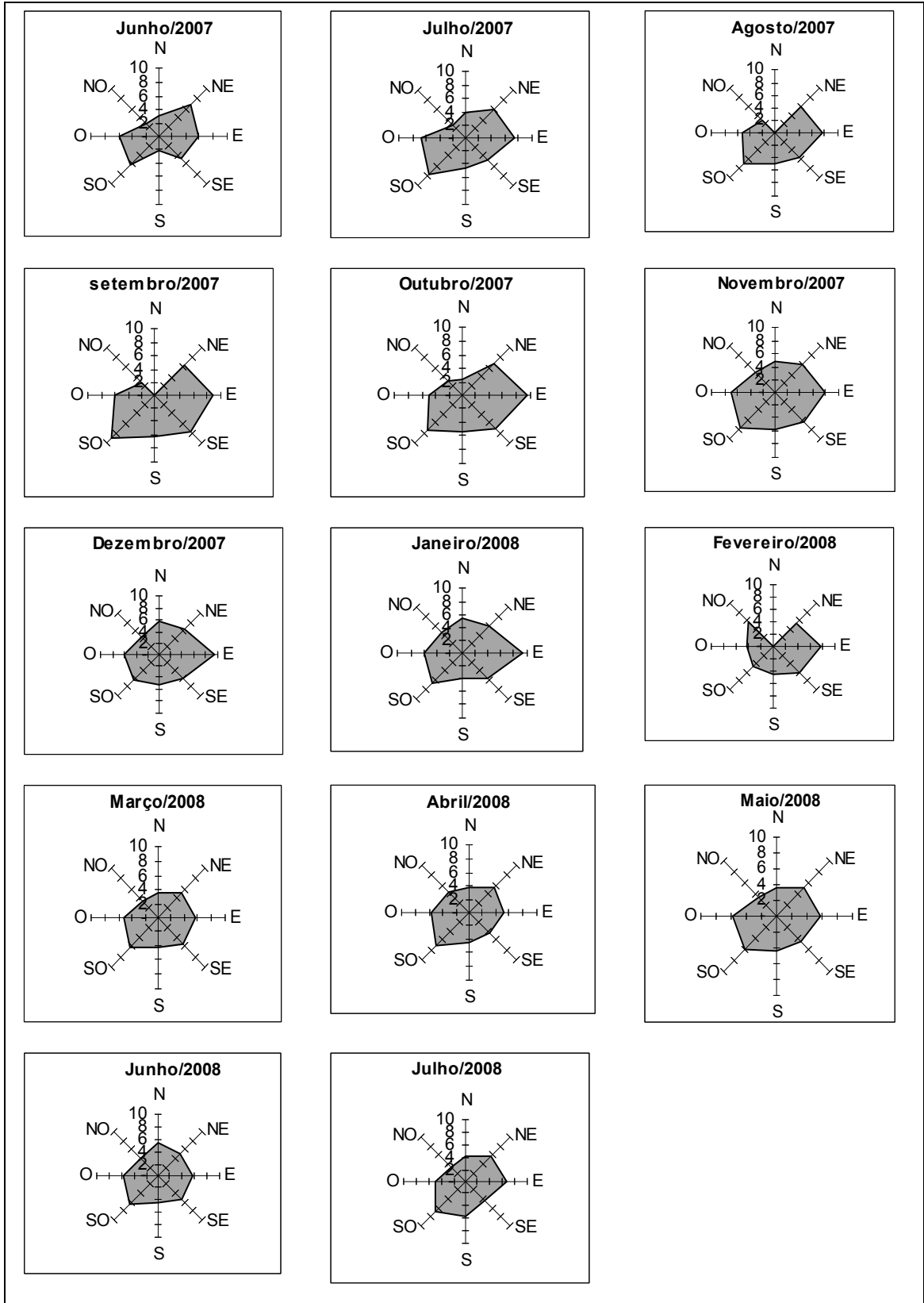


Figura 20: Direção e velocidade máxima mensal a 50 m.

