



6 a 8 de outubro de 2010 - Canela RS

**ENTAC 2010**

XIII Encontro Nacional de Tecnologia  
do Ambiente Construído

## **AVALIAÇÃO DA ILUMINAÇÃO NATURAL E DESEMPENHO ENERGÉTICO DO INSTITUTO DE QUÍMICA DA UNB PARA PROPOSTAS DE RETROFIT DA ENVOLTÓRIA**

**Júlia T. Fernandes (1); Claudia N.D. Amorim (2); Tagore Vilela (3); Bruno  
Capanema (4)**

- (1) Mestre e pesquisadora no Projeto de Etiquetagem de Eficiência Energética de Edificações – Departamento de Tecnologia /FAU /UnB, Brasil – e-mail: julia@fernandescapanema.com.br  
(2) Doutora e Coordenadora do Projeto de Etiquetagem de Eficiência Energética de Edificações – Departamento de Tecnologia /FAU /UnB, Brasil – e-mail: clamorim@unb.br  
(3) Arquiteto e Pesquisador no Projeto de Etiquetagem de Eficiência Energética de Edificações – Departamento de Tecnologia /Fau /Unb, Brasil – E-Mail: tagore@unb.br  
1) Mestre e pesquisador LACIS/FAU/UnB– Departamento De Tecnologia /FAU /Unb, Brasil – e-mail: bruno@fernandescapanema.com.br

### **RESUMO**

Para um projeto de arquitetura sustentável, o uso adequado da luz natural é imprescindível, face às necessidades atuais de redução dos gastos energéticos. Este trabalho teve o objetivo de avaliar a luz natural e eficiência energética do Instituto de Química da Universidade de Brasília, para retrofit visando à otimização do projeto arquitetônico. Primeiramente foi utilizado o Diagrama Morfológico, que consiste em um instrumento de síntese de parâmetros fundamentais para o projeto arquitetônico relacionados à luz natural. O Diagrama apresenta-se em três níveis, com respectivos parâmetros e variáveis: Espaço Urbano (desenho urbano, refletância e especularidade das fachadas, ângulo máximo do sol na base do edifício), Edifício (forma e planta baixa, taxa e distribuição de aberturas, proteções solares, aberturas zenitais, materiais opacos e transparentes) e Ambiente Interno (planta baixa, posição, área e forma do coletor de luz, controle da entrada de luz, e controle e integração da iluminação artificial). Em segunda etapa, foi realizada análise sensorial e medição *in loco* de iluminâncias interna e externa. Posteriormente, foi utilizado o *software* RELUX para simular os níveis de iluminância existentes em 4 ambientes típicos, em fachadas diferentes, em um dia típico de verão (céu nublado), um dia típico de inverno (céu claro) e um dia típico de meia estação (céu parcialmente encoberto), às 9 horas da manhã e às 15 horas da tarde. Verificou-se a iluminância para as tarefas, a distribuição relativa das luminâncias das superfícies dos ambientes (porcentagens de reflexão), a probabilidade de ofuscamento e os contrastes. Foram propostas soluções para os problemas identificados e avaliação destas por meio de simulação no RELUX. Por fim, foi avaliada a eficiência energética da envoltória, segundo método prescritivo no Regulamento Técnico de Qualidade do nível de Eficiência Energética de Edifícios (Inmetro, 2009), o que demonstrou a limitação do RTQ-C na avaliação de projetos bioclimáticos.

Palavras-chave: iluminação natural, eficiência energética, envoltória, simulação, RTQ-C

## 1. INTRODUÇÃO

Atualmente, frente às necessidades urgentes de redução dos impactos ambientais, as edificações precisam ter bom desempenho energético, o que está diretamente relacionado ao projeto de arquitetura sustentável, com a valorização das diretrizes bioclimáticas locais, dentre elas, uso de iluminação natural.

A iluminação natural possui vantagens em relação à artificial, principalmente a qualidade da iluminação obtida; a constante mudança da quantidade de luz natural provoca efeitos estimulantes nos ambientes, permite valores mais altos de iluminação e menor carga térmica; pode fornecer a iluminação necessária durante 80/90% das horas de luz diária; é uma fonte de energia renovável: o uso mais evidente da energia solar. (Amorim, 2007)

O projeto de arquitetura deve procurar integrar ao máximo as duas fontes de luz, natural e artificial, buscando estratégias para o conforto visual<sup>1</sup> e otimização dos gastos energéticos. Neste contexto, insere-se este trabalho, com o intuito de contribuir para a discussão da valorização do uso da iluminação natural como uma estratégia para a sustentabilidade nos edifícios.

## 2. OBJETIVO

Avaliar a iluminação natural e eficiência energética do Instituto de Química (IQ) da Universidade de Brasília, para indicação de possível retrofit da envoltória, visando à otimização do projeto arquitetônico.

## 3. OBJETO DE ESTUDO

O Instituto de Química (IQ) encontra-se no *Campus* Universitário Darcy Ribeiro, da Universidade de Brasília, e é de autoria dos arquitetos e professores da FAU/UnB, Aleixo Souza Furtado e Marcílio Mendes Ferreira. O projeto é formado por dois blocos paralelos em forma de lâmina, interligados por uma cobertura curva, o que configura um pátio interno. As fachadas principais estão voltadas para o nordeste e sudoeste, onde existem cobogós, desenhados pelos autores, como elementos de forte identidade e pregnância no conjunto.

