



XIENCAC
ENCONTRO NACIONAL DE CONFORTO
NO AMBIENTE CONSTRUIDO

VIIELACAC
ENCONTRO LATINO AMERICANO DE CONFORTO
NO AMBIENTE CONSTRUIDO

Búzios - RJ - 2011

DESEMPENHO TÉRMICO DA FACHADA DE UM EDIFÍCIO MULTIFAMILIAR COM PINTURA NA COR PRETA EM FORTALEZA, CE

Tiago Farias Lopes (1); Marília Ramalho Fontenelle (2); Bianca C. Dantas de Araújo (3).

(1) Arquiteto, Especialista em Tecnologia do Ambiente Construído, tiago.farias@gmail.com

(2) Arquiteta, Mestranda do Programa de Pós-Graduação em Arquitetura
PROARQ/FAU-UFRJ, mariliarfontenelle@yahoo.com.br

(3) Prof^ª. Dra. Depto de Arquitetura UFRN. Campus Universitário, Natal/RN, dantasbianca@gmail.com

RESUMO

Grande parte da atual produção arquitetônica de edifícios multifamiliares em Fortaleza tem como uma de suas principais características fachadas cada vez mais padronizadas, com pouca variação de volumetria, ausência de elementos de proteção solar e uso massivo de cerâmicas e texturas acrílicas opacas, em cores escuras, de alta rugosidade, sobretudo preto, em seu envelope. Estudos indicam que superfícies escuras apresentam maior ganho térmico em relação a superfícies mais claras. Portanto, esta solução arquitetônica pode não ser adequada para uma cidade de clima tropical como Fortaleza, com altos níveis de radiação solar direta. Este trabalho visa avaliar o desempenho térmico destas superfícies, determinando a parcela de incremento na temperatura do ambiente interno que o uso da textura acrílica fosca, na cor preta, pode proporcionar em relação a superfícies na cor branca, além de determinar os níveis de absorptância solar. Para esta pesquisa foram escolhidos dois edifícios semelhantes, porém, para efeito de comparação, um deles possuía textura acrílica preta em seu envoltório e o outro, na cor branca. Estes edifícios tiveram as temperaturas internas dos ambientes selecionados monitoradas durante seis dias, além da coleta de amostras das tintas aplicadas no seu revestimento para análise de suas absorptâncias. Para o cálculo da absorptância foi adotado um método alternativo ao espectrofotômetro, baseado em equações e nos parâmetros de RGB de cada cor. Ao final, constatou-se que o edifício com envoltório na cor preta apresentou temperaturas internas superiores e absorveu mais radiação solar em relação ao edifício de cor branca. Por fim, os resultados obtidos demonstram que a escolha da cor do envelope possui grande impacto no desempenho térmico da edificação.

Palavras-chave: Desempenho térmico, absorptância, tintas imobiliárias, fachada, edifício multifamiliar.

ABSTRACT

Much of the current architectural production of multifamily buildings in Fortaleza city has as its main features, facades even more standardized, with poor a volumetric relationship, lack of elements of solar protection and massive use of tiles and opaque and highly rough acrylic textures in dark colors, especially black, on the envelope of these buildings. Previous studies indicate that dark surfaces have a greater heat gain than lighter ones. Therefore, this architectural solution may not be suitable for a tropical climate city like Fortaleza, with high levels of direct solar radiation. This study aims evaluate the thermal performance of these surfaces, determining the portion of increase in the internal environment temperature that the use of black acrylic texture, can provide in comparison with surfaces in white, and also to determinate its levels of solar absorptance. To conduct this research were chosen two buildings with similar characteristics for the case study, however, one had black acrylic texture in his envelope and the other was in white. The internal temperatures of the selected indoor spaces were monitored for six days, in addition to collecting samples of paint coating applied to the analysis for each of its absorptance values. To calculate the solar absorptance was adopted an alternative method to the spectrophotometer, based on equations and RGB parameters of each color. In the end, it could be seen that the building in black showed higher internal temperature and absorbed more solar radiance than the white one. Finally, the results confirmed that the choice of color of the facade has a large impact on thermal performance of the building.

Keywords: Thermal performance, solar absorption, paints, facade, multifamily building.

1. INTRODUÇÃO

O processo de verticalização em Fortaleza, antes restrito ao Centro, começou a ocorrer no final dos anos 70, a partir de alterações na legislação edílica da cidade. Já nos anos 90, esse processo teve uma forte aceleração até chegar aos padrões atuais, com um alto crescimento da produção arquitetônica de edifícios multifamiliares, os quais se tornavam ainda mais compactos em área, e cujas fachadas recebiam tratamento cada vez mais padronizado, caracterizadas pela pouca variação de volumetria, uso massivo de cerâmicas e texturas acrílicas, além do desprovisionamento de elementos de proteção solar.

