A INFLUÊNCIA DE DIFERENTES ARRANJOS CONSTRUTIVOS NO COMPORTAMENTO DA VENTILAÇÃO NATURAL

R. G. de Lima, L. S. Bittencourt

RESUMO

Regiões de clima quente úmido, como a cidade de Maceió, Brasil, são caracterizadas por pequenas flutuações diárias de temperatura do ar e alta umidade. As construções devem evitar ganhos de calor pela radiação solar e dissipar o calor produzido internamente, assim como o absorvido pelo seu envelope, e a ventilação natural exerce função fundamental para essa dissipação. Este trabalho analisou a ventilação natural no meio urbano em diferentes arranjos construtivos considerando um recorte da cidade de Maceió. Utilizaram-se simulações com o programa Envi-Met 4.0, em uma quadra típica exposta às condições climáticas. Foram simulados oito modelos, variando os parâmetros gabarito, recuos progressivos e forma dos edifícios. Resultados indicam no modelo Compacto 4 e Linear 4 reduções da esteira de vento e melhor distribuição da ventilação natural, influenciada pela combinação entre elevada altura e recuos do edifício. Fato que vem sendo desconsiderado na legislação urbanística da maioria das cidades brasileiras.

1 INTRODUÇÃO

Sabe-se que tecidos urbanos com alta densidade construtiva contribuem para o compartilhamento de infraestrutura e serviços urbanos. Esta condição em um primeiro momento, pode contribuir para reduzir o consumo *per capta* de energia em relação a áreas menos adensadas, uma vez que haveria a utilização da infraestrutura urbana de forma mais eficiente.

Contudo, áreas marcadas pela forte verticalização, quando associadas à alta densidade construtiva, podem causar efeitos negativos no microclima local, afetando o desempenho térmico das edificações e a qualidade dos espaços urbanos.

Ressalta-se que a verticalidade nem sempre é sinônimo de alta densidade. Apesar do grande número de pavimentos, esta configuração pode está entre as formas menos densas, quanto à taxa de ocupação do solo, e podem contribuir para a melhoria do sombreamento dos edifícios circunvizinhos.

Além da verticalização, outros fatores como a compacidade, rugosidade e porosidade podem afetar a circulação de ar no tecido urbano bem como influenciar o desempenho térmico e a qualidade ambiental, dos espaços urbanos e consequentemente de seus edifícios. Tais fatores afetam de maneira significativa a permeabilidade dos ambientes construídos ao vento, resultando em áreas com fortes correntes de vento ou em zonas de estagnação do escoamento de ar, o que, por sua vez, pode afetar o conforto témico do pedestre ao ar livre e a dispersão de poluentes gerados pelo tráfego urbano (NG, E. et al, 2011).

Quando o fluxo de ar entra em contado com superfícies com diferentes rugosidades, sofre diferentes efeitos de fricção. O grau de rugosidade das superfícies que compõem a cidade determina a intensidade de tais efeitos. Ao analisar o aumento da velocidade do vento ao longo de um eixo vertical, observa-se que essa velocidade varia de zero (na superfície terrestre), até uma velocidade idêntica a do fluxo livre de obstruções, gerando o que se chama de gradiente da velocidade do vento. O ponto mais alto, onde já não existe a influência do atrito da terra é chamado de altura do gradiente e esta altura é definida em relação à rugosidade do entorno. Áreas de campos abertos, áreas suburbanas ou cidades, apresentam diferentes alturas de gradientes. Sendo assim, a velocidade do vento na altura das construções varia de acordo com o entorno circundante (BITTENCOURT e CÂNDIDO, 2005; OKE, 1996).

Segundo Sacre (1983), para uma mesma altura, de cerca de 20m acima do solo, pode-se observar uma velocidade média, em torno de 20 a 30% menor na cidade, em relação a áreas menos adensadas. Por outro lado, a turbulência aumenta na ordem de 50 a 100%. Fatores como a orientação das ruas e das quadras urbanas também podem influenciar o comportamento do escoamento do ar na malha urbana.

Oke (1996), mostra o efeito da orientação e também do prospecto médio (altura e largura) em cânions urbanos. Em malhas urbanas extremamente densas e rugosas, onde há a existência de grandes prospectos, a velocidade do vento é reduzida e o calor mais dificilmente dissipado.

A edificação pode proporcionar forte impacto no seu entorno imediato e cabe à legislação municipal, em seus códigos de edificações incluir restrições construtivas capazes de garantir o melhor aproveitamento das características ambientais positivas, a exemplo do acesso a luz e a ventilação natural, para cidades com clima quente e úmido. (Bittencourt, 2015).

No atual Código de Urbanismo e Edificações de Maceió, quanto maior a altura das edificações maiores serão os recuos mínimos em relação aos limites dos terrenos, conforme tabela 1, mas a relação entre a taxa de ocupação (TO) e o coeficiente de aproveitamento (CA) é estabelecida de forma a condicionar o número de pavimentos do edifício a um percentual de ocupação do lote. Ou seja, considerando a TO para o recorte urbano estudado de 20% e que seu CA é de 4 vezes a área do terreno, observa-se um limite máximo de 20 de pavimentos para os edifícios na região da cidade estudada.

Entender o comportamento da ventilação natural no meio urbano, diante dos parâmetros construtivos definidos para o edifício, é de grande importância para o planejamento urbano. E nesse contexto, o uso de simulações computacionais passa a ser um método eficiente para a investigação do comportamento de tal fenômeno. Uma vez que essa ferramenta possibilita análise paramétrica de diferentes cenários, a exemplo do presente artigo, que estudou a relação entre gabaritos, recuos e formas do edifício no desempenho da ventilação natural, em uma fração urbana, na área litorânea da cidade de Maceió, Brasil.

2 METODOLOGIA

2.1 Caracterização do Objeto de Estudo

A cidade de Maceió está localizada às margens do Oceano Atlântico, no litoral da região Nordeste do Brasil, na latitude sul 9º39'57" e longitude oeste 35º44'07". Abrangendo uma área total de 512 km².

A legislação municipal que rege o ato de construir na cidade de Maceió estabeleceu o seu Mapa de Zoneamento Urbano. Utilizou-se um recorte da Zona de Uso Residencial 5 - ZR 5. Segundo os parâmetros urbanísticos para esta zona, construções verticais não devem exceder o limite de 10 a 20 pavimentos, para as respectivas taxas de ocupação máxima de 50% e 20%. Outro parâmetro restritivo é o afastamento do edifício em relação aos limites do lote. Esses afastamentos são determinados pelos recuos mínimos obrigatórios (frente, fundo e laterais) progressivos - variando em função do número de pavimentos do edifício, e calculados a partir das seguintes fórmulas: (Tabela 1).

