

ESTIMATIVA DE ÍNDICE DE DESCONFORTO HUMANO EM UM TRANSECTO NO MUNICÍPIO DE OLINDA/PE

Luís Augusto de Bakker Vital
Universidade Federal de Pernambuco
luis.vital.ufpe@gmail.com

Elvis Bergue Mariz Moreira
Universidade Federal de Pernambuco

Ranyére Silva Nóbrega
Universidade Federal de Pernambuco

CLIMA E SAÚDE

RESUMO: a apreciação do tema conforto térmico é envolvido por diversas reflexões, sejam elas quantitativas ou qualitativas, bem como através de modelos, culturais, individuais, temporais e espaciais. Assim, é imperioso argumentar que o tema conforto térmico é muito vasto, muitos modelos e pré-requisitos para obtenção de tais índices e, não cabe aqui, divagar entre a vasta bibliografia para a posse de um resultado comum. O estudo que é aqui apresentado não faz menção a todos esses parâmetros, mas tenta quantificar e qualificar através do modelo de índice de Ono e Kawamura, aceitável para climas tropicais. Esse artigo tem como objetivo mostrar, de forma sucinta, como se fez o estudo para elucubração de tal temática. O método utilizou o tempo sobre o espaço como forma de procedimento empírico e com auxílio de termohigrômetro com *dataloggers*. O espaço foi medido em três pontos locais por doze dias, sendo os horários locais de 09:00, 15:00 e 21:00 como forma de obter uma leitura do comportamento termohigrométrico e, assim, avaliar o índice de desconforto humano. O resultado observado identificou correlações do índice de desconforto em função dos valores higrométricos e, para cada espaço, distintos padrões de comportamento dos outros valores.

ABSTRACT: the appreciation of the thermic comfort theme is surrounded for many reflexions, they be quantity or qualitative, they can be models, cultural, personal, temporal and spatial. Thus, is imperative to argue which theme comfort index is very large, many models to obtain some index, and isn't objective this article to discuss the large bibliography around of this theme for one common result. The study showed didn't mention of all parameters, but try to quantify and qualify through Ono and Kawamura model, acceptable for tropic climate. The objective this article is show, briefly, as did the study for lucubration this theme. The method used the time over space as a form of empirical procedure and with the aid of hygrometer with *dataloggers*. The space was measured at three points sites for twelve days, with the local time of 09:00, 15:00 and 21:00 in order to obtain a reading of termohigrométrico behavior and thus evaluate the discomfort index human. The result observed correlations identified the discomfort index based on values hygrometric and for each space, distinct patterns of behavior of other values.

1. INTRODUÇÃO

As aglomerações urbanas foram alvos de grandes pensadores da antiguidade, entre eles, Vitruvius, Hipócrates, Platão e Aristóteles, não sendo um paradigma novo essa temática. Esses pensadores possuíam uma preocupação com a ordem do espaço urbano para que fosse usado para o bem do urbanita. Com a revolução técnica do período industrial, na Inglaterra do século XVIII, as cidades que possuíam uma boa fonte de insumos energéticos e corpos hídricos eram rapidamente ocupadas pelas indústrias, e suas paisagens degradadas impetuosamente. Não é a toa que um estudo

clássico do clima urbano e seu espaço degradado é feito, primeiramente, em Londres por John Evelyn, denominado de *Fumifugium*, por volta de 1661. Séculos mais tarde, os primeiros estudos de conforto térmico são feitos no início do século XX, nas fábricas americanas pela Comissão Americana de Ventilação. Os objetivos principais dessas pesquisas eram saber em quais condições térmicas o proletariado poderia render mais e, assim, o empresariado lucrar mais (FROTA & SCHIFFER, 2003).

O ar conspurco que a ligeira aglomeração urbana causava às cidades já instigavam os pensadores ao seu conhecimento total. É dessa forma que os estudos de clima urbano se deram ao longo de tempo e espaço e, posteriormente, os de conforto térmico. A nova forma social, arquetípica e econômica da cidade capitalista mudaria e colocaria novos conceitos no homem a respeito do clima e principalmente no estudo de suas escalas. O espaço urbano capitalista ficou desconfortável e, assim, a mudança na aceção do conceito de tempo/clima mudaria e teria outra concepção.

