



Centro Universitário de Brasília – UniCEUB
Faculdade de Tecnologia e Ciências Sociais
Aplicadas - FATECS

PEDRO FELIPE MAROCOLO MARTINS

RA:2116027/7

**ESTUDO DA INFLUÊNCIA DO TIPO DE VIDRO NA
TEMPERATURA INTERNA EM MODELOS REDUZIDOS EM
BRASÍLIA**

Brasília
2016

PEDRO FELIPE MAROCOLO MARTINS

**ESTUDO DA INFLUÊNCIA DO TIPO DE VIDRO NA TEMPERATURA
INTERNA EM MODELOS REDUZIDOS EM BRASÍLIA.**

Monografia apresentada como requisito para conclusão do curso de Bacharelado em Engenharia Civil pela Faculdade de Tecnologia e Ciências Sociais Aplicadas do Centro Universitário de Brasília – UniCEUB.
Orientador: Eng.^a Civil Irene de Azevedo Lima Joffily M.Sc.

Brasília
2016

PEDRO FELIPE MAROCOLO MARTINS

**ESTUDO DA INFLUÊNCIA DO TIPO DE VIDRO NA TEMPERATURA
INTERNA EM MODELOS REDUZIDOS EM BRASÍLIA.**

Monografia apresentada como requisito para conclusão do curso de Bacharelado em Engenharia Civil pela Faculdade de Tecnologia e Ciências Sociais Aplicadas do Centro Universitário de Brasília – UniCEUB.
Orientador: Eng.^a Civil Irene de Azevedo Lima Joffily M.Sc.

Brasília, 28 de junho de 2016.

Banca Examinadora

Eng.^a. Civil: Irene de Azevedo Lima Joffily, M.Sc.
Orientador

Eng. Civil: Flavio de Queiroz Costa, M.Sc.
Examinador Interno

Físico: Marcos Rafael Guassi, D.Sc
Examinador Interno

RESUMO

As fachadas envidraçadas são preferência nos empreendimentos brasilienses, mas a variação de temperatura não torna os ambientes internos confortáveis. Pensando neste fato, o estudo desenvolvido a seguir tem como foco estudar a influência dos tipos de vidro na temperatura interna em modelos reduzidos. Para isso foi necessário monitorar a temperatura interna em corpos de prova com diferentes tipos de vidro refletivo, durante alguns dias. Os dados coletados ao longo do ensaio possibilitaram avaliar e concluir que o melhor desempenho foi gerado pela combinação de duas peças de Neutral 14, atingindo temperatura média máximas de 48°C, e a pior combinação também inclui o mesmo vidro, mas combinado com uma peça de vidro incolor comum, chegando a 63°C.

Palavras-chave: Conforto térmico, vidro, fachada.

ABSTRACT

The glasses facades are the preferable choice in Brasilia enterprises, however the temperature variation does not provide a comfortable environment indoors. With that in mind, the following developed study focuses on studying the influence of glass types in the internal temperature in reduced models. To achieve that, was necessary to monitor for a few days the internal temperature of specimens with different types of reflective glass. The data collected during the test provided us information to evaluate and concluded that combining two parts of Neutral 14 generated the best performance, and along with this conclusion, we were able to realize that the worst combination also includes the same glass, but combined with a common piece of colorless glass, reaching 63 °C.

Key Words: thermal comfort; glass; facade.

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1-Processo Float	9
Figura 2-Composição do vidro	10
Figura 3-Vidro Laminado	11
Figura 4- Vidro laminado quebrado	13
Figura 5- Fachada de vidro laminado	15
Figura 6- Processo de Proteção Solar	16
Figura 7- Amostra dos vidros testados	20
Figura 8- Modelo corpo de prova	22
Figura 9- Revestimento interno	23
Figura 10- Termopar fixado	24
Figura 11- Termômetro	25
Figura 12- Multímetro	26
Figura 13- Disposição dos corpos de prova	26

ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 1- Níveis de conforto térmico.....	17
Tabela 2- Fator Solar e Transmitância Térmica	21
Tabela 3- Combinações de vidros.....	21
Tabela 4- Temperatura Externa	28
Tabela 5- I+I Nascente.....	30
Tabela 6- I+I Poente.....	30
Tabela 7- S+I Nascente.....	32
Tabela 8- S+I Poente	32
Tabela 9- N+I Nascente	34
Tabela 10- N+I Poente	35
Tabela 11- S+S Nascente	37
Tabela 12- S+S Poente	37
Tabela 13- N+N Nascente.....	39
Tabela 14- N+N Poente.....	39
Tabela 15- Médias.....	41
Tabela 16- Porcentagens Nascente	43
Tabela 17- Porcentagens Poente.....	43
Tabela 18- Diferença de Temperaturas.....	45

ÍNDICE DE SÍMBOLOS

°C.....Graus Celsius

m.....Metros

ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfico 1- Temperatura Externa.....	29
Gráfico 2- I+I Nascente	31
Gráfico 3- I+I Poente	31
Gráfico 4- S+I Nascente.....	33
Gráfico 5- S+I Poente.....	33
Gráfico 6- N+I Nascente.....	35
Gráfico 7- N+I Poente.....	36
Gráfico 8- S+S Nascente.....	38
Gráfico 9- S+S Poente	38
Gráfico 10- N+N Nascente	40
Gráfico 11- N+N Poente	40
Gráfico 12- Média das temperaturas	42
Gráfico 13- Nascente 11:30.....	44
Gráfico 14- Poente 13:30	44
Gráfico 15- Diferença de temperatura - Nascente.....	46
Gráfico 16- Diferença de temperaturas - Poente.....	46

ÍNDICE DE ABREVIações

ABRAVIDRO.....	Associação Brasileira de Distribuidores e Processadores de Vidro
AGC.....	Assahi Glass Company
ABNT.....	Associação Brasileira de Normas Técnicas
CEBRACE.....	Companhia Brasileira de Cristal
EVA.....	Etil Vinil Acetato
NBR.....	Norma Brasileira
PVB.....	Polivinil Butiral

Sumário

1	INTRODUÇÃO.....	3
1.1	PROBLEMA DE PESQUISA	4
1.2	OBJETIVOS	4
1.2.1	Objetivo geral.....	4
1.2.2	Objetivos específicos.....	4
1.3	JUSTIFICATIVAS.....	4
1.4	ESTRUTURA DO TRABALHO.....	5
2	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	7
2.1	O VIDRO	7
2.1.1	Vidro Float.....	10
2.1.2	Vidro Laminado	11
2.1.3	Vidro Refletivo ou Pírolíticos	13
2.2	PROPRIEDADES DOS VIDROS	16
2.2.1	Conforto térmico	16
2.2.2	Fator Solar	18
2.2.3	Transmitância térmica	18
3	METODOLOGIA	20
3.1	MATERIAL ANALISADO.....	20
3.2	CORPOS DE PROVA	22
3.3	COLETA DE DADOS	25
4	APRESENTAÇÃO E ANÁLISE DE RESULTADOS.....	28
4.1	TEMPERATURA AMBIENTE.....	28
4.2	TEMPERATURA DOS DIFERENTES VIDROS	29
4.2.1	I+I	30
4.2.2	S+I	32
4.2.3	N+I.....	34
4.2.4	S+S.....	37
4.2.5	N+I.....	39
5	CONCLUSÃO	48

5.1	SUGESTÃO PARA TRABALHOS FUTUROS.....	50
6	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	51

1 INTRODUÇÃO

No mundo globalizado, mesmo com todo avanço das comunicações ainda pouco se sabe sobre esse material tão antigo e versátil chamado vidro. Ao longo do tempo não teve muita inovação no seu processo de produção, com a modernização deste, possibilitou a produção em larga escala e o desenvolvimento de novas tecnologias do nicho.

Mesmo sendo milenar, a versatilidade foi recentemente agregada em suas características e criou um leque de utilidades que partem de uma simples prateleira, para guarda-corpos e fachadas de prédios, e chegando até a segurança de alto risco com vidros antibalísticos. Essa quantidade de soluções se deu pela facilidade de combinar, no processo de fabricação, metais, PVB e até outros vidros.

As qualidades e propriedades dos materiais são ditadas pelo tipo de ligações Inter atômicas, pela microestrutura e pelos defeitos. Por meio da ampla, quase infinita, faixa de composição química dos vidros, onde a grande parte dos elementos da tabela periódica pode ser agregada, estes apresentam uma ampla variação de propriedades mecânicas, óticas, térmicas, elétricas e químicas.

Em suma, neste estudo será abordado a propriedade térmica do vidro, no aspecto do conforto térmico, que consiste na capacidade que o material tem de absorver quantidade de calor gerada pelo ambiente e não transmiti-la para o interior do mesmo. Podendo assim, aproximar a construção civil com o aspecto sustentável, já que temos uma economia considerável com relação ao gasto de energia.

1.1 PROBLEMA DE PESQUISA

Qual a influência dos tipos diferentes de vidro na temperatura interna em modelos reduzidos em Brasília?

1.2 OBJETIVOS

1.2.1 Objetivo geral

Analisar a influência de diferentes tipos de vidro na temperatura interna de modelos reduzidos expostos com face voltada para nascente e poente na cidade de Brasília.

1.2.2 Objetivos específicos

- Verificar o comportamento da temperatura interna ao longo de um mesmo dia;
- Comparar a temperatura interna com a temperatura ambiente;
- Determinar qual condição de exposição, nascente ou poente, é mais intensa;
- Comparar os resultados dos vidros utilizados em relação ao vidro laminado comum.

1.3 JUSTIFICATIVAS

Na engenharia civil sempre existiu uma preocupação com o conforto nos ambientes internos, mas no cenário atual, com o aumento da temperatura ao redor do mundo o conforto térmico tornou-se um ponto em destaque nesse meio.

Em Brasília, o clima do cerrado apresenta amplitudes térmicas exacerbadas, que ao longo do ano geram nos ambientes em prédios espelhados temperaturas desagradáveis. Partindo deste princípio a utilização dos vidros desenvolvidos para manutenção térmica começou a ter um aumento significativo em grandes empreendimentos que visam cada vez mais a qualidade inserida no seu produto.

Pensando assim, cada vez mais vidros espelhados com essa função são disponibilizados no mercado, que se mantiverem a qualidade, terão influência tanto na durabilidade quanto na temperatura. Sendo assim o material analisado refletirá economicamente pelo seu custo superior, mas compensará a longo prazo devido a difusão de luz e controle térmico, que economizaram energia e aproximará a engenharia do ecologicamente correto.

1.4 ESTRUTURA DO TRABALHO

O trabalho a seguir foi estruturado em cinco tópicos que além desta introdução, é composta por:

Revisão bibliográfica: Compreende toda base teórica utilizada para a realização do estudo a seguir, situando e esclarecendo o máximo de conteúdo para o entendimento de todas as outras partes que compõem o trabalho. É composta pela história do vidro, sua produção, características e fatores que influenciam no conforto térmico.

Metodologia: Tem por objetivo demonstrar o passo a passo feito para realizar o experimento a seguir, juntamente com cada tipo de material diferente avaliado no estudo, os equipamentos utilizados, a construção dos corpos de prova e a disposição deles no laboratório.

Análise de resultados: Apresenta todos os métodos desenvolvidos para a análise dos dados coletados, os gráficos feitos a partir das temperaturas monitoradas no estudo e a correlação desses dados de maneiras diferentes para melhor estudo do material.

Conclusão: Esta parte compõem a parte final do estudo, onde após todo embasamento teórico e consideração dos dados coletados, mostra o resultado final do estudo, expondo o melhor e o pior resultado e explicando de que maneira foi encontrada o resultado final do ensaio.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 O VIDRO

Um dos materiais mais antigos do mundo - o vidro – teve sua descoberta dividida entre os povos fenícios e egípcios há mais de 4.000 a.c., que se tornou mais verdadeiro por meio de descobertas arqueológicas, remontando ao ano de 7.000 a.c. à 12.000 a.c. Como o vidro, na antiguidade, não possuía versatilidade, função específica e de difícil produção, era considerado um bem luxuoso. Em seguida, por volta do século I a.c, o homem descobriu que com o uso de um tubo oco podia se formar vasos de vidro, com rapidez e economia, inserindo-o no mercado comum.

Na revolução industrial e tecnológica, segundo Arkeman (2000), “Pureza, versatilidade e impermeabilidade são outras características encontradas isoladamente nas embalagens. Entretanto, especialistas e designers vêm reiteradamente reconhecendo que o vidro é o único material que sintetiza todas essas qualidades. A tecnologia desenvolvida e aplicada ao vidro permitiu que ele adquirisse novas vantagens em relação a outros materiais. Seu peso foi sensivelmente reduzido, ao mesmo tempo em que se tornou mais resistente”.

Ultimamente o vidro vem sendo um material muito utilizado na construção civil e, cada vez mais, está se mostrando um material de grande valor agregado nos empreendimentos do mundo contemporâneo. Segundo Pilkington (2016), “esses vidros podem ser classificados em muitas categorias, segundo diferentes critérios técnicos, como, por exemplo, o processo de produção, o acabamento, o nível de transparência, a coloração e assim por diante”.

