



6 a 8 de outubro de 2010 - Canela RS

ENTAC 2010

XIII Encontro Nacional de Tecnologia
do Ambiente Construído

USO DE IMAGENS HDR PARA REGISTROS DE LUMINÂNCIAS DA ABÓBADA CELESTE.

Paulo S. Scarazzato(1); Ellen P. N. de Souza(2); Dennis F. de Souza(3); Maíra V. Dias(4)

(1) Arquiteto, Prof. Dr. do Departamento de Arquitetura e Construção, Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo da UNICAMP;

(2) Arquiteta e Urbanista, doutoranda junto ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo da UNICAMP;

(3) Arquiteto e Urbanista, mestrando junto ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo da UNICAMP;

(4) Arquiteta e Urbanista, mestranda junto ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo da UNICAMP.

RESUMO

Dados sobre disponibilidade de luz do dia e caracterização de tipos de céu são escassos no Brasil, que possui apenas duas estações medidoras de luz natural em operação. Este artigo apresenta os resultados iniciais de uma pesquisa mais ampla que se propõe a levantar a eficiência luminosa da radiação solar, a distribuição de luminâncias na abóbada celeste e a identificação de céus prevalentes em Campinas, SP em conformidade com a norma ISO 15469:2004 (CIE S 011/E:2003). As luminâncias da abóbada celeste são registradas a partir do tratamento de imagens fotográficas tratadas para geração de imagens de Grande Alcance Dinâmico - *High Dynamic Range* (HDR) - feitas com câmeras profissionais *Single-Lens-Reflex* (SLR) e lentes olho-de-peixe. São apresentados os primeiros resultados para três categorias clássicas de céu: claro, parcialmente nublado e encoberto. Todas as etapas do processo estão detalhadamente descritas, incluindo o procedimento de calibragem da câmera fotográfica, com o intuito de disseminação da técnica entre pesquisadores brasileiros, na expectativa de poder contribuir com a criação de bancos de dados confiáveis sobre luminâncias de céu, de modo mais simples e menos oneroso do que a montagem e operação de estações medidoras de luz natural, e dentro de parâmetros de confiabilidade que sejam, no mínimo, aceitáveis para estudos de iluminação natural de edifícios.

Palavras-chave: iluminação natural; identificação de céus prevalentes; imagens HDR.

1 INTRODUÇÃO

O uso de sistemas digitais para análise de iluminação é um expediente muito utilizado atualmente, por permitir a criação de um banco de dados coerente para a execução e avaliação de projetos a partir do registro fotográfico das condições do ambiente. Antigamente restrita à análise subjetiva, as possibilidades de uso dos equipamentos fotográficos foram ampliadas pelas imagens de Grande Alcance Dinâmico – ou *High Dynamic Range* (HDR) – que permitem registrar graficamente as luminâncias no espaço construído (INANICI e GALVIN, 2004; INANICI, 2005 e JACOBS, 2007).

Diversos estudos (FARIA, 2007; FARIA *et al*, 2007; NASCIMENTO, 2008; SOUZA e SCARAZZATO, 2009) procuraram torná-la mais difundida ao proporem a utilização de equipamentos compactos chamados “*snapshots*”, voltados ao uso amador, de menor custo que as câmeras profissionais tipo *Single-Lens Reflex* (SLR). A diferença básica entre as câmeras reside na construção do sistema de lentes: nas SLRs a imagem mostrada no visor da câmera é a mesma que será capturada pelo sensor digital e as lentes são intercambiáveis; nas amadoras o visor, quando presente, é montado à parte no corpo da máquina e as lentes são fixas.

A possibilidade de troca de lentes nas câmeras SLRs permite o uso de objetivas específicas como as olho-de-peixe, as quais possuem comportamento único quando comparadas às demais pois produzem imagens claramente distorcidas de forma a capturar o maior ângulo de visão possível. Para controlar estas distorções, as objetivas olho-de-peixe são construídas a partir de projeções ópticas semelhantes às projeções azimutais de desenho circular utilizadas na Geografia e na Cartografia. As projeções equidistante (fig.1) e equisólida¹ (fig.2) são as mais usuais em objetivas disponíveis no mercado, enquanto que outras como a estereográfica (fig.3) e a ortogonal (fig.4) estão disponíveis sob encomenda.