O estudo de conforto térmico humano são utilizados parâmetros que não possuem uma âncora de investigações, pois suas aplicações variam demasiadamente no tempo, espaço, cultura e para cada indivíduo. É certo que as condições ambientais capazes de proporcionar sensação de conforto térmico em habitantes de clima quente e úmido não são as mesmas que proporcionam sensação de conforto em habitantes de clima quente e seco e, muito menos, em habitantes de regiões de clima temperado e frio (FROTA & SCHIFFER, 2003). Essas variações, além das individuais dos seres humanos, deixam o tema flutuante. Contudo, é uma boa intenção de investigar como os processos micrometeorológicos atuam no corpo das pessoas, e suas interpretações acerca do clima. Pesquisar o conforto térmico é uma forma direta de estudar a termodinâmica, pois a troca de calor entre o meio urbano e o ser humano se resume como fonte principal desta investigação. Portanto, ao considerar o espaço, tempo, cultura e vestimenta como questões secundárias do conforto térmico, faz-se necessário o embasamento nas leis da termodinâmica.

O primeiro princípio afirma que a energia não pode ser criada nem destruída. Se, em algum lugar, uma energia que se apresentava sob uma forma tiver desaparecido, a mesma quantidade de energia deverá surgir em outro lugar. As transformações de energia alteram sua distribuição, mas a energia total permanece a mesma (JÚNIOR, 1981). E o segundo princípio trata da desordem causada na transformação da energia em trabalho, ou seja, na entropia. Essa denominação pode ser uma quantidade fisicamente aceita para calcular o quanto um sistema perde na transformação de uma energia.

Portanto, os seres humanos quando estão realizando um trabalho estão transformando energia dos alimentos ingeridos para termorregulação e seus movimentos. Essas ações serão preponderantes, ao considerarmos parâmetros de eficiência, se a temperatura ambiente esteja em uma “zona de conforto térmico”. Por isso a quantificação de um parâmetro se dá em relação ao aparente bem-estar de um indivíduo em relação ao meio. Esta quantificação de conforto térmico foi, inicialmente,

estudado nos E.U.A para um melhora no rendimento e no lucro dos empresários. Dessa forma surgiram diversos índices que classificariam os níveis de bem-estar: índices biofísicos, fisiológicos e subjetivos. No Brasil, segundo (LAMBERTS, 2003), o primeiro estudo de quantificação do conforto térmico foi na década de 30 e depois com outros autores (SÁ, 1934; RIBEIRO, 1945; LANDI, 1976).

Com o intuito de estudar os padrões de temperatura, umidade e ponto de orvalho relacionando-os com o índice de desconforto humano de (ONO e KAWAMURA, 1991), esse trabalho propõe uma busca nas questões teóricas e práticas que circundam o referido tema de acordo com um tipo de índice. Este tema é bastante diversificado, visto que vários autores especializados nessa questão criaram muitos índices, sejam para ambientes internos ou externos. Aqui, levaremos em conta apenas o índice citado, pois não está no principal objetivo da pesquisa debater sobre quais métodos ou índices sejam os mais corretos para cada tipo de tempo e espaço, mas sim a questão de mudança do espaço e do tempo no conforto térmico. Desse modo, a pesquisa se baseia em um índice apropriado as regiões tropicais e podem ser encontrado facilmente na vasta literatura acerca desse tema de estudo.

2. METODOLOGIA

2.1 Caracterização dos locais

Os procedimentos que foram usados para que tal pesquisa fosse realizada foram do tipo mecânico, teórico e empírico. A escala de tempo utilizada para tal pesquisa soma-se a doze dias ininterruptos. Sobre o plano espacial, as áreas escolhidas previamente se deram por motivos de segurança a pesquisa e sua integridade de coleta de dados. Foram escolhidas duas casas de propriedade particular e uma área não construída, mas com vigilância permanente. Porém os horários aqui coletados não são GMT, mas sim de horário local. Em três diferentes pontos foram escolhidos para que fossem coletados os dados de temperatura, umidade e ponto de orvalho. No ponto A se dá no início da Rua Professor Cândido Pessoa dentro de uma propriedade particular do tipo não construída, constituindo ainda de uma boa área verde. Desse modo, o primeiro abrigo foi instalado e com programação para ler os padrões termais de tal ponto. Assim, o emprego do abrigo para a proteção de tal material metodológico foi criado de forma convencional, mas eliminando todas as influências externas e internas que pudessem comprometer a leitura.

