

# CONCEPÇÕES DE PROJETO PARA APROVEITAMENTO DA LUMINOSIDADE NATURAL: USO DA LAJE SOLAR

Beatriz Pereira dos Santos<sup>1</sup>  
Claudionor Alves da Santa Rosa<sup>2</sup>

Setembro/2017

<sup>1</sup> Centro Estadual de Educação Tecnológica Paula Souza (Escola Técnica Guaracy Silveira)

<sup>2</sup> Centro Estadual de Educação Tecnológica Paula Souza (Escola Técnica Guaracy Silveira/Faculdade de Tecnologia Victor Civita)

**RESUMO.** A luz natural é uma das fontes de energia mais importantes para o homem desenvolver suas atividades. Além disso, possui um importante papel nas construções, pois promove efeitos singulares com características marcantes e singulares para um determinado espaço. Esta pesquisa tem como objetivo analisar e comparar a Laje Solar como sistema de luminosidade natural em projetos arquitetônicos. Para isso foram construídos dois protótipos, sendo um com Laje Solar e outro com laje treliçada comum e, com o auxílio de equipamentos apropriados, foram comparadas as variações de iluminância conforme NBR 5413/91, temperatura e umidade, em ambos ambientes. Concluiu-se que, a cobertura Laje Solar mostrou-se viável para iluminação de interiores, uma vez que as lajotas solares possibilitaram uma maior difusão da luz para dentro do ambiente, com economia de energia conforme os requisitos apontados pela norma NBR 5413/91.

## INTRODUÇÃO

Para o aproveitamento da iluminação natural nas edificações é imprescindível uma base de conhecimentos que permita a realização de novos projetos com novas tecnologias e que venham a proporcionar conforto bioclimático nas construções, tanto em residências, quanto em ambientes de trabalho.

Novas tecnologias podem ser um elemento de sustentabilidade nas construções, o que pode reduzir custos com energia, tanto nas empresas como nas residências.

Tendo foco no aproveitamento de novas tecnologias na construção civil, este trabalho apresenta ensaios realizados em protótipos especialmente construídos para essa finalidade, e assim proporcionar novos conhecimentos da tecnologia conhecida como “Laje Solar”.

Traçando os caminhos da sustentabilidade, este trabalho tem como objetivo avaliar a intensidade luminosa natural proporcionada pelo uso de Laje Solar, assim como as

trocas higrotérmicas com o ambiente externo, comparando-a com a laje comum treliçada.

## MATERIAIS E MÉTODOS

Com a finalidade de comparar e avaliar a cobertura tipo Laje Solar com a cobertura tipo laje comum treliçada, em relação à iluminância e ao comportamento higrotérmico, foram construídos dois protótipos: um com cobertura tipo “Laje Solar” e o outro com cobertura tipo laje comum treliçada, ambos na Escola Técnica Guaracy Silveira, instituição escolar mantida pelo Centro Estadual de Educação Tecnológica Paula Souza, situada na Rua Ferreira de Araújo, 527 – Pinheiros – São Paulo/SP (Figura 1).

**Figura 1 - Protótipos para estudo de caso. À esquerda Cobertura com laje comum treliçada e à direita cobertura com Laje Solar**



### Sistema de iluminação natural através da Laje Solar

A Laje Solar, recente tecnologia na área da construção civil, consiste em um sistema no qual são utilizados suportes desenvolvidos com polipropileno, um material reciclável, resistente e de alta qualidade. Nesses suportes, também chamados de lajotas solar, são fixados blocos de vidros, os quais, transparentes, permitem que a radiação solar atravesse, iluminando o interior das construções. O suporte juntamente com o bloco de vidro, são colocados de modo intermediário ou a substituir as lajotas cerâmicas durante a execução das lajes (FERREIRA, 2016).

