



6 a 8 de outubro de 2010 - Canela RS

ENTAC 2010

XIII Encontro Nacional de Tecnologia
do Ambiente Construído

OTIMIZAÇÃO DE CONFORTO AMBIENTAL E EFICIÊNCIA ENERGÉTICA EM ESPAÇOS CONSTRUÍDOS: O CASO DA PRAÇA DE ALIMENTAÇÃO DO CONJUNTO NACIONAL BRASÍLIA

Cláudia D. N. Amorim (1); Milena S. Cintra (2); João Pimenta (3); Thaisa Comelli (4); Marina Monteiro (4); Alyson Vinicio (5)

- (1) Doutora do Departamento de Tecnologia – Faculdade de Arquitetura e Urbanismo - Universidade de Brasília, Brasil – e-mail: clamorim@unb.br
- (2) Mestranda em Arquitetura e Urbanismo – Faculdade de Arquitetura e Urbanismo – Universidade de Brasília, Brasil – email: milenascintra@gmail.com
- (3) Doutor do Departamento de Engenharia Mecânica – Faculdade de Tecnologia - Universidade de Brasília, Brasil – e-mail: pimenta@unb.br
- (4) Graduanda em Arquitetura e Urbanismo – Faculdade de Arquitetura e Urbanismo – Universidade de Brasília, Brasil – email: thaisa.comelli@gmail.com, marina.dosantos@gmail.com
- (5) Graduando em Engenharia Mecânica – Departamento de Engenharia Mecânica – Faculdade de Tecnologia – Universidade de Brasília, Brasil – email: alysonvinicio@yahoo.com.br

RESUMO

As atuais demandas de conforto e eficiência energética estendem-se também a espaços construídos existentes, o que muitas vezes apresenta um nível de complexidade não indiferente nas intervenções. O presente trabalho apresenta um estudo para uma praça de alimentação de um centro comercial de Brasília, desenvolvido no âmbito de uma parceria entre o Laboratório de Conforto Ambiental da Faculdade de Arquitetura e o Laboratório de Engenharia Mecânica da Universidade de Brasília. O objetivo do estudo é melhorar o conforto térmico, luminoso e a eficiência energética do local, otimizando as condições de resfriamento evaporativo existentes e introduzindo luz natural para substituir em parte a luz artificial. A metodologia constou de levantamentos e medições in loco do stress térmico do ambiente e dos níveis de iluminação; avaliação do conforto ambiental do espaço do ponto de vista dos usuários, por meio de entrevistas. Através de estudos de sombreamento do entorno e simulações computacionais de iluminação natural e ventilação foram definidas as soluções de intervenção, buscando utilizar as estruturas existentes no local para otimizar recursos e o tempo da obra. Espera-se que as proposições melhorem o conforto ambiental, a maior eficiência energética e ainda a promoção de marketing para os empreendedores. O presente trabalho configura-se como um exemplo de que espaços existentes podem e devem ser otimizados, e de que a parceria das áreas de conhecimento é um importante instrumento neste sentido.

Palavras-chave: Conforto térmico, iluminação natural, simulação computacional.

1 INTRODUÇÃO

A utilização de métodos passivos de ventilação e iluminação para garantir condições de conforto ambiental e eficiência energética é uma das grandes buscas da atualidade. A demanda de edifícios e espaços que possam trazer benefício mútuo ao usuário e a eficiência energética do edifício cresce exponencialmente e é cada vez mais comum encontrar profissionais preocupados com esse setor.

No espaço construído esta demanda é igualmente importante e apresenta um grande desafio para os projetistas e intervenientes: nestes espaços, muitos elementos construtivos e estruturais cruciais para garantir um bom projeto que coexista harmonicamente com o meio externo encontram-se engessados e sem capacidade de transformações bruscas.

Neste caso, o objeto de estudo, o shopping Conjunto Nacional, está localizado no centro da cidade de Brasília, ao lado da Rodoviária, configurando um dos pontos de mais fácil acesso em todo o Distrito Federal, o que resulta em ambientes de grande circulação.

O espaço do shopping estudado nesse trabalho trata-se da praça de alimentação, a qual, devido à grande circulação de pessoas, apresenta um acúmulo de atividades geradoras de calor ao longo de todo o dia, além da presença de cozinhas e expositores de alimentos, da iluminação artificial constantemente ligada e da cobertura da praça de alimentação sem isolamento térmico, o que está aquém do recomendado pelo Regulamento Técnico da Qualidade para Eficiência Energética em Edificações Comerciais, de Serviços e Públicas (INMETRO, 2009). Outro problema relevante no local é o sistema de resfriamento evaporativo pouco eficiente, que atua apenas em áreas pontuais e limitadas, não acrescentando grandes melhorias no contexto da praça como um todo.

Todos estes fatores, aliados a uma ausência de um condicionamento de ar eficiente, resultam em uma situação extremamente desconfortável para os usuários da praça, principalmente em horários de pico.