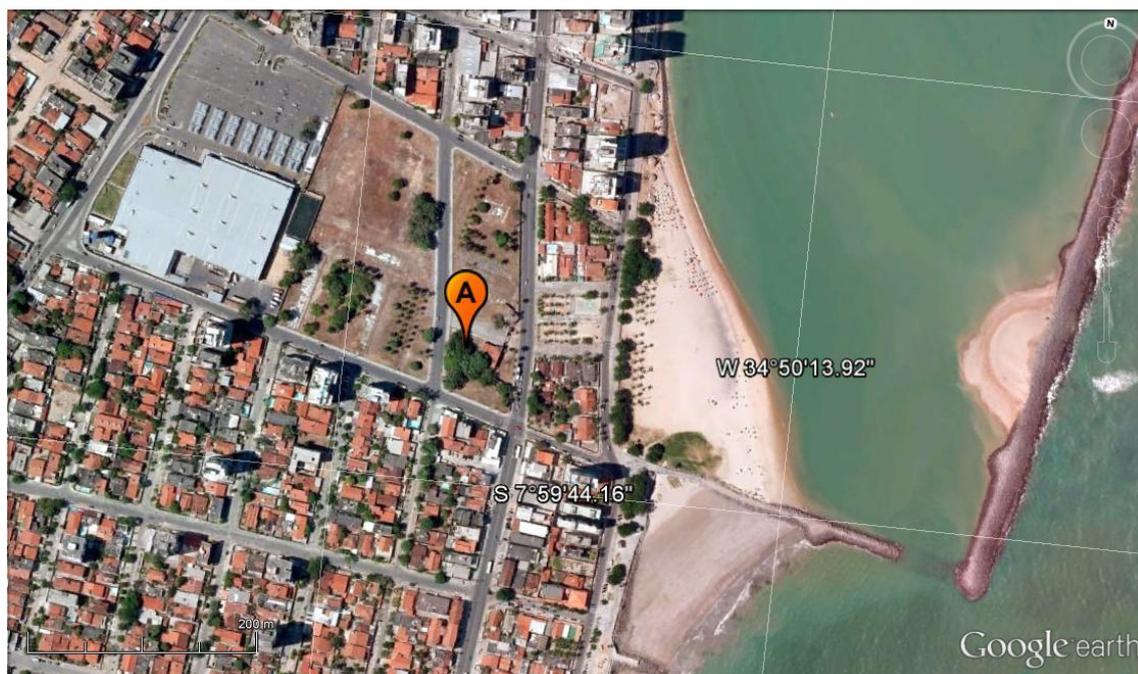


Imagem 01: ponto A. Fonte: Google earth



Foto 01: visão terrestre do ponto A. Fonte: autor

O ponto B foi o segundo local escolhido para tal coleta, pois também se trata de uma propriedade privada, uma casa que possui uma boa área de jardins e sob proteção de sombras que ajudaram a prolongar a vida útil dos aparelhos, nos dias de chuva. Da mesma forma que foi instalado o abrigo anterior, o do ponto B também estava alinhado a 1,70m do chão e dentro de um recipiente de plástico com capacidade para armazenar 10 litros, com perfurações vazantes de modo que o ar tenha circulação dentro do cubo e de cor branca, que ajuda no aumento do albedo diminuindo o calor retido pelo material. Semelhante ao modo como foi instalado anteriormente os aparelhos deveriam ficar sob proteção de sombras, pois em Julho é o mês com maior índice pluviométrico na região de estudo.

