

XIV ENCAC Encontro Nacional de Conforto no Ambiente Construído

X ELACAC Encontro Latino-Americano de Conforto no Ambiente Construído

BALNEÁRIO CAMBORIU | 27 a 29 de setembro de 2017

ANÁLISE DA INFLUÊNCIA DA VENTILAÇÃO NATURAL NO COMPORTAMENTO TÉRMICO INTERNO DE UM AMBIENTE

George Kuhn (1); Martin Ordenes Mizgier (2)

(1) Arquiteto, Mestrando do Programa de Pós-Graduação em Arquitetura, george@labcon.ufsc.br, Universidade Federal de Santa Catarina, Trindade, Florianópolis, Santa Catarina, 88040900, (48) 37214974.

(2) Doutor, Professor do Departamento de Arquitetura e Urbanismo, martin@arq.ufsc.br, Universidade Federal de Santa Catarina, Centro Tecnológico/Departamento de Arquitetura e Urbanismo, Laboratório de Conforto Ambiental, Trindade, 88040900, (48) 37219550.

RESUMO

Este trabalho tem como objetivo analisar a influência da ventilação natural no comportamento térmico interno de um ambiente através da carta bioclimática. Para isso, simulações computacionais foram realizadas com o software EnergyPlus e as cartas bioclimáticas foram geradas no AnalysisBio. Em seguida, o comportamento das variáveis ambientais, temperatura de bulbo seco e umidade relativa do ar, foram avaliados através de gráficos durante um dia de cada estação do ano em duas situações distintas, com vento e sem vento. Os resultados demonstraram que a ventilação natural contribuiu no comportamento térmico no interior do ambiente, influenciando na obtenção do conforto.

Palavras-chave: Carta bioclimática, simulação computacional, ventilação natural, EnergyPlus, Analysis Bio.

ABSTRACT

This work aims to analyze the influence of natural ventilation on the internal thermal behavior of an environment through the bioclimatic chart. In order to do this, computational simulations were performed with the EnergyPlus software and the bioclimatic charts were generated in AnalysisBio. Following, were evaluated through graphs the behavior of the environmental variables, dry bulb temperature and relative humidity of the air, during one day of each season of the year in two different situations, with wind and without wind. The results demonstrated that the natural ventilation contributed to the thermal behavior in the interior of the environment, influencing the attainment of comfort.

Keywords: Bioclimatic chart, computer simulations, natural ventilation, EnergyPlus, Analysis Bio.

1. INTRODUÇÃO

Os projetos arquitetônicos devem buscar a produção de ambientes que, além de confortáveis e saudáveis, também sejam energeticamente eficientes. Portanto, é importante estudar, analisar e implementar sistemas arquitetônicos bioclimáticos que contribuam para obtenção de conforto, considerando as possíveis soluções de construção oferecidas tanto a nível passivo como ativo.

Segundo a ASHRAE (2005), conforto térmico é um estado de espírito que reflete a satisfação com o ambiente térmico que envolve a pessoa. Attia e Carlucci (2015) afirmam que devido às variações biológicas e psicológicas dos ocupantes de um ambiente, não existem condições perfeitas e nem configurações de conforto térmico bem definidas, mas sim uma zona de conforto térmico com uma faixa de temperatura que satisfaça a maior porcentagem de ocupantes.

Diversos pesquisadores desenvolveram estudos e métodos que relacionam dados climáticos, conforto térmico e estratégias de projeto, acompanhados de cartas bioclimáticas (GIVONI, 1992; PAJEK, 2017; DESOGUS, 2016; KATAFYGIOTOU, 2015; MORILLÓN-GÁLVEZ, 2004)

Prever o comportamento futuro de um edifício através de análise é mais eficiente e econômico que resolver problemas quando o edifício já está em uso. Neste contexto, a avaliação do conforto térmico é uma ferramenta importante a ser usada em conjunto com programas simuladores de desempenho térmico para melhor adequar o projeto e o prédio ao clima no qual será inserido.

A simulação computacional é uma ferramenta que possibilita ao projetista prever e avaliar o desempenho do edifício (HENSEN, 2011). Além disso, a simulação assume condições de contorno dinâmicas e normalmente baseadas em métodos numéricos que objetivam fornecer uma solução aproximada da realidade.

Diante disso, o presente trabalho busca avaliar o comportamento térmico de um ambiente e a influência da ventilação natural através de simulação computacional, observando as estratégias da carta bioclimática e as possíveis alterações nas recomendações frente à presença ou abstração do vento.

2. OBJETIVO

O objetivo deste artigo é avaliar se as estratégias sugeridas na carta bioclimática de Florianópolis, com ênfase na ventilação natural, conseguem reduzir o percentual de horas em desconforto previstas quando avaliadas com os parâmetros internos (temperatura de bulbo seco e umidade relativa do ar) de uma edificação.

3. MÉTODO

O método deste trabalho está dividido em três etapas:

1. Definição e montagem do modelo residencial a ser simulado.
2. Descrição do contexto climático.
3. Processamento de dados e montagem da carta bioclimática.

3.1. Definição do modelo

3.1.1. Geometria

A geometria do modelo é baseada em proposta de um condomínio residencial para o programa Minha casa minha vida constituída de quatro apartamentos residenciais. O modelo montado no programa EnergyPlus constitui-se de apenas dois apartamentos térreos sem divisórias internas (zona 1 e zona 3) separados por um corredor (zona 2). A figura 1 apresenta a planta baixa do condomínio destacando a geometria do modelo simulado. O modelo selecionado possui 144 m² divididos em dois ambientes (zona 1 e zona 3) com 60.75 m² cada e um corredor com 22.5 m² separando os dois ambientes. Cada ambiente tem 7.50 m de comprimento por 8.10 m de largura. O corredor, localizado entre os dois ambientes, possui 3.00 m de largura e 7.50 m de comprimento. Cada ambiente possui uma janela com 5.00 m de largura por 1.20 m de altura com peitoril de 0.90 m e uma porta com 1.00 m de largura por 2.10 m de altura. O pé direito é de 3.00 m conforme apresentado na figura 2.

