DETERMINAÇÃO DO PADRÃO DOS VENTOS DAS NOVE CAPITAIS DO NORDESTE DO BRASIL PARA APLICAÇÃO EM EDIFÍCIOS MULTIFAMILIARES DE INTERESSE SOCIAL DA TIPOLOGIA H

Keke Rosberg Guimarães da Silva (1); Alexandre Márcio Toledo (2)
(1) mestre em engenharia ambiental, engenheiro civil, doutorando PPGAU/UFAL, rosberg41@gmail.com,
(2) doutor em engenharia civil, arquiteto e urbanista, docente da Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, alexandre.toledol@fau.ufal.br, Universidade Federal de Alagoas, Av. Lourival Melo Mota, s/n, Cidade Universitária, Maceió - AL, CEP 57072-900, (82) 99983-6248

RESUMO
O objetivo do artigo é determinar padrões do comportamento dos ventos, visando aplicação da estratégia bioclimática ventilação natural nos edifícios multifamiliares de interesse social com planta da tipologia H, nas 9 capitais do Nordeste do Brasil. Consideram-se as seguintes variáveis: velocidade, direção e frequência de ocorrência dos ventos, com base nos dados do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET). Geraram-se os gráficos de vento por meio das ferramentas computacionais SOL-AR e Climate Consultant 6.0, cujos resultados foram comparados. Definiram-se esquemas gráficos para as melhores orientações dessa tipologia de habitação de interesse social (HIS). Os resultados mostram que as cidades de João Pessoa, São Luís e Teresina apresentam padrões de ventos diferentes entre si e das demais cidades; Salvador, Maceió e Natal apresentam padrão de vento semelhante com 3 direções predominantes (NE, L e SE); Aracaju, Recife e Fortaleza também apresentam padrão de vento semelhante, mas com duas direções predominantes (L e SE) e uma secundária (NE). A melhor orientação para a HIS da tipologia H testada é dispor as faces reentrantes de captação de ventos para Nordeste (NE) e Sudoeste (SO), em João Pessoa; para Sudeste (SE) e Noroeste (NO), em São Luís; Norte (N) e Sul (S), para as demais cidades, inclusive Teresina. Conclui-se que a definição do padrão de vento do local é fundamental para a correta adoção da melhor orientação da HIS de tipologia H e que a planta espelhada pode não ser a melhor alternativa.

Palavras-chave: ventilação natural, padrão de vento, arquitetura bioclimática.

ABSTRACT
The objective of the article is to determine wind behavior patterns, aiming at the application of the bioclimatic strategy natural ventilation in multifamily buildings of social interest with type H plant, in the nine capitals of Northeast Brazil. The variables are considered: speed, direction and frequency of occurrence of winds, based on data from INMET. Wind charts were generated using computational tools SOL-AR and Climate Consultant 6.0, whose results were compared. Graphic schemes were defined for the best orientations of this HIS typology. The results show that the cities of João Pessoa, São Luís and Teresina present different wind patterns between themselves and other cities; Salvador, Maceió and Natal have a similar wind pattern with 3 predominant directions ((NE, E and SE); Aracaju, Recife and Fortaleza have a similar wind pattern with two predominant (E and SE) and one secondary (NE) directions. The best orientation for HIS of the H typology tested is to arrange the reentrant faces to capture the winds for the Northeast (NE) and Southwest (SE), in João Pessoa; to the Southeast (SE) and Northwest (NE), in São Luís; North (N) and South (S), for other cities, including Teresina. It is concluded that the definition of the local wind pattern is fundamental for the correct adoption of the best orientation for HIS of the H typology.

Keywords: natural ventilation, wind behavior pattern, bioclimatic architecture.

1. INTRODUÇÃO

O cenário global atual experimenta uma onda de sustentabilidade que vem se consolidando em todos os setores da economia, e no mercado da construção civil não é diferente. Diante disso, o desenvolvimento de projetos de edificações que priorizam a utilização de recursos naturais renováveis tornou-se indispensável para atender as necessidades deste novo perfil de consumidor. Algumas iniciativas como o emprego da ventilação natural, da iluminação natural e o reaproveitamento de águas residuais já vêm sendo observadas em diversos projetos de edificações.

A ventilação natural é a estratégia bioclimática mais indicada para a obtenção do conforto térmico em regiões de clima quente e úmido, uma vez que permite a renovação do ar, a redução das cargas térmicas e promove o resfriamento fisiológico dos usuários, por meio do incremento da velocidade do ar, decorrente da ventilação cruzada (TORK et al., 2017). Por outro lado, Andreasi e Versage (2007) afirmam que "a ventilação natural para obtenção de conforto é indicada para climas onde a temperatura do ar externa esteja em condições aceitáveis de conforto, pois se alcança o resfriamento com a temperatura interna se igualando à temperatura externa". Gupta e Khary (2021) entendem que a ventilação cruzada potencializa a velocidade do ar dentro da edificação, sendo, portanto, uma técnica eficaz para melhorar o fluxo de ar nos edifícios.

A região Nordeste do Brasil é marcada pela forte intensidade e constância dos ventos alísios, sobretudo, nas estações mais quentes do ano, primavera e verão (SANTANA et al., 2015). Isso favorece o emprego eficiente da estratégia bioclimática de ventilação natural, possibilitando a construção de edificações naturalmente ventiladas e reduzindo, dessa forma, a necessidade de utilização de equipamentos condicionadores de ar. Nessa perspectiva, Lukiantchuki et al. (2016) entendem que a ventilação natural pode ser aplicada na maior parte do território brasileiro, desde que sejam considerados aspectos locais e sazonais, buscando a adequação dos projetos à necessidade de cada região.

Para Cavalcanti et al. (2020), que analisaram a variabilidade da velocidade do vento na Região Nordeste do Brasil, *"A média climatológica da velocidade do vento a 10 m da superfície apresenta uma variação sazonal com máximos de até 7,0 m/s na primavera austral caindo para até 5 m/s no outono; na estação da primavera ocorre uma expansão das áreas com velocidades superiores a 3,6 m/s em relação às outras estações do ano."*. Sendo assim, diversas pesquisas vêm sendo desenvolvidas com o propósito de melhorar o aproveitamento dos ventos para o projeto de edificações naturalmente ventiladas.

Quadros et al. (2020) destacam a importância de priorizar os ventos perpendiculares às aberturas principais das edificações, a fim de melhorar o aproveitamento dos ventos dominantes. Entretanto, o autor aponta para a possibilidade de serem criadas zonas de pressão negativa e positiva por meio da implementação de elementos externos que direcionem o escoamento exterior para as aberturas de interesse, quando essas não puderem ser orientadas diretamente para os ventos dominantes.

Nesse sentido, Toledo (2001; 2003) definiu orientações preferenciais para as aberturas dos dormitórios para a cidade de Maceió/AL, considerando também a insolação. O autor concluiu que as melhores orientações para o Ano Todo, Primavera, Outono e Inverno seriam a Leste, seguida da Nordeste; e para o Verão, as orientações Leste e Sudeste, acrescidas da orientação Nordeste.