Tabela 1: fórmulas para cálculo dos recuos mínimos obrigatórios.

FÓRMULAS PARA OS RECUOS PROGRESSIVOS	FRONTAL	POSTERIOR	LATERAL
	$5 + \frac{n-2}{2}$	$3 + \frac{n-2}{2}$	$1{,}5 + \frac{n-2}{2}$

n: número de pavimentos do edifício.

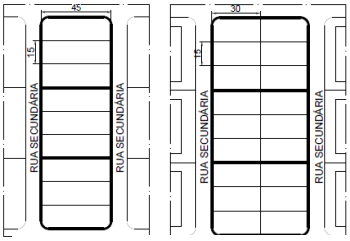
Fonte: Código de Urbanismo e Edificações de Maceió, 2006.

2.2 Simulação computacional

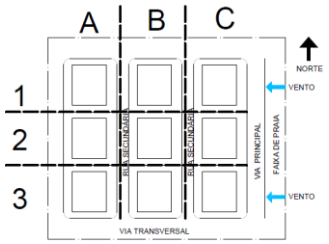
O presente trabalho foi baseado em análises paramétricas visando examinar o impacto de determinadas variáveis no escoamento do vento na malha urbana. Para tal, foram realizadas simulações computacionais utilizando o *software* Envi-Met, versão 4. Trata-se de um *software* gratuito que simula as relações entre a estrutura urbana e o ambiente a partir de modelos tridimensionais de clima urbano.

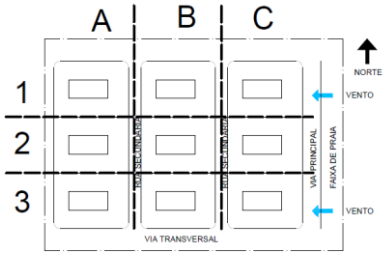
2.2.1 Definição dos modelos computacionais

Pensando em um cenário de verticalização para o litoral norte da cidade de Maceió, considerou-se um recorte espacial composto por um conjunto de três edifícios dispostos em três quadras situadas à beira mar, conforme figuras 3 e 4:



Figuras 1 e 2: Esquemas dos remembramentos dos lotes.





Figuras 3 e 4: Esquemas do recorte do tecido urbano com edifícios de forma compacta e forma linear, respectivamente.

Os edifícios compactos foram implantados considerando o remembramento de 3 lotes de 15x45m. Já os edifícios lineares foram implantados no remembramento de 6 lotes de 15x30m (figura 1 e 2). Foram definidos oito modelos de simulação, variando os seguintes parâmetros:

- **forma dos edifícios**: Atendendo as seguintes relações dimensionais entre os lados da edificação:

$a\ x\ (a + 1{,}5)$ $a\ x\ (a + 5)$	COMPACTO	LINEAR	$a\ x\ (a + 10)$ $a\ x\ (a + 16{,}5$

- **gabarito**: 10 e 20 pavimentos, e;

- **recuos frontal e lateral progressivo**: (recuos estabelecidos pela legislação municipal e recuos ampliados), conforme quadro 1.

Quadro 1: Esquema das simulações computacionais realizadas.

FORMA DO EDIFÍCIO		GABARITO	RECUOS PROGRESSIVOS	MODELOS
$a+x$ a	$x=5$	10 Pavimentos	Frontal : $5+\frac{n-2}{2}$ Lateral: $1{,}5+\frac{n-2}{2}$	Compacto 1
	$x=1{,}5$		Frontal: $7{,}5+\frac{n-2}{2}$ Lateral: $6+\frac{n-2}{2}$	Compacto 2*
	$x=5$	20 Pavimentos	Frontal : $5+\frac{n-2}{2}$ Lateral: $1{,}5+\frac{n-2}{2}$	Compacto 3
	$x=1{,}5$		Frontal: $7{,}5+\frac{n-2}{2}$ Lateral: $6+\frac{n-2}{2}$	Compacto 4*
$a+x$ a	$x=10$	10 Pavimentos	Frontal : $5+\frac{n-2}{2}$ Lateral: $1{,}5+\frac{n-2}{2}$	Linear 1
	$x=16{,}5$		Frontal: $7{,}5+\frac{n-2}{2}$ Lateral: $6+\frac{n-2}{2}$	Linear 2*
	$x=10$	20 Pavimentos	Frontal : $5+\frac{n-2}{2}$ Lateral: $1{,}5+\frac{n-2}{2}$	Linear 3
	$x=16{,}5$		Frontal: $7{,}5+\frac{n-2}{2}$ Lateral: $6+\frac{n-2}{2}$	Linear 4*

*Recuos progressivos ampliados.

Com a finalidade de facilitar as explicações dos resultados obtidos, o esquema das quadras foi dividido em malhas, gerando nomenclaturas para cada um dos edifícios (figuras 3 e 4).

2.2.2 Dados de entrada para a simulação

Seguindo as recomendações do tutorial do programa Envi-Met, realizou-se simulações com duração total de mais de 24 horas, iniciando às 21:00 horas do dia 16 de fevereiro (sem influência do aporte solar). Porém foi analisado os horários das 09hs e 15hs do dia 17 de fevereiro (dia intermediário da simulação), desprezando assim as primeiras horas da simulação que serviria apenas para alinhar o programa.

Foram utilizados os mesmos parâmetros climáticos de entrada para as simulações, de modo a viabilizar a comparação entre os resultados obtidos. Ver tabela 2:

Tabela 2: Dados climáticos utilizados na simulação.

Dados de Entrada	Valores
Velocidade do vento a 10m de altura	4,18m/s
Direção do vento	Leste (90°)
Rugosidade do local	0.01
Temperatura do ar	299.45 K = 26.3 °C
Umidade específica a 2500m	5.3 g/kg
Umidade relativa do ar em 2m	76.6 %

Fontes: Universidade de Wyoming. 2015 e Inmet. 2016.

Os dados climáticos de entrada foram retirados das Normais Climatológicas de Maceió para o período entre 1961 e 1990, de acordo com as médias do mês de fevereiro. Já os dados de umidade específica a 2.500m, foram obtidos da cidade de Natal (por inexistir dados provenientes de balões atmosféricos na cidade de Maceió - AL), a partir dos dados disponibilizados pelo Departamento de Ciências Atmosféricas da Universidade de Wyoming, nos Estados Unidos (disponível em: http://weather.uwyo.edu/upperair/).

