DESAFIOS E POTENCIALIDADES DE ADEQUAÇÃO DE ELEMENTOS DE CONTROLE SOLAR PARAMETRIZADOS A UM CONTEXTO CONSTRUTIVO DE BAIXA TECNOLOGIA[1]

CASTRO, N., Universidade Federal do Rio Grande do Norte, e-mail: nayanahelena@gmail.com; PASSOS, A., Universidade Federal do Ceará, e-mail: aderson.passos@gmail.com; RAVIOLO, B., Universidade Federal do Ceará, e-mail: bruno.raviolo@gmail.com; CORDEIRO, K., Universidade Federal do Ceará, e-mail: karolinecordeiro.arquiteta@gmail.com; RIBEIRO, D., Universidade Federal do Ceará, e-mail: danielcardoso@ufc.br

ABSTRACT

This paper present a case study about fitting high-tech designed solar control elements to a low-tech context of a low latitude coastal city in a hot and humid climate located in the Northeast of Brazil. It also shows the methods used to design these elements, with the intent of maximizing the use of diffuse natural lighting in the interior of an office building and contribute to its energy efficiency goals. Furthermore, it present the difficulties in the execution of the solutions adopted. As a result, it was possible to realize that even though some limitations about implementing the solutions, this fitting has potentials and can be more explored.

***Keywords**: Solar control elements. "High-low" tech architecture. Daylighting. Energy efficiency.*

1 INTRODUÇÃO

A relevância dos elementos de controle solar para o aproveitamento de iluminação natural e proteção da incidência de radiação solar direta nos ambientes, reduzindo ganhos de carga térmica, é amplamente discutido na literatura (BADER, 2010; CHO; YOO; KIM, 2014). Porém, muitas vezes eles são projetados com as mesmas características para fachadas com incidências solares diferentes, o que acarreta na redução do seu desempenho (BEAURECUEIL; LEE, 2015). Para auxiliar nas decisões de projeto e melhorar o desempenho desses elementos, tecnologias digitais, como simulações computacionais, modelagem paramétrica e algoritmos evolutivos, podem ser utilizadas (CARTANA; PEREIRA, 2016). Estas possibilitam definir com maior rigor as características que esses elementos devem ter para adequarem-se melhor à geometria solar local. Além disso, também possibilitam ampliar explorações formais diferentes das convencionais (BEAURECUEIL; LEE, 2015).

Contudo, essas formas não convencionais tendem a ser mais complexas, o que acaba demandando técnicas de produção também não convencionais, como a fabricação digital (PUPO; CELANI, 2011). Porém, técnicas como essa ainda são muito caras, o que restringe sua utilização.

Considerando isso, foi criada a expressão "arquitetura *high-low*", que significa

[1] CASTRO, N., PASSOS, A., RAVIOLO, B., CORDEIRO, K., RIBEIRO, D. Desafios e potencialidade de adequação de elementos de controle solar parametrizados a um contexto construtivo de baixa tecnologia. In: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 18., 2018, Foz do Iguaçu. **Anais**... Porto Alegre: ANTAC, 2018.

utilizar um processo *high-tech* para o projeto de elementos arquitetônicos e adaptá-los a um contexto de produção *low-tech*, que utiliza materiais e técnicas locais, não industrializados (BEAURECUEIL; LEE, 2015).

Este trabalho tem o objetivo de apresentar os desafios e potencialidade de um estudo de caso, no qual foi necessário adequar elementos de controle solar, concebidos por meio de um processo de projeto considerado de alta tecnologia, ao contexto tecnológico da construção civil da cidade de São Gonçalo do Amarante, no litoral do Ceará, considerado relativamente de baixa tecnologia.

A cidade está inserida em um clima quente e úmido de baixa latitude e altitude, com elevada incidência de radiação solar direta e indireta e altos índices de ventilação natural, ao longo de praticamente todo o ano (INMET, 2012).