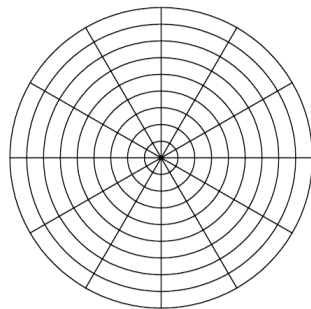


Figura 1. Projeção equidistante

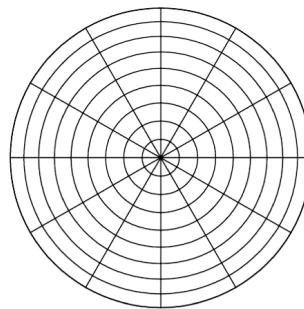


Figura 2. Projeção equisólida

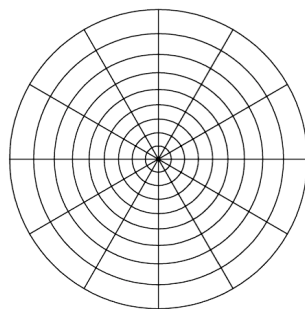


Figura 3. Projeção estereográfica

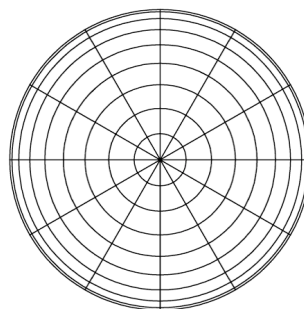


Figura 4. Projeção ortogonal

A distorção controlada e o ângulo de visão da objetiva olho-de-peixe permitem o registro de imagens hemisféricas, o que as tornam adequadas para tomadas de fotografias da abóbada celeste. A característica daquelas lentes torna possível o registro fotográfico que, devidamente tratado, permite a identificação de diferentes tipos de céus e, portanto, sua classificação de acordo com a norma *Spatial*

¹ Semelhante à projeção de áreas iguais (SCHEINDER, SCHWALBE, MAAS, 2009) também conhecida como Projeção Azimutal Equivalente de Lambert.

Distribution of Daylight – CIE Standard General Sky ISO 15469:2004 (CIE S 011/E:2003), segundo a qual “a luminância do céu em qualquer ponto é dada como da função da luminância do zênite”².

A partir de equações específicas dadas por aquela norma é possível caracterizar os parâmetros para determinado tipo de céu – 15 no total – descritos na tabela 1. Os parâmetros “a” e “b” estão relacionados à gradação das luminâncias, enquanto que os parâmetros “c”, “d” e “e” representam as indicatrizes de parâmetros de espalhamento das mesmas.