Para a resolução de tais problemas, foram realizadas a coleta de dados in loco, simulações computacionais, estudos de insolação e, finalmente, as propostas finais de intervenção para melhoria do conforto térmico e luminoso para o local, proporcionando eficiência energética ao sistema.

O trabalho em questão foi realizado em 2009 e 2010, em uma parceria entre o Laboratório de Conforto Ambiental e Eficiência Energética da Faculdade de Arquitetura e o Laboratório de Ar-Condicionado do Departamento de Engenharia mecânica da Universidade de Brasília.

2 OBJETIVO

Este artigo tem o objetivo de apresentar o trabalho realizado na praça de alimentação do Shopping Center Conjunto Nacional, onde foram estudadas as estratégias possíveis para uma melhora do conforto térmico, além de introdução de luz natural para promover melhor conforto visual e economia de luz artificial no local.

3 METODOLOGIA

Para a definição de uma solução ótima de intervenção, tendo em vista a correção do problema de conforto térmico e luminoso existente na praça de alimentação do shopping Conjunto Nacional, as atividades foram divididas em duas equipes: uma equipe desenvolveu os estudos sobre o conforto térmico na praça e outra desenvolveu os estudos sobre iluminação natural. Vale ressaltar que as duas vertentes de estudos caminharam simultaneamente e com diversos entrelaces no caminho.

Na primeira etapa, foi realizada uma avaliação técnica da realidade existente da praça de alimentação. Isso envolveu o levantamento de dados construtivos, padrões de uso do espaço, variáveis ambientais (temperatura, umidade, velocidade do ar, iluminância, etc.), parâmetros mecânicos do sistema existente, entre outros. Foram levantadas também as situações críticas com relação à exposição de alimentos em lojas adjacentes à praça de alimentação.

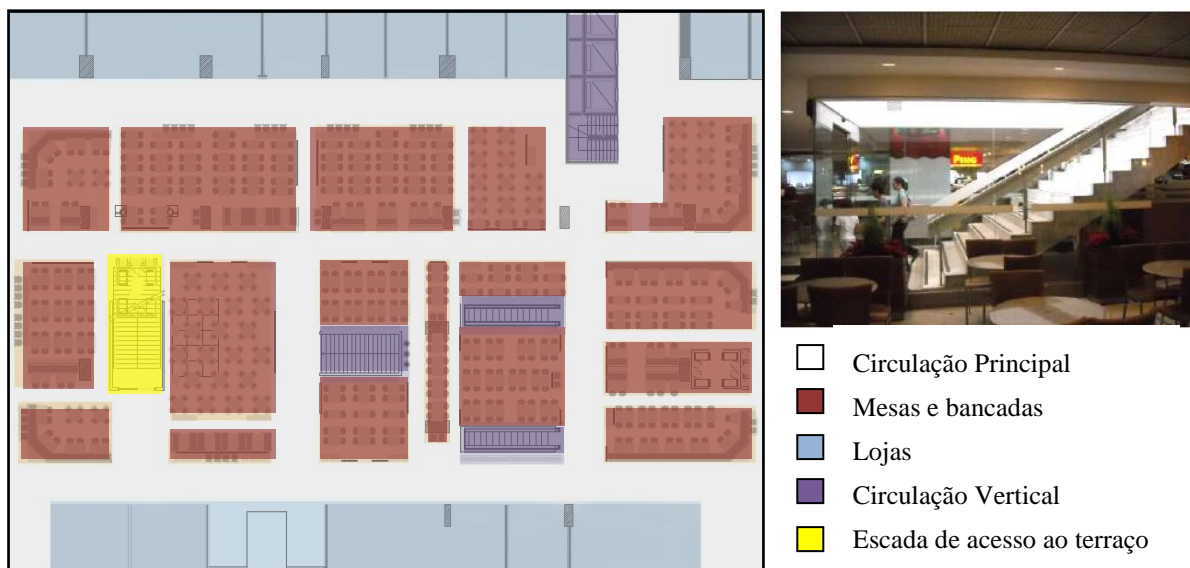
Em uma segunda etapa, para estudos do conforto térmico com base nas informações coletadas, foi realizado o estudo da variação horária de carga térmica e das condições de conforto térmico do ambiente (praça de alimentação) para o ano meteorológico típico na cidade de Brasília. Para tal,

propõe-se o uso de ferramentas computacionais específicas, tais como os programas EnergyPlusTM (E+)¹, DesignBuilder², CFX³, EES⁴, os quais permitem a simulação dos parâmetros de interesse (temperaturas, velocidades, etc.).

Simultaneamente, para a avaliação do conforto luminoso, foi realizado um estudo de intervenção construtiva para a penetração de luz natural na praça de alimentação de maneira menos impactante possível. Em seguida realizou-se a avaliação da insolação por meio de cartas solares, de forma a auxiliar nas decisões projetuais e definição da proposta. Finalmente, foram realizadas simulações computacionais no programa RELUX para a verificação da proposta e avaliação da contribuição da luz natural na praça de alimentação após a intervenção.