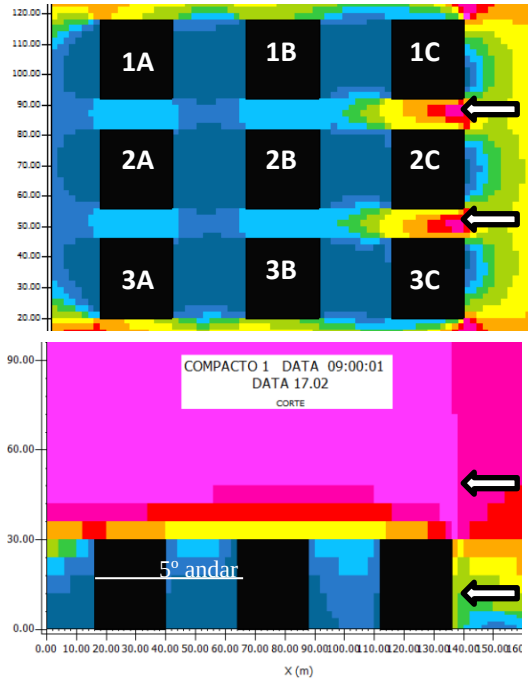
Após a simulação dos oito modelos descritos no quadro 1, foram realizadas análises comparativas das velocidades e distribuição do escoamento do vento no recorte estudado.

3. ANÁLISE DOS RESULTADOS

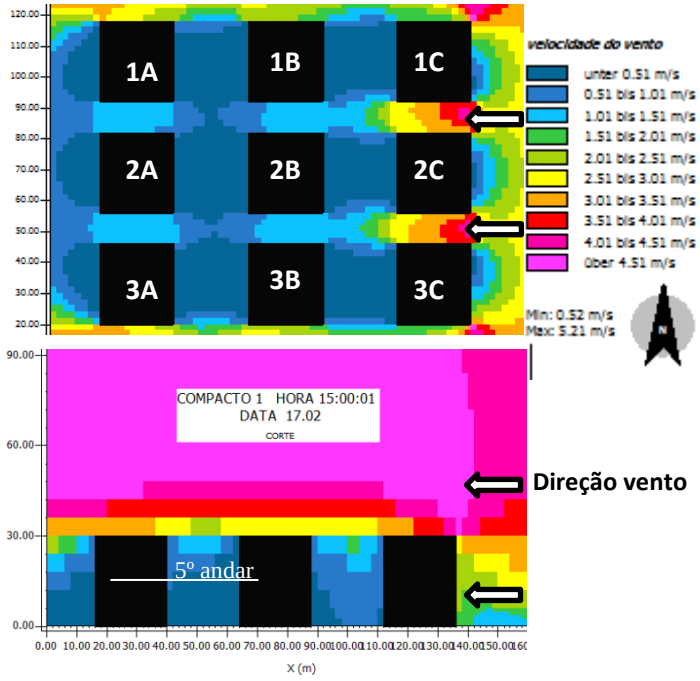
As figuras 5 a 36 mostram os resultados da simulação do comportamento do vento para os oitos modelos avaliados, nos dois horários considerados (09h e 15h). Foi analisada a seção horizontal no nível de um pavimento intermediário, representado pelo 5º andar e a seção vertical, nos horários citados anteriormente.

3.1 Modelo: Compacto 1 (10 pavimentos)

No modelo Compacto 1 (quadro 1), foram consideradas edificações com 10 pavimentos e recuos progressivos estabelecidos de acordo com o Código de Urbanismo e Edificações de Maceió (laterais de 5,5m; os frontais de 9,0m; e de fundo de 7,0m). Os resultados mostram que o afastamento entre os edifícios, formados pelos recuos posterior e frontal, não foi suficiente para produzir uma boa ventilação nas aberturas dos edificios 1A, 1B, 2A, 2B, 3A e 3B, essa região apresentou áreas com forte estagnação do ar proporcionando velocidades de até 0.5m/s. A velocidade do vento aumentou para até 1,0m/s nos corredores de vento formados pelos recuos laterais (figuras 5 e 7).



Figuras 5 e 6: Secção horizontal no nível do 5º pavimento; Secção vertical – às 09:00hs.



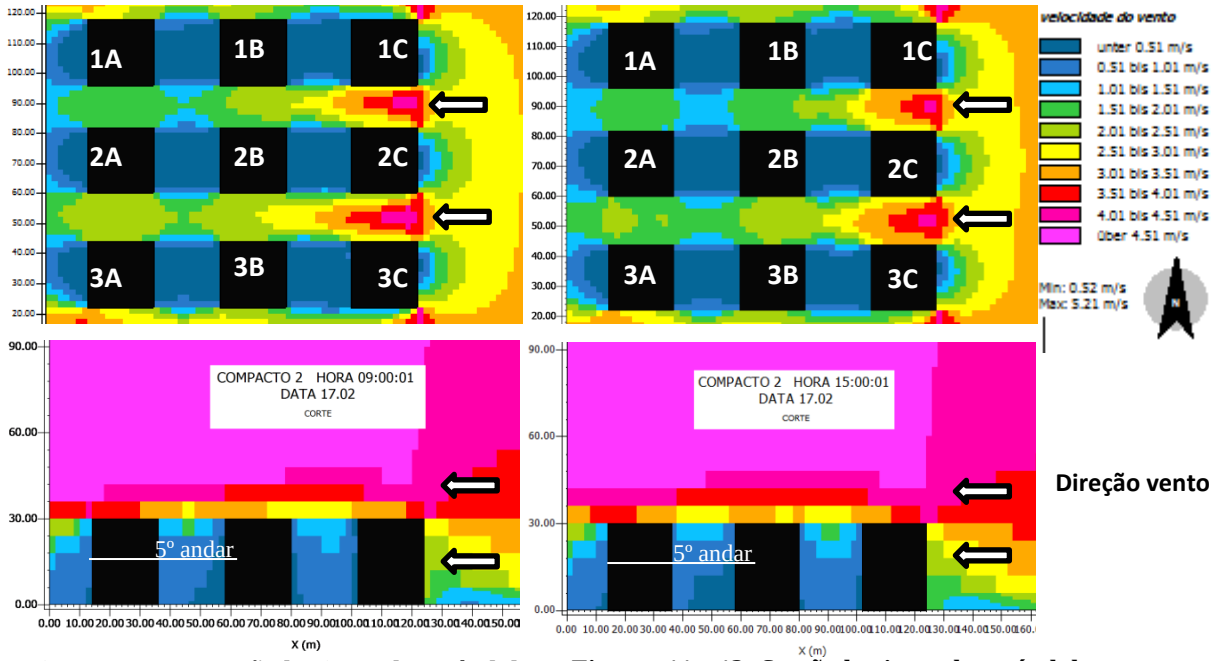
Figuras 7 e 8: Secção horizontal no nível do 5º pavimento; Secção vertical – às 15:00hs.