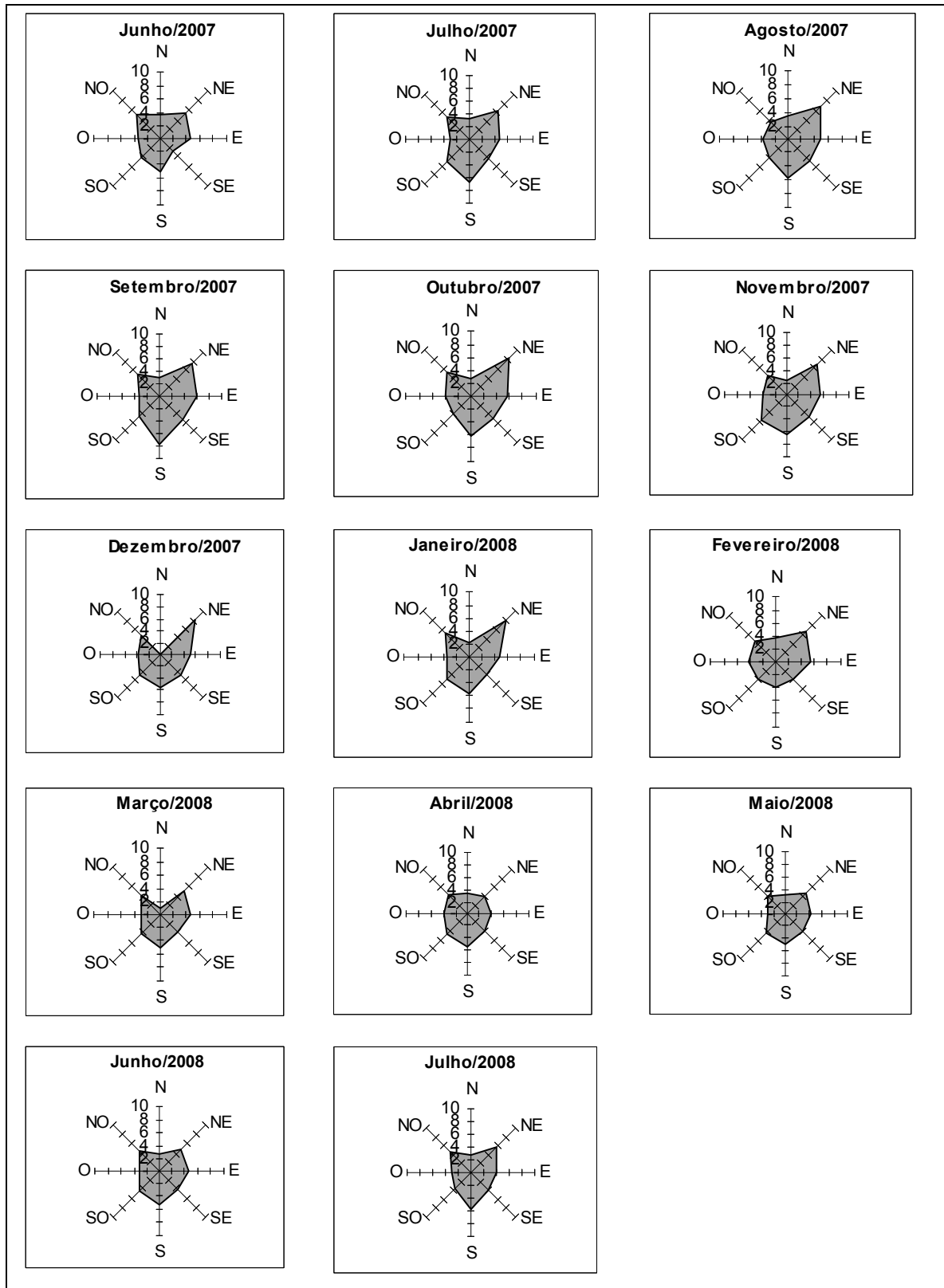


Figura 21: Direção e velocidade máxima mensal a 30 m

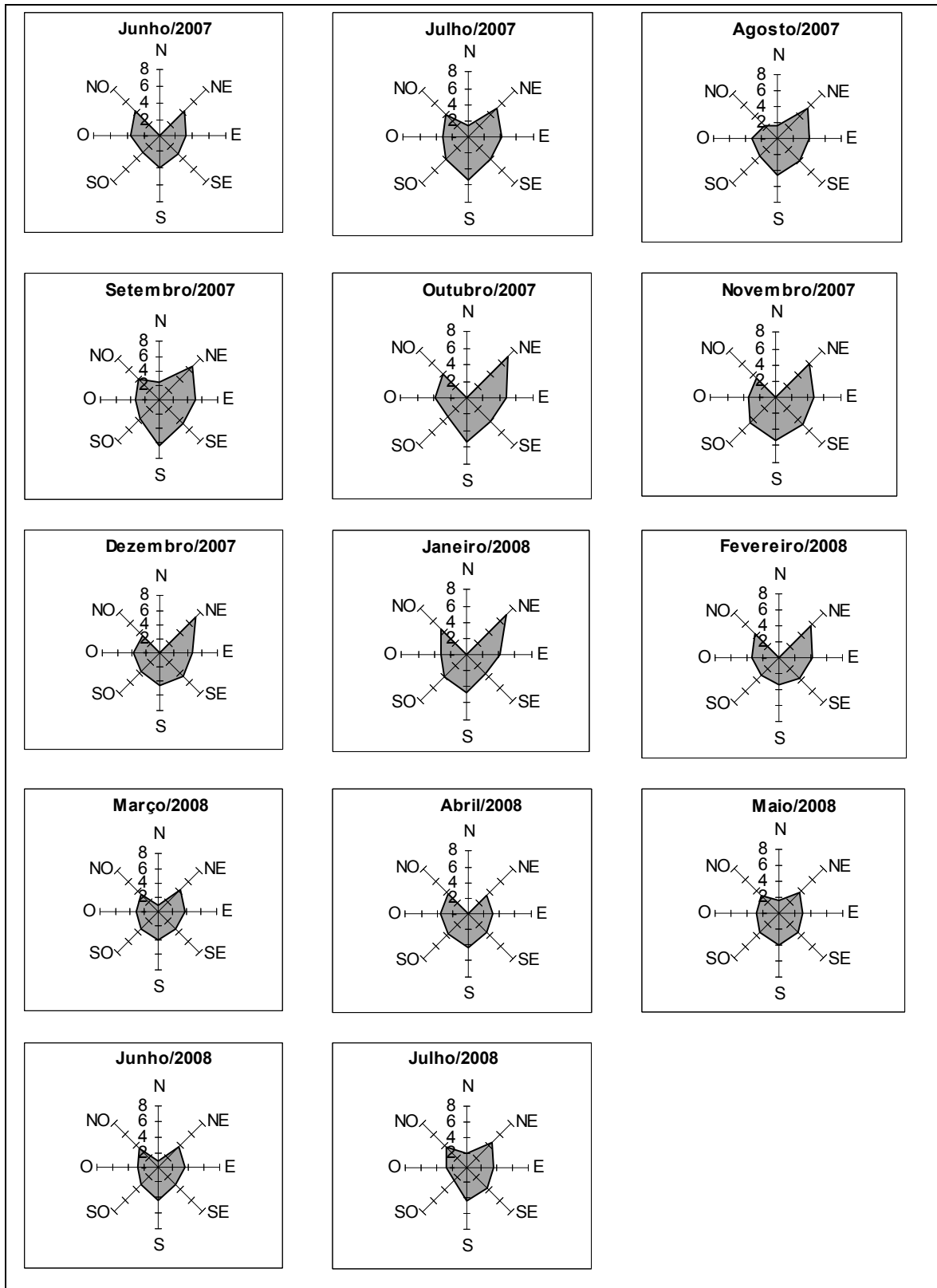


Figura 22: Direção e velocidade máxima mensal a 15 m

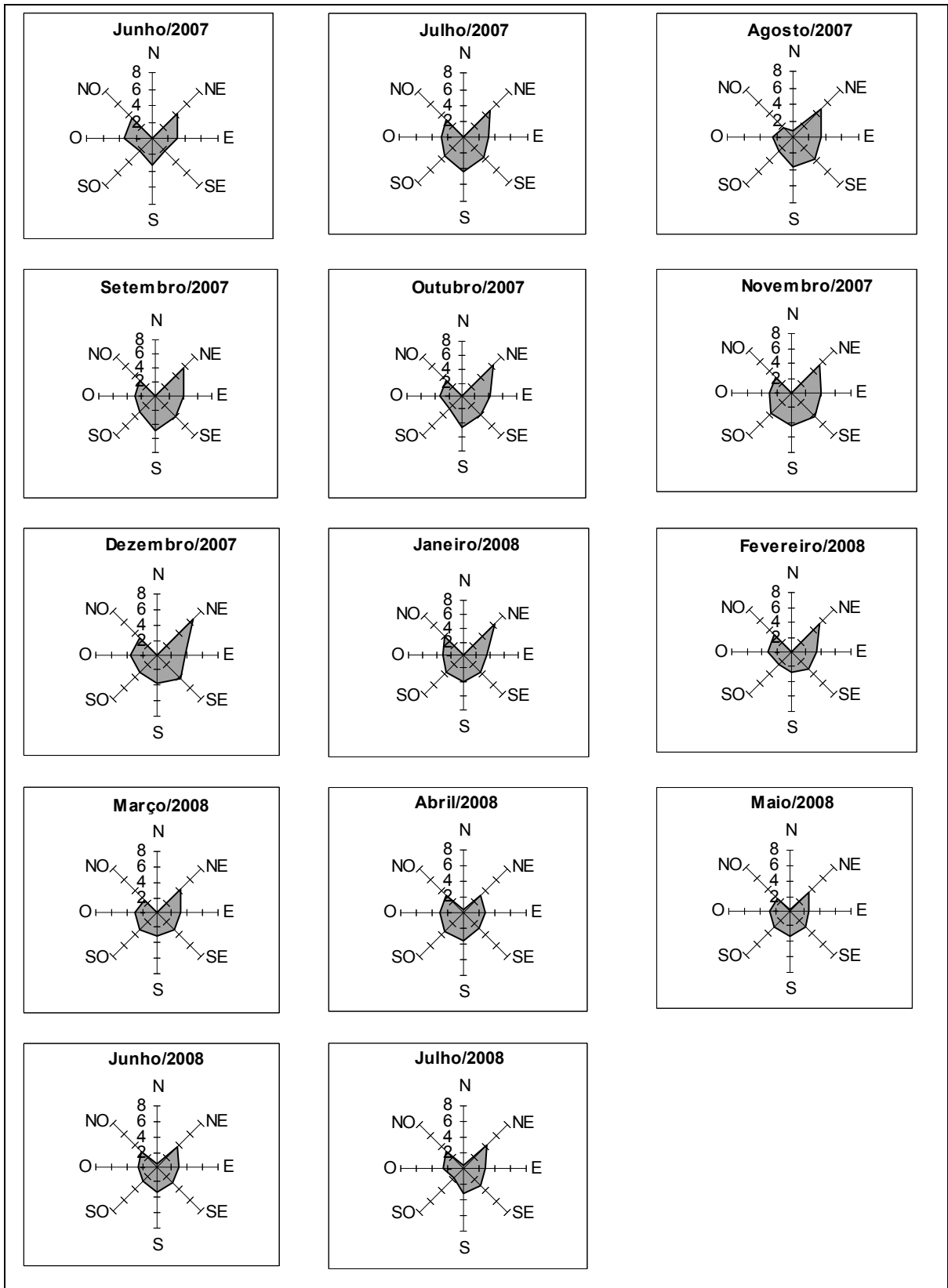


Figura 23: Direção e velocidade máxima mensal a 10 m

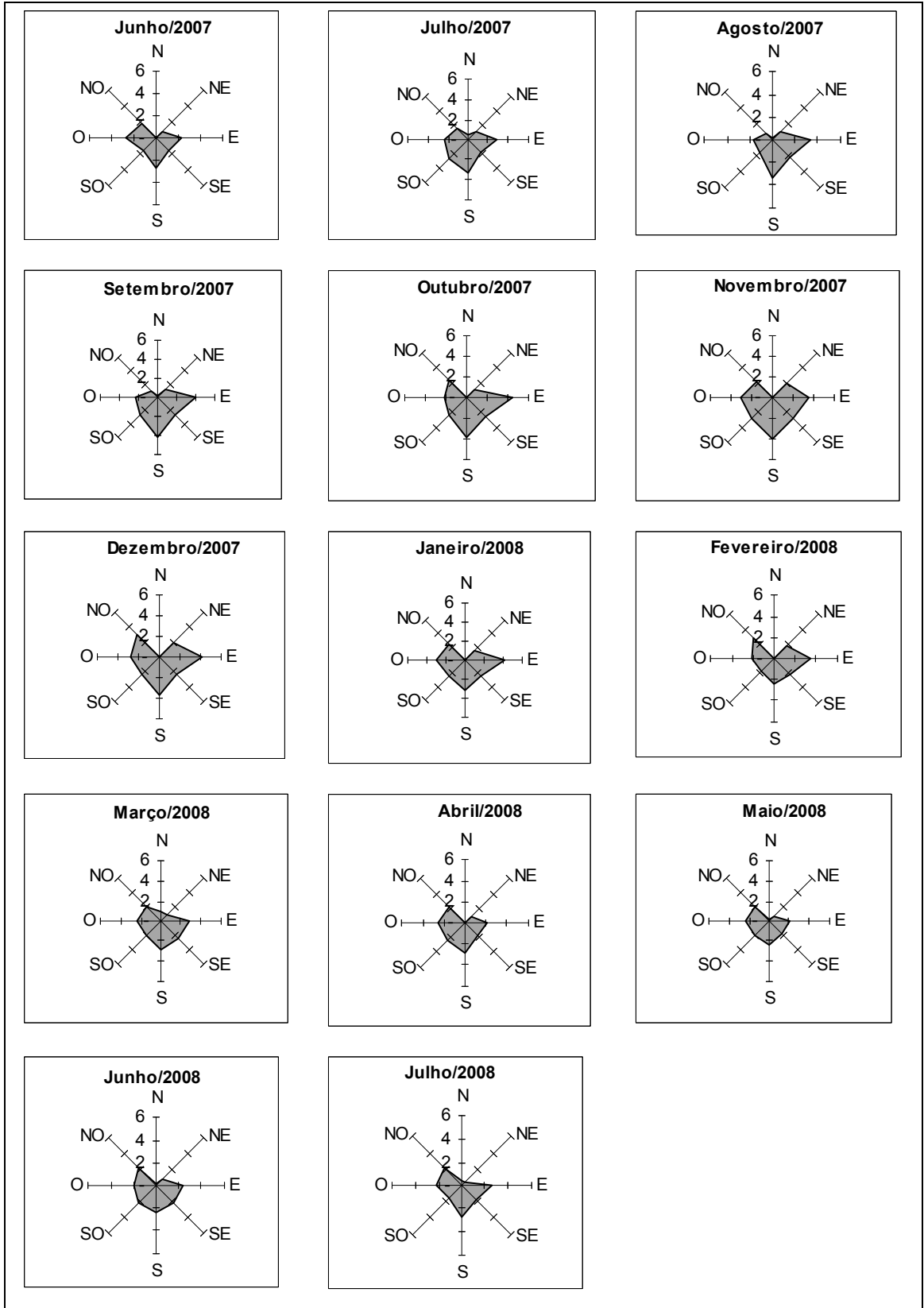


Figura 24: Direção e velocidade máxima mensal a 3 m

4.9.1 DIREÇÃO E VELOCIDADE MÁXIMA MENSAL A 50 m

Analisando as rosas dos ventos da Figura 20 que apresenta a direção e a velocidade máxima mensal registrada a 50 m é possível observar que a velocidade máxima apresenta pouca variação em torno da média em todas as direções. A maior média foi de $9,43 \text{ m.s}^{-1}$ no mês de outubro, na direção leste e a menor de $2,11 \text{ m.s}^{-1}$ em junho de 2007, na direção sul.

4.9.2 DIREÇÃO E VELOCIDADE MÁXIMA MENSAL A 30 m

Analisando as rosas dos ventos da Figura 21 que apresenta a direção e a velocidade máxima mensal registrada a 30 m é possível observar que houve pouca variação em torno da média, ocorrendo extremos de velocidade em todas as direções, observa-se ainda uma distribuição mais uniforme que a 50 m, com a maior velocidade média do vento máximo na direção nordeste, sul e noroeste. A maior média foi de $8,36 \text{ m.s}^{-1}$ no mês de outubro na direção nordeste e a menor média foi de $1,05 \text{ m.s}^{-1}$, no mês de março na direção norte.

4.9.3 DIREÇÃO E VELOCIDADE MÁXIMA MENSAL A 15 m

Analisando as rosas dos ventos da Figura 22 que apresenta a direção e a velocidade máxima mensal registrada a 15 m é possível observar que há ocorrência de picos de velocidade máxima em todas as direções variando ao longo dos meses. Observa-se ainda que a maior velocidade média foi de $7,23 \text{ m.s}^{-1}$ no mês de outubro na direção nordeste e a menor velocidade média de $0,76 \text{ m.s}^{-1}$ no mês de junho/2008 na direção norte. Desconsiderando os meses em que não houve ocorrência do vento norte. O vento máximo a 15 m possui o mesmo comportamento do vento a 30 m, com picos de velocidade máxima na direção nordeste, coincidindo com os mesmos meses. A rosa dos ventos mostra ainda que o vento com maior velocidade é o que possui a maior frequência mensal.

4.9.4 DIREÇÃO E VELOCIDADE MÁXIMA MENSAL A 10 m

Analisando as rosas dos ventos da Figura 23 que apresenta a direção e a velocidade máxima mensal registrada a 10 m é possível observar que há ocorrência de extremos de velocidade em praticamente todas as direções, exceto na direção norte. No entanto, a 10 m de altura, nos meses de abril a julho/2008 houve ocorrências do vento norte, porém com velocidade abaixo da média mensal. A maior média de velocidade foi de $6,60 \text{ m.s}^{-1}$ no mês de dezembro, diferindo dos outros níveis em que a maior média ocorreu no mês de outubro. A menor média da velocidade máxima foi de $0,19 \text{ m.s}^{-1}$, no mês de maio, na direção norte. Desconsiderando os meses em que não houve ocorrência do vento norte. Os maiores picos de velocidade a 10 m, possui o mesmo padrão dos outros níveis, ocorrendo entre as direções nordeste e noroeste variando ao longo dos meses. Porém a maior média de velocidade máxima na maior parte dos meses foi na direção nordeste, pois apresenta a maior frequência.