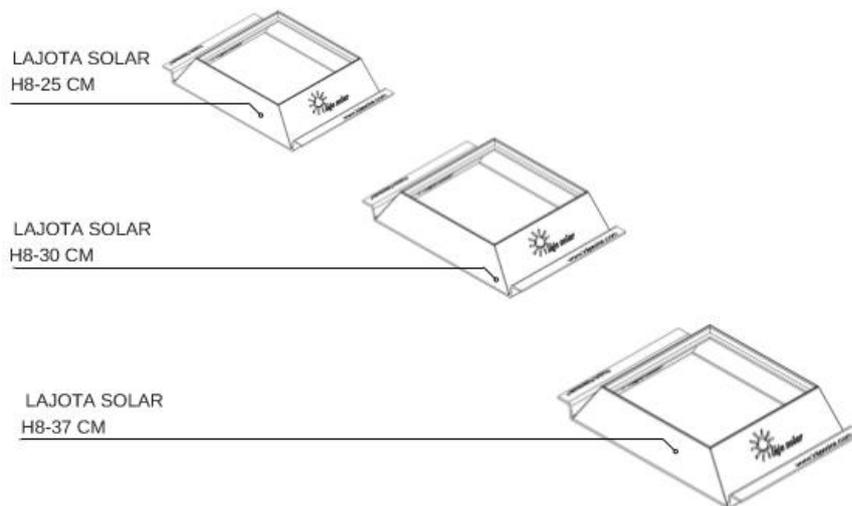
## Lajota solar

A lajota solar consiste em um suporte para bloco de vidro que foi desenvolvido com o objetivo de permitir a claridade interior aos ambientes que utilizam laje sem perder área útil no nível superior, conciliando assim as vantagens e praticidade do sistema de laje à necessidade de iluminação natural e economia de energia elétrica (FERREIRA, 2016).

## Modelos e medidas

Segundo Ferreira (2016), a lajota solar é disponível no mercado em três dimensões (Figura 2).

**Figura 2 - Modelos e medidas da lajota solar**



Fonte: Ferreira (2016)

No estudo em pauta, foram utilizadas 12 (dode) lajotas solares, substituindo as lajotas cerâmicas.

## Blocos de Vidro

O bloco de vidro (Figura 3) foi utilizado para captação de luminosidade natural, de origem italiana, da marca “Bormioli Rocco”.

**Figura 3– Bloco de Vidro neutro – Bormioli Rocco**



**ESPECIFICAÇÕES**

Dimensões (mm)  
190x190x80

Peso (kg) 2,3

Nº de peças utilizadas: 12

Marca: Bormioli Rocco

A norma comparativa utilizada para avaliar a intensidade luminosa para determinado ambiente foi a NBR 5413/91.

**Aparelhos utilizados**

Para teste de comportamento higrotérmico foi utilizado datalogger de temperatura e umidade (Figura 4).

**Figura 4 - Datalogger de temperatura e umidade (Higrômetro)**



**ESPECIFICAÇÕES**

Dimensões (mm) 94x50x32

Peso (g) 90

Faixa de medição: -40 a 70°C

0 a 100% UR

Marca: ASKO

Para o estudo de iluminância foi utilizado luxímetro tipo datalogger (Figura 5).

Figura 5 - Datalogger de luminosidade (Luxímetro)



