



XII ENCAC Encontro Nacional de Conforto no Ambiente Construído
VIII ELACAC Encontro Latinoamericano de Conforto no Ambiente Construído

BRASÍLIA | 25 a 27 de setembro de 2013

CARACTERIZAÇÃO E RELAÇÕES ENTRE LUZ NATURAL, QUALIDADE AMBIENTAL E EFICIÊNCIA ENERGÉTICA: ESTUDO DE CASO DO TJDFT

Cláudia Amorim (1), Júlia Fernandes (2), Juliana A. B. de Sousa (3), Marcelo Albuquerque Lima (4), Paulo Marcos Paiva de Oliveira (5), Renata Maciel (6).

(1) Arquiteta, Doutora, Professora do Programa de Pós-Graduação da Faculdade de Arquitetura e Urbanismo da Universidade de Brasília (FAU-UnB), clamorim@unb.br

(2) (3) (4) (5) (6) Alunos do Programa de Pós-Graduação (Mestrado e Doutorado) da Faculdade de Urbanismo da Universidade de Brasília (FAU-UnB)

RESUMO

O edifício do Fórum do Meio Ambiente do Tribunal de Justiça do Distrito Federal e Territórios (TJDFT), cujo projeto é do arquiteto Siegbert Zanettini, foi inaugurado em 2010 e recebeu em 2011 o 3^a lugar na categoria de obra pública sustentável do U.S. Green Building Council (USGBC Brasil). Esse fato despertou a curiosidade da comunidade acadêmica de Brasília acerca dos parâmetros de eficiência energética, de qualidade ambiental e de uso da iluminação natural propostos para o projeto e se estes foram efetivamente contemplados após sua ocupação. Assim sendo, este trabalho propõe-se a realizar um diagnóstico integrado desse edifício, com utilização de técnicas de medição, simulação computacional, análise visual, diagrama morfológico e avaliação do nível da eficiência energética através da etiquetagem (RTQ-C), de forma a estabelecer relações entre os parâmetros supracitados e contribuir para o aprimoramento da gestão predial do edifício. O software utilizado para avaliação do desempenho da luz natural foi o Daysim, que mostrou a adequabilidade da solução arquitetônica quanto ao uso desse recurso. A análise visual se deu com visitas "in situ" e análise de fotos em escala de cinza. O diagrama morfológico (AMORIM, 2007) avaliou, de forma sintética, os parâmetros do projeto relacionados ao uso da iluminação natural do edifício e, por fim, a avaliação do nível da eficiência energética, que utilizou o Regulamento Técnico de Qualidade do Nível de Eficiência Energética dos Edifícios Comerciais, de Serviços e Públicos (RTQ-C) do Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica (PROCEL). Através dessas análises, pôde-se concluir que o projeto do TJDFT obteve boa avaliação nos quesitos relacionados à iluminação natural, qualidade ambiental e eficiência energética, confirmando sua qualidade no âmbito das construções públicas do país.

Palavras-chave: TJDFT, Daysim, diagrama morfológico, eficiência energética, RTQ-C, iluminação natural.

ABSTRACT

The building of the Environment Forum of the Court of Justice of the Federal District and Territories (TJDFT), which project is by the architect Siegbert Zanettini, was opened in 2010 and ,in 2011, received the 3rd place prize in the category of sustainable public building from the U.S. Green Building Council (USGBC Brazil). This fact raised the curiosity of Brasilia's academic community on the parameters of energy efficiency, environmental quality and use of natural lighting proposed for the project and whether these were effectively addressed after its occupation. Therefore, this paper proposes to make a diagnosis of this building, using computational techniques/computer software tools, visual analysis, morphological diagram and labeling, in order to establish a relation between the aforementioned parameters and contribute to the improvement of the building management. The software used was Daysim, which showed that the architectural solution was appropriate for the use of natural lighting. Visual analysis was carried out with "in situ" visits and analysis of photos in black, white and gray. The morphological diagram (AMORIM, 2007) evaluated, concisely, the design parameters related to the use of the building natural lighting and, finally, the labeling, which used the Technical Regulation of Quality Level Energy Efficiency of Commercial, Services and Public Buildings, (RTQ-C) of the National Energy Conservation Program (PROCEL), evaluated the TJDFT building under the aspect of energy efficiency. Through these analysis, it was concluded that the TJDF design got a good review in what is concerned the daylight, environmental quality and energy efficiency, confirming their quality of public buildings within the country.

Keywords: TJDFT, Daysim, morphological diagram, energy efficiency, RTQ-C, daylight.

1. INTRODUÇÃO

A construção civil brasileira passa por mudanças que refletem um irreversível cenário, que pode ser caracterizado, entre outros, pela quebra de paradigmas quanto à responsabilidade ambiental e à eficiência energética. Com base em recente pesquisa de mercado, a Câmara Brasileira da Indústria da Construção (CBIC) afirmou que 90% das empresas do ramo têm buscado novos processos construtivos. Entretanto, parece que poucos gestores públicos e privados têm assumido a responsabilidade de assegurar o desempenho ambiental sustentável de construções.

Segundo o IBGE, 42,8% do total das construções executadas em 2010 vieram de obras contratadas por entidades públicas. Logo, as construções públicas representam uma parcela significativa do universo da cadeia produtiva da indústria da construção. Já para o Balanço Energético Nacional de 2012, o consumo de eletricidade pelo setor público representa 8% do total consumido no ano de 2011, representando assim parcela considerável nos gastos energéticos do país. O Plano Nacional de Eficiência Energética (PNEf, 2011) também sugere que os órgãos públicos elaborem diretrizes padrão para contratação de edificações eficientes, inserindo processos de sensibilização dos gestores para a adoção de práticas de eficiência energética.