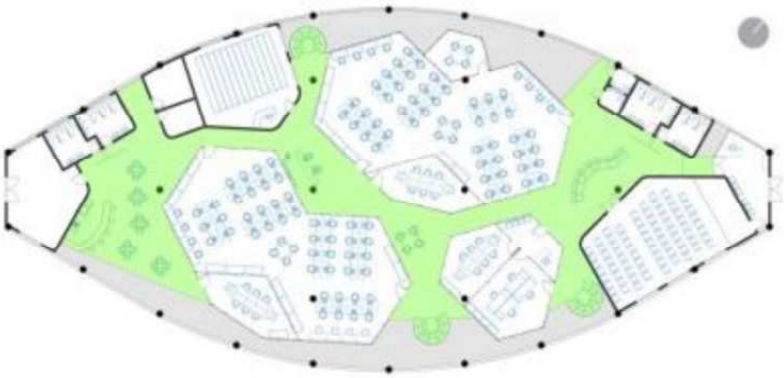
No contexto tecnológico da construção civil local, predomina o uso do concreto armado nos elementos estruturais; de blocos cerâmicos ou de concreto para vedação; de elementos fabricados *in loco*; e de uma mão de obra pouco qualificada.

2 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

Diante desse contexto, foram projetados elementos de controle solar para uma edificação de escritórios com o objetivo de maximizar o aproveitamento da iluminação natural indireta, sem permitir entrada de radiação solar direta durante o horário de funcionamento do edifício, das 7:30 às 16:00, visando maximizar seu desempenho energético. Além disso, esses elementos também deveriam possibilitar a ventilação cruzada, pois algumas áreas de trabalho deste edifício foram pensadas para funcionar apenas com ventilação natural.

O edifício possui um pavimento e aproximadamente 1.200m² de área construída e está inserido em uma zona industrial pouco urbanizada. Seu formato e suas fachadas curvas, foram concebidos assim para maximizar o aproveitamento da ventilação natural predominante no local, que varia entre Leste, Sudeste e Sul. A implantação do edifício então foi pensada para posicionar as maiores fachadas nessas orientações (Figura 1).

Figura 1 – Planta baixa da edificação. Destaque para as áreas de trabalho ventiladas naturalmente, em verde.



Fonte: Acervo autores.

Para garantir a porosidade dessas fachadas, brises horizontais foram escolhidos para compor a fachada Sudeste, por oferecerem menos obstrução à entrada da ventilação, e cobogós a Noroeste, pois esta precisaria de mais proteção, oferecida pelos elementos verticais e horizontais dos cobogós.

Já, para permitir a entrada de iluminação natural na parte central da edificação, foram utilizadas aberturas zenitais. Porém, foram projetados elementos de controle solar abaixo dessas aberturas, denominados "anteparos reflexivos", para que essa iluminação ocorresse apenas de forma indireta. Estes elementos possuem um conceito semelhante ao das prateleiras de luz, mas ao invés de estarem na fachada, estão posicionados no interior do edifício.

2.1 Brises

Apesar de serem elementos muito adequados ao clima da região, os brises são pouco utilizados na arquitetura local, principalmente na de edifícios de escritórios, que normalmente utilizam vedações em vidro, sem elementos de proteção solar.

Inicialmente, foi considerada a possibilidade dos brises serem móveis. Porém, devido ao seu alto custo, maior necessidade de manutenção e pouca possibilidade de personalização, essa opção foi descartada. Devido a isso, foram escolhidos brises fixos, para os quais foram pensadas três opções de disposição ao longo da fachada, que por ser curva, receberia incidência solar variada. Na primeira, existiriam inclinações diferentes; na segunda, profundidades diferentes; e na terceira, espaçamentos diferentes.(Figura 2).

Figura 2 – Representação esquemática das opções de brises fixos.



