

ANÁLISE EXPERIMENTAL DO DESEMPENHO DE ENVIDRAÇADOS COM PELÍCULAS DE CONTROLO SOLAR

Júlia Pereira¹, Maria da Glória Gomes¹, António Moret Rodrigues¹ e Rogério Duarte²

1: Departamento de Engenharia Civil, Arquitetura e Georrecursos (DECivil), CERis
Instituto Superior Técnico
Universidade de Lisboa
e-mail: julia.pereira@tecnico.ulisboa.pt, maria.gloria.gomes@tecnico.ulisboa.pt,
moret.rodriguestecnico.ulisboa.pt, web: <http://www.ceris.pt>

2: Departamento de Engenharia Mecânica (DEM), CINEA
Instituto Politécnico de Setúbal
Escola Superior de Tecnologia de Setúbal
email: rogerio.duarte@estsetubal.ips.pt, web: <http://investigacao.ips.pt/cinea>

Palavras-chave: Campanha *in-situ*, Conforto térmico, Reabilitação de envidraçados, Conforto visual, Fachada de edifícios, Edifícios não residenciais

Resumo. *A utilização do vidro na construção tem tido uma expressão cada vez mais significativa, resultando em rácios de envidraçado na fachada muito elevados, especialmente em edifícios não residenciais. Esta tendência deve-se às boas características estéticas e óticas do vidro que permitem a entrada de luz natural e visão para o exterior, podendo contribuir para poupanças de energia com iluminação e conforto visual. No entanto, os ganhos solares pelos envidraçados, especialmente em climas com verões quentes e prolongados, contribuem de forma muito significativa para as cargas térmicas de arrefecimento e podem originar problemas de encadeamento, perturbando a produtividade dos utilizadores. A película de controlo solar, desenvolvida para aplicação em envidraçados na indústria da construção civil, tem como objetivo principal reduzir as cargas térmicas de um espaço interior, impedindo a passagem de radiação em todo o espectro de radiação solar ou em certos comprimentos de onda específicos. Com o objetivo de avaliar a eficiência térmica e lumínica de películas de controlo solar, foi realizada uma campanha experimental no período de verão e no período de inverno em dois gabinetes semelhantes localizados em Lisboa. Um deles, considerado como gabinete de referência, não tem película aplicada no envidraçado e o outro tem aplicada uma película no envidraçado. Os resultados observados mostram que a película melhora o desempenho térmico e lumínico do ambiente interior durante o período de verão no gabinete em que está aplicada, o qual registou uma diminuição dos valores de temperatura interior comparativamente ao gabinete de referência, o que pode conduzir a uma diminuição do consumo de energia com arrefecimento. Durante o período de inverno, o gabinete com película de controlo solar apresentou valores de temperatura e de iluminação natural inferiores aos valores observados no gabinete de referência, diminuindo as condições de conforto no ambiente interior.*

1. INTRODUÇÃO

Na arquitetura moderna, o uso de envidraçados nas fachadas de edifícios não residenciais aumentou significativamente nos últimos anos. Este aumento deve-se principalmente a razões de ordem estética, associadas ao aspeto visual apelativo e moderno que o uso do vidro confere às construções e pela entrada de luz natural nos edifícios. No entanto, o aumento da área envidraçada na fachada coloca pressões adicionais nas cargas térmicas do edifício, contribuindo para um aumento da temperatura interior e dos níveis de iluminância e um possível aumento da utilização de sistemas de climatização e de dispositivos de controlo solar [1].

A película de controlo solar (PCS), desenvolvida para a aplicação em envidraçados na indústria da construção civil, tem como objetivo principal reduzir as cargas térmicas de um espaço interior, reduzindo a passagem de radiação em todo o espectro de radiação solar ou em certos comprimentos de onda específicos (foto-seletiva) [2]. Segundo a norma EN 15755-1 [3], a película polimérica adesiva quando aplicada na superfície do vidro altera o fator solar do envidraçado, através da modificação de parâmetros como a transmissão, a reflexão, a absorção e a transmissão de raios ultravioleta e de luz visível.

Li et al. analisaram dois escritórios, através de métodos numéricos com calibração das temperaturas superficiais do vidro, com elevado rácio de envidraçado na fachada, um com e o outro sem PCS, em Hong-Kong [4]. Concluíram que no escritório com PCS houve uma redução constante na transmissão de luz visível e que o valor de reflexão do envidraçado variava diretamente com os níveis de radiação solar, conseguindo refletir até 30% do total da radiação solar incidente.

Yin et al. analisaram através de simulações numéricas o desempenho energético de um museu com e sem PCS, em Shanghai [5]. Os resultados com PCS neste edifício mostraram uma redução do pico mensal e da média anual de consumo de eletricidade.

