



ANÁLISE DE VENTILAÇÃO URBANA EM FRAÇÃO URBANA DE RECIFE – PE E DA UTILIZAÇÃO DO SOFTWARE LIVRE VASARI

Joana Sousa (1); Ruskin Freitas (2)

(1) Arquiteta, Mestranda do Programa de Pós-Graduação em desenvolvimento urbano - UFPE,
joanapack@gmail.com

(2) Arquiteto, Professor UFPE, ruskin37@uol.com.br

RESUMO

Este artigo é o primeiro resultado de uma pesquisa maior que pretende analisar o impacto da verticalização na ventilação urbana de Recife. Nas últimas décadas, a cidade vem passando por um processo de crescimento acelerado, caracterizado pela expansão urbana e pelo adensamento construtivo. Assim, a verticalização está cada vez mais presente na cidade e não existem estudos que demonstrem as modificações que ocorrem no microclima envolvente. Como tal, a pesquisa pretende analisar o desempenho de um software que possa auxiliar o arquiteto e o planejador na tomada de decisões conscientes sobre os impactos dos edifícios em relação ao ambiente urbano. Por exemplo, atualmente existem vários aplicativos que executam a apreciação de desempenho climático, como o Phenix, o Envi-met, ou o Vasari, contudo nem todos são de fácil acesso e manipulação. Nesse sentido este trabalho tem como objetivo fazer uma primeira análise com o software Vasari da Autodesk para estudar a possibilidade da sua utilização na pesquisa de mestrado. A metodologia adotada consiste na comparação dos dados de ventilação obtidos *in loco* numa pesquisa realizados por Freitas, em 2004, com os dados simulados pelo programa. Deste modo, pretende-se avaliar o grau de aproximação à realidade do programa, tal como as dificuldades e as vantagens na sua utilização. Como resultado foi elaborado uma tabela avaliando os pontos fortes e os pontos fracos do software em onze critérios. Desta forma concluiu-se que o Vasari demonstra algumas limitações, mas tem um enorme potencial para a elaboração de experiências futuras.

Palavras-chave: simulação computacional, ventilação urbana, verticalização, clima urbano, conforto ambiental.

ABSTRACT

This paper is the first result of a larger research project which aims to analyze the impact of verticalization in urban ventilation in the city of Recife. In the last decades, the city has been undergoing a process of rapid urban growth, characterized by urban sprawl and urban densification. This way, the verticalization is increasingly in the city and there are no studies that demonstrate the changes occurring in the surrounding microclimate. As such, the research intends to evaluate the urban climate performance. Currently there are various software's for ventilation analysis, such as Phenix, Envi-met, and Vasari, among others that can assist the architect and planner in decision-making, however, not all are easy to access and manipulate. This paper aims to make a first analysis to the software Autodesk Vasari to study the possibility of its use in the master's research. The methodology consists in comparing the ventilation data obtained on the spot in a research conducted by Freitas in 2004, with data simulated by the program. Thus, it is intended to evaluate the degree accuracy of the program, such as the difficulties and advantages in their use. As a result it was drawn up a table evaluating the strengths and weaknesses of the software in eleven criteries. In conclusion software Vasari shows some limitations, but has an enormous potential for the development of future experiments.

Key-words: computer simulation, urban ventilation, verticalization, urban climate, environmental comfort

1. INTRODUÇÃO

A climatologia e o urbanismo bioclimático têm contribuído para o entendimento das principais consequências da urbanização para o conforto humano, delimitando diretrizes para a melhor forma de atuação do projetista e do planejador. (OLIVEIRA 1985; BARBIRATO, SOUZA, TORRES, 2007; LANDSBERG 1981; OLGYAY, V 1998).

Na região onde se localiza a cidade de Recife, o clima é caracterizado tropical litorâneo quente e úmido, assim, os princípios bioclimáticos indicam que a forma urbana mais adequada se baseia na reprodução do solo verticalmente (GIVONI, B. 1981; ROMERO 1988). Segundo Oliveira (1985), esta forma de ocupação possibilita um maior nível de porosidade e um menor nível de rugosidade, o que contribui para uma adequada passagem do vento entre as edificações, que é um elemento climático essencial para reduzir o acúmulo de calor e de poeira do espaço urbano. Além disso, libera uma maior área de solo natural para a absorção da água das chuvas que são intensas, sobretudo, nos meses de inverno.

No entanto, medições realizadas por Freitas (2008) numa área verticalizada da cidade de Recife demonstraram uma grande variação de temperatura e de intensidade do vento num curto espaço físico. Essa situação sugere que a verticalização como tem sido feita nesta área da cidade, é inadequada às suas características climáticas, podendo existir um super adensamento deste padrão de ocupação por justaposição que dificulta a passagem do vento.

Neste sentido, a lei de uso e ocupação do solo, que regula a forma de crescimento urbano, tem-se demonstrado insuficiente para considerar todas as variáveis da urbanização. Segundo Melo e Barbirato (2011), o modelo de urbanização adotado na maioria das cidades brasileiras desconsidera as características climáticas locais comprometendo a qualidade de conforto térmico das mesmas.

Outra característica do modelo atual de planejamento é a delimitação dos valores máximos de ocupação do espaço por meio de parâmetros urbanísticos que se traduzem em valores numéricos. Esta situação dificulta a visualização e o entendimento das modificações urbanas consequentes. Neste sentido, já existem ferramentas e técnicas computacionais, que podem colaborar com o planejamento na visualização do potencial crescimento urbano e na análise do mesmo.