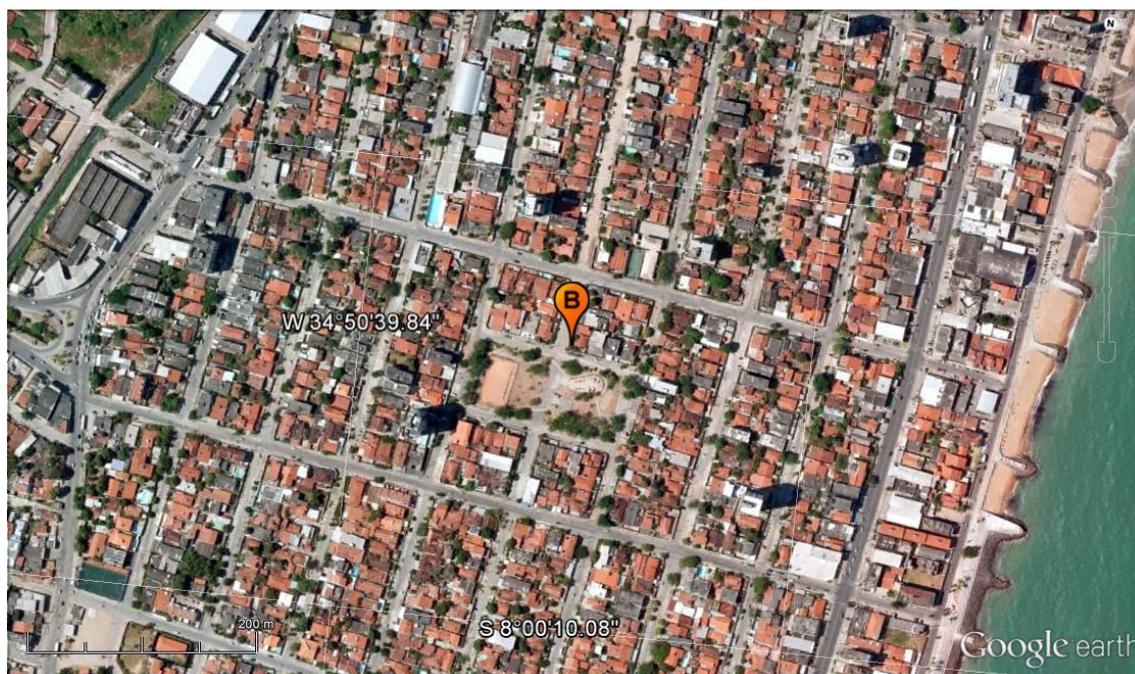


Imagem 02: ponto B. Fonte: Google earth



Foto 02: Visão terrestre do ponto B. Fonte: autor.

O ponto C se difere dos outros pontos por ser o mais afastado do mar. Mais uma vez foi escolhida uma casa de propriedade particular com proteção de chuvas e insolação direta no aparelho, a fim de preservar o bom funcionamento do dispositivo. Portanto, os espaços estudados podem ser visto, parcialmente através de imagens de satélite e disponibilizados pelo Google earth. Todos os locais escolhidos tiveram como principais requisitos a proteção dos aparelhos, seja contra furtos, eventuais danos ligados a terceiros e também contra as chuvas, bastante abundante nesse período do ano nessa região.

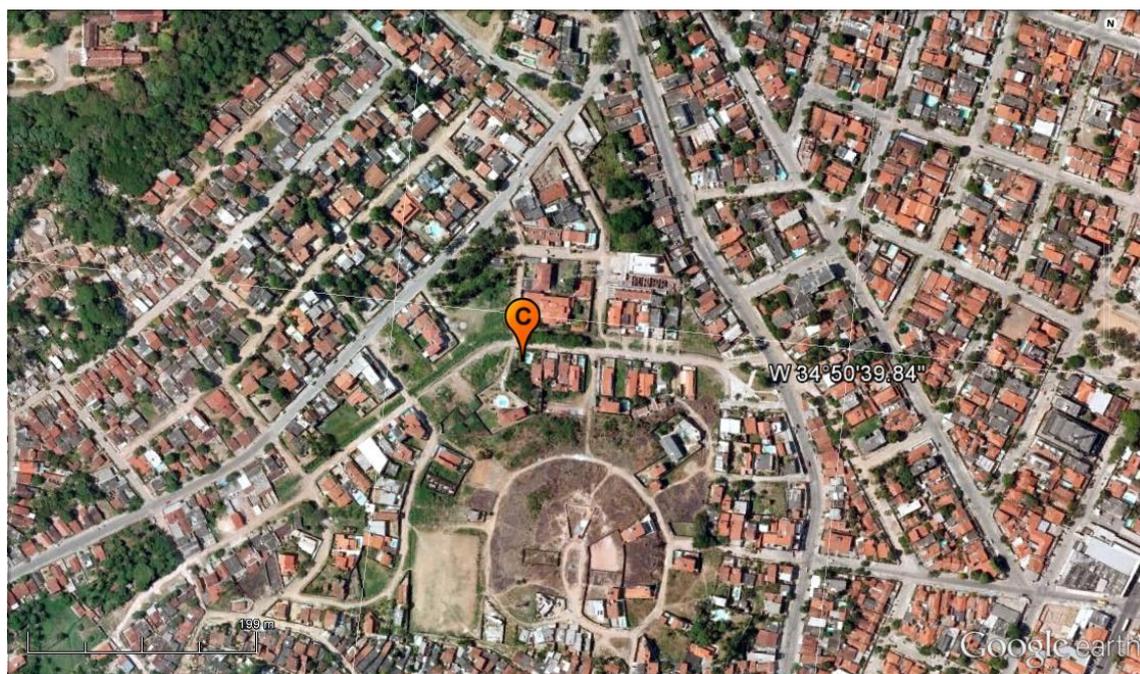


Imagem 03: ponto C. Fonte: Google earth



Foto 03: visão terrestre do ponto C. Fonte: autor.