Moretti et al. realizaram um estudo experimental para analisar o desempenho térmico e lumínico de dois escritórios similares, um com e o outro sem PCS, na Perugia, em Itália [6]. Os resultados mostraram que o escritório com PCS teve uma redução da temperatura interior de 2-3°C em dias de céu descoberto e uma redução dos níveis de iluminância de 59%.

De uma forma geral, os estudos que analisam numericamente o desempenho térmico, lumínico e energético de espaços interiores com e sem PCS, são dirigidos principalmente para o caso de vidros duplos. Esta constatação também se aplica aos estudos experimentais que analisam *in-situ* a influência das PCS na temperatura interior, na iluminância e na irradiância, que se limitam em geral a casos de estudo de envidraçados com vidros duplos.

O presente trabalho propõe-se avaliar a variação de parâmetros associados ao conforto térmico e visual de envidraçados simples de gabinetes com e sem PCS localizados em Lisboa, Portugal. Para isso, foi realizada uma campanha experimental de monitorização *in-situ* simultaneamente em dois gabinetes similares e adjacentes de um mesmo caso de estudo. No primeiro gabinete foi aplicada uma PCS pelo interior do envidraçado e no segundo gabinete o envidraçado permaneceu sem PCS (gabinete de referência). O desempenho térmico e visual foi analisado através de medições das temperaturas ambiente e superficiais do vidro, da radiação solar incidente no plano da fachada e da iluminância e irradiância no ambiente interior.

2. METODOLOGIA

2.1. Caso de estudo

O caso de estudo é constituído por dois gabinetes adjacentes localizados no 2º piso do Pavilhão de Engenharia Civil e Arquitetura do Instituto Superior Técnico situado no campus da Alameda, em Lisboa (Figura 1.a). O edifício é constituído essencialmente por salas de aula e gabinetes de escritórios. Os gabinetes em estudo têm uma área total de 13.5m² e um pé direito de 3.15m, com ocupação média diária de uma pessoa em horário laboral, sendo estas condições características dos gabinetes tipo deste edifício. A fachada exterior tem orientação Este e um envidraçado com 8m² de área, ficando exposto à radiação

solar direta durante o período da manhã e, nas restantes horas do dia, apenas à radiação difusa. O envidraçado é constituído por uma caixilharia de alumínio termolacado de correr sem corte térmico e um vidro simples temperado de 6mm de espessura.

Com o objetivo de avaliar o desempenho térmico e visual dos gabinetes deste edifício com e sem PCS, foram selecionados dois gabinetes adjacentes (gabinetes A e B da Figura 1.b), onde num deles (gabinete A) foi instalada a película de controlo solar (PCS) Prestige 70 pelo interior do vidro e no outro (gabinete B) o envidraçado permaneceu sem PCS. Estes gabinetes apresentam características de geometria, constituição, orientação solar e ocupação idênticas (Figura 1.c), o que os torna um bom caso de estudo para uma análise comparativa do efeito de aplicação de PCS. Na Tabela 1 apresentam-se as propriedades térmicas e óticas do vidro com PCS (gabinete A) e do vidro sem película (gabinete B), determinadas com recurso aos programas de simulação *Window* e *Optics* [7] e que consistem em: coeficiente de seletividade espectral (*CSE*), coeficiente de transmissão térmica em W/m^2K (*U*), fator solar (*g*), transmitância visível (τ_{vis}), refletância frontal visível ($\rho_{f,vis}$), refletância de tardoaz visível ($\rho_{b,vis}$), transmitância solar (τ_{sol}), refletância frontal solar ($\rho_{f,sol}$), refletância de tardoaz solar ($\rho_{b,sol}$) e absorptância do pano de vidro exterior (α_I).

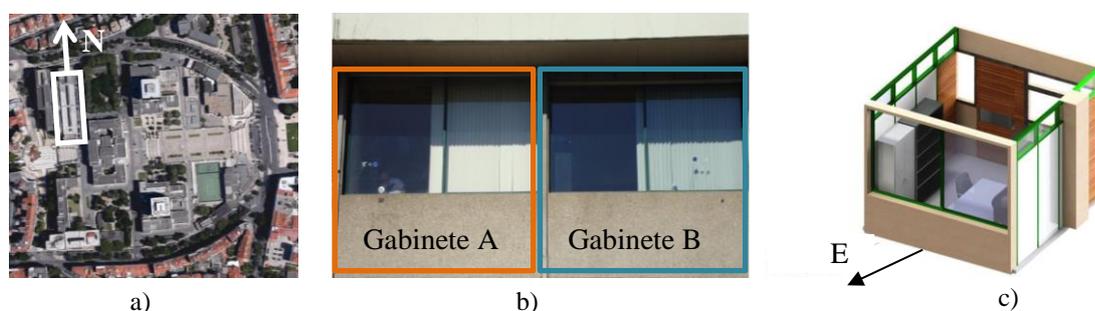


Figura 1. Gabinetes do caso em estudo: a) localização em planta do edifício no campus da Alameda do Instituto Superior Técnico; b) fachada; c) representação tridimensional de um gabinete [8]