4.9.5 DIREÇÃO E VELOCIDADE MÁXIMA MENSAL A 3 m

Analisando as rosas dos ventos da Figura 24 que apresenta a direção e a velocidade máxima mensal registrada a 3 m é possível observar que o vento com maior média de velocidade está na direção leste, coincidindo com a rosa dos ventos de frequência mensal, que indica a predominância da direção leste. No entanto ao longo dos meses há ocorrência de picos em outras direções. É possível observar também que o vento sul, possui velocidade acima de 2 m.s^{-1} em todos os meses concordando a rosa dos ventos que mostrou que com a redução da altura de medida há um aumento na frequência do vento sul. A maior média da velocidade máxima foi de $4,39 \text{ m.s}^{-1}$, no mês de outubro na direção leste e a menor velocidade média foi de $0,08 \text{ m.s}^{-1}$, no mês de julho de 2007 na direção norte, desconsiderando os meses em que não houve ocorrência do vento norte.

A rosa dos ventos mensal da velocidade média, máxima e mínima mostrou que a direção predominante na maior parte dos meses nos níveis de medida de 30, 15 e 10 foi na direção nordeste, mostrou também que a maior média de velocidade coincide com a maior frequência.

4.10. DIREÇÃO E VELOCIDADE MÍNIMA MENSAL

Com os registros da direção e velocidade mínima registrados no intervalo de 20 minutos, foi calculada a média da direção e da velocidade mínima para cada mês nos 5 (cinco) níveis.

Nas Figuras 25, 26, 27, 28 e 29 são apresentadas às rosas dos ventos da velocidade e da direção do vento mínimo para cada mês, a 50, 30, 15, 10 e 3 m, respectivamente.

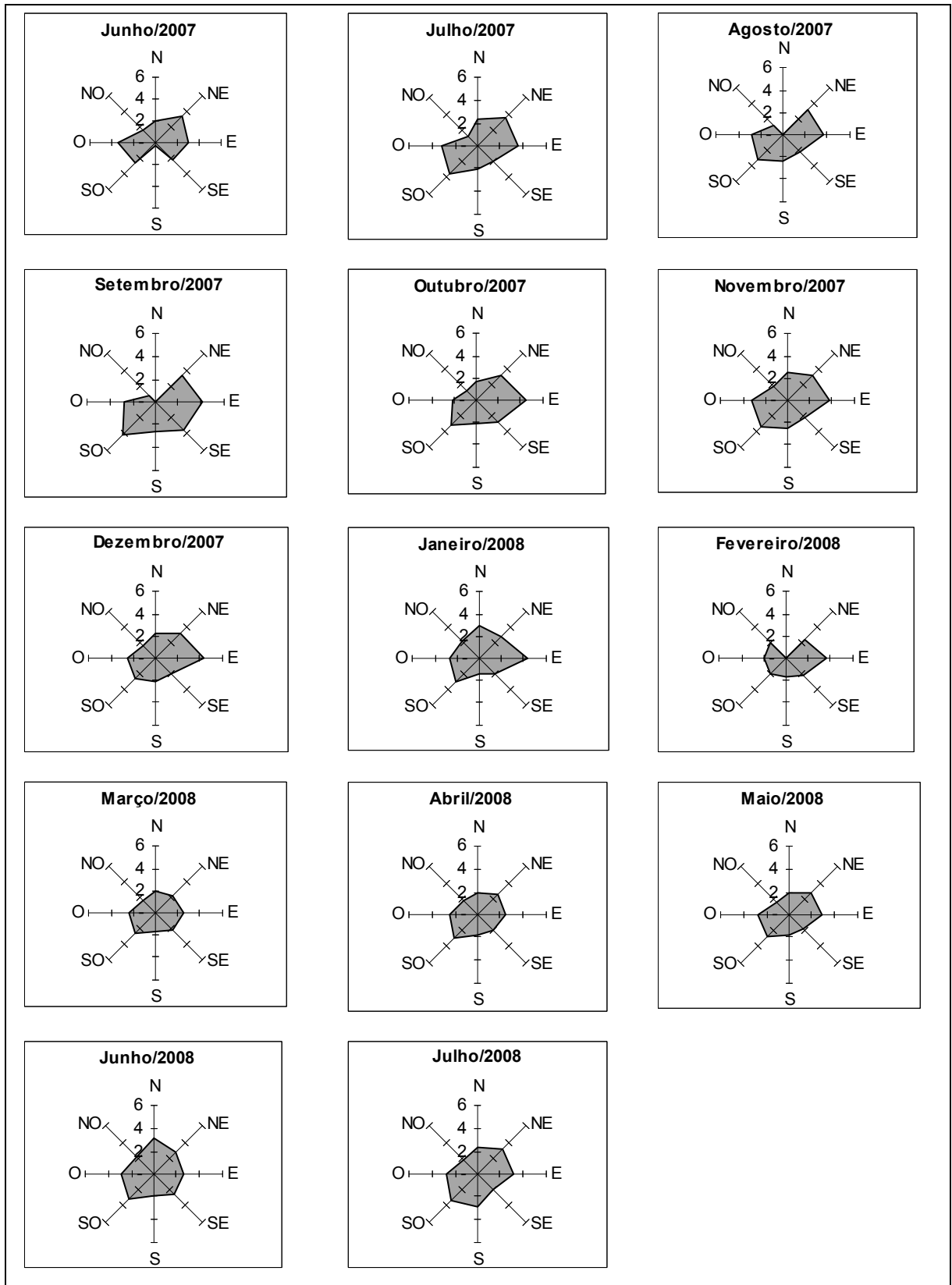


Figura 25: Direção e velocidade mínima mensal a 50 m.

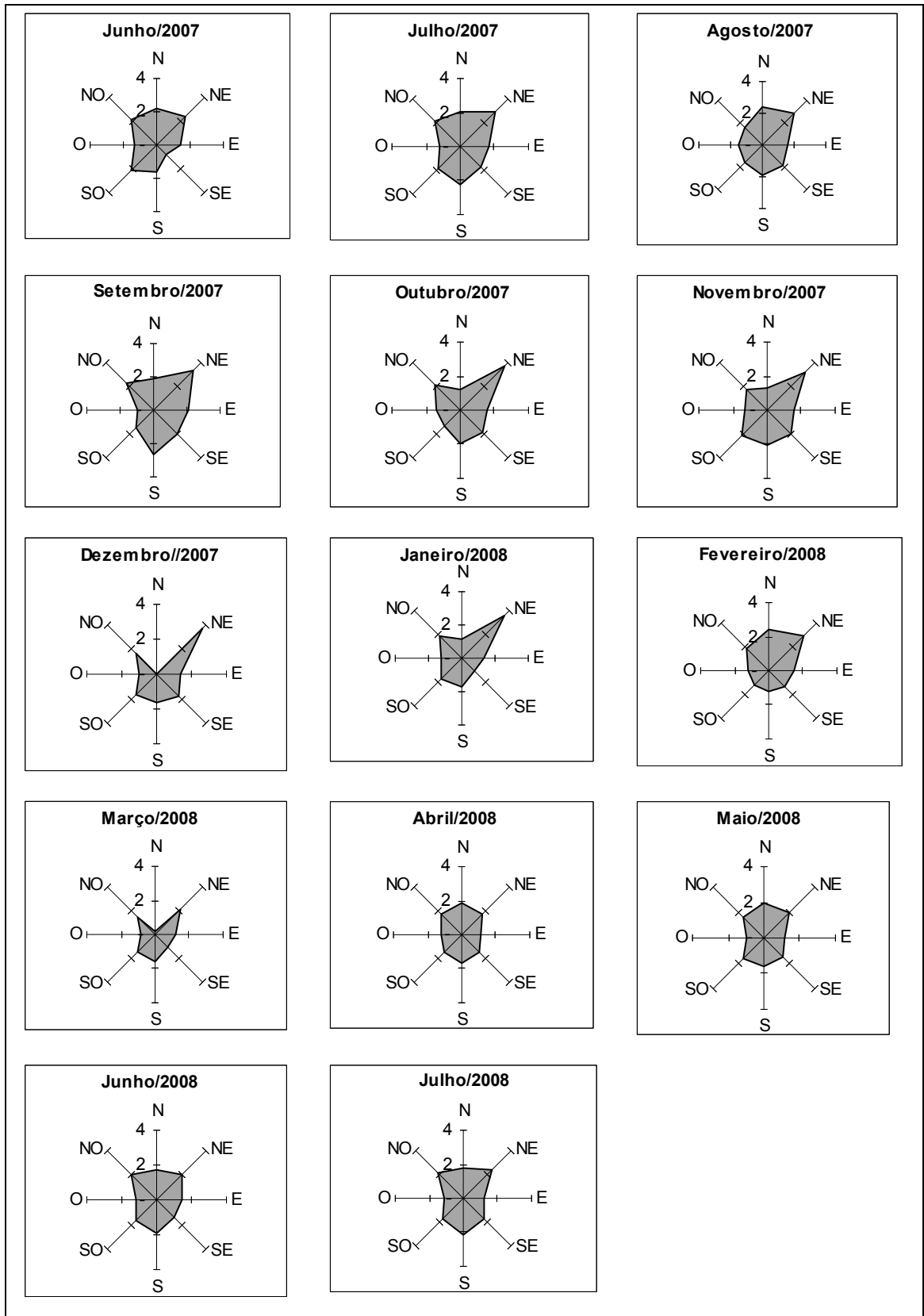


Figura 26: Direção e velocidade mínima mensal a 30 m.