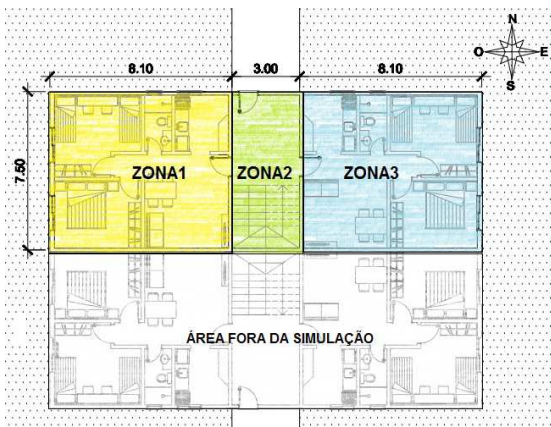


Figura 1 – Planta baixa do condomínio modelo

Fonte: autor



Figura 2 – Corte do modelo

3.1.2. Propriedades térmicas da envoltória

A cobertura é composta por laje de concreto, com espessura de 10cm. A transmitância da cobertura é de 1.75 W/m²K. As paredes são em bloco cerâmico de 6 furos (10cm x 20cm x 20cm), revestido com reboco interno de 2.5cm de espessura e revestimento externo também de reboco com 2.5cm de espessura. A transmitância total da parede é de 3.02 W/m²K. As portas são em madeira com transmitância de 0.29 W/m²K. e as janelas em vidro simples 3mm. O piso é em concreto, com espessura de 10cm e foi configurado como adiabático.

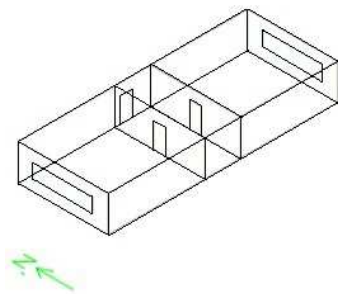


Figura 3 – Perspectiva do modelo

Tabela 1 – Características dos materiais utilizados na simulação

	Material	Característica
Cobertura	Concreto	1.75 W/m ² K
Paredes	Bloco cerâmico	3.02 W/m ² K
Portas	Madeira	0.29 W/m ² K
Janelas	Vidro	3 mm
Piso	Concreto	adiabático

3.2. Contexto climático das simulações

De acordo com a NBR 15220 (ABNT, 2003) o território brasileiro é dividido em oito zonas bioclimáticas, sendo que cada zona possui as respectivas recomendações de diretrizes construtivas. Florianópolis está na zona bioclimática 3. Para esta zona a norma sugere como estratégia de condicionamento térmico passivo, o uso de ventilação cruzada para o verão, e para o inverno aquecimento solar e inércia térmica.

A ilha está localizada entre os paralelos 27°10' e 27°50' de latitude sul e os meridianos 48°25' e 48°35'. A seguir são apresentadas algumas características do clima de Florianópolis e das variáveis climáticas mais relevantes para o desenvolvimento deste trabalho, retirados de dados contidos no arquivo TRY e no trabalho de Goulart (1993).

3.2.1. Variáveis climáticas

Temperatura de bulbo seco: O mês de janeiro apresenta a temperatura de bulbo seco mais elevada (36.4°C) sendo fevereiro o mês com maior temperatura média. Os meses de agosto e de junho apresentam as menores temperaturas mínimas, sendo julho o mês que apresenta o menor valor de temperatura média mensal. Agosto apresenta a maior variação térmica anual entre a temperatura máxima (33.8°C) e a temperatura mínima (2°C). A maior amplitude térmica diária ocorre no mês de julho (18°C). A menor amplitude térmica diária (0°C) ocorre no mês de novembro (GOULART, 1993).

Umidade relativa: Segundo Goulart (1993), Florianópolis apresenta um índice de umidade relativa alto durante todo o ano. A média da umidade relativa anual é de 82.7%, sendo que todos os meses apresentam uma média superior e próxima de 80%. Os meses que apresentam a menor umidade relativa média mensal

são janeiro (80.6%) e dezembro (80.7%). O inverno apresenta os menores valores de umidade relativa, sendo no mês de junho o menor valor encontrado (11.6%), seguido de julho (14.5%).

Regime de ventos: A velocidade do vento durante o ano apresenta-se bastante variável. A velocidade média anual é de 4.1 m/s, sendo 0.0 m/s a velocidade mínima e 27.1 m/s a velocidade máxima registrada. Janeiro, maio e agosto apresentam as menores velocidade máximas (16.2 m/s). Maio apresenta a menor valor de velocidade média (3.4 m/s) e outubro apresenta a maior velocidade média (4.7 m/s) e também o valor de velocidade máxima registrado (27.1 m/s). Em relação à direção e frequência dos ventos, a direção norte predomina em todos os meses do ano (GOULART, 1993).

3.2.2. Ventilação

O programa EnergyPlus trabalha com o modelo de rede AirflowNetwork: este modelo calcula o fluxo de ar entre zonas e o exterior das frestas e das aberturas. Para que o programa calcule automaticamente os coeficientes de pressão, é necessário que a edificação a ser simulada possua uma geometria retangular. A estratégia de ventilação natural utilizada neste trabalho foi inserida através dos seguintes objetos: SimulationControl (define os parâmetros básicos da simulação); Multizone:Zone (controla a ventilação natural através das aberturas); Multizone:Surface (especifica as propriedades das superfícies que possuem a ventilação natural); Multizone:Component:DetailedOpening (determina as propriedades da ventilação natural quando as aberturas estão fechadas ou abertas) (LAMBERTS, 2013).