O edifício destina-se basicamente ao uso de laboratórios, salas de professores, salas de aula e auditório. A maioria dos ambientes internos possui ventilação cruzada e uso de iluminação natural, pois a planta bilateral dos blocos possibilita que os espaços tenham aberturas para as fachadas externas e interna (pátio).



Figuras 1 e 2 – Vista Geral do Instituto de Química e Pátio interno com passarela

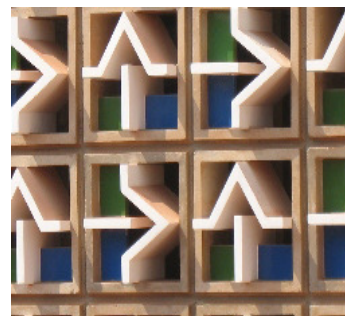


Figura 3 – Detalhe do Cobogó

## 4. METODOLOGIA

Para avaliação do Instituto de Química, quanto à iluminação natural e eficiência energética, foram sistematizadas as seguintes etapas de análise:

- Avaliação pelo Diagrama Morfológico (Amorim, 2007), Análise Sensorial e Medição de Iluminâncias
- Simulações Computacionais da Luz Natural no *Software* Relux Professional 2007
- Etiquetagem de Eficiência Energética da Envoltória pelo método prescritivo do RTQ-C

---

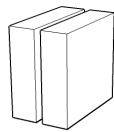
<sup>1</sup> Conforto Visual é entendido como a existência de um conjunto de condições, num determinado ambiente, no qual o ser humano pode desenvolver suas tarefas visuais com o máximo de acuidade e precisão visual, com o menor esforço, com menor risco de prejuízos à vista e risco de acidentes. Condições para isso: iluminância suficiente, boa distribuição de iluminâncias, ausência de ofuscamento, contrastes adequados, (proporção de luminâncias), bom padrão e direção de sombras.

#### 4.1. Avaliação da Luz Natural pelo Diagrama Morfológico

O Diagrama Morfológico (Amorim, 2007) é um instrumento de análise de projetos, que busca a caracterização da edificação para avaliação de seu desempenho em relação à iluminação natural. Apresenta uma seleção de sistemas e estratégias efetivos e combina “Parâmetros” e “Variáveis” que representam uma série de soluções de projeto.

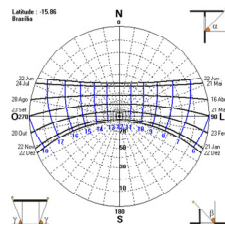
Está dividido em três níveis, *Espaço Urbano*, *Edifício* e *Ambiente Interno*, com parâmetros e variáveis específicos, que são suficientes para se caracterizar o edifício e suas relações com o entorno.

##### Forma



Blocos  
unilaterais/  
Bilaterais

##### Clima



Carta solar local

**Tipo:** Tropical de altitude -  
verões quentes e úmidos e  
invernos secos

**Temperatura média anual:** 21°

**Média mensal (máxima):** 27°

**Média mensal (mínima):** 15,4°

**Insolação Anual:** 2364h

**Ventos:** Predominância anual  
Leste; verão Noroeste

**Zona Bioclimática:** 4

##### Dados Gerais

**Edificação:** Instituto de Química

**Tipologia:** Institucional / Educacional

**Localização:** UnB, Brasília – DF

**Latitude:** 15° 50'16" S

**Longitude:** 47° 42'48" W

**Altitude:** 1032 m

**Arquitetos:** Aleixo A. Souza Furtado  
Marcílio Mendes Ferreira

**Data do Projeto:** 2005

**Data de Construção:** 2007



Figuras 4 e 5 - Vista da Fachada e Pátio Interno com passarela



Figura 6 - Vista Aérea do Edifício

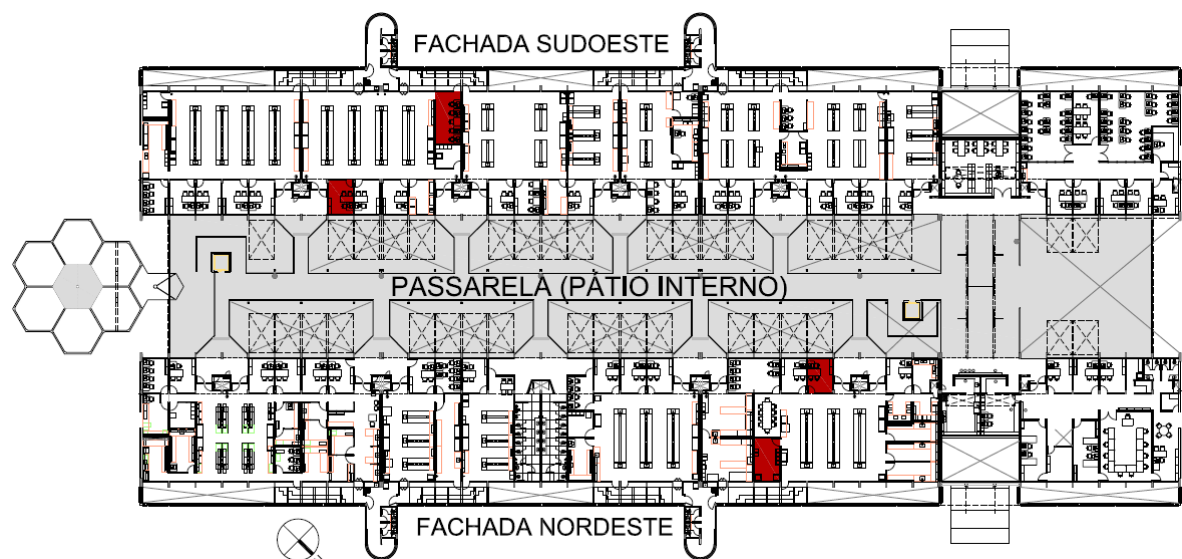









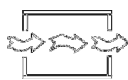









Figura 7 – Planta Baixa com marcação dos ambientes analisados (medições e simulações)