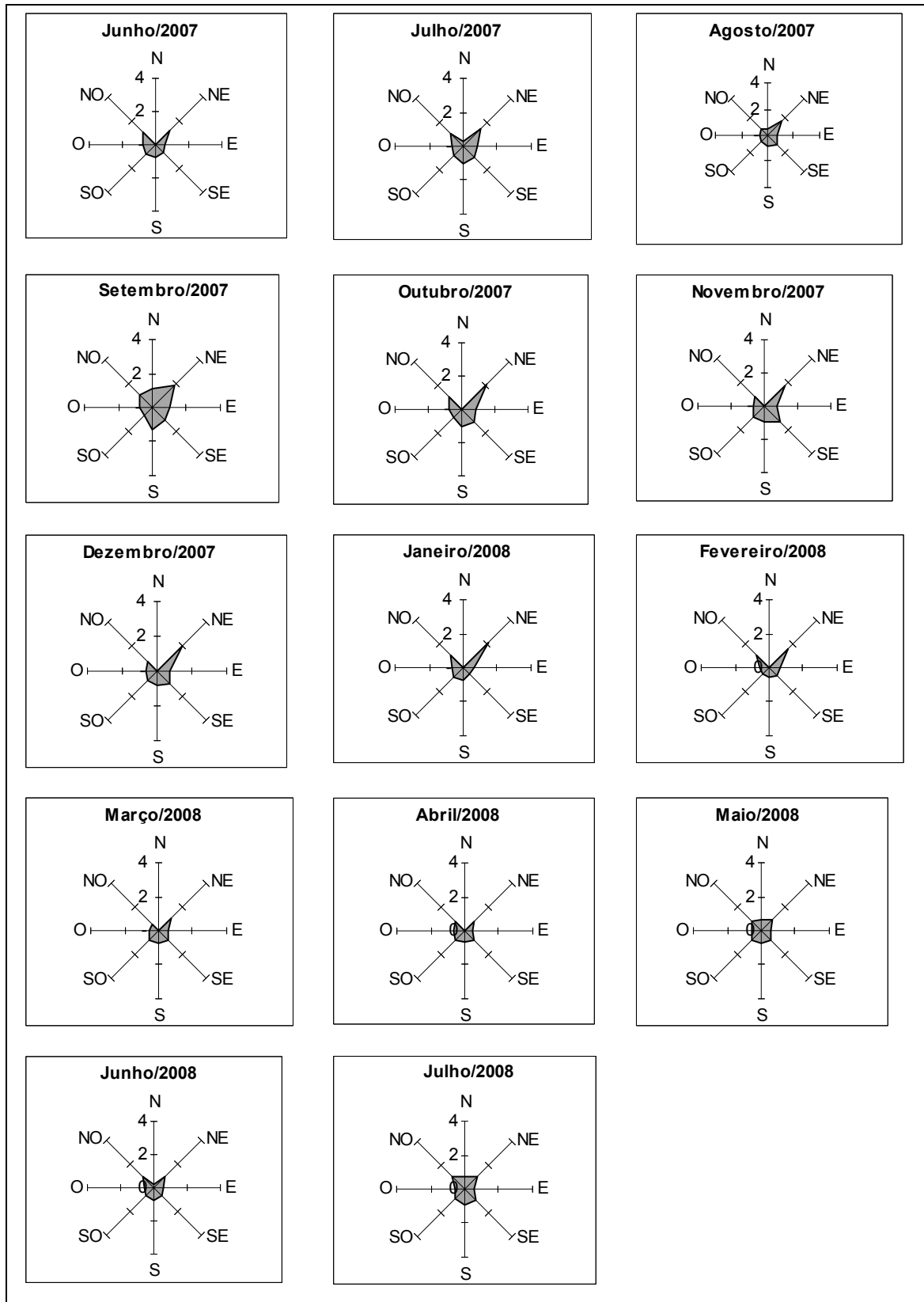


Figura 27: Direção e velocidade mínima mensal a 15 m.

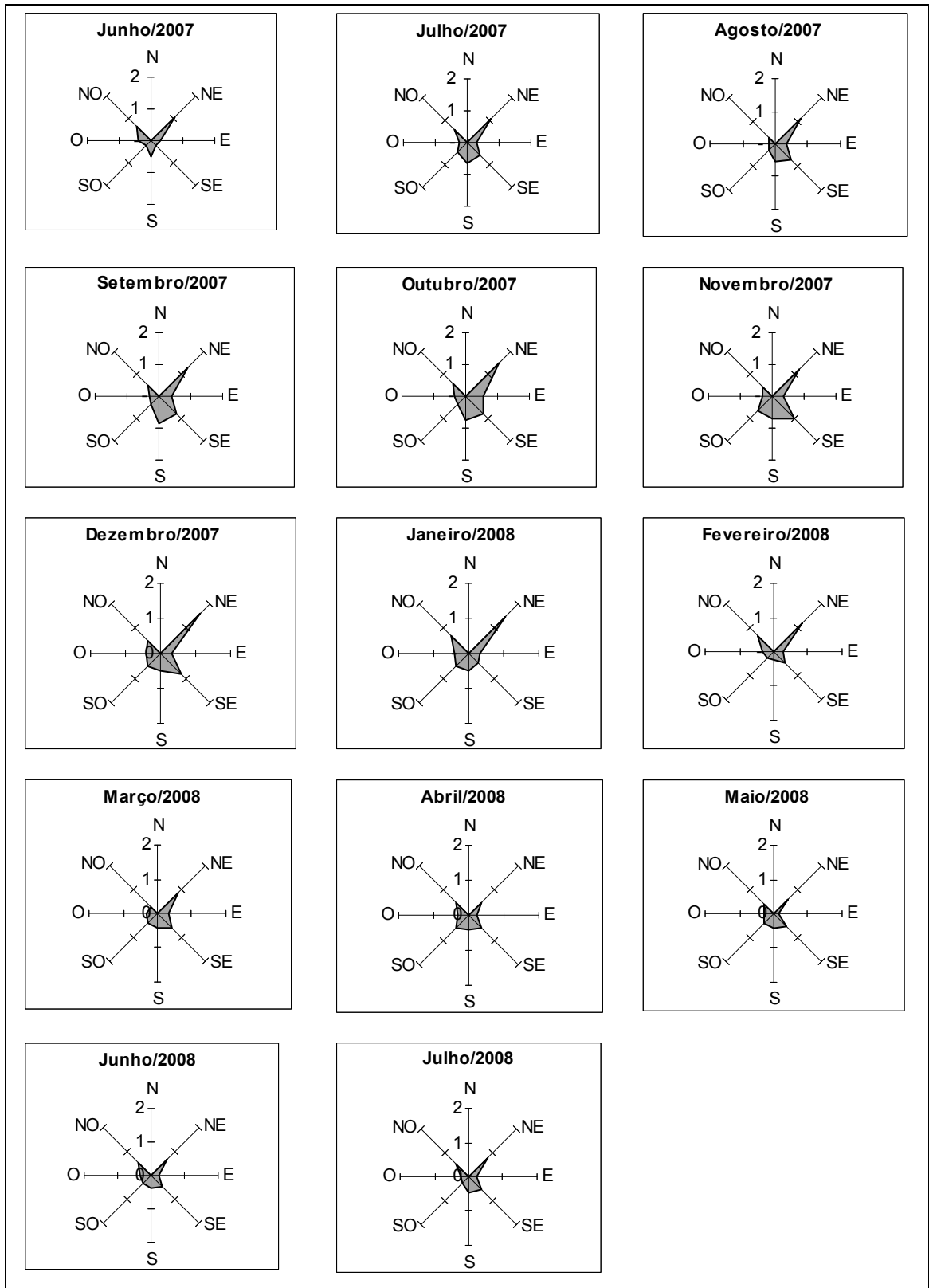


Figura 28: Direção e velocidade mínima mensal a 10 m.

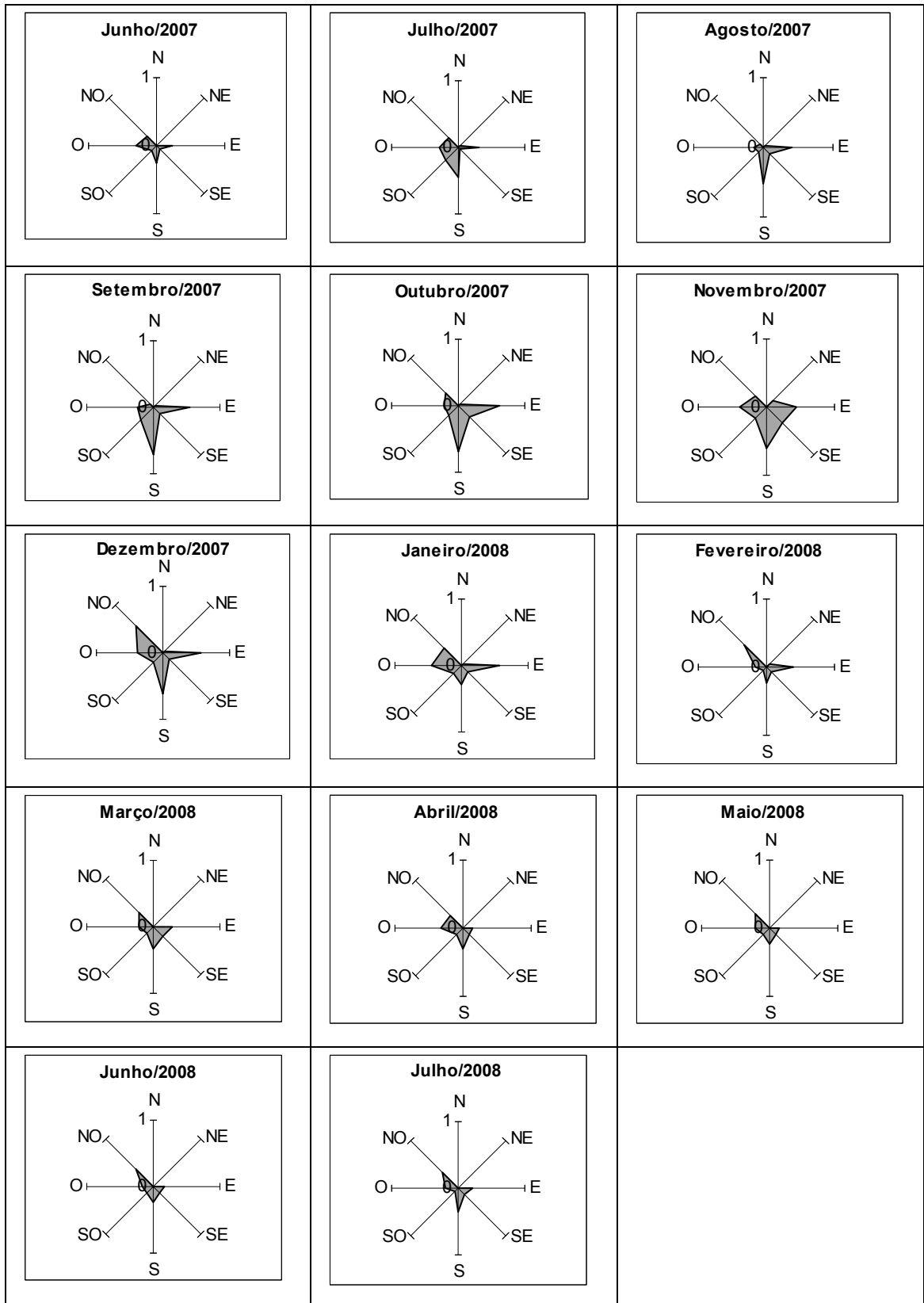


Figura 29: Direção e velocidade mínima mensal a 3 m.

4.10.1 DIREÇÃO E VELOCIDADE MÍNIMA MENSAL A 50 m

Analisando as rosas dos ventos da Figura 25 que apresenta a direção e a velocidade máxima mensal registrada a 50 m é possível observar que o comportamento da velocidade mínima é semelhante à velocidade máxima e média, apresentando picos de velocidade em todas as direções, porém com menor intensidade. A maior média da velocidade mínima foi de $4,45 \text{ m.s}^{-1}$ em outubro, na direção leste e a menor foi de $0,27 \text{ m.s}^{-1}$, no mês de junho de 2007, na direção sul.

