XV ENCAC Encontro Nacional de Conforto no Ambiente Construído
XI ELACAC Encontro Latino-Americano de Conforto no Ambiente Construído
JOÃO PESSOA | 18 a 21 de setembro de 2019

CONFORTO TÉRMICO E HABITAÇÃO DE INTERESSE SOCIAL: AVALIAÇÃO PÓS- OCUPAÇÃO EM UNIDADES DO RESIDENCIAL AGRESTE, ARAPIRACA – AL

Larissa Emily da Silva Santos (1); Simone Carnaúba Torres (2)
(1) Arquiteta e Urbanista, E-mail: larissaemilyss@gmail.com
(2) Doutora em Desenvolvimento Urbano, Professora do Curso de Arquitetura e Urbanismo da Universidade Federal de Alagoas – Campus Arapiraca. E-mail: simone.torres@arapiraca.ufal.br.
Universidade Federal de Alagoas - Campus Arapiraca, Avenida Manoel Severino Barbosa - Bom Sucesso, Arapiraca - AL, CEP: 57309-005. Arapiraca – AL. Tel.(82) 3482 1844

RESUMO
A difusão de conjuntos habitacionais implantados a partir do Programa Minha Casa Minha Vida, no cenário brasileiro, foi marcada pela padronização construtiva gerando diversas fragilidades relacionadas com as condições de conforto ambiental nos espaços internos de unidades edificadas. O objetivo do presente estudo é realizar uma avaliação pós-ocupação de unidades habitacionais do conjunto Residencial Agreste, localizado em Arapiraca – AL, com enfoque nos aspectos ambientas visando a análise qualitativa de edificações. Foram realizadas medições das variáveis climáticas, temperatura e umidade relativa do ar, como também, a verificação do atendimento à NBR15575 e NBR12220 quanto aos requisitos para alcance da qualidade habitacional. Embora os requisitos da NBR155575 tenham sido atendidos, a avaliação das unidades demostra que este atendimento não reflete na garantia de um desempenho térmico satisfatório, visto que ocorreram diferenciações térmicas significativas entre as unidades, tanto nas originais, como nas modificadas.
Palavras-chave: Habitação. Minha Casa Minha Vida. Conforto térmico. Avaliação pós-ocupação.

ABSTRACT
In Brazil, the housing estates of the Minha Casa Minha Vida Program have been diffused. However, constrictive standardization has been marked by the adoption of solutions that are unsuited to the local climate leads to poor thermal performance. The objective of this study is a post-occupancy evaluation (APO)analysis of housing conditions in Agreste Residencial housing estate built by the Minha Casa Minha Vida Program PMCMV, in Arapiraca –AL, focusing on environmental aspects. Monitoring of environmental variables, temperature and relative air humidity were carried out, as well as the verification of compliance with the brazilian NBR 15575 and NBR 15220 regarding requirements for reaching the quality of housing. Significant thermal differences were observed between the original units and the modified units. Therefore, although the requirements of NBR155575 have been met, the evaluation of the units shows that this service does not reflect the guarantee of a satisfactory thermal performance.
Keywords: Housing. Minha Casa Minha Vida. Thermal comfort. Reform. Post-occupation evaluation.

1. INTRODUÇÃO

A moradia é um direito social de caráter fundamental do ser humano resguardado pela Constituição da República Federativa do Brasil de 1988, assim como, é um dever da União, dos estados e dos municípios promover programas de construção de moradias e a melhoria das condições habitacionais da população através de políticas públicas voltadas, principalmente, para os indivíduos de baixa renda.

De acordo com os dados populacionais do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2010), a população em Alagoas é de 3.120.494 pessoas, possuindo densidade demográfica de 112,33hab/km². Enquanto que, no ano de 2015, o número de pessoas sem moradia nesse mesmo estado, é 95.342, de acordo com a Fundação João Pinheiro em parceria com o Ministério das Cidades, Banco Interamericano de Desenvolvimento (BID) e Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento (PNUD). Tais números, que só crescem em todas as regiões do país, evidenciando a ineficiência do Estado, especialmente, na contenção do déficit habitacional, apesar dos recentes esforços nesse âmbito com programas direcionados a prover moradias às classes menos abastadas.

A problemática da Habitação de Interesse Social (HIS) foi, aparentemente, negligenciada pelas políticas públicas desde 1986, com a extinção do BNH (Banco Nacional da Habitação), tido como um dos principais agentes da política habitacional do governo militar, até 2003 com a criação do Ministério das Cidades, que constituiu uma nova fase nas políticas habitacionais no país (SANTOS, 2017).

A criação de um novo plano surgiu no Ministério das Cidades, na tentativa de conter o crescimento do déficit habitacional no país. O *Programa Minha Casa Minha Vida* (MCMV), lançado em 2009 e operado pela Caixa Econômica Federal (CEF), tinha como meta inicial a criação de 1 milhão de residências para a população de baixa renda em parceria com o setor privado, segundo dados do programa.

O Residencial Agreste, caso de estudo da presente pesquisa, é resultado de um desses empreendimentos do MCMV e está situado na microrregião do agreste alagoano, no município de Arapiraca, com população, de acordo com o último censo, correspondente a 214.006 (IBGE, 2010). Foi entregue em 2014 com 999 unidades destinadas a famílias selecionadas pelo poder público municipal com base na situação cadastral de déficit habitacional das mesmas. O conjunto habitacional, como tantos outros no país, está implantado na área periférica e desvalorizada do município. A cerca de 8,0km das centralidades, a área foi incorporada à malha urbana do município somente em 2016 e ainda é desprovida de equipamentos públicos sociais, mesmo estando há quatro anos habitado, o que demonstra que a população foi simplesmente transportada para a localidade, sem haver uma preocupação efetiva com as condições habitabilidade.