4 OBJETO DE ESTUDO

A praça de alimentação localiza-se no segundo pavimento do shopping, com acesso através da caixa de circulação vertical e de emergência, além de três corredores que a ligam às outras lojas. O acesso à cobertura se dá por uma escada simples e é a única entrada de luz natural no ambiente. As lojas se localizam no perímetro da praça e a região central é destinada a mesas para os usuários.



Figuras 1 e 2 – Planta da praça de alimentação. Escada de acesso ao terraço (única fonte de luz natural).

A cobertura da praça tem a função de terraço e apresenta, em seu contorno, escritórios distribuídos em quatro pavimentos, o que proporciona um auto-sombreamento durante algumas horas no início da manhã e no final da tarde. Há ainda dois volumes prismáticos feitos de alvenaria, os quais abrigam o sistema de resfriamento evaporativo atual. Este elemento se conecta à praça de alimentação com objetivo umidificar e resfriar o ar.

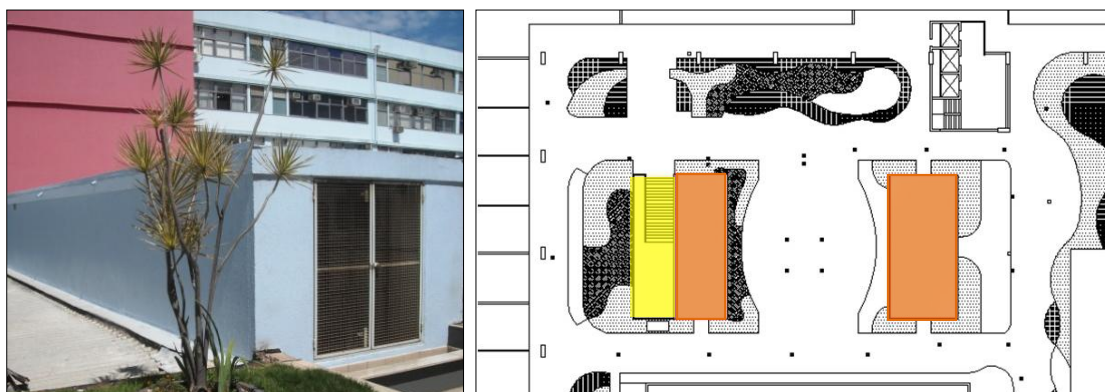


Figura 3 e 4 – Caixa de alvenaria que abriga o sistema de resfriamento evaporativo. Planta baixa do terraço indicando a escada de acesso ao terraço (em amarelo), e os dois volumes das caixas de alvenaria do sistema de resfriamento evaporativo (em laranja).

5 PROCEDIMENTOS

5.1 Conforto Térmico

Ao longo do mês de Dezembro, quando a ocupação é mais intensa no shopping, foram coletados dados relativos à temperatura do ar, umidade relativa do ar, velocidade do ar, temperatura radiante das superfícies, além de outras variantes com o potencial de realizar uma caracterização do espaço.

É importante ressaltar neste momento que a climatização do shopping não conta com um sistema de ar-condicionado, mas sim com um sistema de resfriamento evaporativo. Considerando então a zona bioclimática onde a cidade de Brasília está inserida, com baixa umidade relativa ao longo de muitos meses, a presença de um sistema de resfriamento evaporativo deveria apresentar uma boa eficiência em grande parte do ano. Neste caso, o condicionamento ocorre, basicamente, através do processo em que o ar cede energia para que a água evapore e, em um clima seco, a capacidade de absorção de água pelo ar aumenta, demandando mais energia, ou seja, eliminando mais calor do fluido a ser insuflado no ambiente e gerando correntes de ar mais frias.

Entretanto, constatou-se que o resfriamento evaporativo no local é pouco eficiente, não amenizando as temperaturas superiores a 30°C na maior parte do dia, o que demonstra situações agudas de desconforto térmico.

Assim, primeiramente foi construído um modelo do atual estado do escoamento na praça de alimentação, gerado através do software *SolidWorks 2010* e, em seguida, diferentes condições de contorno foram impostas, afim de se modelar as diversas formas de operação possíveis. Dessa forma, é possível realizar uma análise comparativa entre a situação em vigor e as diversas combinações de soluções propostas.

Com o auxílio do software *ProArcondicionado*, foi possível obter informações sobre a carga térmica do ambiente e parte dos dados sobre a vazão de ar. Para complementar a análise, utilizou-se o software *CFX 12.0*, que possibilita simulações de Campos de Escoamento, também referentes à vazão de ar no ambiente.