A indústria moderna do vidro surgiu com a revolução industrial e a mecanização dos processos. Em 1952, na Inglaterra, a Pilkington desenvolveu o processo para produção do vidro Float, conhecido também como cristal, que revolucionou a tecnologia dessa próspera indústria (CEBRACE, 2016). Em 1982, a indústria francesa Saint-Gobain e a inglesa Pilkington uniram suas forças para construir a primeira fábrica de vidro Float do Brasil, a CEBRACE, na região do vale do Paraíba, no estado de São Paulo (PINTO, D. 2014). Desde então, foram desenvolvidos outros tipos de beneficiamento do vidro float, de acordo com a sua aplicação.

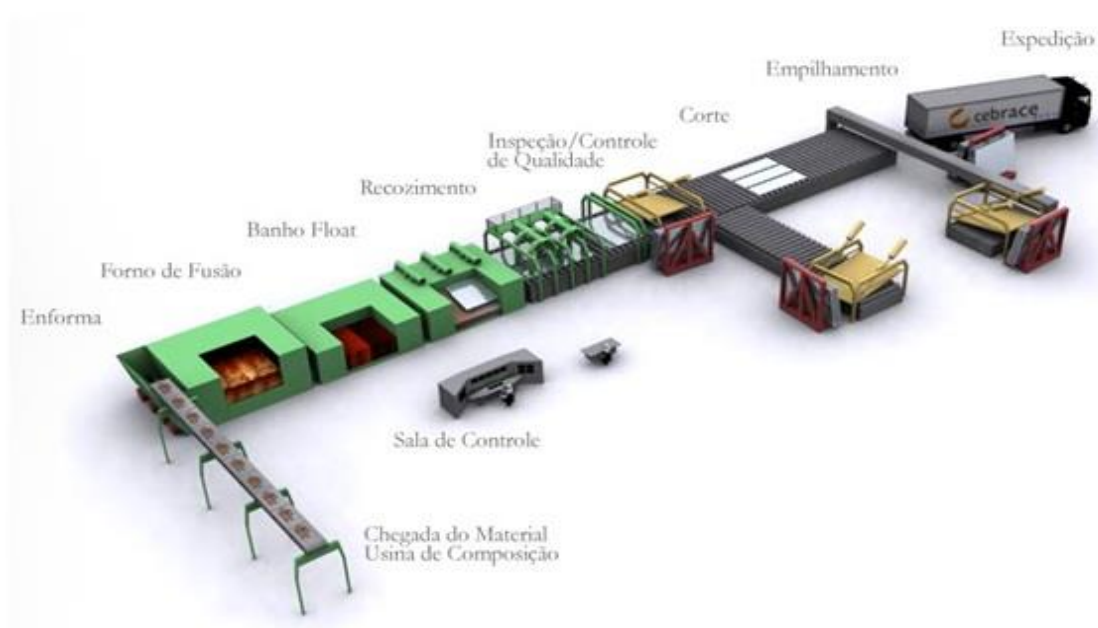
Conforme a Vivix Vidros Planos (2012) o processo desenvolvido e aplicado hoje nas fábricas é dividido em 5 partes, mistura da composição do vidro, fusão, transformação, recozimento e corte. Essas etapas definem a qualidade final do material.

Tudo começa com a dosagem e mistura dos componentes básicos em um volume pré-determinado que após conferência vai para o forno de fusão, onde essa massa vai ser fundida a temperatura de 1600 °C até ficar uniforme e passar pelo refinamento, processo no qual são retiradas as bolhas que aumentariam a fragilidade.

Após essa etapa, passamos para a transformação onde o fluido é despejado em uma piscina de estanho fundido a 650 °C, devido a diferença de densidade o vidro fundido flutua, e vai sendo conduzido por meio de máquinas que determinarão suas dimensões, já a espessura se dá pela velocidade de extração do material da piscina de estanho.

A seguir, no recozimento, a lâmina é resfriada continuamente e monitorada de modo que suas tensões sejam controladas para possibilitar o corte. Antes da última etapa todo produto final vai ser escaneado com alta precisão para detectar defeitos ópticos, pontuais e dimensionais, que depois de descartados, possibilitaram com que a lâmina seja cortada nas dimensões especificadas pelas normas regulamentadoras. A Figura 1 ilustra o processo citado acima.

Figura 1-Processo Float



Fonte – Cebrace

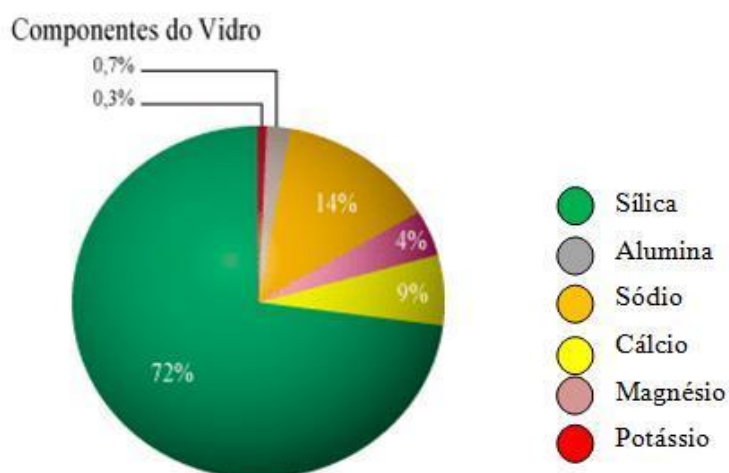
2.1.1 Vidro Float

“Vidro de silicato sodo cálcico, plano, transparente, incolor ou colorido em sua massa, de faces paralelas e planas, que se obtém por fundição contínua e solidificação no interior do banho de metal fundido. ” (ABNT NBR NM 294:2004. P.2).

De acordo com a AGC (2012), o termo “float” se refere tanto ao tipo de vidro quanto ao processo pelo qual é produzido. Vidro float é o vidro básico do qual quase todos os produtos de vidros planos são derivados. Pode ser claro ou colorido e é geralmente produzido em grandes chapas (6 x 3.21 m) que, normalmente, são processados em produtos secundários.

O processo float envolve, resumidamente, a flutuação do vidro fundido em um banho de estanho líquido, produzindo perfeitamente uma superfície plana em ambos os lados. A matéria prima para o vidro plano é composta por 72% de areia (dióxido de silício), 14% de soda (carbonato de sódio), 9% de calcário (carbonato de cálcio) 4% de magnésio, 0,7% de alumina e 0,3% de potássio. (Figura-2)

Figura 2-Composição do vidro

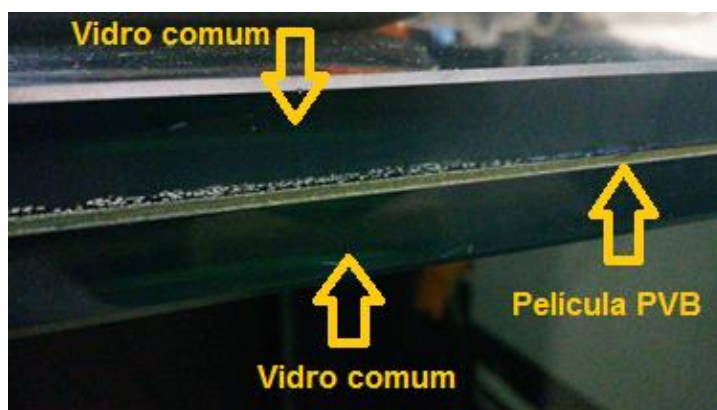


Apesar de sua complexidade este material muito versátil e moderno, pode ser aplicado em fachadas de grandes edifícios, coberturas de telhados, placas fotovoltaicas, piso e muitas outras além da imaginação do ser humano. Com avanço da tecnologia, hoje em dia possuímos mais de 150 categorias de vidros para diferentes tipos de instalação e objetivos.

2.1.2 Vidro Laminado

Formado por um conjunto de duas ou mais chapas de vidro que tenham sido submetidas a um processo de laminação, onde são unidas por uma película plástica, pode ser chamado de vidro laminado (figura-3). Por ser muito adotado nos setores de construção civil e no automobilismo, atende às exigências mais diferenciadas de segurança, controle sonoro, controle de calor (quando associado a um vidro refletivo) e de radiação Ultravioleta, absorvendo até 99,6% dos raios solares.

Figura 3-Vidro Laminado



Fonte-Autor

Na atualidade existem três formas de produção: com Polivinil Butiral (PVB), Etil Vinil Acetato (EVA) e com resina. A laminação com resina, os vidros são unidos por uma quantidade determinada de resina que é derramada na cavidade entre os vidros. Quando todo o ar é deslocado para fora, a borda é selada e o produto é guardado horizontalmente para que a resina cure (MICHELATO, 2007).

No outro tipo de laminação é colocado uma película plástica intercalada chamada polivinil butiral (PVB), de acordo com a Figura 3. Por apresentar grande resistência, elasticidade e aderência ao vidro, quando submetido a um tratamento térmico sob pressão, constitui um anteparo no qual fragmentos continuam aderidos no caso da quebra. Além disso, diferente da resina está película plástica filtra até 99,6% dos raios ultravioletas, os principais responsáveis pelo desbotamento dos objetos.

A principal característica do vidro laminado, segundo a CEBRACE (2002), em caso de quebra, seus fragmentos permanecem presos à película plástica intermediária, reduzindo as chances de acidentes. Esta película possui alta resistência elástica, absorvendo grande parte do impacto de objetos que provoquem danos no vidro, ou seja, que evite a passagem pelo vão até que seja providenciada a substituição do mesmo danificado.

A NBR 14697 (ABNT, 2001) especifica os requisitos gerais, métodos de ensaio e cuidados necessários para garantir a segurança e a durabilidade do vidro laminado em suas aplicações na construção civil e na indústria moveleira, bem como a metodologia de classificação deste produto como o vidro de segurança. A figura 4 mostra a principal característica do vidro laminado.

Figura 4- Vidro laminado quebrado



Fonte- Autor

Com a descoberta de novos polímeros, a laminação se tornou muito mais adequada às normas, as especificações necessárias para instalação e as necessidades dos clientes. Aderindo melhor as duas lâminas de vidro, foi possível reduzir a quantidade de defeitos, de bolhas e até mudanças de cor, resolvendo assim até questões estéticas que vão desde a simplicidade até a mais sofisticada como demonstrado na figura a seguir.

2.1.3 Vidro Refletivo ou Pirolíticos

Conforme CEBRACE (2004), são chamados comumente de vidros espelhados ou refletivos pirolíticos usados para o controle solar, que se destacam pela resistência de sua camada metalizada e pelo controle da entrada de luz e calor no ambiente proporcionando maior conforto e economia ao usuário.

A conversão do vidro float comum em refletivo resume-se na aplicação de uma camada metalizada, em uma de suas faces. Existem dois tipos de processos para obter esse mesmo resultado, o processo pirolítico e o de câmara a vácuo.

Tecnicamente conhecido por vidro pirolítico, são denominados assim por sua fabricação, através de um processo onde “a camada refletiva é aplicada na face superior do vidro enquanto a placa ainda não esfriou, ou após sofrer novo aquecimento. Como a chapa de vidro está quente e com sua superfície em estado plástico, os óxidos penetram um pouco na superfície e, ao resfriar o vidro, a camada refletiva (chamada de camada dura) torna-se resistente.

Segundo a ABRAVIDRO, no processo de câmara a vácuo, a chapa de vidro passa por uma câmara mantida a vácuo, na qual recebe a deposição de átomos de metal sobre uma de suas faces e sendo. Por esse processo o vidro se torna o melhor refletivo para uso monolítico, ou seja, uma lâmina apenas.

Nesse método, o desempenho do vidro como filtro solar é mais fraco, ou intermediário. Geralmente apresenta refletividade externa maior. Em compensação, a relação refletividade interna/refletividade externa é melhor, pois reflete mais para o exterior do que para o interior (LOMBARDO G. 2013).

De acordo com a NBR 16023 (ABNT, 2011), esse processo de deposição química na superfície do vidro, acontece durante sua fabricação e com uma temperatura acima de 600 °C, isso possibilita a união desta deposição com a matéria prima durante o seu resfriamento.

“Nesse processo, a chapa de vidro, ao passar por uma câmara mantida sob vácuo, recebe uma deposição de átomos de metal, provenientes de um alvo submetido ao bombardeio de partículas eletrostaticamente aceleradas. Obtém-se, assim, diferentes cores em reflexão e diferentes níveis de transparência e de controle de entrada de calor.” (CEBRACE.2001/2002. P. 52).

No âmbito da construção civil, é muito aplicado em fachadas de todos os tipos, janelas, guarda-corpos e coberturas, por terem essa camada metalizada que torna o vidro altamente resistente a abrasão e moderno. Porém, por ser um vidro mais sensível a agressões externas de todo tipo sua principal recomendação é para que seja instalado na forma laminada, o que é reforçado com a norma ABNT NBR 14697: 2001 - vidro laminado, como demonstra a figura 5.