Observa-se um aumento da velocidade do vento apenas entre os edifícios 1C/ 2C e 2C/3C a barlavento (figuras 5 e 7). Estes atuaram como barreira que impediu a incidência do vento nos edifícios das quadras a sotavento.

A partir da análise das seções verticais, percebe-se que a uniformidade das alturas dos edifícios (10 pavimentos), associada a sua malha, fez com que nos andares mais próximos ao solo (até o 5º andar) o vento apresentasse uma menor velocidade, até 0,5m/s. A partir do 6º andar a velocidade do vento chegou até 1m/s, conforme figuras 6 e 8.

3.2 Modelo: Compacto 2 (10 pavimentos)

No modelo Compacto 2 (quadro 1), com edificações de 10 pavimentos e recuos progressivos ampliados (laterais de 10m; frontal de 11,5m; e de fundo de 7,0m). Os resultados mostraram que apesar do aumento da distância entre os edifícios, formada pelos recuos frontais, de fundos e a rua, ainda assim a velocidade do vento permaneceu de até 0,5m/s entre os edifícios 1A/1B, 1B/1C, 2A/2B, 2B/2C, 3A/3B, 3B/3B. Porém, percebe-se que o aumento dos recuos laterais contribuiu para uma maior penetração do fluxo de vento entre os edifícios 1A / 2A, 2A / 3A, 1B /2B e 2B /3B (figura 3), com velocidades que variaram de 2,0 a 3,0m/s.

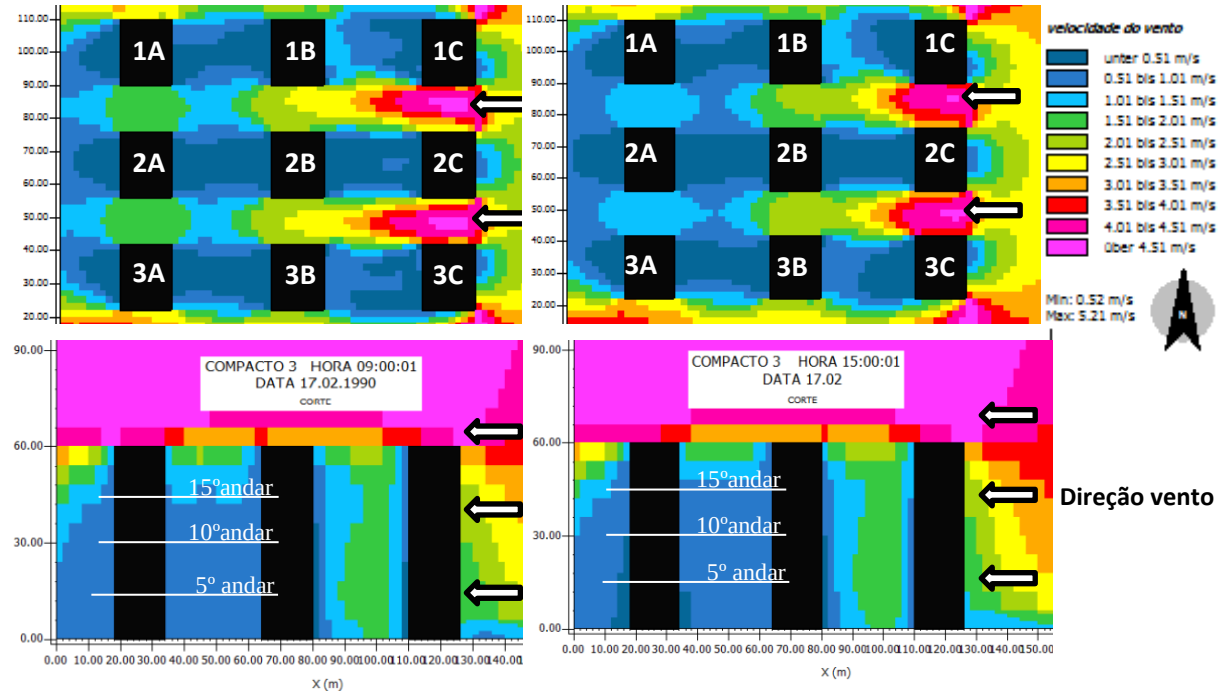


Figuras 9 e 10: Secção horizontal no nível do 5º pavimento; Secção vertical – às 09:00hs.

Figuras 11 e 12: Secção horizontal no nível do 5º pavimento; Secção vertical – às 15:00hs.

3.3 Modelo: Compacto 3 (20 pavimentos)

No modelo Compacto 3 (quadro 1), com edificações de 20 pavimentos e recuos progressivos estabelecidos de acordo com o Código de Maceió (laterais de 10,5m; frontal de 14m; e fundo de 12m), observa-se que a região entre os edifícios apresentou velocidades de vento mais variáveis, oscilando entre 0,5m/s à 2,5m/s (figuras 13 e 15).



Figuras 13 e 14: Secção horizontal no nível do 5º pavimento; Secção vertical – às 09:00hs.