4.10.2 DIREÇÃO E VELOCIDADE MÍNIMA MENSAL A 30 m

Analisando as rosas dos ventos da Figura 26 que apresenta a direção e a velocidade máxima mensal registrada a 30 m é possível observar que ocorre pouca variação em torno da média da velocidade mínima em todas as direções, com variação ao longo do ano e comportamento semelhante à velocidade média e máxima. Dentre a velocidade mínima o vento com maior velocidade está na direção nordeste, que varia em função da época do ano. O vento nordeste a este nível volta a ter maior frequência na direção leste, conforme apresentado na rosa dos ventos de frequência mensal e conseqüentemente possui a maior média. A maior média foi de $3,71 \text{ m.s}^{-1}$, ocorrida no mês de dezembro, na direção nordeste e a menor, de $0,23 \text{ m.s}^{-1}$, no mês de março, na direção norte, desconsiderando os meses em que não houve ocorrências do vento norte.

4.10.3 DIREÇÃO E VELOCIDADE MÍNIMA MENSAL A 15 m

Analisando as rosas dos ventos da Figura 27, que apresenta a direção e a velocidade mínima mensal registrada a 15 m é possível observar que o vento nordeste apresenta-se como o de maior média de velocidade, como ocorre com a velocidade média e máxima, sendo também o mais freqüente na maioria dos meses. A velocidade média do vento mínimo é baixa, em torno de 2 m.s^{-1} sendo a maior média de $2,21 \text{ m.s}^{-1}$, no mês de outubro, na direção nordeste e a menor média de $0,19 \text{ m.s}^{-1}$, no mês de junho, na direção norte.

4.10.4 DIREÇÃO E VELOCIDADE MÍNIMA MENSAL A 10 m

Analisando as rosas dos ventos da Figura 28, que apresenta a direção e a velocidade mínima mensal registrada a 10 m é possível observar que a média da velocidade mínima está abaixo de 2 m.s^{-1} . Conforme a rosa dos ventos de frequência mensal, na maioria dos meses o vento nordeste é o que possui maior frequência e concordando com os resultados apresentados anteriormente, os maiores picos de velocidade está na direção nordeste. A maior média foi $1,58 \text{ m.s}^{-1}$, no mês de dezembro na direção nordeste e a menor média foi de $0,16 \text{ m.s}^{-1}$ no mês de maio na direção leste.

4.10.5 VELOCIDADE MÍNIMA E DIREÇÃO MENSAL A 3 m

Analisando as rosas dos ventos da Figura 29, que apresenta a direção e a velocidade mínima mensal registrada a 3 m é possível observar que a velocidade mínima possui média mensal inferior a 1 m.s^{-1} o que neste trabalho foi considerado como período de calmaria.

4.11. DISTRIBUIÇÃO DA VELOCIDADE DO PERÍODO DE ESTUDO

Os valores de velocidade média, máxima e mínima, registrados a cada vinte minutos, nos cinco níveis, foram classificados dentro de intervalos de velocidade, a fim de se visualizar sua distribuição durante o período de estudo, caracterizando as rajadas e calmarias, bem como os meses e a hora de ocorrência. Os intervalos correspondem à velocidade maior ou igual a 15 m.s^{-1} , maior ou igual a 10 m.s^{-1} e menor que 15 m.s^{-1} , maior ou igual a 5 m.s^{-1} e menor que 10 m.s^{-1} e menor que 5 m.s^{-1} . Os resultados obtidos estão apresentados na Figura 30.

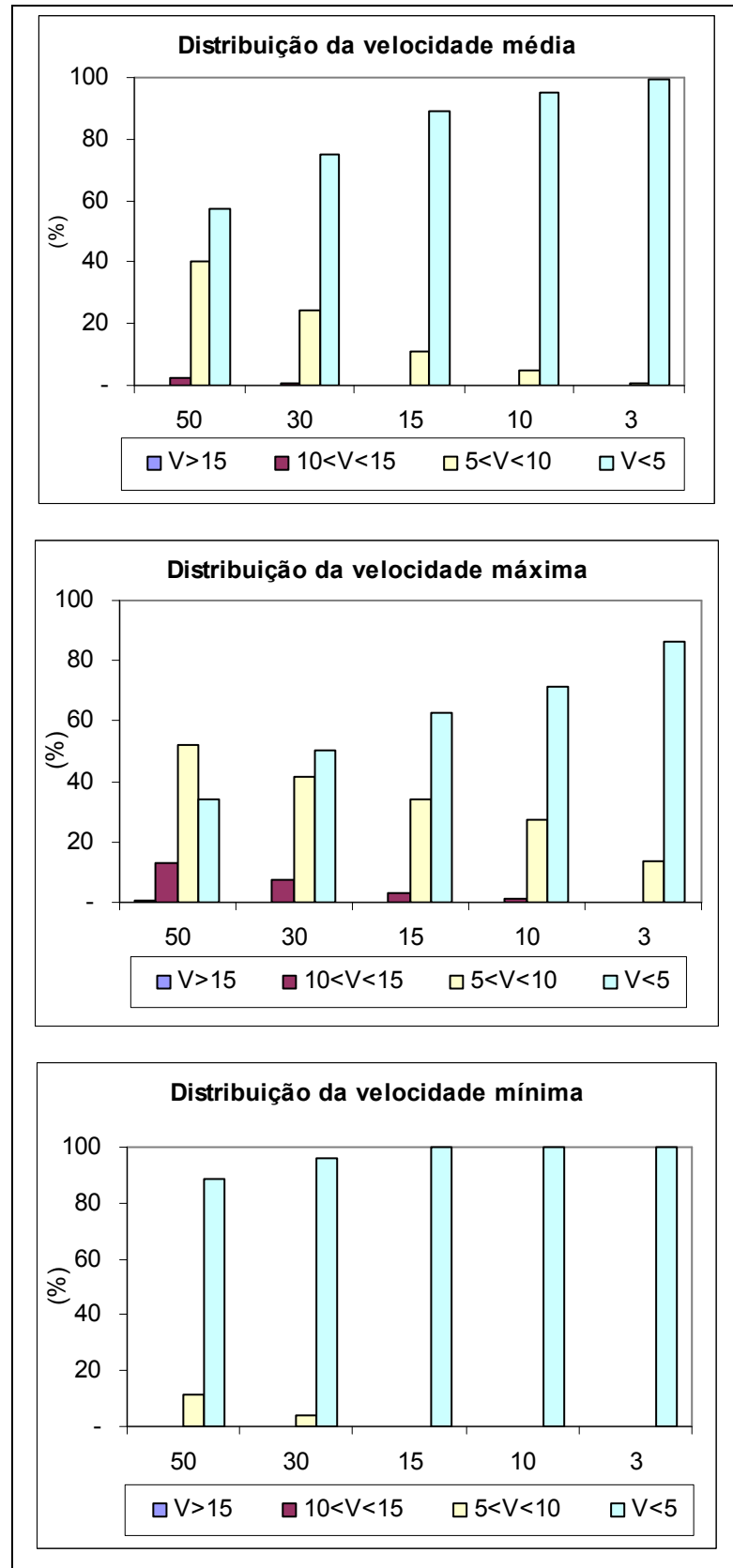


Figura 30: Distribuição da velocidade média, máxima e mínima nos intervalos determinados, nos cinco níveis.

Observa-se na Figura 30 que com a redução da altura, a porcentagem de ocorrência de velocidade acima de 5 m.s^{-1} diminui, possivelmente devido ao efeito da rugosidade do terreno. Observou-se ainda que os maiores registros de velocidade se foi inferior a 5 m.s^{-1} para a velocidade média, máxima e mínima. No entanto é possível observar ainda a ocorrência de picos acima de 15 m.s^{-1} , com baixa frequência. Na distribuição da velocidade máxima cerca de 20 % das ocorrências estão na faixa entre 10 e 15 m.s^{-1} a 30 m de altura e a 50 m essa proporção diminui para cerca de 10 % das ocorrências.

4.12. DIREÇÃO DOS PICOS MÁXIMOS NO PERÍODO DE ESTUDO

Com base na classificação anterior, os picos maiores que 15 m.s^{-1} e entre 10 e 15 m.s^{-1} foi distribuído de acordo com a sua direção. Na Figura 31 são apresentados à direção dos picos maior que 15 m.s^{-1} , em cada direção, nos 4 (quatro) níveis. Na Figura 32 são apresentados a direção dos picos com velocidade entre 10 e 15 m.s^{-1} .

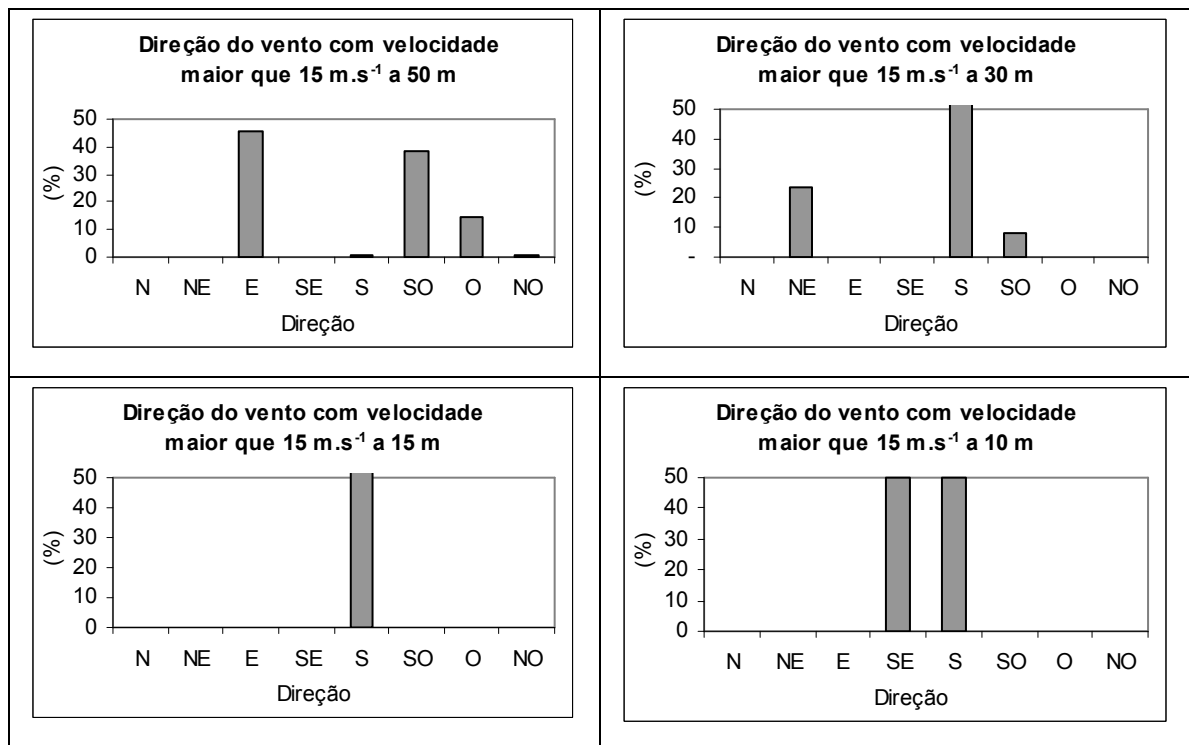


Figura 31: Direção do vento com velocidade maior que 15 m.s^{-1} .