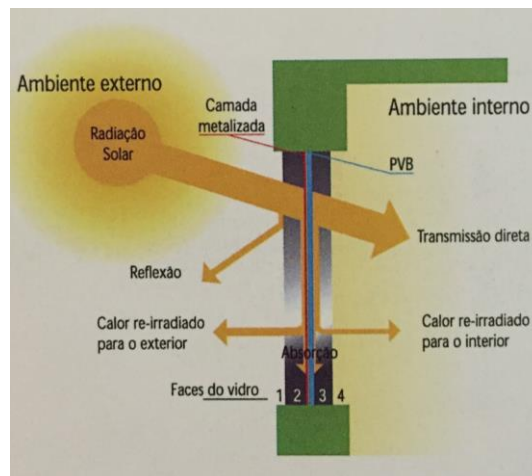
Figura 5- Fachada de vidro laminado



Fonte- Vidromex

Além do seu efeito estético diferenciado que proporcionam e da privacidade que oferecem durante o dia, quando impedem a visão para o lado interno da fachada, os vidros pirolíticos têm, como maior objetivo o controle solar aliado à conforto térmica e à alta transmissão luminosa. Neste último aspecto, possui um excelente desempenho, porém, da parte de energia incidente no vidro que é absorvida, a metalização dificulta a perda de calor do ambiente interno, como ilustra a Figura-6.

Figura 6- Processo de Proteção Solar



Fonte: 1º anuário de tecnologia e vidro

2.2 PROPRIEDADES DOS VIDROS

Nos tópicos a seguir, está desenvolvido o conceito de conforto térmico juntamente com explicação das duas mais importantes propriedades do vidro quando o assunto é manutenção do conforto térmico.

2.2.1 Conforto térmico

Quando se fala de conforto térmico, vários pontos devem ser levados em consideração, como a presença de radiação solar direta, temperatura, umidade e velocidade do ar. Por meio da convecção e evaporação, ocorrem as perdas de calor que diminuem a temperatura ambiente.

Segundo Ribeiro (2008) a sensação de bem-estar do homem, gerada por um ambiente, é dada pela atuação conjunta das variáveis mencionadas anteriormente, sendo assim, há uma faixa efetiva de variação da ocorrência de tais elementos para a qual o homem considera-se em conforto térmico, ou seja, não está incomodado nem por calor nem por frio. Isto é a chamada “zona de conforto térmico”.

De acordo com Michelato (2007), as condições de conforto são uma das maiores aspirações do homem, considerando que a sensação de desconforto implica em maior número de acidentes e erros no processo de trabalho, além da diminuição do rendimento e da eficiência do mesmo.

Juntamente com essa definição, a NBR 15575-1 (ABNT, 2013) também especifica um critério de avaliação para conforto térmico, mas em função da comparação de temperatura. Para essa caracterização a norma diz que a temperatura máxima obtida no interior de salas e recintos de permanência prolongada deve ser sempre menor ou igual ao valor máximo da temperatura externa.

O nível de aceitação “M” representado na tabela 1, significa o valor mínimo de aceitação de acordo com a norma, para o desempenho intermediário “I” e superior “S” é necessário uma diferença maior de temperatura.

Tabela 1- Níveis de conforto térmico

Nível de desempenho	Critério	
	Zonas 1 a 7	Zona 8
M	$T_{i,máx.} \leq T_{e,máx.}$	$T_{i,máx.} \leq T_{e,máx.}$
I	$T_{i,máx.} \leq (T_{e,máx.} - 2^{\circ}\text{C})$	$T_{i,máx.} \leq (T_{e,máx.} - 1^{\circ}\text{C})$
S	$T_{i,máx.} \leq (T_{e,máx.} - 4^{\circ}\text{C})$	$T_{i,máx.} \leq (T_{e,máx.} - 2^{\circ}\text{C})$ e $T_{i,mín.} \leq (T_{e,mín.} + 1^{\circ}\text{C})$

$T_{i,máx.}$ É o valor máximo diário da temperatura do ar no interior da edificação, em graus Celsius.
 $T_{e,máx.}$ É o valor máximo diário da temperatura do ar exterior à edificação, em graus Celsius.
 $T_{i,mín.}$ É o valor mínimo diário da temperatura do ar no interior da edificação, em graus Celsius.
 $T_{e,mín.}$ É o valor mínimo diário da temperatura do ar exterior à edificação, em graus Celsius.
 Nota Zonas bioclimáticas de acordo com a NBR 15220-3, Figura 16 do presente guia.

Fonte- NBR 15575-1

Na comparação anterior, os dados são divididos por zonas climáticas predeterminadas pela norma. Segundo a norma, Brasília está na zona 4 e em virtude do seu clima quente, a questão do conforto térmico assume importância significativa nas edificações, uma vez que estas devem proteger os ocupantes das condições rigorosas de temperatura do clima local. Assim, a preocupação com o conforto térmico deve ter relevância significativa na elaboração de projetos de edificações na cidade (RIBEIRO, 2008).

2.2.2 Fator Solar

Conforme Faustino (2012), de toda a radiação incidente em um vidro, uma parte é transmitida ao interior do ambiente, outra é refletida para o ambiente externo e a última parte é absorvida pelo próprio vidro. Da parcela absorvida, que seria a energia acumulada no vidro, uma parte vai ser retransmitida para o interior e outra para o exterior devido aos fenômenos de convecção e radiação.

Portanto, o fator solar é a capacidade que o material tem de absorver a energia proveniente do sol e transmiti-la para o interior do ambiente. Um dos aspectos mais determinantes na metodologia deste estudo e uma qualidade diretamente ligada ao tipo de vidro refletivo analisado, pode ser variável de acordo com o ângulo de incidência da energia.

“Para saber a quantidade de calor que penetra em um ambiente através de uma janela ou sistema de abertura é importante conhecer o conceito de fator solar.” (LAMBERTS; DUTRA; O.R.PEREIRA, 1997).

Segundo Lamberts (1997) esse fator pode ser denominado como a razão entre a quantidade de energia que atravessa o vidro diretamente, pela energia total incidente no mesmo. Então quanto maior essa porcentagem, mais o material permite a passagem da energia direta, resultando em um maior aumento de temperatura.

2.2.3 Transmitância térmica

Segundo a física, a transmitância térmica demonstra o fluxo de calor entre o interior e o exterior, sendo inversamente proporcional a resistência térmica, quanto maior o coeficiente de transmissão menor será o isolamento térmico, ou seja, maior será a quantidade de energia transmitida (FAUSTINO, 2012).

Sendo uma propriedade extremamente significativa para análise do conforto térmico de algum material, a transmitância térmica, definida como a capacidade que o corpo tem de conduzir calor, compondo a outra variável que somada com o fator solar resulta no ganho de calor total.

“Os vidros têm geralmente alta transmitância térmica, ou seja, são bons condutores de calor. Entretanto são os únicos materiais de construção com capacidade de controlar de forma racional a radiação solar (luz e calor). ” (LAMBERTS; DUTRA; O.R.PEREIRA, 1997, p.66).

Sendo uma propriedade óptica significativa no estudo de materiais semitransparentes, pode ser genericamente definida pela razão entre o fluxo normal de radiação que atravessa o material e o fluxo de radiação incidente, conforme Rossini (2006). Relacionando-se diretamente com a diferença de temperatura e o ângulo de incidência, essa propriedade pode variar para tipos diferentes de vidro.

3 METODOLOGIA

O tópico a seguir demonstra todos os passos e materiais estudados durante o ensaio, onde foram monitorados durante oito dias, os tipos de vidro para que no final fosse possível observar a capacidade de conforto térmico de cada combinação diferente.

3.1 MATERIAL ANALISADO

Após avaliar os tipos de vidro laminados mais frequentes em fachadas, foram selecionados dois tipos específicos chamados Neutral 14 e Silver 32 para serem comparados com o vidro incolor comum na mesma espessura. Os dois tipos de vidros utilizados na comparação possuem características diferentes como o fator solar e a transmitância térmica. Sendo assim cada vidro refletivo terá um desempenho diferente. Todas as amostras foram fornecidas pela Guardian industries como mostra a Figura 7.

Figura 7- Amostra dos vidros testados



Fonte-Autor

Como foi citado nas referências bibliográficas, cada tipo de vidro tem dois aspectos muito relevantes, o fator solar e a transmitância térmica. A seguir a tabela 2 apresenta as características para os dois vidros utilizados nos testes em campo.

Tabela 2- Propriedades dos vidros refletivos

Tipos de vidro	Sigla	Fator Solar	Transmitância Térmica (W/m ² °C)	Transmissão Luminosa (%)	Reflexão Externa (%)	Reflexão Interna (%)	Coef. De Sombra	Luz por Ganho de Calor
Silver 32 4mm	S	0,43	4,75	32	24	22	0,5	0,74
Neutral 14 4mm	N	0,25	3,53	14	32	40	0,29	0,57

As vidros foram fornecidos em placas de 0,3 x 0,42 m para as medições realizadas nos corpos de prova que foram construídos. Sendo assim, alternando as lâminas de cada tipo, tivemos 5 combinações diferentes de vidros laminados que para melhor entendimento foram resumidos a siglas de acordo com a tabela 3.

Tabela 3- Combinações de vidros

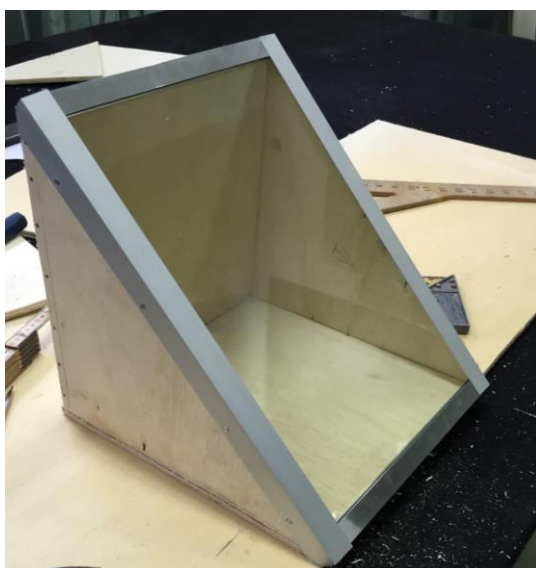
Tipos de vidro	Sigla	Combinações				
Incolor 4mm	I	I+I	S+I	N+I	S+S	N+N
Silver 32	S					
Neutral 14	N					

Em todas as combinações, sempre a face refletiva do vidro estará voltada para fora, sendo assim quando a combinação for entre dois vidros pirolíticos, também as faces refletivas ficaram voltadas para fora. Na composição das combinações laminadas, a película utilizada entre os dois vidros foi uma película de PVB utilizada em todos os tipos de laminação.

3.2 CORPOS DE PROVA

Os corpos de prova foram executados nas medidas de 0,3 x 0,3 m, e na disposição que deixa o vidro no ângulo exato de 45°, que equivale a pior condição de insolação. O projeto foi executado em madeira e alumínio para melhor fixar o vidro e pela limitação na área de testes todos seus lados não inclinados tem a dimensão de 30 cm. (Figura-8).

Figura 8- Modelo corpo de prova

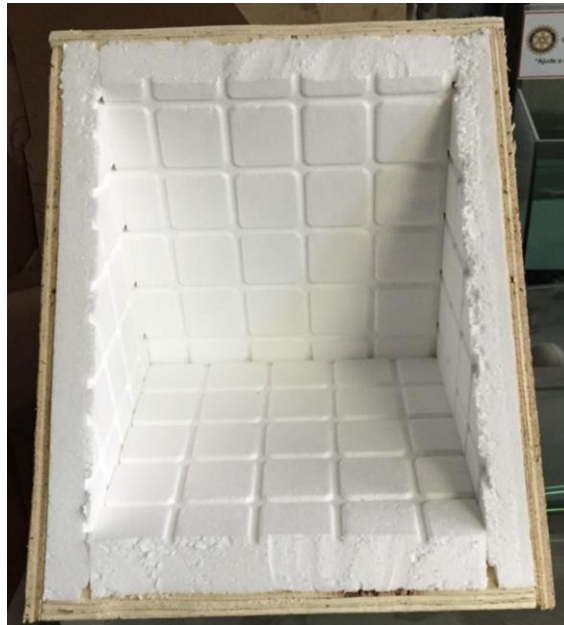


Fonte-Autor

Para minimizar a troca de calor entre a madeira e o ambiente, toda a área interna, excluindo o vidro, foi revestida com isopor de alta densidade como isolante térmico. Como as medições de temperatura foram realizadas em área externa do laboratório do UniCEUB, foi necessário vedar todos os lados e vértices de cada corpo de prova.

A figura-9 mostra a disposição do modelo e a área revestida internamente com o isopor isolante.

Figura 9- Revestimento interno



Fonte-Autor

No total, foram executadas dez caixas de madeira, sendo duas para cada combinação de vidro apresentada anteriormente. Sendo que uma ficou voltada para o nascente e outra para o poente, em área externa ao laboratório de Topografia, Geotecnia e Materiais de Construção do UniCeub.

Para efetuar a medição da temperatura interna de cada caixa ao longo do dia, foi necessário fazer um furo na lateral de cada caixa, instalar um termopar e deixar o conector para o multímetro para o lado de fora, observar figura 10. Os conectores foram todos isolados também com isopor de alta densidade para não ficarem expostos ao sol durante o decorrer das medições.