**Tabela 1 - Avaliação a partir do Diagrama Morfológico do Instituto de Química**

Nível	Parâmetro	Variáveis	Avaliação
<b>Espaço Urbano</b>	<b>A</b> Desenho Urbano	 A7: Fachada principal com orientação intermediária	Influencia na quantidade e qualidade de luz natural (direta ou difusa) que atinge a edificação. As principais fachadas são Nordeste e Sudoeste
	<b>B</b> Refletância das Fachadas	 B2: Média	Não interfere de forma negativa com reflexão de luz para o entorno.
	<b>C</b> Especularidade das fachadas	 C2: Média	A quantidade de luz natural refletida nas fachadas não é significativa e não causa ofuscamento.
	<b>D</b> Ângulo máximo de incidência do sol na fachada do edifício	 D3: Ângulo de 60° a 90°	A insolação incide na edificação sem obstruções do contexto urbano, o que garante boas condições de iluminação natural aos ambientes internos e visibilidade do céu.
<b>Edifício</b>	<b>E</b> Planta Baixa e Forma	 E3: Blocos bilaterais	Com dois blocos, de forma alongada, o edifício possui duas fontes de luz laterais, o que garante um bom uso da luz natural e ventilação cruzada.
	<b>F</b> Taxa de Aberturas para o exterior	 F2 Entre 25% e 50% de aberturas	A taxa de aberturas não prejudica a iluminação e ventilação naturais, pois é suficiente (não excessiva), o que garante a quantidade e qualidade de luz natural. A visão para o exterior é um pouco prejudicada pelos cobogós.
	<b>G</b> Distribuição das Aberturas	 G2 Fachadas não uniformes - com relação à orientação solar	As fachadas possuem tratamentos diferenciados, o que proporciona um bom desempenho na entrada de luz (direta e difusa) e controle termo-energético.
	<b>H</b> Proteções Solares nas fachadas	 H3 Cobogós	As maiores fachadas possuem cobogós com desenho específico para cada orientação, o que favorece o desempenho da luz natural e eficiência termo-energética da envoltória, mas reduz muito a visibilidade externa.
	<b>I</b> Aberturas Zenitais	 I4 Cobertura translúcida	A principal abertura zenital do edifício é a cobertura do pátio interno em vidro laminado, o que acarreta elevado ganho térmico e ofuscamento por reflexão, pois permite a entrada de luz direta.
	<b>J</b> Mecanismos de Ventilação Natural	 J1 Cruzada	Os blocos são vazados, permitindo a ventilação cruzada nos espaços, o que garante um melhor desempenho térmico e conseqüentemente redução no consumo energético para climatização.
<b>Ambiente Interno (Laboratórios)</b>	<b>L</b> Planta Baixa	 L2 Bilateral	Existem duas aberturas para iluminação: uma maior no centro da parede voltada para a fachada externa e outra menor, superior, no lado oposto do ambiente. Isto permite uma melhor iluminação e ventilação cruzada.
	<b>M</b> Posição do coletor de luz	 M1 Centro do plano lateral	A principal abertura nos laboratórios é a janela voltada para a fachada exterior, o que garante grande quantidade de penetração da luz natural e vista para o exterior.
	<b>N</b> Área do coletor e difusor de luz	 N3 Abertura lateral acima de 30%	Apesar de grandes, as aberturas são protegidas pelos cobogós, o que favorece a iluminação natural e desempenho térmico, pois evita excessivos ganhos térmicos e luminosos causados pela radiação direta.
	<b>O</b> Forma do coletor de luz	 O2 Janela horizontal	Possibilita boa distribuição da luz no ambiente interno, além de visibilidade para o exterior.
	<b>P</b> Controle da Entrada de Luz	 P5 Cobogós	A proteção das aberturas com os cobogós das fachadas evita grande entrada de luz direta e conseqüentemente ganhos térmico e ofuscamento, além de garantir boa ventilação.
	<b>Q</b> Controle da Ventilação Natural	 Q5 Guilhotina	Existe boa ventilação natural, pois o modelo de esquadria permite um fluxo adequado dos ventos.
	<b>R</b> Controle da Integração da iluminação artificial	 R1 On/off manual	Não existe integração da luz natural e artificial. As luminárias não acendem em circuitos independentes em relação ao distanciamento paralelo às janelas.

## 4.2. Análise Sensorial e Medição de Iluminâncias

Em segunda etapa, foi realizada análise sensorial e medição *in loco* de iluminâncias interna e externa, no dia 14 de novembro de 2007, no período da tarde. O partido arquitetônico apresenta várias intenções de uso de sistemas passivos, dentro dos conceitos bioclimáticos para condicionamento do lugar, adequadas para o clima de Brasília, inserido na Zona Bioclimática 4. A cidade apresenta um dos climas no Brasil com mais horas de conforto no ano (41,2%), sendo o maior desconforto causado pelas baixas temperaturas no período seco. As diretrizes recomendam que as edificações devam oferecer proteção contra as temperaturas mais elevadas que ocorrem durante o dia, principalmente no verão, em consequência da forte radiação solar, assim como atenuar as perdas noturnas de calor no período seco de inverno, quando as temperaturas são mais baixas.