A varanda é um dos elementos mais característicos da arquitetura residencial cearense e exerce um importante papel na proteção da radiação solar. Entretanto, ao longo dos anos, estas áreas foram cada vez mais reduzidas, o que, conseqüentemente, e também em virtude de outros fatores, dentro do âmbito da plástica, acabou por tornar as fachadas destes prédios menos atrativas e pobres em volumetria. Portanto, como forma de compensar esta falta de diversidade na volumetria, muitas vezes tem-se feito uso do artifício da aplicação de cores escuras na fachada, principalmente preto, em determinadas áreas do envelope destes edifícios, solução esta que tem sido largamente aplicada na atual produção arquitetônica de Fortaleza dentro do segmento residencial multifamiliar.

Localizada numa zona de clima tropical, a cidade de Fortaleza, latitude $-03^{\circ} 43' 02''$, longitude $38^{\circ} 32' 35''$, apresenta altos níveis de radiação solar direta, durante todo o ano, com temperaturas situando-se entre 24° e 32° C, que é um dos mais importantes contribuintes para o ganho térmico em edifícios.

Caram et al. (2003) indicam que superfícies escuras apresentam um maior ganho térmico em relação a superfícies mais claras. Ainda, de acordo com Caram et al. (2003), os materiais opacos têm a propriedade de absorver e refletir a radiação solar, sendo que a capacidade de refletir está ligada diretamente à cor e textura desse material. Portanto, "quanto mais clara e brilhante, menor a absorção e, conseqüentemente, maior a reflexão. A cor da pintura externa possui um efeito significativo no ganho de calor, sendo possível, através de sua escolha adequada, atenuá-lo significativamente" (CARAM et al., 2003).

Diversas pesquisas já foram realizadas avaliando o desempenho térmico de superfícies revestidas com pintura acrílica em diferentes cores e acabamentos. Entretanto, a maioria destas análises foi realizada apenas com amostras laboratoriais, em condições diferentes das situações encontradas na realidade, servindo de orientação para futuros estudos que devam dar continuidade ao tema, como afirmam Caram et al. (2003) ao final de seu estudo sobre medidas de refletância de cores e tintas através da análise espectral, em que, por se tratarem de resultados obtidos em laboratório, recomendam que, "como etapa posterior, seria interessante elaborar medidas em protótipos a fim de se comparar as cores externas estudadas e analisar o comportamento térmico dos mesmos".

Portanto, ao final deste trabalho, através de estudos de caso, ter-se-ão obtido parâmetros reais e objetivos de comparação entre o desempenho térmico de envelopes com textura acrílica fosca, em cores claras e escuras, e a influência destes fatores no conforto térmico do ambiente interno, ainda que não definitivos, uma vez que diversos são os condicionantes que podem influenciar no conforto térmico do edifício. Para efeito de estudos e análises comparativas, este trabalho terá o seu foco direcionado na razão entre o ganho de calor através do envelope por meio de absorção e a transmitância para o interior da edificação.

A escolha do tema estudado se deu por conta de sua relevância no contexto da cena atual de produção arquitetônica residencial multifamiliar na cidade de Fortaleza, e das conseqüências dessa tendência à luz do conforto térmico para os usuários do edifício, avaliando sua compatibilidade, ou não, com o clima local. Outro fator decisivo para a escolha deste objeto de estudo é a importância do conforto térmico nas edificações, elemento de extrema relevância, especialmente em regiões de altas temperaturas e item essencial a ser contemplado no projeto arquitetônico de qualquer edifício. Desta forma, procura-se contribuir, com esta pesquisa, para a busca por soluções, através da arquitetura, que sejam mais adequadas ao meio onde o edifício está inserido, além de fomentar futuros estudos e discussões provenientes de eventuais desdobramentos e aprofundamentos desta pesquisa.

2. OBJETIVO

Avaliar o desempenho térmico de ambiente exposto à superfície em textura acrílica fosca preta em edificação residencial em Fortaleza-CE.

3. MATERIAIS E MÉTODOS

Para a realização das análises, inicialmente foi realizada uma pesquisa de campo onde se procurou por um edifício multifamiliar para estudo de caso que se adequasse à problemática estabelecida, e um outro

que apresentasse características opostas para fins de um estudo comparativo. Posteriormente, para a obtenção dos dados provenientes dos objetos de estudo, foram realizadas medições com o auxílio de aparelhos, fundamentadas em procedimentos previamente utilizados em estudos anteriores e de eficácia comprovada.

Os edifícios eleitos para o estudo de caso, para fins de uma análise mais coerente e precisa, apresentavam implantação e orientações similares e possuíam o mesmo tipo de material em seu revestimento, no caso a textura acrílica, porém em cores com propriedades de absorvância diferentes, onde um edifício possuía a fachada pintada com a cor branca e o outro com a cor preta.

Para o estudo de caso foram realizadas duas medições: uma para a obtenção dos valores de refletância e absorvância das superfícies externa desses edifícios escolhidos e, uma outra, para a aferição da temperatura nos ambientes internos contíguos as superfícies externas analisadas.