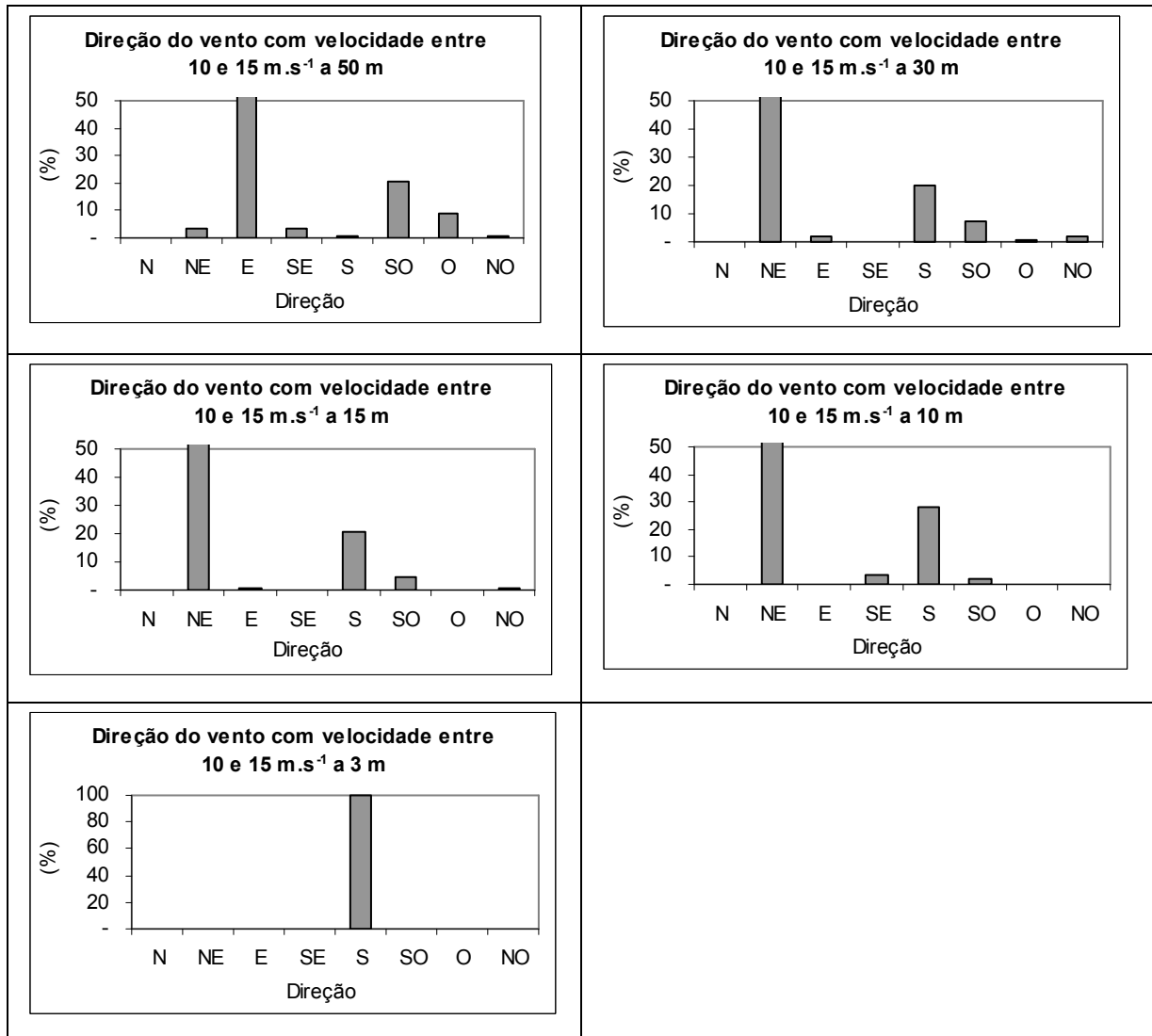


Figura 32: Direção do vento com velocidade entre 10 e 15 m.s⁻¹.

Os gráficos da Figura 31 coincidem com as rosas dos ventos em que as maior velocidade a 50 m estão na direção leste, com mais de 40 % das ocorrências durante o período analisado. A 30 m mais de 60 % do vento com velocidade superior a 15 m.s⁻¹ está na direção sul. A 15 m 100 % das ocorrências estão na direção sul e a 10 m estão divididos em 50 % nas direções sul e 50 % na sudeste. Os gráficos indicam que à medida que se reduz à altura o vento sul aumenta a sua frequência, sendo o vento que possui a maior velocidade a este nível de medida. Nesta análise não foi apresentado o gráfico com o nível de medida a 3 m de altura, devido, a ausência de ocorrência de velocidade acima de 15 m.s⁻¹ a esta altura.

Na Figura 32 os resultados indicam que a 50 m o vento registrado deste intervalo de velocidade coincide com a rosa dos ventos com direção predominante leste com mais de 60 % das ocorrências. Nas alturas de 30, 15 e 10 m a direção

predominante é nordeste, na maioria dos meses conforme apresentado na rosa dos ventos, resultando assim em grande porcentagem do vento do intervalo analisado, variando de 60 a 70 % das ocorrências. Pode-se observar ainda que, com a redução da altura há um aumento da freqüência do vento sul, chegando a 100 % das ocorrências a 3 m de altura.

4.13. DISTRIBUIÇÃO MENSAL DOS PICOS MÁXIMOS

Na Figura 33 são apresentados os gráficos da distribuição mensal dos picos máximos e na Figura 34 os gráficos da distribuição mensal dos picos com velocidade entre 10 a 15 m.s⁻¹.

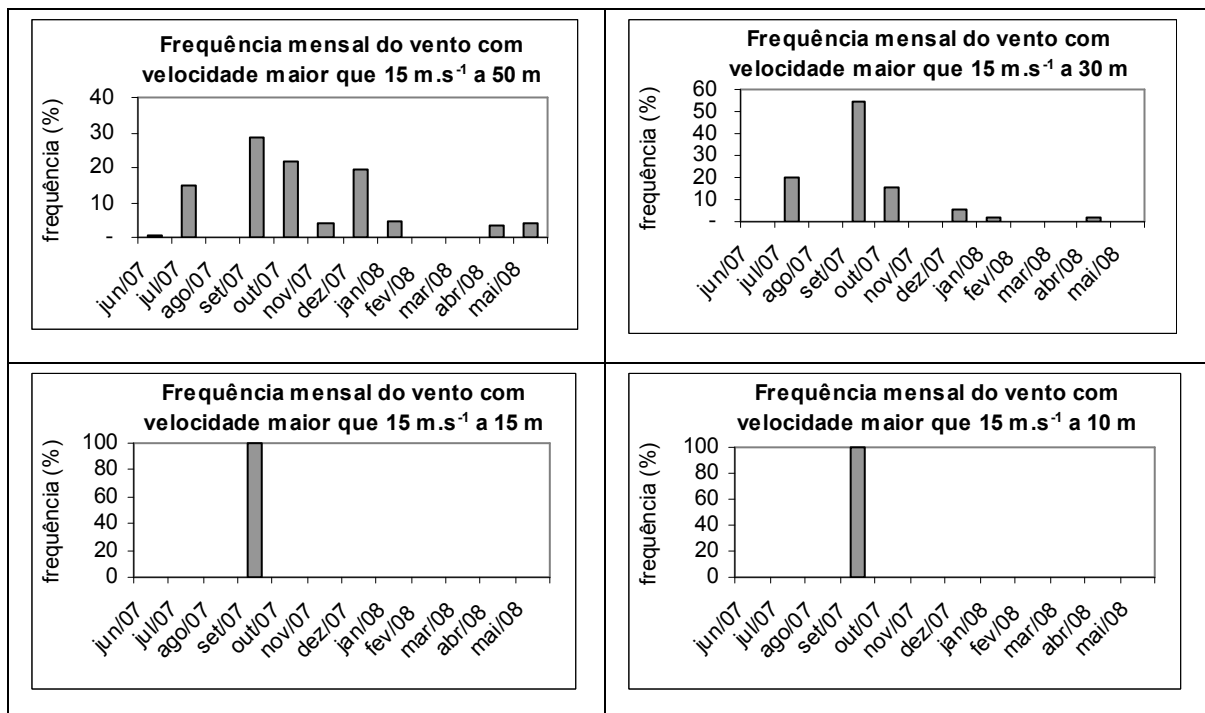


Figura 33: Frequência mensal do vento com velocidade maior que 15 m.s⁻¹.

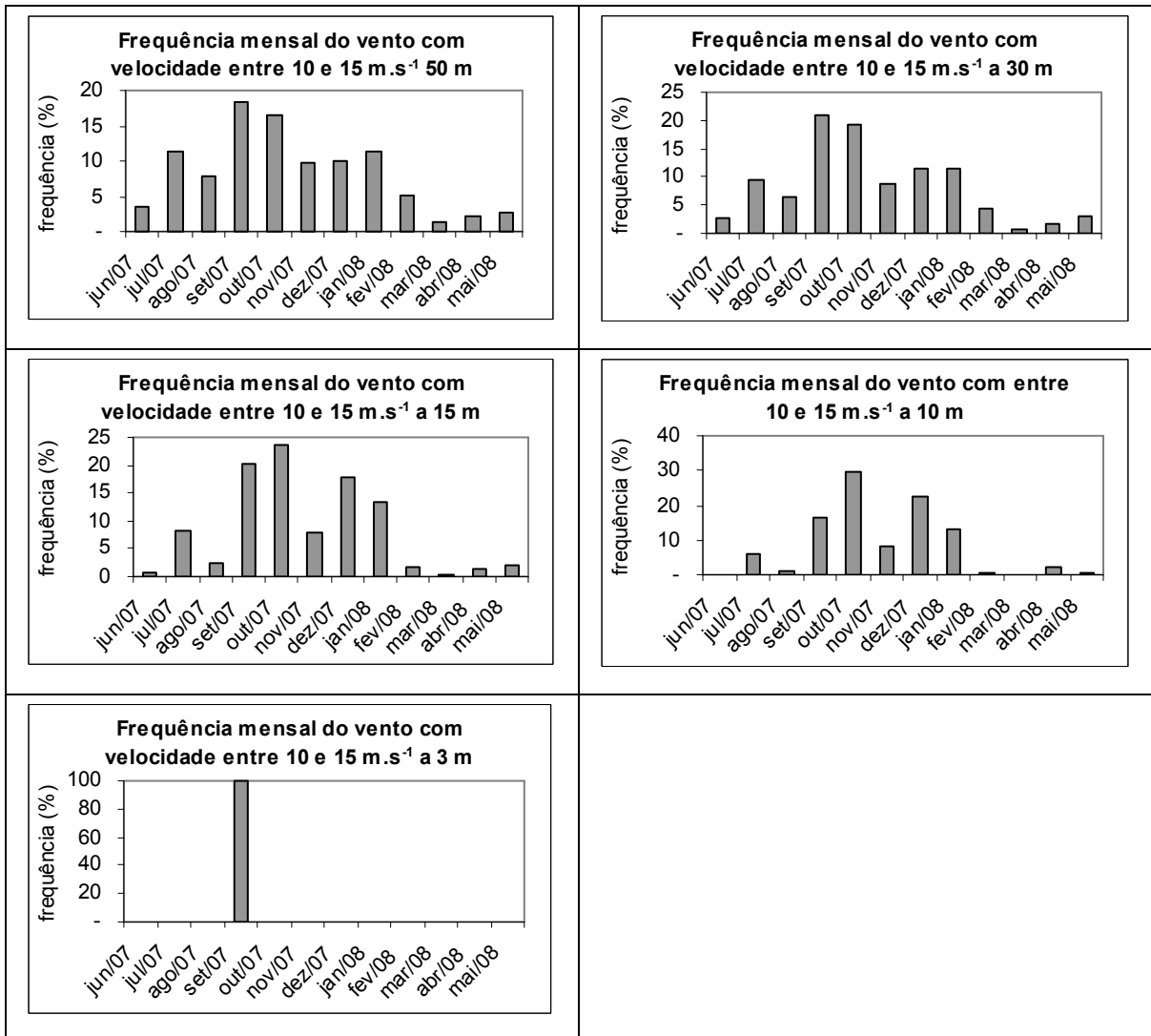


Figura 34: Frequência do vento com velocidade entre 10 e 15 m.s⁻¹.