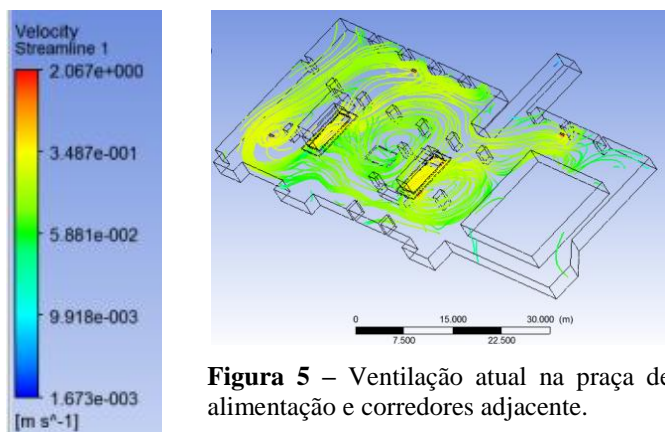


Figura 5 – Ventilação atual na praça de alimentação e corredores adjacente.

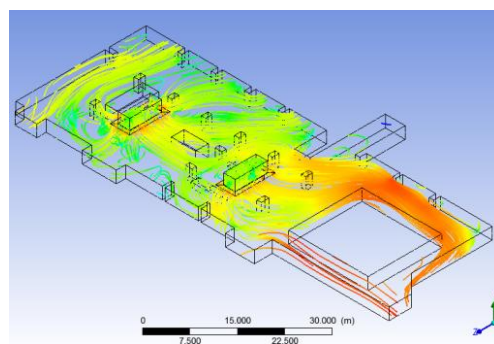


Figura 6 – Ventilação após a modificação proposta na praça de alimentação e corredores adjacentes.

Assim, foi possível observar uma predominância das velocidades do ar que circula na praça na faixa de 0,1 a 1 m/s (**figura 5**). Verificou-se também uma tendência do ar entrar pela praça através dos três corredores de acesso a mesma, assim como pelas escadas de alvenaria e por uma das escadas rolantes.

Após implementar as soluções propostas, ver **figura 6**, observou-se que a vazão de ar pelas escadas e corredores mostra a tendência de o ar entrar pelo corredores 1, 2 e pelas escadas rolantes. Já em relação às escadas 1 e 2, não há entrada ou saída de ar porque estas foram fechadas com portas de vidro automáticas. E, no que refere a velocidade e distribuição do escoamento no ambiente, é perceptível como o fluido atinge mais pontos da praça e com maior velocidade.

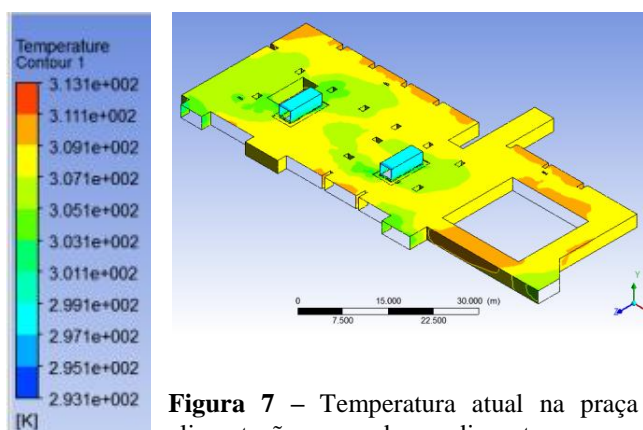


Figura 7 – Temperatura atual na praça de alimentação e corredores adjacentes.

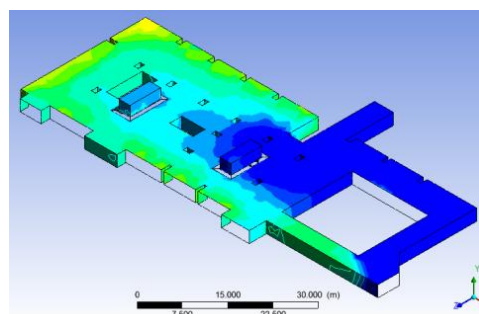


Figura 8 – Temperatura após a modificação proposta na praça de alimentação e corredores adjacentes.

Neste mesmo sentido de análise, é possível identificar que antes de realizar tais mudanças no sistema de resfriamento evaporativo, as temperaturas na maior porção da praça oscilavam entre 24°C e 32°C (**figura 7**). Depois da troca do sistema, o gradiente de temperatura sofreu significativa redução em seus valores, atingindo níveis de conforto em praticamente todos os espaços da praça de alimentação (**figura8**).

5.2 Aproveitamento da luz natural

Para a análise da iluminação foram realizadas medições de iluminância *in loco* em dois períodos distintos: pela manhã às 9h, antes do shopping abrir, a fim de identificar as condições da luminosidade durante o dia e averiguar a influência da luz natural na praça de alimentação, principalmente nas áreas próximas à escada de acesso ao terraço; e no período da noite, às 21h30, pouco antes do shopping fechar, a fim de medir os níveis de iluminância proporcionados exclusivamente pela iluminação artificial. Para ambas, foi utilizado o luxímetro de marca *Politerm, série 1332*.

A escolha de horários levou em consideração também a alta sensibilidade do aparelho, que pode detectar com facilidade a presença de sombras provocadas por pessoas circulando, o que prejudicaria os resultados. Dessa forma, foi importante que a praça estivesse o mais vazia possível.