2.2 Dados e metodologia

Os valores de temperatura, umidade e ponto de orvalho e umidade dos locais específicos foi coletado por um Termohigrômetro HT-500 (Foto 01) de marca Instruthemp e devidamente calibrado. Em posse de todos os dados foi realizado um trabalho para calcular as médias de temperatura e umidade em geral e para cada horário a fim de perceber como se comportava cada ponto em cada horário e assim, tentar quantificar o índice de desconforto humano (IDH) de (ONO e KAWAMURA, 1991). Esse índice tem bom aproveitamento em climas quente e úmido e foi sugerido pelos dois autores quando estudaram a região monssônica da Ásia.

Para calcular tal índice foi utilizada a equação abaixo:

$$\text{IDH} = 0,99T_a + 0,36T_d + 41,5 \quad (1)$$

Onde T_a é a temperatura do ar e T_d é a temperatura do ponto de orvalho. A partir desta equação foi possível avaliar o índice de desconforto humano para cada ponto e comparar com a tabela que (SANTOS e MELO, 2010) usou para o índice, aqui, pesquisado. Essa coleta de dados se deu em três horários distintos: 09:00, 15:00 e 21:00, durante dez dias seguindo as especificações da WMO (World Meteorological Organization), mas adaptado ao horário local. Com isso, foram datadas 36 amostras de temperatura e ponto de orvalho ao longo do período da pesquisa e, assim, fornecendo uma base para posteriores estudos nessa localidade. (TABELA 01).

INTERVALO DO IDH	EFEITO
IDH > 80	Estresse devido ao calor
75 > IDH > 80	Desconfortável devido ao calor
60 > IDH > 75	Confortável
55 > IDH > 60	Desconfortável devido ao frio
IDH < 55	Estresse devido ao frio

Tabela 01: sensações de desconforto para cada tipo de índice. Fonte: (MELO E SANTOS, 2010).



Foto 04: termohigrômetro HT-500. Fonte: autor

3. RESULTADOS

Como bem se mostram os padrões de curva da média geral do ponto A (Gráfico 01), se observa um padrão de ascensões e quedas na linha termal, isso se deve ao fato da variação termal diurna. De acordo com essa variação os índices de ponto de orvalho e do desconforto seguem a mesma alteração. Essas amplitudes térmicas diárias são muito comuns e revelam a dificuldade de se obter a temperatura, pois, além disso, há oscilações menores que conturbam a leitura térmica. Em situações normais as máximas ocorrem duas horas depois da culminação do sol; o mínimo acontece pouco antes do nascimento do sol (VEREJÃO, 2006).

Nota-se que a linha termal oscila entre 25°C e um pouco mais de 30°C, sendo a máxima registrada em 30,8°C e a menor em 24,4°C. Abrangendo as análises, percebe-se que a linha do índice de desconforto obedece às curvas da linha de umidade na mesma ordem, ou seja, o índice é função das oscilações da umidade. Quando o índice de desconforto térmico está > 80 ou sob estresse devido ao calor, é sinal de que a temperatura esteja alta acima dos 30°C. Mas apenas a temperatura por si só não indicaria o nível de desconforto sentido pelos transeuntes. A linha da umidade relativa se comporta como inversamente ao padrão das linhas de desconforto e de temperatura.

Nos horários noturnos, a tendência da umidade é aumentar devido a falta de radiação solar, e com isso, o índice de desconforto decai com a inversão térmica. Nesse momento, temos uma relação muito clara entre as variáveis micrometeorológicas, pois suas relações acabam gerando certa dependência, em certo ponto. O que se pode interpretar desses comportamentos é que o índice de desconforto para o ponto A indica que os transeuntes nos horários entre às 09:00 e às 15:00, em condições de céu claro, estão entre as faixas de estresse devido ao calor e desconfortável devido ao calor, justamente o tempo cuja umidade está em nível baixo. Apenas nos horários noturnos se verifica uma condição confortável. Ao se analisar a linha de desconforto nota-se que seus picos correspondem aos períodos com radiação solar e sem. Dessa forma, deve-se analisar o padrão do desconforto com uma forte tendência resultante tanto da linha úmida quanto da linha termal.

