



## **ANÁLISE BIOCLIMÁTICA DAS ALAS DE CLÍNICAS MÉDICA E CIRÚRGICA DO HOSPITAL DE CLÍNICAS DA UNIVERSIDADE FEDERAL DO TRIÂNGULO MINEIRO**

**Mariana Ferreira Martins Garcia (1); Rosana Maria Caram (2)**

(1) Mestre, Professora do Curso de Arquitetura e Urbanismo da Universidade de Uberaba, [mariana.fferreira@gmail.com](mailto:mariana.fferreira@gmail.com), Universidade de Uberaba, Av. Nenê Sabino, 1801, Universitário, Uberaba-MG, CEP: 38055-500, Tel.: (34) 3319 8800

(2) Livre Docente, Professora do Instituto de Arquitetura e Urbanismo da Universidade de São Paulo, [rcaram@sc.usp.br](mailto:rcaram@sc.usp.br), Universidade de São Paulo, Av. Trabalhador São Carlense, 400, Centro, São Carlos - SP, CEP: 13566-590, Tel.: (16) 3373 9264

### **RESUMO**

O presente trabalho tem como finalidade apresentar as estratégias bioclimáticas de projeto a serem adotadas para as edificações de Uberaba-MG e comparar com a situação construtiva atual das alas de clínicas médica (CM) e cirúrgica (CC) do Hospital de Clínicas da Universidade Federal do Triângulo Mineiro (HC - UFTM). Inicialmente, foi realizado um estudo descritivo sobre as características construtivas do HC, através da análise de sua implantação e entorno, de sua insolação e ventilação e das suas propriedades térmicas dos materiais. Para isso, foram realizados estudos em seus projetos de arquitetura, da carta solar de Uberaba e foi utilizado, para o cálculo das propriedades térmicas, a NBR 15220-Parte 2 e o software “Propriedades térmicas dos materiais” disponibilizado online pela Faculdade de Engenharia Civil da Universidade de Campinas. Posteriormente, um estudo do clima de Uberaba foi realizado a partir dos dados climáticos disponibilizados pelo Instituto Nacional de Meteorologia, o INMET. Para a realização da análise bioclimática, utilizaram-se os métodos da carta de Givoni e das tabelas de Mahoney baseados em variáveis climáticas entre os anos de 2005 a 2014. O software Analysis Bio 2.2, criado pela Universidade Federal de Santa Catarina, foi utilizado para construir a carta bioclimática de Givoni. Através da sequência de análise de clima proposta pela tabela de Mahoney, pode-se gerar uma série de recomendações básicas de projeto. Verificou-se que, para amenizar o desconforto térmico, segundo Givoni, é necessária a ventilação, a alta inércia térmica e o resfriamento evaporativo. Para os períodos frios, o indicado é o aquecimento solar passivo e, também, a alta inércia. Para Mahoney, a ventilação cruzada aparece como uma das principais estratégias de conforto. As aberturas devem ter de 25 a 40% da área das fachadas, ser no nível dos ocupantes e protegidas do sol direto e da chuva. Além disso, os edifícios deveriam ser alongados na orientação Norte/Sul e possuírem afastamento entre eles para favorecer a ventilação. As paredes devem ter características térmicas pesadas e as coberturas leves, porém isoladas. Ao comparar estes resultados com as características projetuais das alas das clínicas médicas e cirúrgicas do Hospital de Clínicas da UFTM, verificou-se que a maioria das recomendações bioclimáticas não são atendidas e que o desconforto térmico é intensificado devido a estas diferenças.

Palavras-chave: análise bioclimática, conforto térmico, hospital de clínicas da Universidade Federal do Triângulo Mineiro (HC-UFTM)

### **ABSTRACT**

The purpose of the present paper is to outline bioclimatic design strategies for buildings in Uberaba, in Minas Gerais state in Brazil, and to compare them with the current constructive situation of the medical (CM) and surgery (CC) wards of the teaching hospital (*Hospital de Clínicas*) of the Triângulo Mineiro Federal University (HC-UFTM). At first, a descriptive study on the constructive characteristics of the HC was conducted by analyzing its site plan and surroundings, natural lighting, ventilation and thermal properties of materials. Its architectural drawings and Uberaba's sun chart were also examined. In order to calculate thermal properties, *NBR 15220-Parte 2*, a document containing technical guidelines on buildings'

thermal performance, and *Propriedades térmicas dos materiais*, software about thermal properties of materials, made available online by the Engineering College of Campinas University, were used. Afterwards, a study on Uberaba's weather was conducted based on weather data from the National Institute of Meteorology, INMET. Methodology from Givoni's and Mahoney's charts based on climate variables from 2005 to 2014 were used to do the bioclimate analysis. Analysis Bio 2.2, software created by the Santa Catarina Federal University, was used to make Givoni's bioclimatic chart. Mahoney tables propose a sequence of climate analysis which makes it possible to develop several basic design guidelines. It was verified that, to soften thermal discomfort, according to Givoni, ventilation, high thermal inertia, and evaporative cooling are needed. For cold periods, it is advised to have passive solar heating and high inertia. According to Mahoney, cross ventilation is one of the main comfort strategies. Openings should take from 25 to 40% of building facade areas, be leveled with occupants, and protected from direct sunlight and rain. In addition, buildings should extend in north/south orientation and be separated from each other to favor ventilation. Walls should have heavy thermal characteristics, and roofs should be light weight, but insulated. By comparing these results to design features of CM and CC wards HC-UFTM, it was noticed that most bioclimatic guidelines are not followed, and thermal discomfort is intensified by the discrepancies.

Keywords: bioclimatic analysis, thermal comfort, teaching hospital of UFTM

## 1. INTRODUÇÃO

A arquitetura bioclimática baseia-se em estratégias de projeto e de tecnologias construtivas para adaptar as necessidades do homem e de suas construções às variações climáticas. Hoje, é essencial que a arquitetura consiga tirar proveito dos nossos recursos naturais disponíveis como o sol, a chuva, o vento e a vegetação e encontre soluções projetuais que propiciem aos seus usuários um ambiente interno adequado e confortável e que, também, diminua os impactos ao meio ambiente. Segundo Frota, Schiffer (2001, p.16) “o conhecimento do clima, aliado ao dos mecanismos de trocas de calor e do comportamento térmico dos materiais, permite uma consciente intervenção da arquitetura, incorporando os dados relativos ao meio ambiente externo de modo a aproveitar o que o clima apresenta de agradável e amenizar seus aspectos negativos”.

Estes princípios se fazem necessários em todas as tipologias arquitetônicas, no entanto, em ambientes hospitalares, a condição física e psicológica dos pacientes, o alto estresse em que os funcionários são submetidos podem fazer com que as variações climáticas sejam mais perceptíveis e, ainda, piorar o estado de saúde dos pacientes e dificultar o trabalho da equipe médica. De acordo com Comiran (2014), os aspectos físicos e perceptuais do ambiente e entorno podem contribuir na recuperação dos pacientes e são fundamentais em ambientes hospitalares, como nas áreas de internação onde, geralmente, o paciente permanece por um período de tempo maior para seu restabelecimento. Ao longo do tempo, os hospitais foram evoluindo de acordo com o progresso tecnológico e as necessidades quanto à qualidade de seus espaços. No entanto, segundo Santos, Bursztyń (2004) a sensação de conforto ambiental depende do resultado da harmonia de vários condicionantes – higrotérmicos, acústicos, visuais, de qualidade do ar, entre outros e, não é uma percepção facilmente detectável, ao contrário da sensação de desconforto.

Se o corpo humano responde mal às variações climáticas, mesmo em boas condições físicas e psicológicas, um corpo enfermo pode sofrer muito mais, como ter alteração dos batimentos cardíacos, sonolência, sudorese e, psicologicamente, torna-se mais apático e deprimido (KOWALTOWSKI, 2011).

Queixas como essas são comuns no Hospital de Clínicas da UFTM, principalmente, nas alas de clínicas médica e cirúrgica, onde há uma taxa maior de permanência dos pacientes. As reclamações também vêm da equipe médica e de funcionários do hospital que é alvo constante de críticas devido a má qualidade de seus ambientes. Dessa forma, fez-se necessário compreender quais são os problemas que trazem tanto desconforto aos seus usuários. A análise bioclimática de Uberaba-MG, onde o HC localiza-se, auxilia na identificação destes problemas, já que mostra as melhores decisões a terem sido adotadas no processo de concepção projetual do HC e que poderão justificar problemas térmicos vivenciados no hospital hoje em dia.

## 2. OBJETIVO

O objetivo deste artigo é apresentar o comparativo da situação construtiva atual das alas de clínicas médica e cirúrgica do Hospital de Clínicas da Universidade Federal do Triângulo Mineiro (HC – UFTM), localizado em Uberaba – MG, com estratégias de arquitetura bioclimáticas recomendadas para o clima da cidade, a partir dos estudos da Carta de Givoni e das tabelas de Mahoney.

### 3. METODOLOGIA

Inicialmente foi realizada uma caracterização do edifício do HC através de sua implantação, insolação e ventos predominantes, além da análise de suas materialidades e propriedades térmicas dos materiais, que para serem calculadas, seguiram a NBR 15220- Parte 2 e o software “Propriedades térmicas dos materiais” disponibilizado online pela Faculdade de Engenharia Civil da Universidade de Campinas. Posteriormente, os dados de temperatura, umidade relativa, velocidade dos ventos, precipitação e pressão atmosférica de Uberaba –MG entre os anos de 2005 a 2014, foram conseguidos no site do Instituto Nacional de Meteorologia, o INMET. Para a realização da análise bioclimática utilizou-se os métodos da carta de Givoni e da tabela de Mahoney, com o objetivo de apresentar as estratégias bioclimáticas de projeto a serem adotadas para as edificações em Uberaba. Para o desenvolvimento da carta de Givoni, foi utilizado o *software* Analysis Bio 2.2, no qual foram anexados manualmente os dados climáticos de 2005 a 2014. O Analysis Bio foi desenvolvido pela Universidade Federal de Santa Catarina e calcula a porcentagem de horas do ano em que cada estratégia é mais apropriada. Para estudo com a tabela de Mahoney, também foram inseridos os dados de 2005 a 2014. E através de uma sequência de análises, é possível identificar quais são as estratégias básicas de projeto a serem adotadas para a cidade de Uberaba, para que se consiga obter o mínimo de conforto térmico em seus ambientes.

### 4. O HOSPITAL DE CLÍNICAS DA UNIVERSIDADE FEDERAL DO TRIÂNGULO MINEIRO

O Hospital de Clínicas (HC) da Universidade Federal do Triângulo Mineiro (UFTM) foi inaugurado em agosto de 1982 e atende a macrorregião do triângulo sul, como único hospital público que oferece atendimento terceirizado de alta complexidade. Abrange, hoje, outras macrorregiões de Minas Gerais e outros estados do país. Há uma equipe de 448 médicos de diferentes especialidades e comporta 320 leitos totais ativos. Possui uma área física de 33.313m<sup>2</sup> que se distribuem em internação hospitalar ambulatorial, pronto-socorro e serviços de diagnóstico e tratamentos especializados. (UNIVERSIDADE FEDERAL DO TRIÂNGULO MINEIRO, 2016).

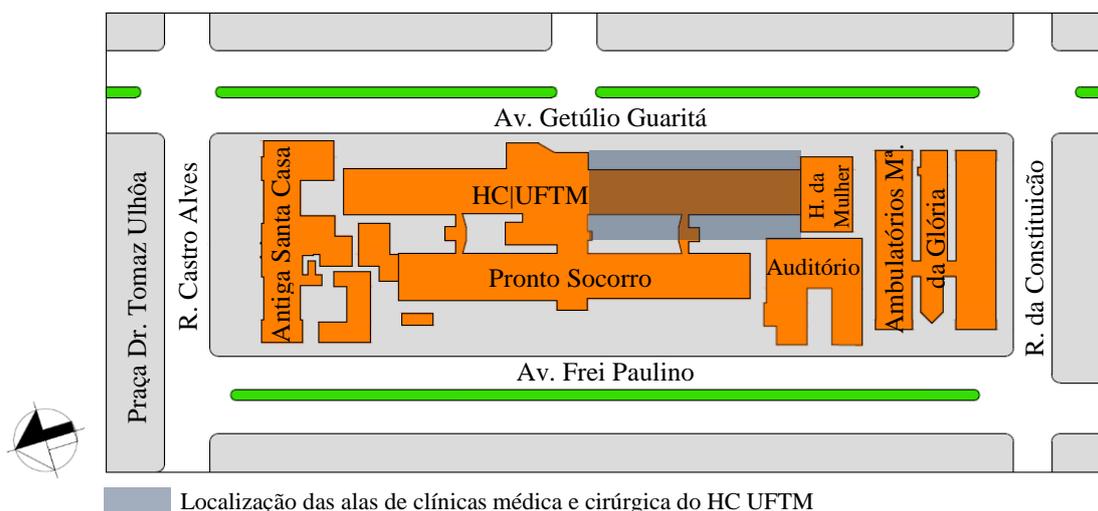
Como nota-se na Figura 1, o entorno onde o hospital está inserido possui um alto adensamento urbano. O bairro é residencial e composto por vias locais e coletoras, mas próximo a duas avenidas importantes de Uberaba, que faz de sua localidade ser central e dificultar os processos de ampliação do HC. Por isso também, não há grandes áreas verdes, praças ou maciços de vegetação que possam contribuir com a melhoria do microclima. As árvores existentes são dos canteiros centrais das avenidas que o cercam e, apesar de vários espaços livres em seu interior, há apenas taludes e pequenos canteiros entre os edifícios do HC.



Figura 1: Vista do Hospital de Clínicas da Universidade Federal do Triângulo Mineiro. Fonte: Disponível em: <http://www.jornaldeuberaba.com.br/cadernos/politica/7679/hospitais-universitarios-recebem-rs-82-4-milhoes-para-atencao-a-saude>. Acesso em ago. 2013

#### 4.1 Implantação e entorno do HC

Na figura 2, mostra-se a implantação dos edifícios e sua orientação solar. O Edifício do HC é composto por três pavimentos, sendo o 1º acessado pela Avenida Frei Paulino, que está num nível inferior a Avenida Getúlio Guaritá onde se acessa o 2º pavimento. Com destaque em azul localizam-se as alas de Clínica Médica e Cirúrgica. Elas estão no 3º pavimento do edifício com sua fachada leste voltada para a Avenida Getúlio Guaritá e sua fachada oeste voltada para um pátio interno do Hospital, como mostram as Figuras 3 e 4.



Localização das alas de clínicas médica e cirúrgica do HC UFTM

Figura 2: Implantação HC- UFTM. Fonte: Esquema da Autora (2017)



Figura 3: Fachada Leste das Alas de Clínica Médica e Cirúrgica do HC da UFTM. Foto: Autora (2014)



Figura 4: Fachada oeste, voltada para um pátio interno das Alas de Clínica Médica e Cirúrgica do HC da UFTM. Foto: Autora (2014)

Para compreender a localização e distribuição dos acessos e fluxos do HC e, principalmente, os espaços destinados às enfermarias de clínica médica cirúrgica obtiveram-se os projetos arquitetônicos de toda a edificação. Na figura 5, a planta baixa das alas de clínica médica e cirúrgica. Elas são divididas por um posto médico. À direita temos as enfermarias da clínica médica e à esquerda, da cirúrgica.

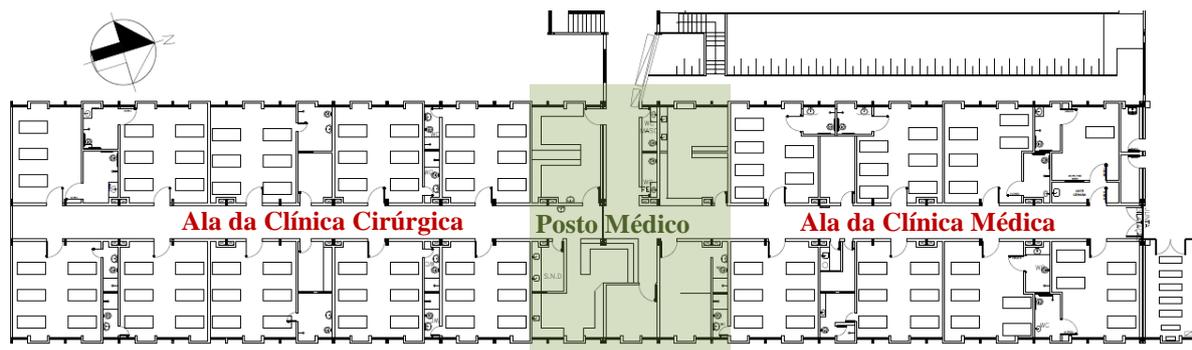


Figura 5: Planta baixa do 3º pavimento do HC – Clínica Médica e Cirúrgica. Fonte: Planta fornecida pelo Departamento de Engenharia do HC da UFTM e esquema da Autora (2014)

## 4.2 Propriedades térmicas dos materiais

As paredes dos edifícios do HC são de tijolos cerâmicos com 08 furos, 19x9x19cm, com cobertura de argamassa de reboco convencional e pintadas com tinta acrílica branca no lado interno e na parte externa, a pintura se intercala entre verde escuro e branco. A cobertura do bloco onde se localizam as alas de CM e CC era, originalmente, de telhas de fibrocimento, mas foi retirada há alguns anos para receber um novo sistema de energia renovável proposto pela Companhia Energética de Minas Gerais (CEMIG) que até hoje não foi concebida. Atualmente, a cobertura é de laje maciça de 15cm impermeabilizada. Os elementos estruturais

como pilares e vigas, bem como o sistema de lajes, são de concreto armado. Essas informações foram fornecidas pelo Departamento de Engenharia Civil do HC da UFTM.

Para o cálculo das propriedades térmicas das paredes foi utilizado um programa disponibilizado online pela Faculdade de Engenharia Civil da Universidade de Campinas e foi desenvolvido segundo “as propostas de normas técnicas para avaliação do desempenho térmico das edificações, desenvolvido pelo Comitê Brasileiro de Construção Civil e pela Comissão de Estudo de Desempenho Térmico de Edificações. Projeto 02: 135.07-002, junho de 1998”. (PROGRAMA PROPRIEDADES TÉRMICAS DOS MATERIAIS, 2003). Assim, as paredes apresentaram uma Resistência Térmica Total de 0,3769 (m<sup>2</sup>. K)/W, uma Capacidade térmica de 116,01 KJ/(m<sup>2</sup>.K), uma Transmitância térmica de 2,65 W/(m<sup>2</sup>. K) e uma atraso térmico de 2,77 horas. O acabamento final em tinta acrílica branca possui uma absorvância baixa ( $\alpha=0,2$ ) proporcionando um fator solar de 2,12%, já a tinta acrílica verde escura tem um absorvância maior ( $\alpha=0,7$ ) e seu fator solar é de 7,42%. Para o cálculo das coberturas utilizou-se a metodologia da NBR 15220 – Parte 2 e os resultados apontaram uma transmitância de 3,38 W/m<sup>2</sup> °K, o atraso térmico de 4,05 horas e o fator solar de 10,14%.

### 4.3 Ventilação

O pé-direito das alas de CM e CC do HC é de 2,80m e todas as janelas das enfermarias são do tipo basculante com a dimensão de 100x165x110cm. O material é composto por ferro e vidro jateado. Havia uma película para proteção que devido a falta de manutenção foi retirada da maioria dos vidros. Além disso, todas as janelas possuem telas mosquiteiros, que podem diminuir a ventilação de 20 a 40% dependendo do tipo de tela e da direção e velocidade do vento incidente (VAN STRAATEN et al.,1965; GIVONI, 1976; AYNSLEY; MELBOURNE; VICKERY, 1977 apud BITTENCOURT, 1993). O sistema de ventilação se baseia na abertura dessas janelas, ou seja, ventilação lateral. Essas alas não possuem ventilação mecânica, artificial ou zenital. Os ventos dominantes de Uberaba são, em sua maior intensidade e frequência, uma combinação entre as direções nordeste (3,7m/s e 47 dias/ano) e oeste (3,72 m/s e 53 dias/ano). Durante praticamente metade do ano se caracteriza como período de calmaria (PMU – RIMA/ETE, 2006).

### 4.4 Insolação

Para proteção da incidência solar direta há apenas um beiral com avanço de 60cm no HC. A fachada leste possui uma testada de 10m e é dividida entre um estacionamento e um talude gramado com poucos arbustos. Há, a 35 metros de distância, o Centro Educativo da UFTM – CE, capaz de oferecer sombra ao HC. Já na fachada oeste, há outro edifício há 14 metros e com a mesma altura do hospital. Para averiguar o sombreamento destes edifícios próximos ao HC, fizeram-se os estudos da Carta Solar de Uberaba. Como se pode ver na figura 6, os beirais, por exemplo, impedem uma incidência solar do lado leste no final da manhã, a partir das 10h30 no verão, e a partir das 10h no inverno. Já o prédio do Centro Educacional (CE), causa um sombreamento no HC na fachada leste, entre o nascer do sol até às 06h30 no verão e até às 07h20 no inverno. Do lado oeste, o prédio vizinho faz sombra apenas a partir das 17h50 no verão, e no inverno, a partir das 16h30. Dessa forma, as obstruções ocorridas pelos beirais e pelos edifícios próximos não comprometem de forma significativa a entrada de insolação direta nas alas de CM e CC do HC.

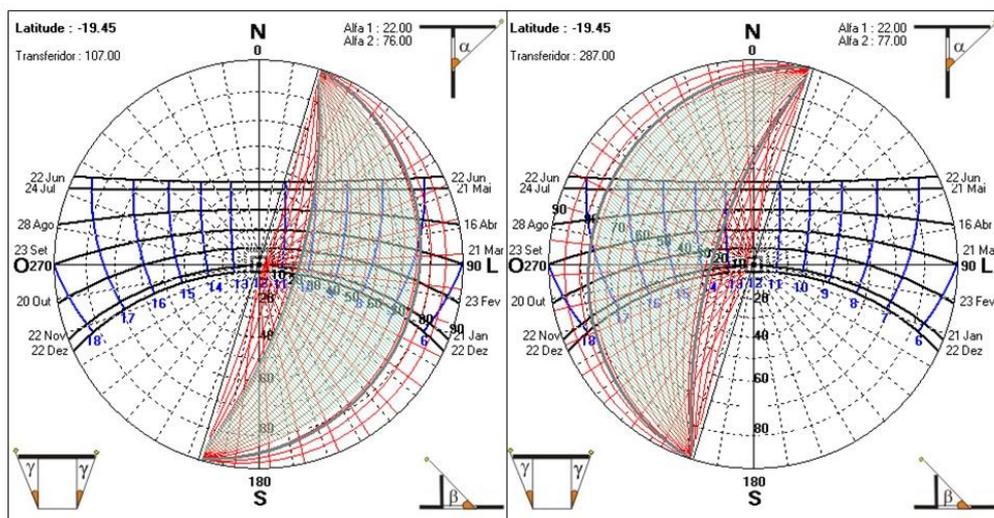


Figura 6: À esquerda, carta solar com ângulo de sombreamento e período (hachurado) de insolação da fachada Leste e, à direita, a mesma análise de insolação para a fachada Oeste. Fonte: *Analysis Sol – ar* – elaborado pela autora (2015)

## 5. ANÁLISE BIOCLIMÁTICA

O município de Uberaba situa-se na região do Triângulo Mineiro, a oeste do Estado de Minas Gerais, na latitude sul 19°45'27" e na longitude oeste a 47°55'36". Uberaba está equidistante, num raio de 500 Km, dos principais centros consumidores do Brasil e possui uma população em torno de 296 mil habitantes, de acordo com o IBGE em 2010. No século XX, houve um forte crescimento da agricultura, da pecuária, da indústria e do comércio e, hoje, Uberaba representa um centro comercial dinâmico, uma agricultura produtiva, um parque industrial diversificado e uma planejada estrutura urbana. (PREFEITURA MUNICIPAL DE UBERABA, 2014)

O clima de Uberaba, de acordo com a Estação Climatológica da Empresa de Pesquisa Agropecuária de Minas Gerais (EPAMIG), é definido como tropical chuvoso, clima de monção seco com inverno seco e verão úmido. Segundo a classificação internacional de Koppen, o clima da região é do tipo Aw, isto é, tropical sendo o domínio climático conceituado como semi-úmido. (GOMES, 1982 apud VALLE JUNIOR, 2008).

Para complementar os estudos sobre o clima da cidade de Uberaba, foi elaborada a tabela 1, que mostra as médias mensais das principais variáveis climáticas entre 2005 a 2014. Essas médias foram conseguidas no site do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET).

Tabela 1: Média dos principais atributos do clima de Uberaba entre 2005 a 2014. Fonte: INMET – elaborado pela autora (2015)

Meses	Temperatura Média (°C)			UR (%)	Precipitação Pluvial (mm)	Veloc. Vento (m/s)	Pressão (mbar)
	Máxima	Mínima	Média				
Janeiro	30,36	20,81	25,58	76,63	327,11	0,96	928,25
Fevereiro	31,27	18,67	24,97	73,35	202,07	0,97	928,52
Março	30,89	19,57	25,23	76,21	251,97	0,87	928,79
Abril	30,40	17,86	24,13	72,11	120,52	0,95	930,07
Mai	28,56	14,27	21,42	68,78	47,54	0,78	931,62
Junho	28,14	13,53	20,83	67,30	19,42	0,92	933,10
Julho	28,63	13,04	20,83	60,36	12,04	1,23	933,55
Agosto	30,72	14,31	22,52	50,18	11,02	1,71	932,75
Setembro	32,16	17,13	24,65	53,56	46,25	1,83	931,33
Outubro	32,26	19,11	25,68	60,86	138,39	1,36	928,99
Novembro	30,62	19,34	24,98	71,43	206,32	1,15	927,55
Dezembro	30,20	19,95	25,08	76,33	563,2	0,91	927,35
Média Geral	30,35	17,3	23,82	67,26	162,15	0,96	930,16

Através da Tabela 1, percebem-se dois regimes climáticos bem definidos, o primeiro de inverno (frio e seco) e, depois o de verão (quente e chuvoso). A temperatura média anual dos últimos dez anos variou de 20°C a 26°C, sendo que as temperaturas mais elevadas foram registradas nos meses de setembro e outubro e as mais baixas nos meses de junho e julho. As chuvas são predominantes de outubro a abril, sendo os meses de dezembro e janeiro os mais chuvosos e a estação seca de maio a setembro. A umidade relativa do ar média oscilou entre 60% a 77%, sendo seus valores máximos verificados no mês de janeiro (76,63%) e mínimo no mês de agosto (50,18%).

### 5.1 Análise de Givoni

Os dados climáticos obtidos de 2005 a 2014 foram inseridos, manualmente, no *software* Analysis Bio, no qual os resultados dos valores médios mensais das variáveis são apresentados através de retas, como podemos ver na Figura 7.

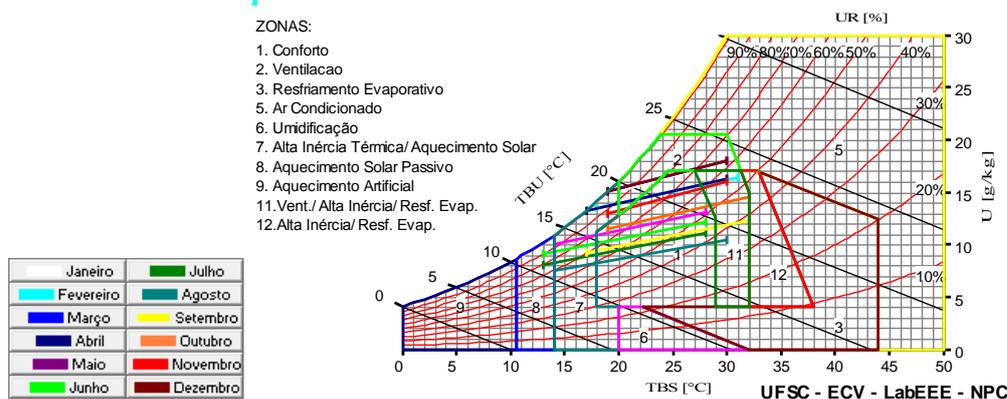


Figura 7: Carta Bioclimática de Givoni. Fonte: *Software* Analysis Bio 2.2 – elaborado pela autora (2015)

A partir desses dados, o software gera um relatório contendo as estratégias necessárias para obtenção de conforto térmico de mês a mês. A tabela 2 apresenta o total das estratégias recomendadas para Uberaba durante o ano todo. Observa-se que em 53,25% do ano, Uberaba apresenta condições de conforto térmico. Dentre os 46,75% de desconforto, 30,72% é devido ao calor e 16,03% devido ao frio.

Tabela 2: Estratégias Bioclimáticas para Uberaba de acordo com dados de 2005-2014. Fonte: Autora (2015)

		Estratégias Construtivas	Valores	% de sensação	Total
<b>Conforto</b>		--	--	--	53,25%
<b>Desconforto</b>	<b>Calor</b>	Ventilação	20,78%	30,72%	46,75%
		Ventilação/Alta Inércia/Resfriamento Evaporativo	9,94%		
	<b>Frio</b>	Aquecimento Solar Passivo/Alta Inércia Térmica	14,93%	16,03%	
		Aquecimento Solar Passivo	1,1%		

Pode-se notar na Tabela 2 que, para amenizar o calor, foi indicado promover a ventilação (20,78%), seguida da estratégia que envolve ventilação, alta inércia e resfriamento evaporativo (9,94%). Para amenizar o frio (16,03%), indica-se o aquecimento solar passivo e alta inércia térmica (14,93%) e, também, aquecimento solar passivo (1,1%) para enfim se obter condições de conforto. Ressalta-se que a inércia térmica configura como uma solução boa tanto para resolver problemas ligados ao calor, quanto ao frio.

## 5.2 Análise de Mahoney

As tabelas de Mahoney propõem uma série de recomendações básicas de projeto através de uma sequência de análises. Inicialmente analisam-se os dados climáticos mensais de temperatura, umidade e precipitação como mostra a Tabela 3. Posteriormente, outras análises são realizadas para que seja montado um diagnóstico do rigor climático, apresentando os limites de conforto térmico ideal para a cidade em estudo. As médias dos principais atributos do clima de Uberaba de 2005 a 2014, já foram apresentadas neste trabalho pela Tabela 1.

Tabela 3: Normais Climatológicas. Fonte: INMET – elaborado pela Autora (2015)

	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
<b>Temp. Med. Max (°C)</b>	30,5	31,5	31,0	30,5	28,5	28,0	28,5	31,0	32,0	32,5	30,5	30,0
<b>Temp. Med. Mín. (°C)</b>	21,0	19,0	19,5	18,0	14,5	13,5	13,0	14,5	17,0	19,0	19,5	20,0
<b>Amplitude Média (°C)</b>	9,5	12,5	11,5	12,5	14,0	14,5	15,5	16,5	15,0	13,5	11,0	10,0
<b>Umidade Relativa (%)</b>	76,6	73,3	76,2	72,1	68,8	67,3	60,4	50,2	53,6	60,9	71,4	76,3
<b>Pluviosidade (mm)</b>	327,1	202,1	251,9	120,5	47,5	19,4	12,0	11,0	46,25	138,4	206,3	563,2
<b>Temp. mais alta= 32,5</b>	<b>TMA (MAX+MIN)/2 = 22,75</b>											
<b>Temp. mais baixa= 13,0</b>	<b>AMA (MAX-MIN) = 19,5</b>											

Ao unirmos as informações dos principais atributos do clima de Uberaba dos últimos 10 anos, com os limites de conforto por grupo higrométrico, têm-se os diagnósticos diurnos e noturnos, como mostra a Tabela 4.

Tabela 4: Diagnóstico para Uberaba – MG. Fonte: Autora (2015)

	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
<b>Grupo de umidade</b>	4	4	4	4	3	3	3	3	3	3	4	4
<b>Limite Sup. Dia</b>	27	27	27	27	29	29	29	29	29	29	27	27
<b>Temp. Med. Max.</b>	30,5	31,5	31,0	30,5	28,5	28,0	28,5	31,0	32,0	32,5	30,5	30,0
<b>Limite Inf. Dia</b>	22	22	22	22	23	23	23	23	23	23	22	22
<b>Limite Sup. Noite</b>	21	21	21	21	23	23	23	23	23	23	21	21
<b>Temp. Med. Min.</b>	21,0	19,0	19,5	18,0	14,5	13,5	13,0	14,5	17,0	19,0	19,5	20,0
<b>Limite Inf. Noite</b>	17	17	17	17	17	17	17	17	17	17	17	17
<b>Diagn. Diurno</b>	Q	Q	Q	Q	C	C	C	Q	Q	Q	Q	Q
<b>Diagn. Noturno</b>	C	C	C	C	F	F	F	F	C	C	C	C

Tabela 5: Indicadores de Umidade e Aridez para o Brasil. Fonte: United Nations, 1971 apud SENA, 2004.

Indicador	Definição	Regra
H1	Movimento do ar essencial	Se RTdia = Quente e URM > 70%, então H1=1 <b>ou</b> Se RTdia = Quente e URM ≤ 70% E AT <10°C, então H1=1
H2	Movimento do ar desejável	Se Rtdia = Confortável e URM > 70%, então H2=1
H3	Proteção contra chuvas necessária	Se PL > 200mm, então H3=1
A1	Armazenamento térmico necessário	Se URM ≤ 70% e AT ≥ 10°C, então A1 = 1
A2	Local para dormir ao ar livre	Se RTnoite = Quente e URM ≤ 70%, então A2=1 <b>ou</b> Se RTdia = Quente, RTnoite = Confortável, URM ≤ 70% e AT ≥ 10°centão A2=1
A3	Proteção contra o frio	Se RTdia = Frio, então A3 = 1

Tabela 6: Indicadores de rigor Climático para Uberaba – MG. Fonte: Autora, 2015

Indicadores	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Σ
Úmido	H <sub>1</sub>	X	X	X	X						X	X	6
	H <sub>2</sub>												0
	H <sub>3</sub>	X	X	X							X	X	5
Árido	A <sub>1</sub>				X	X	X	X					4
	A <sub>2</sub>								X	X			2
	A <sub>3</sub>												0

Observando os indicadores de rigor climático da Tabela 6, percebe-se que de novembro a abril a ventilação é indispensável, uma vez que a umidade relativa é maior que 70% e o rigor térmico diurno é quente. A proteção contra chuvas também é necessária nesses meses, com exceção de abril, mês em que o índice de pluviosidade é inferior a 200mm.

Entre os meses de maio e agosto, o índice de aridez indica a necessidade de alta inércia térmica para armazenamento do calor, já que a umidade relativa é inferior a 70% e da amplitude térmica maior que 10°C. Setembro e outubro apresentam um rigor térmico diurno quente e no período noturno confortável. A umidade relativa é inferior a 70% e a amplitude térmica maior que 10°C, assim, é necessário prever espaço ao ar livre para dormir, que devem ficar expostos à parte mais fria do céu noturno (zênite) para permitir a perda de calor por irradiação para o exterior.

Para finalizar a análise, há as recomendações para o projeto, de acordo com os indicadores de umidade e aridez:

**A – Implantação:** Edifícios alongados, com fachadas maiores voltadas para norte-sul, para reduzir a exposição ao sol.

**B – Espaçamento entre os edifícios:** Deve-se aumentar a distância entre as edificações para melhorar a ventilação, mas com possibilidade de controlá-la para barrar ventos indesejáveis (quentes ou frios e que carreguem pó).

**C – Ventilação:** Para otimizar a ventilação cruzada é preferível que as habitações, ou seus aposentos, sejam dispostos em "filas simples" ao longo dos edifícios e os corredores de circulação sejam abertos para o

exterior.

**D – Tamanho das aberturas:** 25 a 40% das fachadas Norte e Sul e/ou Leste e Oeste quando o período frio for predominante.

**E – Posição das aberturas:** Nas fachadas norte e sul, permitindo ventilação ao nível dos corpos dos ocupantes.

**F – Proteção das aberturas:** Evitar a luz solar direta e proteger da chuva, permitindo a ventilação.

**G – Paredes e Pisos:** As paredes devem ser pesadas, com transmitância térmica não superior a 2,0 W/m<sup>2</sup> °C, atraso térmico de no mínimo 8 horas e no máximo 14 horas e Fator Solar menor ou igual a 4%.

**H – Coberturas:** As coberturas deverão ser leves, porém bem isoladas. Com a transmitância inferior ou igual a 0,85 W/m<sup>2</sup> °C, atraso térmico inferior ou igual a 3 horas e Fator solar inferior ou igual a 3%.

**I – Exterior da edificação:** É necessário prever espaço ao ar livre para dormir, devendo ficar expostos à parte mais fria do céu noturno (zênite) para permitir a perda de calor por irradiação para o exterior e ainda proteção contra as chuvas entre os meses de novembro a março.

## 6. RESULTADOS

A análise bioclimática de Uberaba foi realizada de acordo com os métodos da carta de Givoni e das tabelas de Mahoney baseando-se nas variações médias climáticas do período de 2005 a 2014. Como resultado, a análise de Givoni indica que há 46,75% de desconforto térmico no ano, sendo que 30,72% são em relação ao calor e 16,03% em relação ao frio. As estratégias indicadas para amenizar o desconforto são a ventilação, a alta inércia térmica e o resfriamento evaporativo para o calor e, para os períodos frios, indica-se o aquecimento solar passivo e a alta inércia térmica.

As tabelas de Mahoney também sugeriam recomendações de projeto. Em relação à implantação, o ideal é que os edifícios sejam alongados na orientação norte e sul. No entanto, o edifício onde se concentram as enfermarias de clínicas médicas e cirúrgicas está alongado no sentido leste e oeste em uma rotação de 17 graus ao norte. Dessa forma, há uma direta incidência do sol em suas fachadas, principalmente no início e final do dia. As análises também sugerem a ventilação cruzada como estratégia de conforto, desde que se tenha possibilidade de controlá-la e que seja ao nível dos corpos ocupantes, o que é possível no HC, já que suas janelas são basculantes e sua implantação está no sentido dos ventos predominante de Uberaba. Além disso, há uma indicação das aberturas ocuparem de 25% a 40% da área das fachadas, requisito que se cumpre já que se tem 31,20% de ocupação das janelas da fachada do 3º pavimento. No entanto, todas as janelas possuem tela mosquiteiro e, assim, reduz significativamente a ventilação nas enfermarias.

Os resultados dos cálculos das propriedades térmicas dos materiais também puderam ser comparados com as recomendações das tabelas de Mahoney. Verifica-se que o único requisito que atende aos valores estipulados por Mahoney é o fator solar da parede onde é pintada na cor branca, pois possui um valor de absorvância baixo ( $\alpha=0,2$ ). Todos os outros requisitos para os fechamentos verticais apresentaram resultados ora inferiores ora superiores aos dados recomendados para a cidade de Uberaba. Observa-se, como exemplo, o atraso térmico da parede que no HC está com 2,77 horas, o que pelas tabelas deveria ser de no mínimo 8 horas e no máximo 14 horas. Já na cobertura, o recomendado é que a transmitância térmica seja igual ou inferior a 0,85 W/m<sup>2</sup>.°K, no entanto, o resultado encontrado foi de 3,38 W/m<sup>2</sup>.°K. O Fator solar da cobertura também atingiu um valor muito superior ao indicado, devido ao concreto aparente, que possui absorvância de 0,75 (DORNELLES, 2008). Sendo assim encontrou-se um Fator Solar de 10,14%, sendo que por Mahoney, não deveria ultrapassar 3%.

## 7. CONCLUSÕES

Dentre diversos estudos para verificar o desempenho térmico de edifícios, a análise bioclimática da cidade onde o projeto está inserido é essencial para a compreensão das variáveis ambientais do local, assim como os limites e recomendações projetuais que auxilia na criação de espaços com conforto térmico ideal.

A adequação dos espaços físicos hospitalares às condições de conforto ambiental pode atuar positivamente no processo de recuperação dos pacientes e na melhor qualidade dos procedimentos e atendimentos executados por todos os funcionários.

De acordo com as análises realizadas pelos métodos de Givoni e Mahoney, as recomendações de projeto sugeriram a ventilação, a alta inércia térmica e o resfriamento evaporativo como diretrizes importantes para se obter conforto nas edificações em Uberaba-MG. No HC da UFTM, a sua implantação favorece a ventilação cruzada, já que está voltado para os ventos predominantes, mas pela utilização da tela mosquiteiro essa ventilação é comprometida. Além disso, há uma incidência direta do sol em suas fachadas leste/oeste e que contraria a indicação da implantação ideal de norte/sul. Como a vegetação não é um recurso

valorizado no HC piora ainda mais a sensação de desconforto térmico. Em relação às materialidades, o hospital não está adequado de acordo com as propriedades térmicas indicadas pelas diretrizes de Mahoney.

Dessa forma, percebe-se que a situação construtiva atual do Hospital de Clínicas da UFTM não está de acordo com a maioria das estratégias bioclimáticas ideais para o clima da cidade onde está inserido, Uberaba. Estas análises comprovaram as diversas críticas existentes sobre a má qualidade de seus espaços e das sensações de desconforto térmico que prejudicam pacientes e funcionários.

Por isso, é imprescindível que se considerem os estudos bioclimáticos no processo de concepção projetual. Ao adequar a edificação a realidade climática do local onde será implantada, há a redução de muitos problemas em relação ao desempenho térmico do edifício, aos gastos excessivos com energia e às percepções de desconforto dos usuários que, em ambientes hospitalares, podem se intensificar devido às condições físico-psicológicas dos pacientes, das equipes médicas e dos funcionários.

Pelo fato do HC-UFTM ser um hospital público, entende-se que seria um processo complexo e até mesmo inviável causar grandes alterações em seus espaços e fluxos internos para solucionar todos os problemas citados em relação ao seu conforto. No entanto, a utilização de isolantes térmicos poderia ser uma forma de reduzir o ganho excessivo de calor para o interior do hospital. A indicação da estratégia de resfriamento evaporativo seria uma oportunidade para aproveitar os diversos espaços vazios pavimentados que o HC possui fora e dentro de seu complexo hospitalar e criar novos usos e espaços de convivências com elementos naturais, como a água e a vegetação.

Portanto, há possibilidades para amenizar o desconforto térmico sentido nas enfermarias analisadas. Pequenas intervenções como as citadas podem diminuir essas sensações e contribuir com o processo de cura dos pacientes e, ainda, melhorar a qualidade dos serviços realizados por toda a equipe de funcionários do HC-UFTM.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BITTENCOURT, L. **Ventilation as a cooling resource for warm humid climates: An investigation on perforated block wall geometry to improve ventilation inside low-rise buildings**. Tese (Doutorado em Environment and Energy Studies). Architectural Association Graduate School, Londres, 1993.
- COMIRAN, S. **Conforto e desempenho térmico em hospitais: estudo de caso na área de internação do Hospital Universitário de Santa Maria/RS**. 2014. 154p.
- DORNELLES, K. A. **Absortância solar de superfícies opacas: métodos de determinação e base de dados para tintas látex acrílica e PVA**. 2008. 160p. Tese (Doutorado) - Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2008.
- FROTA, A. B.; SCHIFFER, S. R. **Manual de Conforto Térmico**. 5. Ed. São Paulo: Studio Nobel, 2001. 243p.
- KOWALTOWSKI, D. **Arquitetura Escolar – O Projeto do Ambiente de Ensino**. Oficina de Textos, 2011.
- PREFEITURA MUNICIPAL DE UBERABA. **Localização da Cidade de Uberaba**. Disponível em: <<http://www.uberaba.mg.gov.br/portal/conteudo,709>>. Acesso em 20 de junho 2014.
- PREFEITURA MUNICIPAL DE UBERABA. **RELATÓRIO DE IMPACTO AMBIENTAL – RIMA: Estação de Tratamento de Esgoto (ETE) Rio Uberaba**. Vol. II. 2006. Uberaba . 2006
- PROPRIEDADES TÉRMICAS DOS MATERIAIS. **Programa para cálculo da resistência térmica, da transmitância térmica, da capacidade térmica e do atraso térmico de elementos e componente de alvenarias**. Disponível em: <http://www.fec.unicamp.br/~damore/conforto27.swf>). Acesso em 06 jun. 2015.
- SANTOS, M.; BURSZTYN, I. (2004). **Saúde e arquitetura, Caminhos para a Humanização dos Ambientes Hospitalares**. Rio de Janeiro: Senac Rio.
- UNIVERSIDADE FEDERAL DO TRIÂNGULO MINEIRO. **Histórico do Hospital de Clínicas da UFTM**. Disponível em: <<<http://www.uftm.edu.br/historico>>>. Acesso em 16 dez. 2016.
- VALLE JUNIOR, R. F. do. **Diagnóstico de áreas de risco de erosão e conflito de uso dos solos na bacia do rio Uberaba**. 2008. 222 f. Tese (Doutorado em Agronomia) – Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Jaboticabal, 2008.