A adoção de estratégias bioclimáticas e o uso de materiais construtivos capazes contribuir com a adequação climática da edificação não têm sido constatados nesses empreendimentos, devido a padronização construtiva, amplamente difundida, independente das diferentes realidades climáticas, culturais e sociais, principalmente em unidades destinadas à faixa 1 (residências para famílias com renda familiar mensal de até 1.600,00 reais). Esta situação é um resultado da lógica da escala industrial na produção das habitações (RUFINO, 2015). Neste sentido, observa-se, recorrentemente, nestes empreendimentos, a realização de reformas pelos usuários para autogerir mudanças nas dimensões e configurações das residências a fim de sanar as deficiências encontradas por suas famílias, por diversos aspectos, o que nem sempre acaba por ter um desfecho positivo no comportamento térmico da edificação.

2. OBJETIVO

Objetivo deste artigo é apresentar a avaliação das condições de habitabilidade de unidades habitacionais de interesse social localizadas no Residencial Agreste, no município de Arapiraca – AL, considerando os aspectos relacionados conforto térmico e as reformas realizadas pelos moradores na fase pós-ocupação.

3. MÉTODO

3.1. Caracterização climática e socioespacial do objeto de estudo

Para análise dos fatores relacionados ao desempenho térmico das edificações, foi necessária a compreensão do perfil climático da cidade de Arapiraca-AL e identificação de estratégias bioclimáticas aplicáveis ao projeto arquitetônico. Este entendimento é fundamental para a avaliação do padrão de adequação das construções. Desta forma foi realizada a pesquisa bibliográfica e documental sobre a caracterização climática da cidade.

De acordo com Silva (2017) e Torres (2017), o clima de Arapiraca é composto basicamente por duas estações: a *estação quente e seca* (período de outubro a abril) e a estação *quente e úmida* (período de maio a setembro*)*. A primeira é caracterizada pelo registro de temperaturas do ar elevadas (médias acima de 25°C, podendo alcançar valores máximos acima de 33°C), baixa umidade relativa do ar (valores mínimos absolutos

abaixo de 40%), alta amplitude térmica (variações diurnas acima de 10°C) e baixa pluviosidade. A estação *quente e úmida* é caracterizada por temperaturas do ar menos elevadas (valores médios abaixo de 25ºC e mínimas absolutas de aproximadamente 17°C), umidade relativa do ar alta (valores médios mensais acima de 85%) e baixa amplitude térmica. Silva (2017) ainda investigou a direção predominante dos ventos em Arapiraca por meio de estudos de frequência das observações diárias, para cada mês ao longo dos anos, na qual a partir da análise dos dados coletados, verificou-se que as orientações Leste (E) e Sudeste (SE) ocorrem com maior frequência na cidade, sendo a direção Leste (E) predominante, com 42,19% de ocorrências, e a Sudeste (SE), secundária, com 31,19%.

As principais estratégias bioclimáticas para adequação de edificações de acordo com o perfil climático local são: ventilação natural, sombreamento e resfriamento evaporativo (SILVA, 2017; TORRES, 2017)

A caracterização físico-espacial do Residencial Agreste foi realizada a partir da análise de aspectos ambientais e de infraestrutura habitacional e urbana, obtidos por meio de levantamentos *in loco*. Estes levantamentos foram desenvolvidos a partir de registros fotográficos e confecção de plantas e mapas e entrevistas semiestruturadas com os moradores das unidades habitacionais. Assim, foi possível identificar modificações realizadas pelos usuários.

O Residencial Agreste foi construído em 2013 e entregue à população (faixa 1 -MCMV) um ano depois, com 999 unidades habitacionais – quantidade estrategicamente pensada para resguardar ao poder público a exoneração de construir equipamentos públicos como escolas, creches, praças etc. na localidade, entre as quais, 30 (trinta) são adaptadas a portadores de necessidades especiais. O conjunto comporta 999 famílias, com uma média de 04 integrantes por edificação, totalizando cerca de 3.996 moradores em situação de vulnerabilidade econômica.

As unidades estão organizadas espacialmente em 28 quadras, das quais 20 estão orientadas no alinhamento Leste e Oeste e 8 quadras estão orientadas no alinhamento Norte e Sul. As residências padrão estão inseridas nos lotes de 135m². Cada uma conta com 41,01m² de área construída contendo sala de estar/jantar (10,08m²), cozinha (5,39 m²), dois quartos (8,33 m² cada), banheiro (3,63 m²) e área de serviço descoberta, caracterizada por um tanque alocado na área externa da casa. As unidades originais possuem recuo frontal de 5,00m, posterior de 5,55m e lateral de 1,60m, em apenas um dos lados, já que a outra lateral é geminada, seguindo a implantação do conjunto residencial (ver descrição na seção 4 deste artigo).

As residências são construídas em alvenaria de tijolos cerâmicos de seis furos revestidos com reboco paulista de 2,5cm de espessura pintadas com cores claras tanto interna quanto externamente. Nas paredes do banheiro, cozinha e do tanque, há revestimento cerâmico até a altura de 1,50m. O piso possui revestimento cerâmico padrão popular de cor clara – assim como as paredes. O forro é feito com PVC e instalado a 2,50m de altura do piso, enquanto a cobertura é composta por um telhado de duas águas com telhas cerâmicas.