A pesquisa de Krelling *et al.* (2020), que trata da atualização do método de simulação da norma de desempenho térmico NBR 15575 (ABNT, 2013) para edificações residenciais, propõe considerar a abertura de janelas de modo a promover a ventilação com base nos parâmetros de velocidade e direção do vento presentes no arquivo climático, em oposição ao método atual que considera uma infiltração constante.

O Regulamento Técnico da Qualidade para o Nível de Eficiência Energética de Edifícios Residenciais - RTQ-R (ELETROBRAS/INMETRO, 2012; ELETROBRAS/PROCEL, 2014) estabelece que ambientes de permanência prolongada devem possuir percentual de áreas mínimas de aberturas para ventilação e nas zonas bioclimáticas de 2 a 8, a unidade habitacional (UH) deve possuir ventilação cruzada proporcionada por sistema de aberturas externas e internas. O não atendimento desses requisitos implica em classificação inferior (máximo "C") no equivalente numérico da envoltória do ambiente para resfriamento.

O Selo Azul da Caixa (CAIXA, 2010) orienta que se considerem a velocidade e a frequência predominantes dos ventos por estação/mês para a implantação das edificações. Além disso, destaca a importância de se considerar a maior permanência do usuário nos diferentes espaços, para que a ventilação atinja a altura do mesmo. Em relação à zona bioclimática 8, na qual se incluem as 9 capitais do Nordeste, o manual sugere que para a construção de edificações residenciais multifamiliares sempre que possível, sejam utilizados pilotis vazados, com fechamento somente nos volumes de escadas e elevadores.

Tibúrcio (2017) faz recomendações para configuração das aberturas de entrada e saída de habitações de interesse social (HIS) para aproveitamento da ventilação natural como estratégia projetual, baseando-se em simulações realizadas em software CFD (*Computational Fluid Dynamic)*. A autora considerou nas simulações

computacionais, dentre outros parâmetros, a velocidade média dos ventos nas capitais, três direções de incidência dos ventos (em graus), sendo duas ortogonais e uma oblíqua e, a modelagem de uma HIS com tipologia "H" (forma bidimensional da referida letra), com quatro unidades habitacionais, aberturas dos dormitórios e salas unilaterais, e aberturas de banheiros e cozinhas em paredes adjacentes (Figura 1).

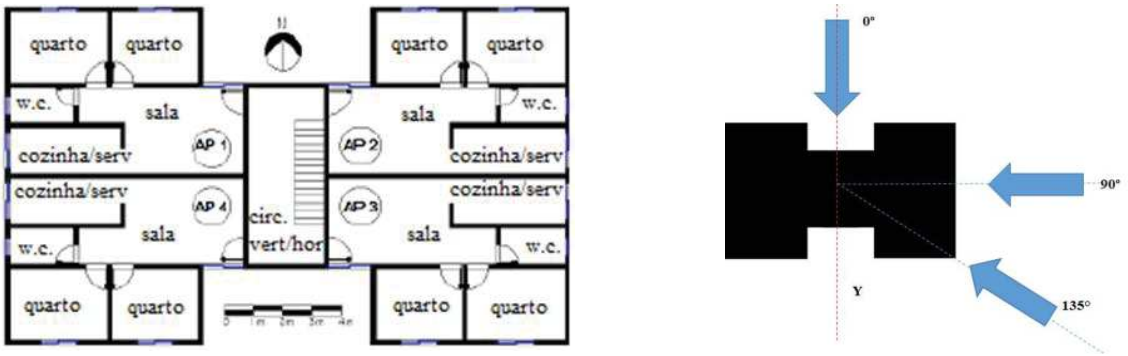

Fig. 1- Planta-baixa da Tipologia H e incidências de ventos consideradas na simulação.

Fonte: Adaptado de Tibúrcio (2017).

Porangaba (2001) identificou variação na organização espacial nas plantas da tipologia H nos residenciais do Programa de Arrendamento Residencial (PAR), construídos em Maceió, definindo dois tipos: tipo 1 - projetos com setor social contíguo ao hall da escada e com um hall de circulação (íntimo); tipo 2 - projetos com dois halls de circulação (um social e outro íntimo). Nos 8 exemplares estudados, nem sempre as aberturas de dormitórios e salas de uma mesma unidade habitacional estão voltadas para uma mesma orientação. A planta utilizada por Tibúrcio (2017) se enquadra no tipo 1 de Porangaba (2011).

A definição adequada das variáveis que influenciam o comportamento dos ventos, conforme suas características locais e sazonais, a saber: velocidade, frequência de ocorrência, direção, sazonalidade, são indispensáveis para uma boa análise projetual acerca da ventilação natural, sendo que estudos que abordem essa temática de maneira sistematizada**,** fornecendo informações regionalizadas dessas variáveis com foco na arquitetura bioclimática são escassos. Uma forma eficiente de preencher essa lacuna é a transformação das informações climáticas existentes, disponíveis nos arquivos climáticos oriundos das estações meteorológicas mantidas pelo INMET, em informações gráficas de fácil visualização. Nesse sentido, os software Analysis SOL-AR e Climate Consultant são capazes de gerar informação gráfica de forma clara e objetiva.

2. OBJETIVO

O objetivo deste artigo é determinar padrões do comportamento dos ventos, por meio da análise das variáveis: velocidade, direção e frequência de ocorrência, visando aplicação da estratégia bioclimática ventilação natural nos edifícios multifamiliares de interesse social com planta da tipologia H, nas 9 capitais do Nordeste do Brasil.

3. MÉTODO

O método adotado estruturou-se em quatro etapas principais (Figura 2):

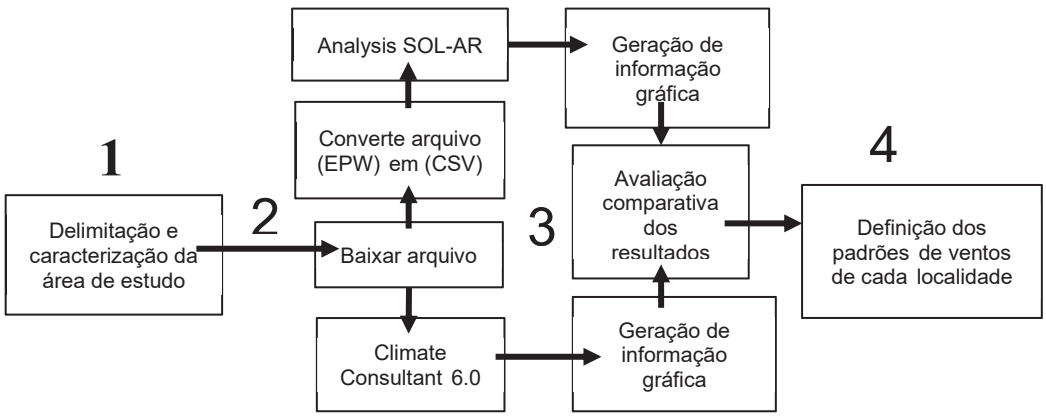

Figura 2 - Esquema Metodológico das Etapas da Pesquisa.