Pode-se perceber através dos gráficos da Figura 33 que a maioria das ocorrências do vento maior que 15 m.s⁻¹ se encontra no mês de setembro, em todos os níveis. A 15 e a 10 m de altura todas as ocorrências dos picos máximos, foram no mês de setembro, enquanto que a 50 e a 30 m estão mais distribuídas ao longo dos meses.

Na Figura 34 pode se observar que o vento com velocidade dentro do intervalo entre 10 a 15 m.s⁻¹ estão mais distribuídos ao longo dos meses em alturas mais elevadas e à medida que se reduz essa altura a velocidade nesse intervalo tendem a se concentrar nos meses de setembro a janeiro e a 3 m de altura 100 % das ocorrências estão concentrados no mês de setembro. Conforme apresentado anteriormente todos os picos do vento entre 10 e 15 m.s⁻¹ no nível de 3 m está na direção sul.

4.14. FREQUÊNCIA HORÁRIA DOS PICOS MÁXIMOS

Com os registros de velocidade máxima maior que 15 m.s^{-1} e entre 10 e 15 m.s^{-1} e horário de ocorrência, calculou-se a frequência horária. Os registros de velocidade foram agrupados dentro intervalos de classes de 2 horas e os resultados obtidos estão apresentados na Figura 35.

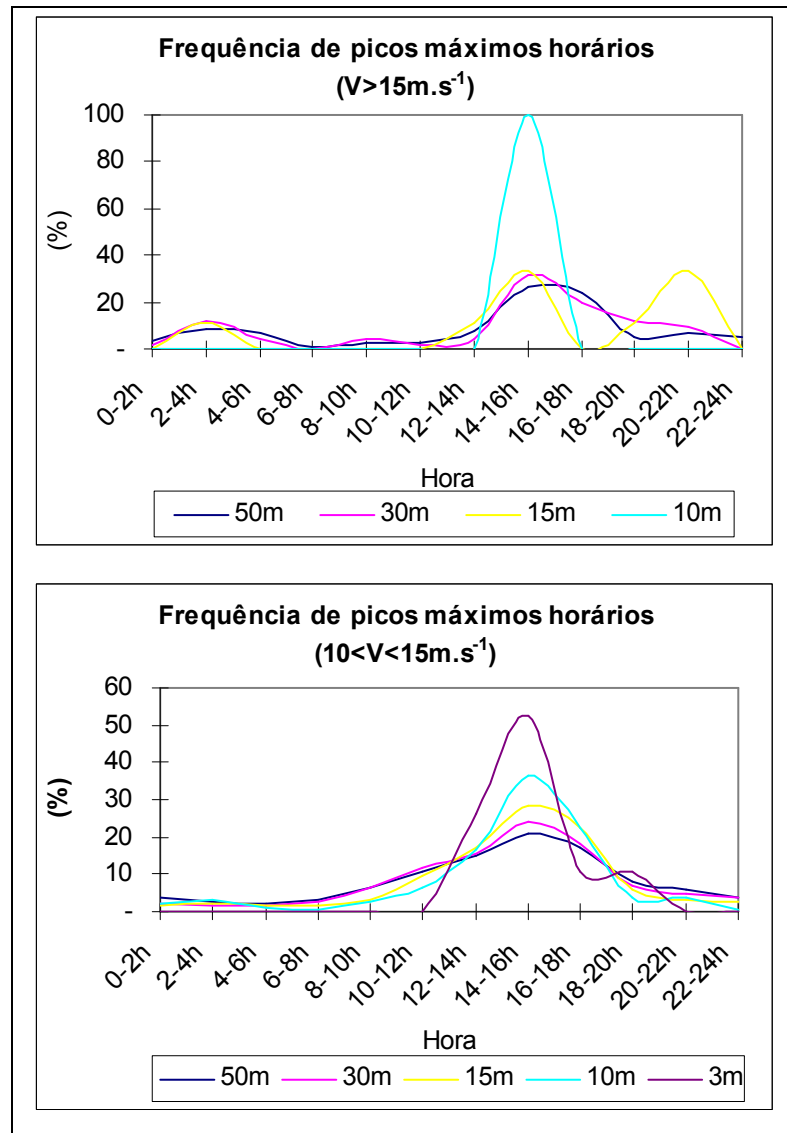


Figura 35: Frequência horária dos picos máximos.

Observa-se nos gráficos da Figura 35 que há maior probabilidade de ocorrência de picos máximos nos horários de 14 às 16 horas, em todos os níveis, o que se justifica por ser o período o mais quente do dia. A medida que a altura diminui, a amplitude das curvas aumenta, porque os picos máximos se concentram no intervalo de 14 as 16 horas e à medida que a altura aumenta, a amplitude da

curva diminui, aumentando o seu comprimento, porque os picos máximos se distribuem ao longo do dia. Nas curvas de frequência dos picos com velocidade maior que 15 m.s^{-1} pode-se observar picos de frequência no intervalo de 2 às 4 horas com cerca de 10 % das ocorrências, enquanto que os picos com velocidade entre 10 e 15 m.s^{-1} a frequência é mínima em todos os níveis.

4.15. CARACTERIZAÇÃO DOS PERÍODOS DE CALMARIA

Considerando período de calmaria as observações com velocidade mínima inferior a 1 m.s^{-1} obteve-se os resultados apresentados na Figura 36.

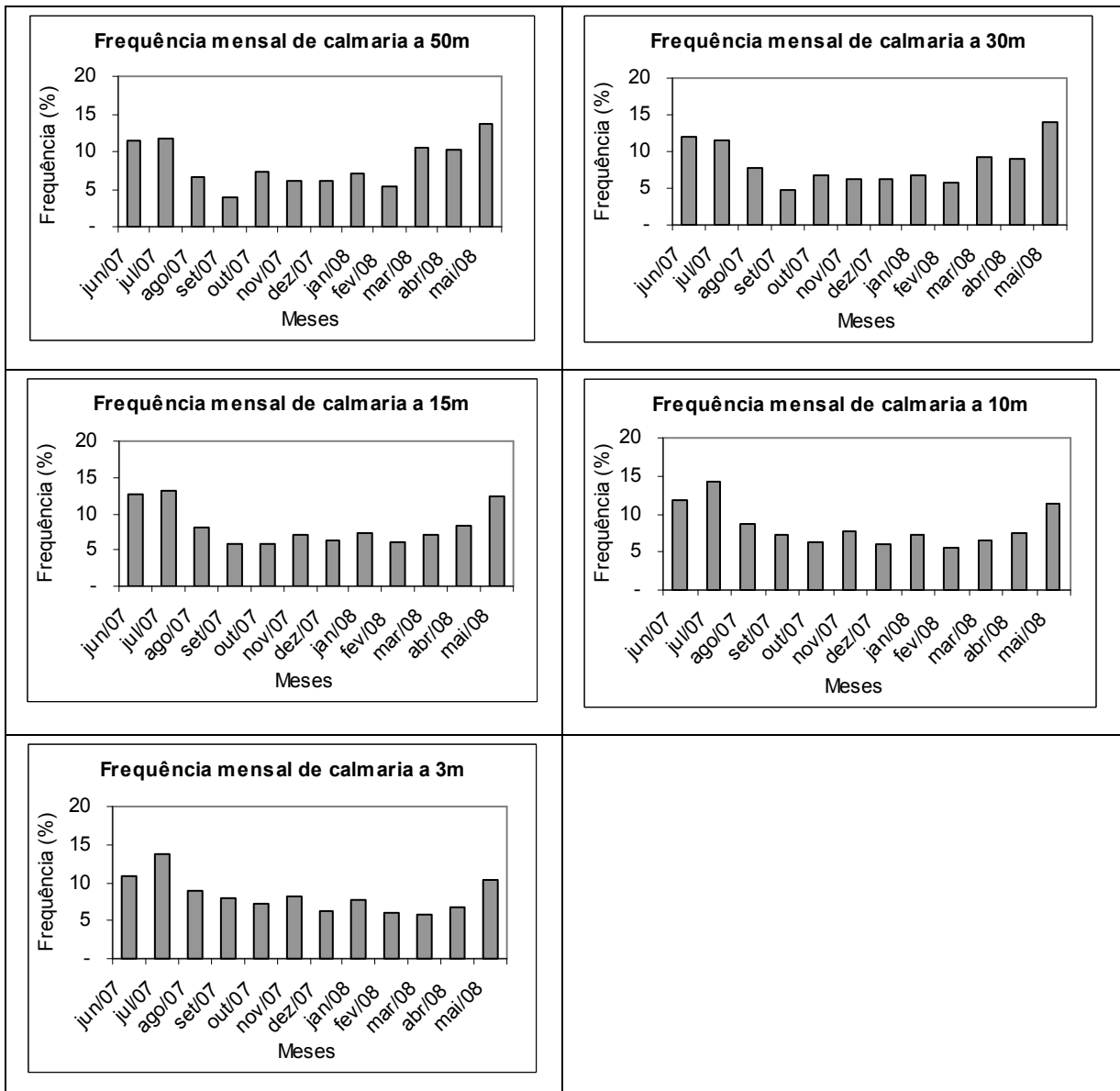


Figura 36: Frequência mensal dos períodos de calmaria, nos cinco níveis.

Através da Figura 36 pode-se observar que os meses de maior calmaria coincidem com os períodos com menor velocidade do vento. Sendo os meses de setembro a fevereiro os de menor frequência de calmaria.