#### ESPECIFICAÇÕES

Dimensões (mm) 45x 195x26

Peso (g) 185

Faixa de medição: 20, 200, 2000, 20000 Lux

Marca: Minipa

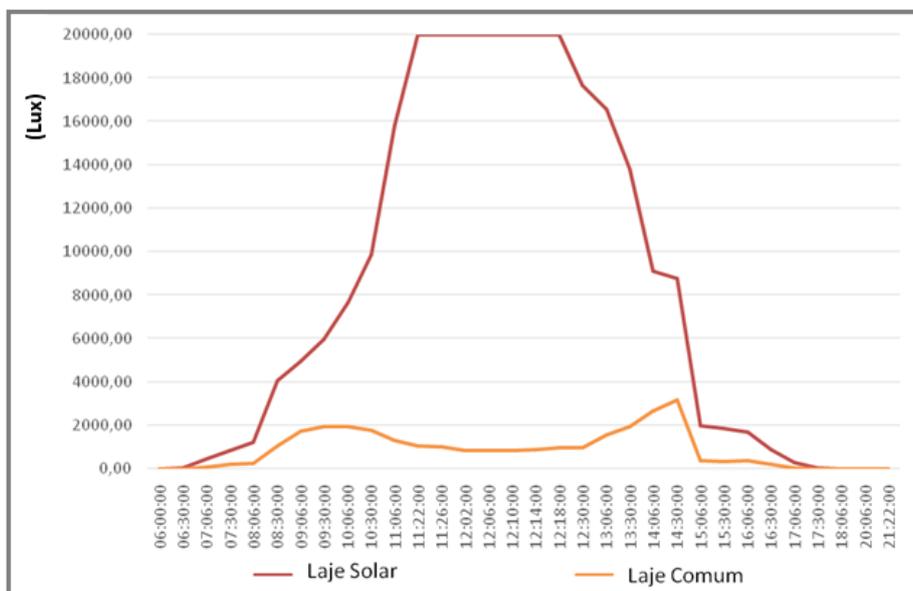
Intervalo entre registros: 4 min

## ANÁLISE E RESULTADOS

### Análise da Iluminância

No dia 03 de junho de 2017 das 06h06 às 21h22 foram registrados dados de iluminância em ambos protótipos (Gráfico 3), e assim comparar e analisar-os conforme a norma NBR 5413 – Iluminância de interiores.

Gráfico 3 – Comparação da Iluminância Laje Solar e Laje Comum Treliçada



Segundo a norma NBR 5413 (1991), a luminância mínima permitida para área de trabalho, com tarefas com requisitos visuais normais, trabalho médio de maquinaria ou escritórios, é de 500 Lux/m<sup>2</sup>, que no caso dos protótipos o mínimo exigido é 600 lux (1,2 m<sup>2</sup>).

Analisando o gráfico, percebe-se que o protótipo com Laje Solar começa a iluminar seu interior a partir das 6 horas da manhã com 0,1lux e após 1h30 alcança 832 lux, atingindo 38% a cima do mínimo exigido pela norma NBR 5413. No ambiente com laje comum treliçada, o mínimo exigido pela norma só foi alcançado 1 hora depois, às 8h30, com 1058 lux. Após estes dados, a luminância no ambiente com Laje Solar elevou-se continuamente até as 11h22 onde chegou ao limite máximo que o aparelho pôde detectar, 20000 lux, e se manteve com esse valor até às 12h18.

Enquanto isso, no protótipo comum a iluminância se comportou de maneira variável. O período em que mais se manteve constante foi enquanto a laje solar atingia o limite máximo de iluminação. Às 15h06 o ambiente já não estava mais com a iluminação exigida pela norma, havia caído para 393 lux. Já o ambiente com laje solar iluminou por mais 2 horas, quando caiu para 305 lux.

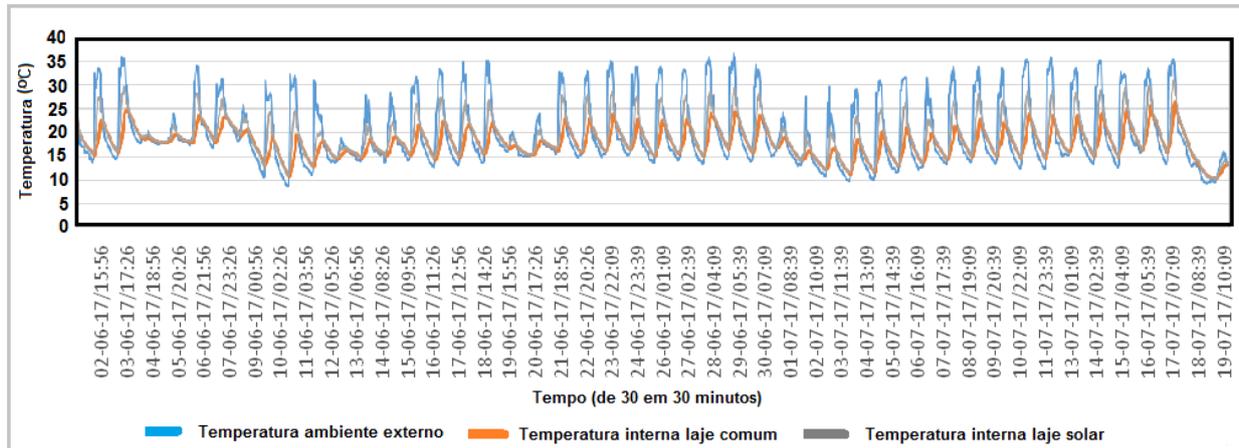
### **Análise do comportamento higrotérmico**