3.2. Seleção das unidades habitacionais para realização de monitoramento da temperatura do ar nas unidades habitacionais e realização de entrevistas

Foram selecionadas as duas categorias possíveis de unidades habitacionais do residencial para a realização do monitoramento da temperatura do ar: as que sofreram reformas em sua estrutura física (frequentemente observadas no loteamento durante a caracterização socioespacial e aquelas que se mantêm em estado original, a fim de relacionar o impacto das alterações realizadas com o desempenho térmico das moradias. Para tal, foi aplicado o método de avaliação pós-ocupação (APO), para uma melhor caracterização do perfil das moradias e da percepção dos moradores quanto à sua residência, através de entrevistas semiestruturadas que abordaram questões técnicas e comportamentais.

Foram selecionadas cinco unidades habitacionais para a realização do monitoramento térmico nos espaços internos das habitações. Dentre estas cinco unidades, duas apresentam configuração físico-espacial correspondente ao projeto original e três apresentavam modificações realizadas pelos moradores. Estas unidades apresentam dois tipos de orientação da fachada principal: orientação norte e orientação sul. Para o monitoramento, foram utilizados *data loggers* modelo UX100-003, da ONSET (precisão ±0.21°C de 0° a 50°C). Estes instrumentos foram fixados no interior de dormitórios com orientação coincidente com a fachada principal das unidades habitacionais (Figura 1). Optou-se pelo monitoramento de dormitórios por corresponderem a ambientes de longa permanência, cujos requisitos de conforto térmico são significativamente importantes para as condições de bem-estar e saúde dos usuários e quando não atendidos, acarretam na incorporação de dispositivos de climatização artificial.

A coleta dos dados horários de temperatura e umidade relativa do ar, a partir do monitoramento interno, ocorreu no período de 25 de agosto a 04 de setembro de 2018 para a análise de adequação ambiental das habitações. Tal período corresponde à *estação quente e úmida*, na cidade de Arapiraca, conforme a caracterização climática local.

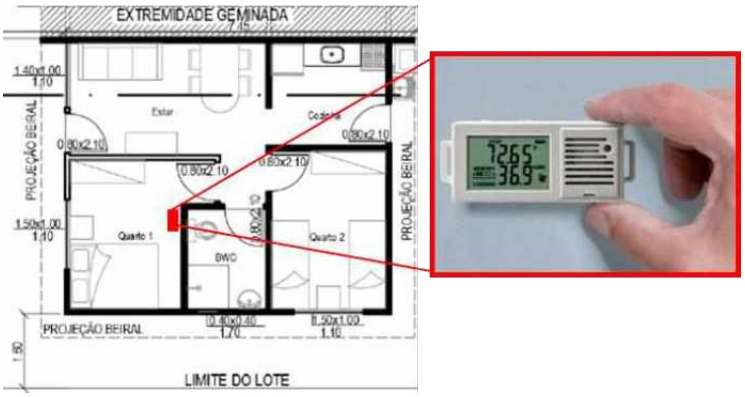


Figura 1: Datalogger HOBO UX100-003 e sua localização na unidade habitacional monitorada.

3.3. Avaliação ambiental qualitativa das unidades habitacionais

Nesta etapa, foi realizada a avaliação do grau de adequação climática das unidades habitacionais, considerando, também, o seu entorno imediato e o desenho urbano do conjunto edificado, a partir da análise referente às estratégias bioclimáticas indicadas para a localidade. Foi verificado, ainda, o atendimento às recomendações projetuais previstas pela ABNT - NBR 15575/2013: *Edificações habitacionais-Desempenho*, quanto aos quesitos relacionados ao desempenho térmico de sistemas de vedações verticais externas e sistemas de coberturas e pela ABNT -NBR 15220/2005- Parte 3: *Desempenho térmico de edificações*, que apresenta o zoneamento bioclimático brasileiro e diretrizes construtivas para habitações unifamiliares de interesse social (Tabela 1):

Tabela 1: Descrição dos critérios avaliados pela NBR 15575/2013 e NBR 15220/2005 para edificações localizadas na zona bioclimática 8 (correspondente à cidade de Arapiraca-AL).

Componentes da envoltória	**NBR 15575*/2013**		**NBR 15220-3/2005**	**Simbologia**
PAREDES **EXTERNAS**	$\alpha^a \leq 0,6$ $U \leq 3,7$	$\alpha^a > 0,6$ $U \leq 2,5$	Leve refletora	U= Transmitância térmica; α = Absortância à radiação solar; φ = Atraso térmico; FSo =Fator solar de elementos opacos
			$U \leq 3,60$; $\phi \leq 4,3$; $FSo \leq 4,0$	
ABERTURAS PARA VENTILAÇÃO	Para a região nordeste: ≥ 8% da área de piso		> 40% da área de piso Sombrear as aberturas	
COBERTURA	$\alpha^1 \leq 0,4$ $U \leq 2,3$. FV	$\alpha > 0,4$ $U \leq 1,5$. FV	Leve isolada	
			$U \leq 2,30$. FV; $\phi \leq 3,3$; $FSo \leq 6,5$	
α^a é a absortância à radiação solar da face externa da parede.				
* a coluna da NBR 15575 diz respeito ao nível mínimo (M) de desempenho para aceitação.				
O fator de ventilação (FV) é estabelecido na NBR 15220-2				
[1] Na zona bioclimática 8 considera-se atendido o critério para coberturas em telhas cerâmicas, mesmo sem a presença de forro.				

4. RESULTADOS

4.1 Atendimento às normas de desempenho e aplicação de estratégias bioclimáticas

A partir do conhecimento do sistema construtivo do Residencial Agreste, assim como, das principais características físico espaciais das unidades habitacionais verificadas *in loco,* foi feita uma análise para determinar o atendimento às normas ABNT NBR 15220-3/2005 e NBR15575/2013.