Propriedades térmicas e óticas	CSE	U	g	τ_{vis}	$\rho_{f,vis}$	$\rho_{b,vis}$	τ_{sol}	$\rho_{f,sol}$	$\rho_{b,sol}$	α_I
Gabinete A (Película Prestige 70)	1.30	5.450	0.479	0.623	0.1495	0.127	0.315	0.170	0.134	0.127
Gabinete B (sem película)	1.05	5.809	0.849	0.892	0.081	0.081	0.817	0.074	0.074	0.109

Tabela 1: Propriedades térmicas e óticas do envidraçado do gabinete A e do gabinete B determinadas numericamente com os programas *Window* e *Optics*

2.2. Campanha experimental

A campanha de monitorização térmica e lumínica foi realizada *in-situ* em simultâneo em dois gabinetes, o gabinete A, onde foi aplicada uma PCS na superfície interior do vidro, e o gabinete B, que permaneceu sem película aplicada no vidro, servindo como gabinete de referência. A campanha experimental decorreu de 24 a 31 de julho e de 8 a 13 de setembro, durante a estação de verão, e de 24 a 30 de novembro e de 10 a 3 de dezembro, durante a estação de inverno.

Para determinar o desempenho térmico e visual de um gabinete com película (gabinete A) e de outro

sem película (gabinete B), foram monitorizadas na estação de verão e de inverno as seguintes grandezas: i) temperatura e humidade relativa dos ambientes interior e exterior; ii) temperaturas superficiais interior e exterior do vidro e da parede da fachada; iii) fluxo de calor na superfície interior do envidraçado e da parede da fachada; iv) iluminância e irradiância do ambiente interior no plano de trabalho e exterior no plano vertical normal à fachada; v) radiação global em plano horizontal.

Em ambos os gabinetes foram utilizados seis termopares do tipo T com 0.2mm de espessura para medição da temperatura dos ambientes interior e exterior e das temperaturas superficiais no envidraçado e na parede da fachada. A medição do fluxo de calor foi obtida com dois fluxímetros Hukseflux HFP01 em cada gabinete, colocados na superfície interior do envidraçado e na superfície interior da parede da fachada. A iluminância e irradiância interior e exterior foram obtidas por piranómetros LI-COR LI200 e LI-COR LI210R e por um piranómetro Kipp&Zonen CM5 de classe 1 (colocado no ambiente interior dos gabinetes), perfazendo um total de 3 luxímetros e 3 piranómetros. Todos os equipamentos descritos ficaram conectados a sistemas de aquisição de dados, nomeadamente, os dataloggers Campbell CR10X e o DeltaT DL2.

Para além destes equipamentos, foi colocado em cada gabinete um termohigrómetro rotronic no topo de uma estante de arrumação e um termohigrómetro Tinytag no parapeito da janela do gabinete A. A Tabela 2 apresenta os equipamentos utilizados, as variáveis medidas, a precisão dos aparelhos e a sua localização e a Figura 2 ilustra a disposição dos equipamentos nos gabinetes em estudo.

Equipamento	Variável	Nomenclatura	Precisão	Localização
Termopares	Temperatura	T_{si}, T_{se}	$\pm 0.2^{\circ}\text{C}$ a 100 $^{\circ}\text{C}$	Superfície interior e exterior do vidro e da parede da fachada
		T_{int}, T_{ext}		Ambiente interior e exterior
Fluxo	Fluxo de calor	$F_{int,jan}$	$\pm 5\%$	Superfície interior do vidro e da parede da fachada
		$F_{int,par}$		
Piranómetro	Radiação global	$I_{int,vert}$	$\pm 3\%$	Ambiente interior a 15cm da janela
		$I_{ext,vert}$		Ambiente exterior (fachada Este)
Luxímetro	Iluminância	$E_{int,vert}$	$\pm 5\%$	Ambiente interior a 15cm da janela
		$E_{ext,vert}$		Ambiente exterior (fachada Este)

Tabela 2: Equipamento, variáveis, nomenclatura, precisão e localização dos equipamentos utilizados