Os ensaios do comportamento higrotérmico foram realizados entre os dias 02/06/2017 e 19/07/2017, com dados coletados a cada 30 minutos.

#### Análise do fluxo de temperatura

O Gráfico 1 apresenta o comparativo entre as temperaturas do ambiente externo, laje comum treliçada e Laje Solar.

**Gráfico 1 – Comparativo entre as temperaturas do ambiente externo, laje comum treliçada e Laje Solar.**



A temperatura de ambas as lajes se encontram numa relação de atraso na troca de calor (resistividade térmica), sendo a laje comum com maior atraso, o que a deixa com pontos máximos e mínimos com menor amplitude ao longo do período de estudo. O sistema com Laje Solar encontra-se com pontos máximos e mínimos com maiores amplitudes em relação à laje comum treliçada, porém, menor em relação ao ambiente externo, caracterizando-a como um sistema intermediário em relação às trocas de calor.

A menor variação da temperatura do ambiente com cobertura comum está relacionada com o coeficiente de condutividade térmica, que é uma propriedade física que descreve a habilidade dos materiais de conduzir calor. Destarte, é possível afirmar que o protótipo com laje treliçada isola uma maior quantidade de calor, enquanto o ambiente com luminosidade natural conduz mais calor do que armazena.

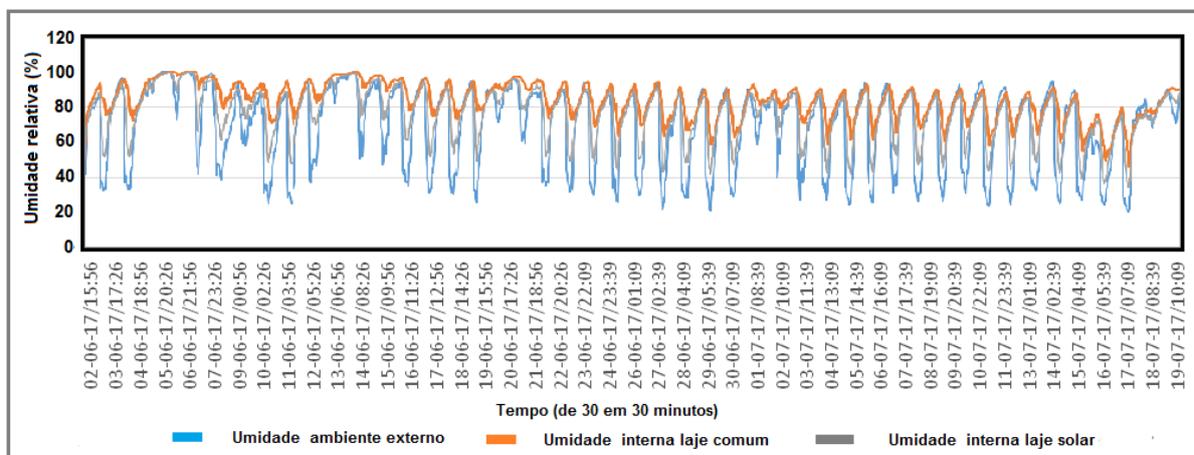
Tal dedução afirmou-se ao observar as temperaturas mínimas dos ambientes registrado dia 11/06, quando o ambiente externo se apresentou com aproximadamente 9°C e os outros dois protótipos, inclusive o com Laje Solar, estavam com 11°C. Ou seja, se o sistema com luminosidade natural vindo pela Laje Solar armazenasse calor, além da temperatura ser maior que o ambiente comum, a variação de temperatura, em relação ao ambiente externo, seria bem mais do que apenas 2°C.