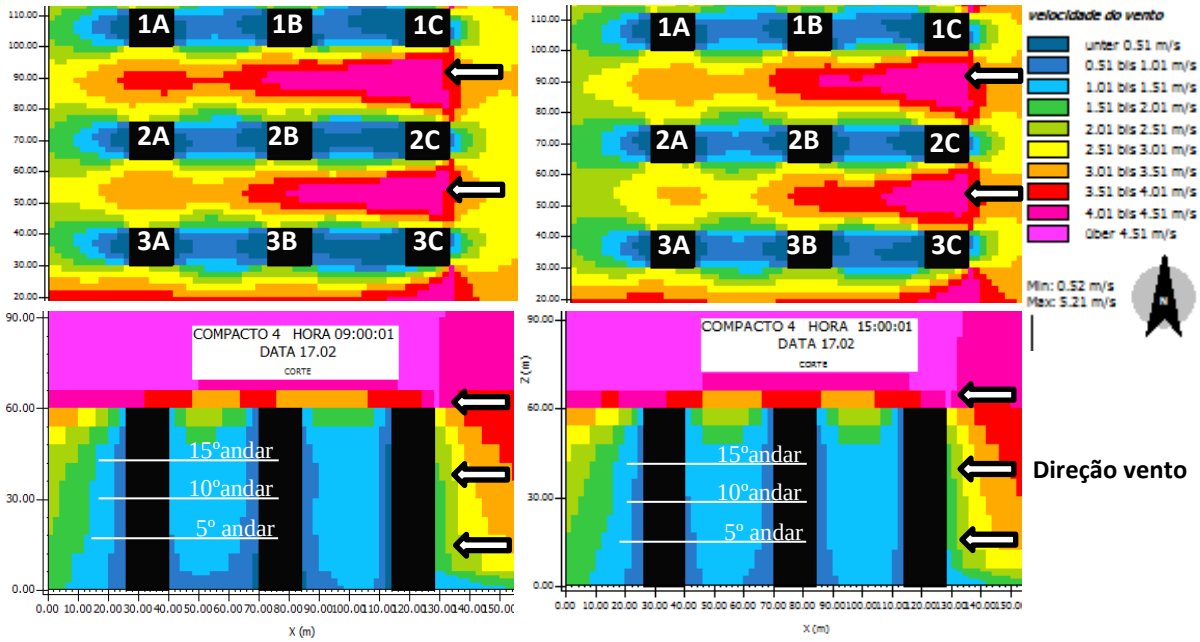
Figuras 15 e 16: Secção horizontal no nível do 5º pavimento; Secção vertical – às 15:00hs.

Os corredores de vento formados pelos recuos laterais apresentaram maiores intensidades do fluxo de ar, principalmente nos horários da manhã, com velocidades acima de 4,5m/s, na quadra a barlavento e de até 2,5m/s na quadra a sotavento. (ver figura 15).

Observa-se nas seções verticais, que a altura de 20 pavimentos contribuiu para o aumento das velocidades do vento em torno dos edifícios a barlavento (figura 14 e 16).

3.4 Modelo: Compacto 4 (20 pavimentos)

No modelo Compacto 4 (quadro 1), com edificações de 20 pavimentos e recuos progressivos ampliados (laterais de 15m; frontal de 16,5m; e fundo de 12m), observa-se que ainda apresentaram sombras de vento com velocidades de 1,00m/s, porém em menor proporção, se comparado aos modelos anteriores.



Figuras 17 e 18: Secção horizontal no nível do 5º pavimento; Secção vertical – às 09:00hs.

Figuras 19 e 20: Secção horizontal no nível do 5º pavimento; Secção vertical – às 15:00hs.

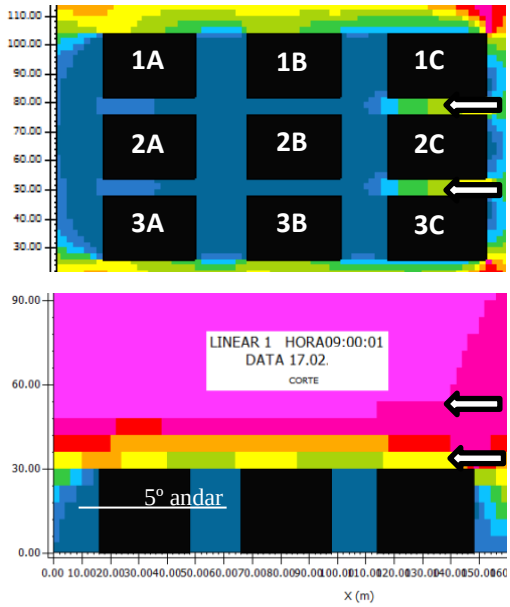
Os resultados indicam que o aumento dos recuos laterais contribuiu significativamente para uma melhor permeabilidade ao vento por entre os edifícios, com velocidades que foram de 2,5m/s até acima de 4,5m/s (figuras 17 e 19).

A combinação de grande altura e recuos resultou em melhora da ventilação em todos os pavimentos, principalmente para os mais próximos ao solo que nos modelos anteriores apresentaram forte estagnação do ar, com velocidades que atingiram até 0,5m/s (figuras 18 e 20).

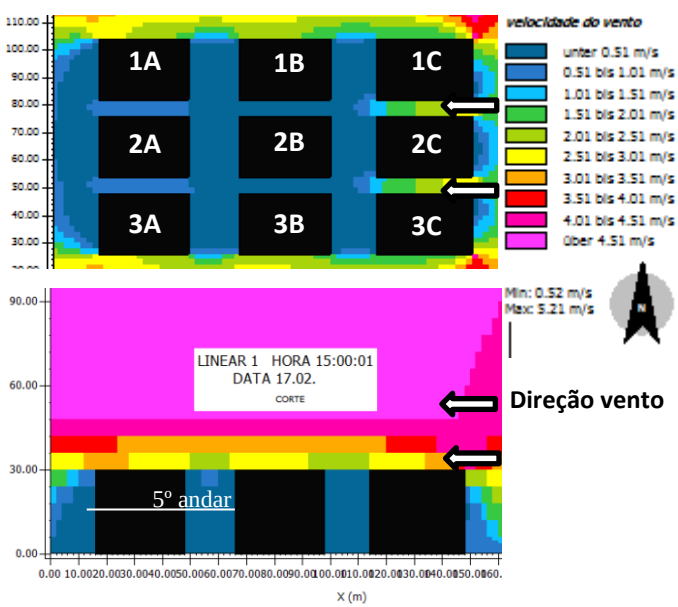
3.5 Modelo: LINEAR 1 (10 pavimentos)

No modelo Linear 1 (Quadro 1), com edificações de 10 pavimentos e recuos progressivos estabelecidos de acordo com o Código de Urbanismo e Edificações de Maceió (laterais de

5,5m; frontal de 9,0m; e de fundo de 7,0m). Os resultados mostram que essa configuração apresentou uma forte estagnação do ar, com velocidade de até 0,5m/s, na secção horizontal, como também na secção vertical (figuras 21, 22, 23 e 24).



Figuras 21 e 22: Secção horizontal no nível do 5º pavimento; Secção vertical – às 09:00hs.