Neste contexto, o IQ apresenta soluções adequadas ao uso do edifício, que por destinar-se ao uso educacional, principalmente em período diurno, deve preocupar-se principalmente com o calor excessivo durante o dia, ou seja, com a diminuição da carga térmica recebida pela envoltória. Para isso, os arquitetos utilizaram nas maiores fachadas, uma “pele” de cobogós, com desenho específico para sua orientação. O pátio interno, também muito apropriado ao clima, contribui para a ventilação e iluminação naturais, e funciona com o espaço de estar e circulação entre os blocos. A cobertura possui recortes nas laterais, próximas às janelas para favorecer a ventilação, mas que alguns momentos do dia é prejudicial, pois não protege as aberturas das salas da incidência de radiação solar direta.

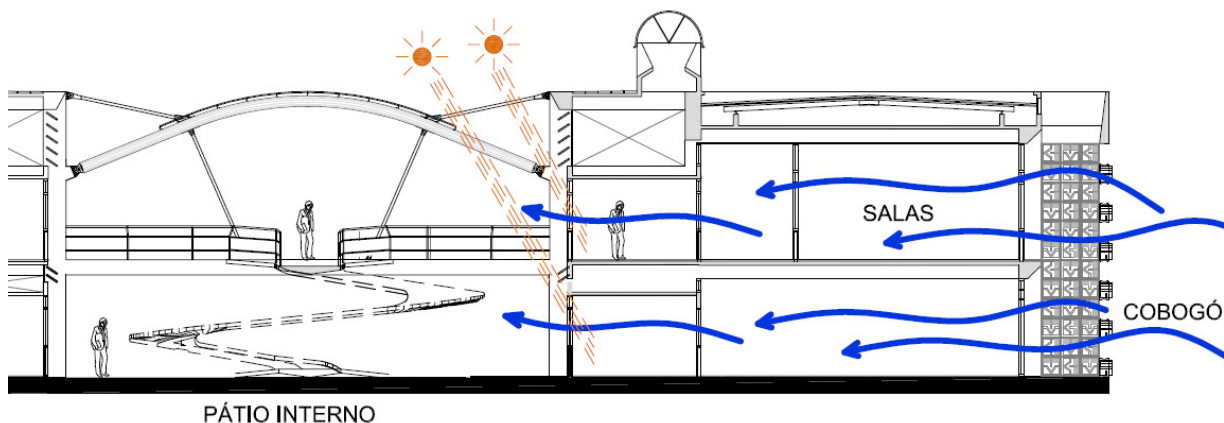


Figura 8 – Corte transversal: pátio interno com cobertura curva translúcida e salas (iluminação e ventilação naturais)

Os ambientes possuem aberturas generosas, com diversos tipos de esquadrias, como guilhotina, de correr, basculantes e maxim-ar, proporcionando uma boa ventilação e alta incidência de luz nos ambientes. Entretanto, esta alta incidência de luz não é distribuída uniformemente em todas as salas, havendo necessidade de aprimoramento em alguns pontos. Mesmo assim, existe conforto ambiental satisfatório nos espaços internos, sendo o auditório o único a utiliza o ar condicionado, apesar dos laboratórios serem fechados, e com possibilidade de instalação destes equipamentos. Existem laboratórios, que funcionam como núcleos independentes, onde existe um espaço amplo para trabalho e salas fechadas para alunos, professores e almoxarifado (salas de trabalhos individuais).

A cobertura translúcida, de vidro laminado leitoso, do pátio interno, provoca ofuscamento, reforçado pelo piso em granitina cinza claro, que possui alta refletância. Em momentos mais quentes do dia, existe um desconforto no local pela alta carga térmica recebida. A iluminância medida abaixo da passarela no dia 14 de novembro no período da tarde, foi de 36500 lux e a luminância medida no plano do piso foi de 6300 cd/m<sup>2</sup> na sombra e 18970 cd/m<sup>2</sup> no sol, fora das recomendações normativas.<sup>2</sup>

<sup>2</sup> Índices de iluminância de até 1000 lux implicam em aumento do rendimento visual enquanto a fadiga visual decresce; de 1000 lux a 2000 lux o rendimento visual é pequeno e há um aumento na fadiga visual e acima de 2000 lux, como no caso analisado, o rendimento permanece constante enquanto a fadiga visual aumenta. Quanto à luminância, o alto valor encontrado provoca o ofuscamento por saturação. Para um observador na passarela, o nível máximo de luminância aceitável em função do campo visual é de 2500 cd/m<sup>2</sup> na incidência a 45°.

Foram realizadas medições também em quatro ambientes, para posteriormente comparar com as simulações. Foram eles: Sala dos professores e Almojarifado Líquido dos Laboratórios Lab-NE e Lab-SO. As medições de iluminância mostraram que, três possuem bons índices de iluminância, variando de 260 a 1056 lux, e apenas uma, Lab-NE, possui valores considerados desconfortáveis, ou seja, excedem 2000 lux<sup>3</sup>. Quanto à uniformidade (Uo), em nenhuma das salas foram obtidos valores acima de 0.8, indicado pela CIE. Existe ofuscamento nas salas, próximo às janelas voltadas para a fachada interna, no pátio interno, onde não existem proteções.