Quanto ao sistema de vedações – paredes externas –, a recomendação da NBR15575/2013 é que sejam leves e refletoras, ou seja, devem ser pintadas em tons claros, possuindo baixa absortância ($\alpha \leq 0,6$) e baixa transmitância ($U \leq 3,70$ W/m^2.K). Este critério é atendido pela envoltória das unidades habitacionais do Residencial Agreste, pois as paredes externas são construídas em alvenaria de tijolos cerâmicos de seis furos quadrados e revestida com reboco paulista de 2,5cm de espessura em ambos os lados (totalizando uma parede de 15cm de espessura), pintadas com cores claras tanto interna quanto externamente, compondo uma transmitância correspondente a 2,39 W/m^{2}K. Esta característica também atende à NBR 15220/2005 que recomenda transmitância térmica máxima para a Zona 8 (onde está localizada a cidade de Arapiraca) correspondendo a 3,6 W/m^{2}K. Quanto ao sistema de cobertura, as residências possuem forro de PVC instalado a 2,50m de altura do piso, e o telhado é composto por duas águas com telhas cerâmicas, sustentado por uma estrutura de madeira, além de possuir beirais de 0,50m presentes no entorno de toda edificação. A transmitância térmica deste sistema é de 1,75 W/m^{2}K, atendendo, portanto, às duas normas

relacionadas ao desempenho térmico (quanto à absortância da telha cerâmica com valor acima de 0,40, a NBR15575, para habitações localizadas na zona bioclimática 8, considera-se atendido o critério de transmitância).

A maior divergência entre as normas NBR 15575/2013 e NBR 15220-3/2005 diz respeito ao tamanho de aberturas recomendado para ventilação indicado para a mesma localidade. Enquanto a primeira indica aberturas com tamanho mínimo de 8% da área de piso, a segunda aponta uma área cinco vezes maior, ou seja, segundo a NBR15220-3 as aberturas devem possuir áreas superiores a 40% da área de piso do cômodo.

Apesar da NBR15575/2013 nortear a construção de edificações habitacionais, entende-se que o atendimento ao requisito apresentado quanto à porcentagem de aberturas não é capaz de garantir um fluxo de ar suficiente para o resfriamento da edificação principalmente se não houver adoção da estratégia de ventilação cruzada, que consiste em aberturas em zonas de alta e baixa pressão para garantir o movimento das correntes de ar. A NBR 15220-3/2005 recomenda, ainda, a necessidade de sombreamento das aberturas, o que não foi constatado nas habitações devido à inexistência de dispositivos para proteção das janelas em relação à incidência de radiação solar. Na Tabela 2 estão especificadas as características das aberturas quanto às áreas efetivas para ventilação natural.

Tabela 2: Atendimento às normas quanto ao percentual de abertura

AMBIENTE	**Área do piso**	**Área de abertura mínima de 8% (NBR15575)**	**Área de abertura mínima de 40% (NBR15220-3)**	**Área de abertura mínima para ventilação***	**Porcentagem de abertura atingida**	**Atendimento às NBRs**	
						NBR 15575	**NBR 15220-3**
Estar/jantar	11,16m²	0,89m²	4,46m²	0,75m²	6,72%	NÃO	NÃO
Cozinha	6,86m²	0,54m²	2,74 m²	Não há aberturas*	0%	NÃO	NÃO
Quarto 1	8,83 m²	0,70 m²	3,53m²	0,75m²	8,49%	SIM	NÃO
Quarto 2	8,33m²	0,66m²	3,33m²	0,75m²	9%	SIM	NÃO
* A área da abertura se dá pela área útil de ventilação da esquadria, que, no caso dos cômodos apresentados, são janelas de correr com exceção da cozinha que não possui janelas, apenas uma porta de acesso ao quintal da residência.							

Quanto às estratégias bioclimáticas indicadas a partir da caracterização do clima de Arapiraca, pode-se destacar: a) a ausência de vegetação arbórea e/ou lagos artificiais nas ruas, impedindo o resfriamento evaporativo, tido como estratégia de extrema importância durante o período quente e seco devido aos registros de valores baixos umidade relativa do ar e das altas temperaturas; b) a implantação do conjunto edificado não favorece o aproveitamento da ventilação natural no nível dos edifícios devido à canalização das massas de ar nas vias que não conseguem penetrar nas residências de forma eficiente na maioria dos casos – residências voltadas para Norte/Sul, orientação da maioria das quadras edificadas do conjunto; c) a inexistência de sombreamento nas aberturas.

4.2 As reformas autogeridas nas unidades habitacionais do Residencial Agreste e o monitoramento térmico

De acordo com levantamentos realizados *in loco*, em agosto de 2018, mais de 70% das 999 residências localizadas no Residencial Agreste sofreu algum tipo de modificação. Tais modificações são demonstradas, principalmente, pela necessidade de separação entre a propriedade privada e a rua, através da construção de muros, instalação de cercas, grades, etc. (Figura 2) e motivadas, segundo os moradores, pela falta de segurança, visto que assaltos e furtos são recorrentes na localidade.