4.15.1 FREQUÊNCIA HORÁRIA DOS PERÍODOS DE CALMARIA

Com os dados horários da velocidade mínima menor que 1 m.s^{-1} foi calculada a frequência horária dos períodos de calmaria. Os valores de velocidade mínima menor que 1 m.s^{-1} foi agrupado em intervalos de classe de 2 horas e os resultados obtidos estão apresentados na Figura 37, que apresenta os horários em que houve uma maior ocorrência de calmaria.

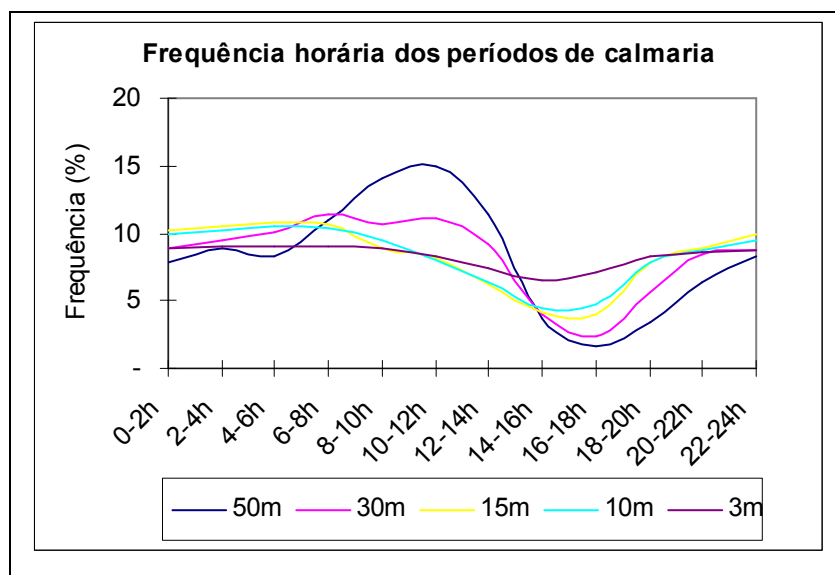


Figura 37: Frequência horária dos períodos de calmaria nos cinco níveis..

Analisando a Figura 37 é possível observar que as curvas da frequência horária de calmaria, em diferentes níveis, coincidem com as curvas da frequência horária de picos máximos, ou seja, nos horários em que há maior probabilidade de ocorrência de picos máximos de velocidade (entre às 14 e 16 h), coincidem com os horários de menor frequência de calmaria. Os horários de máxima calmaria conseqüentemente também com os horários de menor probabilidade de ocorrência de picos máximos do vento.

5. CONCLUSÕES

No estudo preliminar para caracterização do regime do vento da região de Campos dos Goytacazes, no período de junho de 2007 a julho de 2008, pode-se concluir que a direção e velocidade do vento é função do mês e do nível de medida. A velocidade média foi de $1,86 \text{ m.s}^{-1}$, a 3 m a $4,83 \text{ m.s}^{-1}$, a 50 m de altura. A média da velocidade máxima do período de estudo foi de $2,84 \text{ m.s}^{-1}$ a 3 m e $6,49 \text{ m.s}^{-1}$ a 50 m de altura, com registros do vento com velocidade de $24,44 \text{ m.s}^{-1}$ ($87,98 \text{ km.h}^{-1}$) a 50 m. A média da velocidade mínima foi de $0,32 \text{ m.s}^{-1}$ a 3 m e $3,04 \text{ m.s}^{-1}$ a 50 m de altura, com rajadas acima de 10 m.s^{-1} .

A direção predominante do vento é função do nível de medida, sendo os vento leste predominante a 50 m e a 3 m de altura e de nordeste, a 30, 15, e 10 m.

Os picos máximos estão concentrados nos meses de setembro a janeiro e ocorre com maior frequência no intervalo entre as 14 e 16 h.

Neste estudo foi possível observar que com a redução da altura, os picos máximos de velocidade tendem a se concentrar na direção sul. Essa tendência pode ser devido à canalização do vento pelas construções em volta da torre.

6. SUGESTÕES

Havendo apenas 14 meses de observações só é possível fazer uma caracterização preliminar do regime do vento da área de estudo. No entanto, para a correta caracterização do regime do vento em uma determinada região são necessários pelo menos dez anos de observações. Dessa forma pode-se concluir que este estudo, apesar de agregar informações importantes para, preliminarmente, conhecer o potencial eólico da região de Campos dos Goytacazes e servir de base para futuros aproveitamentos deste tipo de energia, em grande escala, se faz necessário à continuação deste trabalho.

7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Amarante, O. A. C., Zack, M. B. J., Sá, A. L. (2001) Atlas do potencial eólico Brasileiro – DF – Brasil.
- Barbano, M. T., Brunini, O., Pinto, H. S. (2003) Direção predominante do vento para a localidade de Campinas – SP. Revista Brasileira de Agrometeorologia, Santa Maria, v. 11, n. 1, p. 123-128, 2003.
- Bugueño, L. E. T., Silva, J. B. (2003) O uso da energia no bombeamento d'água, em Pelotas, RS. Revista Brasileira de Agrometeorologia, Santa Maria, v. 11, n. 2, p. 167-172, 2003.
- Dutra, R. M. (2001) Viabilidade técnico-econômica da energia eólica face ao novo marco regulatório do setor elétrico brasileiro. Tese (Mestrados em ciências em planejamento energético) – Rio de Janeiro – Brasil, Universidade Federal do Rio de Janeiro – UFRJ, 272p.
- Esteves, T. M. V. N. S. (2004) Base de dados do potencial energético do vento em Portugal – metodologia e desenvolvimento. Tese (Mestrado em Ciências e Engenharia da Terra) – Lisboa – Portugal, Faculdade de Ciências Universidade de Lisboa – OFC, 106p.

- Ferruzzi, Y., Ricieri, R. P., Munemori J. M., Gnoatto, E. . Instrumento de mensurar a velocidade do vento. In: AGRENER GD, 2004, CAMPINAS - SP. AGRENER GD, 2004.
- Ferreira, S. A., Cohen, J. C. P., (2001) Estrutura vertical da atmosfera associada às circulações de mesoescla durante a operação Norte III do programa REVIZEE. Revista Virtual de Iniciação Acadêmica da UFPA, Vol 1, No 2.
- Fogaccia, C. V. C., Filho, A. J. P. (2000) Turbulência e Cisalhamento do Vento na Área do Aeroporto Internacional de São Paulo/Guarulhos. Anais do XI Congresso Brasileiro de Meteorologia. 2000. Rio de Janeiro – RJ
- Galvani, E., Klosowski, E. S., Cunha, A. R., Martins, D. (1999) Caracterização da direção predominante do vento em Maringá-PR. Revista Brasileira de Agrometeorologia, Santa Maria, v. 7, n. 1, p. 81-90, 1999.
- Gomes, M. C. R. (1999) Efeito da irrigação suplementar na produtividade da cana-de-açúcar em Campos dos Goytacazes, RJ. Tese (Mestrado em Produção Vegetal) - Campos dos Goytacazes - RJ, Universidade Estadual do Norte Fluminense - UENF, 51p.
- Júnior, M. S., Valadão, L. T., Vieira, A. R. R., Moura, M. V. T. (1995) Análise de dados de vento para a região de Botucatu – SP, utilizando a distribuição beta. Revista Brasileira de Agrometeorologia, Santa Maria, v. 3, p. 129-132, 1995.
- Júnior, M. S., Vieira, A. R. R., Moura, M. V. T. (1996) Curvas de duração da velocidade de vento para Botucatu-SP. Revista Brasileira de Agrometeorologia, Santa Maria, v. 4, n. 1, p. 127-132, 1996.
- Lyra, Andre de Arruda ; Paiva NETO, Arthur Chaves de ; CHOU, Sin Chan . Estudo do Potencial Eólico do Estado de Santa Catarina. In: XIII Congresso Brasileiro de Meteorologia, 2004, Fortaleza. Anais do congresso brasileiro de meteorologia, 2004.

- Magnano, R. O. (2007) Espectros de turbulência em terreno complexo. Tese (Doutorado em Física) – Santa Maria – RS, Universidade Federal de Santa Maria – UFSM, 97p.
- Pereira, A. R., Angelocci, L. R., Sentelhas, P. C. (2002) Agrometeorologia: fundamentos e aplicações práticas. Ed. Guaíba: Agropecuária, 478p.
- Pezzopane, J. R. M., Gallo, P. B., Júnior, M. J. P., Ortolani, A. A. (2003) Caracterização microclimática em cultivo consorciado café/coqueiro-anão verde. Revista Brasileira de Agrometeorologia, Santa Maria, v. 11, n. 2, p. 293-302, 2003.
- Roballo, S. T. (2007) Estudo do escoamento atmosférico no centro de lançamento de Alcântara (CLA) através de medidas de torre anemométrica e em túnel de vento. Tese (Mestrado em Meteorologia) – São José dos Campos – SP, Instituto Nacional de Pesquisas Especiais – INPE, 137p.
- Sakuragi, J. e Souza, L. H. Modelagem de brisas e circulação vale-montanha para o Vale do Paraíba e Litoral utilizando o RAMS. In: XI Congresso Brasileiro de Meteorologia, 2000, Rio de Janeiro/RJ. XI Congresso Brasileiro de Meteorologia. Rio de Janeiro : Microservice - Microfilmagens Reproduções Técnicas Ltda., 2000.
- Sansigolo, A. C., (2005) Distribuições de probabilidade de velocidade e potência do vento. Revista Brasileira de Agrometeorologia, Santa Maria, v. 20, n. 2, p.207-214, 2005.
- Sentelhas, P.C., Júnior, M. J. P., Martins, P. F. (1993) Características aerodinâmicas da videira conduzida em espaldeira. Revista Brasileira de Agrometeorologia, v. 1, n. 1, p. 25-30, 1993.
- Silva, J. B., Zanusso, J.T., Silveira, D.L.M., Schons, R.L., Larroza, E. G. (1997) Estudo da direção e velocidade dos ventos em Pelotas, RS. Revista Brasileira de Agrometeorologia, Santa Maria, v. 5, n. 2, p. 227-235, 1997.

- Silva, J.B., Larroza, E. G. (1999) Probabilidades de ocorrência de diferentes velocidades dos ventos em Pelotas, RS. Revista Brasileira de Agrometeorologia, Santa Maria, v. 7, n. 1, p. 91-99, 1999.
- Silva, C. D., Seraphim, O. J., Teixeira, N. M. (2003) Potencial eólico para bombeamento de água na fazenda Lageado. Encontro de Energia no Meio Rural, 3, 2000, Campinas.
- Souza, A., Granja, S. C. (1997) Estimativa dos parâmetros "c" e "k" do modelo de Weibull e da direção dos ventos para Campo Grande e Dourados / MS, Brasil. Revista Brasileira de Agrometeorologia, Santa Maria, v. 5, n. 1, p. 109-114, 1997.
- Souza, A., Soler, L. S., Fernandes, W. A. (1998) Probabilidade da velocidade média mensal do vento no passo do lontra/pantanal sul-mato-grossense: um estudo preliminar. Revista Brasileira de Agrometeorologia, Santa Maria, v. 6, n. 2, p. 235-238, 1998.