Como as medições foram feitas no período da tarde, não significou o horário crítico para as salas com orientação nordeste. De qualquer modo, o edifício apresenta uma boa agradabilidade, de um modo geral, pois apesar dos valores das medições serem muito maiores do que os recomendados pela norma, para o condicionamento ambiental passivo, os valores de tolerância para o conforto ambiental são maiores do que dos ambientes condicionados artificialmente.

### 4.3. Simulações Computacionais da Luz Natural: *Software Relux*

Para avaliar a iluminação nos mesmos ambientes onde foram feitos medições, foi utilizado o *Software RELUX Professional 2007* para simulações na passarela do pátio interno e em quatro ambientes internos típicos (almojarifado líquido e sala de professores nos laboratórios Lab-NE e Lab-SO), que localizam-se em fachadas opostas (nordeste e sudoeste)

As simulações foram feitas em um dia típico de verão (céu encoberto), um dia típico de inverno (céu claro), às 9 horas da manhã e às 15 horas da tarde. Verificou-se a iluminância para as tarefas, a distribuição relativa das luminâncias das superfícies dos ambientes (porcentagens de reflexão) e a probabilidade de ofuscamento. Foram propostas soluções para os problemas identificados e avaliação destas por meio de simulação no RELUX.

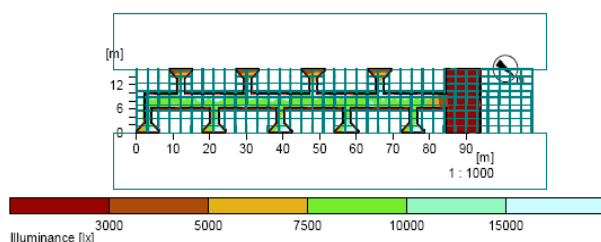
#### 4.3.1. Simulação na Passarela do Pátio Interno

A simulação da passarela comprovou o problema de ofuscamento detectado nas medições e análise sensorial, sendo importante diminuir a área translúcida da cobertura.

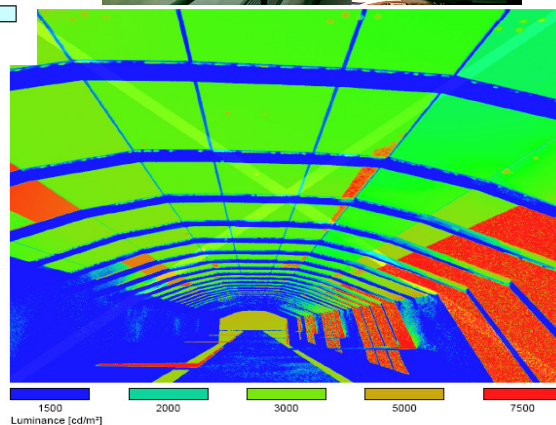
##### Caracterização dos materiais:

**Piso:** granitina cinza claro

**Cobertura:** Estrutura Metálica com pintura branca e vidro laminado leitoso translúcido



Height of the reference plane	:	0.00 m
Average illuminance	Eav	: 7900 lx
Minimum illuminance	Emin	: 3000 lx
Maximum illuminance	Emax	: 19000 lx
Uniformity g1	Emin/Eav	: 1 : 2.60 (0.38)
Uniformity g2	Emin/Emax	: 1 : 6.36 (0.16)
Date, Time	:	21.09. 15:00 (TST 14:56)



Luminance in the illustration:  
Minimum: : 43.4 cd/m<sup>2</sup>  
Maximum: : 17800 cd/m<sup>2</sup>

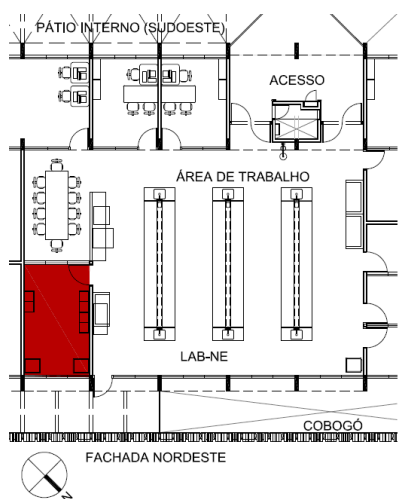
**Figura 9, 10 e 11–** Simulação da Iluminância (a) e Luminância (b) na passarela do pátio interno

#### 4.3.2. Simulação nos Laboratórios: sala de professores e almoxarifado líquido

Para a avaliação dos quatros ambiente foi seguida a mesma metodologia, sistematizada a seguir:

- Levantamento das características físicas do local;
- Modelagem no *software* do espaço existente;
- Simulação da iluminação natural para os dias 21/03, 21/06, 21/12, para céu claro, parcialmente encoberto e nublado;
- Sistematização dos dados obtidos em tabelas divididas por ambientes e dias/horas de simulação
- Análise da distribuição relativa das luminâncias das superfícies dos ambientes (porcentagens de reflexão) apresentadas pelos materiais, pinturas e cores. Analisar se há probabilidade de ofuscamento segundo os critérios de conforto luminoso.<sup>4</sup>
- Propostas de projeto para melhoria do desempenho nos casos onde foi detectada situação crítica. Previsão de soluções internas e externas (fachadas)
- Simulação das propostas para comparação com a situação existente e análise da melhoria encontrada

Como exemplo da aplicação da metodologia, seguem dados das simulações do almoxarifado líquido, Lab-NE, que se encontra no primeiro pavimento, voltado para a fachada nordeste.