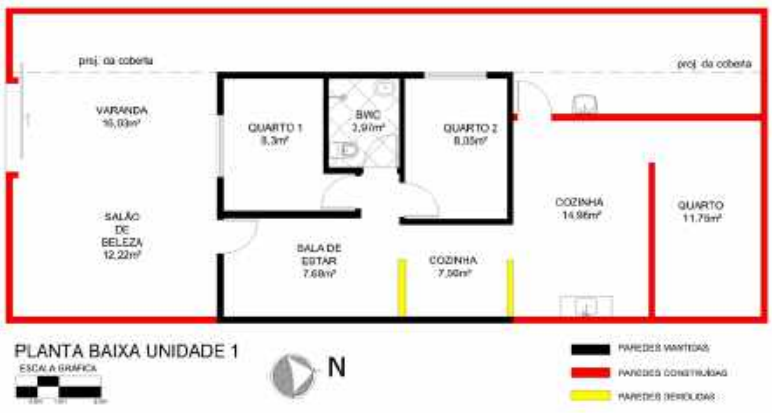
Figura 2: Rua do residencial demonstrando as alterações mais visíveis e recorrentes no residencial

Outros fatores impulsionam as reformas, conforme relatado em entrevistas, como o espaço limitado dos cômodos (em especial a cozinha), que foi declarado insuficiente pela maioria dos entrevistados; e a

necessidade de adicionar cômodos não previstos no programa de necessidades padrão, como varandas, garagens, quartos extras e até mesmo banheiros, expandindo a residência até os limites frontais do lote, ou seja, excluindo os recuos frontais e/ou posteriores. As modificações variam de acordo com o poder aquisitivo da família. Foi observado que quanto maior a renda, maior a interferência no espaço.

Além disso, muitos moradores utilizam as residências para prestação serviços e atividades comerciais, irregularmente, visto que não houve direcionamento de lotes específicos para esse fim. A planta baixa de uma unidade do residencial, ilustrada na Figura 4, exemplifica algumas das alterações recorrentes encontradas no loteamento.

a)



b)

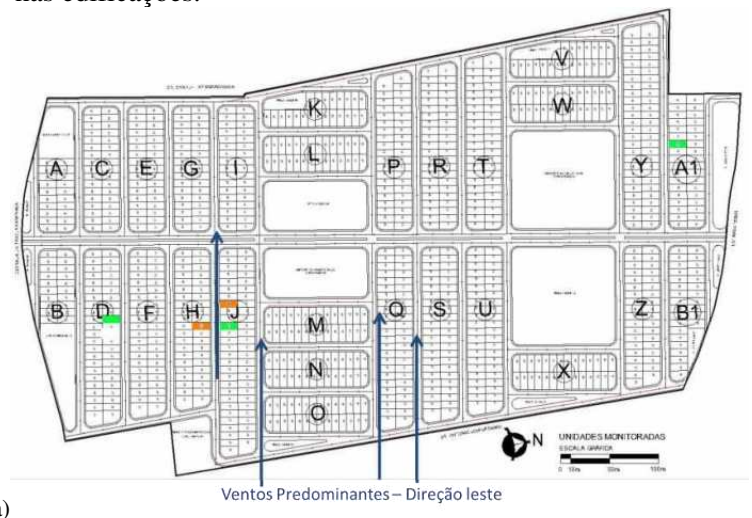


Figura 3: a) Planta baixa de uma residência reformada – Fachada principal orientação sul, b) Exemplo de modificação recorrente nas unidades habitacionais: cobertura estendida até os limites do lote.

As unidades monitoradas, destacadas a seguir na Figura 4a, foram selecionadas respeitando, primeiramente, o critério de localização, pois deveriam estar posicionadas preferencialmente no centro da quadra em que estão inseridas, a fim de reproduzir o pior cenário possível no que diz respeito à implantação de quadra quanto à ventilação, visto que estão cercadas pelas demais edificações e sofrem interferência direta das mesmas; o segundo critério foi a representatividade dos dados e a segurança dos equipamentos, os *dataloggers* que foram posicionados a 1,50m do piso e não poderiam ser deslocados e/ou removidos durante o período de monitoramento; e o terceiro foi a preferência de unidades que possuíssem orientações opostas para se obter uma maior variedade de dados. As unidades que se destacam em verde na Figura 4a representam as residências reformadas, enquanto que as que estão destacadas em laranja representam as residências sem alterações.

Na Figura 4b, também é possível analisar a incidência dos ventos predominantes provenientes da direção Leste no conjunto habitacional e demonstra a canalização das massas de ar nas vias, principalmente, nas quadras orientadas a leste - oeste (maior parte do conjunto), dificultando a penetração dessas massas de ar nas edificações.

a)



b)

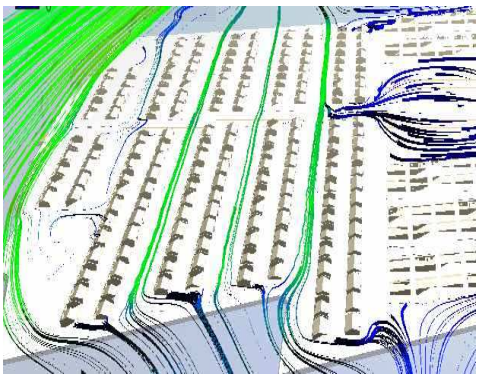


Figura 4: a) Localização das unidades habitacionais selecionadas para monitoramento; b) Demonstração do efeito de canalização dos ventos predominantes da direção leste nas vias do conjunto edificado (análise através do programa computacional Flow Design).

Na Figura 5 é possível observar o comportamento dos ventos, através de vetores que ilustram a incidência dos mesmos nas aberturas das residências nas quatro orientações possíveis de acordo com a implantação das quadras do residencial.



Figura 5: Incidência dos ventos nas aberturas das edificações

Na Tabela 3, pode-se encontrar a descrição de cada unidade monitorada, tal como sua orientação, status, identificação e horários de exposição à radiação solar direta nas aberturas durante o período de monitoramento, identificados a partir da elaboração das máscaras de sombra das aberturas dos dormitórios analisados.