Em 2010, a prefeitura do Recife demonstrou-se interessada em incorporar as novas ferramentas, quando realizou um estudo no qual simulou diversas formas de ocupação do bairro de Santo Amaro, utilizando o máximo de densidade construtiva permitida (ver figura 1). A partir de um aplicativo tridimensional, foram realizadas diferentes propostas para a área, sendo que em algumas delas foram aplicadas várias medidas bioclimáticas para amenizar os problemas decorrentes da urbanização. Contudo, no modelo desenvolvido, não foi utilizado nenhum aplicativo de análise climática com o objetivo de avaliar os ganhos de cada modelo. Foram consideradas apenas as ideias. Consequentemente, torna-se difícil saber se os resultados obtidos nos diferentes modelos realmente iriam surtir os efeitos esperados. Sendo assim é necessário buscar ferramentas e métodos que possibilitem a simulação e a previsão dos resultados como forma de se obter dados mais rigorosos sobre uma determinada intervenção na cidade.

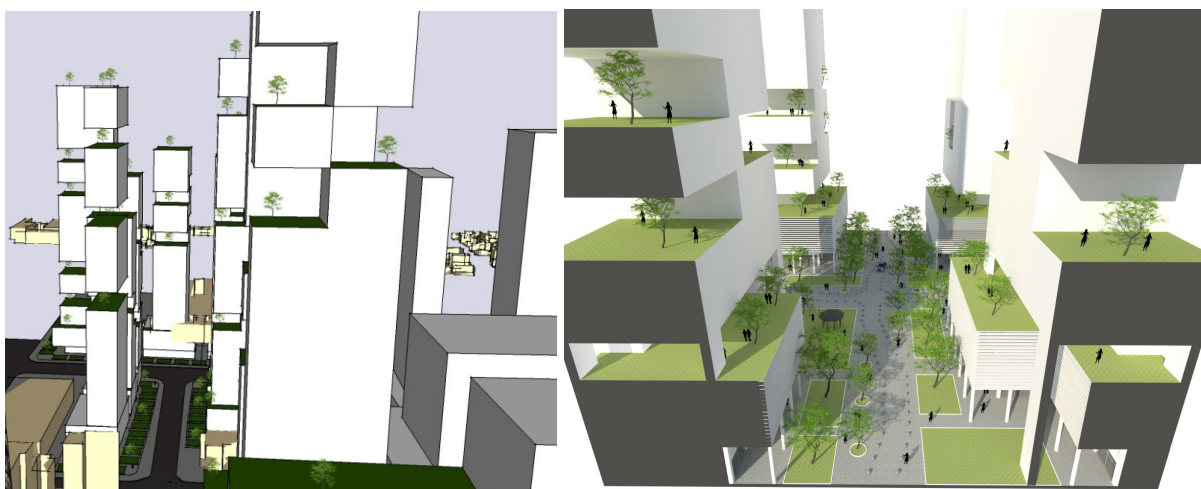


Figura 1- Simulação virtual do potencial construtivo do bairro de Santo Amaro. Preocupação na integração de pavimentos intermédios vazados para permear a passagem do vento, tal como o uso de pilotis no pavimento térreo e coberturas ajardinadas.

Fonte: Prefeitura do Recife

2. OBJETIVO

Este artigo visa apresentar os resultados parciais de uma pesquisa que tem como um dos objetivos desenvolver uma metodologia para o uso de ferramentas fluidodinâmicas computacionais para a análise da ventilação urbana. Atualmente, existem alguns aplicativos capazes de realizar esta tarefa, normalmente relacionada a atividades de projeto. Contudo, não existe a cultura de sua utilização em prefeituras, como ferramenta de análise, que possibilite a adequada avaliação da interferência de uma intervenção no conforto urbano. O trabalho apresenta os resultados do emprego do *software* Vasari como ferramenta de análise. Pretende-se refletir sobre as vantagens e desvantagens de sua utilização e o grau de aproximação em relação à realidade de Recife. Além disso, a partir desta simulação, pretende-se estabelecer critérios para a avaliação do desempenho de outros aplicativos.

3. MÉTODO

A metodologia da pesquisa envolveu inicialmente, o levantamento dos aplicativos que poderiam ser utilizados com o objetivo de gerar uma rápida pré-visualização dos fenômenos de ventilação no meio urbano. Estes softwares deveriam ser de fácil acesso e manipulação na obtenção resultados. A partir da lista elaborada, foi selecionado o aplicativo Vasari que pertence à Autodesk e está na versão beta 2. Entre as principais características desta ferramenta de desenho pode se destacar o fato de integrar a avaliação do desempenho de uma edificação isolada ou em conjunto, em relação a diferentes parâmetros como por exemplo, o cálculo de consumo de carbono, o calculo gasto energético, a análise ventilação, entre outros. Para a análise de ventilação o aplicativo utiliza o *plug-in* Ecotect Wind Tunnel.

Como forma de avaliação da adequação da ferramenta, foi realizada uma comparação entre dados obtidos *in-loco* com dados simulados pelo programa, de modo a ponderar o grau de aproximação dos resultados gerados com o levantamento. Para tal,, foi realizado um teste com os dados obtidos por Freitas (2008) em uma área verticalizada do bairro de Boa viagem, em Recife.

3.1. Caracterização climática da cidade do Recife e da área de estudo

A cidade de Recife é a capital do estado de Pernambuco e está localizada no litoral do Nordeste do Brasil, na latitude $-08^{\circ} 03' 14''$, na longitude $-34^{\circ} 52' 52''$, com altitude de quatro metros, em seu centro. O clima é caracterizado por ser quente e úmido com temperaturas elevadas ao longo do dia e do ano (média anual de $25,5^{\circ}\text{C}$), uma radiação difusa muito intensa, um alto grau de umidade do ar (média de 80%) e precipitação média anual elevada, acima de 2.000mm.

A cidade está sob a influência dos ventos alísios do hemisfério austral, com a direção predominante de sudeste e as secundárias de leste, sul e nordeste, a velocidade média é de 6,05 m/s, no entanto a intensidade e a velocidade variam conforme o vento encontra barreiras da urbanização.