Os materiais de acabamento dos ambientes analisados seguem o padrão do restante do edifício:

**Piso:** granitina cinza-claro

**Rodapés:** granito cinza escuro

**Esquadrias:** Alumínio cor bronze-peitoril a 90cm do piso-altura final até o forro de gesso.

**Pintura, paredes e forro:** Cor branca, pé direito da sala é 3,55 m.

Figura 12 - Planta Baixa do Lab-NE, com marcação da sala avaliada

Apesar de ter orientação que recebe a incidência de insolação no período da manhã, o ambiente apresenta problemas de excesso de iluminação, devido à radiação direta. Em todos os dias simulados houve problemas no horário das 9h, principalmente com céu claro. Foram encontrados valores altos de iluminância, baixa uniformidade da luz e luminancia alta no campo visual de 35 °, causando ofuscamento ao usuário.

Primeiramente foi proposto um brise exterior, mas que não se mostrou eficiente nas simulações, pois continuava permitindo a entrada de radiação direta no período da manhã.

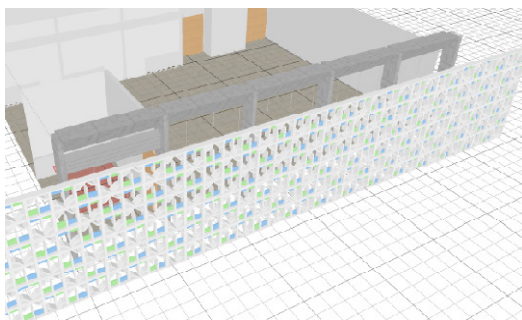


Figura 13 -Vista Exterior com o Brise na Sala. (Lab-NE)



Figura 14 – Proposta com brise: não impede radiação direta

<sup>4</sup> Iluminância (lux): média no plano de trabalho – seguir recomendações da NBR 5413; Uniformidade (Uo): Iluminância mínima/iluminância>0,8 (CIE, 1986); Luminâncias (L): Luminância média da cena < 25.000 cd/m<sup>2</sup> (LAMBERTS et al, 2004); Contraste de Luminâncias: Entre objeto e superfícies distantes mais escuras, para realizar uma tarefa visual, 10:1 (BAKER ET AL, 1994; UNI 10380)

Assim, foi proposto uso de persiana interna com regulagem, para que não prejudicasse os horários que já estão com boa iluminação natural (15h) e também permite a adequação da luz pelo usuário segundo suas necessidades.

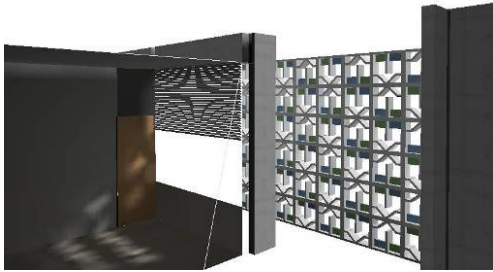




Figura 15 e 16 - Simulação com persiana.

Com esta proposta, houve diminuição da iluminância, aumento da uniformidade da luz, diminuição do contraste e dos níveis no campo visual.

Tabela 2 – Dados das simulações para o horário mais crítico: 9h ( 21/03, 21/06 e 21/12) Comparação da situação existente e a proposta de colocação de persiana

Júlia / Gilian		21/mar		21/jun		21/dez	
		EXISTENTE	PROPOSTA	EXISTENTE	PROPOSTA	EXISTENTE	PROPOSTA
hora		9:00	9:00	9:00	9:00	9:00	9:00
tipo de céu		céu claro	céu claro	céu claro	céu encoberto	céu claro	céu encobert
Iluminância 750 lux	min.	1550	452	1200	670	779	352
	máx.	38600	31400	30500	15200	38700	37500
	média	11900	2560	10500	1200	2540	1770
Uniformidade > 0,8	min.	0,13	0,18	0,13	0,4	0,31	0,32
	máx.	0,04	0,01	0,05	0,2	0,02	0,01
Luminância < 25.000 cd/m²	min	40,7	21,2	36,14	12,7	9,15	42,1
	máx.	15500	15100	12100	8450	6610	19000
	média	1000	1200	1000	1000	500	1500
Contraste máx/média – cd/m²	10:1	15,5	12,58	12,1	8,4	13,22	12,6
Campo Visual de 35° < 1.800 cd/m2		5.000	1000	1000	1000	2000	1500