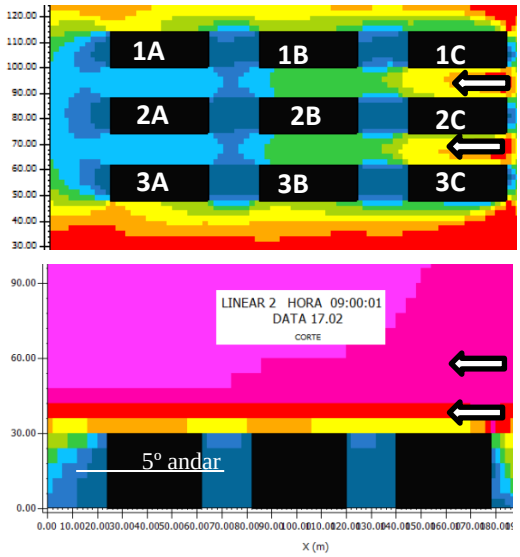


Figuras 23 e 24: Secção horizontal no nível do 5º pavimento; Secção vertical – às 15:00hs.

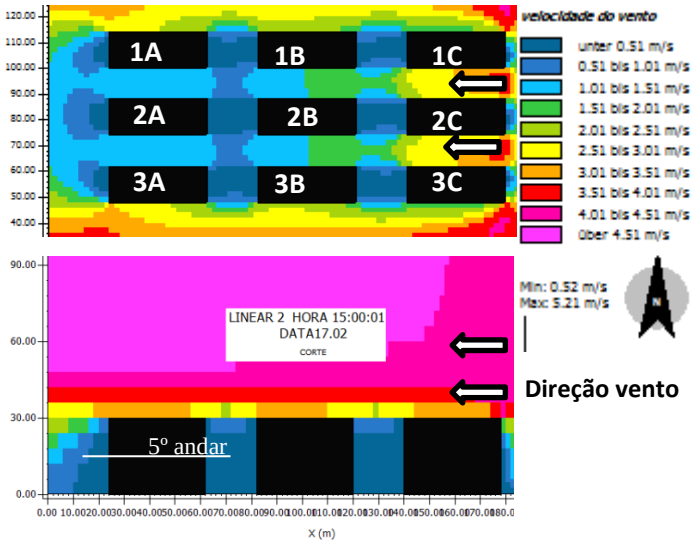
3.6 Modelo: LINEAR 2 (10 pavimentos)

No modelo Linear 2, com edificações de 10 pavimentos e recuos progressivos ampliados (laterais de 10m; frontal de 11,5m; e de fundo de 7,0m). Observa-se a formação de uma esteira de vento menor do que o modelo anterior, e que o modelo apresentou velocidade de vento que variaram de 0,5m/s à 1,5m/s.

Os recuos lateriais ampliados contribuiram para um maior escoamento do vento, com velocidades que vão de 1,0m/s (entre 1A /2A, 2A /3A) à 4,0m/s (entre 1C / 2C, 2C / 3C). O escoamento do ar foi melhor distribuido entre os edifícios da quadra central no horário das 9:00, ver figuras 25 e 27.



Figuras 25 e 26: Secção horizontal no nível do 5º pavimento; Secção vertical – às 09:00hs.

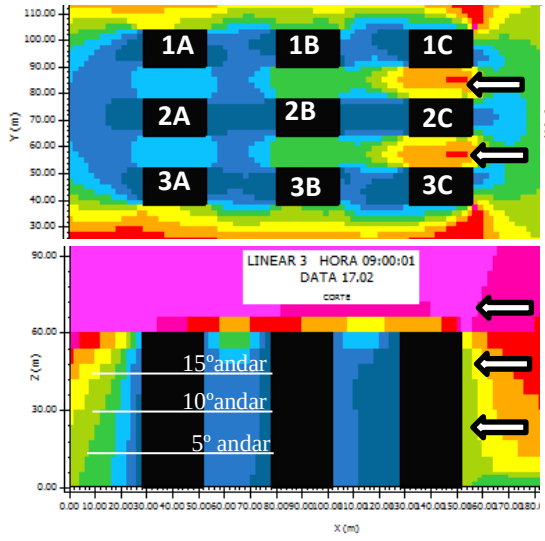


Figuras 27 e 28: Secção horizontal no nível do 5º pavimento; Secção vertical – às 15:00hs.

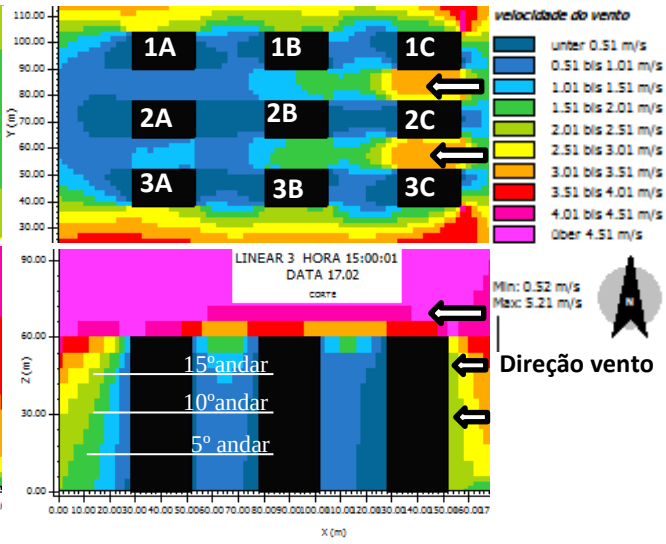
A secção vertical indica que em todos os pavimentos do edifício a velocidade do vento se manteve predominantemente em 0,5m/s.

3.7 Modelo: LINEAR 3 (20 pavimentos)

No modelo Linear 3 (quadro 1), com edificações de 20 pavimentos e recuos progressivos ampliados (laterais de 10,5m; frontal de 14,0m; e de fundo de 12,0m), os resultados mostram que a sombra de vento formada entre os edifícios apresentou velocidade de vento de até 1,0m/s (figuras 29 e 31).



Figuras: 29 e 30: Secção horizontal no nível do 5º pavimento; Secção vertical – às 09:00hs.



Figuras 31 e 32: Secção horizontal no nível do 5º pavimento; Secção vertical – às 15:00hs.

Observa-se que os corredores de vento formados ao longo dos recuos laterais, apresentaram maiores velocidades de vento a barlavento, que variaram de 4,0m/s a 1,5m/s (entre 1C / 2C e 2C /3C).

Verifica-se que às 15:00hs a velocidade do vento predominante entre os edifícios foi de até 0,5m/s, (figura 32).