As simulações foram realizadas com as aberturas fechadas ou abertas nas 8760 horas do ano, com o objetivo de avaliar duas situações antagônicas. Para as simulações com vento, foi configurada ventilação constante e fator de abertura 1 (100%) para as janelas e portas operáveis; para as simulações sem ventilação, não foi criado nenhum objeto no AirflowNetwork.

3.3. Processamento de dados e montagem da carta bioclimática.

Para a simulação inicial foi utilizado o arquivo climático FlorianopolisTRY1963_05 rodado no EnergyPlus e solicitado através do "Output:Variable" as variáveis ambientais externas (temperatura de bulbo seco, temperatura de bulbo úmido, velocidade do ar, direção do vento, umidade relativa do ar) e as variáveis ambientais internas (temperatura de bulbo seco e umidade relativa do ar).

O EnergyPlus gera um arquivo de extensão (.csv), de onde foi retirado os valores das variáveis temperatura de bulbo seco (TBS) e umidade relativa (UR) nos ambientes internos do modelo. Estes foram utilizados para criar dados de entrada para o programa AnalysisBio 2.2 e visualizar as condições de conforto através da carta bioclimática.

O programa AnalysisBio permite plotar os dados de temperatura e umidade sobre a carta bioclimática proposta por Givoni (1992) e observar a concentração dos pontos em cada uma das zonas de estratégias bioclimáticas. O programa fornece também relatórios com diversas informações referentes ao clima analisado.

4. RESULTADOS

A seguir são apresentados os resultados obtidos por meio das simulações. Os primeiros resultados a serem apresentados são os obtidos nas cartas bioclimáticas: em seguida são apresentados os resultados obtidos avaliando um dia em cada uma das quatro estações do ano.

4.1. Cartas bioclimáticas de Florianópolis

4.1.1. Variáveis externas (caso base)

No caso base foram utilizados os valores das variáveis ambientais externas de temperatura de bulbo seco e umidade relativa do ar para montar a carta bioclimática. A seguir são apresentados um resumo do relatório e a carta bioclimática.

Foram avaliados 8760 horas, de 1 de janeiro à 31 de dezembro. Florianópolis apresenta-se em condições de conforto 21% das horas, em situação de desconforto em 78.9%, sendo 40.8% por frio e 38.1% por calor. As estratégias mais recomendadas são: para o frio, alta inércia térmica e aquecimento solar em 35.4% das horas; para o calor, ventilação em 36.4% das horas. Em 56.7% das horas o sombreamento é bem vindo. A amplitude térmica anual é de 34°C (máxima de 36°C e mínima de 2°C).

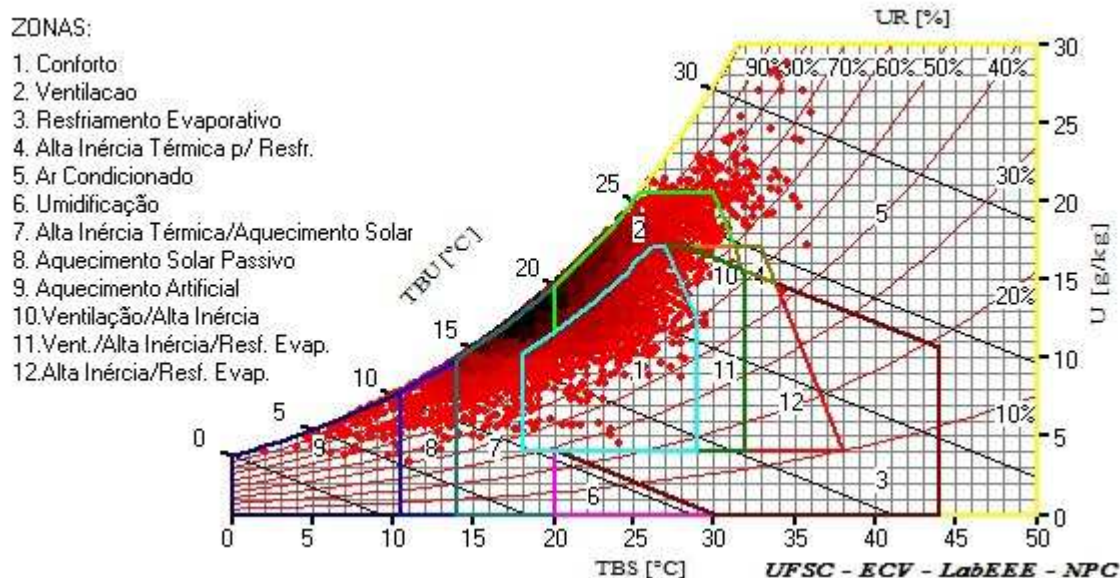


Figura 2 – Carta bioclimática do caso base
Fonte: autor

4.1.2. Variáveis internas com vento

No caso da simulação com vento, os valores das variáveis ambientais utilizadas na montagem da carta bioclimática foram a temperatura de bulbo seco e umidade relativa internas registradas durante as 8760 horas do ano. O ambiente apresentou condições de conforto em 33.3% das horas e condições de desconforto em 66.6% das horas. Durante as horas de desconforto, 29.5% são por frio e 37.1% são por calor. As estratégias mais recomendadas para obtenção de conforto para este caso são: para o frio, alta inércia térmica e aquecimento solar em 26% do tempo; para o calor, ventilação em 33.7% do tempo. A amplitude térmica anual neste caso foi de 33°C (máxima de 38°C e mínima de 5°C).