O caso de estudo localiza-se no bairro de Boa Viagem, uma área litorânea da cidade do Recife e com um alto índice de densidade populacional e construtiva. Esta área foi selecionada por possuir um clima “natural” junto a orla oceânica e sofrer uma grande alteração com a urbanização compacta e verticalizada.



Figura 2 - Foto aérea do bairro de Boa Viagem Fonte: Carlos Oliveira

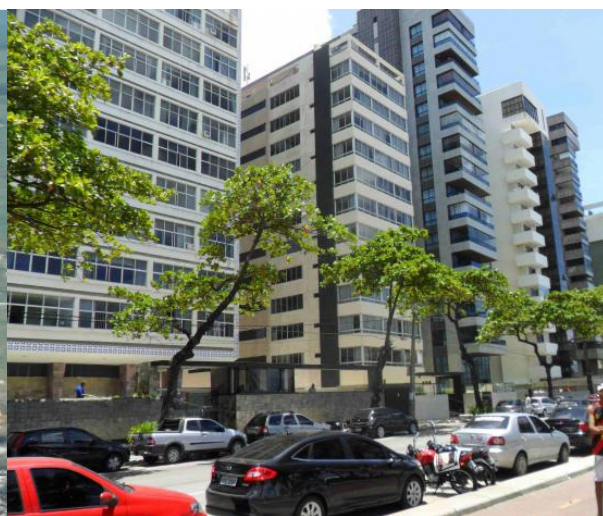


Figura 3 - Foto da área de estudo Fonte: elaboração própria

:

Nesta pesquisa, foi utilizado como referência uma análise realizada por Freitas (2008) em uma área consolidada do bairro de Boa Viagem. O levantamento foi efetuado no ano de 2004 e consistiu na coleta de dados climáticos entre a Avenida Domingos Ferreira (limite noroeste), a Rua Antônio Falcão (limite nordeste), a Avenida de Boa Viagem (limite sudeste) e a Rua Félix de Brito (limite sudoeste). Nessa atividade de observação o autor selecionou dez pontos de medição para avaliar a temperatura do ar (°C), a porcentagem de umidade (%), o nível de ruído (db), a direção e velocidade do vento (m/s). As medições foram feitas ao nível do usuário, com o intuito de aproximar-se da percepção de conforto do pedestre. Foram realizadas quatro baterias de medições, duas às 9h00 e duas às 15h00, em período próximo ao equinócio de primavera, em Setembro. O instrumento utilizado para avaliar a velocidade do vento foi o anemômetro digital e foi utilizada uma bússola com um cordel para saber a orientação predominante.

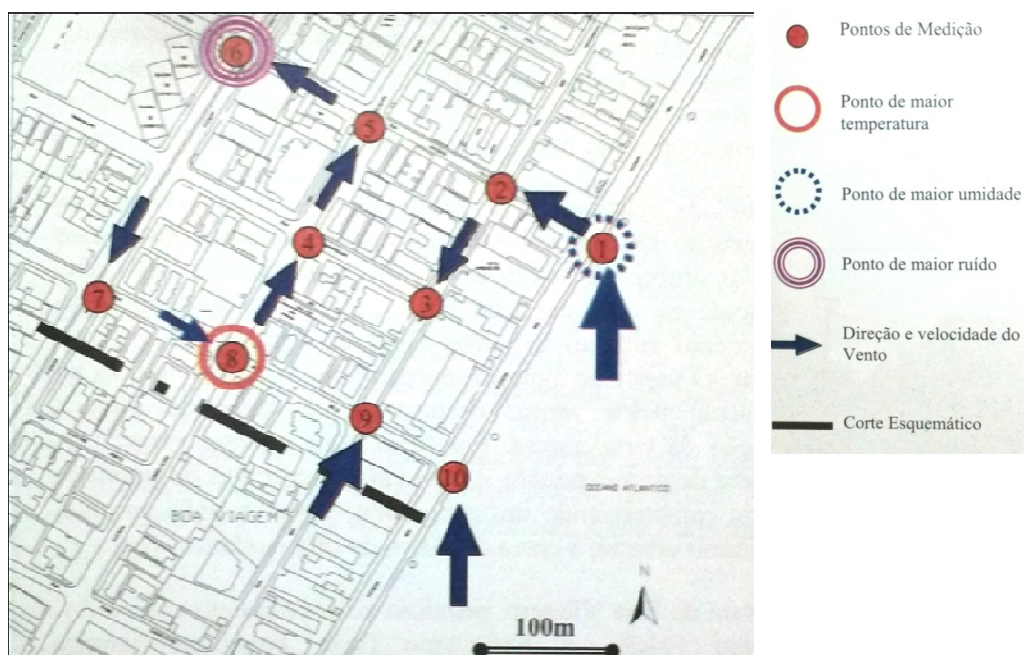


Figura 4 - Localização dos pontos de medições Fonte: Freitas (2008)

Tabela 1- Resultados médios das medições efetuadas em cada ponto

Local	Temperatura (°C)	Umidade (%)	Velocidade dos ventos (m/s)	Direção dos Ventos (N)
1	27,6	81,3	3,6	S
2	27,8	76,5	2,4	SE
3	27,7	74,6	1,1	NE
4	28,4	71,5	1,4	SO
5	29,5	68,6	1,4	SO
6	28,9	70,3	1,7	NE
7	27,9	71,5	1,7	NE
8	30,0	65,3	0,9	NO
9	28,4	71,4	2,2	SO
10	26,9	78,4	3,3	S
MÉDIA	28,3	72,9	2,0	SO

Fonte: Elaboração própria adaptado de Freitas (2008)

A figura 4 mostra o mapa esquemático dos pontos medidos pelo autor e os resultados obtidos. As setas azuis indicam a direção predominante do vento e a sua espessura representam a intensidade do vento. Numa primeira observação do mapa e da tabela é bem visível a constante variação na direção do vento. Junto à orla onde o vento é “natural” (por não encontrar interferências) a direção predominante é proveniente de Sul, no entanto esta se altera ao encontrar as barreiras edificadas e parece seguir a direção das ruas, sugerindo que ocorre o efeito de canalização do vento nas mesmas.