1. Delimitação e caracterização da área de estudo: 9 capitais do Nordeste do Brasil.

2. Tabulação e inserção dos dados de entrada do arquivo climático (EPW) nas ferramentas computacionais Analysis SOL-AR e Climate Consultant 6.0 para geração das informações gráficas.

3. Análise comparativa dos resultados gráficos gerados em ambos os softwares, a fim de identificar possíveis inconsistências nos resultados obtidos.

4. Construção de esquemas dos padrões de vento para cada uma das 9 cidades, visando determinar as melhores orientações para a tipologia de HIS de planta H, considerada por Tibúrcio (2017).

3.1. Delimitação e caracterização da área de estudo

A pesquisa envolveu as nove capitais da região Nordeste do Brasil, com variação de latitude de 2° 31' 51" S (São Luís) a 12°58'13" S (Salvador), e de longitude de 44°18'24" O (São Luís) e 34°50’40’’ O (João Pessoa), conforme Figura 3. Uma característica comum a essas cidades é a proximidade com o mar, com exceção de Teresina, no Piauí, que fica a pelo menos 250 km de distância do litoral mais próximo.



Cidade/ Estado	Latitude/ longitude
São Luís/ MA	2°31'51" S e 44°18'24" O
Fortaleza/ CE	3°43'06" S e 38°32'34" O
Teresina/ PI	5°5'21" S e 42°48'6" O
Natal/ RN	5°47'42" S e 35°12'32" O
João Pessoa/ PB	7°6'55" S e 34°50’40’’ O
Recife/ PE	8º04'03" S e 34º55'00" O
Maceió/ AL	9°39'59" S e 35°44'6" O
Aracaju/ SE	10º55'56” S e 37º04'23” O
Salvador/ BA	12°58'13" S e 38°30'45" O

Figura 3 - Mapa de localização e coordenadas geográficas das 9 capitais do Nordeste do Brasil

Fonte: https://ensinodematemtica.blogspot.com/2011/04/regiao-nordeste.html

3.2 Dados climáticos e variáveis consideradas

Utilizaram-se arquivos climáticos gerados nas estações meteorológicas mantidas pela Infraero e pelo INMET (Instituto Nacional de Meteorologia) de cada uma das 9 cidades. Esses arquivos encontram-se disponíveis no site do Repositório de Dados Climáticos Livres para Simulação de Desempenho de Edificações e do LABEEE (Laboratório de Eficiência Energética em Edificações).

A pesquisa se limitou à análise das variáveis: velocidade, frequência de ocorrência e direções predominantes dos ventos.

3.3 Softwares utilizados

Utilizaram-se os softwares Analysis SOL-AL e Climate Consultant 6.0 para geração das informações gráficas das variáveis consideradas. Cabe salientar que apesar dos softwares trabalharem com a mesma base de dados, necessitam ser alimentados de formas diferentes. Enquanto o Climate Consultant 6.0 recebe diretamente o arquivo climático (EPW – EnergyPlus Weather), sendo suficiente para a geração de várias informações gráficas; o SOL-AR necessita que os dados sejam extraídos do arquivo climático em formato (EPW) e transformados em um arquivo (CSV - Valores Separados por Vírgulas), possibilitando, dessa forma, a inserção de localidades que não estão disponíveis no software.

O Analysis SOL-AR oferece a possibilidade de obtenção da rosa dos ventos para frequência de ocorrência dos ventos e velocidade média para cada estação do ano em oito orientações (N, NE, L, SE, S, SO, O, NO). O programa possui 14 cidades brasileiras com latitude, longitude e dados de temperatura e vento disponíveis em arquivos CSV: Belém, Brasília, Curitiba, Florianópolis, Fortaleza, Maceió, Natal, Porto Alegre, Recife, Rio de Janeiro, Salvador, São Luís, São Paulo e Vitória, sendo 6 delas do Nordeste.

O Climate Consultant 6.0 traduz dados climáticos em gráficos que auxiliam na compreensão do clima de uma localidade. A representação gráfica dos ventos permite visualizar em um único gráfico circular velocidades mínima, média e máxima horárias, e as frequências de ocorrência ao longo do ano, distribuídas em 36 direções, sendo possível também gerar gráficos para meses específicos.

4. ANÁLISE DOS RESULTADOS

Observaram-se padrões muito distintos para as cidades de João Pessoa, São Luís e Teresina; padrão semelhante com três direções principais (3P) para Salvador, Maceió e Natal e padrão semelhante com duas direções principais e uma secundária (2P/1S), para Aracaju, Recife e Fortaleza. Decorrente desse enquadramento, a melhor orientação para a tipologia H do edifício multifamiliar será bastante diferenciada.

4.1 Cidades com padrões de vento distintos: João Pessoa, São Luís e Teresina

Verifica-se que as cidades de João Pessoa, São Luís e Teresina (Figuras 3 a 5) apresentam padrões de vento distintos entre si e das demais cidades. A cidade de João Pessoa apresenta frequências altas de ocorrência de ventos nas orientações Leste (acima de 25%) e Sudeste (acima de 50%), nos períodos mais quentes do ano, primavera e verão (Figura 3 e 5). A cidade de São Luís apresenta frequência de ventos mais relevante apenas na direção Nordeste, para primavera, verão e inverno, com ocorrência acima de 50% e menos relevante na orientação Leste, no outono e inverno, com frequência de ocorrência entre 20 e 25%.

Na cidade de Teresina, não há predominância significativa dos ventos em uma direção específica: na Primavera, ocorrências nas direções Norte (em torno de 20%), Nordeste, Leste, Sudeste e Sul (em torno de 10%); no Inverno e Verão, as ocorrências também atingem em torno de 10% para orientações Sudeste e Sul.