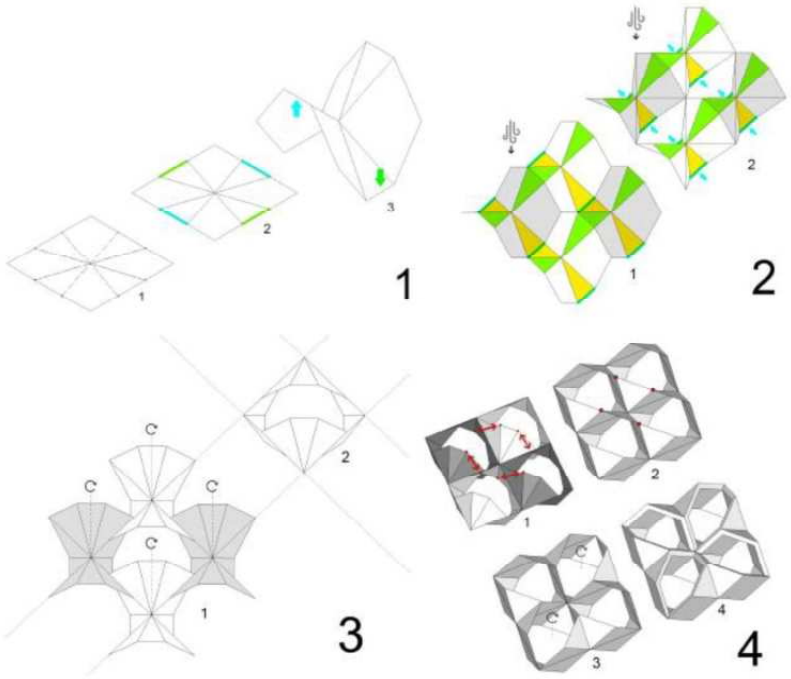
Fonte: Acervo autores.

A ferramenta de modelagem *Rhinoceros 3D* e o *plug-in* paramétrico *Grasshopper*, foram utilizados juntamente com os *softwares Geco* e *Ecotect* para a adaptação dos parâmetros geométricos dessas opções.

2.2 Cobogós

Por meio de uma experimentação formal baseada em técnicas de dobradura, semelhantes ao *origami* japonês, foi desenvolvido um tipo de cobogó, cuja forma foi pensada para contribuir com a ventilação cruzada, ao possuir estreitamentos que alteram a pressão do ar, consequentemente modificando sua velocidade (Figura 3).

Figura 3 – Passa a passo da concepção do cobogó experimental.



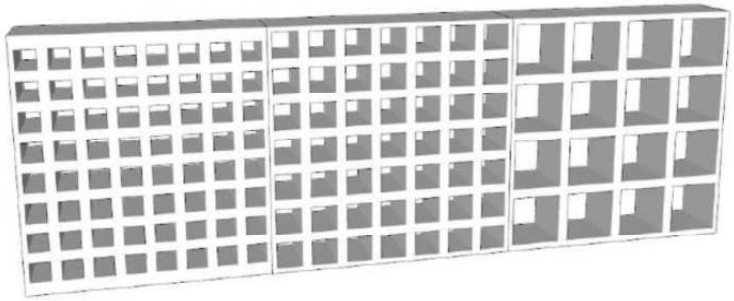
Fonte: Acervo autores.

Esse cobogó passou por um processo de modelagem paramétrica, com o *Grasshopper* e a avaliação solar foi realizada com o *Geco*.

Entretanto, não foi possível executá-lo por meio do processo convencional local, devido à alta complexidade da sua forma. Com isso, foi adotado um formato quadrado padrão, por acreditar-se ser de mais fácil execução. Este deveria então ter dimensões diferentes ao longo da fachada para adequar-se melhor à variação de incidência solar. Com isso, a fachada foi dividida em três partes, considerando suas três orientações principais, Norte, Noroeste e

Oeste. Para cada parte foi definido um dimensionamento diferente para os cobogós, 16cm, 8cm e 6cm, de Norte a Oeste respectivamente (Figura 4). Todos teriam a mesma profundidade de 20cm. Essas dimensões foram analisadas com o software *Weather Tool* para a obtenção dos sombreamentos totais até o horário do encerramento das atividades no edifício.

Figura 4 – Representação esquemática das diferentes dimensões do cobogó.

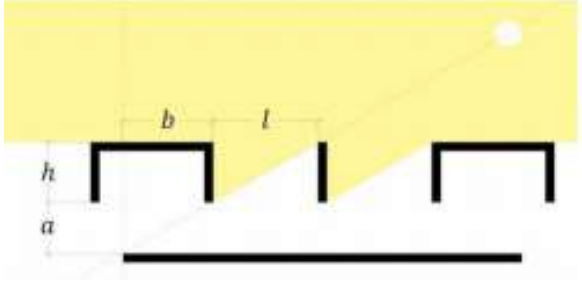


Fonte: Acervo autores.