Da análise efetuada destacam-se dois pontos. O ponto 1 é o que apresenta a temperatura mais baixa e a porcentagem de umidade ar e a velocidade do vento mais elevadas. Já o ponto 8, apresenta parâmetros exatamente opostos do ponto 1, com uma temperatura mais elevada e umidade do ar e velocidade do vento mais baixa. Esta situação levantada por Freitas (2008) ilustra como o grande adensamento, baseado em uma verticalização excessiva altera os parâmetros climáticos e, conseqüentemente o conforto no ambiente urbano.

A partir destes dados será realizada a comparação com os dados gerados pelo aplicativo de avaliação de desempenho.

3.2. Modelo computacional

A elaboração do modelo virtual envolveu várias etapas e diversos aplicativos. O processo iniciou-se com a obtenção dos dados “cartográficos” em duas dimensões na plataforma AutoCAD. Esta informação foi obtida a partir da planta base da prefeitura do Recife. No entanto, esta se demonstrou desatualizada e como tal, foi necessário realizar um levantamento das modificações, utilizando serviços de pesquisa e visualização de mapas, imagens de satélite e levantamento *in loco*. O objetivo era compatibilizar a situação atual com a utilizada como referência. Os resultados mostraram que poucas modificações foram realizadas na área selecionada. Após a finalização da planta, esta foi exportada para o programa de modelagem tridimensional Google Sketchup. A escolha deste programa deveu-se ao fato de este ser de fácil manipulação e acesso. O modelo elaborado representa a volumetria da área, como resultado não foram consideradas aberturas ou detalhes arquitetônicos.

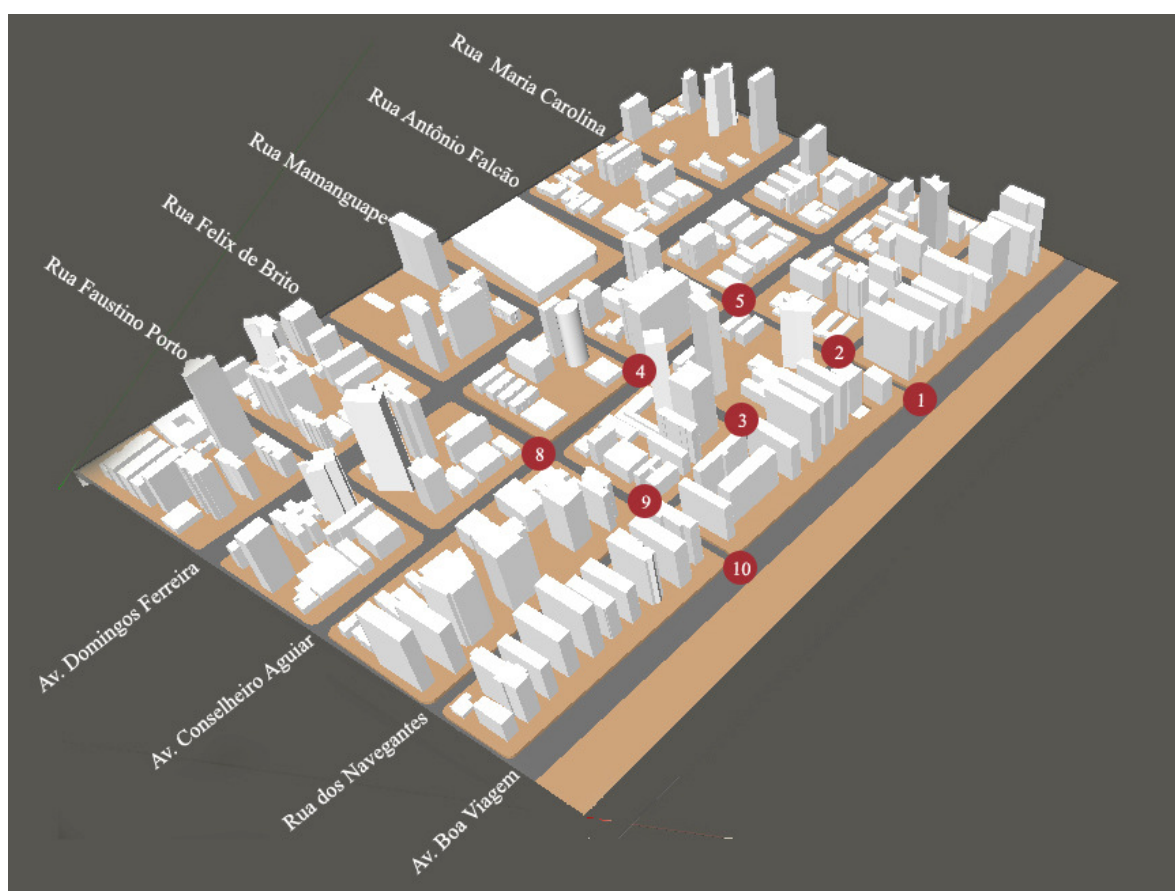


Figura 5 - Modelo tridimensional da área de estudo Fonte: Elaboração própria

A figura 5 mostra a maquete virtual que foi gerada. Este modelo engloba uma área maior do que a que foi estudada por Freitas (2008) visto que os edifícios envolventes às quadras também têm de ser considerados, na medida em que estes influenciam na livre circulação do vento. Assim a área de simulação está compreendida entre a Rua Padre Carapuço, Rua Francisco da Cunha, Rua Padre Bernardino Pessoa e Avenida Boa Viagem. A altura dos edifícios foi estabelecida após a contagem do número de pavimentos e foi determinada uma medida padrão de três metros para cada pavimento. Além disso, o limite das quadras foi elevado três metros para representar os muros de segurança dos prédios. Com a finalização do modelo, este foi salvo como arquivo skp e posteriormente exportado para o programa Vasari que está preparado para abrir este formato de arquivos.