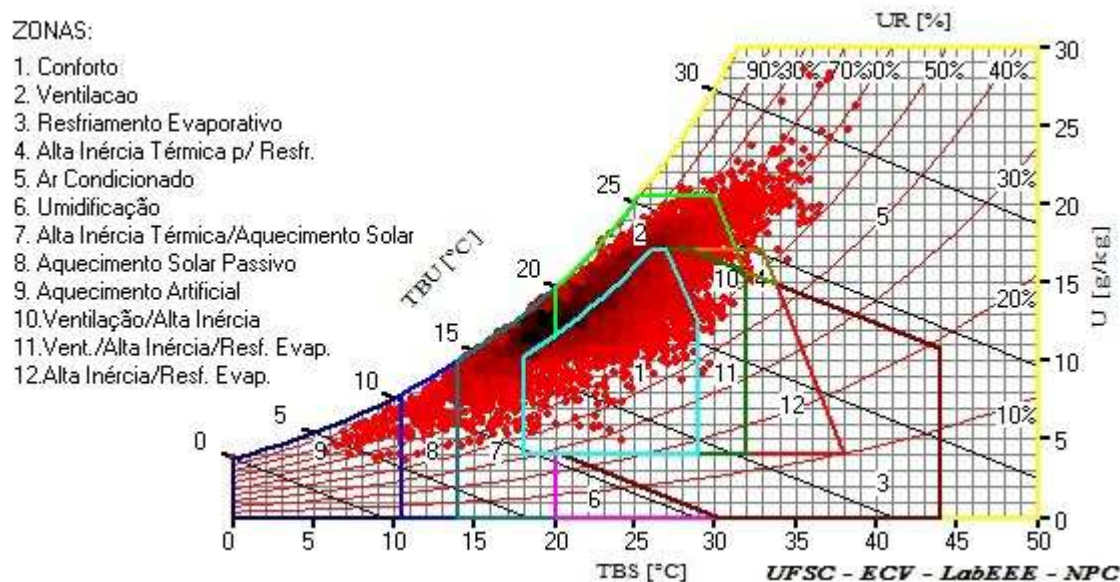


Figura 3 – Carta bioclimática do caso com vento
Fonte: autor

4.1.3. Variáveis internas sem vento

No caso desta simulação, não foi criado nenhum objeto no AirFlowNetwork, com objetivo de criar uma situação sem presença de ventilação. Os valores das variáveis ambientais utilizadas na montagem da carta bioclimática também foram a temperatura de bulbo seco e umidade relativa internas registradas durante as 8760 horas do ano. Neste caso o ambiente apresentou condições de conforto em 50.7% das horas. Em 49.3% apresentou condições de desconforto, sendo que 16.2% por frio e 33.1% por calor. As estratégias mais recomendadas para obtenção de conforto neste caso são: para o frio, alta inércia térmica e aquecimento solar

em 14.3% do tempo: para o calor, ventilação em 23.7% do tempo. A amplitude térmica anual neste caso foi de 34°C (máxima de 42°C e mínima de 8°C).

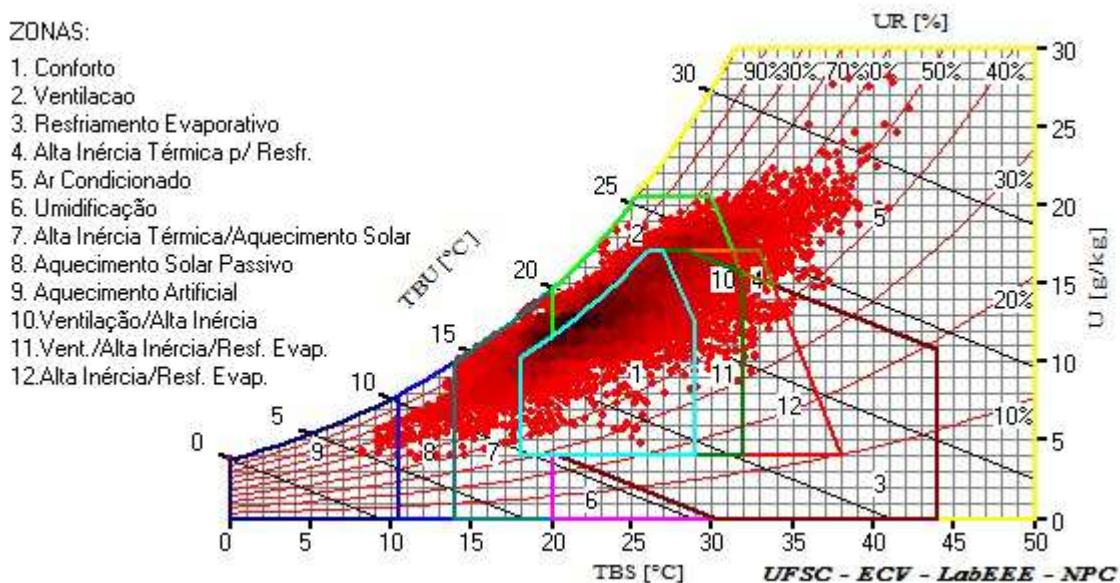


Figura 4 – Carta bioclimática do caso sem vento
Fonte: autor

4.2. Análise de dias típicos da estação

Foram analisados quatro dias típicos do ano com maior detalhe. Os dias foram escolhidos seguindo os seguintes critérios: um dia no verão que apresentasse a maior temperatura (36°C) e um dia no inverno que apresentasse a menor temperatura (2°C) registrada durante o ano; um dia no outono e outro na primavera, que registrassem a temperatura mais freqüente na respectiva estação, 18°C (outono) e 20°C (primavera).

4.2.1. Verão: 8 de janeiro

Este dia apresenta 100% das horas em desconforto nos três casos analisados através da Carta psicrométrica de Givoni.

Na análise com a temperatura e umidade relativa externa podemos observar que nas primeiras seis horas a temperatura permanece próxima de 25°C e umidade relativa acima de 90%. A amplitude térmica durante o dia é de pouco mais de 11°C, com máxima de 35.8°C (15:00) e mínima de 24.5°C (5:00). A variação da umidade relativa externa apresentou como UR máxima 96% (5:00) e UR mínima 65% (14:00).

O relatório recomenda em 66.7% do dia uso da ventilação natural e em 33.3% uso do ar-condicionado como estratégia para obtenção de conforto no interior do ambiente. O período em que o ar-condicionado é sugerido vai das 10:00 até às 17:00h. Período este em que a temperatura ultrapassa os 29°C com umidade relativa acima dos 65%.