Figura 10- Termopar fixado



Fonte- Autor

3.3 COLETA DE DADOS

A temperatura ambiente foi monitorada para coleta de dados, onde usamos um termômetro digital Ambient Weather WS-HT350 para medirmos a temperatura ambiente (Figura-11).

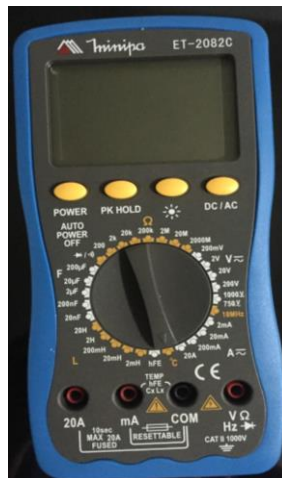
Figura 11- Termômetro



Fonte-Autor

A temperatura interna das caixas foi aferida com o auxílio de termopares testados e calibrados antes de serem fixados no interior da caixa. A leitura foi feita por um multímetro fornecido pelo UniCEUB durante o período de testes, mostrado na Figura 12.

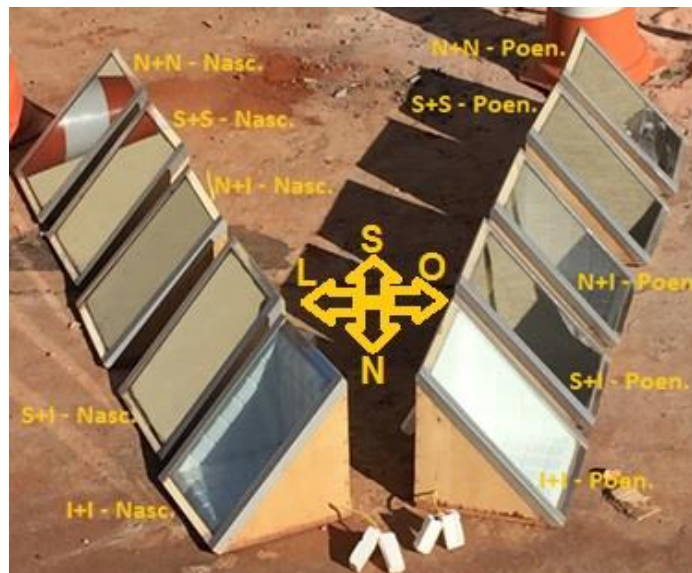
Figura 12- Multímetro



Fonte-Autor

Depois de transportar os corpos de prova até o laboratório, eles foram colocados em pares de acordo com o tipo do vidro onde um estará posicionado com a face para o sol nascente e o segundo no poente (Figura-13).

Figura 13- Disposição dos corpos de prova



Fonte- Autor

A coleta de dados foi feita no intervalo de duas em duas horas, começando as 7:30 da manhã e encerrando as 17:30 da tarde horário em que a incidência solar é mais baixa, durante 7 dias no mês de maio de 2016. Em todas as leituras, foram registradas as temperaturas de todas as caixas e a temperatura ambiente.

4 APRESENTAÇÃO E ANÁLISE DE RESULTADOS

Nesta parte do estudo estão todos os dados obtidos, bem como a análise dos mesmos. Todas as temperaturas e gráficos estão dispostas a seguir a fim de atingir o objetivo proposto neste trabalho. Os espaços em branco são medições não realizadas devido a chuvas ocorridas no horário.

4.1 TEMPERATURA AMBIENTE

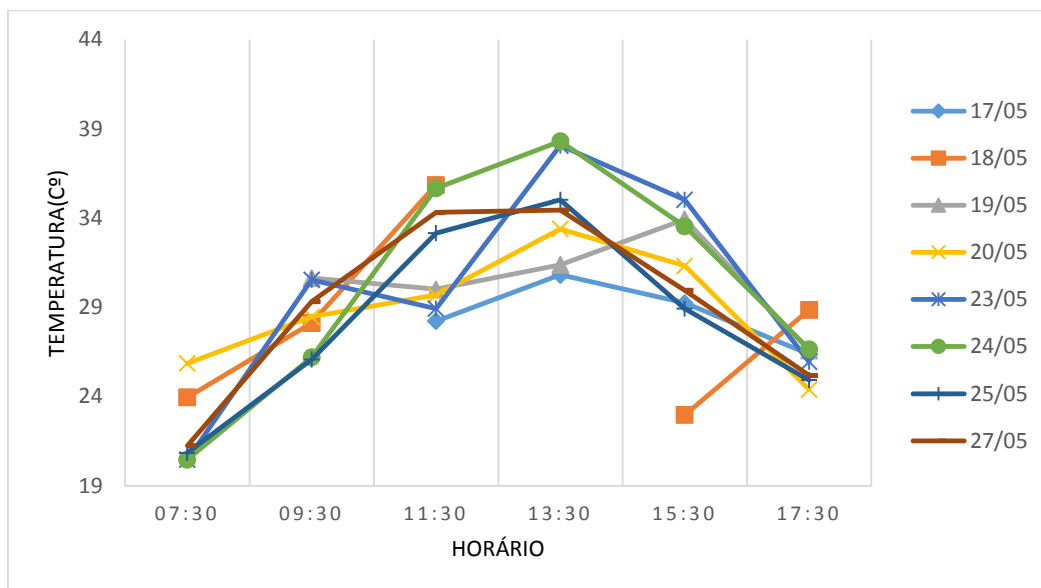
A temperatura ambiente foi monitorada e colocada na tabela a seguir onde seus valores estão distribuídos nos mesmos horários das medições dos corpos de prova.

Tabela 4- Temperatura Externa

Temp. ext.									
	17/05	18/05	19/05	20/05	23/05	24/05	25/05	27/05	Média
07:30	-	23,9	-	25,8	20,5	20,5	20,8	21,2	20,8
09:30	-	28,1	30,6	28,4	30,5	26,2	26,0	29,3	27,2
11:30	28,2	35,8	30,0	29,6	28,9	35,6	33,1	34,3	34,3
13:30	30,8	-	31,3	33,3	38,0	38,3	35,0	34,4	35,9
15:30	29,2	22,9	33,9	31,3	35,0	33,5	28,9	29,9	30,8
17:30	26,3	28,8	26,5	24,4	25,9	26,6	24,9	25,1	25,5

Para melhor análise dos dados da tabela anterior, o Gráfico 1 representa a variabilidade da temperatura externa durante os dias de ensaio.

Gráfico 1- Temperatura Externa



Durante o ensaio, a temperatura ambiente variou de 20,5 a 38,3 °C, em menor escala do que os vidros, devido ao ganho de temperatura do material pela radiação solar. Nota-se que os dias mais quentes e com melhor irradiação solar foram os três últimos.

4.2 TEMPERATURA DOS DIFERENTES VIDROS

As temperaturas medidas no interior dos corpos de prova durante o período em que ficaram expostos ao sol, foram disponibilizadas em planilhas para cada dia de observação. Em alguns momentos durante esse processo o dia se encontrava nublado, isso interfere um pouco pois o vidro perde calor muito fácil para o ambiente, entretanto esses períodos foram sinalizados e levados em consideração na conclusão.

Para melhor analisar os dados, foram criados quatro tipos de gráficos comparativos, sendo eles:

- Gráfico temperatura x tempo para cada combinação de vidro separados em nascente e poente;

- Gráfico temperaturas médias das combinações de vidro e média da temperatura externa x tempo;
- Gráfico de comparação da temperatura dos vidros em relação ao vidro laminado incolor.
- Gráfico da diferença de temperaturas.

4.2.1 I+I

Nos gráficos de todos os vidros foram utilizados cores e marcadores diferentes para melhor percepção, pois nos dias 17/05, 18/05 e 19/05 não foram realizadas algumas medidas. As temperaturas relacionadas ao vidro I+I nascente e poente, estão dispostas a seguir nas Tabelas 5 e 6 para melhor entendimento dos gráficos.

Tabela 5- I+I Nascente

I+I NASCENTE									
	17/05	18/05	19/05	20/05	23/05	24/05	25/05	27/05	Média
07:30	-	24,0	-	27,0	21,0	21,0	22,0	24,0	22,3
09:30	-	40,0	47,0	52,0	55,0	57,0	54,0	56,0	55,7
11:30	38,0	61,0	38,0	56,0	49,0	61,0	60,0	61,0	60,7
13:30	33,0	-	39,0	42,0	48,0	41,0	41,0	45,0	42,3
15:30	31,0	27,0	28,0	28,0	29,0	27,0	24,0	28,0	26,3
17:30	26,0	24,0	29,0	24,0	26,0	27,0	25,0	26,0	26,0

Tabela 6- I+I Poente

I+I POENTE									
	17/05	18/05	19/05	20/05	23/05	24/05	25/05	27/05	Média
07:30	-	23,0	-	23,0	21,0	20,0	20,0	22,0	20,7
09:30	-	24,0	25,0	23,0	21,0	20,0	20,0	20,0	20,0
11:30	29,0	34,0	32,0	30,0	28,0	32,0	38,0	33,0	34,3
13:30	33,0	-	37,0	44,0	38,0	56,0	53,0	56,0	55,0
15:30	34,0	28,0	47,0	45,0	49,0	54,0	48,0	47,0	49,7
17:30	26,0	25,0	30,0	24,0	26,0	28,0	25,0	26,0	26,3

Os gráficos 2 e 3, feitos a partir das tabelas anteriores, apresentam a variação de temperatura durante ao longo dos dias para o vidro I+I, voltados para o nascente e poente, respectivamente.

Gráfico 2- I+I Nascente

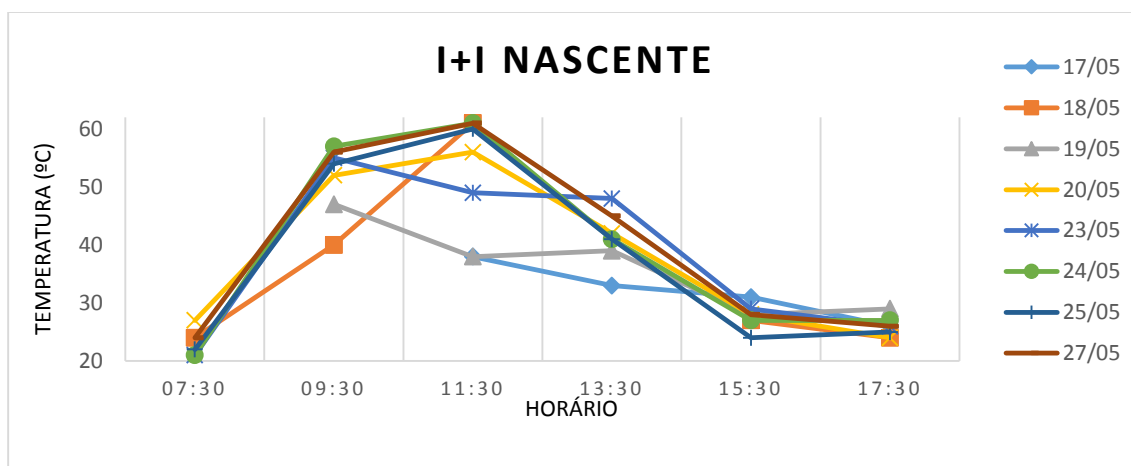
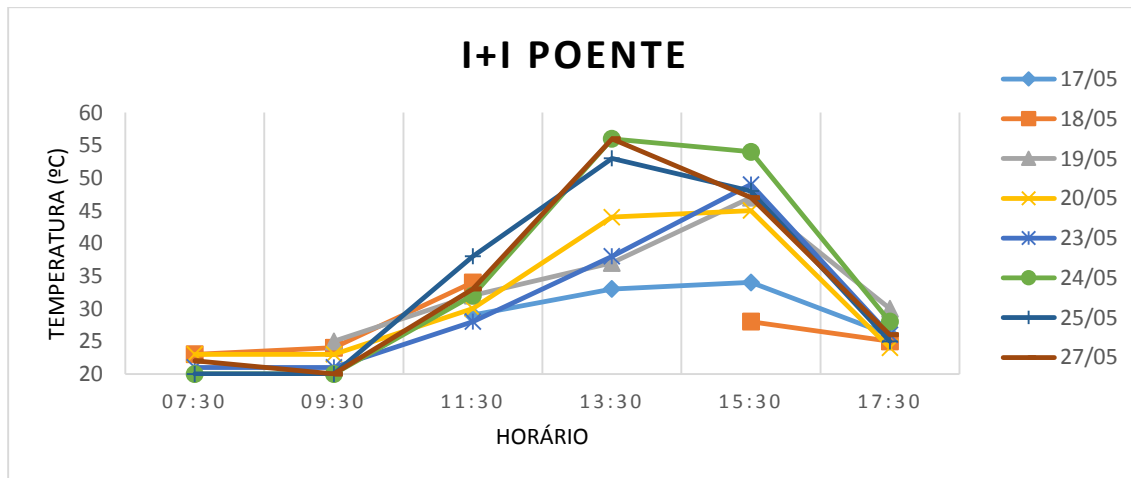


Gráfico 3- I+I Poente



Verificou-se que a variação de temperatura ocorre como já esperado de acordo com o movimento e a incidência do sol, tendo nas primeiras e últimas medições de cada dia, uma temperatura com desvio padrão menor que no decorrer do dia tanto no nascente como no poente, já que o vidro incolor tem mais facilidade de ganhar e perder calor com o ambiente.

As temperaturas as 7:30 ficaram entre 20 e 27 ° C e ao final da tarde, as 17:30, variaram de 24 e 30 °C. Ao longo do dia ocorreu uma maior variação, em função das condições ambientais, porém, nota-se que nos dias 24, 25 e 27 de maio, os resultados ficaram próximos e foram as maiores temperaturas.

Observa-se que para os vidros voltados para nascente, as temperaturas máximas ocorreram por volta das 11:30, chegando a 61° C, enquanto no poente as máximas ocorreram no horário de 13:30, atingindo 56° C. Logo, as temperaturas foram maiores para os vidros voltados para nascente, divergindo do esperado, que deveria ser o poente.

4.2.2 S+I

O segundo vidro apresenta a combinação S+I onde o vidro Silver 32 tem certo conforto térmico devido ao seu fator solar, seus dados estão apresentados nas Tabelas a seguir, seguindo o mesmo modelo do vidro anteriormente citado.

Tabela 7- S+I Nascente

S+I NASCENTE									
	17/05	18/05	19/05	20/05	23/05	24/05	25/05	27/05	Média
07:30	-	22,0	-	24,0	20,0	20,0	21,0	22,0	21,0
09:30	-	38,0	42,0	46,0	49,0	49,0	49,0	51,0	49,7
11:30	39,0	52,0	45,0	50,0	47,0	55,0	50,0	55,0	53,3
13:30	33,0	-	36,0	39,0	38,0	39,0	38,0	40,0	39,0
15:30	31,0	25,0	29,0	29,0	30,0	31,0	27,0	29,0	29,0
17:30	25,0	24,0	28,0	24,0	26,0	26,0	24,0	25,0	25,0

Tabela 8- S+I Poente

S+I POENTE									
	17/05	18/05	19/05	20/05	23/05	24/05	25/05	27/05	Média
07:30	-	22,0	-	22,0	20,0	20,0	20,0	21,0	20,3
09:30	-	23,0	23,0	25,0	20,0	21,0	23,0	24,0	22,7
11:30	32,0	33,0	30,0	27,0	29,0	32,0	32,0	35,0	33,0
13:30	32,0	-	36,0	44,0	35,0	52,0	49,0	50,0	50,3
15:30	34,0	27,0	44,0	41,0	45,0	47,0	47,0	42,0	45,3
17:30	26,0	25,0	30,0	24,0	27,0	27,0	25,0	26,0	26,0

Para representar os valores coletados para o S+I, foram gerados os Gráficos 4 e 5, onde a análise desse vidro foi feita tanto para o nascente quanto para o poente.

Gráfico 4- S+I Nascente

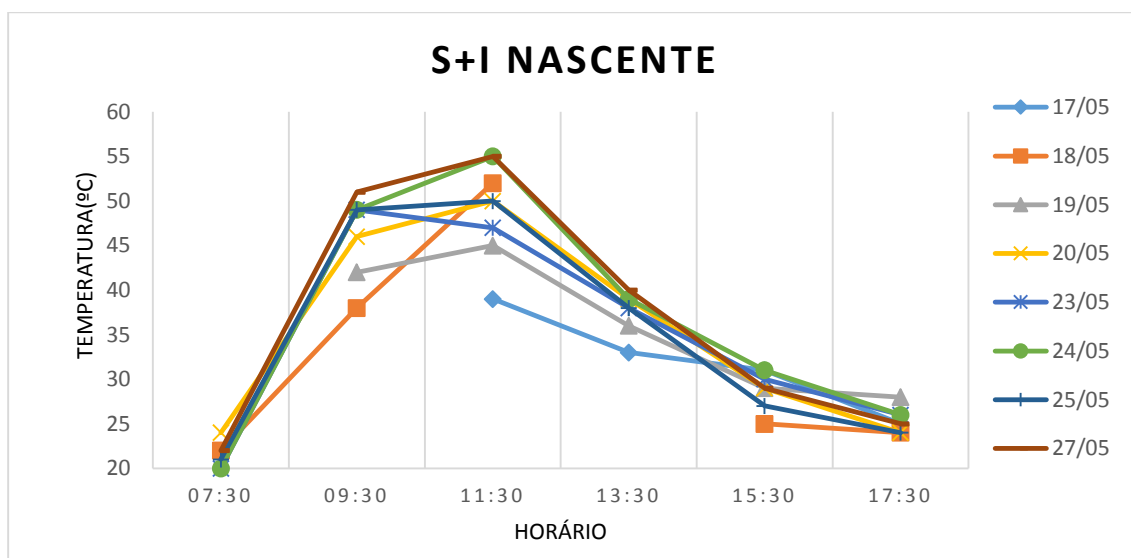
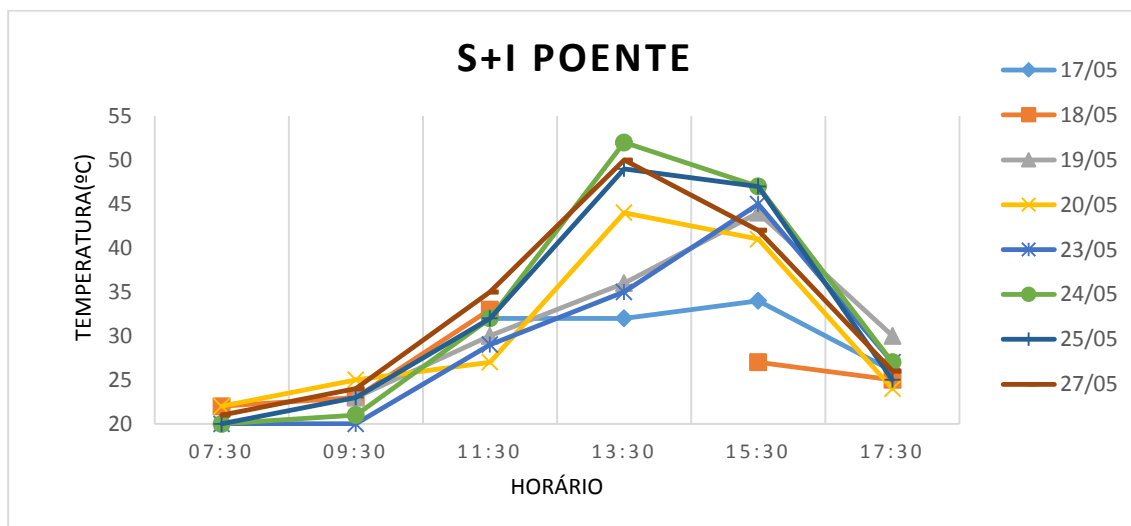


Gráfico 5- S+I Poente



Nos gráficos 4 e 5, a amplitude térmica diminui e a temperatura cai devido a camada metalizada do vidro, que diminui a passagem de energia proveniente da luz solar e dificulta da troca de calor do vidro com o ambiente.

No primeiro horário do dia, durante todos os dias de ensaio, a temperatura variou de 20 a 24 °C. Já no último horário, ela variou de 24 a 30 °C, tendo assim igualado com a temperatura do I+I no começo do dia, mas diminuindo a amplitude térmica ao final do dia.

Acompanhando a variação da temperatura externa, suas maiores temperaturas também foram registradas nos dias 24, 25 e 27. Percebe-se que no nascente, a maior temperatura registrada foi no horário de 11:30 para o nascente e 13:30 para o poentes, atingindo as temperaturas de 55 °C e 52 °C respectivamente. Comparados ao I+I a temperatura do nascente continua sendo a mais alta, contudo a temperatura interna dos corpos de prova diminui.

4.2.3 N+I

As tabelas a seguir foram geradas com os dados do arranjo N+I nascente e poente, um vidro com certo conforto térmico que devido ao seu fator solar, propõem um melhor resultado que o S+I.

Tabela 9- N+I Nascente

N+I NASCENTE									
	17/05	18/05	19/05	20/05	23/05	24/05	25/05	27/05	Média
07:30	-	24,0	-	25,0	21,0	21,0	20,0	23,0	21,3
09:30	-	41,0	48,0	53,0	53,0	55,0	55,0	59,0	56,3
11:30	41,0	58,0	51,0	58,0	48,0	64,0	59,0	66,0	63,0
13:30	35,0	-	40,0	45,0	45,0	49,0	45,0	48,0	47,3
15:30	32,0	26,0	29,0	30,0	32,0	32,0	27,0	31,0	30,0
17:30	26,0	24,0	28,0	24,0	26,0	27,0	25,0	25,0	25,7

Tabela 10- N+I Poente

N+I POENTE									
	17/05	18/05	19/05	20/05	23/05	24/05	25/05	27/05	Média
07:30	-	22,0	-	23,0	20,0	20,0	20,0	21,0	20,3
09:30	-	24,0	25,0	21,0	20,0	20,0	21,0	21,0	20,7
11:30	32,0	37,0	34,0	31,0	29,0	34,0	37,0	37,0	36,0
13:30	35,0	-	40,0	50,0	38,0	58,0	58,0	57,0	57,7
15:30	35,0	28,0	48,0	46,0	51,0	50,0	56,0	46,0	50,7
17:30	27,0	25,0	30,0	24,0	27,0	28,0	25,0	26,0	26,3

Estão relacionados nos Gráficos 6 e 7 a variação de temperatura resultante do arranjo N+I, para poder compará-lo aos vidros anteriormente citados.

Gráfico 6- N+I Nascente

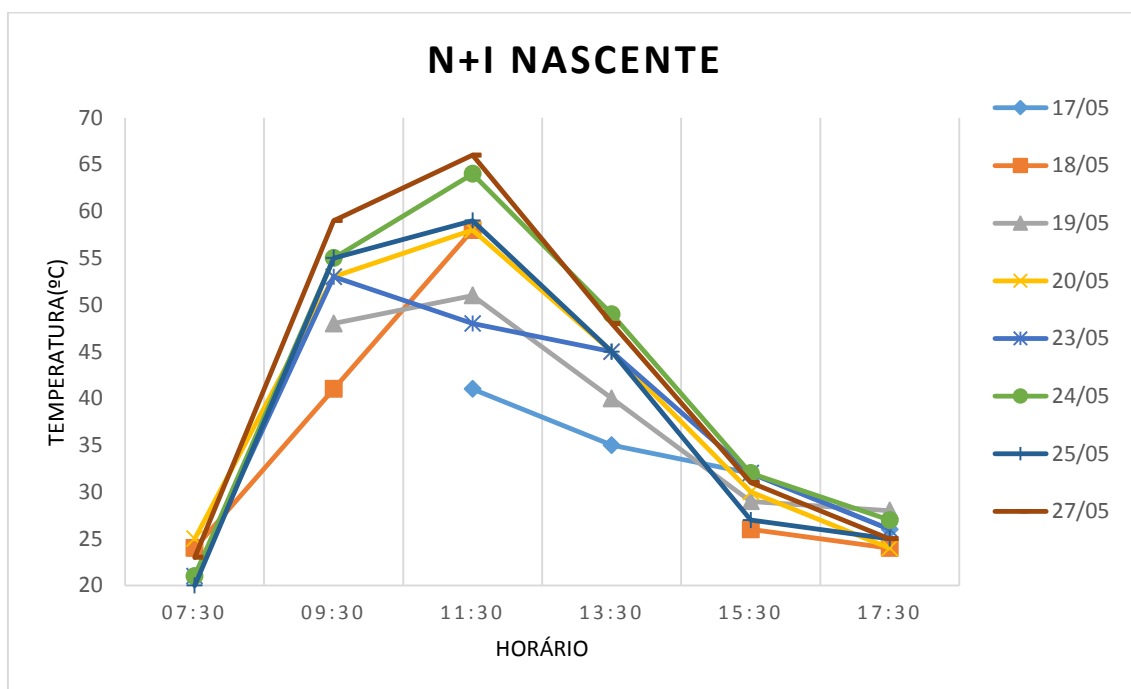
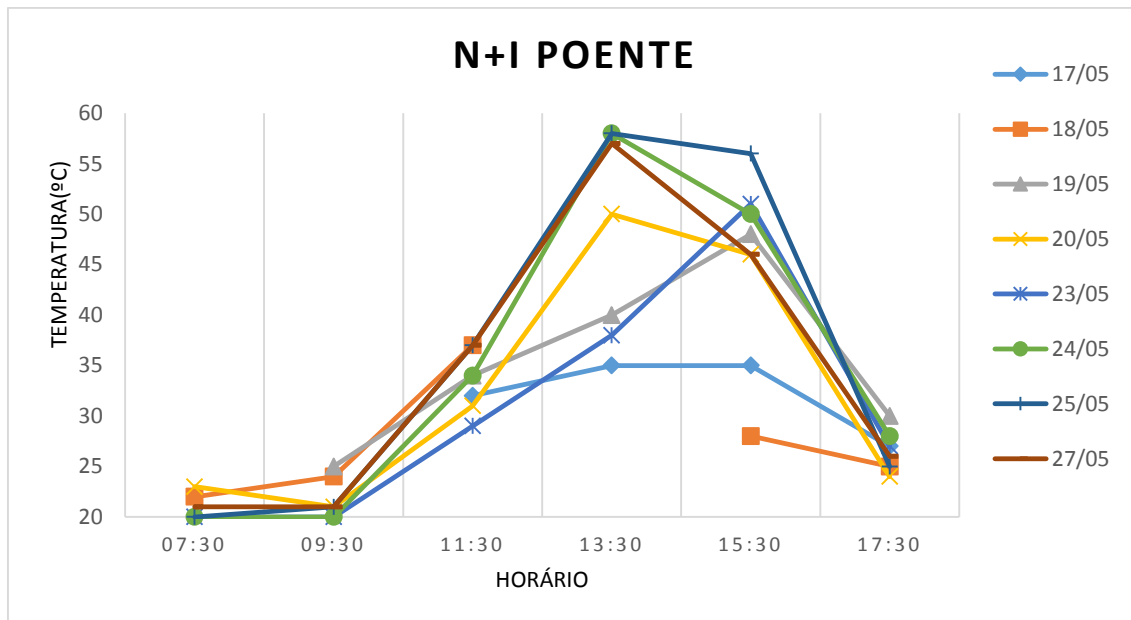


Gráfico 7- N+I Poente



Nos primeiro e último horário, a oscilação de temperatura entre todos os dias foi muito menor que nos outros vidros, diminuindo assim o desvio padrão, como já era esperado devido as características do vidro.

A combinação N+I teve um aumento de 1 °C na primeira medição do dia, sendo assim sua variação partiu de 20 a 25 °C e obtendo, para a última medição, a mesma oscilação dos outros vidros, partindo de 24 °C e indo até 30 °C.

Não diferente dos outros materiais analisados anteriormente, seus dias de pico de temperatura permaneceram os mesmos. No dia 27 de maio sua temperatura interna no nascente, atingiu 66 °C e no poente, no dia 25 chegou a 58 °C, obtendo assim o pior dos resultados das combinações analisadas até o momento, diferente do esperado já que o seu fator solar é o menor de todos.

4.2.4 S+S

Observando o vidro S+S durante todos os dias de ensaio, esperasse um resultado melhor devido a junção de dois vidros laminados, as temperaturas alcançadas foram relacionadas nas tabelas abaixo.

Tabela 11- S+S Nascente

S+S NASCENTE									
	17/05	18/05	19/05	20/05	23/05	24/05	25/05	27/05	Média
07:30	-	22,0	-	23,0	21,0	20,0	21,0	22,0	21,00
09:30	-	36,0	41,0	42,0	45,0	46,0	45,0	50,0	47,00
11:30	38,0	53,0	44,0	48,0	44,0	52,0	47,0	53,0	50,7
13:30	32,0	-	37,0	38,0	38,0	38,0	37,0	40,0	38,3
15:30	30,0	25,0	29,0	27,0	27,0	29,0	24,0	29,0	27,3
17:30	25,0	24,0	28,0	24,0	25,0	27,0	25,0	25,0	25,7

Tabela 12- S+S Poente

S+S POENTE									
	17/05	18/05	19/05	20/05	23/05	24/05	25/05	27/05	Média
07:30	-	21,0	-	22,0	20,0	20,0	20,0	21,0	20,3
09:30	-	23,0	24,0	21,0	20,0	20,0	20,0	20,0	20,0
11:30	31,0	33,0	32,0	28,0	28,0	31,0	31,0	33,0	31,7
13:30	31,0	-	35,0	40,0	35,0	50,0	47,0	47,0	48,0
15:30	33,0	27,0	45,0	41,0	45,0	47,0	46,0	41,0	44,7
17:30	26,0	25,0	30,0	24,0	27,0	29,0	26,0	26,0	27,0

A seguir, nos Gráficos 8 e 9, estão representados os dados do arranjo S+S nascente e poente, respectivamente.

Gráfico 8- S+S Nascente

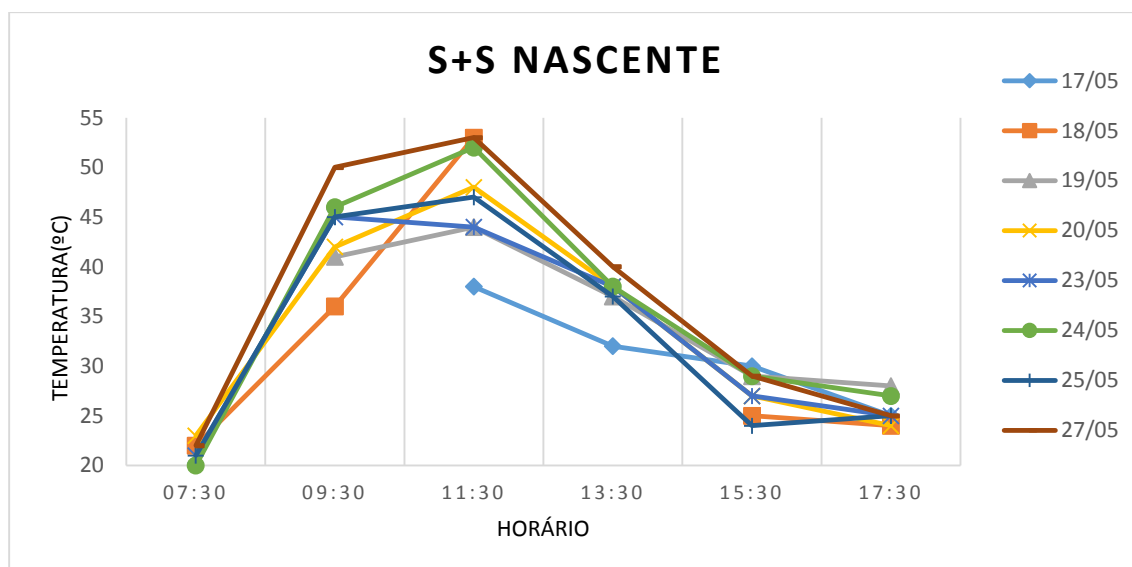
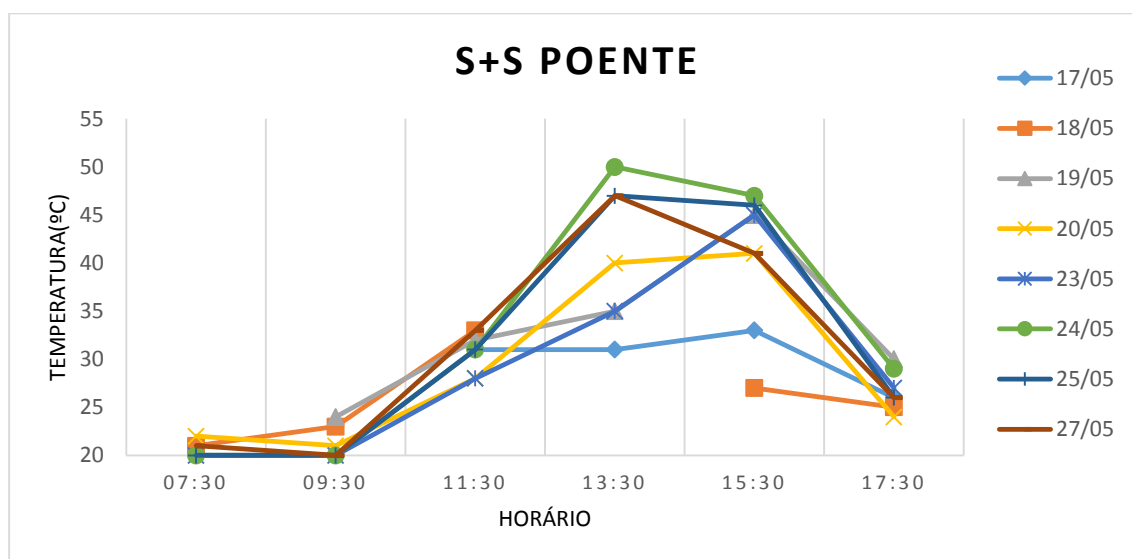


Gráfico 9- S+S Poente



A junção dos dois refletivos diminuiu a diferença entre as temperaturas da primeira medição, variando assim de 20 a 23 °C contudo no horário de 17:30 manteve a variação padrão dos outros corpos de prova, partindo de 24 °C e alcançando 30 °C.

Ao observar os gráficos criados, a combinação S+S teve um decréscimo em relação a sua combinação com o incolor comum, sendo assim sua temperatura para o nascente foi de 52 °C, e no poente 50 °C. Sendo assim o melhor resultado das análises feitas até o momento, como já esperado foi resultado da combinação de duas lâminas de vidros refletivos.

4.2.5 N+I

Ao final, o N+N, combina as melhores especificações de conforto térmico em um corpo de prova e sua variação de temperatura está representada nas Tabelas 13 e 14.

Tabela 13- N+N Nascente

N+N NASCENTE									
	17/05	18/05	19/05	20/05	23/05	24/05	25/05	27/05	Média
07:30	-	22,0	-	23,0	21,0	20,0	20,0	22,0	20,7
09:30	-	35,0	39,0	40,0	42,0	43,0	40,0	44,0	42,3
11:30	37,0	47,0	42,0	44,0	41,0	48,0	42,0	48,0	46,0
13:30	32,0	-	37,0	42,0	39,0	42,0	41,0	44,0	42,3
15:30	30,0	25,0	30,0	29,0	31,0	32,0	24,0	31,0	29,0
17:30	26,0	24,0	28,0	24,0	26,0	27,0	25,0	25,0	25,7

Tabela 14- N+N Poente

N+N POENTE									
	17/05	18/05	19/05	20/05	23/05	24/05	25/05	27/05	Média
07:30	-	21,0	-	21,0	20,0	19,0	20,0	20,0	19,7
09:30	-	24,0	25,0	21,0	20,0	19,0	21,0	19,0	19,7
11:30	32,0	36,0	32,0	30,0	29,0	31,0	36,0	34,0	33,7
13:30	32,0	-	37,0	43,0	36,0	49,0	47,0	48,0	48,0
15:30	33,0	26,0	44,0	40,0	45,0	46,0	46,0	40,0	44,0
17:30	27,0	25,0	30,0	24,0	27,0	30,0	26,0	26,0	27,3

Partindo dos dados anteriormente colocados nas tabelas, os Gráficos 10 e 11 apresentam a variação das temperaturas, nascente e poente, da última combinação analisada.

Gráfico 10- N+N Nascente

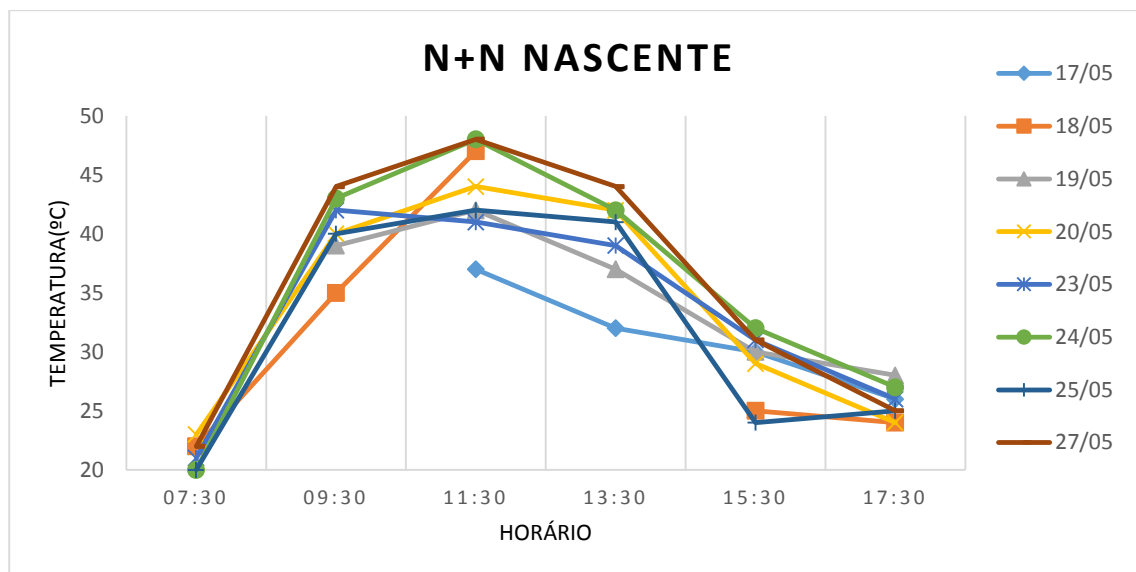
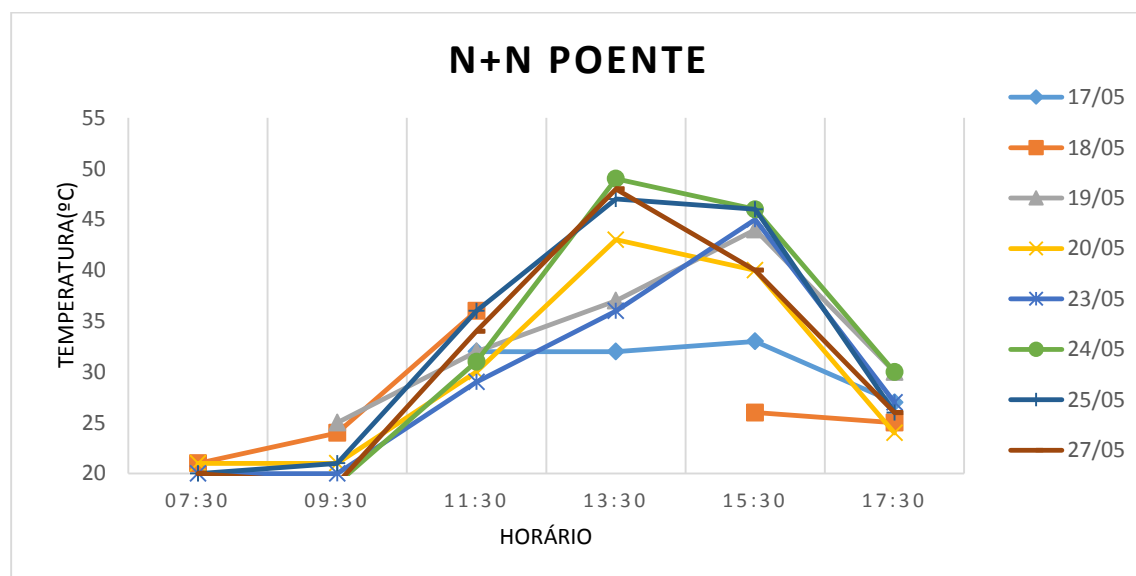


Gráfico 11- N+N Poente



Após finalizar a análise, a última caixa obteve a menor temperatura ao amanhecer, partindo de 19 °C e chegando a mesma temperatura de 23 °C mas suas temperaturas no final do dia se mantiveram como nos outros corpos de prova.

Diferente de todos os vidros analisados, o N+N, foi o primeiro que teve o horário de pico nascente, menor que o poente, mas o dia permaneceu o mesmo para todos os casos. No horário de 11:30 onde foi registrado a maior temperatura, a máxima alcançada foi de 48 °C para o nascente, já para o poente, a máxima chegou a atingir 49 °C. Decorrente dessas temperaturas, o N+N teve um resultado esperando, onde devido ao seu fator solar reduzido, teve o maior decréscimo de temperatura comparado com o I+I.

4.3 COMPARAÇÃO ENTRE OS TIPOS DE VIDROS

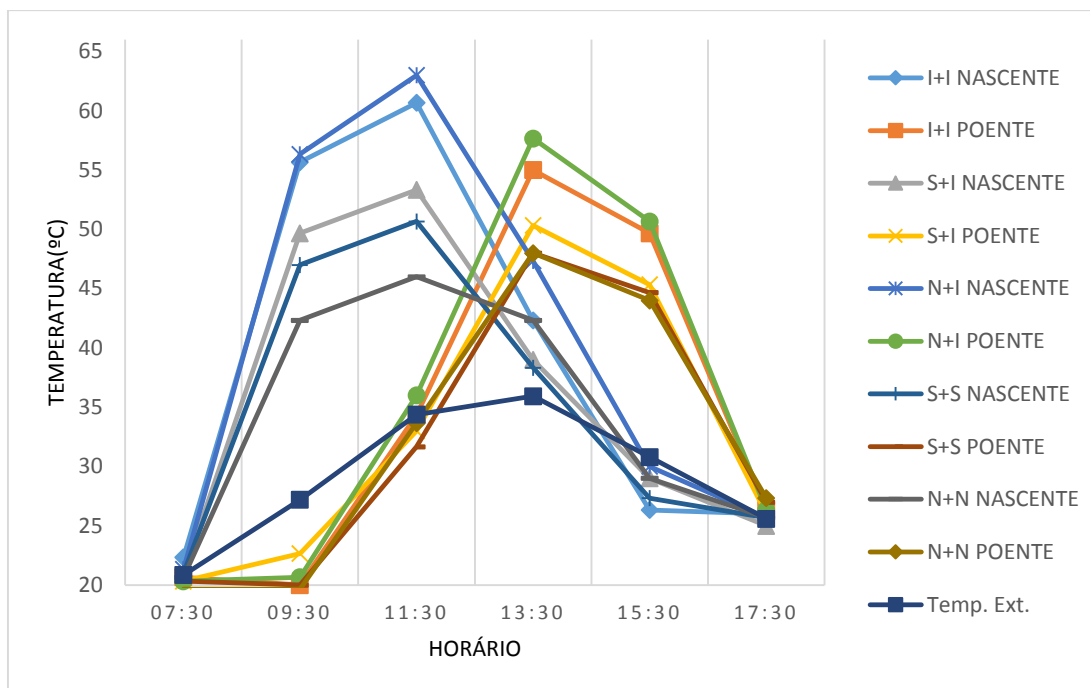
Para realizar a análise comparativa entre todos os tipos de vidro, realizou-se a média da temperatura dos três dias mais quentes, apresentados anteriormente. Esses valores foram relacionados em uma tabela juntamente com as médias de temperaturas externas (Tabela 15).

Tabela 15- Médias

Média											
	I+I NASC.	I+I POEN.	S+I NASC.	S+I POEN.	N+I NASC.	N+I POEN.	S+S NASC.	S+S POEN.	N+N NASC.	N+N POEN.	Temp. Ext.
07:30	22,3	20,7	21,0	20,3	21,3	20,3	21,0	20,3	20,7	19,7	20,9
09:30	55,7	20,0	49,7	22,7	56,3	20,7	47,0	20,0	42,3	19,7	27,2
11:30	60,7	34,3	53,3	33,0	63,0	36,0	50,7	31,7	46,0	33,7	34,4
13:30	42,3	55,0	39,0	50,3	47,3	57,7	38,3	48,0	42,3	48,0	35,9
15:30	26,3	49,7	29,0	45,3	30,0	50,7	27,3	44,7	29,0	44,0	30,8
17:30	26,0	26,3	25,0	26,0	25,7	26,3	25,7	27,0	25,7	27,3	25,6

O Gráfico 12 representa os resultados listados anteriormente da oscilação de todos os vidros utilizados no ensaio, tanto para nascente como para poente, além da temperatura ambiente.

Gráfico 12- Média das temperaturas



Observando o gráfico, a oscilação da temperatura interna no decorrer do dia é pior na combinação N+I chegando a atingir 63,0 °C no pior horário quando voltado pro nascente, diferente do pior caso esperado no início do estudo, o I+I, que chegou a 60,7 °C. No horário mais quente do poente, as 13:30 o pior resultado continuou sendo o N+I alcançando 57,7 °C para o poente.

Os laminados compostos de dois refletivos, tiveram o melhor resultado, com o N+N sendo o mais resistente ao ganho de calor, resultando em uma temperatura máxima de 46 °C no pior horário do nascente, e alcançando 48 °C no poente para o pior horário.

O S+S obteve o segundo melhor desempenho no horário de 11:30 nascente chegando a temperatura máxima de 50,7 °C, entretanto nas médias para o pior horário poente ele resultou na mesma temperatura que o N+N.

A máxima temperatura desenvolvida pelo S+I foi de 53,33 °C para o pior horário da manhã e 50,33 °C para o horário de 13:30 no poente. Sendo assim o vidro S+I foi o que apresentou desempenho mediano no experimento.

Nota-se que todos os vidros apresentaram temperaturas superiores a temperatura ambiente, principalmente nos horários mais quentes, entre 9:30 e 13:30, nos demais horários as temperaturas ficaram próximas. Evidenciando que o vidro causa um efeito estufa quando utilizado em fachadas nos horários mais quentes.

Considerando o I+I o vidro de menor conforto térmico, sua temperatura foi igualada a 100% em todos os horários e as temperaturas internas foram proporcionalmente transformadas em percentual para compor uma comparação de porcentagens de calor como demonstra a tabela a seguir.

Tabela 16- Porcentagens Nascente

Gráfico de porcentagens NASCENTE					
	I+I	S+I	N+I	S+S	N+N
07:30	100,0	94,0	95,5	94,0	92,5
09:30	100,0	89,2	101,2	84,4	76,0
11:30	100,0	87,9	103,8	83,5	75,8
13:30	100,0	92,1	111,8	90,5	100,0
15:30	100,0	110,1	113,9	103,8	110,1
17:30	100,0	96,2	98,7	98,7	98,7

Tabela 17- Porcentagens Poente

Gráfico de porcentagens POENTE					
	I+I	S+I	N+I	S+S	N+N
07:30	100,0	98,4	98,4	98,4	95,2
09:30	100,0	113,3	103,3	100,0	98,3
11:30	100,0	96,1	104,8	92,2	98,1
13:30	100,0	91,5	104,8	87,3	87,3
15:30	100,0	91,3	102,0	89,9	88,6
17:30	100,0	98,7	100,0	102,5	103,8

Para melhor comparar esse percentual de temperatura, foi escolhido o pior horário tanto para o nascente, 11:30, quanto para o poente, as 13:30 e a partir desses dados foram gerados os gráficos a seguir.

Gráfico 13- Nascente 11:30

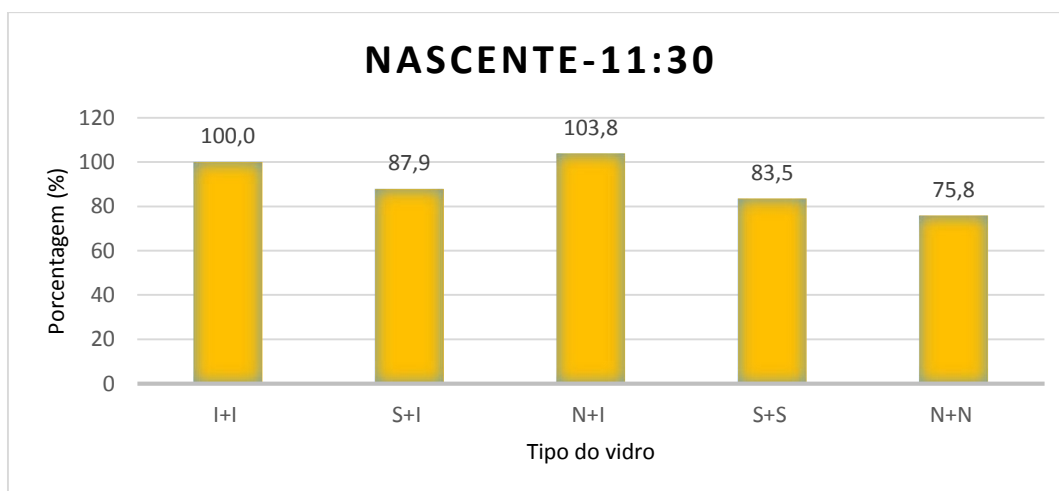
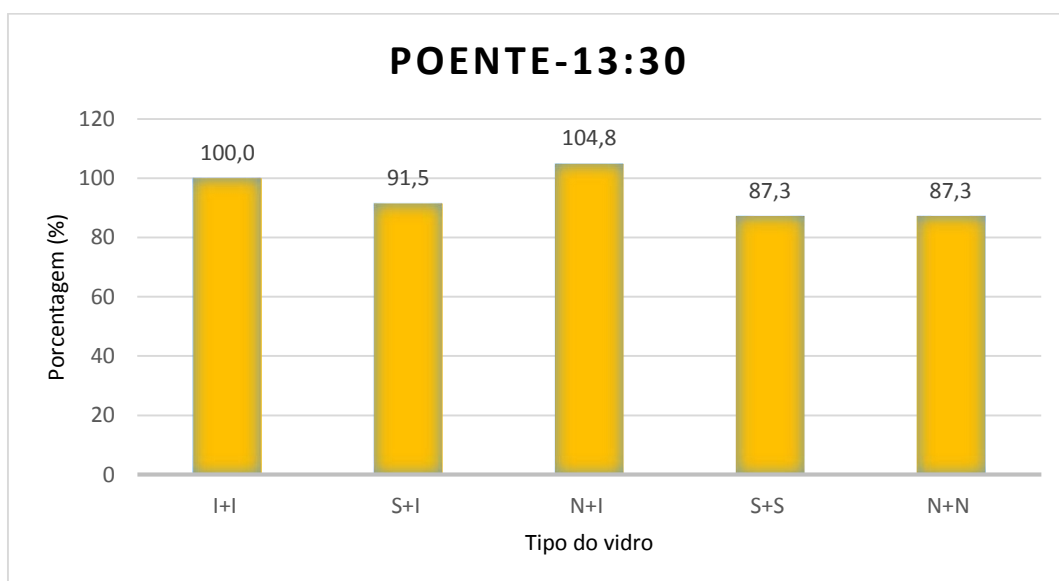


Gráfico 14- Poente 13:30



Confirmando a variação de temperatura do gráfico das médias, o pior dos casos com a presença da irradiação solar foi o N+I, obtendo uma porcentagem maior que o I+I quando exposto nas mesmas condições.

Em contrapartida o gráfico demonstra que a porcentagem atingida pelo N+N foi a menor, chegando a 75,8% no nascente mas no poente, onde o S+S acompanhou o desempenho chegando assim a 87,3%. Isso demonstra que a menor temperatura nos horários críticos é durante a manhã, na condição ensaiada que foi de 45° de inclinação

Comprovando os resultados das médias anteriores o S+I foi o divisor de águas tendo o desempenho mediano em todas as análises de dados.

4.4 COMPARAÇÃO COM A TEMPERATURA AMBIENTE

De acordo com a norma de desempenho, a definição de conforto é dada de acordo com as zonas climáticas do Brasil. Como foi apresentado anteriormente algumas condições são necessárias para poder considerar um material com um desempenho térmico satisfatório. Para melhor observar a diferenças entre as temperaturas médias para cada vidro e a média da temperatura ambiente, essas diferenças foram organizadas na Tabela 18.

Tabela 18- Diferença de Temperaturas

Diferença entre Temp. ext. Média e Média dos vidros										
	I+I NASC.	I+I POEN.	S+I NASC.	S+I POEN.	N+I NASC.	N+I POEN.	S+S NASC.	S+S POEN.	N+N NASC.	N+N POEN.
07:30	1,5	-0,2	0,1	-0,5	0,5	-0,5	0,1	-0,5	-0,2	-1,2
09:30	28,5	-7,2	22,5	-4,5	29,1	-6,5	19,8	-7,2	15,1	-7,5
11:30	26,3	0,0	19,0	-1,4	28,6	1,6	16,3	-2,7	11,6	-0,7
13:30	6,4	19,1	3,1	14,4	11,4	21,7	2,4	12,1	6,4	12,1
15:30	-4,5	18,9	-1,8	14,5	-0,8	19,9	-3,5	13,9	-1,8	13,2
17:30	0,4	0,7	-0,6	0,4	0,1	0,7	0,1	1,4	0,1	1,7

Afim de facilitar a compreensão dos dados da tabela anterior, foram gerados dois gráficos para representar a diferença de temperaturas no nascente e poente. A seguir os Gráficos 15 e 16 apresentam os dados obtidos.

Gráfico 15- Diferença de temperatura - Nascente

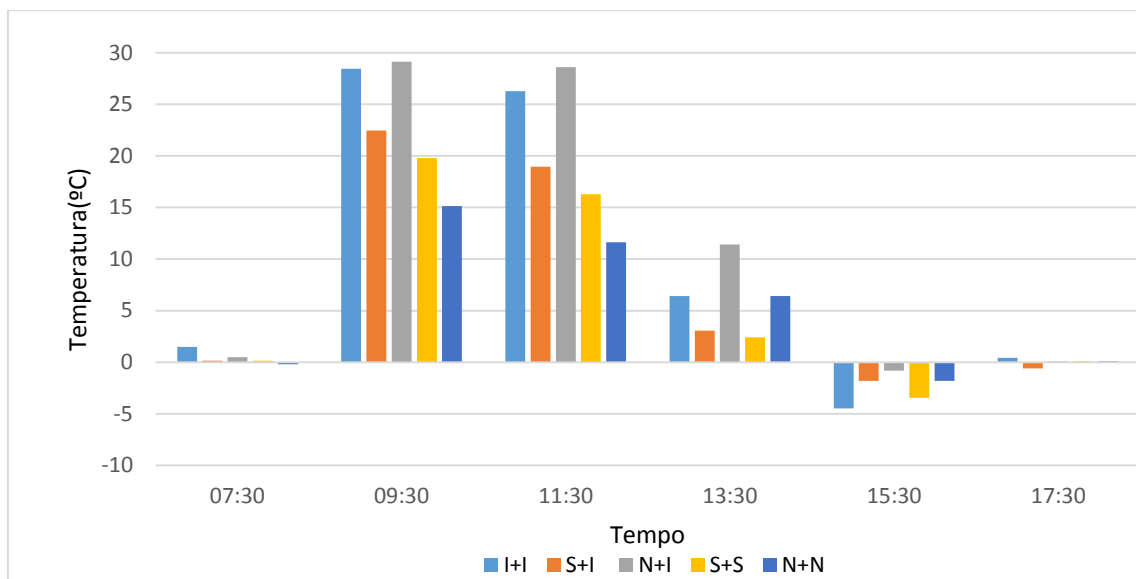
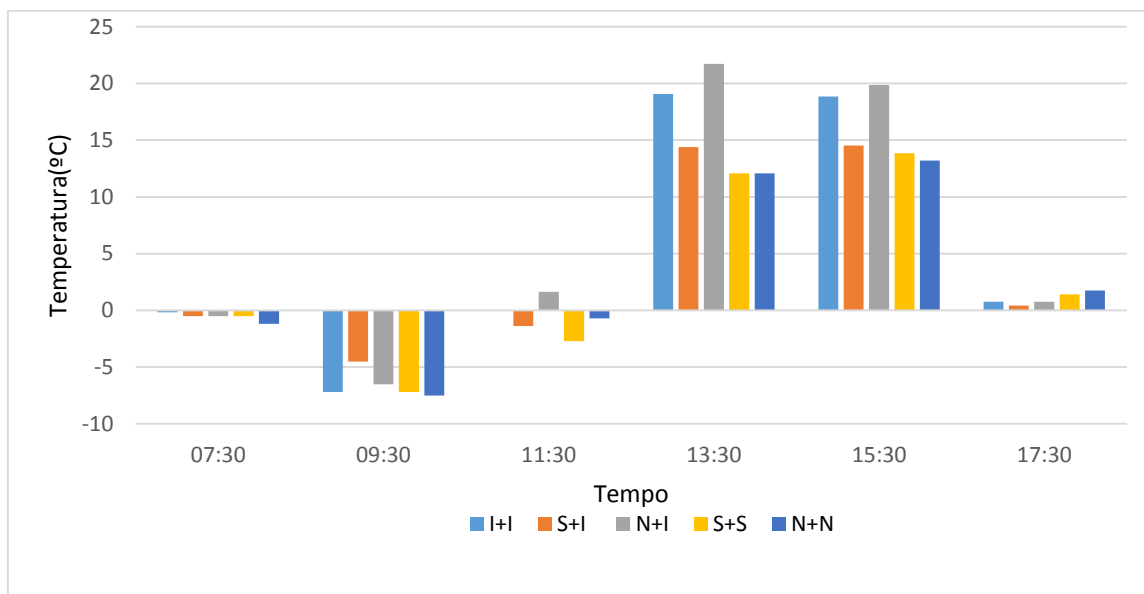


Gráfico 16- Diferença de temperaturas - Poente



Observando as diferenças de temperaturas colocadas nos gráficos anteriores, os horários com a maior diferença de temperatura para o nascente estão entre 09:30 e 13:30, onde o aumento da temperatura nas caixas é de 29,1°C em relação à temperatura ambiente, para o N+I.

Para o poente, os piores momentos monitorados foram 13:30 e 15:30, sendo assim todas as diferenças de temperaturas deram acima da temperatura ambiente. O resultado mais alto continuou sendo o N+I chegando a 21,7 °C as 13:30.

Para atender ao critério mínimo da norma de desempenho, as barras dos gráficos teriam que ficar sempre para baixo, de forma a manter a temperatura interna inferior a temperatura ambiente. Porém, todos os vidros aumentam a temperatura interna, em diferentes escalas, sendo a melhor combinação a do vidro N +N.

5 CONCLUSÃO

O objetivo principal do estudo era analisar a influência do tipo de vidro na temperatura interna de modelos reduzidos em Brasília bem como comparar os resultados de cada combinação de vidro. Sendo assim, poderemos quantificar a influência do tipo de vidro na variação térmica.

Com base na análise dos dados anteriormente apresentados, que reflete as condições colocadas em prática e o clima de Brasília, conclui-se que:

- As temperaturas internas monitoradas em cada corpo de prova durante o ensaio, permitiram perceber que a maior temperatura encontrada foi no N+I, ao contrário do esperado. Pelo seu fator solar menor, sua resistência a troca de calor deveria ser maior que os outros vidros. Mas ao combiná-lo com outra lâmina de Neutral 14, seu desempenho foi o melhor atingido de todos os vidros, sendo a temperatura máxima de 48°C.

- Ao comparar a temperatura interna de cada modelo com a temperatura externa, notou-se que nenhum dos vidros na presença de luminosidade e temperaturas altas, obteve um resultado mínimo de acordo com a norma de desempenho.

- Tendo em praticamente todos os casos a maior temperatura no nascente as 11:30 chegando a 66 °C no pior dia para o N+I, essa seria a pior condição de exposição para os materiais observados. Já no poente, a pior condição de exposição foi no horário de 13:30, onde a temperatura alcançou 58 °C.

- Comparando todos os vidros com certo conforto térmico ao I+I, percebemos tanto na variação de temperatura quanto nas porcentagens de calor, que um dos casos conseguiu ser pior, diferente do esperado no começo do estudo. Sendo assim nenhum dos materiais analisados conseguiu passar nos critérios de avaliação das normas técnicas.

- Sendo o vidro laminado incolor comum o mais barato dos vidros utilizados, e tendo o S+S o viro mais caro das combinações, percebemos que o melhor custo em função do ganho de temperatura seria do N+N. Mas sendo somente necessário uma lâmina de vidro refletivos, o ideal seria a combinação S+I, tendo o resultado médio do experimento.

5.1 SUGESTÃO PARA TRABALHOS FUTUROS

- Avaliar as temperaturas internas utilizando dos vidros laminados com câmara de ar.
- Determinar a economia energética devido ao uso de vidros com conforto térmico e o tempo de retorno para cada tipo de vidro.

6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABRAVIDRO. **Vido de A a Z**. Disponível em: <http://abravidro.org.br/vidros/vidro-refletivo-2/>. Acesso em: 28/05/2016

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

_____. **NBR 15575-1 edificações habitacionais – Desempenho Parte 1: Requisitos gerais**. Rio de Janeiro: ABNT, 2013.

_____. **NBR MERCOSUL NM 294 vidro float**: ABNT, 2004.

_____. **NBR 14697 vidro laminado**: ABNT, 2001.

Anuário de tecnologia e vidro nº1. São Paulo: outubro 2001/2002.

Anuário de tecnologia e vidro nº3. São Paulo: junho 2004/2005.

Anuário de tecnologia e vidro nº6. São Paulo: maio 2012.

ARKEMAN, Mauro. **Natureza, estrutura e propriedades do vidro**. Publicação técnica. Centro técnico de elaboração do vidro. Saint-Gobain, Vidros-Brasil, 2000.

Assahi Glass Company. **Produtos**. Disponível em: <http://www.agcbrasil.com/AGC-Brazil/Portugese/Homepage/Produtos/Vidro-plano/page.aspx/2103>. Acesso em: 16/05/2016.

Cebrace. **Enciclopédia do Vidro**. Disponível em: <http://www.cebrace.com.br/#!/enciclopedia/interna/a-historia-do-vidro#definicao>. Acesso em: 15/05/2016.

Elton G. Rossini, a, b Arno Krenzingerb, Paulo A. Soavec, Elizandra Martinazzid, Flavio Horowitzcd - **Revista de Física Aplicada e Instrumentação**, Vol. 19, no. 1, março, 2006.

Cebrace 40 anos a marca do vidro. São Paulo: 2014

FAUSTINO, C.R. **Influência dos Vãos Envidraçados no Desempenho Energético de Edifícios**. Dissertação (Mestrado) - Instituto Superior Técnico, Universidade Técnica de Lisboa, 2012.

LAMBERTS, R.; DUTRA, L.; PEREIRA, F.O.R. **Eficiência energética na arquitetura**. São Paulo: 1 edição.

Lombardo, M. G. Valdês, M L. L. **Vidros de proteção solar**. Curitiba, 2013. Trabalho acadêmico (Disciplina de Materiais de Construção - Arquitetura e Urbanismo. Universidade Federal do Paraná - UFPR.

LOURENÇO L. R. **O VIDRO E SUA APLICAÇÃO NA CONSTRUÇÃO CIVIL**. Disponível em: <http://portalarquitetonico.com.br/o-vidro-e-sua-aplicacao-na-construcao-civil/> Acesso em: 18/05/2016.

MICHELATO, R. **Avaliação do desempenho térmico de vidros refletivos: estudo de caso em células-teste**. Dissertação (Mestrado) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2007.

O PASSO A PASSO DA FABRICAÇÃO DO VIDRO. Vitrini - Notícias Vivix. São Paulo. Ano 2 – Edição 09. Outubro. 2013. Disponível em: <http://vivixvidrosplanos.com.br/vitrine/vitrine/ver/17/o-passo-a-passo-da-fabricacao-do-vidro> . Acesso em: 10/05/2016.

Pilkington. **Historia**. Disponível em: <https://www.pilkington.com/en/br/historia/crescimento-e-diversificacao>. Acesso em: 15/05/2016.

PINTO, Daizy Laudiana Silva. **REUTILIZAÇÃO DE RESÍDUOS DE VIDRO: Possibilidades de Aplicação em Produtos de Design**. 2014.

RIBEIRO, L.P. **Conforto Térmico e a Prática do Projeto de Edificações: recomendações para Ribeirão Preto**. Dissertação (Mestrado) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2008.

Vidromex. **Vidromexicano comércio de vidros Ltda**. Disponível em: <http://www.vidromex.com.br/>