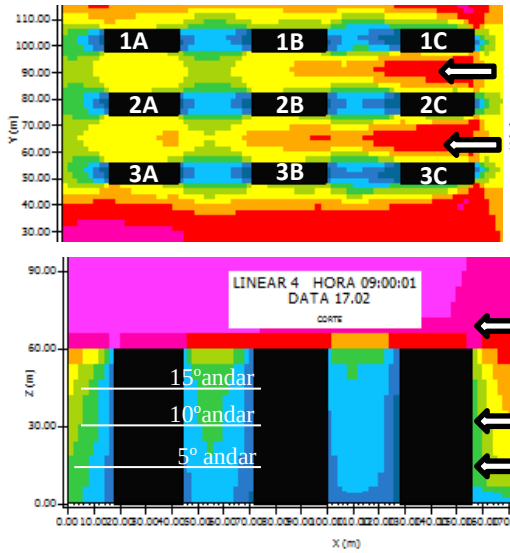
3.8 Modelo: LINEAR 4 (20 pavimentos)

O modelo Linear 4 (quadro 1), com edificações de 20 pavimentos e recuos progressivos ampliados (laterais de 15m; frontal de 16,5m; e de fundo de 12m), representa o arranjo construtivo que proporcionou a melhor distribuição da ventilação natural em torno dos seus edifícios, com velocidade que variaram de 0,5 à 4,0m/s. Tal modelo apresentou suas menores velocidades de vento de 1,0 à 2,0m/s, (figuras 33 e 35).

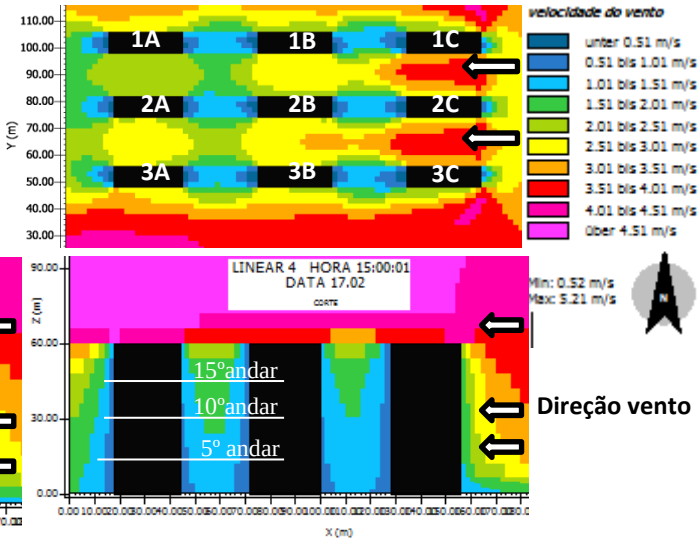
Os recuos laterais contribuiram para uma maior circulação e aumento da velocidade do fluxo de ar (predominância de 2,5m/s), comparando-o aos modelos anteriores. (figuras 33 e 35). Entre os edifícios 1C/2C e 2C/3C, a velocidade do vento chegou até 3,5m/s, Figuras 37 e 35.

Além disto, as seções verticais indicam que a velocidade ao longo dos pavimentos foi significativamente melhorada. Do 1º ao 7º pavimento, a velocidade chegou a 1,0m/s. A

partir do 8º pavimento, a velocidade aumentou para 1,5m/s e no 20º pavimento atingiu 2,5m/s (figuras 34 e 36).



Figuras 33 e 34: Secção horizontal no nível do 5º pavimento; Secção vertical – às 09:00hs.



Figuras 35 e 36: Secção horizontal no nível do 5º pavimento; Secção vertical – às 15:00hs.

Dentre os modelos analisados, os modelos Compacto 4 e Linear 4 foram os que apresentaram as melhores condições quanto à distribuição do fluxo do ar nos espaços externos. Nas duas situações foi considerado o gabarito de 20 pavimentos associado a recuos ampliados, o que resultou nestes modelos taxas de ocupação - TO e coeficientes de aproveitamento – CA, respectivamente de: TO = 12,22% e CA = 2,44; TO =17,5 e CA = 3,5. Tais índices encontram-se abaixo dos valores máximos permitidos pela legislação municipal (TO = 20% e CA = 4). Já os modelos Compacto 1 (com TO = 48,69% e CA = 4,86) e Linear 1 (com TO = 55,40% e CA = 5,54) apresentaram as situações mais desfavoráveis da distribuição do vento.

Percebe-se que as variáveis, forma e gabarito, não produziram efeitos significativos se analisadas isoladamente. As análises dos oito modelos de arranjo construtivo simulados evidenciaram uma forte influência da combinação do gabarito com os recuos laterais na distribuição e velocidade do vento.

A forma compacta dos edifícios foi responsável pela formação de grandes sombras de vento. Ao associá-la aos recuos laterais ampliados, notou-se um aumento da velocidade do vento, principalmente uma maior circulação do ar nos corredores laterais.

A forma linear produziu menores esteiras de vento, com velocidades de até 0,5m/s. Observa-se um aumento da velocidade apenas quando a forma é associada a maiores recuos. O mesmo ocorreu nos corredores de vento laterais.

Em relação influência do gabarito, ressalta-se que nos modelos analisados foi considerado a uniformidade nas alturas dos edifícios. Uma maior rugosidade certamente influenciaria tais resultados.

Diante de tais resultados, analisou-se o percentual de porosidade nas seções horizontal e vertical dos quatro modelos com melhores resultados, e pôde-se constatar a relação direta da porosidade na seção horizontal com o melhor desempenho da distribuição da ventilação natural no recorte em estudo (tabela 3):

Tabela 3: Porosidade dos modelos de resultados mais significativos.

Modelo	Porosidade Seção Horizontal	Porosidade Seção Vertical
Compacto1	57,6%	14%
Linear 1	50,5%	16,5%
Compacto 4	89,4%	15,9%
Linear 4	84,3%	23,6%

A redução da taxa de ocupação, ao considerar recuos mais largos, nos modelos Compacto 4 e Linear 4 foi compensada por torres mais altas, e este cruzamento de parâmetros resultou no melhor desempenho da ventilação natural no meio urbano, pois foi aumentada a porosidade na seção horizontal.

A porosidade urbana melhora significativamente a ventilação natural no nível do pedestre. Desta forma, a orientação das ruas, a configuração do arranjo e do edifício são parâmetros importantes para melhorar este desempenho.

Ressalta-se que este trabalho analisou a ventilação natural em diferentes arranjos construtivos urbanos considerando apenas o vento incidindo a 90º (orientação Leste). Incidências oblíquas implicam em diferentes resultados, como pode ser observado nas figuras 37 a 40. Nestes modelos se verificou que a incidência oblíqua do vento contribuiu para um melhor escoamento do ar por entre os edifícios e com maiores intensidades, em média 2,0m/s (figuras 37 e 38). A incidência do vento na orientação sul também resultou na redução das sombras de vento e em um melhor escoamento do ar, com velocidades que foram de 4,0 a 2,5m/s (figuras 39 e 40).