Para esta medição, seguiram-se as recomendações da NBR 5382 – Verificação de Iluminância de Interiores - a qual estabelece diretrizes para a medição de Iluminância de Interiores¹. A norma sugere um método de simplificação no processo de medição para ambientes com a iluminação regular, o que não pode ser aplicado à praça de alimentação do Conjunto Nacional. Desta forma, foi necessária a medição de iluminância no maior número possível de pontos, que representassem de forma condizente a diversidade dos níveis de iluminância que se encontra em toda praça. Assim, cada mesa teve seu nível de iluminância mensurada individualmente, a 70 cm do piso, já que este é o principal plano de trabalho da praça.

Após a coleta de dados, os diversos pontos catalogados pelo luxímetro foram transformados em zonas de iluminação. Em seguida, esta imagem foi sobreposta à planta baixa da praça de alimentação (Figura 1), de forma a se observar a distribuição de luz nas áreas de circulação, alimentação e zonas com intenção de destaque particular.

¹ De acordo com a Associação Brasileira de Normas Técnicas - NBR 5382 – os métodos de verificação abrangem: Campos de trabalho retangulares, iluminados com fontes de luz em padrão regular, simetricamente espaçadas em duas ou mais fileiras; Área regular com luminária central; Área regular com linha única de luminárias individuais; Área regular com duas ou mais linhas contínuas de luminárias; Área regular com uma linha contínua de luminárias e Área regular com teto luminoso.

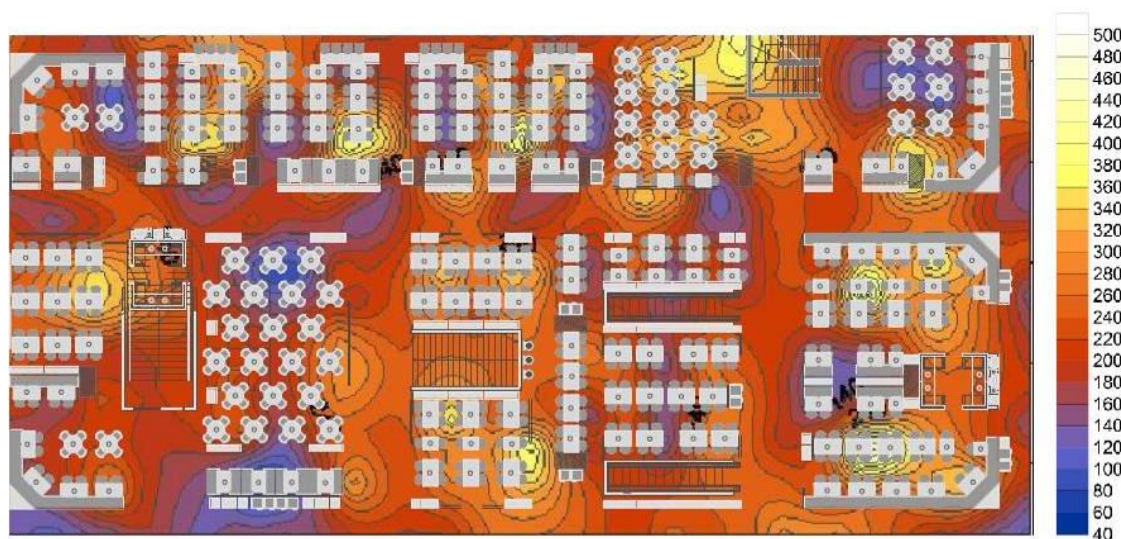


Figura 9 – Sobreposição da Figura 1 às zonas de iluminação encontradas após a coleta de dados. As manchas em amarelo representam as regiões mais iluminadas; as manchas em azul e roxo representam as áreas mais escuras da praça.

De maneira geral, os resultados mostram uma distribuição de iluminação relativamente uniforme, variando de 400 a 40 lux em ambos os horários (diurno e noturno). A iluminância média na praça de alimentação é de 230 lux às 9h da manhã e 247 lux às 21h. Com relação a estes valores, constata-se que não há distorção em relação ao nível exigido pela norma NBR 5413 para restaurantes, que é de 200lux, ou seja, o sistema de iluminação atual segue o prescrito pela norma. Mas estes valores comprovam a pouca influência da iluminação natural atualmente na praça (a iluminância média durante o dia é praticamente igual à noite), e também a pouca flexibilidade do sistema de iluminação, que mantém as luzes acesas durante todo o dia e durante a noite.

Para a intervenção projetual, propôs-se o aproveitamento das caixas existentes do sistema evaporativo, que de acordo com a proposta de estudo de conforto térmico deixaria de ser utilizada. Essas caixas conectam o terraço, espaço superior aberto, com a praça de alimentação. Assim, foram propostas aberturas nessas caixas, de modo a permitir a entrada de luz natural.

Para que a luz natural seja aproveitada de maneira mais eficiente, sem ganhos térmicos, é necessário impedir a incidência solar direta no ambiente. Assim, foram elaboradas as máscaras de sombra no terraço do shopping, levando-se em conta os volumes dos edifícios adjacentes e o sombreamento resultante nos zenitais. Em seguida, a Carta Solar da cidade de Brasília (Latitude 16° Sul) foi sobreposta às máscaras de sombra, para que as regiões sombreadas fossem analisadas juntamente com a trajetória solar nesta região ao longo de todo o ano. Isto posto, definiu-se a melhor opção para a geometria das aberturas zenitais, aproveitando a estrutura existentes, e os ângulos de sombreamento necessário para proteção da radiação solar direta no interior do ambiente.

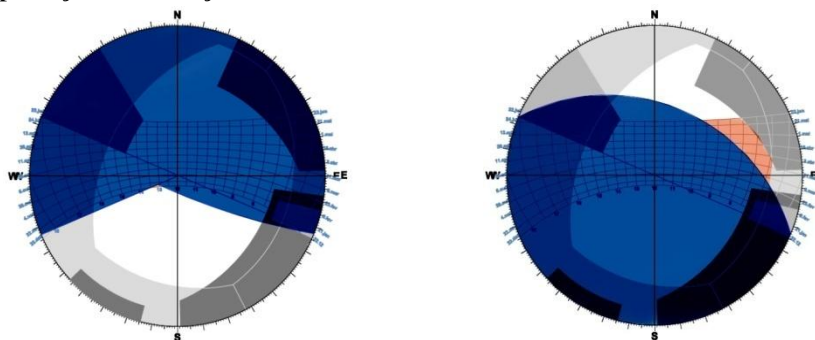


Figura 10 e 11 – Máscara de sombra do entorno, carta solar e os ângulos de sombreamento necessários para proteção solar, nas aberturas zenitais propostas.

A partir desses estudos, definiu que em ambas as fachadas expostas serão utilizadas marquises de concreto (prolongando a laje da própria caixa de alvenaria) como elementos horizontais de proteção. Na fachada nordeste as marquises devem ser combinadas a elementos horizontais de proteção, gerando um ângulo vertical de radiação de 40° . Já na fachada sudoeste, as marquises serão combinadas a elementos verticais de proteção, com um ângulo horizontal de radiação de 45° . Vale ressaltar que estes são os ângulos mínimos para que a radiação solar direta não penetre no ambiente na maior parte do ano.

Após a definição da forma e orientação das aberturas zenitais, foi feita a simulação no *software* RELUX, com o objetivo de avaliar as consequências da intervenção em termos de quantidade de iluminação natural. No *software*, foram modelados a praça de alimentação e o pavimento superior (o terraço). As aberturas zenitais foram modeladas de acordo com o proposto na etapa anterior.

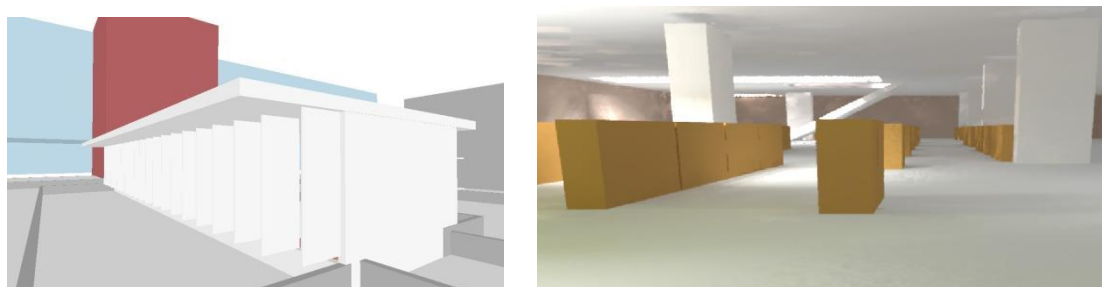


Figura 12 e 13 – Imagem da modelagem das aberturas zenitais *software* RELUX. Imagem interna da simulação *software* RELUX, com o aproveitamento da luz natural no ambiente

Para avaliar o efeito das aberturas zenitais, foram feitas 48 simulações, considerando todos os meses do ano, nos horários de 10, 12, 15 e 16 h. Estas simulações foram feitas em condições de céu encoberto (meses de novembro a março) de céu claro (meses restantes), somente com luz natural. O *software* fornece os dados de iluminância média, mínima e máxima, além de plantas com as curvas isolux de distribuição de iluminância.

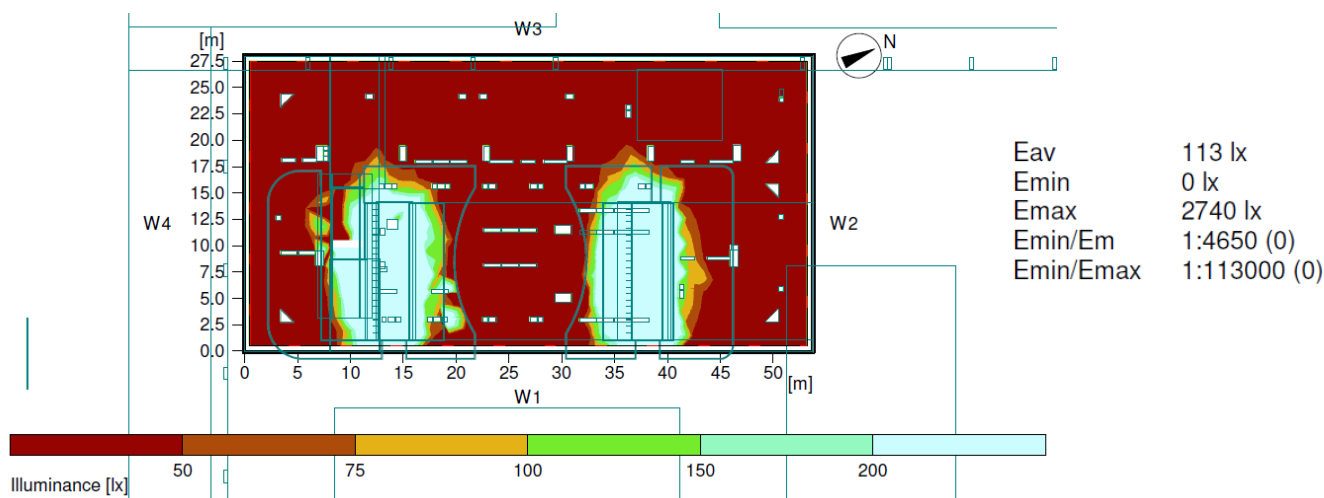


Figura 14 – Resultado da simulação do *software* RELUX para as duas aberturas zenitais em curvas de cores falsas de isolux.

6 ANÁLISE DE RESULTADOS

6.1 Conforto Térmico

Após as simulações descritas no tópico 5.1, lista-se a seguir as soluções encontradas que apresentam, combinadas, o melhor desempenho:

- *Troca do Sistema de Resfriamento Evaporativo*

Constitui uma das premissas mais importantes para o melhoramento do conforto térmico. A intervenção proposta seria composta de quatro módulos comerciais capazes de insuflar ar à temperatura levemente inferior à ambiente, dentro do espaço climatizado. O insuflamento na praça de alimentação é dado por dutos que circundam as caixas de alvenaria através de grelhas de insuflamento. Os quatro exaustores atualmente instalados serão eliminados e a exaustão passará a ser feita por ventiladores axiais de grande porte instalados no hall adjacente a praça de alimentação.

- *Isolamento das Escadas*

O fechamento das escadas com portas de vidro, de forma semelhante ao que está atualmente montado na escada para o pavimento superior da praça, é outra intervenção a ser aplicada. As duas escadas, tanto a escada para o pavimento superior como a para o pavimento inferior, deverão ser fechadas dessa forma e, juntamente com esse isolamento, instalar um sistema de portas automáticas. As escadas rolantes devem ser parcialmente fechadas com vidro, até uma determinada altura que não atrapalhe a passagem das pessoas, e limitar ao máximo a circulação de ar entre a praça e o pavimento inferior. Esta alternativa também foi considerada extremamente importante, pois mesmo que o sistema de resfriamento evaporativo funcione adequadamente, sem o isolamento das escadas, o ar mais frio evacuariá rapidamente através do vão das escadas.

- *Instalação de ventiladores para exaustão*

Instalação de dois ventiladores axiais de grande porte na clarabóia do hall adjacente a praça de alimentação, próximo a saída de ar superior. Para título de simulação, considerou-se que apenas 30% da capacidade nominal de vazão de cada ventilador conseguiriam realizar a exaustão da praça de forma adequada. Os ventiladores considerados para essa aplicação são máquinas de baixa frequência de rotação e grande diâmetro, apresentando grande capacidade de exaustão.

Observou-se que a maior parte da praça de alimentação apresenta temperaturas contidas entre 32°C e 36°C, o que é coerente com a coleta de dados realizada na etapa anterior. Após a definição desta solução ótima, observa-se que a temperatura na maior porção da praça ficou entre 24° C e 32° C.

6.2 Conforto Luminoso

As simulações demonstram que se atingem, com as aberturas zenitais, níveis razoáveis de iluminação natural, sem ganhos térmicos. Cabe ressaltar que o objetivo da intervenção não é fazer com que a praça de alimentação seja autônoma em termos de iluminação natural, mas que haja certa contribuição da mesma, o que além de auxiliar na economia energética, pode colaborar com a qualidade ambiental do espaço. Esta condição realiza-se especialmente em condições de céu claro, e espera-se também em condições de céu parcialmente encoberto, que são as condições predominantes no clima de Brasília.

Abaixo, é possível observar o resultado de todas as simulações realizadas, as quais contêm informações sobre iluminância máxima e média do espaço.