Segundo Castro (2002), a análise espectrofotométrica apresenta várias vantagens [...] dentre elas pode-se citar a precisão nas medidas e a obtenção dos resultados ao longo do espectro, em intervalos pré-estabelecidos de comprimento de onda, permitindo escolher a região de interesse. Através da análise espectrofotométrica pode-se obter a porcentagem de transmissão, reflexão e absorção da superfície analisada.

A medição da refletância através do espectrofotômetro é a forma mais precisa de obtê-la. Entretanto, por se tratar de um equipamento de altíssimo custo, raramente está disponível para os profissionais da área, os quais por vezes só dispõem de tabelas para se referenciar acerca das propriedades térmicas dos materiais a serem empregados (DORNELLES; RORIZ, 2007).

Portanto, a fim de tornar a obtenção de dados de absorvância solar mais acessível, Dornelles (2008) utilizou um método alternativo para esta medição onde, as amostras das superfícies a serem analisadas foram digitalizadas em scanner comum (HP Scanjet 3200C) e em seguidas caracterizadas pelos parâmetros dos sistemas cromáticos RGB (Red, Green, Blue) e HSL (Hue, Saturation, Luminance), que são sistemas que representam tentativas de reproduzir em monitores as sensações visuais provocadas pelas cores dos objetos reais. A obtenção dos valores de RGB e HLS foi realizada através de um programa de edição de imagens (figura 01).

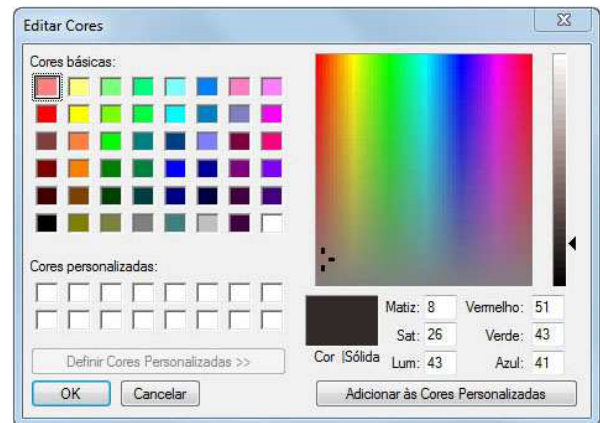


Figura 01 – Janela do software de edição de imagem onde foi possível a obtenção dos parâmetros de RGB e HSL de cada amostra.

A partir de dados previamente obtidos através de espectrofotômetro foram elaboradas duas equações (abaixo) para tintas de acabamento fosco onde se inserem os valores de RGB e HLS para o cálculo estimado da absorvância dessas superfícies (DORNELLES, 2008).

Equação 1: Absorvância estimada para a faixa visível do espectro

$$\alpha_{VIS} = 146,9258 - 0,2085 * R - 0,2050 * B - 0,0772 * G - 0,1912 * S$$

Coefficiente de Determinação: $R^2 = 0,98$

Desvio Padrão: $SD = 2,58$

Equação 2: absorvância estimada para o espectro solar total

$$\alpha_T = 155,5135 - 0,2204 * R - 0,3050 * B - 0,4369 * S$$

Coefficiente de Determinação: $R^2 = 0,96$

Desvio Padrão: $SD = 3,59$

Onde: α_{VIS} = absorvância estimada para a faixa visível do espectro (%);

α_T = absorvância estimada para o espectro solar total (%);

R, B, G = parâmetros do sistema RGB;

S = parâmetro do sistema HSL.

Deste modo, após obtida a absorvância, é possível deduzir a refletância apenas subtraindo 100% do valor da absorvância ($100\% - \alpha = \text{refletância}$) (DORNELLES; RORIZ, 2007).

Para este trabalho, a absorvância e refletância das superfícies analisadas foram obtidas utilizando o

método acima descrito, onde foram colhidas amostras das superfícies selecionadas para o estudo, posteriormente digitalizadas utilizando um scanner HP Scanjet 2400 (figura 02) e processadas em programa de edição de imagem para a obtenção dos valores de RGB e HLS para, em seguida, através das equações descritas na metodologia acima, se obter a sua refletância.



Figura 02 – Scanner HP Scanjet 2400.
Fonte: www.hp.com

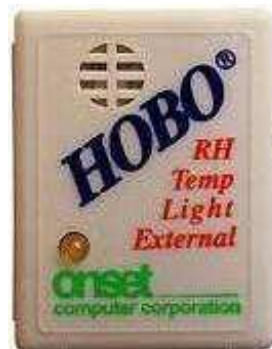


Figura 03 –HOBO H08-004-02.
Fonte: arquivo pessoal

Após a coleta de amostras para o cálculo da refletância, foram realizadas medições de temperatura nos ambientes internos contíguos às paredes externas, aferidas através de sensores térmicos. Seguindo uma metodologia similar à adotada por Silva (2005), a temperatura de bulbo seco foi tomada a uma altura de 1,85 m do chão, instalado no centro geométrico do ambiente analisado, através de um sensor térmico com data logger, modelo HOBO H08-004-02 (figura 03). Os data loggers foram programados para registrar as relativas temperaturas a cada 1 hora durante um período de 6 dias seguidos. Após a coleta dos dados referentes à temperatura foi feito um recorte espacial do intervalo de 3 dias mais representativo e significativo para o experimento.

