



**ENTAC2006**

**A CONSTRUÇÃO DO FUTURO** XI Encontro Nacional de Tecnologia no Ambiente Construído | 23 a 25 de agosto | Florianópolis/SC

## **OS ARRANJOS CONSTRUTIVOS URBANOS E SUA INFLUÊNCIA NO CONFORTO TÉRMICO DE ESPAÇOS INTERNOS E EXTERNOS: ESTUDO DE CASO EM CONJUNTOS HABITACIONAIS VERTICAIS EM MACEIÓ**

**Simone Carnaúba Torres (1); Gianna Melo Barbirato (2); Thalianne de Andrade Leal (3); Christhina Candido(4)**

(1) (4) Mestranda em Dinâmicas do Espaço Habitado, Departamento de Arquitetura e Urbanismo, Universidade Federal de Alagoas, Brasil – e-mail: 1- [stc@ctec.ufal.br](mailto:stc@ctec.ufal.br) , 4- [christhina@ctec.ufal.br](mailto:christhina@ctec.ufal.br)

(2) Professora do Programa de Pós-graduação Dinâmicas do Espaço Habitado, Departamento de Arquitetura e Urbanismo, Universidade Federal de Alagoas, Brasil – e-mail: [gmb@ctec.ufal.br](mailto:gmb@ctec.ufal.br)

(3) Curso de Arquitetura e Urbanismo, Universidade Federal de Alagoas Brasil – e-mail: [thaly@ctec.ufal.br](mailto:thaly@ctec.ufal.br), 4- [fernando@ctec.ufal.br](mailto:fernando@ctec.ufal.br)

### **RESUMO**

**Proposta:** Nos programas habitacionais destinados à população de baixa renda, a padronização de soluções e a desconsideração das peculiaridades climáticas locais têm resultado em construções que não atendem às necessidades de conforto térmico de seus usuários. O objetivo deste artigo foi avaliar a qualidade térmica de edificações verticais a partir da análise de diferentes configurações construtivas e princípios de desenho urbano existentes em conjuntos habitacionais verticais destinados à população de baixa renda em Maceió – AL. **Método de pesquisa/Abordagens:** Foi realizada a análise comparativa, qualitativa e quantitativa, de três arranjos urbanos de conjuntos habitacionais. A avaliação qualitativa foi baseada nas observações dos atributos bioclimatizantes da forma urbana e a quantitativa a partir da coleta de dados das variáveis ambientais, temperatura e umidade relativa do ar, nos ambientes internos das unidades residenciais e nos espaços externos imediatos, através das medições móveis microclimáticas e simulação de modelos através de um programa computacional de dinâmica dos fluídos (CFD). **Resultados:** Identificaram-se valores de temperatura e umidade relativa do ar que correspondem a até 95,7% de horas de desconforto térmico em ambientes internos. Os resultados simulados comprovaram que, dentre os fatores que mais afetaram as condições térmicas estudadas foram: má localização das aberturas em relação ao aproveitamento da ventilação natural, má distribuição e orientação das edificações nos arranjos construtivos urbanos avaliados e pouca porosidade dos edifícios. **Contribuições/Originalidade:** Espera-se que as informações apresentadas na respectiva análise possam auxiliar o planejamento de futuros conjuntos verticais em cidades de clima quente e úmido, como Maceió-AL.

Palavras-chave: forma urbana, conforto térmico e clima urbano.

### **ABSTRACT**

**Proposal:** In the low cost housing programs, the standardization and climatic inadequacy of design solutions have resulted in thermal uncomfortable conditions. The objective of this article was to evaluate the thermal quality of different urban design arrangements of vertical blocks dwellings destined to the low income population in the region of Maceió - AL. **Methods:** The comparative, qualitative and quantitative analysis was carried through three different blocks disposed at different urban arrangement. The qualitative evaluation was based on bioclimatic attributes of the urban form and the quantitative one was based on indoor climatic monitoring, outdoor microclimatic measurements and further models simulation using CFD software. **Findings:** Observed air temperature and air relative humidity values correspond up to 95,7% of indoor thermal discomfort hours. The results of models simulations have shown that, amongst the factors that had more affected the studied thermal conditions had been: bad localization of the openings in relation to the local prevailing winds, bad distribution and orientation of the blocks in the evaluated urban constructive arrangements and little air porosity of the buildings. **Originality/values:** It is expected that these information could help future low-cost buildings projects in hot-humidity climate cities as Maceió-AL.

Keywords: urban arrangement, thermal comfort, urban climate

## **1 INTRODUÇÃO**

No Brasil, observa-se a existência de órgãos nacionais que, através de filiais em toda a federação procuram diminuir o déficit habitacional, seja através de sistema de crédito ou da construção de habitações populares. A centralização das decisões, entretanto, acarretou em muitos casos, na padronização das soluções, em que são aplicados, indiscriminadamente, alguns sistemas construtivos em diferentes regiões do país (KRUGER, 2003). Desta maneira, tem sido clara a pouca relevância às especificidades climáticas, durante a etapa de projeto e a utilização de procedimentos construtivos com base em critérios apenas econômicos, não atendendo aos padrões ambientais determinados pela diversidade climática de onde são implantados os edifícios.

A necessidade de obtenção de conforto ambiental decorrente da inadequação dos edifícios e, muitas vezes, do desconforto gerado por uma organização espacial urbana também não compatível com o meio, tem desencadeado um aumento do consumo de energia elétrica, através da utilização de meios artificiais de climatização. Desta forma, a arquitetura apresenta-se, como responsável pelo uso racional de energia das edificações, com a adaptação climática do edifício e do arranjo urbano.

Os estudos recentes relacionados à investigação dos fenômenos climáticos urbanos a partir da avaliação da influência da configuração e geometria urbana na modificação do comportamento das variáveis climáticas, têm evidenciado a importância de se relacionar a forma urbana com a qualidade térmica interna das edificações (SANTAMOURIS et al 2001; SOUZA, LEME, PEDROTTI 2005). Assim, deve-se priorizar a concepção de espaços habitados com a utilização de recursos naturais de climatização. Esta postura é imposta hoje pelas necessidades econômicas que apóiam a conservação de energia nas edificações, e a relevância do tema face ao seu potencial de impacto tecnológico, social e ambiental (MASCARÓ, J; MASCARÓ, L. 2001 ).

O projeto de edifícios, portanto, pode ser tratado de diversas maneiras como parte da estratégia de climatização urbana: no tratamento da interface entre espaço público e privado no nível da rua, bem como no projeto do edifício como um todo, incluindo a volumetria, a orientação, o projeto de fachadas ou a criação de espaços de transição interior/exterior ao longo das mesmas (BUSTOS ROMERO, 2001). Por isso é necessária a ampliação dos estudos que forneçam subsídios para um controle de ocupação do espaço urbano, fixando parâmetros físicos para um ambiente urbano mais compatível com a qualidade de vida humana.

A cidade de Maceió, de clima quente e úmido, tem por princípios construtivos o resfriamento dos espaços através da ventilação natural (ventos predominantes de sudeste e nordeste), do sombreamento e a proteção solar. Em relação a sua estrutura urbana, nos últimos anos foi identificado um aumento na produção de unidades habitacionais verticais compostas por conjuntos destinados à população de baixa renda. A maioria destes conjuntos foram implementados pelo Programa de Arrendamento Residencial –PAR devido ao rápido crescimento da cidade nos últimos anos, gerando a necessidade de adensamentos para a instalação de um maior número de famílias em uma menor unidade de área. Desta forma, o objetivo do presente artigo é avaliar a influência de arranjos construtivos urbanos na qualidade térmica de edificações, estudando os atributos de desenho urbano e configurações diferenciadas em conjuntos habitacionais verticais pertencentes a este programa habitacional, a fim de identificar os níveis de conforto térmico proporcionado aos seus usuários.

## **2 METODOLOGIA**

Para atingir os objetivos propostos, realizou-se uma análise comparativa de conjuntos habitacionais verticais caracterizados pela configuração diferenciada de arranjos construtivos urbanos. A partir do mapeamento de todos os empreendimentos verticais Programa PAR, foram selecionados três arranjos construtivos urbanos de conjuntos habitacionais para a análise da influência da configuração dos mesmos na qualidade térmica interna das edificações.

Para a avaliação qualitativa dos arranjos construtivos urbanos realizou-se o levantamento e a caracterização dos componentes espaciais de cada conjunto habitacional selecionado: entorno, base e superfície fronteira, segundo metodologia proposta em Bustos Romero (2001). Essa avaliação inclui, também, a caracterização dos aspectos da forma urbana como porosidade, densidade, permeabilidade do solo, propriedades termodinâmicas dos materiais constituintes, rugosidade e orientação das edificações, área de implantação, conformação espacial, vegetação existente. Já a avaliação térmica quantitativa fundamentou-se em quatro etapas:

- a) **Monitoramento das variáveis ambientais** correspondente às medições da temperatura do ar e umidade relativa nos dormitórios selecionados dos edifícios pertencentes aos arranjos construtivos estudados. Os equipamentos utilizados para o monitoramento foram os sensores eletrônicos HOBO - *Data Loggers* que são armazenadores de temperatura de (bulbo seco) e umidade relativa do ar. Estes equipamentos também permitem o registro das variáveis no nível externo, por isso em cada conjunto habitacional selecionado foi adicionado um sensor em dormitórios situados no último pavimento para o registro das variáveis ambientais no meio externo. Em cada arranjo construtivo foram selecionados apartamentos distribuídos no térreo e no último pavimento apenas. O período de monitoramento correspondeu a uma série de 14 dias no período de 14 a 28 de janeiro de 2006 (os apartamentos selecionados podem ser observados nas fichas bioclimáticas que serão apresentadas nos resultados)
- b) **Medições microclimáticas** para a coleta de dados microclimáticos de temperatura e umidade relativa do ar, nos espaços externos imediatos aos arranjos construtivos urbanos selecionados, para a verificação da influência dos microclimas na qualidade térmica das unidades habitacionais. Foram utilizados termo-higro-anemômetros digitais. As medições foram realizadas nos horários de 9:00h, 15:00h e 21:00h, no mesmo período do monitoramento das variáveis internas (os pontos de medição microclimática de cada conjunto selecionado também são apresentados nos resultados das fichas bioclimáticas).
- c) **Simulação computacional** correspondente às simulações teóricas através do software PHOENICS 3.5 para auxiliar a avaliação da qualidade térmica resultante das edificações, a partir da estimativa de distribuição e aproveitamento dos ventos predominantes locais entre as edificações dos conjuntos habitacionais selecionados.
- d) **Estimativa o nível de conforto térmico das unidades habitacionais avaliadas.** Esta etapa foi realizada utilizando-se os dados do monitoramento interno das variáveis ambientais (temperatura e umidade relativa do ar) os quais foram plotados na carta psicrométrica de Givoni (1992), através do programa ANALYSIS BIO. Desta forma, foi possível identificar se os dados horários do levantamento térmico enquadravam-se na zona de conforto, ou se seria necessária a implantação de algumas estratégias bioclimáticas para minimização de possível desconforto térmico. Os resultados são apresentados a partir do índice de horas de conforto e desconforto térmico.

### 3 RESULTADOS E DISCUSSÕES

#### 3.1 Análise Qualitativa

Os principais aspectos abordados na avaliação qualitativa dos arranjos construtivos selecionados são apresentados a seguir através das fichas bioclimáticas a partir da caracterização dos atributos da forma urbana.

# FICHA BIOCLIMÁTICA: CONJUNTO RESIDENCIAL GALÁPAGOS

<p><b>ENTORNO</b></p>	<p><b>Sol:</b> o arranjo construtivo é composto por 10 edifícios, sendo a configuração caracterizada pela existência de espaços externos definidos por pátios. Estes espaços permanecem sombreados na maior parte de sua extensão ao longo do dia. Já as edificações localizadas a sudoeste permanecem expostas ao sol durante a tarde.</p> <p><b>Orientação /Condução dos ventos:</b> Os edifícios estão totalmente alinhados em relação aos ventos predominantes (nordeste e sudeste). O aproveitamento da ventilação natural no interior das unidades residenciais se torna comprometido devido à formação de extensas barreiras em relação aos ventos. Os ventos de sudeste (frequentes na maior parte do ano) atingem as edificações paralelamente às aberturas dos apartamentos.</p> <p><b>Atividades desenvolvidas nas proximidades:</b> o conjunto habitacional está localizado em bairro predominantemente residencial, à margem de uma das principais avenidas da cidade, onde estão localizados alguns estabelecimentos de comércio e serviço.</p>	<p><b>Residencial Galápagos</b></p>  <p><b>Sensação de cor:</b> cores frias e escuras dominam o conjunto. <b>Radiação:</b> radiação difusa e direta é intensa, devido a ausência de elementos de proteção solar</p> <p><b>Continuidade de massa:</b> conjunto urbano coeso e uniforme na altura. As edificações apresentam quatro pavimentos. <b>Materiais e revestimentos externos:</b> apresentam baixa reflexividade e alta emissividade.</p>
<p><b>A BASE</b></p>	<p><b>Área da base:</b> 5423,4m²</p> <p><b>Pavimentação:</b> os pátios possuem passeios para pedestres de concreto e o acesso aos estacionamentos é pavimentado com paralelepípedo. As demais áreas são caracterizadas pela presença de solo argilo-arenoso</p> <p><b>Vegetação:</b> não há presença de vegetação arbórea nos espaços externos. Nos pátios, na área permeável, encontra-se o plantio de gramineas.</p> <p><b>Água:</b> não há presença de fontes</p> <p><b>Permeabilidade do solo:</b> apresenta 20% de área caracterizada por solo permeável</p> <p><b>Mobiliário Urbano:</b> presença de playground nas áreas delimitadas pelos pátios. Coretos na área central de cada pátio.</p>	<p><b>PLANTA DE IMPLEMENTAÇÃO (sem escala)</b></p> 
<p><b>A FRONTEIRA</b></p>	<p><b>Tipologia do arranjo construtivo:</b> configuração urbana caracterizada pela formação de pátios, onde as edificações existentes estão voltadas para espaço aberto comum aos moradores do conjunto habitacional.</p> <p><b>Tipologia Arquitetônica:</b> edificações populares, edifícios desprovidos de varanda e elementos de proteção solar.</p> <p><b>Rugosidade:</b> edifícios apresentam mesma altura (aproximadamente 14 metros)</p> <p><b>Altitude:</b> 85 metros em relação ao nível do mar.</p> <p><b>Porosidade:</b> porosidade baixa (aproximadamente 10%). As aberturas dos apartamentos possuem dimensões mínimas</p>	<p><b>ESQUEMA DE SOMBREAMENTO</b></p> 

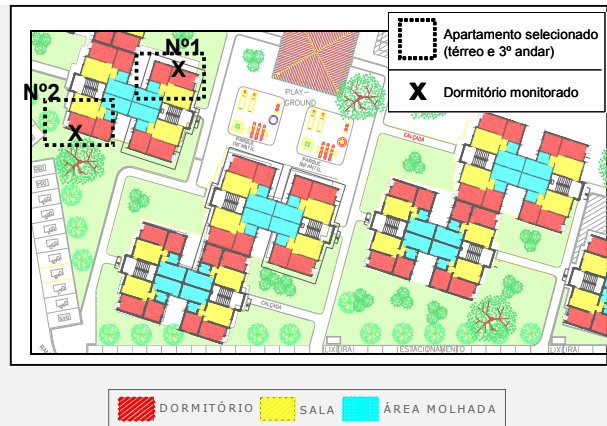
## FICHA BIOCLIMÁTICA: RESIDENCIAL MATA ATLÂNTICA

### ENTORNO

**Sol:** o entorno imediato é marcado por construções predominantemente térreas. A composição do arranjo construtivo é determinada pela malha urbana xadrez, não apresentando barreiras significativas contra a passagem do sol.

**Orientação /Condução dos ventos:** a configuração espacial das edificações que compõem o entorno é favorável à penetração dos ventos predominantes de nordeste e sudeste, pois os ventos predominantes atingem as edificações obliquamente, sendo a distribuição otimizada pela configuração do conjunto em malha xadrez.

**Atividades desenvolvidas nas proximidades:** o conjunto habitacional está localizado em à margem de uma das principais avenidas cidade. Dentre as atividades desenvolvidas pode-se apontar a existência de estabelecimentos de comércio e serviços, porém a avenida ainda é fortemente marcada pela existência de terrenos vazios.



Residencial Mata Atlântica

**Sensação de cor:** claras dominam o conjunto. **Radiação:** radiação difusa é intensa, devido a presença de vegetação. **Continuidade de massa:** conjunto urbano coeso e uniforme na altura. As edificações apresentam quatro pavimentos. **Materiais e revestimentos externos:** apresentam refletividade média

### A BASE

**Área da base:** 16679,53m<sup>2</sup>

**Pavimentação:** o conjunto é marcado pela presença de áreas gramadas na maior parte dos espaços que contornam as edificações. Os caminhos de acesso aos prédios são de concreto e possuem 1,2m de largura. O acesso principal ao conjunto é pavimentado com paralelepípedo, assim como os estacionamentos

**Vegetação:** além de gramineas, constata-se a presença elementos arbóreos de pequeno porte (plantados recentemente). Além disso, a reserva de mata atlântica localizada nos limites nordeste e sudeste do conjunto residencial é um fator positivo para o resfriamento dos ventos predominantes antes de alcançarem as edificações que o compõe.

**Água:** não há presença de fontes e nem de corpos d'água

**Permeabilidade:** apresenta 45% de área caracterizada por solo permeável

**Mobiliário Urbano:** presença de playground e equipamentos de lazer (salão de festas).

### PLANTA DE IMPLEMENTAÇÃO (sem escala)



### A FRONTEIRA

**Tipologia do arranjo construtivo:** configuração caracterizada pela malha urbana do tipo tabuleiro de xadrez, onde as edificações estão dispostas de forma escalonada

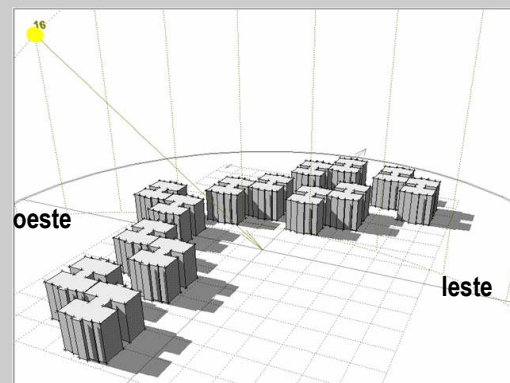
**Tipologia Arquitetônica:** edificações populares, edifícios desprovidos de varanda, apresentando coberta em telha canal dividida em duas águas

**Rugosidade:** edifícios apresentam mesma altura (aproximadamente 14 metros)

**Altitude:** 85 metros em relação ao nível do mar.

**Porosidade:** Aproximadamente 18%. As aberturas dos apartamentos possuem dimensões mínimas

### ESQUEMA DE SOMBREAMENTO





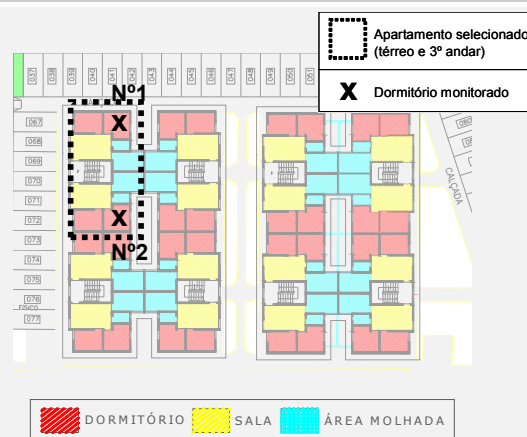
## FICHA BIOCLIMÁTICA: RESIDENCIAL JOSÉ BERNARDES

### ENTORNO

**Sol:** o entorno próximo ao arranjo construtivo não apresenta barreiras em relação à incidência da radiação solar direta. Algumas edificações apresentam espaçamento reduzido dificultando a passagem do sol nas fachadas norte e sul.

**Orientação /Condução dos ventos:** a configuração espacial das edificações que compõem o entorno estão dispostas em malha ortogonal, onde os ventos predominantes atingem as edificações obliquamente. O entorno é formado por edificações térreas não apresentando barreiras contra estes ventos

**Atividades desenvolvidas nas proximidades:** o conjunto habitacional está localizado em bairro á margem de uma das principais avenidas da cidade, onde estão localizados alguns estabelecimentos de comércio e serviço. As construções ao redor são bastante espaças e predominantemente térreas. Existem ainda alguns grandes terrenos nos limites da direção sudeste caracterizados pela preservação de mata atlântica



**Sensação de cor:** cores quentes e claras dominam o conjunto, **Radiação:** radiação difusa e direta é intensa, devido a ausência de elementos para a proteção solar **Continuidade de massa:** conjunto urbano coeso e uniforme na altura. As edificações apresentam quatro pavimentos **Materiais e revestimentos externos:** apresentam reflexividade média

Residencial José Bernardes

### A BASE

**Área da base:** 9285,88 m<sup>2</sup>

**Pavimentação:** apesar da presença de solo permeável nas proximidades das edificações, não há tratamento através da utilização de gramineas.

**Vegetação:** não há presença de vegetação arbórea nos espaços externos do arranjo construtivo.

**Água:** não há presença de fontes nem corpos d'água

**Permeabilidade:** apresenta 25% de área caracterizada por solo permeável

**Mobiliário Urbano:** presença de playground e equipamento de lazer (salão de festas)

### PLANTA DE IMPLEMENTAÇÃO (sem escala)



### A FRONTEIRA

**Tipologia do arranjo construtivo:** configuração urbana caracterizada pela malha ortogonal normal, onde as edificações estão dispostas sequencialmente no mesmo alinhamento.

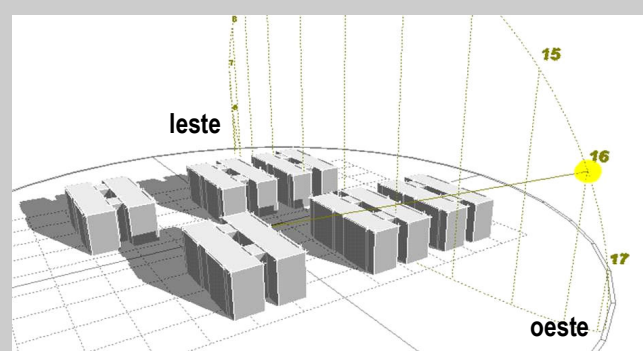
**Tipologia Arquitetônica:** edificações populares, edifícios desprovidos de varanda e elementos de proteção solar.

**Rugosidade:** edifícios apresentam mesma altura (aproximadamente 14 metros)

**Altitude:** 85 metros em relação ao nível do mar.

**Porosidade:** Aproximadamente 20%. As aberturas dos apartamentos possuem dimensões mínimas

### ESQUEMA DE SOMBREAMENTO



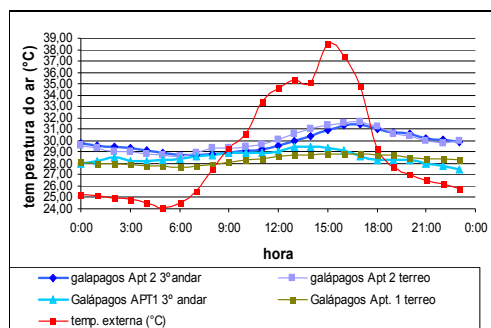
## 3.2 Análise Térmica Quantitativa

### 3.2.1 Monitoramento interno das variáveis climáticas

Os arranjos construtivos avaliados estão localizados em bairros vizinhos e de mesma altitude, em área da periferia da cidade de Maceió. Apesar disso, os resultados da coleta dos dados climáticos apontam diferenças significativas na qualidade térmica interna e externa dos conjuntos habitacionais verticais estudados. Através da análise do monitoramento interno dos dados ambientais coletados nos dormitórios dos apartamentos selecionados, pôde-se identificar que o Residencial Galápagos apresentou os maiores valores de temperatura do ar nos dormitórios monitorados. As diferenças são acentuadas principalmente do período vespertino (gráfico 1).

Às 17:00h, por exemplo, os dormitórios situados a sotavento (nº1 – ver ficha bioclimática) e com aberturas localizadas na fachada sudoeste que recebe intensa insolação neste horário, registraram uma diferença de temperatura superior em até 2,8°C em relação aos valores médios de temperatura neste horário dos demais apartamentos situados a barlavento (nº2 – ver ficha bioclimática), com aberturas localizadas na fachada nordeste (caracterizada pelo sombreamento vespertino no solstício de verão). Neste mesmo horário a temperatura média externa alcança seu pico, diferentemente do que acontece nos demais arranjos construtivos, Residencial Mata Atlântica e José Bernardes, onde a temperatura média externa atinge valores superiores entre 12:00h e 14:00h, decrescendo ao longo da tarde (gráfico 2).

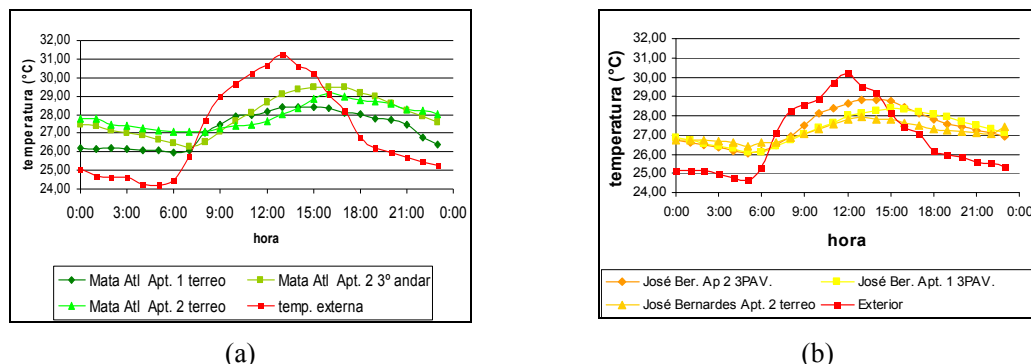
O entorno imediato do Residencial Galápagos diferencia-se dos demais arranjos pela presença de uma avenida de intenso fluxo de veículos de médio e grande porte. No fim da tarde o movimento e o calor antropogênico gerado é maior devido aumento do trânsito de veículos e devido à presença do alto índice de superfícies impermeabilizadas como asfalto, concreto e paralelepípedo, materiais de alta capacidade térmica. Este fato é um indicativo de que além da configuração do arranjo construtivo, o entorno imediato também possui influência na qualidade térmica interna das construções urbanas.



**Gráfico 1: Perfil térmico das unidades habitacionais do Residencial Galápagos – valores médios horários de temperatura do ar e fachada sudoeste do arranjo construtivo.**

Os conjuntos residenciais Mata Atlântica e José Bernardes, apesar de estarem localizados também às margens de uma das principais avenidas da cidade, diferenciam-se do Residencial Galápagos pela presença de terrenos marcados por áreas verdes e reservas de mata atlântica. Nestes dois arranjos construtivos a massa de arborização das áreas verdes próximas está situada no limite da direção leste, ou seja, proporcionam o resfriamento dos ventos predominantes locais (sudeste e nordeste) antes mesmo que esses alcancem os edifícios. Neste aspecto, pôde-se observar que a qualidade climática do meio externo destes conjuntos é caracterizada por uma menor amplitude térmica diária, em relação ao Residencial Galápagos (gráfico 2). O valor médio de amplitude térmica no meio externo identificado no Residencial José Bernardes correspondeu a 5,4°C, no Residencial Mata Atlântica, o valor registrado foi de 7,0°C, já no Residencial Galápagos o valor corresponde a 14,4°C (diferença entre 38,5°C valor médio da temperatura máxima, registrada às 15:00h e 24,1°C valor médio de temperatura

mínima registrada às 04:00h).



**Gráfico 2 : Perfis térmicos das unidades habitacionais monitoradas: (a) Residencial Mata Atlântica, (b) Residencial José Bernardes; valores médios horários de temperatura do ar**

Pode-se verificar, portanto, que o entorno imediato também pode influenciar positivamente no comportamento climático do meio externo e favorecer consequentemente a qualidade térmica interna das edificações que o compõe, através da amenização das variações térmicas. No caso do Residencial José Bernardes a diferença máxima entre os valores de temperatura do ar registrados entre os apartamentos localizados à barlavento e os situados à sotavento foi de apenas 0,6°C; e no Residencial Mata Atlântica esta diferença correspondeu a 1,1°C.

### 3.2.2 Resultados do monitoramento microclimático

Os dados coletados através do monitoramento microclimático para a identificação do comportamento térmico dos espaços urbanos no nível do usuário apontam que o tratamento das superfícies que compõem os arranjos construtivos urbanos possui influência significativa na qualidade térmica destes dos mesmos. A exemplo disso, destacam-se os valores de temperatura do ar registrados no Residencial Mata Atlântica que se apresentam inferiores aos demais conjuntos habitacionais, devido a maior proximidade de uma área verde, à presença de espécies arbóreas e gramíneas que incrementam os valores de umidade relativa do ar proporcionando uma amenização térmica principalmente no período diurno (tabela 1). Este fato pode favorecer a criação de espaços de permanência e recreação no interior dos arranjos construtivos urbanos capazes proporcionar um melhor convívio social a partir da concepção de espaços que atendem às necessidades de conforto térmico de seus usuários.

O Residencial José Bernardes apresentou os maiores valores de temperatura em nível microclimático, devido à ausência de elementos de amenização térmica como arborização urbana, como também devido ao alto índice de impermeabilização do solo e que contribui para o armazenamento de calor.

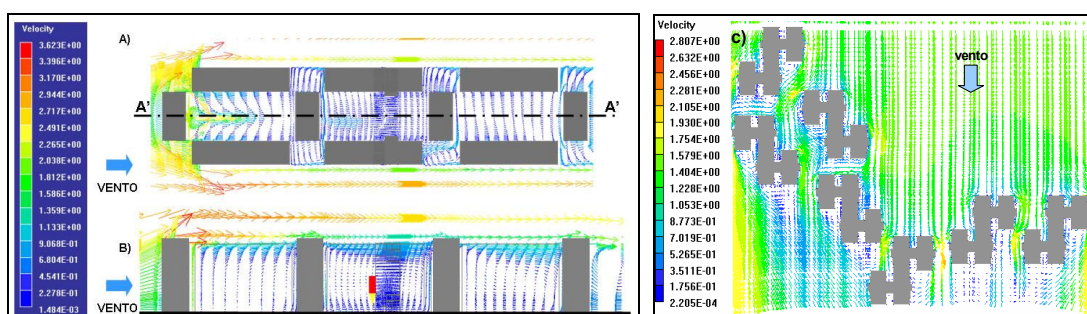
**Tabela 1: Resultado das medições microclimáticas – valores médios de temperatura e umidade relativa do ar registrados nos arranjos construtivos estudados.**

temperatura do ar (°C)			
Conj. Residencial	09:00	15:00	21:00
GALÁPAGOS	29,6	29,0	26,4
MATA ATLÂNTICA.	29,7	28,5	25,5
JOSE BERNARDES	30,1	29,3	26,0
Umidade Relativa (%)			
Conj. Residencial	09:00	15:00	21:00
GALÁPAGOS	64,4	69,8	77,5
MATA ATLÂNTICA.	66,5	70,9	76,3
JOSE BERNARDES	67,7	70,2	77,5



### 3.2.3 Resultados da simulação computacional da ventilação natural

A ventilação natural é uma das principais estratégias bioclimáticas para a obtenção do conforto térmico em espaços internos e externos de cidades de clima quente e úmido como Maceió. Por isso, a avaliação do aproveitamento dos ventos predominantes locais nos arranjos construtivos urbanos estudados permitiu uma melhor compreensão dos aspectos climáticos inter-relacionados com a qualidade térmica das edificações. Abaixo seguem dois exemplos dos resultados encontrados a partir da simulação computacional no programa PHOENICS 3.5. Estes resultados são apresentados através da distribuição de vetores a partir da direção dos ventos predominantes locais, sendo a velocidade do vento determinada por uma variação de cores. As cores quentes correspondem aos maiores valores de velocidade do vento no arranjo construtivo. À medida que há uma redução da velocidade do vento esta se torna representada pelas cores frias. Para a realização da simulação foi considerada a existência do gradiente de vento de acordo com a interferência do entorno.



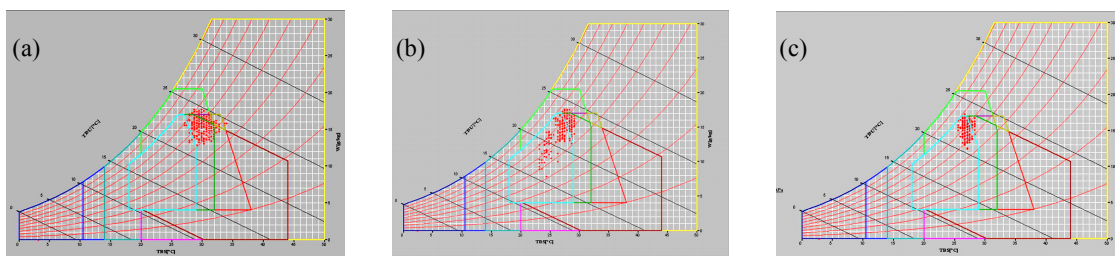
**Figura 1: Resultados da simulação da distribuição dos ventos nos arranjos construtivos estudados.** A) Resultado em planta da incidência dos ventos predominantes de sudeste no residencial Galápagos, B) Resultado em corte no residencial Galápagos, C) Resultado em planta para incidência de vento proveniente do quadrante leste no Res. Mata Atlântica (resultados correspondentes à altura de 4,5m em relação ao solo)

Ao analisar o comportamento do vento no interior dos pátios do Residencial Galápagos (figura 1-A), constata-se o bloqueio exercido pelos edifícios localizados a barlavento. Nessa configuração, embora o afastamento adotado no sentido sudeste-noroeste, seja maior que no sentido nordeste-sudoeste, não foi suficiente para permitir a penetração dos ventos no interior dos pátios, propiciando uma grande área de recirculação de vento (figura 1-B). A implantação adotada não favorece a permeabilidade dos ventos pelo arranjo e pelo gabarito dos edifícios. Para a incidência dos ventos de sudeste, as aberturas das unidades permanecem paralelas ao fluxo do vento, não permitindo o seu direcionamento para o interior dos ambientes. Considerando-se que a velocidade do vento externo adotada foi de 3,00m/s, a velocidade do vento obtida no interior dos pátios foi inferior a 10% desta (apenas 0,28 m/s).

No caso do Residencial Mata Atlântica é possível identificar que a distribuição dos ventos predominantes apresenta uma menor área de recirculação de vento, pois, ao soprar paralelamente à malha urbana escalonada, o volume de obstáculos torna-se reduzido. Esta é uma característica positiva do arranjo adotado, pois permite que a ventilação natural no interior das edificações seja melhor aproveitada. Nas zonas a sotavento a redução da velocidade do vento foi menor em relação ao arranjo urbano do Residencial Galápagos, sendo de apenas de 35%.

### 3.2.4 Estimativa do Grau de Conforto Térmico

Conforme os resultados da análise do monitoramento térmico interno, a avaliação dos níveis de conforto através da ferramenta computacional Analysis Bio, aponta que o índice de horas de desconforto térmico nos dormitórios do Residencial Galápagos atingiram até 97,5%, sendo apenas 2,5% as horas de conforto. Nos dormitórios do residencial José Bernardes o índice de horas de conforto alcançaram até 75,8% e no Residencial Mata Atlântica até 54,2% (gráficos 4, 5 e 6).



**Gráficos 3 : Resultados apontados pelo programa Analysis BIO sobre a estratégias bioclimáticas:** (a) Residencial Galápagos (apt 2 térreo), (b) José Bernardes (apt. 2 térreo) , (c) Mata Atlântica (ap1 térreo), respectivamente (a zona de conforto corresponde aos limites demarcados pela linha azul claro).

#### 4 CONCLUSÕES

A análise quantitativa aponta indícios da influência do entorno na definição da qualidade térmica interna das unidades habitacionais estudadas. Pode-se observar, porém, que outros aspectos abordados na avaliação qualitativa, como a porosidade, densidade construtiva, tipologia do arranjo construtivo, orientação e localização das aberturas em relação ao aproveitamento da ventilação natural e permeabilidade do solo podem também interferir consideravelmente nas condições de conforto térmico tanto nos espaços internos, como nos espaços externos, como foi verificado nas medições microclimáticas.

Correlacionando os aspectos considerados na presente avaliação, pode-se afirmar a necessidade de adequação climática dos arranjos construtivos urbanos, como detectado no Residencial Galápagos, principalmente, em relação ao aproveitamento da ventilação natural e do sombreamento das fachadas. Estas estratégias em cidades de clima quente e úmido devem ser determinadas a partir de um projeto adequado da configuração e do tipo de implantação do arranjo construtivo urbano em interface com o projeto dos edifícios.

#### 5 REFERÊNCIAS

BUSTOS ROMERO, M.A. **Arquitetura Bioclimática do Espaço Público**. Brasília-DF, Editora Universidade de Brasília. 2001. 226 p.

KRÜGER, E.L. O uso de equações preditivas na avaliação do desempenho térmico de um protótipo habitacional constituído de materiais alternativos. **Ambiente Construído**, Porto Alegre, vol. 3, n.2, pp. 77 – 86, abr. – jun. 2003.

MASCARÓ, J.L.; MASCARÓ, L.. Cidade: energia, arborização urbana e impacto ambiental. **Ciência e ambiente**, 22, Santa Maria, p.59-72, 2001.

SANTAMOURIS; PAPANIKOLAOU; LIVADA; KORONAKIS; GEORGAKIS; ARGIRIOU; ASSIMAKOPOULOS. On the impact of urban climate on the energy consumption of buildings. **Solar Energy**, Volume 70, Issue p. 201-216, 2001.

SOUZA, L.C.L.; LEME, F. T.; PEDROTTI, F. S. Relações entre o fator de visão do céu, a temperatura urbana e o consumo de energia elétrica. In: Congresso Latinoamericano, COTEDI, 4, 2005, Ciudad de México. **Anais...** Universidad Autonoma Metropolitana, 2005.

#### 6 AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem à FAPEAL – Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Alagoas e CAPES pelas bolsas de mestrado e iniciação científica concedidas, como também à ELETROBRÁS pelo apoio financeiro para a compra de instrumentos e capacitação do Laboratório de Conforto Ambiental e Eficiência Energética da Universidade Federal de Alagoas.