3.2.1. Definição de parâmetros no Software Vasari

Como foi explicado, para efetuar a análise da ventilação urbana foi selecionado o programa Vasari da Autodesk, que utiliza um plug in do programa Ecotect para efetuar as análises de ventilação. Na análise da

ventilação no meio urbano, a primeira preocupação, foi a de adequar a ventilação produzida pelo modelo, aos ventos predominantes, na cidade de Recife. Nesse sentido, o programa tem uma ferramenta denominada de *Ecotect wind rose*, que é uma plataforma de ligação à *web* que possibilita ao usuário indicar o nome da cidade em que pretende fazer a análise e este sugere as estações meteorológicas mais próximas. Ao selecionar a estação de Recife o programa fornece automaticamente o gráfico de ventilação da localidade que consiste numa média das direções e intensidades dos ventos ao longo de todo o ano num período de análise de 30 anos. (ver figura 6). Esta plataforma ainda permite localizar o gráfico de ventilação sobre o modelo, para facilitar a visualização dos ventos dominantes, sobre a área de estudo.

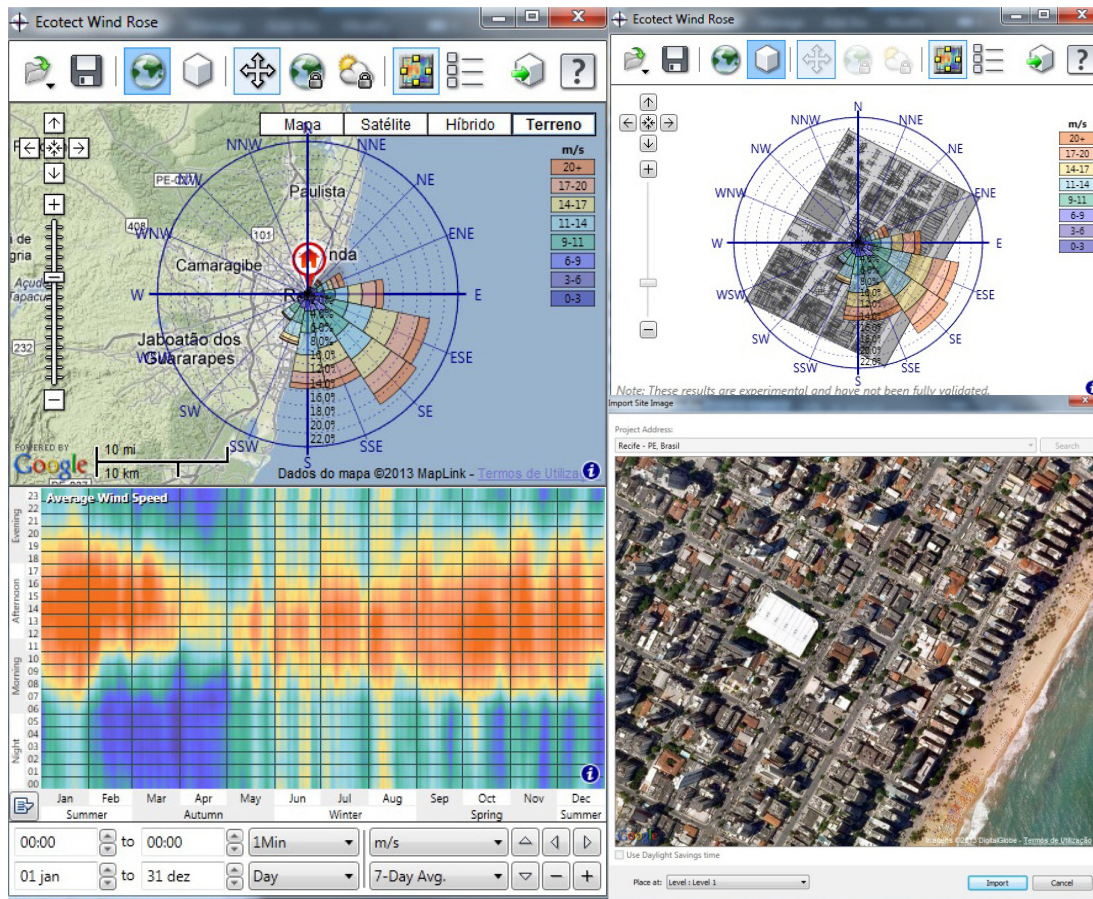


Figura 6 - *Ecotect wind rose*: A imagem acima mostra a localização da cidade e o gráfico de ventilação correspondente, tal como o painel de controlo dos meses do ano e das horas do dia que se pretende analisar. A figura da direita demonstra a localização do gráfico de ventilação no modelo e a possibilidade de importar a localização exata do Google Earth.

Após a predefinição de localização, o plug in da *Ecotect wind tunnel* possibilita a análise da ventilação do modelo. O painel de controle permite a alteração dos padrões de ventilação manualmente, a definição da altura que se pretende avaliar o modelo e a determinação de diferentes modos de visualização dos resultados. Nos parâmetros estabelecidos para este trabalho, o vento está definido na velocidade média de 6 (m/s), que é a média de Recife.

3.2.2. Visualização gráfica

As simulações demonstram o fluxo dinâmico do vento, como uma espécie de “túnel de vento virtual”, que possibilita a visualização dos efeitos aerodinâmicos. O programa gera os resultados relativamente rápido e possibilita a visualização da ação do vento em vários planos. O plano resultante dos eixos xy corresponde a uma lâmina horizontal que corta o modelo a uma distância do solo que pode ser definida pelo usuário. Já os planos formados pelos eixos xz e yz corresponde à visualização da ação do vento verticalmente, também em diferentes posições. A possibilidade de criar diferentes seções de análise permite a compreensão da ação do vento, no modelo como um todo. Além disso, o programa tem a opção de visualização tridimensional dos efeitos aerodinâmicos. Contudo, este modo de visualização necessita de equipamentos com maior capacidade de processamento de dados, o que torna sua utilização inviável na maioria das prefeituras.