Ou seja, a orientação das ruas e a configuração do arranjo são parâmetros importantes no desempenho da ventilação urbana, mas para garantir uma melhor eficiência é necessário que estes sejam dispostos de acordo com a direção do vento predominante. Se a captação da ventilação natural é um aspecto positivo para o conforto térmico, faz-se necessário então que as ruas principais estejam posicionadas ao longo da direção predominante dos ventos, garantindo assim uma melhor distribuição e velocidade do fluxo de ar.

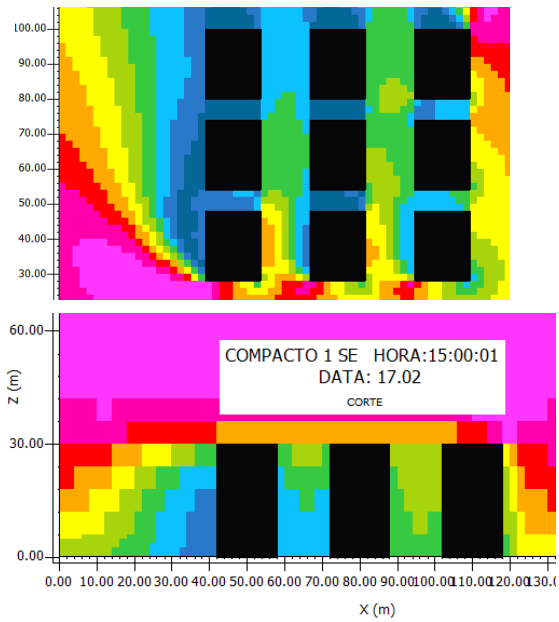


Figura 37 e 38: Secção horizontal no nível do 5º pavimento; Secção vertical – às 15:00hs. – Ventilação a SUDESTE.

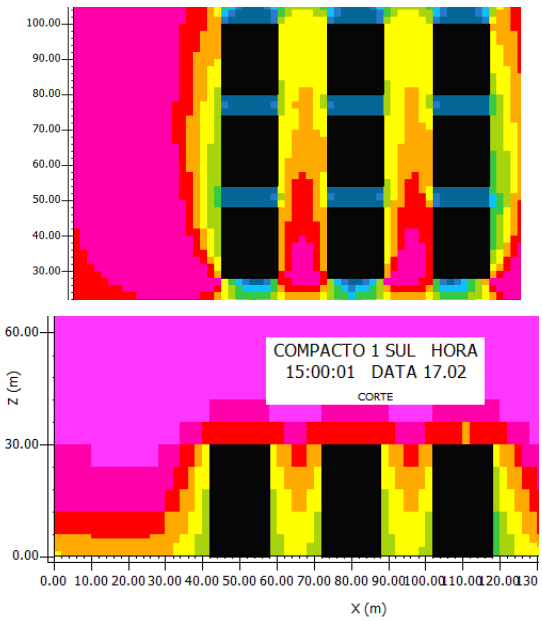


Figura 39 e 40: Secção horizontal no nível do 5º pavimento; Secção vertical – às 15:00hs. – Ventilação a SUL.

4. CONCLUSÕES

O presente estudo teve como objetivo analisar o comportamento da ventilação natural em edificações localizadas em diferentes arranjos construtivos, considerando um recorte do tecido urbano na área litorânea da cidade de Maceió – AL. Para isto foi avaliado a interferência da forma dos edifícios nesses arranjos, combinados com diferentes gabaritos e recuos frontais e laterais entre os edifícios.

Constatou-se que os modelos Compacto 1 e Linear 1, ambos apresentando 10 pavimentos e recuos estabelecidos pelas fórmulas do Código de Urbanismo e Edificações de Maceió, foram os que apresentaram maior sombra e estagnação do fluxo do vento, sugerindo que altas taxas de ocupação e pequenos recuos contribuem para a redução na ventilação das edificações localizadas a sotavento do arranjo construído.

Em contrapartida, os modelos Compacto 4 e Linear 4, com gabarito de 20 andares e maiores recuos apresentaram melhor desempenho na ventilação natural.

O desempenho da ventilação nas áreas urbanas resulta da integração das características do edifício e da área urbana. Desta forma, a combinação de várias estratégias (de planejamento urbano e de projeto do edifício) é o mais recomendado, pois geralmente é mais eficiente do que uma estratégia isolada. Fato que vem sendo desconsiderado na legislação urbanística da maioria das cidades brasileiras.

5. AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem à CAPES/FAPEAL pelo apoio e financiamento, por meio do Doutorado Cidades/ UFAL.

6. REFERÊNCIAS

BITTENCOURT, L. S. Considerações preliminares sobre o projeto do edifício ambiental. In: GONÇALVES, J. C. S; BODE, K. Org. **Edifício Ambiental**. São Paulo: Oficina de Textos, 2015.

BITTENCOURT, L. S., CANDIDO, C. M. **Introdução à ventilação natural** . 2. ed., Maceió: Edufal, 2005.

CÓDIGO DE URBANISMO E EDIFICAÇÕES DE MACEIÓ, Diretoria do Plano Diretor, Lei Municipal Nº 5.593, de 08 de Fevereiro de 2007, Maceió-AL.

Cruz, J. M. (2001) **Sustentabilidade do ambiente construído:** Conservação de energia através do uso da ventilação natural como forma de refrigeração passiva do ambiente urbano, Dissertação (Mestrado em Arquitetura - Dinâmicas do Espaço Habitado) Universidade Federal de Alagoas, Maceió, Alagoas.

DEPARTAMENT OF ATMOSPHERIC SCIENCE, University of Wyoming, College of Engineering, http://weather,uwyo,edu/, Acesso em Fev, 2016.

NG, E.; YUAN, C.; CHEN, L.; REN, C.; FUNG, J. C. H. Elsevier: **Improving the wind environment in high-density cities by understanding urban morphology and surface roughness: A study in Hong Kong.** Landscape and Urban Planning, V. 101, p. 59–74, 2011.

OKE, T. R. **Boundary layer climates**. 2ª ed. New York: Routledge, 1996, 435p.

SACRE, C. **Le confort dans les espaces extérieurs**: analyse microclimatique. Nantes: Centre Scientifique et Technique du Bâtiment, division climatologie, 1983. 138 p.