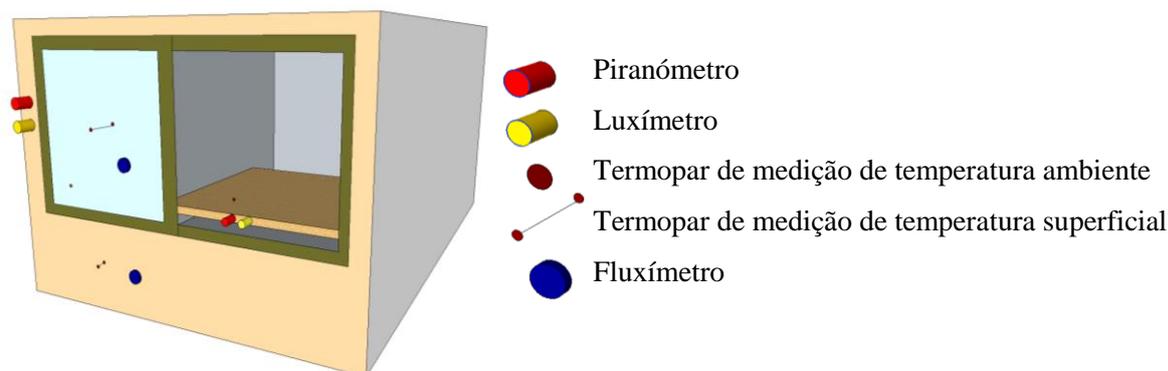


Figura 2. Esquema ilustrativo da localização dos equipamentos de medição na janela

3. APRESENTAÇÃO E ANÁLISE DE RESULTADOS

Na presente seção analisam-se os resultados obtidos da temperatura do ambiente interior e das temperaturas superficiais do vidro, da iluminância e da irradiância no ambiente interior do gabinete A (com PCS aplicada no interior do vidro) e do gabinete B (de referência). Para isso, e uma vez que a quantidade de dados obtidos é muito extensa, selecionaram-se dias de maior interesse para ser analisados em cada estação: dois dias não climatizados da estação de verão (DnC-V), 27 e 28 de julho, e dois dias não climatizados da estação de inverno (DnC-I), 24 e 30 de novembro.

Na Tabela 3 apresentam-se os dias tipo selecionados para cada estação e as seguintes variáveis climáticas registradas nesses dias, nomeadamente: temperatura exterior média e máxima diária, T_{ext} e $T_{ext,máx}$ respetivamente, e radiação global média e máxima diária em plano vertical em W/m^2 , $Rad_{glob,vert}$ e $Rad_{glob,vert,máx}$ respetivamente.

	T_{ext} (°C)	$T_{ext,máx}$ (°C)	$R_{glob,vert}$ (W/m^2)	$R_{glob,vert,máx}$ (W/m^2)
a) DnC-V: 27 e 28 de julho	22.66 e 22.00	34.12 e 26.10	192 e 112	577 e 317
b) DnC-I: 24 e 30 de novembro	11.21 e 10.63	13.90 e 12.89	164 e 148	553 e 550

Tabela 3: Dias não climatizados: a) da estação de verão e; b) da estação de inverno

3.1. Temperaturas ambiente interior e superficiais do vidro

Na Figura 3 apresentam-se a radiação global medida no plano vertical da fachada dos gabinetes ($R_{glob,vert}$), temperaturas interiores (T_{int}), superficiais interior (T_{si}) e exterior (T_{se}) para os dias não climatizados da estação de verão (DnC-V) e de inverno (DnC-I) para ambos os gabinetes A e B.

Relativamente às temperaturas interiores e superficiais do vidro nos DnC-V e DnC-I é interessante notar que: i) as temperaturas interiores têm o maior aumento durante o período da manhã, entre as 06h00 e as 12h00, evidenciando uma forte influência da radiação direta no ambiente térmico dos gabinetes e tendem a diminuir nas restantes horas; ii) comparando os valores diários de temperatura interior do gabinete A com os do gabinete B, observa-se uma redução média de 0.92°C e de 0.47°C nos dias 27 e 28 de Julho, respetivamente, e de 1.06°C e 2.31°C nos dias 24 e 30 de Novembro, respetivamente; iii) a temperatura superficial interior do vidro do gabinete A é superior à do gabinete B durante o período de exposição à radiação solar direta, atingindo os valores máximos de 44.8°C e 34.6°C no período de verão, e de 23.1°C em ambos os dias no período de inverno; iv) a temperatura superficial exterior do vidro do gabinete A é também superior à do gabinete B durante o período de exposição à radiação solar direta, atingindo os valores máximos de 43.4°C e 34.9°C no período de verão, e de 20.9°C e 15.5°C no período de inverno; v) no período sem exposição à radiação direta, os valores das temperaturas superficiais de ambos os gabinetes aproximam-se dos valores da temperatura exterior.

De forma a analisar mais pormenorizadamente a variação das temperaturas nos vidros com e sem PCS no período de verão e de inverno são apresentados na Figura 4 e 5 os perfis horizontais de temperatura em ambos os gabinetes do caso em estudo nos DnC-V e DnC-I, respetivamente.