		Iluminância (lux)			
Mês	Horários	10:00	12:00	15:00	16:00
Janeiro	média	21	26	21	16
	max	231	280	221	175
Fevereiro	média	21	26	20	16
	max	234	275	223	175
Março	média	21	25	19	14
	max	219	277	210	154
Abril	média	88	36	44	20
	max	1440	593	2340	267
Maio	média	162	36	29	13
	max	9900	564	1950	181
Junho	média	143	53	20	11
	max	6830	3310	269	129
Julho	média	142	53	29	16
	max	7060	3450	3730	203
Agosto	média	103	38	37	22
	max	7690	607	2380	264
Setembro	média	64	31	88	74
	max	1060	410	6270	10100
Outubro	média	71	44	94	124
	max	2710	487	8160	8370
Novembro	média	68	44	147	169
	max	2750	479	11900	11100
Dezembro	média	22	26	20	15
	max	236	283	217	162
Legenda:					
		Céu encoberto			
		Céu limpo			

Tabela 1 – Resultados de iluminância da simulação *software RELUX*, com apenas a luz natural das aberturas zenitais propostas.

Com os resultados das simulações é possível determinar um zoneamento onde as luminárias poderão ser apagadas durante maior parte do dia, contribuindo para poupança de energia e menor carga térmica, contribuindo para o sistema de condicionamento de ar.

7 CONCLUSÕES

O estudo realizado pelo Laboratório de Controle Ambiental e Eficiência Energética (LACAM), em parceria com o Laboratório de Ar-Condicionado, mostra a importância de realização de parcerias multidisciplinares para trabalhos em eficiência energética. Mostra também a importância de consultorias como esta, tendo em vista a necessidade de políticas de redução de gastos energéticos para grandes edifícios.

Neste caso, foi possível observar as melhorias que métodos passivos de climatização e iluminação podem gerar em um espaço, em relação ao conforto térmico, qualidade ambiental e eficiência energética, mesmo sendo ele já construído.

Todas as soluções propostas aproveitam ao máximo as estruturas já existentes, resultando em custos reduzidos e possibilidade de retorno financeiro, principalmente se considerarmos a demanda energética necessária para instalar aparelhos de ar-condicionado no local. Além disso, a possibilidade de desligamento de parte das luminárias existentes na praça de alimentação promove ainda mais eficiência energética.

A cidade de Brasília é bastante favorecida do ponto de vista climático. Apesar da grande amplitude térmica, segundo a norma brasileira NBR 15220 -3 (ABNT, 2005), Brasília está localizada na Zona Bioclimática 4 e apresenta um dos climas (no Brasil) com mais horas de conforto no ano².

² Fonte: NORMAS CLIMATOLÓGICAS (1961-1990), Brasília, 1992.

Programa de cálculo Luz do Sol - Versão 1.1 Radiação Solar e Iluminação Natural. Maurício Roriz

Dessa forma, a aplicação adequada dos conceitos e técnicas de climatização e iluminação passiva nos espaços torna o retrofit ambiental de edifícios comerciais e de serviços algo extremamente possível, com um bom retorno social e financeiro.

8 REFERÊNCIAS

AMORIM, C.N.D. **"Illuminazione Naturale, Comfort Visivo ed Efficienza Energetica in Edifici Commerciali: Proposte Progettuali e Tecnologiche in contesto di clima Tropicale"**. Tese de Doutorado. Università degli Studi di Roma "La Sapienza". Dezembro 2000.

_____. **Estratégias de Projeto para uma Arquitetura Sustentável**. Parte I do texto "Iluminação Natural e Eficiência Energética". P@ranoá periódico eletrônico de arquitetura e urbanismo, Pós-graduação da Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, UnB, Brasília., 2002.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 15220-1. **Desempenho Térmico de edificações: Parte 1: definições, símbolos e unidades**. Rio de Janeiro, 2005

_____. NBR 15220-2. **Desempenho térmico de edificações. Parte 2: Métodos de cálculo da transmitância térmica, da capacidade térmica, do atraso térmico e do fator solar de elementos e componentes de edificações**. Rio de Janeiro, 2005

_____. NBR 15220-3. **Desempenho térmico de edificações - Parte 3: Zoneamento bioclimático Brasileiro e estratégias de condicionamento térmico passivo para habitações de interesse social**. Rio de Janeiro, 2005

_____. NBR 5383. **Verificação de iluminância de interiores**. Rio de Janeiro, 1992

_____. NBR 5413. **Iluminância de Interiores**. Rio de Janeiro, 1992.

_____. NBR 15215. **Iluminação natural**. Rio de Janeiro, 2005.

_____. NBR 6401 - Parte II. **Parâmetros de Conforto Térmico**. Rio de Janeiro, 2008.

BITTENCOURT, L. **Uso das cartas solares: diretrizes para arquitetos**. Ed. UFAL, Maceió, 2004.

INMETRO. **Regulamento técnico da qualidade do nível de eficiência energética em edifícios comerciais, de serviços e públicos**. Rio de Janeiro, 2009.

RELUX Informatik. **Relux Vision User's Manual**. Basel, 2009.