O sistema de monitoramento das temperaturas através de data loggers adotado permitiu a obtenção desses dados em dois apartamentos de forma simultânea, sendo um dos apartamentos com textura acrílica preta aplicada no seu envelope, e um outro na cor branca com objetivo de se comparar o desempenho térmico em duas situações de absorção de radiação solar distintas.

Posteriormente, os dados térmicos coletados durante o monitoramento dos edifícios foram comparados com as informações de temperatura ambiente registradas pela estação meteorológica do IFCE (Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Ceará) referentes aos mesmos dias em que foram realizadas as medições nos edifícios analisados. Com posse dessas informações, pôde-se avaliar a temperatura interna nos apartamentos em relação à externa.

Ao final, todas as informações obtidas na fase de coleta de dados foram processadas, e traduzidas em forma de gráficos, tabelas e textos explicativos para uma melhor compreensão e discussão dos resultados obtidos em campo.

3.1. Seleção do objeto de estudo

3.1.1. Critérios de escolha dos edifícios analisados

Para a realização dos objetivos expostos neste trabalho, fez-se necessário um estudo de caso a fim de se obter os resultados desta avaliação e comprovar ou não a hipótese estabelecida previamente. O edifício multifamiliar a ser estudado precisaria atender aos pré-requisitos estabelecidos no objeto de estudo, tendo que portanto, apresentar envelope com trechos revestidos com textura acrílica fosca em cor escura, preferencialmente preto, que fossem contíguos a ambientes internos do apartamento, em uma fachada que recebesse incidência direta de radiação solar, com ausência de elemento de proteção solar, conforme ocorre na grande maioria dos edifícios multifamiliares construídos atualmente em Fortaleza.

Para efeitos de comparação, fez-se necessário a escolha de um outro edifício multifamiliar, com características similares, porém com a aplicação de cores claras e de baixa absorvância (no caso, o branco) em uma área equivalente de seu envelope, com a mesma orientação da fachada. Os dois edifícios escolhidos possuem implantação similar e as fachadas com a mesma orientação em relação ao percurso aparente do sol, recebendo assim, cargas de radiação solar semelhantes.

3.1.2. Caracterização e localização dos edifícios

Os dois edifícios escolhidos para esta avaliação, e que serão denominados, para efeito de diferenciação e descrição, "Edifício Preto" e "Edifício Branco", respectivamente, são do tipo residencial

multifamiliar, com cerca de 20 pavimentos cada, volumetria simples e predominantemente de aspecto prismático, com presença de varandas em todos os pavimentos, ausência de elementos de proteção solar relevantes e com envelope revestido com trechos que se alternam entre cerâmicas e textura acrílica fosca. Os demais padrões de acabamento são similares entre os dois. Entretanto, para a avaliação de desempenho térmico, foram analisados apenas os ambientes que possuíam textura acrílica fosca na sua face externa.

O "Edifício Preto", localizado em Fortaleza, no bairro do Meireles, na Rua Nunes Valente próximo à Rua Tenente Benévolo (ver foto aérea - figura 04), possui 21 pavimentos. Seu envelope foi executado com alvenaria de tijolo cerâmico padrão de 15cm, revestido externamente, em sua fachada principal, com cerâmica branca e preta, além de trechos com textura acrílica fosca na cor preta para a área interna das varandas (figura 06). Na fachada posterior o tratamento dado é similar, porém com a utilização apenas de cerâmica branca e textura acrílica fosca na cor preta (figura 07). A textura acrílica preta foi aplicada principalmente na fachada oeste (figura 07), justamente onde há maior incidência da radiação solar, onde estão localizados a área de serviço, cozinha, um dos quartos e a caixa de escada. O apartamento analisado situa-se no 11º andar. Segue abaixo a planta (figura 08) do ambiente correspondente a fachada que foi analisada, indicando a localização do sensor de temperatura instalado.

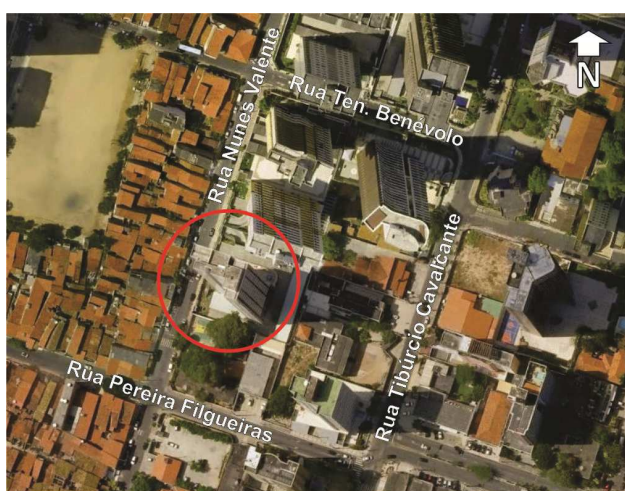


Figura 04 – Foto aérea: localização "Edifício Preto"