Observa-se na Figura 4 que no período de verão às 09h00 as temperaturas superficiais do gabinete A com PCS são superiores às do gabinete B sem PCS, o que implica que nessa hora o fluxo de calor por convecção entre a superfície interior do vidro e o ar interior deva ser maior no gabinete A, com PCS, do que no gabinete B, sem PCS. Os valores da temperatura superficial interior e exterior são semelhantes para a mesma hora em ambos os gabinetes ($T_{si} \approx T_{se}$), com exceção das 09h00 no gabinete B, onde a temperatura superficial exterior é superior à interior. A temperatura interior e exterior, na mesma hora, tomam valores muito semelhantes ($T_{int} \approx T_{ext}$), o que é indicativo de um elevado valor do coeficiente de transmissão térmica do vidro.

Observa-se na Figura 5 que no período de inverno às 06h00 e às 9h00 a temperatura exterior é menor do que nas restantes horas do dia. Em ambos os gabinetes e em todas as horas observa-se $T_{si} \geq T_{se}$, o que indica que o fluxo de calor por condução no vidro ocorre no sentido do ambiente interior para o ambiente

exterior e resulta em perdas térmicas através deste elemento da fachada.

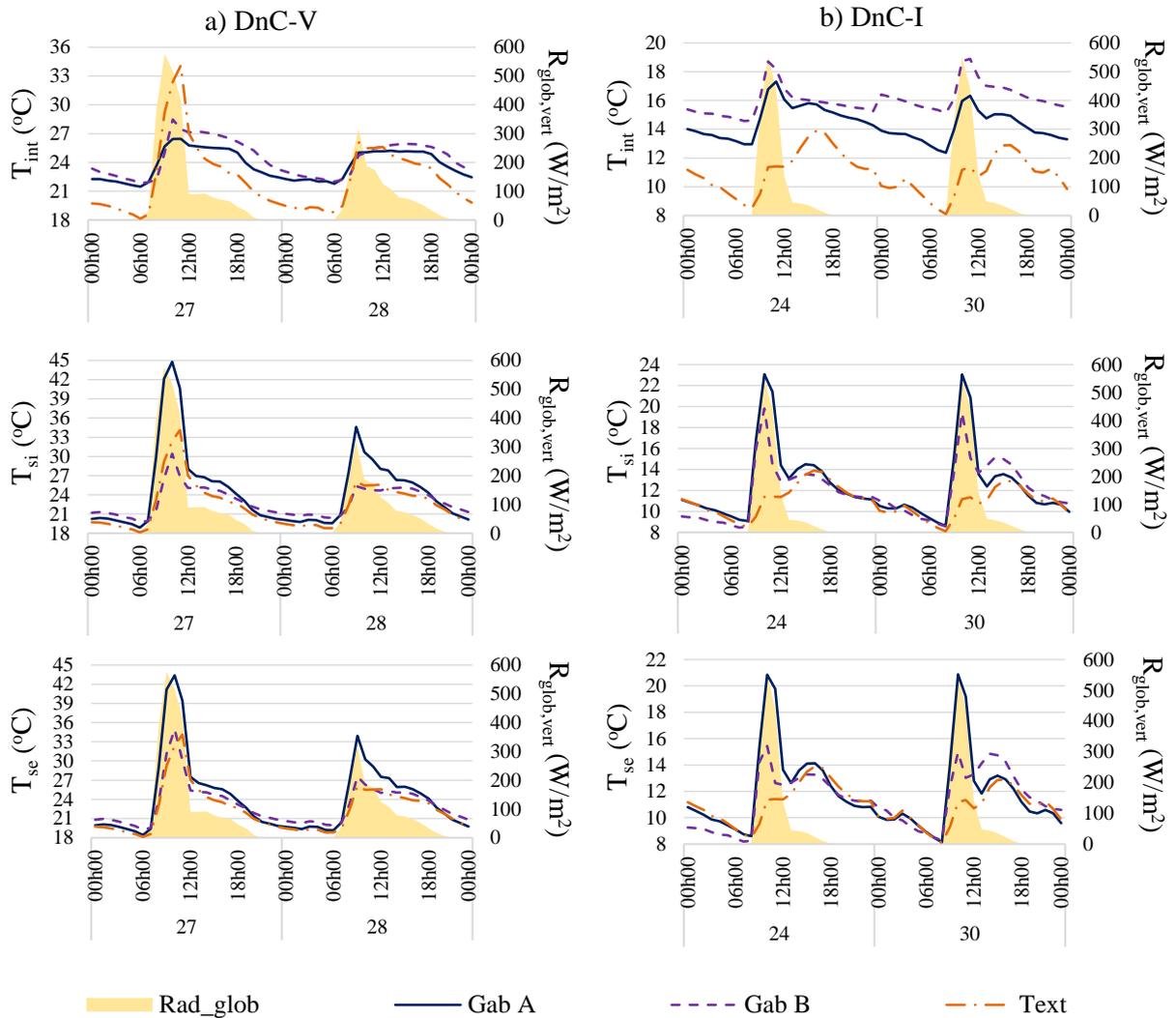


Figura 3. Temperaturas interior, T_i , superficial interior, T_{si} , e exterior, T_{se} , e radiação global em plano vertical, $R_{glob,vert}$, no gabinete A e no gabinete B em dias não climatizados: a) DnC-V e; b) DnC-I

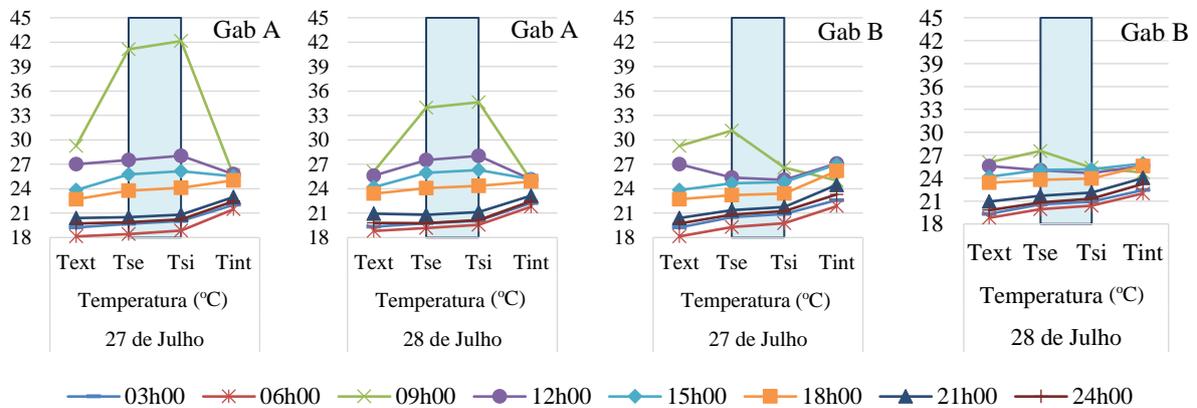


Figura 4. Perfil de temperaturas no vidro nos DnC-V no gabinete A e no gabinete B

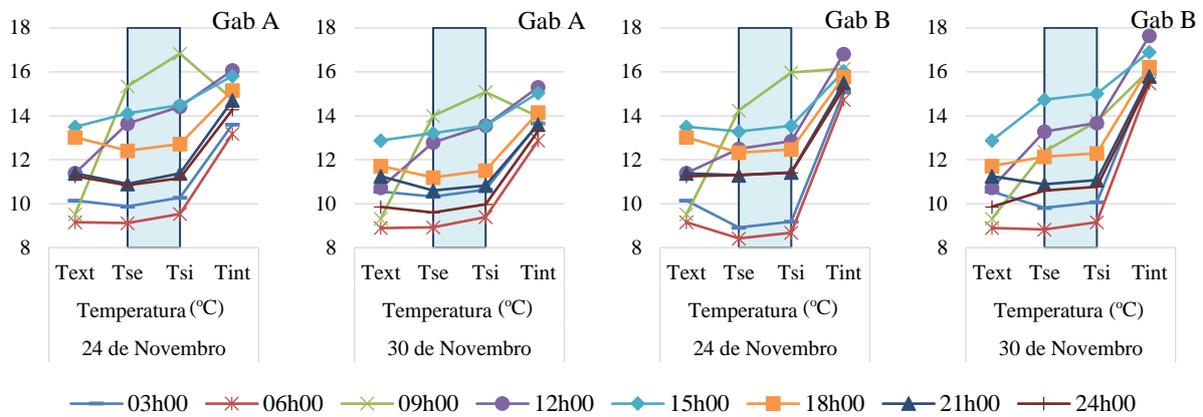


Figura 5. Perfil de temperaturas no vidro nos DnC-I no gabinete A e no gabinete B

3.2. Irradiância vertical interior

Na Figura 6 são apresentados os valores de irradiância em plano vertical exterior ($I_{ext,vert}$) e interior no gabinete A ($I_{int,vertA}$) e no gabinete B ($I_{int,vertB}$).

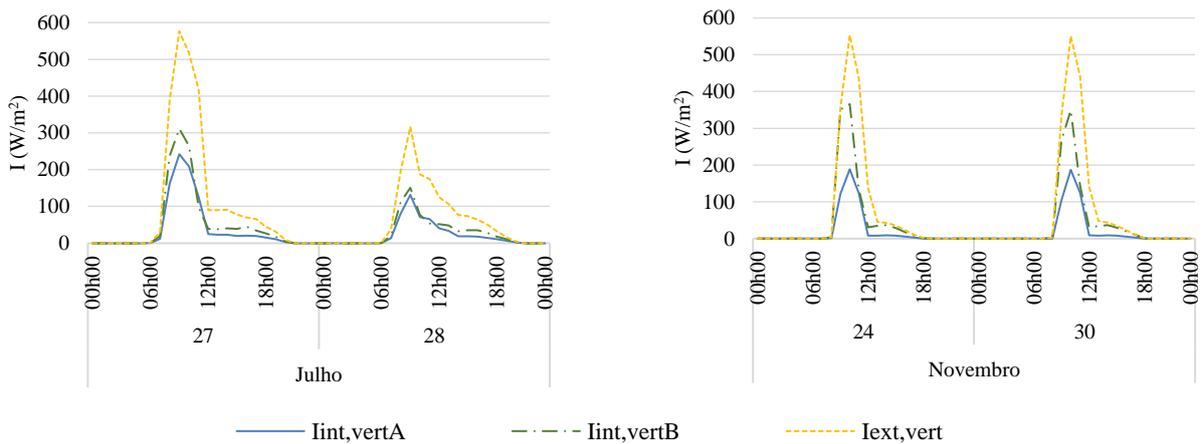


Figura 6. Irradiância interior em plano vertical no gabinete A, $I_{int,vertA}$, no gabinete B, $I_{int,vertB}$, e exterior em plano vertical, $I_{ext,vert}$

Observa-se na Figura 6 que durante o período de insolação os valores de irradiância interior em plano vertical no gabinete B são superiores aos do gabinete A nos dias analisados na estação de verão e de inverno ($I_{int,vertA} \leq I_{int,vertB}$). A PCS originou uma redução média diária entre 48-55% nos dias 27 e 28 de julho e entre 49-50% nos dias 24 e 30 de novembro. É importante salientar que apesar dos valores observados de irradiância exterior serem superiores nos DnC-I quando comparados com os observados nos DnC-V ($I_{ext,vert}$ (médio verão) $<$ $I_{int,vertB}$ (médio inverno)), a redução da irradiância no gabinete B com PCS foi mais significativa na estação de inverno do que na estação de verão.

3.3. Iluminância vertical interior

Na Figura 7 são apresentados os valores de iluminância em plano vertical exterior ($E_{ext,vert}$) e interior no gabinete A ($E_{int,vertA}$) e no gabinete B ($E_{int,vertB}$).

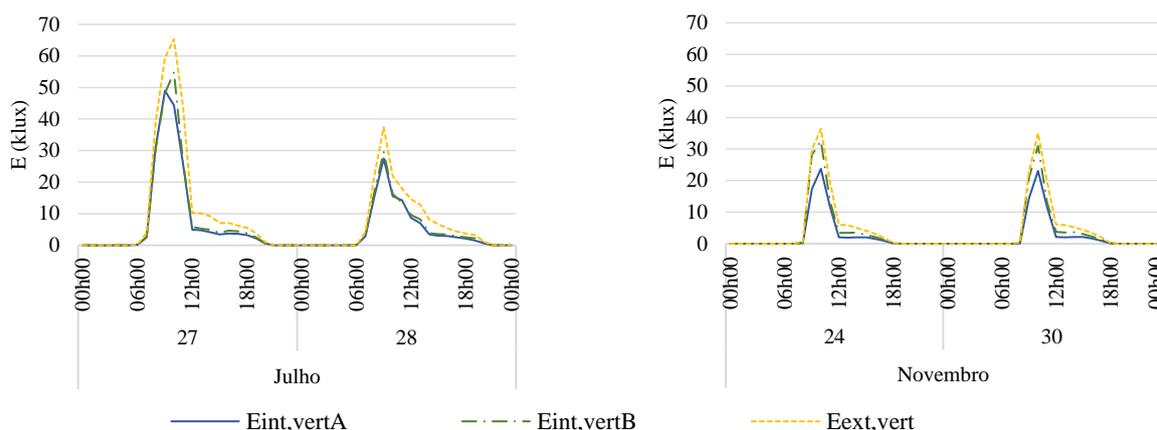


Figura 7. Iluminância interior em plano vertical no gabinete A, $E_{int,vertA}$, no gabinete B, $E_{int,vertB}$, e exterior em plano vertical, $E_{ext,vert}$

Analisando a Figura 7 que a curva de iluminância interior em plano vertical dos gabinetes A e B acompanham a curva de iluminância exterior em plano vertical, o que indica que não existem obstruções devidas à ativação de dispositivos de sombreamento nesses dias. Os gabinetes A e B apresentam valores de iluminância semelhantes com exceção do período da manhã (quando existe exposição à radiação solar direta). A redução média diária dos valores de iluminância em plano vertical entre o gabinete A e o gabinete B foram de 14-15% nos dias 27 e 28 de julho, e de 49-50% nos dias 24 e 30 de novembro. É importante salientar que nos dias analisados a redução média diária de iluminância de um gabinete com a película Prestige 70 é maior na estação de inverno do que na estação de verão.

4. CONCLUSÕES

O presente trabalho avaliou o desempenho térmico e visual de envidraçados simples com e sem películas de controlo solar (PCS) através de uma análise experimental de monitorização *in-situ*. Para isso, selecionaram-se dois gabinetes similares na sua geometria, constituição, orientação solar e ocupação, com orientação Este, localizados no Pavilhão de Civil do Instituto Superior Técnico no campus da Alameda, em Lisboa. Estes gabinetes apresentam situações de desconforto térmico no ambiente interior devido à exposição solar elevada do seu envidraçado, que ocupa cerca de 66% da área da parede Este, e às fracas características térmicas e óticas do vidro atual.

Num gabinete foi instalada uma PCS pelo interior do envidraçado (gabinete A) e no segundo gabinete não se aplicou PCS, servindo como gabinete de referência (gabinete B). Foram registados valores de forma contínua nas estações de verão e inverno das temperaturas ambiente interior e exterior e superficiais interior e exterior do envidraçado e da parede da fachada, do fluxo de calor no envidraçado e na parede da fachada, e de irradiância e iluminância interior e exterior em plano vertical. As propriedades térmicas e óticas dos envidraçados dos gabinetes A e B foram determinadas numericamente com recurso aos programas *Window* e *Optics*.

Para realizar uma análise detalhada do comportamento térmico e visual dos sistemas envidraçados de ambos os gabinetes sem a influência da ativação individual do sistema de climatização, foram selecionados dois dias não climatizados em cada uma das estações de verão e de inverno. Da análise dos resultados obtidos conclui-se que: i) existe uma forte influência da radiação solar incidente nas temperaturas ambiente interior e superficiais interior e exterior do envidraçado; ii) as temperaturas ambiente interior, quer no inverno quer no verão, são mais elevadas no gabinete sem película (gabinete B) do que no gabinete com película (gabinete A), pela modificação das propriedades térmicas e óticas do sistema envidraçado e diminuição dos ganhos solares introduzidas pela PCS; iii) as temperaturas superficiais interior e exterior registadas no gabinete com PCS foram superiores às registadas no

gabinete B sem película, o que possivelmente está relacionado com o aumento do parâmetro de absorção do sistema envidraçado com a aplicação de PCS e; iv) a irradiância e a iluminância interior em plano vertical foram inferiores no gabinete com película durante os períodos com exposição à radiação solar direta. Estes resultados indiciam que o comportamento térmico do gabinete com PCS melhora durante a estação de verão, mas piora durante a estação de inverno. De referir ainda que o fato das temperaturas superficiais interiores do envidraçado serem superiores aquando da colocação da película pelo interior pode induzir situações de desconforto localizado junto ao envidraçado durante a estação de verão.

AGRADECIMENTOS

Os autores gostariam de agradecer ao DECivil do IST a cedência de gabinetes para a realização da campanha experimental, ao aluno Duarte Oliveira pela montagem e recolha dos dados experimentais e também à empresa IMPERSOL, pela partilha de informação sobre o tema das películas de controlo solar. A 1ª autora gostaria ainda de agradecer à FCT a bolsa de doutoramento FCT PD/BD/127848/2016.

REFERÊNCIAS

- [1] C. A. Gueymard and C. Pont, “Spectral effects on the transmittance, solar heat gain, and performance rating of glazing systems”, *Solar Energy*, vol. 83, issue 6, pp. 940-953, June 2009. doi:10.1016/j.solener.2008.12.012
- [2] High Performance Window Film, Comfort without compromise, Solar Control & Energy Savings Collection, Eastman Chemical Company, 2014.
- [3] EN 15755-1, “Adhesive backed polymeric filmed glass – Part 1: Definitions and requirements”, European Standard, Glass in building (2014). Brussels.
- [4] D. H. W. Li, J. Clam, C. C. S. Lau and T. W. Huan, “Lighting and energy performance of solar film coating in air-conditioned cellular offices”, *Renewable Energy*, vol. 29, issue 6, pp. 921-937, May 2004. doi: 10.1016/j.renene.2003.10.006.
- [5] D. H. W. Li, N. T. Lam, S. L. Wong and E. K.W. Tsang, “Lighting and cooling energy consumption in an open-plan office using solar film coating”, *Energy*, vol. 33, issue 8, pp. 1288-1297, August 2008. doi: 10.1016/j.energy.2008.03.002.
- [6] E. Moretti and E. Elisa “Evaluation of energy, thermal, and daylighting performance of solar control films for a case study in moderate climate”, *Building and Environment*, vol. 94, part 1, pp183-195, December 2015. doi: 10.1016/j.buildenv.2015.07.031.
- [7] Ernest Orlando Lawrence Berkeley National Laboratory, “Therm 6.3 / Window 6.3. NFRC Simulation Manual”, US Department of Energy, EUA, 2013.
- [8] C. R. Faustino, “Influência dos Vãos Envidraçados no Desempenho Energético de Edifícios - Aplicação ao edifício do DECivil-IST”, Dissertação de Mestrado, Lisboa, Instituto Superior Técnico, Lisboa, Portugal, 2012.