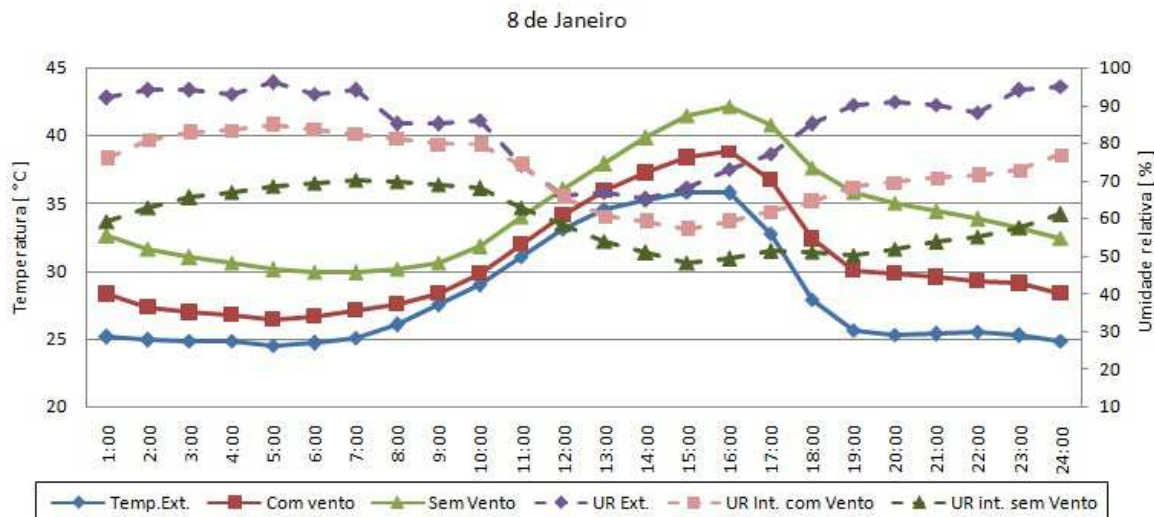


Figura 5 - Gráfico da temperatura e umidade relativa durante o dia 8 de janeiro.

Na análise com vento, as temperaturas internas permanecem acima da externa. A amplitude térmica também foi maior (13°C), com máximas de 39°C (16:00) e mínima de 26°C (5:00). A variação da umidade relativa é menor, com UR máxima de 85% (5:00) e UR mínima de 57% (15:00). Para a análise deste dia com ventilação, as estratégias recomendadas são em 62.5% do dia uso da ventilação natural e em 37.5% uso do ar-condicionado, correspondendo ao período entre às 10:00 até às 18:00h.

Na análise sem ventilação, como já era de se esperar para um dia de verão, a temperatura interna permaneceu acima da temperatura das simulações anteriores (externa e interna com vento). A amplitude térmica neste caso é de 12°C. Na variação da umidade relativa durante o dia temos como umidade relativa mínima 30% (7:00) e UR máxima 42% (16:00). As altas temperaturas internas, tendo como a mínima 30°C (7:00) e a máxima 42°C (16:00), associadas com as baixas umidades relativas, proporcionam uma maior recomendação do uso do ar-condicionado (79% do dia) como estratégia de conforto, ficando em apenas 21% do dia recomendado o uso da ventilação natural, sendo esta estratégia recomendada entre às 5:00 até às 9:00h.

4.2.2. Outono: 21 de abril

Este dia apresenta uma amplitude térmica de 13.1°C, com temperatura máxima de 28.3°C e temperatura mínima de 15.2°C. Em relação à variação da umidade, temos 99% de umidade relativa máxima e 55% como mínima. O dia apresenta 33% do tempo em condições de conforto e 67% de desconforto, sendo que destes 50% é por frio e 17% por calor. Para o período de desconforto por frio, a estratégia recomendada é alta inércia térmica associada a aquecimento solar. A ventilação natural é a estratégia recomendada para o período de desconforto por calor.

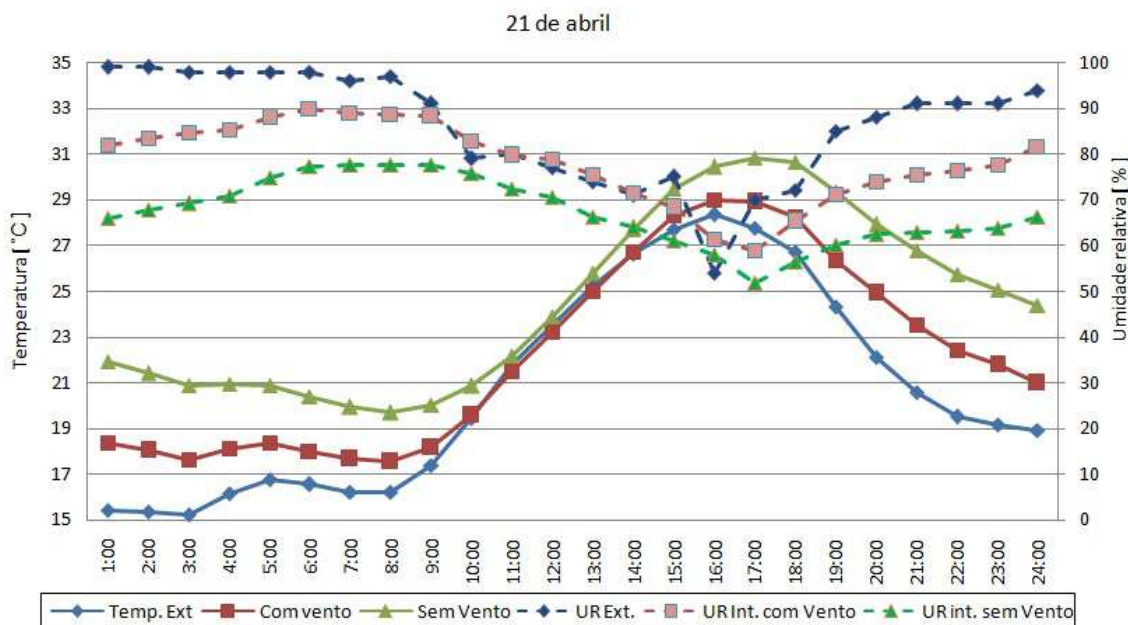


Figura 6 – Gráfico da temperatura e umidade relativa durante o dia 21 de abril.

Fonte: autor

Ao plotar a simulação com ventilação, observamos uma amplitude térmica menor que a externa, 11.5°C, tendo como temperatura máxima interna 29°C e temperatura mínima interna 17.5°C. A variação da umidade relativa interna ficou entre 59% (mínima) e 99% (máxima). Estas condições internas possibilitaram em 37.5% do dia condições de conforto e 62.5% situação de desconforto, sendo que 41.7% por frio e 20.8% por calor. Para o frio, a estratégia recomendada é uso de alta inércia associada com aquecimento solar. Para o calor, a estratégia recomendada é ventilação natural em 20.8% do período, sendo 16.7% a ventilação natural associada com alta inércia e resfriamento evaporativo.

Na simulação sem ventilação, a amplitude térmica se mantém praticamente a mesma que a com ventilação (11.1°C), tendo como temperatura máxima interna 30.8°C e mínima de 19.7°C. A variação da umidade relativa é menor do que o caso com ventilação, tendo como umidade relativa interna máxima 78% e UR mínima 52%. Estas condições internas possibilitaram em 79.2% do dia condições de conforto e 20.8% situação de desconforto por calor. A estratégia recomendada para este período de desconforto por calor é ventilação natural associada à alta inércia e resfriamento evaporativo.

4.2.3. Inverno: 6 de agosto

Este dia apresenta 100% das horas em desconforto nos três casos analisados através do programa Analysis Bio.

Na análise externa, a amplitude térmica durante o dia é de 12°C, com mínima de 2°C (8:00) e máxima de 14.1°C (16:00). A variação da umidade relativa externa apresentou como UR mínima 41% (12:00) e UR máxima 94% (21:00). O relatório recomenda em 25% do dia uso de aquecimento solar passivo, em apenas 4.17% alta inércia térmica associada com aquecimento solar passivo e em 70.8% do dia uso de aquecimento artificial como estratégia para obtenção de conforto no interior do ambiente. O período em que o ar-condicionado não é sugerido corresponde aquele em que a temperatura esteve acima dos 11°C e umidade relativa entre 40% e 60%.

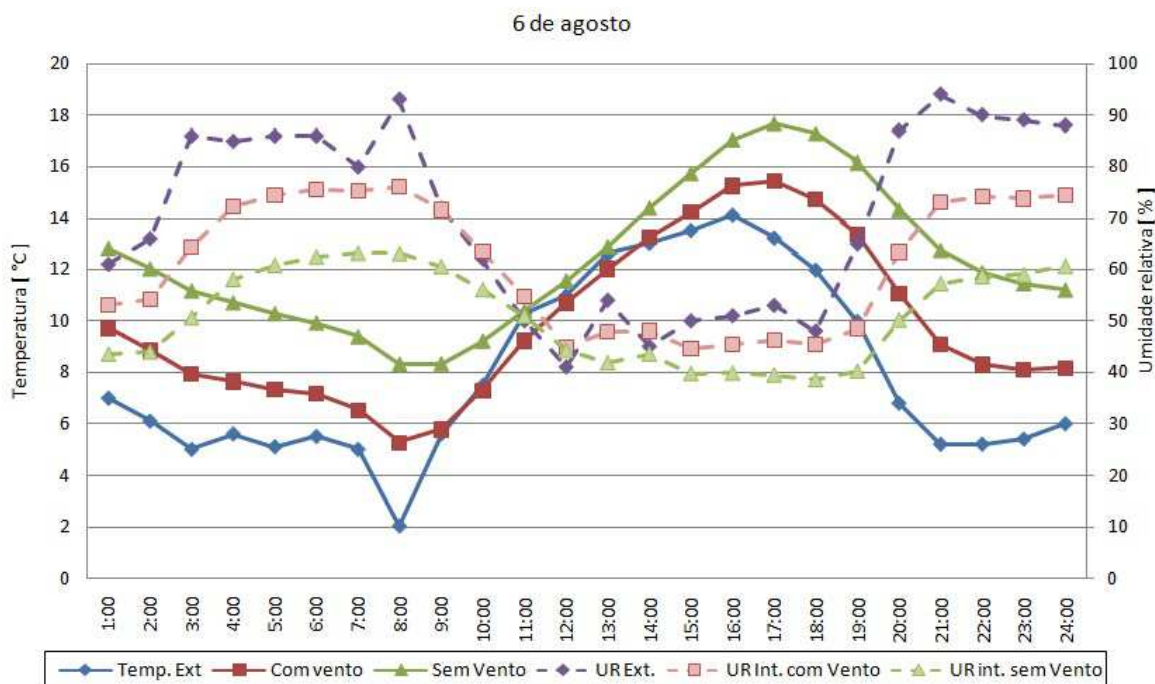


Figura 7 – Gráfico da temperatura e umidade relativa durante o dia 6 de agosto.
Fonte: autor

Na análise com ventilação, as temperaturas internas permanecem acima da externa até às 8:00 da manhã. Entre às 9:00 e às 14:00h, a temperatura externa se aproxima da interna, sendo que esta permanece por quatro horas com temperatura abaixo da externa. A amplitude térmica na simulação com vento foi menor que a externa (10°C), com máximas de 15°C (17:00) e mínima de 5°C (8:00). A variação da umidade relativa do ar também foi menor, com UR máxima de 76% (6:00) e UR mínima de 45% (12:00).

Comparando os dois relatórios (externo / com ventilação) observa-se aumento na recomendação do uso de aquecimento solar passivo e deste associado à inércia térmica. Para análise deste dia com ventilação, as estratégias recomendadas são em 20.8% do dia uso de aquecimento solar passivo, em 16.7% do dia uso de alta inércia térmica associada com aquecimento solar passivo e em 62.5% do dia uso de aquecimento artificial como estratégia para obtenção de conforto no interior do ambiente. O período em que o ar-condicionado não é sugerido corresponde aquele em que a temperatura esteve acima dos 10°C e a umidade relativa do ar esteve entre 40% e 70%.

Na análise sem ventilação, a temperatura interna permaneceu acima da temperatura das simulações anteriores (externa e interna com vento) durante todo o período analisado. A simulação sem vento foi a que teve menor amplitude térmica (9°C) e menor variação de umidade relativa do ar, tendo como UR mínima 39% (18:00) e UR máxima 63% (7:00). Na análise deste dia sem ventilação, as estratégias recomendadas são em 41.7% do dia aquecimento solar passivo, em 29.2% do dia alta inércia térmica associada com aquecimento solar passivo e em outros 29.2% do dia uso de aquecimento artificial.

4.2.4. Primavera: 26 de outubro

Este dia apresenta uma amplitude térmica de 8°C, com temperatura máxima de 27,8°C e temperatura mínima de 19,8°C. Em relação à variação da umidade relativa do ar, temos 98% de umidade relativa máxima e 68% como mínima. O dia apresenta em 16.7% do tempo condições de conforto e 83.3% de desconforto, sendo

que destes, 8.33% é por frio e 75% por calor. Para o período de desconforto por frio, a estratégia recomendada é alta inércia térmica associada ao aquecimento solar. Para o período de desconforto por calor, a ventilação natural é a estratégia recomendada, sendo em 8.33% do dia associada com alta inércia térmica.

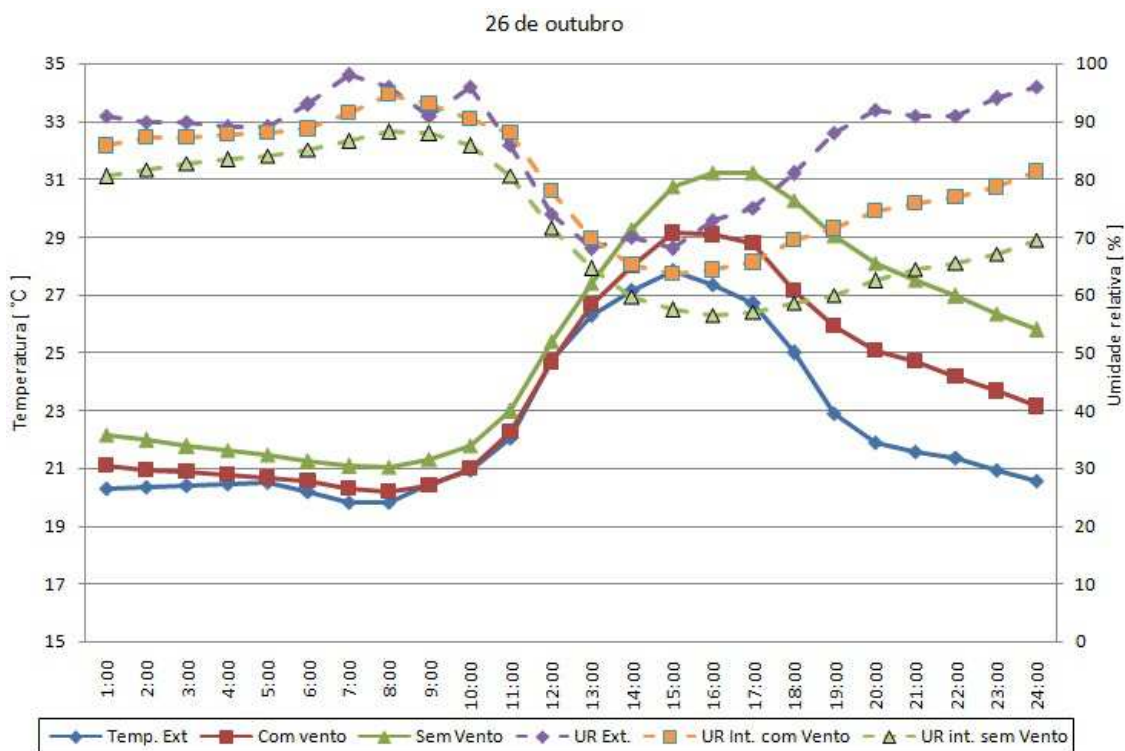


Figura 8 – Gráfico da temperatura e umidade relativa durante o dia 26 de outubro.

Fonte: autor

Na simulação com ventilação, observamos uma amplitude térmica semelhante à externa, 8.9°C, tendo como temperatura máxima interna 29.1°C e temperatura mínima interna 20.2°C. A variação da umidade relativa do ar interna ficou entre 64% (mínima) e 95% (máxima). Nesta simulação, o relatório apresenta em 33.3% do dia condições de conforto e em 66.7% do dia situação de desconforto por calor. Para este período de desconforto, a estratégia recomendada é a ventilação natural, sendo em 16.7% do dia associada com alta inércia térmica.

Na simulação sem ventilação, a amplitude térmica de 10.2°C é maior que a com ventilação, tendo como temperatura máxima interna 31.2°C e temperatura mínima interna 21°C. A variação da umidade relativa do ar é maior do que no caso com ventilação, tendo como umidade relativa interna máxima 88% e umidade relativa mínima interna 56%. Estas condições internas possibilitaram em 25% do dia condições de conforto e 75% do dia situação de desconforto por calor. A estratégia recomendada para este período de desconforto por calor é em 75% do dia o uso da ventilação, sendo em 8.33% associada à alta inércia e em 20.8% associada também ao resfriamento evaporativo.