2.3 Anteparos reflexivos

A cobertura da edificação foi definida com laje nervurada e as aberturas zenitais foram posicionadas nos locais onde seriam as "mesas" dessa laje. Foram implementadas técnicas computacionais evolutivas de otimização paramétrica em algoritmo genético para otimizar a entrada de iluminação difusa no interior do edifício. Essas técnicas auxiliaram na distribuição das aberturas e no dimensionamento e posição dos anteparos reflexivos. Uma ilustração desses anteparos pode ser vista na Figura 5. Utilizou-se o plugin *Galapagos*, do *software Grasshopper*, para otimizar, por meio de algoritmos genéticos, a dimensão "a", que melhor possibilitasse a reflexão interna da iluminação, ao mesmo tempo em que "b" era atualizada automaticamente através de fórmulas geométricas para o impedimento da entrada direta de luz. Calculou-se, ainda, a melhor seleção específica de aberturas zenitais que mais refletisse luz para o interior do edifício. As dimensões "h" e "l" são fixas, definidas pelo tamanho das fôrmas da laje.

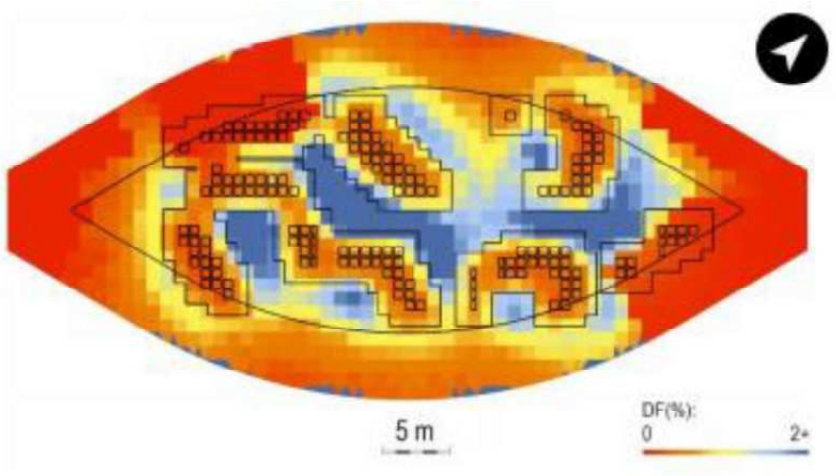
Figura 5 – Dimensões consideradas no processo de parametrização e otimização dos anteparos reflexivos.



Fonte: Acervo autores.

Essa otimização baseava-se simultaneamente em dados de simulações de iluminação natural que foram realizadas com o software Diva (Figura 6). O critério utilizado nessa simulação foi o Fator de Luz Diurna (FLD), ou *Daylight Factor (DF)*, que apesar de possuir limitações, por considerar apenas condições de céu totalmente encoberto, é adequado para ser utilizado durante o processo de projeto, pois essa condição de céu pode ser considerada como um "pior caso" (YO; SU, 2015). Além do fato desse critério ser o sugerido pela norma brasileira ABNT/NBR 15.575:2013 para avaliação de desempenho lumínico em medições *in loco* (ABNT, 2013), pois há o objetivo de futuramente comparar o desempenho lumínico do edifício construído, com o simulado na etapa de projeto.

Figura 6 – Simulação de iluminação natural, considerando apenas a contribuição dos anteparos reflexivos. Os quadrados em preto representam as aberturas zenitais e os polígonos que os contornam, representam os anteparos reflexivos.



Fonte: Autores.

Esta simulação tinha como alvo o alcance de um DF de 2% na parte central do edifício, porcentagem sugerida para ambientes de escritório (YO; SU, 2015). Os locais onde o DF é zero, são salas fechadas não consideradas nesta simulação.

3 RESULTADOS

3.1 Brises

As duas primeiras opções de brises foram descartadas por possuírem um processo de produção e montagem mais complexos. Além do fato de a primeira opção também obstruir mais a ventilação Leste. Com isso, a opção escolhida foi a terceira, por ter uma produção e montagem mais simples e por não obstruir a entrada do vento. A opção adotada foi possível de ser produzida e montada manualmente de forma personalizada muito próximo ao que foi projetado, sendo considerada uma adequação bem-sucedida (Figura 7).

Figura 7 – Resultado da adequação dos brises.



Fonte: Acervo autores.