A representação gráfica dos resultados é gerada por meio de um *grid*, em que cada quadrado corresponde a uma velocidade do vento (m/s). Quanto mais quadrados tiver o *grid* e quanto menores forem,

mais rica será a informação obtida. Assim, a visualização pode ser demonstrada por setas (vetores), por pontos ou por fluxos. Em qualquer um dos casos, as cores que aparecem em cada quadrado do *grid* são sempre a forma de indicar a velocidade do vento (m/s): o amarelo corresponde à velocidade máxima e o azul à velocidade mínima.

3.2.3. Análise de resultados

Os resultados obtidos no modelo tridimensional utilizando o aplicativo Ecotect *wind tunnel* foram bem abaixo do esperado. O teste demonstrou várias falhas e dificuldades para gerar a informação de ventilação dentro da massa edificada. O tamanho do *grid* de análise foi constantemente modificado com o intuito de obter o máximo de informação. No entanto, como se pode verificar na figura 7, o programa não foi capaz de calcular a parte interna do modelo, documentando que tem uma velocidade quase nula enquanto nos limites sul e sudeste (onde o vento é predominante) a velocidade média varia de 4 a 6 (m/s). A única justificativa plausível para este resultado é que o software ou o computador não teve capacidade para processar toda a informação envolvida no modelo, caso contrário, o resultado gerado iria contra toda a literatura de efeitos aerodinâmicos documentados.

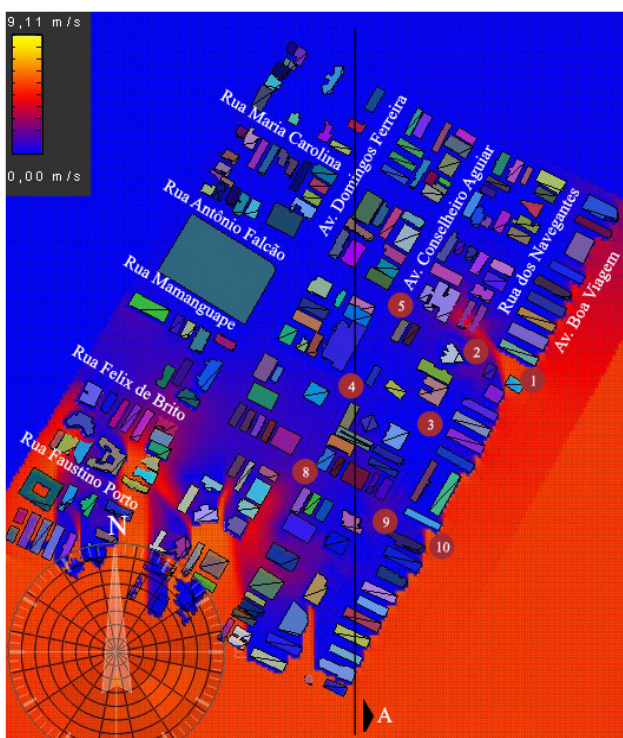


Figura 7 - Gráfico com os resultados obtidos no eixo xy a 2 metros do solo e com o vento dominante vindo de Sul. Fonte: Elaboração própria.

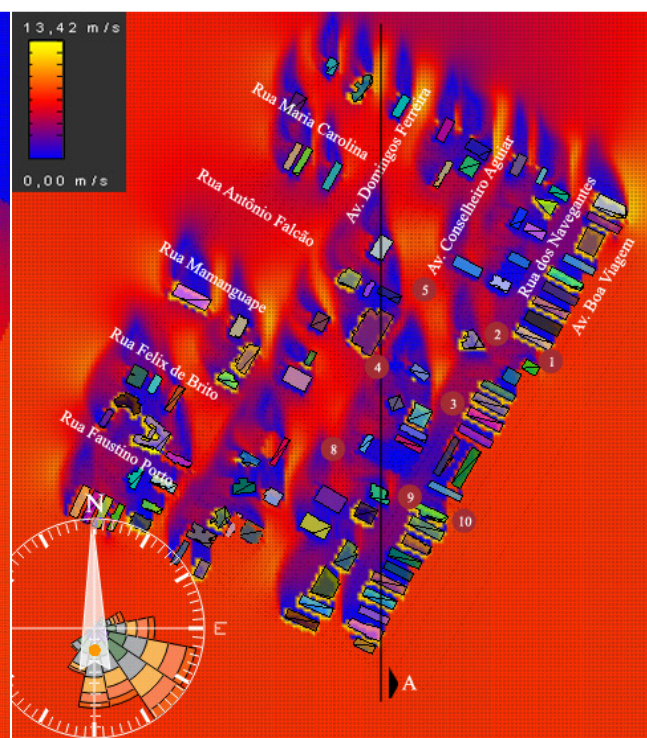


Figura 8 - Gráfico com os resultados obtidos no eixo xy a 50 metros do solo e com o vento dominante vindo de Sul. Fonte: Elaboração própria.

Desta forma, dada a falta de precisão dos resultados obtidos, nesta primeira análise não foi possível comparar com exatidão modelo com dados levantados por Freitas (2008). No entanto, é curioso denotar que o ponto 1, apontado pelo autor como o de maior ventilação aparece marcado neste modelo igualmente como o de maior ventilação dentro do quadrilátero avaliado. Esta situação sugere que o afastamento entre os edifícios neste ponto deve ser maior que no resto do modelo junto à orla.