4.3. Análise dos resultados

Na análise do dia 8 de janeiro, representando um dia de verão, tanto a simulação externa e quanto a simulação com vento, apresentam praticamente as mesmas horas de recomendação de uso de ventilação como estratégia para se obter conforto. Em ambas as simulações o uso é recomendado nas primeiras nove horas da manhã e próximo ao final do dia: a partir das 18:00h na simulação externa e a partir das 19:00 na simulação interna com vento. Na simulação interna sem vento, a recomendação de uso da ventilação restringe-se a algumas horas (4:00 às 9:00) da manhã. Nas demais horas é recomendado uso de ar-condicionado.

Na simulação do dia 6 de agosto, representando um dia de inverno, a simulação com vento apresenta menos horas de uso de estratégias bioclimáticas para obtenção de conforto no interior do ambiente (oito horas), quando comparada com a simulação sem vento (dezenove horas). Na primeira, as estratégias recomendadas são aquecimento solar passivo das 12:00 às 14:00h e das 19:00 às 20:00h; e alta inércia térmica associada ao aquecimento solar entre às 15:00 e às 18:00h. Na simulação sem vento, apenas das 6:00 às 10:00h é recomendado uso de aquecimento artificial. Neste dia representando o inverno, a ventilação não

foi recomendada em nenhuma das horas do dia. Analisando as simulações das meias estações (outono e primavera) foi possível observar que no outono a simulação sem vento apresentou maior horas de conforto, já na primavera a simulação com vento apresentou maior horas de conforto.

5. CONCLUSÕES

Este trabalho analisa a influência da ventilação natural no comportamento térmico interno de um ambiente através da carta bioclimática de Florianópolis. Para isso, simulações computacionais foram realizadas com o software EnergyPlus e as cartas bioclimáticas foram geradas no AnalysisBio. Em seguida, o comportamento das variáveis ambientais, temperatura de bulbo seco e umidade relativa do ar, foram avaliados através de gráficos durante um dia de cada estação do ano em duas situações distintas, com vento e sem vento.

A partir da análise dos resultados foi possível observar que as estratégias bioclimáticas possibilitam obtenção de conforto interno no ambiente construído durante boa parte do ano, sendo a ventilação natural a estratégia mais recomendada para o período de desconforto por calor e contribuindo para obtenção de conforto quando outras estratégias são necessárias: e a estratégia menos recomendada para o período de frio, agravando a situação.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABNT – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15.220-3**: Desempenho térmico de Edificações – Parte 3: Zoneamento climático brasileiro e diretrizes construtivas para habitações unifamiliares de interesse social. Rio de Janeiro, 2003.
- AGUGLIARO, F. M. et al. Review of bioclimatic architecture strategies for achieving thermal confort. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**. n. 49, p. 736-755, 2015.
- ASHRAE – AMERICAN SOCIETY OF HEATING REFRIGERATING AND AIR-CONDITIONING ENGINEERS, **2005 ASHRAE Standard 55**: Thermal Environmental Conditions for Human Occupancy. Atlanta, 2013.
- ATTIA, S.; CARLUCCI, S. Impact of different thermal comfort models on zero energy residential buildings in hot climate. **Energy and Buildings**. v. 102, n. 4, p. 117-128, 2015
- CHO, S. et al. Energy simulation modeling and savings analysis of load sharing between house and Office. **Renewable Energy**, n.54, p. 70-77, 2013.
- DESOGUS, G.; FELIPE CANNAS, L. G.; SANNA, A. Bioclimatic lessons from Mediterranean vernacular architecture: The Sardinian case study. **Energy and Buildings**. n. 129, p. 574-588, 2016.
- GIVONI, B. Comfort, climate analysis and building design guidelines. **Energy and Buildings**, n. 18, p. 11-23, 1992.
- GOULART, S. **Dados climáticos para avaliação de desempenho térmico de edificações em Florianópolis**. Dissertação de mestrado, Departamento de Engenharia Civil, UFSC, Florianópolis, 1993.
- GRAÇA, G. C.; MATEUS, N. M.; PINTO, A. Validation of EnergyPlus simulation of a Double skin naturally and mechanically ventilated test cell. **Energy and Buildings**. n. 75, p. 511-522, 2014.
- HENSEN, J. L. M. Building performance simulation for sustainable building design and operation. In. Proceedings of the 60th anniversary. **Environmental Engineering Department**. 2011.
- LAMBERTS, R. et al. **Manual de simulação computacional de edifícios naturalmente ventilados no programa Energyplus – Versão 8.0**. Departamento de Engenharia Civil, UFSC, Florianópolis, 2013.
- MORILLÓN-GÁLVEZ, D.; SALDAÑA-FLORES, R.; TEJEDA-MARTÍNEZ, A. Human bioclimatic atlas for Mexico. **Solar Energy**. n. 76, p. 781-792, 2004.
- PAJEK, L.; KOŠIR, M. Can building energy performance be predicted by a bioclimatic potential analysis? Case study of the Alpine-Adriatic region. **Energy and Buildings**, n. 139, p. 160-173, 2017.
- SORGATO, M. J.; MELO, A. P.; MARINOSKI, D. L.; LAMBERTS, R. Análise do procedimento de simulação da NBR 15575 para avaliação do desempenho térmico de edificações residenciais. **Ambiente Construído**, Porto Alegre, v. 14, n. 4, p. 83-101, out./dez. 2014.
- KATAFYGIOTOU, M. C.; SERGHIDES, D. K. Bioclimatic chart analysis in three climate zones in Cyprus. **Indoor and Built Environment**. v. 24(6), p. 746-760, 2015.
- KEELER, M.; BURKE, B. **Fundamentos de projeto de edificações sustentáveis**. Porto Alegre: Bookman, 2010.