## Análise do fluxo de umidade

Segundo Lamberts, Dutra e Pereira (2004), a umidade é a quantidade de vapor de água contida no ar, sendo a umidade relativa a relação da umidade do ar com a umidade do ar saturado. A medida da umidade relativa do ar dá-se em porcentagem, que se refere ao ponto de saturação de 4%, isto é, 4 partes de água para cada cem partes de ar (quantidade de água que o ar suporta sem precisar condensar).

O Gráfico 2 apresenta o comparativo entre as umidades do ambiente externo, laje comum treliçada e Laje Solar.

**Gráfico 2– Comparativo entre as umidades dos ambientes externo, laje comum treliçada e Laje Solar.**



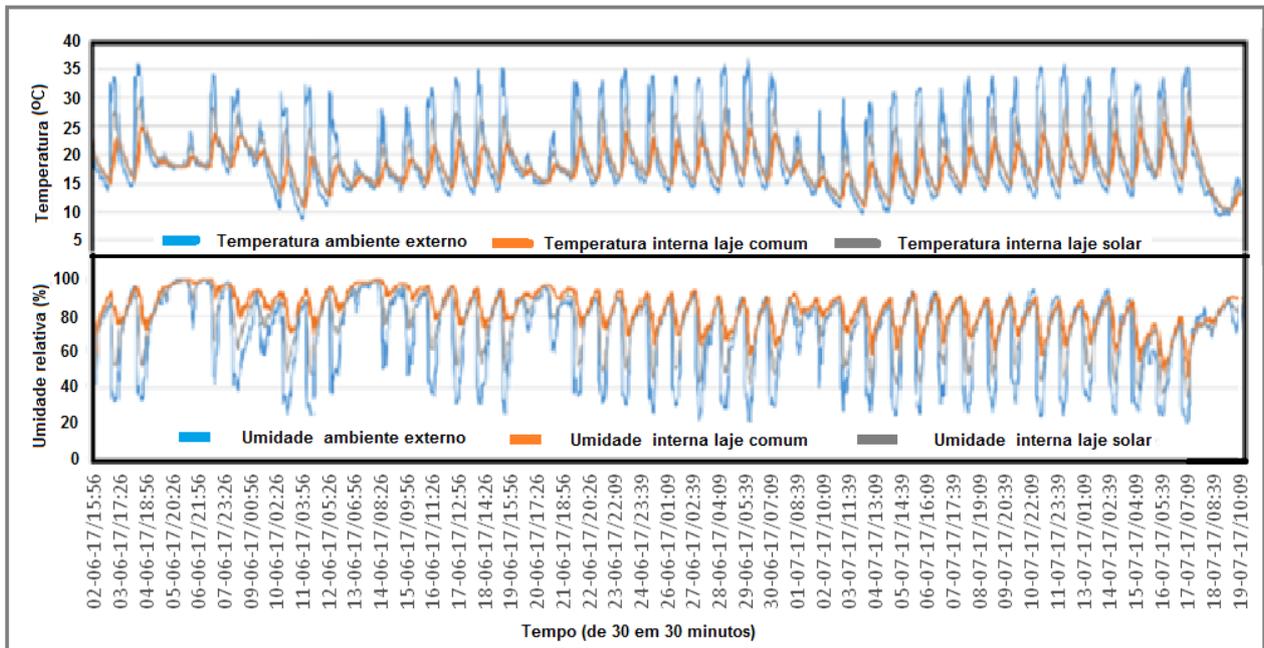
As variações da umidade no interior dos protótipos acompanham a variação da umidade do ambiente externo, porém, atingindo picos de pontos máximos e mínimos de menor amplitude, o que demonstra atraso na troca de umidade entre os ambientes.