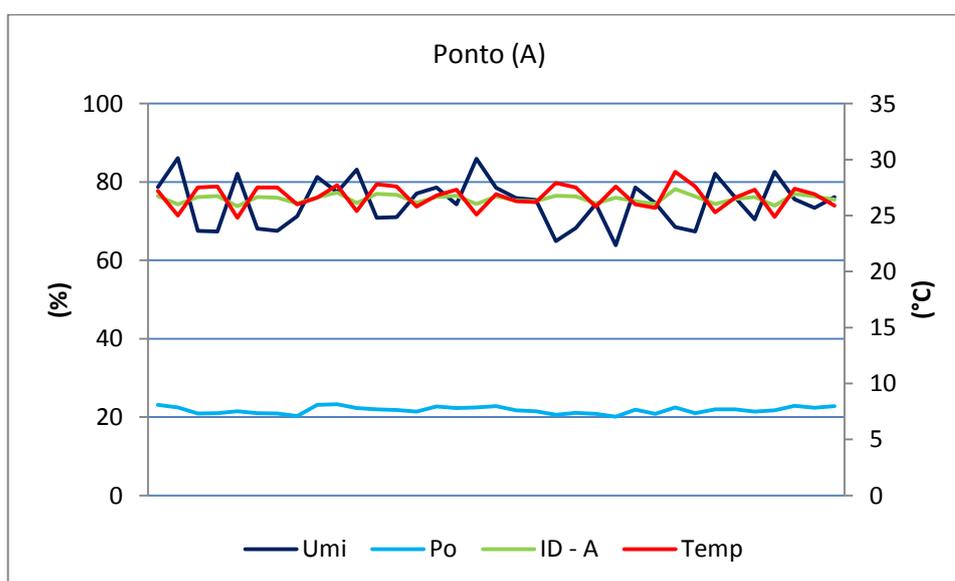


Gráfico 01: Média geral dos três horários de coleta. Fonte: autor.

Em relação ao ponto B é possível notar que, nesse local, há um maior número de picos. Observa-se que o padrão da umidade foi o responsável pelos maiores amplitudes, comparando-se ao ponto A. Houve mais quedas de umidade nesse local do que no anterior no mesmo tempo. Com isso se pode observar a mudança de composição estrutural entre os locais. É justamente esse ponto que torna o estudo do microclima urbano tão difícil, pois suas variações no tempo e espaço são muito rápidas e há uma gama de materiais construídos em espaços de micro escala. Na média, o local do ponto A é

mais úmido, mesmo que ligeiramente, do que o ponto B, porém, último teve as maiores temperaturas, entre os dois.

A característica fundamental para essa diferença pode ser a variabilidade da estrutura, pois como se verifica nas fotos a cobertura dos solos é diferente, porém essa diferença não se encontra em tamanha grandeza que signifique uma forte influência. Assim como no outro ponto, a tendência do índice de desconforto é acompanhar as elevações e descidas do padrão úmido, fazendo com que se possa argumentar, de forma clara, como as linhas tendem a tomar certas direções como função de outras. É possível observar que os picos de umidade são mais notórios em relação as curvas de temperatura para o ponto B. Em certos momentos, como bem visto no gráfico 04, chega à linha dos sessenta por cento o que não foi observado no ponto anterior. Seguindo a relação entre os componentes, a linha termal sobe e, por diversas vezes, alcança a linha dos 30°C.

Acompanhando a subida termal e inversamente a úmida, o índice de desconforto, por duas vezes, alcança ao patamar de oitenta, que segundo a tabela usada por (MELO E SANTOS, 2010) causa estresse devido ao calor. Geralmente, no andamento do estudo, os índices máximos de desconforto térmico foram verificados pela tarde no horário das 15:00. Por sua vez, o tempo no qual foi verificada a zona de conforto ficou compreendido entre os horários da noite e parte da manhã.