Figura 05– Foto aérea: localização "Edifício Branco"



Figura 06 –
Edifício Preto: fachada principal
Fonte: arquivo pessoal



Figura 07–
Edifício Preto: fachada posterior.
Trecho analisado da fachada em destaque
Fonte: arquivo pessoal

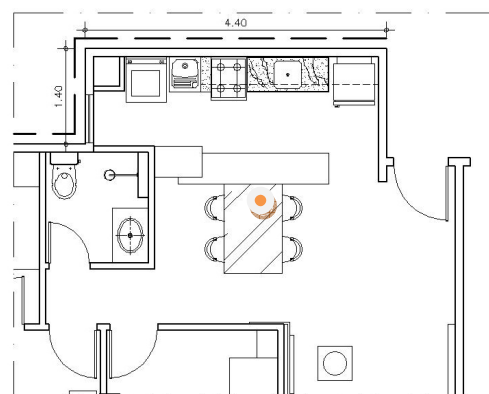


Fig. 08 – Edifício Preto: Pl. baixa cozinha / A. serviço
● local do sensor de temperatura

O "Edifício Branco", localizado em Fortaleza, no Bairro José Bonifácio, na Rua Mestre Rosa, esquina com a Rua Conselheiro Tristão (ver foto aérea - figura 05), possui 20 pavimentos e de forma similar à sua contraparte, o "Edifício Preto". Seu envelope foi executado com alvenaria de tijolo cerâmico de 15cm, revestido externamente com cerâmica branca e azul, além de textura acrílica fosca preta para a área interna das varandas na fachada principal, de orientação leste (figura 09). Na fachada posterior, de orientação oeste, predomina o uso de textura acrílica fosca na cor branca com pequenas faixas do mesmo revestimento na cor preta além de trechos com cerâmica azul (figura 10). Nesta fachada estão localizadas a área de serviço,

cozinha, dependência e caixa de escada (figura 10). O apartamento analisado situa-se no 10º andar.



Fig. 09 – Edifício Branco: fachada principal
Fonte: arquivo pessoal

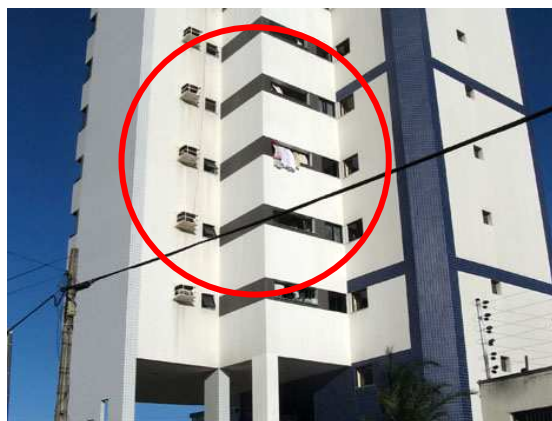


Fig. 10– Edifício Branco - Superfície em textura acrílica branca na fachada oeste
Fonte: arquivo pessoal

Segue abaixo a planta (figura 11) do ambiente correspondente a fachada que foi analisada, indicando a localização do sensor de temperatura instalado.

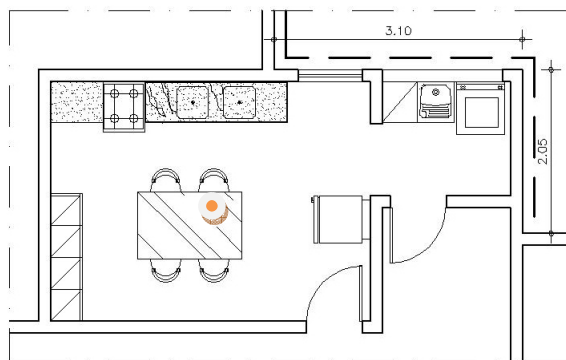


Fig. 11 – Edifício Branco: Planta baixa da cozinha / área de serviço.
local do sensor de temperatura

4. ANÁLISE DE RESULTADOS

4.1. Análise das amostras de revestimento coletadas

Conforme descrito na metodologia, as amostras de tinta usadas no revestimento externo dos edifícios avaliados foram coletadas para a obtenção dos valores de absorvância de cada revestimento. Abaixo, nas figuras 12 e 13, pode-se observar as amostras de textura acrílica fosca preta e branca, respectivamente, aplicadas no revestimento de cada um dos edifícios do estudo de caso.



Fig. 12 –Textura acrílica fosca preta



Fig. 13 –Textura acrílica fosca branca

Em seguida, as amostras foram digitalizadas para se obter os parâmetros de RGB e HSL (tabela 1) necessários para o cálculo de suas respectivas absorvâncias.