3.2 Cobogós

Mesmo possuindo um formato muito simples, não foi possível executar os cobogós com três dimensões diferentes, por limitações construtivas das menores dimensões. Portanto, toda a fachada ficou composta apenas com cobogós de maior dimensão (Figura 8). Isso pode interferir no seu desempenho, pois pode reduzir a capacidade de proteção solar da fachada voltada mais a Oeste. Assim, é possível afirmar que essa adequação apresentou limitações e foi malsucedida.

Figura 8 – Resultado da adequação dos cobogós.



Fonte: Acervo autores.

3.3 Anteparos reflexivos

Apesar desses elementos serem incomuns na produção arquitetônica local e de terem sido projetados por meio de métodos também não tradicionais, foram executados de forma personalizada e manual, relativamente similar à

projetada. Apresentou diferença principalmente entre material especificado e o executado, por questões de custo, sendo o material especificado mais reflexivo do que o implementado (Figura 9). O que pode acabar interferindo no seu desempenho, pois ao reduzir a quantidade de iluminação refletida, reduz-se a quantidade de iluminância na parte central do edifício. Com isso, é possível afirmar que a adequação desse elemento foi parcialmente bem-sucedida.

Figura 9 – Resultado da adequação dos anteparos reflexivos.



Fonte: Acervo autores.

4 CONCLUSÕES

A partir da experiência desse trabalho, foi possível concluir que o único elemento que não teve uma adequação bem-sucedida foi o cobogó, tanto o desenvolvido com formato experimental, quanto o com formato padrão, com dimensões menores. Foi percebido que o principal entrave na adequação desse elemento foi a fabricação de fôrmas com dimensões e formatos diferentes das convencionais, processo informado como sendo muito oneroso. Entretanto, é possível que, em um futuro próximo, a fabricação digital torne-se mais acessível financeiramente e possa ser utilizada localmente para facilitar a confecção de fôrmas com dimensões e formatos não convencionais.

A bem-sucedida adequação dos brises demonstra o potencial que esse elemento tem de ser mais utilizado, inclusive de forma otimizada, mesmo em locais com tecnologias construtivas pouco elevadas.

Já a adequação dos anteparos reflexivos poderia ter sido totalmente bem-sucedida, pois a alteração do material ocorreu por questões orçamentárias e não construtivas, mostrando assim o potencial que esse elemento tem de ser mais explorado e utilizado, tanto na produção arquitetônica local, quanto na de outras regiões.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem à ANEEL/EDP pelo incentivo e financiamento desta pesquisa.

REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 15575: **Edificações Habitacionais – Desempenho**. Rio de Janeiro: ABNT, 2013.

BADER, S. **High-performance façades for commercial buildings.** Austin, Texas: The University of Texas at Austin - School of Architecture, 2010.

BEAURECUEIL, A.; LEE, F. **Arquitetura Generativa High Low: princípios e aplicações.** In: GONÇALVES, J.; BODE, K. (Orgs.). Edifício Ambiental. São Paulo: Oficina de Textos, 2015. (cap. 12).

CARTANA, R.; PEREIRA, F. **Elementos de controle solar desenvolvidos com modelagem paramétrica e algoritmos evolutivos.** PARC Pesquisa em Arquitetura e Construção, Campinas, SP, v. 7, n. 3, fev. 2017. ISSN 1980-6809. Disponível em: <http://periodicos.sbu.unicamp.br/ojs/index.php/parc/article/view/8647516>. Acesso em: 15 mar. 2017. doi:http://dx.doi.org/10.20396/parc.v7i3.8647516.

CHO, J.; YOO, C.; KIM, Y. **Viability of exterior shading devices for high-rise residential buildings : Case study for cooling energy saving and economic feasibility analysis.** Energy & Buildings, v. 82, p. 771–785, 2014.

INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA. <http://www.inmet.gov.br/portal/index.php?r=estacoes/estacoesAutomaticas>. Acesso em: 05 de março de 2018.

PUPO, R; CELANI, G. **Prototipagem rápida e fabricação digital na Arquitetura: fundamentação e formação.** In: KOWALTOWSKI, D.; MOREIRA, D.; PETRECHE, J.; FABRÍCIO, M. (Orgs.). O processo de projeto em arquitetura: da teoria à tecnologia. São Paulo: Oficina de Textos, 2011. (cap. 24)

YU, X.; SU, Y. **Daylight availability assessment and its potential energy saving estimation -A literature review**. Renewable and Sustainable Energy Reviews, 2015.