Tabela 3: Dados gerais de unidades monitoradas

IDENTIFICAÇÃO	PERÍODO DE INSOLAÇÃO	UNIDADE	ORIENTAÇÃO DA FACHADA	STATUS
Unidade 1 (M)	15 – 18h	Quadra A1, n° 12	Sul	Modificada
Unidade 2 (O)	6 – 16h	Quadra H, nº 32	Norte	Original
Unidade 3 (O)	15h – 18h	Quadra J, nº 8	Sul	Original
Unidade 4 (M)	Não registrado*	Quadra J, nº 11	Sul	Modificada
Unidade 5 (M)	Não registrado*	Quadra D, nº 37	Norte	Modificada
* As Unidades 4 e 5 possuem alterações que anulam esse período de exposição à radiação solar direta				

Foram analisados os dados das cinco unidades monitoradas, inicialmente, de forma geral, a partir da análise das temperaturas médias por horário observadas durante os onze dias de monitoramento. A partir dessa análise, foi possível verificar o padrão de comportamento médio da temperatura do ar das unidades, observado na Figura 6.

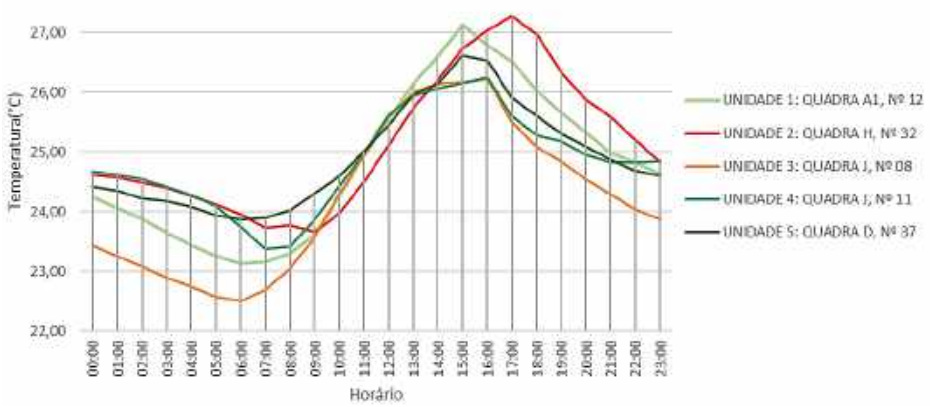


Figura 6: Temperaturas médias por horário de cada unidade

De forma geral, foi observado que os picos de temperatura ocorreram na maioria dos casos, entre os horários de 13h e 17h, enquanto que as temperaturas mínimas foram registradas entre 5h e 9h da manhã. Além disso, foi percebido que duas unidades (Unidade 1 (M) e Unidade 2 (O)) apresentaram aquecimento superior às demais, mantendo um padrão de altas temperaturas mesmo durante o período noturno. Em ambas unidades (Quadra A1, n°12 e Quadra H, n°32) o ambiente monitorado está desfavoravelmente orientado. No caso da Unidade 1 (M), o quarto recebe insolação na parede Sul (onde encontra-se a abertura para ventilação do mesmo) das 15h às 18h, e na parede Oeste (comum a toda residência), durante toda a tarde, das 13h às 18h, transmitindo o calor recebido ao restante dos cômodos pelo processo de irradiação. Enquanto que no caso da Unidade 2 (O) é ainda mais grave, pois além da parede Oeste em conformidade com a Unidade 1 (M), a parede Norte do quarto – e de toda a fachada principal (incluindo três, das seis aberturas da casa) – recebe insolação direta no período de 6h às 16h, sem nenhuma espécie de proteção solar.

Após a análise geral, foram elencados dois dias representativos do monitoramento térmico interno: 29 de agosto/2018 e 01 de setembro/2018. Foram considerados dias representativos da amostra aqueles com ausência de pluviosidade, configurando situação de baixa nebulosidade, conforme dados da estação de referência do INMET, localizada na cidade de Arapiraca – AL.

No primeiro dia representativo, ilustrado na Figura 7, é possível ver que todas as unidades tiveram comportamento similar, e que a Unidade 3 (O) voltou a registrar temperaturas abaixo das demais unidades, aproximando-se delas somente das 9h às 14h, período que registrou as temperaturas máximas diárias. A Unidade 3 trata-se de uma habitação em estado original da Quadra "J" com fachada orientada à Sul. Essa unidade recebe insolação direta apenas nas três últimas horas do dia, das 15h às 18h – no período do ano em que foi feito o monitoramento – além disso, a intensidade da radiação solar é bem menor no fim da tarde, que nos horários iniciais da mesma, tornando as temperaturas mais amenas. Ou seja, ainda que a edificação absorva calor, é de forma mínima se comparar, por exemplo, com a Unidade 1 (M), em que uma parede comum à toda edificação fica exposta à radiação direta ao longo de todo o dia.

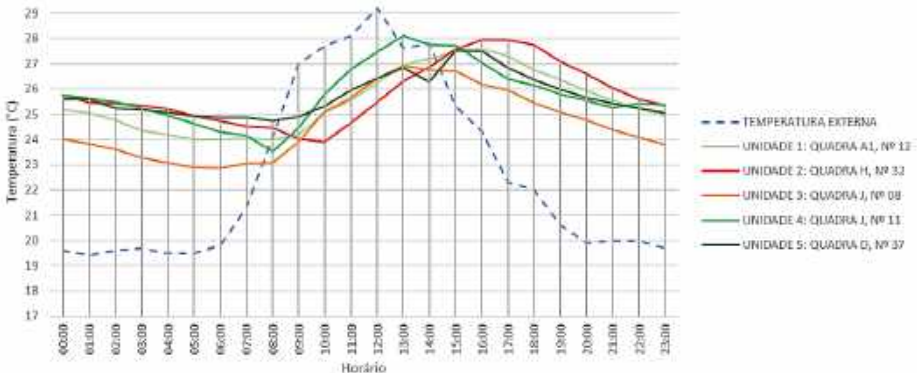


Figura 7: Monitoramento térmico – dia representativo 29/08/2018

Outra unidade monitorada também se encontra na mesma quadra e orientação (Unidade 4 (M)), porém, seu comportamento térmico diverge da Unidade 3 (O) de forma negativa. Por se tratar de uma edificação modificada, constata-se que as alterações realizadas impactaram no desempenho térmico da habitação. A entrada destinada à ventilação do cômodo monitorado foi comprometida pela construção de um muro nos limites do lote e uma cobertura que se estende até esse mesmo muro, invalidando a função da esquadria, que deixou de ligar as áreas externas e internas da casa, impossibilitando a entrada de correntes de ar e até mesmo iluminação natural.

A Figura 8, retrata o comportamento das unidades no segundo dia representativo de monitoramento. É possível perceber que houve baixa amplitude térmica dentro das residências em contrapartida com os dados de temperatura externa. Também é possível observar a capacidade de armazenamento de calor das edificações, visto que mesmo durante a madrugada as temperaturas nas unidades mantiveram-se, em média, 3,5°C acima da identificada pela estação meteorológica. Todas as unidades começaram a aquecer após as 11h e apresentaram picos de temperatura em entre os horários de 15h e 18h. Novamente, a Unidade 2 (O) se destaca das demais, em relação à sua temperatura máxima (26,43°C), mas só atinge esse marco no período noturno, por volta das 18h, quando a temperatura externa já está por volta dos 21°C e a temperatura na Unidade 3 é de 24,2°C. A Unidade 5 (M) também registra sua temperatura máxima no período noturno, às 18h, contudo ainda apresenta uma temperatura 1,4°C menor que a Unidade 2 (O).

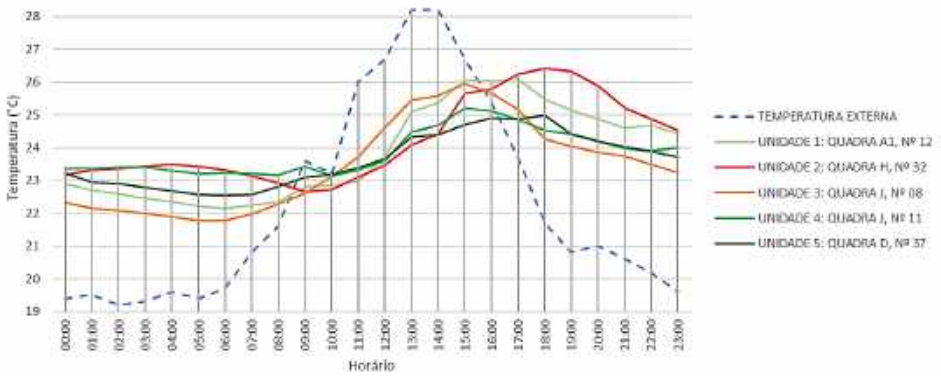


Figura 8: Monitoramento térmico – dia representativo 01/09/2018

Os resultados de monitoramento demostram uma tendência de inadequação das residências originais identificada a partir dos dados comparados entre as unidades e esse fato pode ocorrer devido a dois fatores. O primeiro é a implantação, visto que a fachada e as aberturas ficam expostas à incidência solar direta por longos períodos durante o dia fazendo com que a unidade aqueça durante o período diurno e não consiga se resfriar durante a noite, pois, o período é insuficiente para que o calor absorvido pela unidade seja dissipado; e o segundo fator é a má orientação das aberturas, pois, além de expostas à radiação, nenhuma delas consegue garantir um fluxo de ar satisfatório para dentro da edificação, retardando ainda mais o resfriamento da mesma.

Conforme a tabela 4, as unidades voltadas para orientação sul, no período avaliado, apresentaram menor tempo de exposição à radiação solar direta e, consequentemente, apresentaram valores inferiores de temperatura do ar. As diferenciações foram superiores a 4°C considerando a média de temperatura máxima do ar no horário de 15h entre a unidade 2 (orientação norte) e a unidade3 (orientação sul). A unidade 1, apesar de apresentar abertura para orientação sul, possui uma parede voltada para oeste, implicando no resultado da temperatura do ar mais elevada em relação às demais unidades de orientação sul.

Tabela 4: Dados médios de temperatura máxima do ar obtidos através do monitoramento dos dormitórios (em destaque os valores máximos obtidos por horário).

HORÁRIO	UNIDADE 1 (°C)	UNIDADE 2 (°C)	UNIDADE 3 (°C)	UNIDADE 4 (°C)	UNIDADE 5 (°C)
00:00	25,2	25,7	24,4	25,7	25,6
01:00	25,0	25,5	24,2	25,6	25,6
02:00	24,8	25,5	24,0	25,4	25,3
03:00	24,6	25,3	23,7	25,2	25,1
04:00	24,3	25,2	23,6	24,9	25,0
05:00	24,0	25,0	23,4	24,7	24,9
06:00	23,9	24,8	23,2	24,5	24,8
07:00	24,0	24,6	23,2	24,1	24,8
08:00	24,2	24,5	23,7	24,0	24,8
09:00	24,7	24,9	24,3	24,8	25,2
10:00	25,3	25,5	25,0	25,8	25,4
11:00	26,7	26,4	26,3	26,8	26,0
12:00	27,3	26,9	26,9	27,4	26,9
13:00	27,8	27,9	26,9	28,1	27,3
14:00	29,5	28,0	27,2	27,7	27,8
15:00	32,0	28,3	27,5	27,8	31,0
16:00	28,7	28,3	30,5	30,2	30,1
17:00	28,2	31,0	27,4	27,0	27,3
18:00	27,5	30,0	27,4	26,6	26,8
19:00	27,2	28,1	27,6	26,7	26,8
20:00	26,8	27,3	26,8	26,8	26,8
21:00	26,3	26,9	26,4	26,5	26,5
22:00	26,1	26,8	26,1	26,2	26,2
23:00	26,1	26,4	26,2	26,0	26,2

Embora os moradores das unidades avaliadas não tenham evidenciado situações de desconforto térmico, devido provavelmente ao grau de satisfação com a posse da unidade habitacional, como também, devido às características climáticas referentes ao período de monitoramento térmico- *estação quente e úmida*, determinado por temperaturas do ar mais amenas em relação ao período quente e seco, os resultados referentes às diferenciações térmicas entre as unidades habitacionais revelam a necessidade de adequação, como também, o potencial de utilização das estratégias bioclimáticas para otimização das condições de conforto térmico.