É grande a carência do setor público de instrumentos efetivos de gestão de obras que tenham características sustentáveis. Um dos instrumentos que recentemente ganhou força é o Projeto Esplanada Sustentável – PES (criado pela Portaria Interministerial nº 244 de 06/06/2012), cujo objetivo é incentivar órgãos e instituições públicas federais a adotarem modelos de gestão organizacional e de processos estruturados na implementação de ações voltadas ao uso racional de recursos naturais, promovendo a sustentabilidade ambiental e socioeconômica na Administração Pública Federal¹. No caso da energia elétrica, o Procel estima um potencial de redução de consumo de 20%, o que representa uma economia aproximada de R\$ 25 milhões de reais por ano. Se a redução pactuada for de 10% de economia para todo o Poder Executivo Brasileiro, a economia seria da ordem de R\$ 2 bilhões.

A participação dos órgãos se dá por adesão voluntária e o órgão aderente se compromete com metas de redução de gastos, ações de eficiência energética e de sustentabilidade. Em contrapartida haverá reconhecimento das boas práticas e a possibilidade de devolução de até 50% dos valores economizados.

O Tribunal de Justiça do Distrito Federal e Territórios – TJDFT está entre os órgãos já aderentes do PES 2012, que, desde o início deste ano de 2013, realiza um diagnóstico socioambiental, como uma das exigências do Ministério do Meio Ambiente para adesão à Agenda Ambiental da Administração Pública - A3P e conforme recomendado pelo Acórdão 1752/2011 do Tribunal de Contas da União e pelo Ministério do Planejamento e Gestão Orçamentária, no seu Programa de Eficiência do Gasto Público. Dentre os vários exemplos de iniciativas bem sucedidas no setor público, o TJDFT destacou-se pela construção do Fórum do Meio Ambiente, que está localizado no Setor de Administração Municipal - SAM, lote "M", do Plano Piloto de Brasília-DF. O prédio abriga, além da Vara do Meio Ambiente e Desenvolvimento Urbano e Fundiário, as oito Varas da Fazenda Pública do DF.

A decisão da construção do prédio seguindo padrões de eficiência energética e sustentabilidade foi inovadora dentre os prédios públicos em Brasília, tornando-se, após sua conclusão em 2010, o primeiro prédio público sustentável do judiciário brasileiro. O TJDFT exigiu que a empresa construtora adotasse todas as exigências do U.S.Green Building Council (USGBC) para que, depois de construído, recebesse o selo LEED de eficiência energética. Dentre os parâmetros de construção e de solução de projeto adotados pelo TJDFT, destacam-se o uso de estrutura metálica com lajes do tipo *steel-deck*, garantindo rapidez de construção e redução de geração de resíduos, o uso de cobertura ajardinada visando reduzir a carga térmica do edifício e o uso de tela externa de aço inoxidável envolvendo partes das fachadas, diminuindo a insolação pela metade e reduzindo o uso de ar-condicionado e luz artificial e, por conseguinte, o consumo de energia.

2. OBJETIVO

Realizar um diagnóstico integrado do TJDFT, com utilização de técnicas de medição, simulação computacional, análise visual, diagrama morfológico e avaliação do nível da eficiência energética através da etiquetagem (RTQ-C), de forma a estabelecer relações entre os parâmetros relevantes para a iluminação natural e eficiência energética.

¹ De acordo com a avaliação da 1ª oficina do PES, ocorrida em fevereiro de 2012, a maior parte dos participantes afirmou que a energia elétrica é o item de despesa em que são observados maiores desperdícios e oportunidades para ações mais sustentáveis. Informação disponível em <http://www.orcamentofederal.gov.br/eficiencia-do-gasto/Avaliacao%20Final.pdf>. Acesso em março de 2013.

3. MÉTODO

3.1. Análise com Diagrama Morfológico: exame e caracterização do projeto

O primeiro método utilizado foi o Diagrama Morfológico (AMORIM, 2007), que 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. O objetivo é a caracterização do edifício para o início de uma avaliação dos aspectos relevantes para a iluminação natural.

3.2. Visitas in loco: medições, fotografias, observações e relatos

O segundo método foi a realização de visita técnica para observação, medições, fotografias em tons de cinza e coleta de relatos de servidores e projetistas do TJDF. O objetivo é confrontar as observações, medições e relatos com as referências bibliográficas, a norma vigente no Brasil que trata de iluminação de interiores, a NBR 5413², bem como com o projeto de sua revisão, cuja expectativa de publicação é para o ano de 2013. Essa mesma revisão afirma em seu item 4.1 que “a prática de uma boa iluminação para locais de trabalho é muito mais que apenas fornecer uma boa visualização da tarefa”, pois é essencial que as tarefas visuais sejam realizadas confortavelmente, devendo satisfazer os aspectos quantitativos e qualitativos exigidos para o ambiente.

As medições de valores de refletância confrontadas com as imagens do relatório fotográfico visam compreender como acontecem as luminâncias, iluminâncias, ofuscamento e direcionalidade da luz, entre outros, que juntos promovem a formatação luminosa do ambiente de trabalho observado.

As luminâncias de todas as superfícies são importantes e são determinadas pela refletância e pela iluminância nestas superfícies. As faixas de refletâncias úteis para as superfícies internas mais importantes são, segundo a revisão da norma: a) teto: 0,6 - 0,9; b) paredes: 0,3 - 0,8; c) planos de trabalho: 0,2 - 0,6 e d) piso: 0,1 - 0,5.