Para além desta análise “horizontal” ao modelo, foi também elaborada uma análise “vertical” segundo o plano yz, com o objetivo de estudar o impacto da verticalização na ventilação urbana (ver figura 8). Nesta análise foi possível verificar que os edifícios geram uma área a sota-vento no sentido oposto ao vento dominante (Sul). No entanto, esta opção de avaliação demonstrou-se falha, pois não é possível determinar a orientação do “corte”, visto que o programa predefine os eixos de referência dos planos. Torna-se difícil compreender o panorama geral de interferência da verticalização. Deste modo, a visualização tridimensional demonstra ser a única forma de se ter uma compreensão global dos fluxos aerodinâmicos.

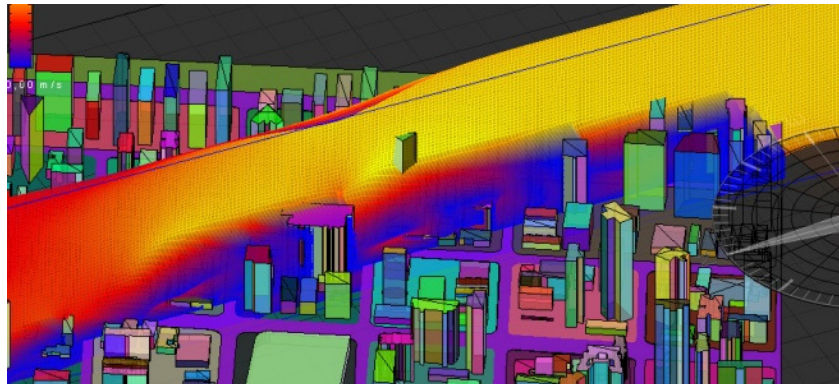


Figura 9 - Gráfico com os resultados obtidos no eixo yz (corte A) com o vento dominante vindo de Sul. Fonte: elaboração própria

Por fim, foi elaborada uma avaliação, considerando o deslocamento do vento predominante vindo de sudeste. Neste caso, o programa de fluxo do vento demonstrou o efeito de canalização nas ruas a uma velocidade média de deslocamento de 4 (m/s) e velocidade quase nula na parte interna das quadras, quase como se o modelo de ocupação fosse compacto.

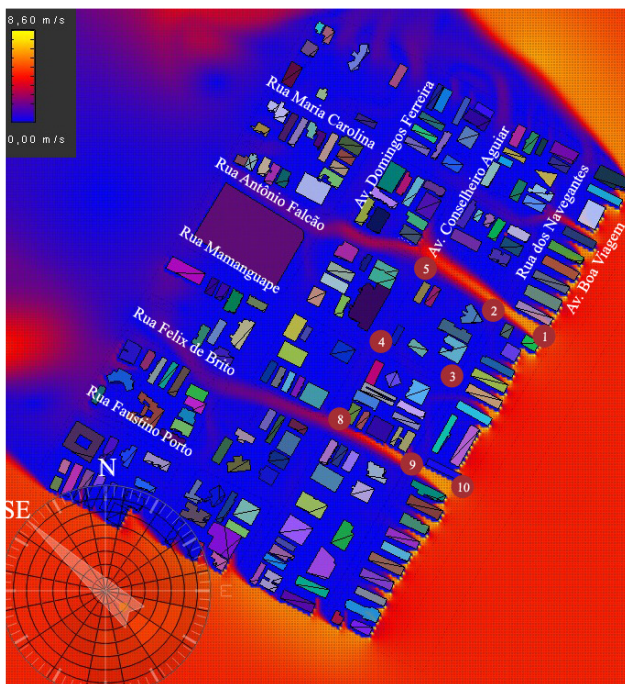


Figura 10 - Gráfico com os resultados obtidos no eixo xy a 2 metros do solo e com o vento dominante vindo de Sudeste. Fonte: Elaboração própria

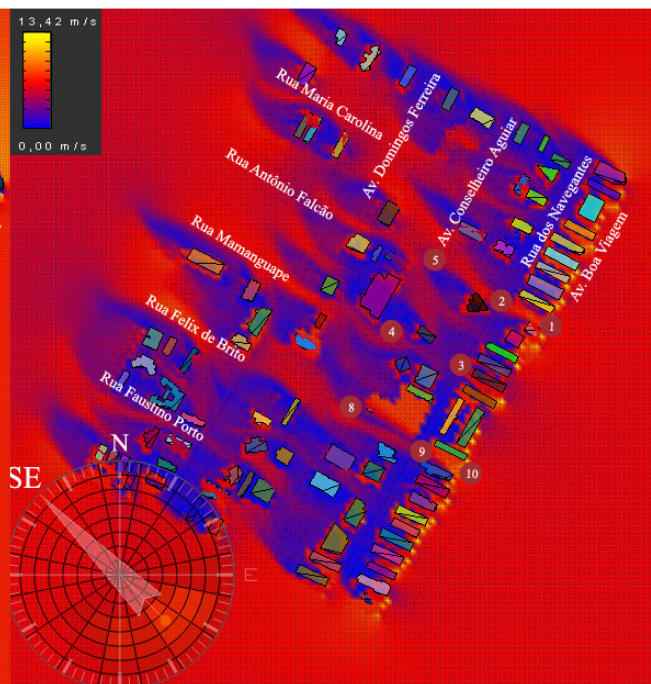


Figura 11 - Gráfico com os resultados obtidos no eixo xy a 50 metros do solo e com o vento dominante vindo de Sudeste. Fonte: Elaboração própria

4. RESULTADOS

A partir deste trabalho foi possível observar o desempenho do software e o processo de utilização do mesmo, testando a ferramenta de análise de ventilação em um modelo urbano. Este processo possibilitou elaborar uma lista de critérios que permitirá o teste de outros aplicativos fluido-dinâmicos. Estes foram determinados a partir do teste realizado e de conceitos extraídos da norma ISO / IEC - 9126, que considera como características adequadas de um aplicativo a funcionalidade, confiabilidade, usabilidade, eficiência, manutenção e portabilidade. A partir desta norma e da experiência do teste foram definidos nove critérios, todos com o mesmo peso de importância, são esses:

- Acesso: Como o software está disponível, se é de livre e fácil acesso ou não;
- Utilização: Facilidade de utilização pelo usuário se é perceptível por tutoriais e com poucas informações ou se necessita de uma formação específica e demorada;
- Compreensão: Facilidade de entendimento dos resultados gerados;
- Velocidade: Tempo que o programa demora em gerar os resultados da análise;
- Confiabilidade: Grau de aproximação dos resultados à realidade;
- Desempenho: Se a prestação do programa é contínua ou se apresenta várias falhas;

- Interface: Capacidade de interagir com outros programas da área;
- Resolução: nível de nitidez da solução gerada;
- Viabilidade: capacidade de acessar o equipamento que gere os dados pretendidos;

Com base nestes critérios foi elaborada uma primeira análise ao desempenho do software Autodesk Vasari. Os resultados são demonstrados na tabela 2 abaixo.

Tabela 2 - Avaliação do desempenho do programa Vasari durante o teste

	Acesso	Utilização	Compreensão	Velocidade	Interface
Pontos fortes	Gratuito e de fácil acesso, disponível no site da Autodesk e sem necessidade de instalação.	Fácil utilização, com pouca informação requisitada e está exposta de forma clara. Possibilitando o usuário utilizar o software após a visualização de um tutorial.	Visualização gráfica dos resultados interativa, por meio de cores, mostrando a ação do vento como um fluxo, facilitando a compreensão para qualquer pessoa.	Os resultados aparecem “em tempo real”; o fluxo surge automaticamente, após a inserção do modelo. Possibilitando fazer várias análises num curto espaço de tempo.	O software tem interface com vários outros programas usualmente utilizados por arquitetos.
	Confiabilidade	Desempenho	Resolução	Viabilidade	
Pontos fracos	Não foi capaz de produzir com precisão os efeitos aerodinâmicos documentados na literatura especializada.	O programa encerrou automaticamente várias vezes ao verificar erros na programação.	A escala de cores utilizada pelo programa pode deixar dúvidas sobre a velocidade simulada do vento	Não ficou claro se é necessário acessar a um equipamento de melhor resolução gráfica.	

5. CONCLUSÕES

A partir da tabela elaborada foi possível avaliar as características do aplicativo utilizado, concluindo-se que o software Vasari se apresenta como um programa com inúmeras potencialidades, contudo com algumas restrições em relação à possibilidade de análise urbana. Apesar deste fato serão realizadas mais simulações e um novo levantamento in loco a diferentes distancias do solo, que possibilite uma adequada conclusão em relação ao uso desta ferramenta.

Em relação a comparação realizada durante a pesquisa, entre o levantamento feito por Freitas (2008) e a simulação, pode-se notar alguns dados semelhantes, contudo como há uma certa imprecisão do modelo digital com a realidade e uma dificuldade em relação a manipulação do software, não é possível afirmar se os dados obtidos são realmente comparáveis ao de Freitas (2004). Portanto, é necessário aumentar a precisão do real e virtual para realizar uma confortação adequada.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BARBIRATO, G.M; SOUZA, L.C.L; TORRES, S.C. **Clima e cidade** - a abordagem climática como subsídio para estudos urbanos. Maceió: EDUFAL, 2007.
- BARBIRATO, G. M; MELO, J. D. **Informações para o planejamento a partir da caracterização climática urbana: estudo em Maceió - AL**. In: IX Encontro Nacional e V Encontro Latino Americano de Conforto no Ambiente Construído, 2007, Ouro Preto-MG.
- BITTENCOURT, L; CANDIDO C. **Introdução à ventilação natural**. Maceió. EDUFAL, 2008
- BUSTOS ROMERO, M. A. **Princípios bioclimáticos para o desenho urbano**. São Paulo, Pró editores, 1988.
- FREITAS, R. **Entre mitos e limites** - as possibilidades do adensamento construtivo face à qualidade de vida no meio urbano. Recife: EDUFPE, 2008.
- GANDEMER, J. **Discomfort due to wind near buildings aerodynamic concepts**. Washington: U.S. Govt. Print. Of., 1978.
- GIVONI, B. **Urban design in different climates**. Los Angeles, World Meteorological Organization (WMO/TDn. 346, WCAP-10), 1989.
- LANDSBERG, H.E. **The urban climate**. New York, Academic Press, 1981,
- LAPA, T. A. **Grandes cidades constroem-se com edifícios grandes?** Editora universitária UFPE 2011
- MASCARÓ, L. **Ambiência urbana**. Porto Alegre: Sagra / DC Luzatto, 1996.

- OKE, T. R. **City size and the urban heat island**. Atmospheric Environment, n. 7, pp. 769-779, 1973.
- OLGAYAY, Victor. **Arquitectura y clima** - manual de diseño para arquitectos y urbanistas. Barcelona: Editorial Gustavo Gili, 1998.
- OLIVEIRA, P. **A Cidade apropriada ao clima** - a forma urbana como instrumento do clima urbano. Brasília: Universidade de Brasília, 1985.
- TOLEDO, A; PEREIRA, F. O. R. **Métodos e técnicas de visualização para a avaliação da ventilação natural pela ação do vento em edifícios**. São Paulo: NUTAU – Núcleo de Pesquisa em Tecnologia da Arquitetura e Urbanismo, 2004.
- AUTODESK VASARI. disponível em: <<http://communities.autodesk.com/brazil/blog/autodesk-lan%C3%A7a-projeto-vasari-21>> consultado em 10 de Abril de 2013

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pelo financiamento da pesquisa.