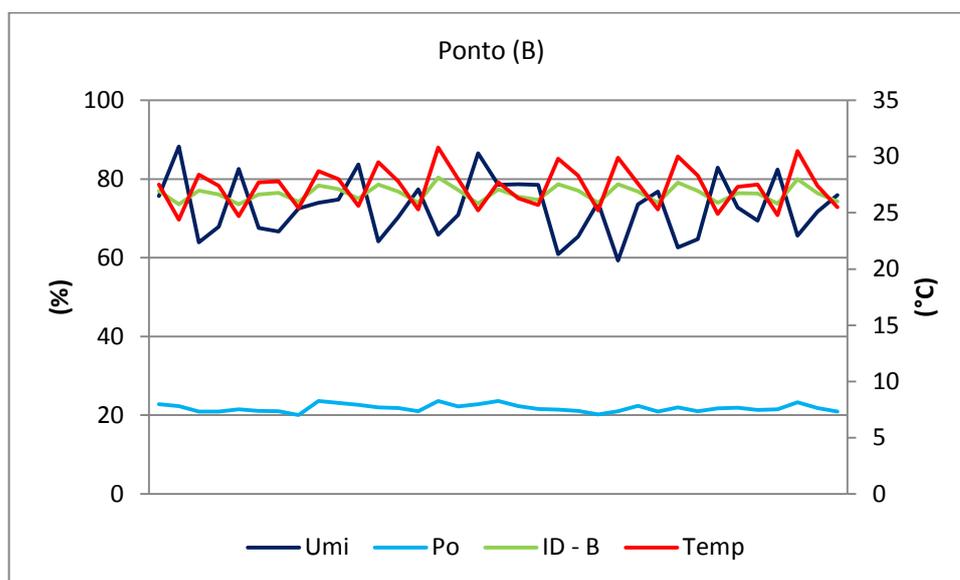


Gráfico 02: média geral dos três horários. Fonte: autor

O ponto C é semelhante ao ponto anterior, o padrão de curvas das linhas se assemelha tanto na área do desconforto quanto ao da linha úmida e térmica. O padrão de umidade que se verificou mostra uma quantidade maior de picos de descida de umidade do que o ponto A e B. A linha que demarca os sessenta por cento foi tocada apenas uma vez, enquanto no ponto B isso se verificou em duas oportunidades e no ponto A nenhuma. Contudo o ponto C obteve mais picos de umidade relativamente baixa para os padrões do estudo. Quando isso se verificou, inversamente, as temperaturas tenderam a

aumentar, como já havia sido visto nos outros pontos, e com isso, o padrão de desconforto humano foi elevado. Esse ponto, como mostra a foto, observa-se uma estrutura parecida como a do ponto B e diferente ao ponto A, pois se trata de uma residência particular, seu solo é exposto, porém sombreado pela farta vegetação presente.

Novamente, aqui, é visto uma relação entre os padrões. Nos picos de subida da umidade observa-se uma baixa na linha térmica e como tendência a linha do desconforto humano é seguidor do padrão de temperaturas, porém (VAREJÃO, 2006) argumenta que se o parâmetro utilizado para medir a condição de conforto não se pode esquecer sua relação com a temperatura, pois o comportamento de ambas são inversamente recíprocas. A umidade do ar aumenta quando a temperatura cai e vice-versa. As variações de umidade, associadas às da temperatura, estabelecem o nível de conforto ambiental. Portanto, a sensibilidade do desconforto térmico mantém relação estreita com o padrão de umidade do que o térmico.

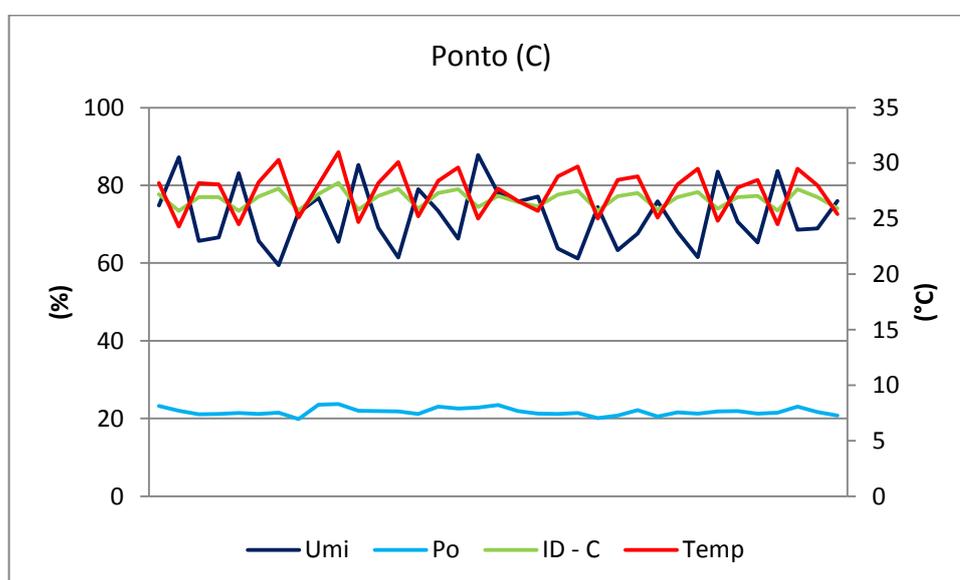


Gráfico 03: média geral dos três horários de coleta. Fonte: autor

No último gráfico quando foram unidas todas as médias de desconforto de cada ponto, é evidente que o ponto A foi o mais confortável, de acordo com o índice de (ONO e KAWAMURA, 1991). Na maior parte do tempo o índice de desconforto humano oscila entre 74 e 78, atingindo esse último nível apenas uma vez. A média de umidade relativa para esse ponto foi de 74% e sua temperatura de 26°C. Esse padrão mostra que para um ambiente como o ponto A fica confortável na maior parte do dia e, por alguns instantes, desconfortável devido ao calor. Esse ponto não se verificou uma grande amplitude, diferente dos outros pontos. O ponto B e C se comportaram de maneira semelhante: grandes amplitudes de desconforto térmico, com base nos padrões do estudo.