Assim como ocorreu com a temperatura, o protótipo com Laje Solar apresentou-se em um sistema intermediário bioclimático na troca de umidade entre os dois ambientes. Ou seja, o ambiente com a iluminação natural apresentou uma maior variação na umidade se comparado ao conjunto com laje comum, porém, menos variável que o lado externo.

## Análise do fluxo de temperatura x fluxo de umidade relativa

Observando o Gráfico 3, pode-se afirmar que a temperatura e a umidade são inversamente proporcional, ambos apresentam picos inversos. Ou seja, à medida que a temperatura se eleva, a umidade diminui e vice-versa.

**Gráfico 3 – Gráficos de temperatura e umidade**



Com base nesses dados, a menor variação da temperatura e da umidade no ambiente com a laje comum treliçada ocasionou patologias na construção (Figura 6), ao permanecer elevada a maioria dos dias durante o ensaio, alcançando o ponto de saturação (100%) por 12 horas seguidas.

**Figura 6 – Excesso de umidade no ambiente com laje comum treliçada comparado com a Laje Solar**



## **CONCLUSÃO**

O comportamento higrotérmico entre os protótipos coloca o sistema Laje Solar como um sistema intermediário de fluxo de calor e de umidade entre o ambiente interno da laje comum treliçada e o ambiente externo aos protótipos.

O período em que a temperatura esteve constante no ambiente com laje comum treliçada correlacionada com a alta umidade relativa do ar no ambiente, ocasionou patologias, isso com a presença demasiada da umidade nas paredes, prejudicando a pintura do interior e exterior.

A iluminância com Laje Solar se comportou de maneira variável. O período em que mais se manteve constante foi quando a Laje Solar atingia o limite máximo (entre 11h22 e 12h18).

Os blocos de vidro utilizados na Laje Solar possibilitaram uma maior difusão da luz dentro do ambiente, alcançando uma elevada iluminação. Tendo os protótipos avaliados como um escritório, a Laje Solar apontaria cerca de 3 horas de economia de energia, e em ambientes com requisitos visuais inferiores aos de área de trabalho, economizaria por aproximadamente 10 horas.

Em suma, o ambiente com laje solar mostrou-se melhor em todos os testes realizados, evidenciando vantagens e grande viabilidade de ser utilizada em diferentes projetos arquitetônicos

## **RECOMENDAÇÕES**

Esta pesquisa requer algumas recomendações:

- 1) Mesmo apresentando um resultado satisfatório, foi realizado em curto período de tempo, sendo necessários estudos complementares do comportamento de iluminância e higrotérmico da Laje Solar durante período maior e em ambientes maiores;

2) Quanto à iluminação natural, seria interessante a realização de estudos com protótipos começando a utilizar um único bloco de vidro e aumentar a quantidade, avaliando a iluminância à medida que se utiliza uma maior quantidade de lajotas solar, o que vai proporcionar o conhecimento do quanto a lajota solar, individual e em conjunto, intensifica a luz natural e assim adaptar a cada ambiente a quantidade de lajotas solar, conforme a necessidade e uso de cada ambiente, de acordo com a norma NBR 5413/91.

3) Fica como sugestão manter o foco na utilização deste sistema em projetos de escolas e empresas a favor de melhorar a qualidade da iluminação, aproveitando a luminosidade natural e reduzir custos e energia nestes ambientes.

## REFERÊNCIAS

FERREIRA, Everton. Laje Solar: Diferente de tudo que você já viu: depoimento. [20 de setembro de 2016]. São Paulo. Entrevista concedida à Beatriz Santos.

LAMBERTS, Roberto; DUTRA, Luciano; PEREIRA, Fernando. Eficiência energética na arquitetura. 3ª Ed. São Paulo, 2004. Disponível em <<http://repositorio.ufsc.br/xmlui/handle/123456789/76128>>. Acesso em: 20 de mai. 2017.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT) - NBR 5413/91 /**Iluminância de interiores**. Rio de Janeiro, 1991. Disponível em: <<http://ftp.demec.ufpr.br/disciplinas/TM802/NBR5413.pdf>>. Acesso em: 29 de mai. 2017.