Amostra	R	G	B	H	S	L
Preta	51	43	41	8	26	43
Branca	246	247	242	48	57	230

Tabela 1 – Parâmetros de RGB e HSL para cada amostra de tinta

De posse dos valores de RGB e HSL, foi possível inseri-los nas equações de cálculo da absorptância estimada para a faixa visível do espectro e para o espectro solar total.

Considerando que a soma da absorptância com a refletância deve ser sempre igual a 100% é possível deduzir os valores de refletância das amostras analisadas. Entretanto, de acordo com a equação utilizada, as absorptâncias estimadas para a tinta preta apresentaram valores superiores a 100% o que, de acordo com Dornelles (2008), demonstra que as equações de regressão obtidas neste método ainda não atendem a todas as cores de tintas, e nem levam em consideração a rugosidade da superfície, mas apenas o tipo de acabamento, no caso, fosco. Vale ressaltar também que estas equações apenas apresentam valores estimados em relação à absorptância real das superfícies e, segundo a autora, possuem uma margem de erro que pode chegar a até 10% em relação aos valores obtidos por um espectrofotômetro.

Portanto, como são equações que ainda carecem de maior aperfeiçoamento e fatores de correção, devem ser utilizadas apenas como orientação para estimativa das propriedades de absorção de radiação solar nas tintas imobiliárias.

Segue abaixo a tabela (tabela 2) contendo os valores de absorptância para as amostras coletadas.

Amostra	α_{VIS}	α_T
Preta	119,5965%	120,4087%
Branca	16,058%	2,5818%

Tabela 2 – Valores de absorptância das amostras

4.2. Monitoramento da temperatura

Durante um período de seis dias, as temperaturas internas das cozinhas dos dois edifícios foram registradas por meio de *data loggers*, conforme já descrito na metodologia. Após o término desse período, os dados de temperatura obtidos foram analisados e escolhido o intervalo de três dias mais relevantes para esta pesquisa. O gráfico a seguir (figura 14) mostra as temperaturas internas obtidas durante o intervalo mais relevante (de 22 a 24 de maio de 2010, durante o período de chuvas em Fortaleza) juntamente com as temperaturas externas fornecidas pela estação meteorológica do IFCE para o mesmo período.

Conforme observado no gráfico (figura 14), a temperatura no Edifício Preto, quando não se manteve a mesma do Edifício Branco, mostrou-se superior, chegando a picos de 0,41°C de diferença como por exemplo, às 17h do dia 23 de maio, onde a temperatura interna no edifício preto estava a 31,12°C e no edifício branco estava a 30,71°C.

Entretanto, experimentos anteriores realizados com protótipos em condições ideais, apontam diferenças de temperatura bem superiores como no caso de Bansal, Garg e Kothari (1992, apud Dornelles, 2008 p. 43) que realizaram medições com o objetivo de avaliar o impacto da cor do envelope no desempenho térmico do edifício, obtendo resultados que demonstraram que as temperaturas do ar em um ambiente pintado de preto chegaram a 7°C mais altas do que no mesmo ambiente pintado de branco. Da mesma forma, Cheng (2004), através de uma experiência semelhante, demonstrou que a temperatura interna no protótipo preto chegou a picos de 12°C a mais em relação à do protótipo branco. No experimento realizado, o edifício com envelope na cor preta apresentou, conforme já dito, um incremento de até 0,41°C na temperatura interna em relação ao edifício com revestimento de mesmas propriedades termo-dinâmicas na cor branca.

As maiores variações de temperatura ocorreram no período da tarde, quando as fachadas em questão receberam maior carga de radiação solar por conta de sua orientação oeste que, em seguida, foi transmitida para o ambiente interno. Já durante as primeiras horas do dia e à noite, as temperaturas em ambos os apartamentos se mantiveram parecidas.

Um aspecto que pode ser observado ao se comparar as temperaturas externas com as do interior de

cada edifício é a alta inércia térmica destas edificações (Figura 14) que conseguiram conservar uma temperatura interna quase que constante, mesmo com as variações de temperatura no ambiente externo. Entretanto, as temperaturas internas, na maior parte do dia apresentaram-se superiores às temperaturas externas, demonstrando a facilidade destes edifícios em absorver o calor e conservá-lo, demonstrando assim sua ineficiência em resguardar o ambiente interno do calor, geralmente indesejável em regiões de clima tropical quente e úmido como na cidade de Fortaleza.