 Situação Crítica  
 Situação de Melhoria

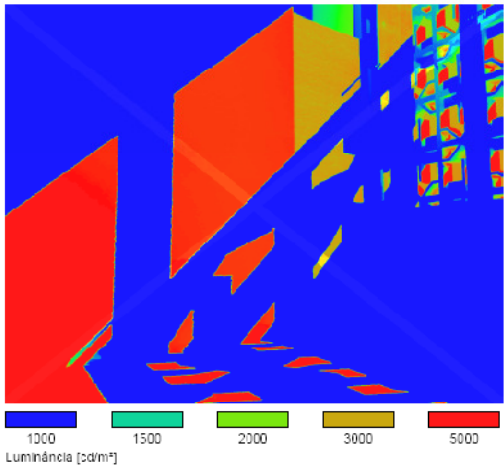


Figura 17 - Luminância  
Situação Existente: Luminância 21/03, 9hs céu claro

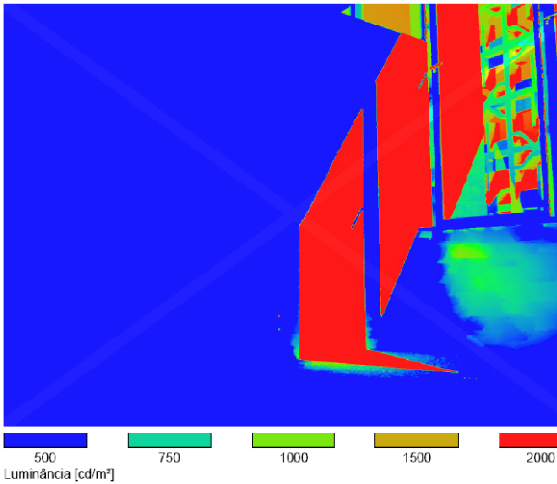
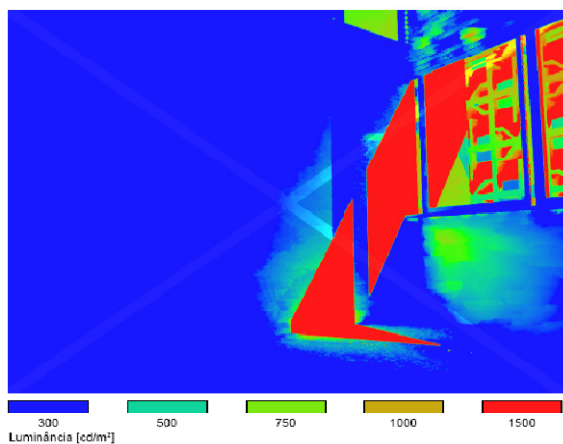
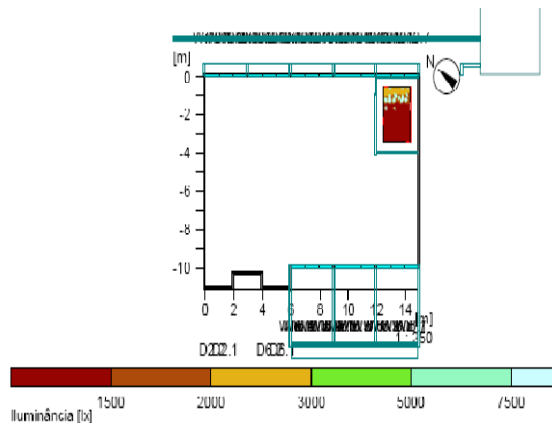


Figura 18 - Luminância  
Situação Existente: Luminância, 21/12, 9hs céu claro



**Figura 19 - Luminância**  
Situação Proposta: Luminância, 21/12, 9hs céu claro



**Figura 20 - Iluminância**  
Situação Proposta: Luminância, 21/12, 9hs céu claro

Em todos os ambientes simulados<sup>5</sup> foram detectados os mesmos problemas de excesso de radiação direta, em período específico, de acordo com a orientação. As simulações demonstraram alta iluminância, baixa uniformidade da luz e luminância alta no campo visual de 35 °, causando ofuscamento ao usuário. Para cada sala foram propostas retrofits diferentes, como apresentados abaixo, (brises externos e prateleiras de luz) para avaliação das melhores recomendações para o edifício.

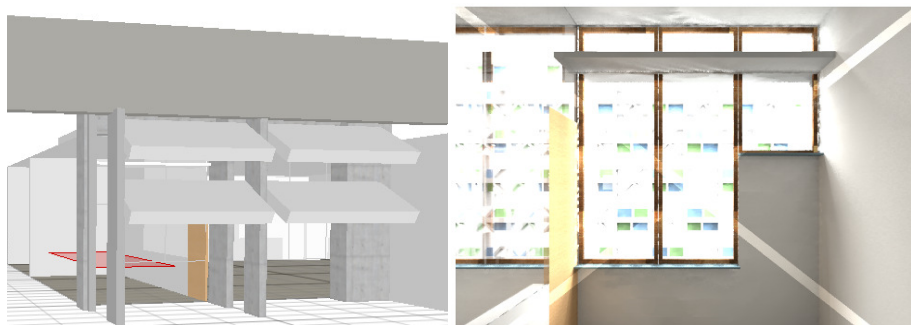


Figura 21 e 22 – Propostas com brises externos e com prateleira de luz

#### 4.4. Desempenho Energético da Envoltória:

Por fim, foi feita uma avaliação prévia do desempenho energético da envoltória pelo método prescritivo existente no Regulamento Técnico de Qualidade do nível de Eficiência Energética de Edifícios (Inmetro, 2009).

O RTQ-C estabelece, no método prescritivo, equações de acordo com a Zona Bioclimática e Área de Projeção do Edifício (Ape). Dados relativos às características da envoltória são inseridos na equação específica para determinação do Índice de Consumo (IC).<sup>6</sup>

Foram extraídos dados da edificação, como Área total de piso (Atot), Área de envoltória (Aenv), Volume, Percentual de Aberturas nas Fachadas, Ângulos de Sombreamento Vertical e Horizontal e Fator Solar dos Vidros.

O resultado da etiqueta da envoltória, para o Instituto de Química, foi **C**, mas em virtude das especificidades bioclimáticas do projeto, a pesquisa direciona para uma avaliação mais aprofundada utilizando o método de simulação no software Designer Builder. Durante a extração de dados para a avaliação prescritiva, houve dificuldade em definição e classificação de alguns elementos do projeto, como por exemplo, os cobogós, que poderiam ser interpretados como proteções solares, e por isso

<sup>5</sup> Simulações realizadas por Ana Maria A. Nicoletti, Bianca Tupikin, Elen Vianna, Gillian de Castro R. Paiva, Juliana Gehlen, Júlia Fernandes, Laura Resende Tavares, Sabrina Negrão (Alunas do PPG/FAU/UnB, 2007), coordenadas pela prof. Claudia Amorim.