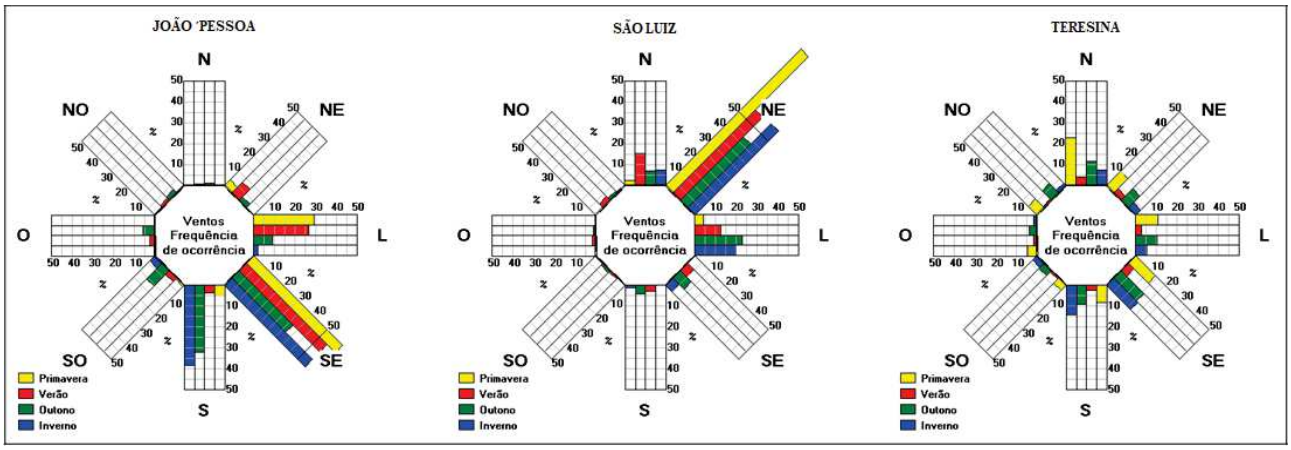

Figura 3 - Frequência de ocorrência dos ventos nas quatro estações do ano para as cidades de João Pessoa, São Luís e Teresina.

Em relação à velocidade dos ventos (Figura 4), verifica-se que todas as cidades apresentam velocidade média acima de 2 m/s nas direções principais de ocorrência de ventos. Entretanto, a cidade de São Luís se destaca por apresentar velocidades médias entre 4 e 6 m/s nas estações da primavera e verão.

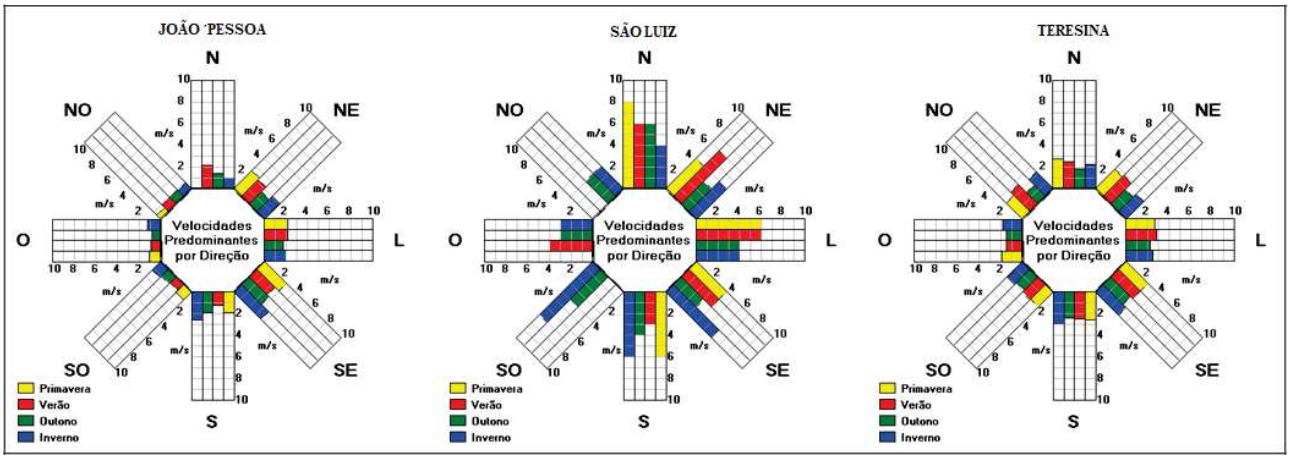

Figura 4 - Velocidade média dos ventos nas quatro estações do ano para as cidades de João Pessoa, São Luís e Teresina.

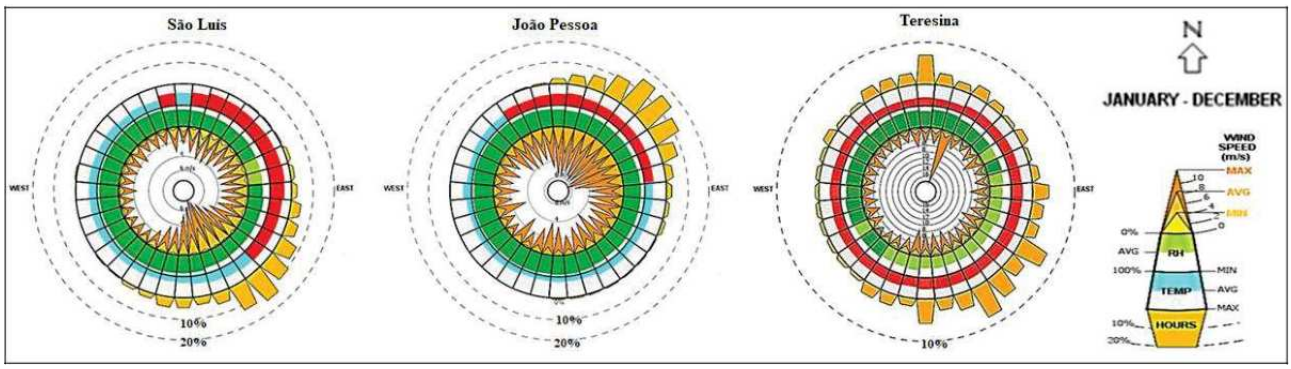

Figura 5 - Dados agrupados do Climate Consultant para as cidades de João Pessoa, São Luís e Teresina.

Essas três cidades, João Pessoa, São Luís e Teresina, apresentam padrões de ventos que podem ser aplicados à estratégia bioclimática da ventilação natural em edificações residenciais, com frequência e velocidade de ventos compatíveis em pelo menos uma direção, sobretudo nas estações mais quentes do ano, priorizando as direções NE, L e N, em João Pessoa; SE, L e S, em São Luís; e N, quadrante L (NE, L e SE) e S, em Teresina, conforme constatado por Cavalcanti *et al.* (2020).

A tipologia de HIS de planta H utilizada por Tibúrcio (2017) apresentaria maior eficiência em Teresina, pela composição de ventos em dois quadrantes distintos (NE, incluindo N e L, e SE, incluindo L e S), sendo a melhor orientação das faces reentrantes das unidades habitacionais, para Norte (N) e Sul (S), possibilitando captação perpendicular e oblíqua pelas aberturas dos dormitórios e das salas.

Essa mesma tipologia apresenta pequena eficiência em João Pessoa e São Luís, com apenas um quadrante em João Pessoa: SE, incluindo L e S, cuja melhor orientação para as faces reentrantes seriam Nordeste (NE) e Sudoeste (SO), com captação oblíqua das direções de vento (L e S) e lateralmente SE, pelas aberturas dos dormitórios e salas; e Nordeste (NE), em São Luís, incluindo N e L, cuja melhor orientação das faces reentrantes seriam Sudeste (SE) e Noroeste (NO), mas com captação oblíqua das direções de vento (N e L) e lateralmente NE, pelas aberturas dos dormitórios e salas (Figura 6).

Destaca-se que, em Teresina, as unidades habitacionais com faces orientadas a Leste também captarão o vento dessa direção perpendicularmente, pelas aberturas dos banheiros e das cozinhas; tornando-as diferenciadas em relação às outras duas unidades habitacionais com faces orientadas a Oeste. Contudo, além das direções perpendiculares destacadas por Quadros *et al.* (2020) é importante considerar também as direções oblíquas.

Em João Pessoa, as unidades habitacionais com faces orientadas a Sudeste também captarão o vento dessa direção perpendicularmente, pelas aberturas dos banheiros e das cozinhas, tornando-as diferenciadas em relação às outras duas unidades habitacionais com faces orientadas a Noroeste; esse fato poderá compensar a não captação das duas direções oblíquas pelas salas. Em São Luís, o mesmo acontece em relação às unidades habitacionais com faces orientadas a Nordeste (NE) em relação às situadas a Sudoeste (SE); também compensado pela não captação pelas salas.

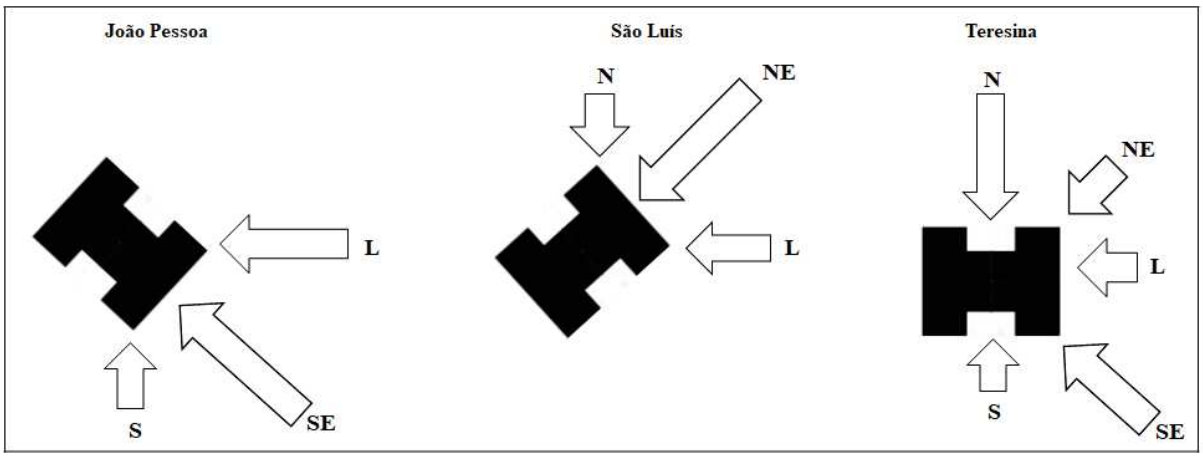

Figura 6 - Melhores orientações para as cidades de João Pessoa, São Luís e Teresina.

4.2 Cidades com padrão de vento semelhante (3P): Salvador, Maceió e Natal

Verifica-se que as cidades de Salvador, Maceió e Natal apresentam padrões de ventos semelhantes de três direções, sendo duas direções predominantes de Nordeste e Leste, nas estações Primavera e Verão, com um percentual de ocorrência acima de 30%; e a direção Sudeste, com predominância de ocorrência de ventos nas estações de Outono e Inverno - período de clima mais ameno na região (Figuras 7 e 9).

O padrão de ventos de Maceió confirma as orientações preferenciais obtidas por Toledo (2001; 2003) para os dormitórios: Leste, Sudeste e Nordeste.

Em relação à velocidade média dos ventos, há uma variação de acordo com cada cidade. A cidade de Salvador apresenta velocidade média dos ventos em torno de 2 m/s nas direções predominantes. Já as cidades de Maceió e Natal apresentam velocidades mais altas: Maceió variando de 3 a 4 m/s e Natal de 4 a 6 m/s nas orientações predominantes (Figuras 8 e 9).

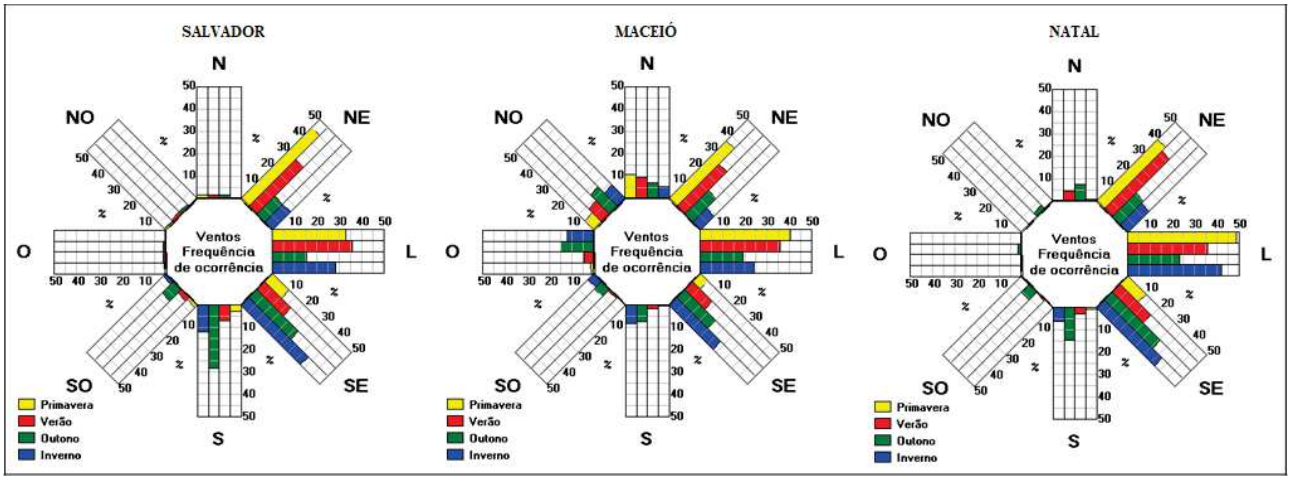

Figura 7 - Frequência de ocorrência dos ventos nas quatro estações do ano para as cidades de Salvador, Maceió e Natal.

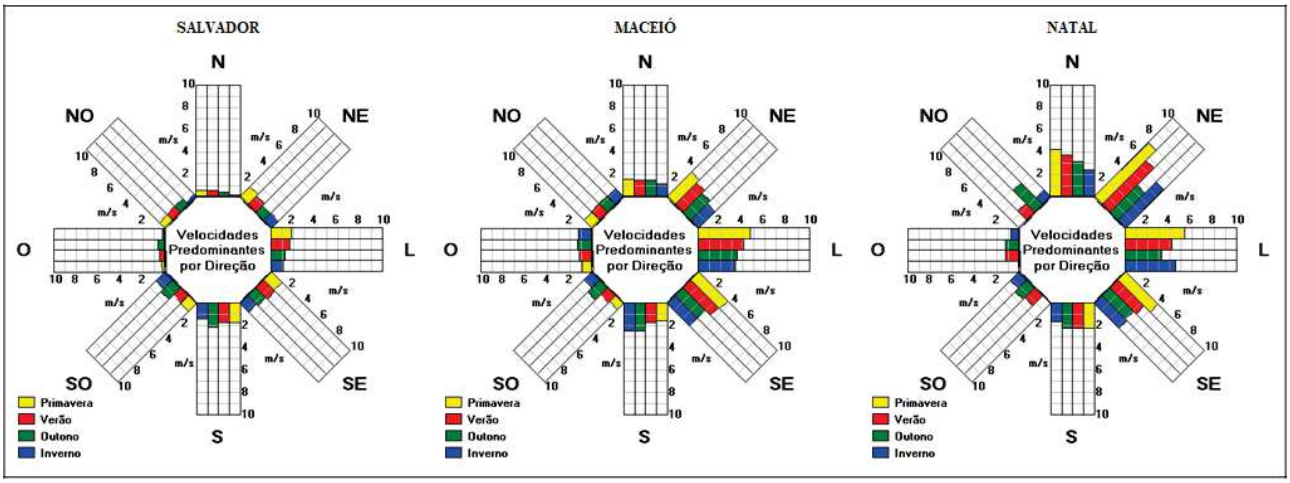

Figura 8 - Velocidade média dos ventos nas quatro estações do ano para as cidades de Salvador, Maceió e Natal.

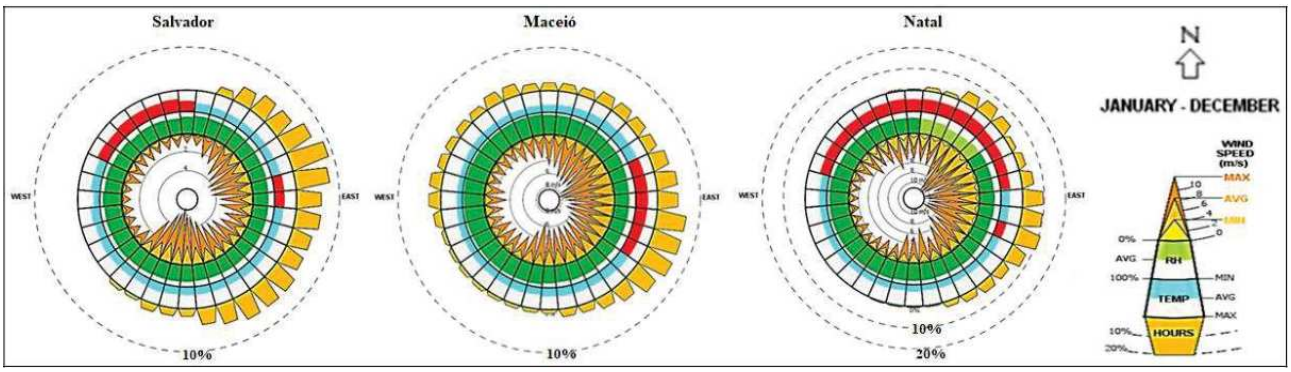

Figura 9 - Dados agrupados do Climate Consultant para as cidades de Salvador, Maceió e Natal.

Essas três cidades, Salvador, Maceió e Natal também apresentam padrão de ventos que podem ser aplicados à estratégia bioclimática da ventilação natural em edificações residenciais, uma vez que todas apresentaram frequência e velocidade de ventos compatíveis com a estratégia pelo menos em um quadrante, sobretudo nas estações mais quentes do ano, priorizando as direções L, NE e SE.

A tipologia de planta em H considerada apresentaria certa eficiência com a disposição das laterais maiores na direção Norte e Sul; sendo que, as unidades orientadas a Sul apresentariam melhor desempenho nas três cidades, nas estações Outono e Inverno e as orientadas a Norte, no Verão e Primavera (Figura 10).

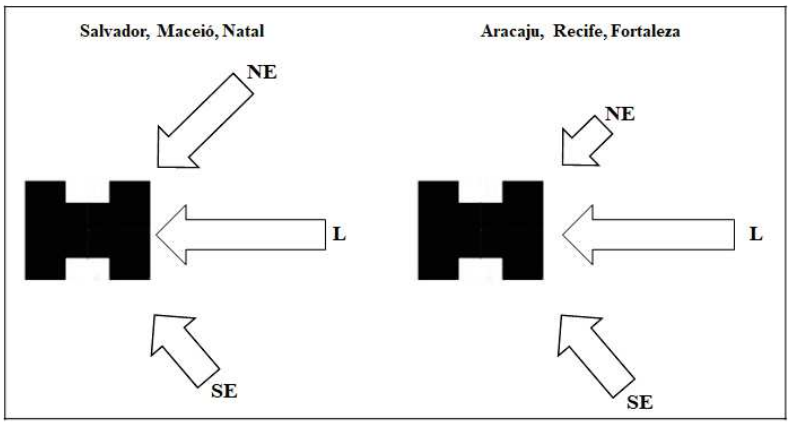

Figura 10 - Melhor orientação para as cidades de Salvador, Maceió e Natal (P3), e Aracaju, Recife e Fortaleza (P2/1).

Nessas três cidades, semelhante à Teresina, as unidades habitacionais com faces orientadas a Leste também captarão o vento dessa direção perpendicularmente, pelas aberturas dos banheiros e das cozinhas; tornando-as diferenciadas em relação às outras duas unidades habitacionais com faces orientadas a Oeste. A inversão da localização das salas com a cozinha e banheiro nas unidades habitacionais com faces voltadas para a orientação Leste, poderia favorecer bastante a ventilação natural, pois as aberturas das salas, situadas nas reentrâncias, servirão mais de saída do que de entrada de ventilação. Importante também permitir a ventilação cruzada, conforme destacado por Gupta e Khary (2021).

4.3 Cidades com padrão de vento semelhante (2P/1S): Aracaju, Recife e Salvador

As cidades de Aracaju, Recife e Fortaleza apresentam ventos predominantemente da direção Leste nas estações de Primavera e Verão (frequência bem acima de 30%, chegando a mais de 50% em alguns casos), a Sudeste no Outono e Inverno (frequência acima de 30%) e com uma frequência menor (em torno de 10%), mais ainda relevante, para a direção Nordeste, na Primavera e no Verão (Figuras 11 e 13).

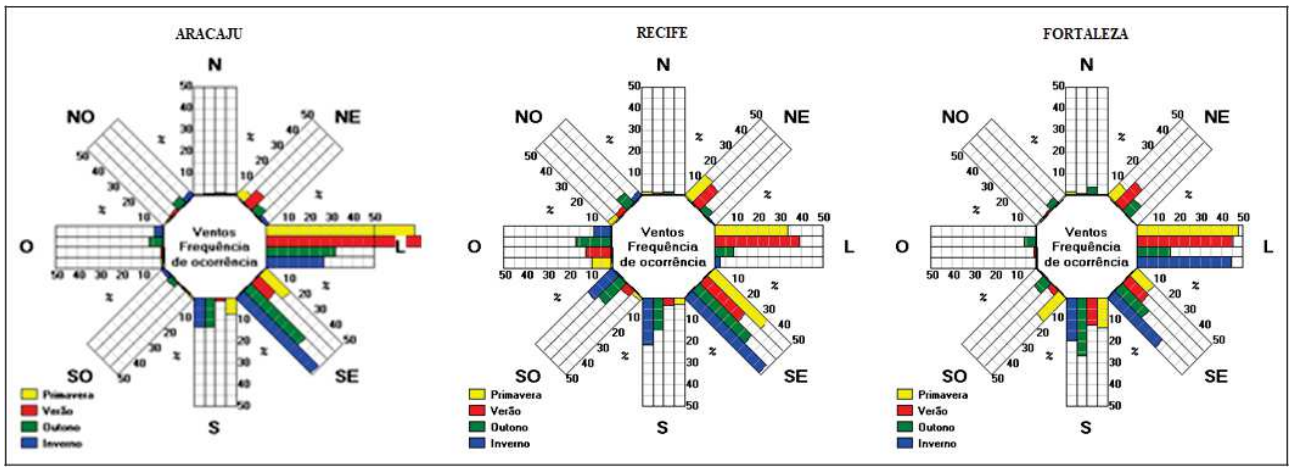

Figura 11- Frequência de ocorrência dos ventos nas quatro estações do ano para as cidades de Aracaju, Recife e Fortaleza.

Essas cidades apresentam velocidades médias dos ventos adequadas para aproveitamento da estratégia de ventilação natural: entre 3 e 4 m/s para as cidades de Aracaju e Fortaleza e em torno de 2 m/s para a cidade

do Recife, conforme verificado por Cavalcanti *et al.* (2020). Em Aracaju e Fortaleza, as maiores velocidades coincidem com a direção Leste, seguidas das direções Sudeste e Nordeste. Em Recife, as maiores velocidades ocorrem nas mesmas três direções, porém com velocidades médias mais baixas (Figuras 12 e 13).

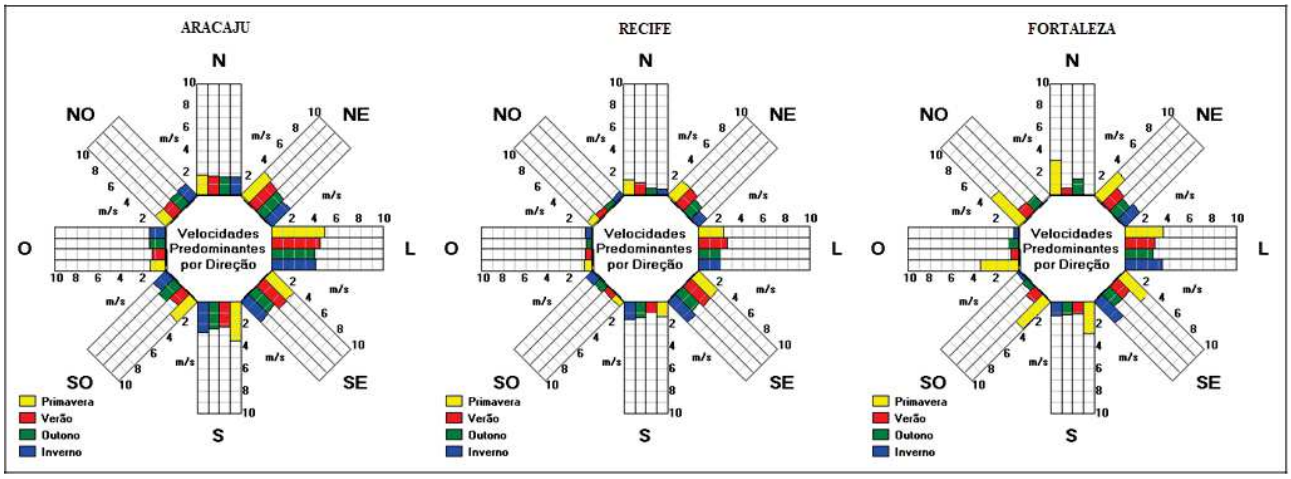

Figura 12 - Frequência de ocorrência dos ventos nas quatro estações do ano para as cidades de Aracaju, Recife e Fortaleza.

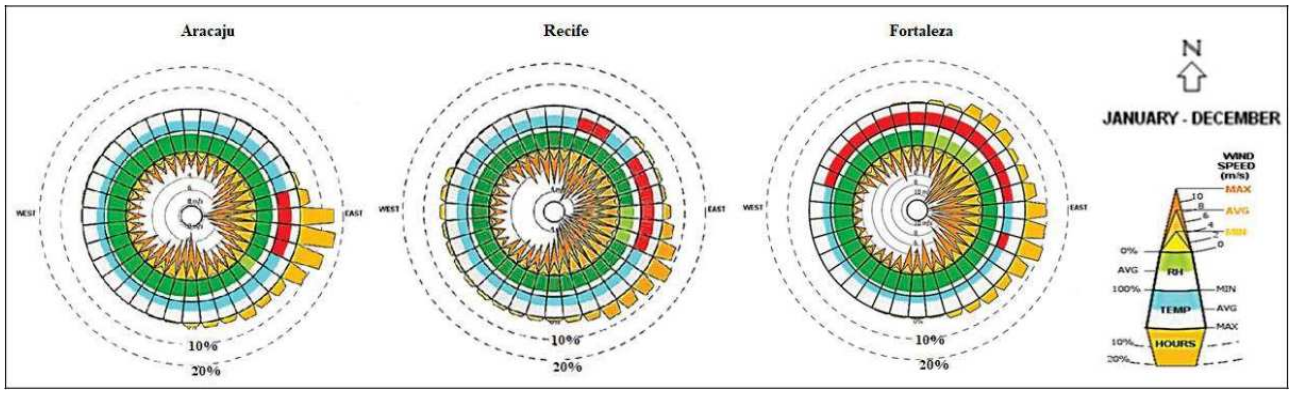

Figura 13 - Dados agrupados do Climate Consultant para as cidades de Aracaju, Recife e Fortaleza.

Fica também evidente a possibilidade de se aplicar as mesmas propostas para ventilação natural em edifícios verticais nas cidades de Aracaju, Recife e Fortaleza, uma vez que a ocorrência de ventos com frequência e velocidades razoáveis em direções adjacentes facilitam o desenvolvimento de projetos que priorizem a ventilação cruzada, com aberturas em paredes adjacentes.

Semelhante às cidades de Salvador, Maceió e Natal, a tipologia de planta em H, nessas outras três cidades, apresentaria certa eficiência com a disposição das laterais maiores nas direções Norte (N) e Sul (S), sendo que as unidades habitacionais orientadas a Leste (L) apresentariam melhor desempenho nas três cidades, para todas as estações (Figura 10).

5. CONCLUSÕES

Neste artigo, determinaram-se os padrões de vento das 9 capitais do Nordeste do Brasil, por meio da análise gráfica das variáveis direção, ocorrência e velocidade dos ventos, obtidas com as ferramentas Analysis Sol-Ar e Climate Consultant 6.0, com base nos dados do INMET, para definir as melhores orientações para unidades habitacionais de interesse social de planta tipo H.

Os gráficos gerados pelo Programa Analysis Sol-Ar, por apresentarem os dados de frequências e velocidades dos ventos em oito direções, mostraram-se mais úteis para o propósito pretendido. Contudo, os gráficos gerados pelo programa Climate Consultant 6.0, apesar de mais completos, quanto às 36 direções de ventos, não permitem a redução para as 8 orientadores definidas.

Os resultados mostram que as cidades de João Pessoa, São Luís e Teresina apresentam padrões de ventos diferentes entre si e das demais cidades; Salvador, Maceió e Natal apresentam padrão de ventos semelhante com 3 direções predominantes; Aracaju, Recife e Fortaleza apresentam padrão de ventos semelhante com duas direções predominantes e uma secundária.

A melhor orientação para a HIS da tipologia H testada consiste na disposição das faces reentrantes, nas quais se situam as aberturas dos dormitórios e das salas, para Sudeste (SE) e Noroeste (NO), em João Pessoa; para Sudoeste (SE) e Nordeste (NE), em São Luís; Norte (N) e Sul (S), para as demais cidades, inclusive Teresina. Contudo, algumas unidades habitacionais terão desempenho melhor que outras. Possivelmente, a planta espelhada dessa tipologia H não seja a melhor alternativa para os padrões de vento encontrados para as 9 capitais nordestinas.

Conclui-se que a definição do padrão de vento do local é fundamental para a correta adoção da melhor orientação da tipologia H para HIS e que a tipologia de planta espelhada pode não ser a melhor alternativa para as capitais do Nordeste do Brasil. Pretende-se, na sequência, simular o escoamento do ar para essas orientações, visando determinar o desempenho de ventilação natural das unidades habitacionais para cada uma das cidades.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15575-1 -** Edificações habitacionais - Parte 1: Requisitos gerais. Rio de Janeiro, 2013.

ANDREASI, Wagner Augusto; VERSAGE, Rogério de Souza. **A ventilação natural como estratégia visando proporcionar conforto térmico e eficiência energética no ambiente interno**. Iniciação Científica - Convênio ECV943/03. 2007.

ELETROBRAS/INMETRO. **Regulamento Técnico da Qualidade para o Nível de Eficiência Energética de Edificações Residenciais** - RTQ-R, 2012.

MINISTÉRIO DO DESENVOLVIMENTO, INDÚSTRIA E COMÉRCIO EXTERIOR/ INSTITUTO NACIONAL DE METROLOGIA, QUALIDADE E TECNOLOGIA-INMETRO. **Portaria n.º 18, de 16 de janeiro de 2012.**

ELETROBRAS/PROCEL. **Manual para aplicação do RTQ-R**, 2014.

CAVALCANTI, Enilson Palmeira; SILVA, Bernardo Barbosa da; SILVA, Vicente de Paulo Rodrigues da; FILHO, José Batista Chaves. Variabilidade da velocidade do vento e influências oceânicas: uma abordagem para fins de geração de energia elétrica no Nordeste do Brasil. **Anuário do Instituto de Geociências**, v. 43, n. 1, 2020.

CAIXA ECONÔMICA FEDERAL - CAIXA. **Boas práticas para habitação mais sustentável**. Coordenadores Vanderley Moacyr John; Racineu Tadeu Araújo Prado. São Paulo: Páginas & Letras, 2010.

_____. Instituto de Metrologia, Normalização e Qualidade Industrial (INMETRO). Requisitos Técnicos da Qualidade para o nível de Eficiência Energética Edificações – RTQ-R. Portaria no 18, 16 jan. 2012a

GUPTA, Durva; KHARE, Vaibhav Rai. Natural Ventilation Design: Predicted and Measured Performance of a Hostel Building in Composite Climate of India. **Energy and Built Environment**, v. 2, n. 1, p. 82-93, 2021.

QUADROS, Bianca Milani de; MIZGIER, Martin Ordenes. Conforto térmico em ambientes de internação hospitalar naturalmente ventilados. **Ambiente Construído**, v. 20, n. 2, p. 113-134, 2020.

LUKIANTCHUKI, Marieli Azoia; SHIMOMURA, Alessandra Rodrigues Prata; SILVA, Fernando Marques da; CARAM, Rosana Maria. Sheds extratores e captadores de ar: influência da geometria e da dimensão das aberturas no desempenho da ventilação natural nas edificações. **Ambiente Construído**, v. 16, n. 1, p. 83-104, 2016.

PORANGABA, Alexsandro Tenório. **Ops! Cabe ou não cabe? Tipologia e funcionalidade das habitações do PAR em Maceió**. 2011. 191 f. Dissertação (Mestrado em Dinâmicas do Espaço Habitado) - Universidade Federal de Alagoas, Maceió, 2011.

SANTANA, Lêda Valéria Ramos et al. Análise espacial da distribuição da velocidade do vento no nordeste brasileiro utilizando a era-40. **Rev. Bras. Biom**, v. 33, n. 3, p. 414-432, 2015.

TIBÚRCIO, Isabela Cristina da Silva Passos. **Ventilação natural em edificações residenciais: parâmetros normativos para configuração das aberturas**. 2017. 207 f. Tese (Doutorado em Arquitetura e Urbanismo: Dinâmicas do Espaço Habitado) – Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Programa de Pós-Graduação em Arquitetura e Urbanismo, Universidade Federal de Alagoas, Maceió, 2018.

TOLEDO, Alexandre Márcio. **Ventilação natural e conforto térmico em dormitório: aspectos bioclimáticos para uma revisão do código de obras edificações de Maceió**. 2001. 270 f. Dissertação (Mestrado em Arquitetura) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2001.

_____. Ventilação e insolação: critérios para construção de diagramas de orientações preferenciais para dormitórios em Maceió-AL. In: ENCONTRO NACIONAL DE CONFORTO NO AMBIENTE CONSTRUÍDO/ CONFERÊNCIA LATINO-AMERICANA SOBRE CONFORTO E DESEMPENHO ENERGÉTICO DE EDIFICAÇÕES, 7./ 3., 2003, Curitiba. **Anais**… Curitiba: UFPR, 2003.

TORK, Lorena D'Arc; TIBIRIÇÁ, Antônio Cleber Gonçalves; TIBIRIÇÁ, Álvaro Messias Bigonha. Análise da ventilação natural conforme planos diretores: resultados de pesquisa em Belém, PA. **Ambiente Construído**, v. 17, n. 1, p. 329-351, 2017.