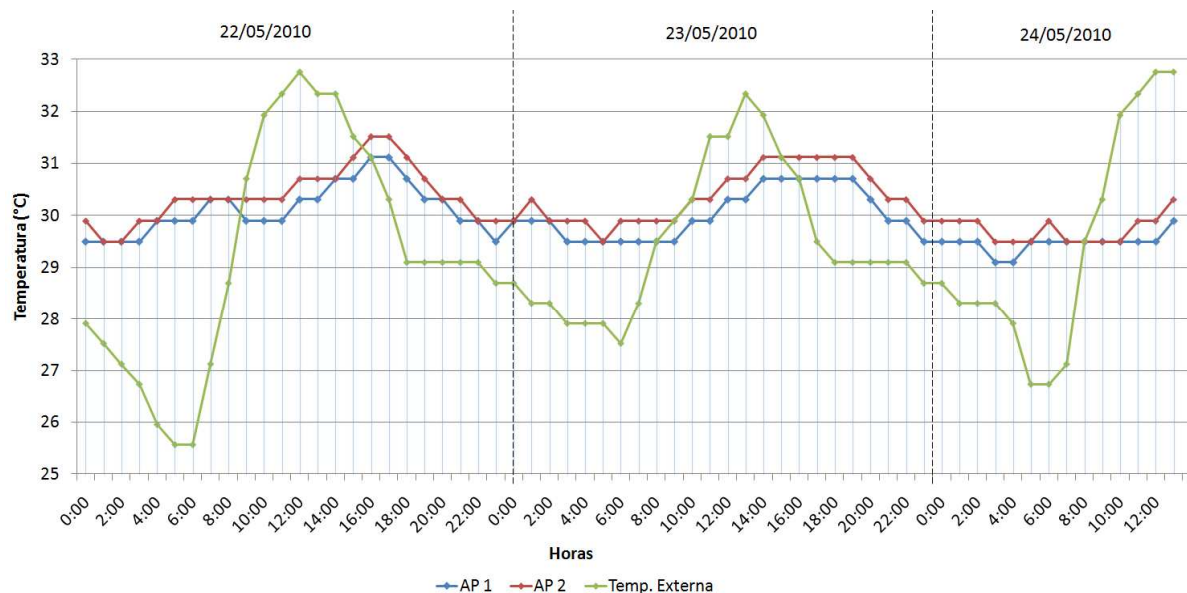


Figura 14 – Monitoramento da temperatura feito nos dois apartamentos
AP1 = Apartamento Branco / AP2=Apartamento Preto

Uma vez que o escopo deste trabalho é avaliar o impacto da cor, entre revestimentos com propriedades físicas semelhantes, no conforto térmico do edifício, fatores alheios ao envelope, como a forma de ocupação dos ambientes avaliados e seus revestimentos internos não foram considerados nesta pesquisa. Entretanto, é sabido que estes elementos também tem sua parcela de interferência na temperatura interna.

Portanto, os resultados obtidos embora não possam ser conclusivos com relação à influência da cor do envelope na temperatura interna, são forte indicadores de que a escolha da cor do envelope possui grande impacto no conforto térmico da edificação. Os valores de absorvância encontrados através das equações, ainda que imprecisos, coincidem com os dados de temperatura obtidos pelos sensores térmicos, que mostram que o edifício com revestimento na cor preta absorveu maior quantidade de radiação solar, conseqüentemente transmitida para o interior do apartamento, acarretando temperaturas mais altas que as encontradas no edifício com revestimento na cor branca, que absorveu menos radiação solar.

5. CONCLUSÕES

De acordo com o esperado, a aplicação de textura acrílica fosca na cor preta, no envelope do edifício contribuiu para que este apresentasse um menor desempenho térmico em relação ao outro edifício analisado, com propriedades semelhantes no envelope, porém com utilização de cor branca no revestimento. Isto pôde ser constatado por meio do monitoramento da temperatura no interior destes edifícios ao longo do experimento, e de cálculos para avaliar a quantidade de radiação solar que cada um dos revestimentos estava absorvendo e, conseqüentemente, transmitindo para o interior do edifício.

Conforme fora constatado com os resultados das equações de estimativa da absorvância das amostras de tinta coletadas, a amostra na cor branca apresentou baixa absorvância, enquanto o cálculo para a amostra de tinta preta resultou em uma absorvância acima de 100%, indicando que o método alternativo utilizado ainda precisa de ajustes e aprimoramentos em sua precisão para determinadas cores como foi o caso dessa amostra analisada. Porém, dependendo da cor a ser analisada, é um método que pode ser considerado seguro, com diferenças inferiores a 10% em relação às medições através do espectrofotômetro (DORNELLES, 2008).

A medição da absorvância e refletância por meio do espectrofotômetro é o método mais preciso e seguro para determinar os valores destas propriedades dos materiais, além de permitir estudos mais

aprofundados, como análises da absorvância ao longo de todo o espectro solar. Contudo, apesar de suas vantagens e precisão, ainda é um método pouco acessível devido ao alto custo do equipamento e pequena disponibilidade em laboratórios. Portanto, adotou-se o método alternativo da medição da absorvância por meio de scanner, em conjunto com equações de estimativa dessa propriedade física, muito embora, ao final do experimento, tenha demonstrado ser insuficiente em precisão para a amostra da tinta preta analisada.

Vale ressaltar também que este método alternativo não leva em consideração a rugosidade da superfície, pois consideram apenas a cor e o tipo de acabamento, que é fosco. A rugosidade superficial é um fator relevante no caso de texturas acrílicas com alto teor de rugosidade em seu acabamento, como no caso das amostras deste experimento. Entretanto, apesar disso, os valores obtidos por meio dessa estimativa podem servir de indicadores para confirmar a relação entre cores e a refletância de radiação solar.