<sup>6</sup> Índice de Consumo é um parâmetro para avaliação comparativa de eficiência energética da envoltória. As equações que determinam o IC foram geradas através de resultados de consumo de energia simulados no programa computacional EnergyPlus (RTQ-C, p.39) para diversas tipologias construtivas de edificações comerciais. São equações de regressão multivariada específicas para as zonas bioclimáticas brasileiras. Tendo todas as variáveis, o IC é calculado para três tipos de envoltórias: ICenv, ICmax e ICmin, para estabelecer os limites de intervalo de classificação do consumo da envoltória (de E a A).

terem Ângulos de Sombreamento específicos ou como elementos redutores do Percentual de Abertura nas Fachadas. O fato do IQ morfologicamente ser configurado por dois edifícios isolados, conectados por cobertura translúcida também indicam novas possibilidades de interpretação e avaliação da Área de Envoltória.

## 5. ANÁLISE DE RESULTADOS

Após a avaliação, constatou-se que o IQ possui um bom desempenho em relação à iluminação natural, principalmente pelo partido arquitetônico bioclimático, com o uso de blocos paralelos, com pátio interno e proteções solares (cobogós). O uso do Diagrama Morfológico mostrou-se uma metodologia eficaz, pela objetividade e sistematização dos parâmetros de análise.

Os problemas detectados, nas medições e simulações, são relativamente simples de serem resolvidos, considerando os custos que seriam necessários para isso. Os principais problemas foram: o excesso de radiação direta, altos valores de iluminância e luminância, baixa uniformidade da luz e ofuscamento ao usuário.

As propostas mais eficientes para otimização da iluminação natural dos ambientes internos foram: a utilização de persianas horizontais nas fachadas externas (NE e SO), onde existem os cobogós; e colocação de brises nas fachadas internas, voltadas para o pátio. É imprescindível reduzir a área translúcida na cobertura da passarela do pátio, pois é a grande responsável pelo ofuscamento e aquecimento indesejáveis para o local de permanência. Mas, uma possível solução seria a utilização de um sistema de forro de madeira, com isolamento térmico. Isso transformaria a cobertura em um sistema opaco, diminuindo significativamente o excesso de luz e calor no local. Como o piso é de cor muito clara, de baixa absorvência, o uso de madeira, equilibraria, com um contraste mais agradável, o campo visual do usuário.

No processo de etiquetagem foram encontradas algumas dificuldades de aplicação do método prescritivo devido às características da edificação. Os dois blocos paralelos, interligados por cobertura, promovem o auto-sombreamento, o que não é avaliado no método prescritivo do RTQ-C. O edifício, no caso, cada bloco, é analisado isoladamente, não considerando o entorno. Problema semelhante ocorre em relação à parede composta por cobogós, que não se conecta diretamente à fachada da edificação, entretanto participa no sombreamento da mesma. Segundo o regulamento, caso as proteções solares não estejam conectadas à fachada elas não entram no cálculo do Percentual de Abertura na Fachada, nem dos Ângulos de sombreamento. A desconSIDERAÇÃO da parede de cobogó pesou decisivamente na baixa classificação da etiqueta (C), pois cerca de 50% da proteção solar fornecida pelos cobogós não foi considerada. A próxima etapa da pesquisa será a avaliação do IQ pelo método de simulação do RTQ-C, para verificação do real desempenho energético do edifício, o que foi indicado também pelo LABEEE, em consulta quanto aos problemas na aplicação do método prescritivo.

## 6. CONCLUSÕES

A pesquisa demonstrou a importância de avaliar a iluminação natural e eficiência energética de forma integrada. O uso de estratégias bioclimáticas, que contribuem significativamente para o desempenho energético, deve ser melhor avaliado pelo RTQ-C. O método prescritivo é limitado na avaliação deste tipo de edifício, onde a intenção e compromisso do arquiteto com a qualidade ambiental proporciona soluções construtivas diferenciadas. Infelizmente, é o método mais prático e rápido, mas que por suas limitações, direciona um número grande de casos para a avaliação por simulação computacional. A implementação da etiquetagem no Brasil é uma importante conquista para a sustentabilidade das edificações e inserção do país no contexto internacional, e por isso, é fundamental que novas pesquisas contribuam para a melhoria do processo, principalmente pela valorização do projeto arquitetônico bioclimático.

## 7. REFERÊNCIAS

ABNT, Rio de Janeiro. **NBR 5413**: Iluminância de interiores. Rio de Janeiro: ABNT, 1992.

AMORIM, C. N. D. **Diagrama Morfológico Parte I: Instrumento de análise e projeto ambiental com o uso de luz natural**. In: Paranoá, Ano 6, n.3 (agosto 2007) – Brasília: FAU UnB, 2007.

BAKER, N.; FANCHIOTTI, A. **Daylighting in Architecture. A European Reference Book**, London, 1993.

CIE, Comissão Internationale de L'Eclairage, "**Recommandations on illuminance**", n. 29.2, 1986, part 3.

INMETRO. **Regulamento Técnico da Qualidade para Eficiência Energética de Edifícios Comerciais, 2009**.

LAMBERTS, R.. **Eficiência Energética na Arquitetura**. UFSC/Procel/ Eletrobrás, 1998.