O ponto B, no início da pesquisa, se comporta sem mostrar grandes amplitudes, porém no desenvolvimento da investigação muda e varia muito, oscilando entre os níveis 74 e 80. Para a tabela

01, varia entre o confortável ao desconforto devido ao calor. Contudo, o ponto C foi o espaço que mais gerou picos no tempo, sua variação é mais acentuada, mesmo que timidamente do que o ponto B.

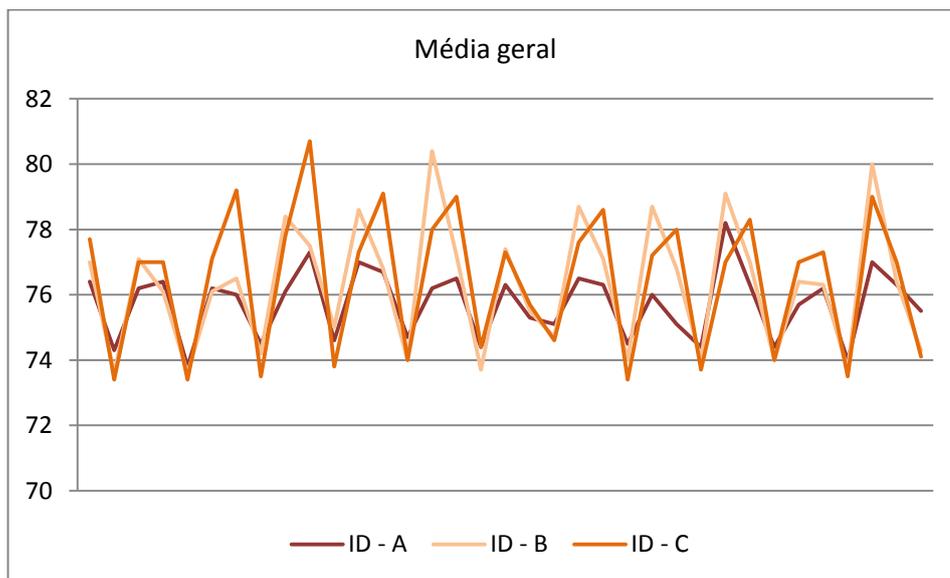


Gráfico 04: Média geral dos três pontos ao longo do tempo sobre o espaço.

4. CONCLUSÕES

Com a aplicação do índice de (ONO e KAWAMURA, 1991) notou-se que houve uma estreita relação entre os padrões de umidade e de desconforto humano. Sua variação ao longo do tempo e espaço mostrou como a estruturação física do local pode, também, variar nesse índice. Considera-se como uma tendência a direção da curva da umidade inversamente ao da temperatura, porém a curva do desconforto segue na mesma direção ao padrão térmico.

BIBLIOGRAFIA

FROTA, A. B; SCHIFFER, S. R. **Manual do conforto térmico**. 6. Ed. – São Paulo: Studio Nobel, 2003.

JÚNIOR, A. S. T. **Leis da termodinâmica**. Revista de ensino em ciências. Seção artigo, n.3, São Paulo, 1981. FUNBEC/IBECC.

LAMBERTS, R; XAVIER, A. A de P. **Conforto térmico e stress térmico**. Laboratório de eficiência energética em edificações. Florianópolis, março, 2002. Disponível em: <http://dec.ufms.br/lade/docs/cft/ap-labee.pdf>. Acessado em: 15/08/2012

ONO, H. S. P.; KAWAMURA T.. **Sensible Climates in Monsoon Asia**. International Journal of Biometeorology, Vol. 35, nº XX, pp. 39-47, 1991.

SANTOS, W. R. T; MELO, M. L. D. **Índices de conforto e desconforto térmico humano segundo os cenários climáticos do IPCC**. Disponível em http://www.cbmet2010.com/anais/artigos/446_95127.pdf. Acessado em: 18/08/2012

VAREJÃO, M, A. **Meteorologia e climatologia**. Versão digital 2. Recife, Brasil. Disponível em: http://www.icat.ufal.br/laboratorio/clima/data/uploads/pdf/METEOROLOGIA_E_CLIMATOLOGIA_VD2_Mar_2006.pdf. Acessado em: 12/08/2012