Uma característica que pôde ser constatada através deste experimento é a alta inércia térmica destes edifícios, conseguindo conservar suas temperaturas internas quase que de forma constante ao longo do dia, apesar das variações da temperatura externa. Por outro lado, as temperaturas internas em ambos os apartamentos, durante a maior parte do dia se mostraram acima de 29,5°C, geralmente indesejável em regiões de clima tropical, o que pode apontar para uma situação de desconforto térmico por parte de seus ocupantes, conforme recomendado pelos padrões de zona de conforto estabelecidos pela ABNT (2005), estimulando a adoção de soluções artificiais de condicionamento do ar para o resfriamento destes ambientes e, conseqüentemente, maior desperdício de energia.

Uma das formas mais eficientes de reduzir a quantidade de calor que é absorvida pelo edifício e os gastos com sistemas de ar condicionado pode ser alcançada diminuindo-se a temperatura superficial externa dos edifícios, reduzindo o fluxo de calor que passa pelo envoltório da edificação. Esta diminuição da temperatura pode ser alcançada aumentando a refletância solar das superfícies presentes no envelope do edifício, reduzindo assim o ganho de calor pelo mesmo. Outro fator importante é o sombreamento das superfícies.

Com relação à escolha da tinta a ser aplicada nos revestimentos externos dos empreendimentos imobiliários, na maioria das vezes ela é feita somente em função da sua percepção visual, quando se leva em conta apenas as características psicológicas ou estéticas que as cores exercem sobre os usuários, desconsiderando as propriedades físicas da cor, textura e do tipo de revestimento em função de sua absorvância ou refletância da radiação solar. Quando, na verdade, o tipo de cor a ser aplicada e o acabamento desse material a ser aplicado no revestimento externo de um edifício deveriam ser tratados como elementos de projeto da maior importância, uma vez que exercem grande impacto negativo no conforto térmico.

Atualmente, existe uma diversidade enorme de tintas e revestimentos no mercado, com grande variedade de cores e acabamentos, permitindo que os projetistas usufruam de diversas alternativas, certamente mais adequadas à realidade climática da cidade de Fortaleza e assim, contribuir para reduzir os ganhos de calor nos edifícios.

Embora os objetivos estabelecidos no início deste trabalho tenham sido atendidos e os resultados apontem para um maior ganho de calor através de superfícies escuras, confirmando os estudos prévios realizados em laboratório, existem diversos fatores que podem influenciar no conforto térmico de um edifício os quais, para um resultado mais eficaz da pesquisa, tiveram de ser isolados ou desconsiderados, carecendo de futuros estudos, mais amplos ou complementares, que contemplem os demais fatores externos e internos que contribuem para o ganho de calor no ambiente interno.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABNT, Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR 15.575-4 - Edifícios habitacionais de até cinco pavimentos - Desempenho - Parte 4: Sistemas de vedações verticais externas e internas**. Brasil, 2008.
- ABNT, 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, 2005.
- CARAM, R. M.; CASTRO, A. P. A. S.; LABAKI, L. C.; FERNANDES, M. R. **Medidas de refletância de cores de tintas através de análise espectral**. Ambiente Construído (São Paulo), v. 3, n. 2, p. 69-69, 2003.
- CASTRO, Adriana P. de A. Silva. **Análise da refletância de cores de tintas através da técnica espectrofotométrica**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - Universidade Estadual de Campinas, UNICAMP. Campinas, SP, 2002.
- CHENG, V. **Predicting thermal performance of building design in Hong Kong: scale-model**

- measurement and field study.** 2004. 171p. Thesis (Master of Philosophy in Architecture) - The Chinese University of Hong Kong, Hong Kong. 2004.
- DORNELLES, K. A.; RORIZ, Maurício. **Influência das tintas imobiliárias sobre o desempenho térmico e energético de edificações.** In: X Congresso Internacional de Tintas, 2007, São Paulo. Anais do X Congresso Internacional de Tintas. São Paulo: ABRAFATI, 2007.
- DORNELLES, K. A.; RORIZ, Maurício. **Métodos alternativos para identificar a absorvância solar de superfícies opacas.** Ambiente Construído (Online), v. 7, p. 109-127, 2007.
- DORNELLES, K. **Absorvância solar de superfícies opacas: métodos de determinação e base de dados para tintas látex acrílica e PVA.** Tese (Doutorado em Engenharia Civil) - Universidade Estadual de Campinas, UNICAMP. Campinas, SP, 2008.
- DORNELLES, K. A. **Absorvância solar de superfícies opacas: base de dados de tintas látex acrílica e PVA e a influência da rugosidade superficial.** In: X ENCONTRO NACIONAL E VI ENCONTRO LATINO AMERICANO DE CONFORTO NO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 2009, Natal. Anais do X ENCAC e VI ELACAC, 2009.
- SILVA, A. C. (2005). **Avaliação do Comportamento Térmico de Habitações em San Antonio de Los Baños, Cuba.** 153 p. Tese (Doutorado) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos.