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

BASE DE DADOS INTERNACIONAL DE PROPRIEDADES DE VIDROS (IGDB): PARTICIPAÇÃO BRASILEIRA NO PROCESSO INTER-LABORATORIAL

(1) Ana Kelly Marinoski (1); Deivis Luis Marinoski (2); Fernando O. Ruttkay Pereira (3); Saulo Guths (4); Roberto Lamberts (5)

~~(2)~~(1) Engenheira civil, Pós-doutoranda, ana.k.marinoski@ufsc.br,
~~(3)~~(2) Professor do Departamento de Expressão Gráfica, deivis.marinoski@ufsc.br,
~~(4)~~(3) Professor do Departamento de Arquitetura e Urbanismo, ruttkay.pereira@ufsc.br,
~~(5)~~(4) Professor do Departamento de Engenharia Mecânica, saulo.g@ufsc.br,
~~(6)~~(5) Professor do Departamento de Engenharia Civil, roberto.lamberts@ufsc.br,
Universidade Federal de Santa Catarina, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil - PPGEC,
Cx. Postal 476, Florianópolis–SC, CEP 88040-900

RESUMO

Este artigo tem como objetivo apresentar os resultados da participação brasileira no último processo de comparação inter-laboratorial (ILC) associado a submissão de dados de propriedades de produtos vítreos a International Glazing Database (IGDB). Foram realizados testes no Centro Brasileiro de Eficiência Energética em Edificações (CB3E) com amostras de vidro fornecidas pelo Lawrence Berkeley National Laboratory (LBNL). Três amostras foram avaliadas: vidro incolor 6mm; vidro laminado 12mm; vidro incolor 6mm com uma aplicação da camada metalizada de baixa emissividade (*low-e)* em uma das faces. Os equipamentos utilizados nas medições foram: um espectrofotômetro UV-VIS-NIR e um espectrômetro do tipo FTIR. Foram obtidas curvas espectrais (por comprimento de onda) para transmitância solar, refletância solar e emitância térmica. As análises dos resultados das curvas espectrais das três amostras de vidros demonstraram excelente concordância entre os valores medidos pelo CB3E com a curva resposta do LBNL. Todas as variações observadas nas curvas foram consideradas dentro dos desvios tolerados (± 0,01 para transmitância e ± 0,02 para refletância e emitância). A aprovação no processo ILC permitiu ao CB3E se tornar um RDA (*Regional Data Agregator*) responsável pela submissão de dados à IGDB de produtos vítreos fabricados no Brasil e em países da América Latina.
Palavras-chave: vidros, propriedades térmicas e ópticas, processo inter-laboratorial.

ABSTRACT

This work aims to present the results of the Brazilian participation in the last Inter-Laboratory Comparison (ILC) associated with the submission of properties data of glass products to the International Glazing Database (IGDB). Tests were performed at the Brazilian Center for Energy Efficiency in Buildings (CB3E) with glass samples provided by Lawrence Berkeley National Laboratory (LBNL). Three samples were evaluated: 6mm clear glass; laminated glass 12mm; 6mm clear glass with a low emissive (low-e) metallized coating. The equipment used in the measurements were: UV-VIS-NIR spectrophotometer and FTIR spectrometer. Spectral curves (by wavelength) were obtained for solar transmittance, solar reflectance and thermal emittance. The analyzes of the results of the spectral curves of the three glasses samples showed excellent agreement between the values measured by the CB3E with the response curve of the LBNL. All the variations observed in the curves were considered within the tolerated deviations (± 0.01 for transmittance and ± 0.02 for reflectance and emittance). The approval in the ILC process allowed CB3E to become a RDA (Regional Data Agregator) responsible for submitting data to the IGDB of glass products manufactured in Brazil and in Latin American countries.
Keywords: glasses, termal and optical properties, inter-laboratory process.

1 INTRODUÇÃO

Os produtos vítreos são materiais utilizados nas aberturas das edificações que apresentam grande variedade, e a escolha adequada desses materiais visando à eficiência energética depende em grande parte do conhecimento das suas propriedades.

O projeto do sistema de janelas e aberturas é fundamental para a adequação climática de uma edificação, contribuindo para o conforto dos usuários no ambiente e para o uso consciente de energia elétrica para condicionamento (LIMA e CARAM, 2015). Além das atribuições estéticas e funcionais, as aberturas influem no consumo geral de energia da edificação, podendo interferir diretamente tanto no desempenho como no dimensionamento de sistemas de iluminação e condicionamento de ar (MARINOSKI, 2005). As aberturas podem ocupar desde uma pequena fração da área da fachada ou até mesmo chegar a compor grandes áreas envidraçadas, constituindo a maior parte do envelope construtivo (SORGATO et al., 2014). Assim, a instalação e utilização adequadas dos componentes das aberturas podem reduzir o consumo energético na edificação. Porém, por outro lado, o uso incorreto das mesmas pode causar efeitos negativos sobre o uso da energia e o conforto ambiental.

O estudo do consumo de energia associado às aberturas e janelas tem gerado um grande número de análises e avanços na área. Estas melhorias englobam desde aplicações em projeto, condicionantes externos, até chegar as propriedades inerentes de cada elemento ou material utilizado. Novas tecnologias em vidros e janelas tem mostrado ampla versatilidade em aumentar a eficiência energética das edificações (JELLE et al., 2012). Porém, previamente a análise de desempenho termo energético de sistemas de envidraçamento, é necessário caracterizar as propriedades ópticas e térmicas dos materiais existentes nesses sistemas.

Existe atualmente uma base de dados internacionais de propriedades ópticas de vidros sob constante atualização com diversas opções de produtos para a definição de produtos vítreos a serem usados nas edificações: a IGDB – International Glazing Database (LBNL, 2019).

Propriedades como a transmitância e refletância de vidros produzidos no mundo todo estão sujeitas a uma cuidadosa revisão para a inclusão na coletânea de dados ópticos da International Glazing Database - IGDB. A base de dados internacional de vidros IGDB tem apoio do Departamento de Energia dos EUA (U.S. Department of Energy - DOE) e da National Fenestration Rating Council (NFRC). A base é gerenciada pelo laboratório norte americano Lawrence Berkeley National Laboratory (LBNL), através da divisão chamada de Windows and Daylighting Group. Como entidade organizadora, o LBNL tem como objetivo ajudar a solucionar problemas que geram erros sistemáticos, e possibilitar que as medições estejam dentro das tolerâncias estabelecidas pela NFRC, que é a entidade que conduz a certificação de janelas nos EUA. A base de dados IGDB fornece grande parte dos dados de entrada requeridos por programas de simulação computacional para calcular os índices de desempenho energético de janelas.

Atualmente a IGDB permite apenas a inclusão de materiais com superfícies de característica especular. Os materiais aprovados no processo de revisão da IGDB são vidros monolíticos, acrílicos, laminados, filmes aplicados em vidro ou vidros revestidos com filmes finos. No momento não é permitido incluir na base produtos difusores ou que redirecionam a luz (LBNL, 2019).

Os laboratórios que caracterizam propriedades ópticas de produtos vítreos e enviam informações para a base IGDB devem participar de uma comparação entre laboratórios realizada pelo LBNL, chamada de comparação inter-laboratorial (Inter-Laboratory Comparison – ILC), também conhecida como *round-robin* e *inter-laboratory study* (ILS). Uma comparação inter-laboratorial tem como objetivo a realização e avaliação de medições ou ensaios nos mesmos ou em itens similares por dois ou mais laboratórios, de acordo com condições predeterminadas (ABNT, 2017). Essa comparação inter-laboratorial pode ser definida para testar vários procedimentos diferentes e deve ser configurada de modo que seja possível qualificar todas as medições que são testadas durante a atividade.

A principal finalidade da comparação inter-laboratorial (ILC) é garantir que os laboratórios submetam ao banco de dados informações precisas. É um processo que visa melhorar os resultados dos laboratórios participantes e confirmar que as medições realizadas nos laboratórios têm a qualidade desejada. Existe no site do LBNL uma lista de laboratórios credenciados para submissão de dados à IGDB. Todos os laboratórios que submetem dados a IGDB devem participar a cada quatro anos da comparação inter-laboratorial. Isso inclui laboratórios que foram aprovados após a última ILC, e laboratórios que foram incluídos entre as ILCs. Além disso, existem outros institutos que participam voluntariamente da ILC.

No Brasil, o Centro Brasileiro de Eficiência Energética em Edificações (CB3E), vinculado a Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC), participou no ano de 2015 da comparação inter-laboratorial (ILC) organizada pelo LBNL (CB3E, 2019). O CB3E se tornou um dos 38 laboratórios credenciados no mundo para submissão de dados à IGDB. A qualificação de um laboratório do país facilitou a interação com

a indústria em relação à avaliação de propriedades ópticas de produtos nacionais transparentes e translúcidos (*glazing materials*) utilizados como componentes nas janelas das edificações brasileiras.

2 OBJETIVO

Este artigo tem como objetivo apresentar os resultados da participação brasileira no último processo inter-laboratorial associado a submissão de dados de propriedades óticas de produtos vítreos a IGDB – International Glazing Database.

3 MÉTODO

3.1 Processo inter-laboratórial

O processo inter-laboratorial é gerenciado pelo LBNL, que também atua como provedor das amostras para medição. A cada edição do ILC (Inter-Laboratory Comparison) um conjunto diferente de amostras é definido. Estas amostras apresentam variações propositalmente estabelecidas entre suas propriedades (i.g. alta ou baixa transmissão, alta ou baixa emitância térmica), para que os equipamentos sejam testados atingindo diferentes faixas de medição.

Cada laboratório participante do processo ILC recebe uma caixa (BOX) de amostras e realiza os testes seguindo as orientações fornecidas pelo LBNL. As orientações gerais do processo de medição são disponibilizadas no endereço eletrônico: https://windows.lbl.gov/inter-laboratory-comparison-ilc.

No ILC 2015 foram inicialmente enviadas 48 caixas para laboratórios em diferentes lugares do mundo (JONSSON, 2016). Todas as amostras foram retiradas da mesma chapa, respectivamente para cada tipo de vidro avaliado. Após realizar as medições, os dados de cada amostra devem ser formatados em um arquivo padrão (extensão ".txt") e enviado para avaliação. O LBNL então realiza uma análise destes dados através da comparação das curvas espectrais medidas pelo laboratório participante com as curvas "resposta". Se a variação entre os resultados (medido e esperado) estiver dentro da incerteza admitida o participante é aprovado. No ano seguinte, após o final do processo inter-laboratorial, um relatório é publicado. Este relatório apresentando a lista dos laboratórios aprovados no quadriênio para medição e submissão de dados de produtos que poderão ser incluídos na base IGDB (JONSSON, 2016).

3.2 Descrição das Amostras

O Quadro 1 apresenta a descrição das 3 amostras (padrão) testadas no CB3E. As amostras foram fornecidas pelo LBNL em uma caixa lacrada (identificação BOX 11) e apresentam uma numeração sequencial, associada ao código da respectiva caixa. Todas as amostras têm o formato quadrado de 7,5cm x 7,5cm.

Quadro 1. Amostras de vidro avaliadas

Amostra 11-1 (sample 1)	Amostra 11-2 (sample 2)	Amostra 11-3 (sample 3)
		
Vidro incolor monolítico 6mm (Viracon)	Vidro laminado incolor 6mm + 6mm (com interlayer Eastman Saflex SG41 Solar)	Vidro incolor 6mm com dupla camada de prata (Guardian)

A amostra 11-1 é um vidro incolor com comportamento bem característico e que possui propriedades estáveis ao longo do tempo. Já a amostras 11-2 é um vidro laminado de 12mm, e a amostra 11-3 tem como característica a aplicação da camada metalizada *low-e* em uma das faces, permitindo assim uma observação destacada de variações na refletância e emitância.

3.3 Equipamentos para medição

3.3.1 Espectrofotômetro UV-VIS-NIR

O espectrofotômetro utilizado nesta pesquisa foi o modelo Lambda 1050, fabricado pela empresa PerkinElmer (PERKINELMER, 2019). Este equipamento permite a realização de análises de refletância e transmitância em comprimentos de onda específicos da radiação eletromagnética, sendo usado em materiais opacos ou transparentes/translúcidos. O Lambda 1050 possui três módulos de medição e diferentes acessórios que podem ser instalados em dois compartimentos, dependendo das necessidades de espectroscopia requeridas pelo usuário. O módulo de medição com esfera integradora de 150 mm (Figura 1) foi utilizado para realizar as medições de transmissão e reflexão da luz nas amostras de vidros apresentadas no item 3.2. Esta esfera é revestida internamente por um material (Teflon) difuso de alta refletância. Incorporados nas paredes internas da esfera integradora existe dois detectores de radiação que cobrem diferentes faixas do espectro (Ultravioleta / Visível / Infravermelho Próximo), variando de 175 nm - 3300 nm (PERKINELMER, 2019). O equipamento é controlado por um software específico, fornecido pelo fabricante (WinLab), instalado em um computador com sistema operacional Windows®. Durante a medição os valores obtidos nos detectores são simultaneamente transmitidos e armazenados no computador sendo posteriormente geradas as curvas espectrais e realizado o tratamento dos dados através de cálculos matemáticos que podem ser definidos em normas internacionais (ASTM E903, ISO 9050, NFRC 300).



Figura 1. Espectrofotômetro UV-VIS-NIR, modelo Lambda 1050.
Fonte: www.perkinelmer.com

3.3.2 Espectrômetro de Infravermelho

Para a avaliação do comportamento espectral das amostras na região do infravermelho médio e distante foi utilizado um espectrômetro do tipo FTIR, modelo IRPrestige-21, da marca Shimadzu (Figura 2), de propriedade do Departamento de Física da UFSC. Neste equipamento os detectores e fonte de radiação cobrem uma ampla faixa de regiões de infravermelho – próximo (NIR), médio (MIR) e distante (FIR). Estes comprimentos de onda vão de 350 a 7800 cm^{-1} (ou aproximadamente de 1,3 a 28,5 μm). O equipamento é controlado por um software instalado em um computador.



Figura 2. Espectrômetro NIR-MIR-FIR, modelo IRPrestige-21.
Fonte: www.ssi.shimadzu.com

Este ensaio necessita de um acessório ótico de refletância compatível com o espectrômetro FTIR. Este acessório ótico (Figura 3) é fabricado nos EUA pela empresa PIKE Technologies, e atende os requisitos técnicos da Norma ASTM E1585 (ASTM, 1993). O acessório é acompanhado por uma placa metálica (banhada a ouro) que serve como padrão de referência (base 100% de refletância), sendo este padrão medido antes do início da varredura nas amostras de vidro.

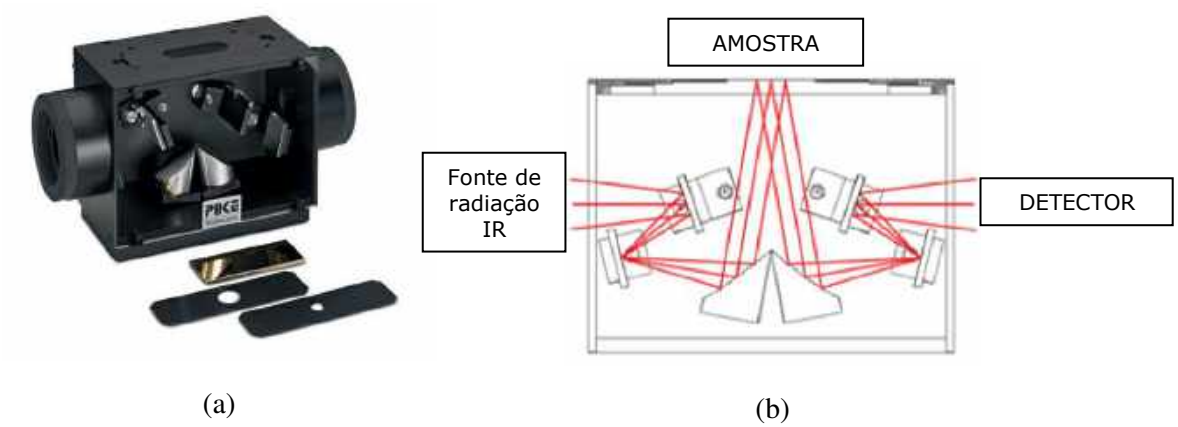

Figura 3. (a) Acessório ótico (modelo 10Spec); (b) Esquema de direcionamento da radiação térmica.
Fonte: www.piketech.com (adaptado)

Para o tratamento dos dados e obtenção dos valores totais de emitância térmica é elaborado posteriormente a medição através de planilhas eletrônicas. Nestas planilhas é implementado o equacionamento prescrito na norma ASTM E1585, onde a emitância (ε) térmica normal é uma medida indireta, obtida a partir da refletância (R) na mesma faixa do infravermelho ($\varepsilon = 1 - R$).

3.4 Instruções para medição

As instruções gerais para realização das medições com as amostras fornecidas para o processo inter-laboratorial são apresentadas através do site do programa ILC (Instructions ILC, 2015).

Parâmetros de configuração interna dos equipamentos (e.g. ganho dos detectores, abertura de fendas, etc) não são especificados, ficando a cargo dos laboratórios ajustá-los com base nas rotinas normais de calibração. Marcas e modelos de equipamentos também não são especificados, embora seja obrigatório informar estes dados no momento da submissão, juntamente com os resultados das amostras.

Basicamente os requisitos de medição dizem respeito as faixas espectrais cobertas. As instruções do ILC indicam que a faixa UV / VIS / NIR, que corresponde ao espectro solar, deve estar definida para comprimentos de onda entre 300 e 2500 nm (0,3 – 2,5 μm), sendo o intervalo de aquisição dos dados igual ou menor a 5 nm. Três valores devem ser medidos para cada comprimento de onda: Transmitância (T), Refletância na face 1 – front (Rf), e Refletância na face 2 - back (Rb). A faixa para avaliação da emitância é definida para comprimentos de onda na região da radiação térmica, entre 5 e 25 μm, com um intervalo de leitura igual ou menores que 1 μm.

4 RESULTADOS

4.1 Transmissão e reflexão no Espectro Solar

Os gráficos a seguir (Figura 4, Figura 5, Figura 6) apresentam a comparação dos valores medidos pelo CB3E e com as curvas respostas do LBNL para cada uma das amostras. Em cada gráfico o eixo Y (ordenadas) indica o variação da Transmitância à radiação solar (T) e da Refletância à radiação solar (R) em dada face da amostra (f – front ; b – back). A indicação "*meas*" se refere a curva da medição executado pelo CB3E, e tem uma linha cheia. Já a indicação "*mean*" se refere a curva resposta (média) utilizada como referência pelo LBNL. A inscrição "Box 11" se refere ao kit de amostras recebida pelo CB3E.

Nos três gráficos (Figura 4, Figura 5, Figura 6) é possível notar praticamente uma sobreposição dos valores medidos (*meas*) e médios esperados (*mean*), o que demostra a excelente concordância dos resultados de T e R medidos pelo CB3E em relação a curva resposta do LBNL.

Os valores totais das propriedades T e R (no espectro solar e visível) são determinados pelo LBNL e plotados graficamente em uma "nuvem" de pontos, que inclui todos os participantes sem apresentar a sua identificação na divulgação do resultado final (JONSSON, 2016). A tolerância é dada pela NFRC 302 (2010), sendo de ± 0,01 para transmitância e ± 0,02 para refletância. A aprovação do participante ao final do processo ILC indica que o resultado da medição se manteve dentro da faixa de tolerância.

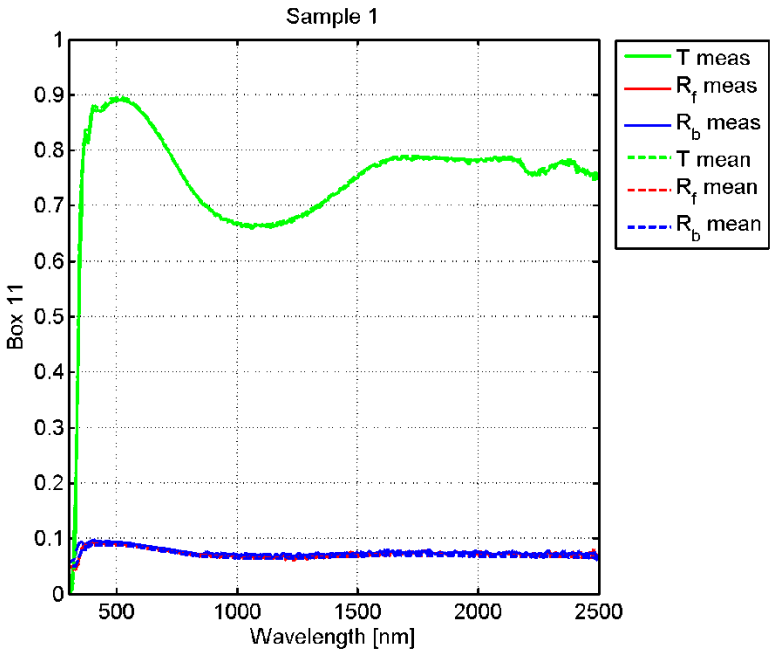

Figura 4. Curvas T e R para o espectro solar - Amostra 11-1 (Sample 1)

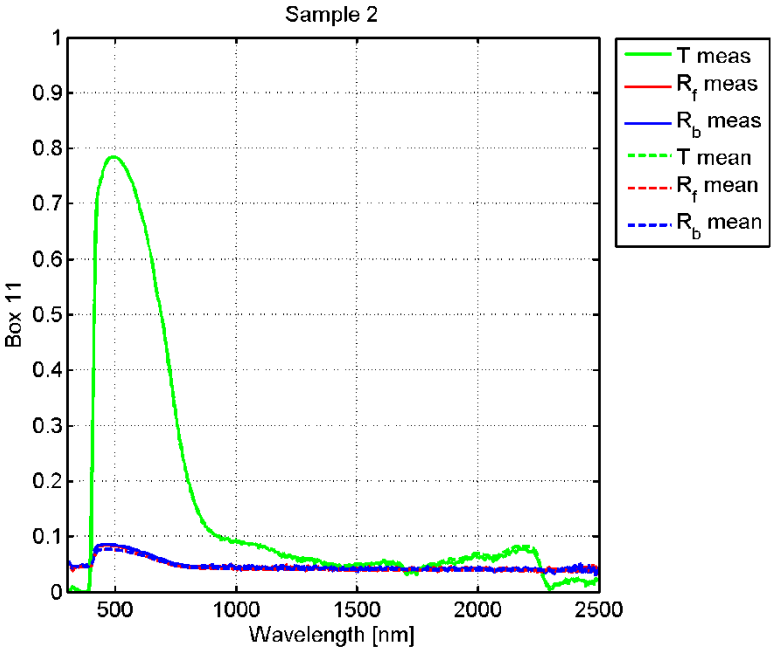

Figura 5. Curvas T e R para o espectro solar - Amostra 11-2 (Sample 2)

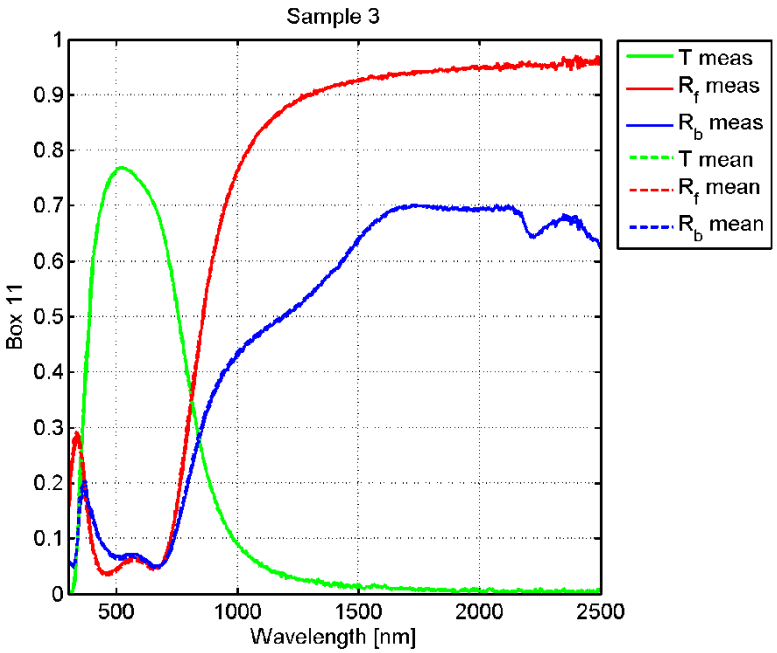

Figura 6. Curvas T e R para o espectro solar - Amostra 11-3 (Sample 3)

4.2 Emitância Térmica

A Figura 7, Figura 8 e Figura 9 mostram a comparação dos valores medidos pelo CB3E *versus* as respostas do LBNL para cada uma das amostras, agora em relação a refletância em ondas longas (espectro infravermelho). Em cada gráfico o Eixo y (ordenadas) indica a variação da Refletância da radiação térmica da face 1 da amostra (identificada pela letra f – *front*). Novamente indicação "*meas*" se refere a curva gerada na medição executado pelo CB3E, e tem uma linha cheia. Já a indicação "*mean*" se refere a curva resposta (média) utilizada como referência pelo LBNL. A inscrição "Box 11" se refere também ao kit de amostras recebida pelo CB3E.

Na Figura 7 e Figura 8 é possível perceber uma ótima aproximação das curvas com os dados medidos (*meas*) e médios esperados (*mean*). Estas duas amostras (Sample 1 e 2) apresentam curvas espectrais muito semelhantes, com resultado característico para produtos vítreos onde a face não recebe nenhum tipo de tratamento superficial.

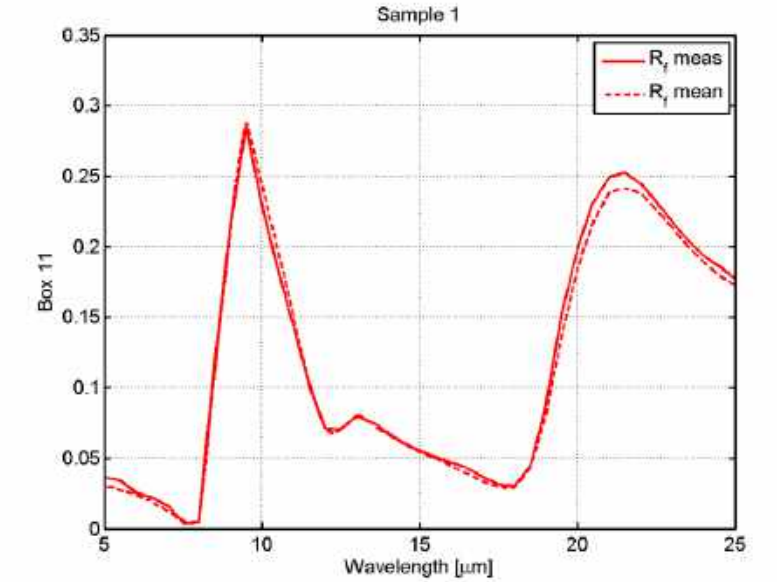

Figura 7. Curvas R_f (face 1 – front) na faixa do infravermelho - Amostra 11-1 (Sample 1)

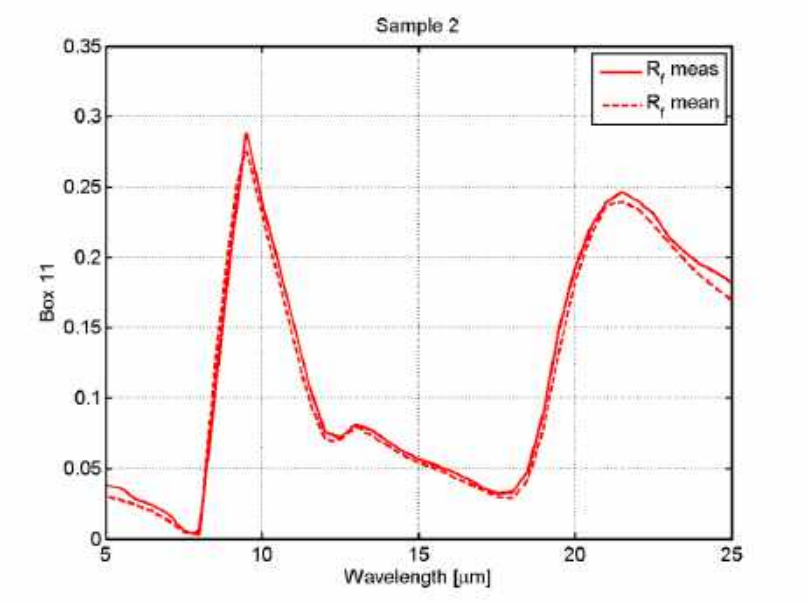

Figura 8. Curvas R_f (face 1 – front) na faixa do infravermelho - Amostra 11-2 (Sample 2)

Na comparação das curvas da Amostra 11-3 (Sample 3) apresentada na Figura 9, cabe destacar que a faixa do Eixo y (ordenadas) está restrita ao intervalo de 0,960 a 0,985, por isso a variação entre as curvas se torna mais notória graficamente. No entanto, para a escala absoluta total (variando de 0 a 1) as curvas apresentam uma aproximação adequada aos requisitos do teste comparativo. O limite imposto para a variação do resultado total da medição da emitância é de ± 0,02, dado pela NFRC 302 (2010). Também para a avaliação da emitância, os valores totais são calculados diretamente pelo LBNL, a partir dos dados espectrais, e plotados graficamente em uma "nuvem" de pontos, que inclui todos os participantes sem apresentar a sua identificação na divulgação do resultado final (JONSSON, 2016). A aprovação do participante ao final do processo ILC indica que o resultado da medição ficou dentro da faixa de tolerância para o desvio.

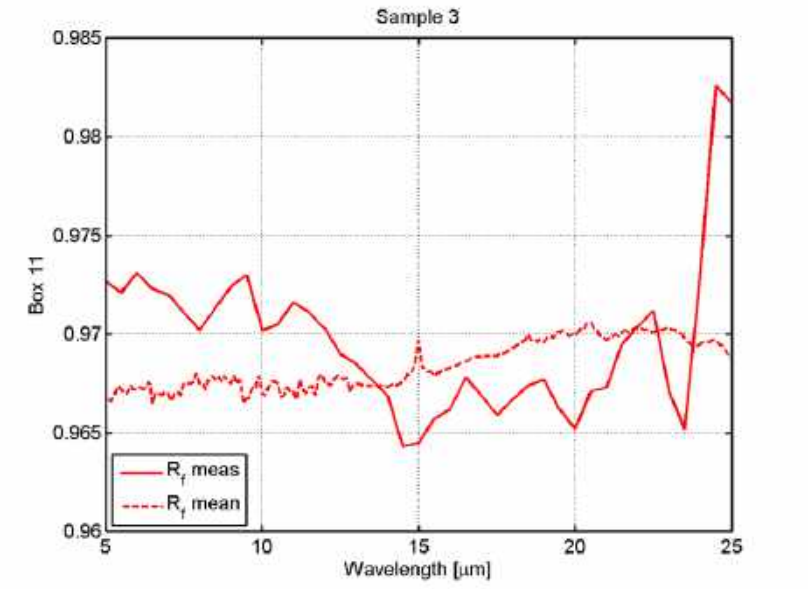

Figura 9. Curvas R_f (face 1 – front) na faixa do infravermelho - Amostra 11-3 (Sample 3)

5. CONCLUSÕES

Este trabalho apresentou os resultados da participação brasileira no processo inter-laboratorial (ILC) promovido pelo LBNL para o quadriênio 2015-2018, associado a submissão de dados de propriedades térmicas e óticas de produtos vítreos para a International Glazing Database (IGDB). Foram avaliadas as curvas espectrais de três amostras de vidros, referentes às propriedades: transmitância solar, refletância solar e emitância térmica em ondas longas. Em todas as análises as curvas geradas pelas medições do CB3E apresentaram ótima concordância com às curvas resposta dadas pelo LBNL, sendo que as variações observadas foram consideradas dentro dos desvios tolerados pelas normas da NFRC. A aprovação no processo ILC permitiu ao CB3E se tornar um RDA (Regional Data Agregator) responsável pela submissão de dados à IGDB de produtos vítreos fabricados no Brasil e em países da América Latina.

A primeira submissão de dados brasileiros na base IGDB aconteceu em julho de 2017 (IGDB Versão 55.0) e a segunda em junho de 2018 (IGDB Versão 61.0). Duas empresas brasileiras (Cebrace e Guardian Brasil) agora possuem dados na base IGDB. No entanto, o número de produtos ainda é reduzindo, estando disponíveis apenas oito vidros, todos do tipo laminado.

O conhecimento das propriedades dos materiais utilizado nas janelas ou aberturas é essencial para a que os novos prédios sejam mais eficientes, confortáveis e sustentáveis. Desde a fase de projeto há necessidade destas propriedades para alimentar os programas de simulação computacional e pautar decisões arquitetônicas que vão influenciar diretamente no consumo de energia elétrica e no desempenho térmico e luminoso das edificações.

No Brasil, as propriedades dos produtos vítreos estão disponíveis geralmente nos catálogos de seus fabricantes, mas nem sempre estes catálogos contém todas as informações pertinentes. Também a inclusão de produtos na IGDB ocorre hoje de maneira voluntária pelos fabricantes. Diferente do que ocorre no EUA, onde existe uma estrutura consolidada que organiza e fiscaliza o setor de janelas em todas as suas fases, no Brasil o assunto ainda é novo e fragmentado. As dificuldades econômicas pelas quais a construção civil tem passado nos últimos quatro anos (2015-2018) também não podem ser ignoradas, pois é um dos motivos da redução do passo da indústria e do mercado em investir tempo e recursos na organização e desenvolvimento de estruturas que trarão melhorias a longo prazo.

Apesar disso, cabe destacar a importância da capacitação nacional nesta área, com entidades brasileiras trabalhando com grupos de diversos países que atendem padrões e normas internacionais. Também a inclusão dos dados de produtos nacionais na IGDB pode trazer contribuições imediatas para a norma de desempenho (ABNT NBR 15575) e para Programa Nacional de Etiquetagem de eficiência energética em edificações promovido pelo PROCEL.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR ISO/IEC 17025: Requisitos Gerais para Competência de Laboratórios de Ensaios e Calibração. Rio de Janeiro, 2017.

ARASTEH, D.; KOHLER, C.; GRIFFITH, B. Modeling Windows in Energy Plus with Simple Performance Indices. LBNL-2804E. October 2009. Disponível: http://gaia.lbl.gov/btech/papers/2804.pdf

ASTM - AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS. E903 – 12: Standard Test Method for Solar Absorptance, Reflectance and Transmittance of Materials Using Integrating Spheres. ASTM International, 2012.

ASTM - AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS. C1549 – 09: Standard Test Method for Determination of Solar Reflectance Near Ambient Temperature Using a Portable Solar Reflectometer. ASTM International, 2009.

ASTM - AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS. E1918 – 06: Standard test method for measuring solar reflectance of horizontal and low-sloped surfaces in the field. ASTM International, 2006.

ASTM - AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS. E1585: Test Method for Measuring and Calculating Emittance of Architectural Flat Glass Products using Spectrometric. ASTM International, 1993.

CB3E. Centro Brasileiro de Eficiência Energética em Edificações. Disponível em: < http://cb3e.ufsc.br> Acesso em: fevereiro de 2019.

INSTRUCTIONS ILC, 2015. Disponível em: https://windows.lbl.gov/sites/default/files/Downloads/ilc-2015-nfrc-instructions.pdf . Acesso em: fevereiro de 2019.

ISO 9050. Determination of light transmittance, solar direct transmittance, total solar energy transmittance, ultraviolet transmittance and related glazing factors. International Organization for Standardization, 2003.

JELLE, B. P.; HYND, A.; GUSTAVSEN, A.; ARASTEH, D. K.; GOUDEY, H.; HART, R. Fenestration of Today and Tomorrow: A State-of-the-Art Review and Future Research Opportunities." Solar Energy Materials and Solar Cells, 96, p. 1-28. 2012.

JONSSON, JACOB C. LBNL 2015 inter-laboratory comparison for laboratories submitting specular data to the IGDB. October 18, 2016. Disponível em: https://windows.lbl.gov/sites/default/files/Downloads/ilc-2015-fall-report.pdf

LBNL. Lawrence Berkeley National Laboratory, University of California, 2007. Disponível em: <https://windows.lbl.gov/solar-optical-properties-laboratory.>. Acesso em: fevereiro de 2019.

LIMA, K. M. de; CARAM, R. M. Avaliação de sistemas de janela para suporte a decisões de projeto quanto ao equilíbrio de ganhos de luz e calor. Ambiente Construído, Porto Alegre, v. 15, n. 3, p. 117-133. 2015.

MARINOSKI, D. L. Aperfeiçoamento de um sistema de medição de ganho de calor solar através de aberturas. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil). Florianópolis, 2005.

NFRC - NATIONAL FENESTRATION RATING COUNCIL. NFRC 300-2017: Test Method for Determining the Solar Optical Properties of Glazing Materials and Systems. Disponível em: http://www.nfrc.org/. (Acesso março/2019).
NFRC - NATIONAL FENESTRATION RATING COUNCIL. NFRC 302-2010: Verification Program for Optical Spectral Data. Disponível em: http://www.nfrc.org/. (Acesso março/2019)
PEREIRA, C. D. Influência da refletância e da emitância de superfícies externas no desempenho térmico de edificações. Tese de Doutorado. Florianópolis, 2014.
PERKINELMER, 2019. LAMBDA 1050 UV/Vis Spectrophotometer. Disponível em: http://www.perkinelmer.com/Product/lambda-1050-uv-vis-nir-spectrophotometer-l1050. (Acesso março/2019).
PIKE TECHNOLOGIES, 2019. Disponível em: http://www.piketech.com. (Acesso março/2019).
SHIMADZU, 2019. IRPrestige-21. Shimadzu Fourier Transform Infrared Spectrophotometer. Disponível em: http://www.ssi.shimadzu.com. (Acesso março/2019).
SORGATO, M. J.; MELO, A. P.; MARINOSKI, D.; LAMBERTS, R. Análise comparativa entre os resultados de simulações termoenergéticas de edificações sob diferentes condições de entrada das propriedades dos vidros. In: Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído, 2014.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem a CAPES (Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior), ao CNPq (Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico), ao MCTI (Ministério de Ciência, Tecnologia e Inovação) e a ELETROBRAS/PROCEL pelos recursos financeiros aplicados no financiamento dos projetos que proporcionaram o desenvolvimento deste trabalho. Nossos agradecimentos também ao Departamento de Física da UFSC por disponibilizar o uso do Espectrômetro FTIR, e ao Dr. Jacob C. Jonsson (pesquisador do *Windows & Envelope Materials Group* do LBNL) por disponibilizar os gráficos com os comparativos das curvas espectrais submetidas pelo CB3E ao ILC 2015.