As modificações observadas no presente estudo demostram claramente que as necessidades dos mesmos não foram atendidas, principalmente quanto às dimensões espaciais das unidades habitacionais. Assim, como em outros estudos de avaliação pós-ocupação, verifica-se a necessidade de melhorias e incremento dos projetos de habitação de interesse social para o alcance das condições mínimas de habitabilidade nas cidades.

5. CONCLUSÕES

A análise da envoltória (propriedades térmicas dos materiais: paredes e coberturas) quanto aos requisitos previstos pelas normas NBR 15220/2005 e NBR 15575/2013, para o desempenho térmico de edificações, apontou adequação dos sistemas de cobertura e paredes externas existentes nas unidades habitacionais do conjunto Residencial Agreste. Porém, foi observada a ausência de proteções solares nas aberturas das

unidades habitacionais originais. Além disso, as recomendações correspondentes às áreas de aberturas para ventilação natural previstas pela NBR15220/2005 não foram atendidas, pois, em todos os cômodos da unidade, o percentual de área de abertura em relação à área de piso dos ambientes foi inferior à 40%.

Embora os requisitos da NBR 155575 tenham sido atendidos nos dormitórios em relação às dimensões das aberturas, a avaliação das unidades demostra que este atendimento não reflete na garantia de um desempenho térmico satisfatório, visto que ocorreram diferenciações térmicas significativas entre as unidades, tanto nas originais, como nas modificadas.

De acordo com os dados coletados, os principais aspectos definidores destas diferenciações no comportamento térmico dos ambientes internos avaliados são: I. Orientação das aberturas e das paredes externas, que podem resultar no maior aporte de radiação solar direta e, consequentemente, no acúmulo de energia térmica. Ou seja, para o período de monitoramento, as unidades com aberturas (sem proteção) voltadas para orientação norte, apresentaram os maiores valores de temperatura do ar, com acúmulo de energia nos horários vespertinos e primeiras horas noturnas; II. Ausência de estratégias e elementos para garantir a ventilação cruzada nas unidades habitacionais, representados pela má orientação das aberturas para recepção dos ventos predominantes locais (leste e sudeste) e, III. Implantação do conjunto edificado com pouco potencial de aproveitamento das massas de ar. Para potencializar a ventilação cruzada, faz-se necessário um estudo sobre a implantação das unidades para o estabelecimento de um conjunto edificado poroso, evitando a canalização da ventilação nas vias.

Neste sentido, as principais recomendações sugeridas a partir da pesquisa são: I. Substituição dos tipos de esquadrias/aberturas e incorporação de elementos para sombreamento (brises, beirais etc) que permitam o aproveitamento da iluminação natural e da ventilação natural, minimizando o aporte de radiação solar direta; II. Ampliação de estudos sobre a implantação de tecidos construtivos para otimizar o aproveitamento das massas de ar no nível das edificações. A adoção de tipologias verticais (de até 3 ou 4 pavimentos) podem propiciar maior área inserção das massas de ar em conjuntos edificados e permitir maior flexibilidade no ajuste da orientação dos edifícios, pois possibilitam a ampliação de espaços livres.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR-15220-3:** Desempenho térmico de edificações. Parte 3: Zoneamento bioclimático brasileiro e diretrizes construtivas para habitações unifamiliares de interesse social. Rio de Janeiro: ABNT, 2005.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR-15575**: Edificações habitacionais: Desempenho, Rio de Janeiro: ABNT, 2013.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA -IBGE. **Censo de 2010.** Disponível em: https://cidades.ibge.gov.br/brasil/al/arapiraca/panorama. Acesso em: 25/04/2017

RUFINO, M. B. C. Um olhar sobre a produção do PMCMV a partir de eixos analíticos. In: AMORE, C. S.; SHIMBO, L. Z.; RUFINO, M. B. C. (Org.). **Minha Casa... E a Cidade? Avaliação do Programa Minha Casa Minha Vida em seis estados Brasileiros.** Rio de Janeiro: Letra Capital, 2015. p. 51-72.

SANTOS, J. L. N. dos. **Habitação de interesse social em Arapiraca – Al:** Um estudo de caso do Conjunto Habitacional Residencial do Agreste. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Arquitetura e Urbanismo), Universidade Federal de Alagoas. Arapiraca, 2017.

SILVA, M. F. da. **Estratégias bioclimáticas para o agreste de Alagoas:** diretrizes projetuais para edificações em Arapiraca. 2017. Trabalho de Conclusão de Curso. Curso de Arquitetura e Urbanismo, Universidade Federal de Alagoas- *Campus* Arapiraca, 2017.63p.

TORRES, S.C. **Forma e Conforto:** estratégias para (re)pensar o adensamento construtivo urbano a partir dos parâmetros urbanísticos integrados à abordagem bioclimática**.** 2017. Tese (Doutorado em Desenvolvimento Urbano). Departamento de Arquitetura e Urbanismo, Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2017. 397p