Por definição do item 4.4 da revisão da norma, o ofuscamento é a sensação visual produzida por áreas brilhantes dentro do campo de visão e pode ser experimentado tanto como um ofuscamento desconfortável quanto um ofuscamento inabilitador³.

Segundo o item 4.7 da revisão da norma, a luz natural pode fornecer parte ou toda iluminação para execução de tarefas visuais. As janelas podem também fornecer um contato visual com o mundo exterior, o qual é preferido pela maioria das pessoas.

Sugere-se que se evite o contraste excessivo e desconforto térmico causados pela exposição direta da luz do sol em áreas de trabalho, fornecendo um controle adequado da luz do sol, com o uso de persianas ou brises, de tal forma que a luz do sol direta não atinja os trabalhadores e/ou as superfícies no interior do campo de visão.

Em interiores com janelas laterais, como é o caso do TJDF, recomenda-se que uma iluminação suplementar seja fornecida para garantir a iluminância requerida no local de trabalho e o balanceamento da distribuição da luminância no interior da sala.

Uma solução que merece destaque é o acionamento automático por meio de sensores de presença e o manual de dimerização, que ocorre nas luminárias próximas às janelas, integrando apropriadamente a luz artificial e a luz natural.

3.3. Aplicação do método de etiquetagem para avaliação da eficiência energética da Envoltória e Sistema de Iluminação

Para avaliação da eficiência energética da envoltória e do sistema de iluminação artificial do TJDF, foi utilizada a metodologia prescritiva do Regulamento Técnico de Qualidade do nível de Eficiência Energética de Edifícios (RTQ-C, 2012).

Para a avaliação da envoltória, o RTQ-C estabelece equações de acordo com a Zona Bioclimática e Área de Projeção do Edifício (Ape). Dados relativos às características da envoltória, como Área total de piso (Atot),

² Atualmente em revisão: 1º projeto – 03:034.04-100, de agosto de 2012.

³ O ofuscamento pode também ser causado por reflexões em superfícies especulares e é normalmente conhecido como reflexões veladoras ou ofuscamento refletido. É importante limitar o ofuscamento para evitar erros, fadiga e acidentes. No interior de locais de trabalho o ofuscamento desconfortável geralmente surge diretamente de luminárias brilhantes ou janelas. Se os limites referentes ao ofuscamento desconfortável são atendidos, o ofuscamento inabilitador não é geralmente um grande problema.

Área de Projeção da Cobertura (Apcob), Área de envoltória (Aenv), Volume, Percentual de Aberturas nas Fachadas, Ângulos de Sombreamento Vertical e Horizontal e Fator Solar dos Vidros são inseridos na equação específica para determinação do Índice de Consumo (IC). Além disso são avaliados, como pré-requisitos, a transmitância e absorvância dos fechamentos opacos.

Já na avaliação da iluminação, o foco é a Densidade de Potência Instalada (DPI) em relação a área iluminada de cada ambiente, além dos pré-requisitos de divisão dos circuitos, contribuição da luz natural e desligamento automático.

3.4. Metodologia de avaliação das contas de energia

Para elaboração de um quadro geral do edifício, foram seguidos alguns passos, com o levantamento de dados padrão para o edifício. Seguiu-se a metodologia de APO (Avaliação Pós Ocupação) (AMORIM, 2001), que inclui o levantamento das seguintes informações:

2.4.1. Levantamento geral dos dados do edifício, materiais empregados, funções do projeto (escritório, centro comercial, edifício público etc., sala de reuniões, circulação, sala de aula, vendas, etc.), horário de funcionamento das atividades, horário de acendimento de luzes elétricas e ar condicionado;

2.4.2. Levantamento das contas de energia elétrica de pelo menos três anos, relacionando os consumos de iluminação artificial e ar condicionado dos edifícios, em kWh por m² por ano (média).

Estes são os elementos que, a princípio, permitirão uma análise preliminar do desempenho energético do edifício.

O consumo total levantado em edifícios de escritórios e públicos é dividido pela área útil do edifício, descontando-se as áreas sem ar condicionado, que geralmente correspondem a garagens e subsolo, que empregam também sistemas de iluminação mais econômicos. Foram levantados para estes edifícios os consumos dos anos 2011 a 2012.

3.5. Simulações computacionais de métricas dinâmicas: análise do potencial de aproveitamento da luz natural

Para a simulação dinâmica da luz natural nos ambientes escolhidos foi adotado o software *Daysim*, que permite prever de maneira confiável a disponibilidade de luz natural em edifícios, até mesmo com geometrias complexas (REINHART, 2010). Para que a simulação possa caracterizar as condições de iluminação de uma determinada localidade o software Daysim utiliza os arquivos climáticos do Ano Típico de Referência - TRY (Typical Reference Year). Estes arquivos fornecem perfis típicos do clima de dada localidade, através de dados climáticos, normalmente horários, como temperatura, direção e velocidade do vento, precipitação e radiação solar direta e difusa (REINHART, 2010).

O Daysim gera vários dados de output, sendo que os que foram utilizados nesta metodologia foram o Daylight Autonomy – DA (porcentagem de horas ocupadas por ano em que um nível mínimo de iluminância possa ser mantido apenas com luz natural em um determinado ponto), e o Useful Daylight Autonomy – UDI (parâmetro que determina três faixas de iluminâncias: menor que 100 lux, onde existe a probabilidade do nível de iluminância ser baixo; entre 100 e 2000 lux, faixa onde se consideram os níveis adequados de luminosidade; e faixa maior que 2000 lux, onde a partir da qual aumenta a possibilidade de ocorrência de ofuscamento).

Duas salas foram avaliadas por meio deste método. Para estas simulações considerou-se horário de ocupação das 8h às 17h e autonomia de luz natural requerida de 100 lux. Os resultados encontrados foram comparados às recomendações presentes na Norma NBR 5413.

4. ANÁLISE E RESULTADOS

4.1. Avaliação do projeto do TJDF por meio do Diagrama Morfológico

A avaliação do TJDF foi inicialmente procedida com auxílio do Diagrama Morfológico (Amorim, 2007), em cada um de seus parâmetros e níveis.

4.1.1. Parâmetros do Nível I – Espaço Urbano

Quanto ao desenho urbano, o edifício foi classificado como "torre isolada". Tal configuração pode ser entendida como aspecto positivo, pois permite que o edifício não seja obstruído por seu entorno, evitando sombreamentos indesejáveis e obstruções da visual externa. O ângulo máximo de incidência do sol na fachada do edifício é de 90°, justamente por não existirem obstruções externas causadas por outro edifício no entorno imediato. O edifício possui suas maiores fachadas orientadas no sentido nordeste/sudoeste. Esta orientação favorece o aproveitamento da ventilação natural.

4.1.2. Parâmetros do Nível II – Edifício

Quanto à planta baixa e forma, o edifício é classificado como “bloco bilateral”. Este formato de edifício costuma se caracterizar por apresentar ambientes internos com profundidades reduzidas, o que permite melhor aproveitamento da luz natural no seu interior. Os materiais utilizados nas fachadas são caracterizados por apresentarem especularidade e refletância média. No caso da taxa de aberturas, a fachada do edifício apresenta classificação de 50% a 75%. Apesar de se um percentual alto, estas áreas envidraçadas se encontram, em grande parte, sombreadas por elementos de proteção solar.

Sob o aspecto da distribuição das aberturas nas fachadas do edifício, estas são consideradas “não uniformes quanto à orientação solar”, o que quer dizer que o tratamento desses elementos leva em consideração à orientação solar no que diz respeito às proteções e aberturas. Apesar disso, detecta-se que as maiores fachadas (sudeste e noroeste) são praticamente iguais, apesar de exigirem tratamento de fachada diferenciado.

No que concerne às proteções solares nas fachadas, percebe-se que no caso desse edifício, as proteções são garantidas por grandes floreiras que funcionam como beirais de proteção nas fachadas principais (sudeste e noroeste). Estes elementos formam ângulos verticais de proteção sobre parte das aberturas dessas fachadas, auxiliando na obstrução da radiação solar direta.

Além das floreiras, o edifício conta com painéis em tela de aço que também funcionam na amortização da radiação solar direta em outros trechos das fachadas. Este edifício foi concebido para permitir o uso tanto da ventilação natural quanto do ar condicionando, quando necessário. Analisando o mecanismo de ventilação natural, percebe-se que foi adotado o sistema de ventilação cruzada, sistema este muito adequado ao programa de necessidade deste edifício de escritórios, por permitir melhor ventilação dos ambientes.

4.1.3. Parâmetros do Nível III – Ambiente Interno

Foi escolhido um ambiente interno representativo para análise dos parâmetros de Nível III. A Figura 2 apresenta a indicação deste ambiente.



Figura 1: Vista Geral

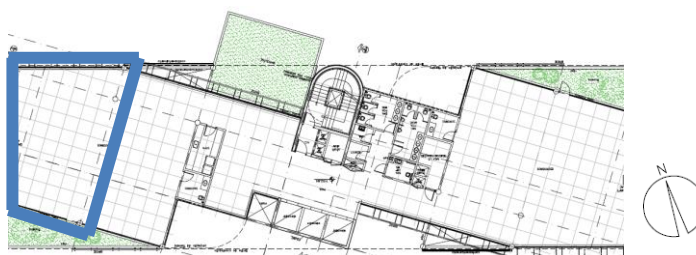


Figura 2: Indicação do ambiente interno escolhido para análise no pavimento tipo

Pelo o que foi observado na planta tipo do edifício, nota-se a existência de grandes áreas abertas de trabalho, com fachadas voltadas para sudeste e noroeste. Esta solução além de permitir a ventilação cruzada, permite a iluminação natural pelas duas direções, auxiliando na obtenção de uma iluminação mais uniforme.

As aberturas se dão de piso a teto, com uso de esquadrias. Nota-se que as faixas mais baixas das esquadrias são opacas, e internamente são precedidas de um anteparo em alvenaria baixa com cerca de 50 cm de altura. Os coletores de luz do edifício são classificados dentro da faixa de dimensões “acima de 30%” e no formato “cortina de vidro”. Os vidros são verdes, com Fator Solar de 0,4.

Quanto ao controle da ventilação natural, nota-se que as janelas são do tipo maxim-ar. Nesta análise este fato foi considerado como negativo, pois se trata de um tipo de abertura que limita o percentual de ventilação, quando em comparação a outros tipos de aberturas.

Em linhas gerais, segundo o Diagrama Morfológico, o edifício apresenta bom potencial de aproveitamento da luz natural. A começar pela implantação, no sentido longitudinal de forma a expor o edifício à orientação nordeste/sudoeste, situação onde é mais fácil controlar a incidência de radiação solar direta, além de possibilitar o aproveitamento dos ventos predominantes vindos do leste. O fato das fachadas noroeste e sudeste serem cegas é encarado, nesse contexto, como algo positivo, pois, neste caso, a iluminação natural é suprida pelas outras fachadas e elimina-se a necessidade de soluções mais complexas para proteger essas fachadas, caso nelas houvesse aberturas. Apesar de o edifício apresentar alto percentual de área envidraçada, pode-se fazer duas observações: as áreas envidraçadas encontram-se sombreadas e em suas partes mais baixas os vidros são opacos.

4.2. Resultados das observações, dos relatos, das medições e do relatório fotográfico.

4.2.1 Caracterização das atividades visuais predominantes e desenvolvidas no TJDFT

O edifício do TJDFT abriga tarefas administrativas visuais que envolvem concentração e atenção a processos judiciais em suportes de papel ou eletrônicos (monitores). Assim, tem-se a adoção de iluminação complementar dirigida para as mesas de trabalho, produzida por luminárias dotadas de uma ou duas lâmpadas fluorescentes compactas. Outra solução é o trabalho visual centrado no monitor dos computadores auto iluminados, posicionados estrategicamente de modo a evitarem altos contrastes com seu entorno e redução de reflexões indesejáveis sobre os mesmos. Existe flexibilidade de locação para eventuais ajustes de posicionamento do mobiliário, ajustando-se dessa forma à direcionalidade da iluminação, como sugerida no item 4.5 da revisão da norma, visando atender casos de tarefas visuais diferenciadas.

O contato visual com o exterior é preferido pela maioria das pessoas trabalhadoras do local e é uma oportunidade de alongamento e relaxamento dos músculos do aparelho ocular.

4.2.2 Resultados de medições realizadas

No que tange às medições realizadas (ver Tabela 1), tomamos como base a norma vigente no Brasil que trata de iluminação de interiores (NBR 5413)⁴ e sua revisão. Essa mesma revisão, em seu item 4.1, afirma que “a prática de uma boa iluminação para locais de trabalho é muito mais que apenas fornecer uma boa visualização da tarefa. É essencial que as tarefas sejam realizadas facilmente e com conforto. Desta maneira a iluminação deve satisfazer os aspectos quantitativos e qualitativos exigidos pelo ambiente.” Vemos por esta tabela que praticamente todas as superfícies dos ambientes atendem aos valores úteis de refletâncias, minimizando assim a ocorrência de possíveis ofuscamentos nos ambientes analisados.

Tabela 1: Valores de refletância, transparência e iluminância medidos “in situ” no TJDFT confrontados com valores úteis da NBR5413 (novo projeto da norma)

Medições na visita ao TJDFT - Fórum do Meio Ambiente		REFLETÂNCIAS	
Data e horário	18/12/12 às 15:30h do horário de verão	Valores “in situ”	Valores úteis pela NBR5413 ⁵
Superfícies dos materiais envolventes dos espaços visitados	Torre de circulação externa cor vermelha	0,16	-
	Piso interno de granito	0,35	0,1 – 0,5
	Divisórias internas cor branca	0,86	0,6 – 0,9
	Paredes internas cor branca (pintura PVC)	0,85	0,6 – 0,9
	Persianas internas cor bege claro	0,65	0,6 – 0,9
	Mobiliário cor bege	0,58	0,2 – 0,6
	Piso elevado cor cinza (escritórios)	0,53	0,1 – 0,5
	Forro modulado cor branca	0,82	0,6 – 0,9
Outras medições	Transparência do vidro externo	0,63	-
	Transparência da persiana horizontal – abertura máxima	0,65	-
	Iluminância incidente na cobertura (plano horizontal)	65.200 lx	-

4.2.2 Relatório fotográfico do TJDFT

Estas fotografias em tons de preto, cinzas e branco, visam caracterizar visualmente as luminâncias encontradas externa e internamente ao edifício e até os possíveis contrastes entre o entorno e o próprio edifício – fundo e figura, como elementos importantes na visualização adequada e confortável do lugar.

Na Figura 3, vemos a imagem luminosa do edifício e sua pele de tela de aço perfurada a direita da imagem. Na Figura 4, vemos um detalhe do posicionamento e fixação desta tela filtrante e protetora da luz excessiva.

⁴ Atualmente em revisão: 1º projeto – 03:034.04-100, de agosto de 2012.

⁵ Idem



Figura 3: Imagem luminosa do edifício e sua pele



Figura 4: Detalhe do uso externo de tela protetora

Na Figura 5, percebe-se a efetividade da transparência dos vidros e vê-se pela janela máximo ar entreaberta, a diminuição do brilho das nuvens pela cor do vidro adotada, um verde que filtra 0,37% da radiação luminosa incidente, quando não há o uso de tela de aço protetora por fora. Na Figura 6 ocorre um ofuscamento desconfortável no auditório e vê-se um dos únicos casos de ofuscamento no edifício, quando o posicionamento da mesa diretora do auditório está contra a esquadria que cobre todo o vedo, trazendo desconforto visual para a plateia pelo contraste de luz provocado. Dessa forma, há a necessidade de acender-se a luz artificial de dia, quando as persianas estão fechadas, que é o caso observado na imagem colhida pela foto.



Figura 5: Efetividade da transparência dos vidros

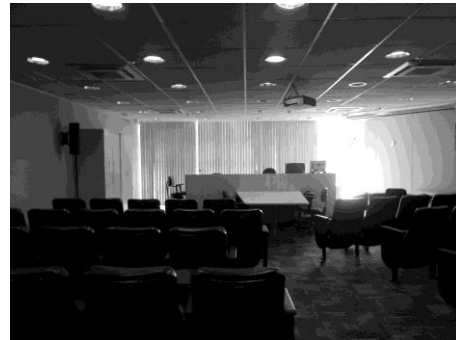


Figura 6: Ofuscamento tipo desconfortável em auditório

A Figura 7 mostra a ambiência luminosa com muita radiação difusa (luz natural e artificial simultâneas) adirecional e vê-se que a preocupação em controlar a radiação luminosa excessiva com o uso de tela externa, vidro verde e persiana – como ocorre muito nos ambientes do edifício, pode trazer situações de ocorrência de luz difusa, necessidade de luz artificial acesa e pouca definição da tridimensionalidade dos objetos, quando a luz difusa é predominantemente adirecional. Por fim, na Figura 7, verificamos a redução da luminosidade externa devido à transparência reduzida da pele que envolve partes das aberturas do TJDFT, vemos o grau de eficácia da tela de aço perfurada que envolve parte do edifício, confrontando parte das nuvens sem proteção e com esta proteção filtrante de luz.

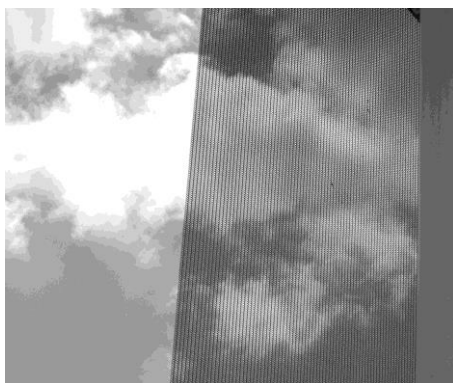


Figura 7: Ambiência luminosa com muita radiação difusa (luz natural e artificial simultâneas) adirecional.



Figura 8: Redução da luminosidade externa devido a transparência reduzida da pele que envolve partes das aberturas do TJDFT

4.3. Resultados da aplicação do método de etiquetagem RTQ-C

Na etiquetagem prescritiva do TJDFT, a envoltória foi classificada como nível C. O desempenho deu-se principalmente pela caracterização da tela protetora, uma vez que ela não está conectada à fachada, com fechamento superior, o que a desconfigura como proteção solar. Ou seja, ela não entra na avaliação, apesar de na prática ela reduzir a carga térmica e insolação direta nas fachadas em alguns trechos.

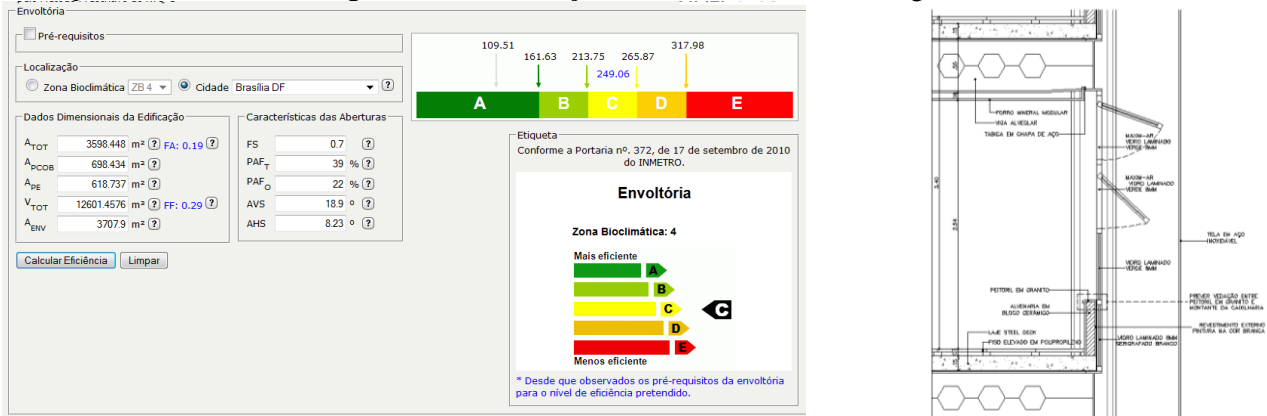


Figura 9: Resultado da avaliação da envoltória, utilizando o *webprescritivo* e Corte do edifício (parede interna com diminuição do PAF e tela desconectada da fachada)

Esta é uma limitação do método prescritivo, o que já sugeriria uma avaliação pelo método da simulação, para verificação do desempenho rela da envoltória, considerando o impacto da tela na eficiência energética.

Mas, ainda utilizando o método prescritivo, foram criados cenários para melhoria da etiqueta da envoltória. Para se alcançar o nível A, recomenda-se diminuição da área de aberturas nas fachadas, ou seja, redução de PAFt para 22%, com Fator Solar dos Vidros de 0.4 ou PAFt de 25% com Fator Solar de 0.3. A diminuição do PAFt é possível, pelo partido arquitetônico, uma vez que a esquadria é modulada, e o fechamento poria ser feito até a altura do módulo que abre, sem prejuízos estéticos.

Não foram avaliados os pré-requisitos de transmitância e absorvância, por falta de dados nos projetos arquitetônicos e impossibilidade de medição no local.

Na avaliação da iluminação artificial, pelo método das atividades, o sistema obteve nível C. O resultado deu-se principalmente pelo excesso de potencia instalada em ambientes de permanência transitória, como sanitários, corredores e depósitos, além da garagem. Não foram avaliados os pré-requisitos por falta de informações nos projetos luminotécnicos fornecidos.


ENCE DE ILUMINAÇÃO		MÉTODO DAS ATIVIDADES		DQ-002												
		Nome edifício: TJDFT	Bairro: FÓRUM DO MEIO AMBIENTE	ID: ILUM-BB												
		Endereço: Brasília	UF: DF	Resp. preenchimento: Júlia												
		Cidade: Brasília	CEP: 70000-000													
		Resp. Legal: Zona bioclimática: 4	Resp. Edifício: Data: 05.03.2013													
		Resposável/Proprietário	Inspetor	ENCE do Sistema: 3,380	C											
Potência total instalada: 42716 W		Nº de amb.: 124	ENCE													
Área iluminada: 3648,02 m²		Nº de pav.: 1	(sem avaliar PFI)													
DADOS DO AMBIENTE		Potencia limite		PRÉ-REQUISITOS		Auxiliar para avaliação dos PR										
ID	Pav.	Nome do projeto	Atividade	Área	Potência instalada	Potência limite	Nível de etic. do amb.	Nível C	Nível B	Nível A	ENCE Máxima	ENCE do Amb.	ENCE que cairiam devido ao não atendimento dos PRs	Pot. Amb. N&D atendeu o PR	N&D	ENCE ponderada PR
-11	1ss	ETE	14. Casa de Máquinas	99,66	132	597,96	717,552	837,144	956,736	5	5	5	5	5	5	5
-12	1ss	Equipamentos	14. Casa de Máquinas	31,33	612	187,98	225,576	263,172	300,768	1	5	5	5	5	5	5
-13	1ss	Almoxarifado	21. Depósitos	59,75	408	238,75	285,5	338,25	391,5	3	5	5	5	5	5	5
-14	1ss	Almoxarifado	21. Depósitos	29,17	72	145,85	175,02	204,19	233,36	3	5	5	5	5	5	5
-15	1ss	Ar Condicionado	14. Casa de Máquinas	17,42	72	104,52	125,424	146,328	167,232	5	5	5	5	5	5	5
-16	1ss	Gerador	14. Casa de Máquinas	20,63	72	123,78	148,536	173,292	198,048	5	5	5	5	5	5	5
-17	1ss	Quadro Força	14. Casa de Máquinas	40,07	408	240,06	288,072	336,084	384,096	1	5	5	5	5	5	5
-18	1ss	Cabine Primária	14. Casa de Máquinas	29,63	72	177,78	213,336	248,880	284,424	5	5	5	5	5	5	5

Figura 10: Trecho da tabela de avaliação do sistema de iluminação artificial do TJDFT

4.4. Resultados da avaliação das contas de energia

4.4.1 Análise do consumo energético do edifício

O consumo energético encontrado, tomando-se os anos de 2011 e 2012 foi de uma média mensal de 43,9 kWh/mês totalizando 527.825 kWh/ano. Como sua área construída é de 6.282m² e descontando-se a área de garagem de 1.381,52m², temos um consumo de aproximadamente 107 kWh/m² ao ano.

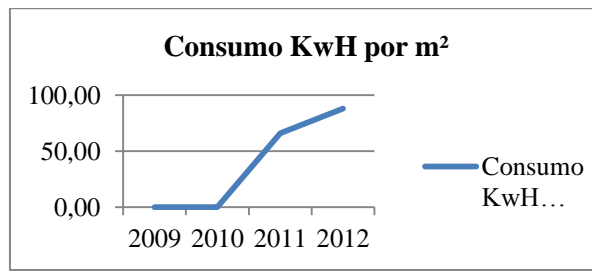


Figura 11: Quadro do consumo energético

Considerando a Tabela 2, abaixo, que fornece algumas indicações sobre o consumo energético em edifícios não residenciais no Brasil e no mundo, podemos inferir que o edifício em análise se encaixa na média de consumo de uma cidade como Salvador, bem abaixo das cidades europeias e algumas capitais do Brasil.

Tabela 2: indicações sobre o consumo energético em edifícios não residenciais no Brasil e no mundo

Edifícios de Escritórios		
Localidade	Consumo energético (em kWh/m² ao ano)	Observações
Salvador*	De 80 a 130	Edifícios mais antigos (com maior inércia térmica) têm consumo menor do que os envidraçados.
Rio de Janeiro*	Até 340	Vilão: ar condicionado
Florianópolis*	120	
UK**	De 248 a 634	Dependendo do tipo
França**	De 250 a 300	
Grécia**	De 113 a 226	Dependendo do tipo
Suécia**	De 110 a 290	Dependendo da idade e do tipo
Suíça**	220	
Noruega**	De 190 a 235	Edifícios modernos de escritórios utilizando tecnologias energeticamente eficientes têm consumo energético menor do que 105 kWh/m² por ano.
Centros de Compras		
Rio de Janeiro***	De 373 a 428	Dependendo do tipo

Fontes: * LAMBERTS ET AL, 1996 ** BURTON, 2001 *** PROCEL/COPPE e PROCEL/ELETOBRÁS, apud AMORIM, 2001

Fonte: AMORIM, Cláudia Naves David. Arquitetura não residencial em Brasília: desempenho energético e ambiental. In: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO. 2004. Anais. São Paulo: ANTAC, 2004

4.5. Resultados das Simulações computacionais de métricas dinâmicas: análise do potencial de aproveitamento da luz natural

A partir da análise dos resultados gerados pela simulação de métricas dinâmicas de luz natural na sala 1 (mesmo ambiente analisado no Diagrama Morfológico- ver Figura 1), pode-se concluir que o desempenho da luz natural neste ambiente é satisfatório. Observa-se, na Figura 12, que em 100% do tempo avaliado (das 8 às 17 horas) a iluminância mínima estipulada (100 lux) foi alcançada.

A Figura 13 indica que em praticamente todas as horas do dia e em quase toda a área da sala é mantida uma iluminância natural dentro da faixa ideal (entre 100 e 2000 lux). Nota-se que existe uma alteração na área da sala localizada próxima às janelas voltadas para orientação nordeste. Esta alteração, conforme se pode notar na Figura 14, se dá por excesso de iluminância, onde os índices ficam acima dos 2000 lux.

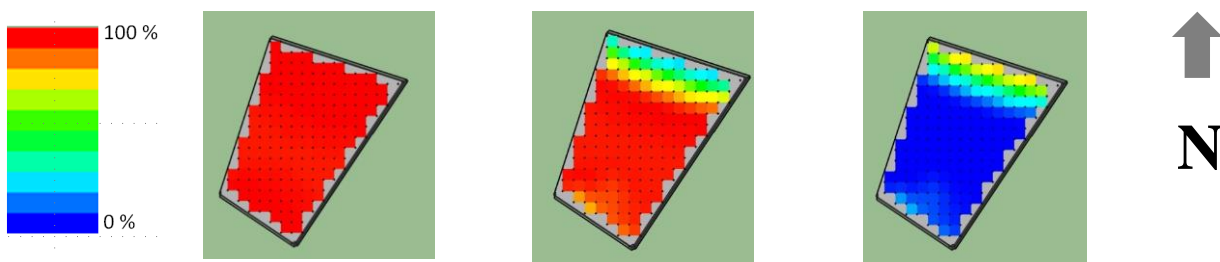


Figura 12: Gráfico false color – DA de 100 lux na sala 1

Figura 13: Gráfico false color – UDI (100 a 2000 lux) na sala 1

Figura 14: Gráfico false color – DA > 2000 lux na sala 1

Além da sala 1, foi simulada a sala 2, localizada na direção oposta à sala 1. Os resultados da simulação na sala 2 foram similares àqueles gerados para a sala 1, já que ambas possuem aberturas para as mesmas direções, permitindo igualmente concluir que o desempenho da luz natural neste ambiente é satisfatório, comprovando total autonomia de luz natural mínima durante o período estabelecido, assegurando em quase toda sua área a faixa de iluminância natural dentro da faixa ideal (entre 100 e 2000 lux) e apresentando pequena área com maior probabilidade de ofuscamento nas adjacências da janela norte.

Os resultados apresentados permitem concluir que as salas avaliadas no edifício do TJDFE atendem, somente com luz natural, às recomendações presentes na NBR 5413 no que diz respeito à iluminação geral para áreas usadas intermitentemente, visando orientação simples para permanência curta, cujo nível de iluminância exigido é de 100 lux.

5. CONCLUSÕES

Este trabalho utilizou de diversas técnicas para diagnosticar um edifício premiado nacionalmente e que é referência no cenário das construções públicas. Do conjunto de análises, podemos afirmar que o TJDFE efetivamente teve uma preocupação relevante e uma qualidade de iluminação natural vista em poucos edifícios. A sua implantação e configuração morfológica possui preocupações relevantes para a qualidade ambiental dos espaços internos. As medições “in situ” nos mostraram que os materiais utilizados na construção foram adequados aos fatores constantes da revisão da NBR 5413.

Nota-se também que as soluções de eficiência energética, buscadas no projeto e na execução da obra, num primeiro momento, para alcançar um selo do Leadership in Energy and Environmental Design (LEED), refletiu-se nas contas de energia, que, após dois anos de efetiva utilização, tiveram valores consideravelmente baixos.

A análise por meio do diagrama morfológico mostrou que o prédio foi adequadamente trabalhado em sua envoltória e sua forma.

A etiquetagem apresentou resultados coerentes, uma vez que o nível C da envoltória pode ser atribuído à falta de avaliação da tela protetora, que por ser um elemento complexo, não é configurado no método prescritivo. Já a iluminação artificial apresenta resultados que podem ser otimizados pela gestão do edifício para alcançar um melhor nível de etiquetagem. Percebe-se que apesar de ser um edifício com bom desempenho ambiental, não obteve uma boa etiqueta, uma vez que o projeto não foi concebido para alcançar esse objetivo, e por isso não cumpre certas particularidades do RTQ-C.

A avaliação por simulação demonstrou que o edifício possui uma boa autonomia de luz natural, atendendo com facilidade os níveis mínimos de iluminâncias.

Diante dessa análise integrada, consideramos que o edifício do Fórum Ambiental do TJDFE foi bem projetado, com partido morfológico e uso de materiais que demonstram a preocupação com o uso da iluminação natural e com sua eficiência energética. Os métodos utilizados também foram coerentes e demonstraram-se eficazes para a avaliação proposta.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

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

AMORIM, Cláudia N. D. (2007-1): **Diagrama Morfológico Parte I: Instrumento de análise e Projeto Ambiental com uso de Luz Natural**. In: Paranoá – Cadernos de Arquitetura e Urbanismo, revista do Programa de Pesquisa e Pós Graduação da Faculdade de Arquitetura e Urbanismo da Universidade de Brasília. ISSN 1677-7395, pp.57-76, il.

_____, (2007-2): **Diagrama Morfológico Parte II: Projetos Exemplares para a Luz Natural: Treinando o olhar e criando Repertório**. In: Paranoá – Cadernos de Arquitetura e Urbanismo, revista do Programa de Pesquisa e Pós Graduação da Faculdade de Arquitetura e Urbanismo da Universidade de Brasília. ISSN 1677-7395, pp.77-97, il.

BRASIL. Ministério das Minas e Energia. **Balanco Energético Nacional 2012**. Disponível em www.ben.epe.gov.br. Acesso em março de 2013.

_____. Ministério das Minas e Energia. **Plano Nacional de Eficiência Energética – Premissas e Diretrizes Básicas**. Disponível em <http://www.mme.gov.br/mme/galerias/arquivos/PlanoNacEfiEnergetica.pdf>. Versão 18/10/2011. Acesso em março de 2013.

FONTOYNOT, Marc. **Daylight Performance of Buildings**. An example of multidirectionality of daylight penetration – La Roche House, Paris. Pg. 247-250.

REINHART, Christoph F. **Tutorial on the use of Daysim Simulations for Sustainable Design**. Institute for Research in Construction, National Research Council Canada, Ottawa, Canada, ago. 2006.