Tabela 1. Parâmetros de céus

Tipo	Grupo de Gradação	Grupo de Indictriz	a	b	c	d	e	Descrição
1	I	1	4,0	-0,7	0	-1,0	0	Céu Encoberto Padrão CIE – Gradação abrupta de luminâncias em função da altura solar e uniformidade azimutal.
2	I	2	4,0	-0,7	2	-1,5	0,15	Encoberto - Gradação abrupta de luminâncias em função da altura solar e brilho moderado ao redor do sol.
3	II	1	1,1	-0,8	0	-1,0	0	Encoberto - Gradação moderada de luminâncias com uniformidade azimutal.
4	II	2	1,1	-0,8	2	-1,5	0,15	Encoberto - Gradação moderada de luminâncias e leve brilho ao redor do sol.
5	III	1	0	-1,0	0	-1,0	0	Céu de luminância uniforme.
6	III	2	0	-1,0	2	-1,5	0,15	Parcialmente encoberto – Sem gradação em relação ao zênite e um leve brilho ao redor do sol.
7	III	3	0	-1,0	5	-2,5	0,30	Parcialmente encoberto – Sem gradação em relação ao zênite e região circumsolar mais brilhante.
8	III	4	0	-1,0	10	-3,0	0,45	Parcialmente encoberto – Sem gradação em função do zênite com uma coroa solar distinta.
9	IV	2	-1,0	-0,55	2	-1,5	0,15	Parcialmente encoberto – com o sol obstruído.
10	IV	3	-1,0	-0,55	5	-2,5	0,30	Parcialmente encoberto – com uma região circumsolar mais brilhante.
11	IV	4	-1,0	-0,55	10	-3,0	0,45	Céu branco-azulado com coroa solar distinta.
12	V	4	-1,0	-0,32	10	-3,0	0,45	Céu claro Padrão CIE com baixa turbidez.
13	V	5	-1,0	-0,32	16	-3,0	0,30	Céu claro Padrão CIE com atmosfera poluída.
14	VI	5	-1,0	-0,15	16	-3,0	0,30	Céu turbido sem nuvens com ampla coroa solar.
15	VI	6	-1,0	-0,15	24	-2,8	0,15	Céu branco-azulado turbido com ampla coroa solar.

Fonte: ISO 15469:2004 (CIE S 011/E:2003)

Estas tipologias de céu são análogas às observadas em ambientes reais e a partir de comparações entre elas e medições realizadas *in loco* compõe-se uma base de dados para pesquisas neste campo.

² ISO 15469:2004 (CIE S 011/E:2003), p.1. Tradução nossa

2 OBJETIVO

Esta pesquisa foi proposta com o objetivo de investigar uma alternativa relativamente simples, confiável e não muito onerosa para a montagem de um banco de dados sobre disponibilidade de luminâncias na abóbada celeste e identificação de tipos de céus prevalentes. Os dados estão sendo coletados e sistematizados na cidade de Campinas, SP, através do uso da técnica de imagens HDR, para a determinação da distribuição de luminâncias. Para tanto está sendo utilizada uma câmera fotográfica profissional *Single-Lens-Reflex* (SLR) com lente olho-de-peixe; o equipamento é fixado em tripé, e a base de apoio nivelada horizontalmente, para garantir a tomada da abóbada celeste em sua totalidade, dentro do alcance da lente utilizada.

3 METODOLOGIA

3.1 Tomada de fotografias

Para a tomada de fotografias do céu, foi utilizado um conjunto de máquina fotográfica SLR e objetiva olho de peixe previamente calibrado por Souza e Scarazzato (2009), a partir de um processo similar ao utilizado por Inanici, Galvin e Jacobs (INANICI e GALVIN, 2004; INANICI, 2005 e JACOBS, 2007).

Quadro 1. Especificação de equipamentos utilizados.

Máquina Fotográfica:	Nikon D60
Lente:	Sigma 4.5mm f2.8/22 180° - circular fisheye – projeção equisólida
Tripé:	Welbon CX-570
Controle Remoto:	Macbook + Programa Icarus Camera Control

As fotografias foram tiradas na resolução de 10,2 MP (3872 x 2592), sendo utilizadas 9 fotos LDR (*Low Dinamic Range*), salvas em formato JPEG. O distanciamento entre as imagens está na razão de 1 EV (*Exposure Value*) e a regulagem manual ficou a cargo do tempo de exposição da imagem, de 1/4” até 1/4000”, com a objetiva travada em f11 ou f22, de acordo com a condição de luminosidade. O uso do tripé para estabilização e do computador para o controle remoto da câmera é justificado pela busca de imagens estáveis e semelhantes para reduzir a necessidade de alinhamentos e a incidência de erros por parte do compilador. O programa utilizado para o controle remoto (*Icarus Camera Control*) é gratuito. Os horários de tomadas das fotos para as diferentes ocorrências de céu não são coincidentes, pois foram “aproveitadas” as diferentes situações, para fins deste estudo inicial.

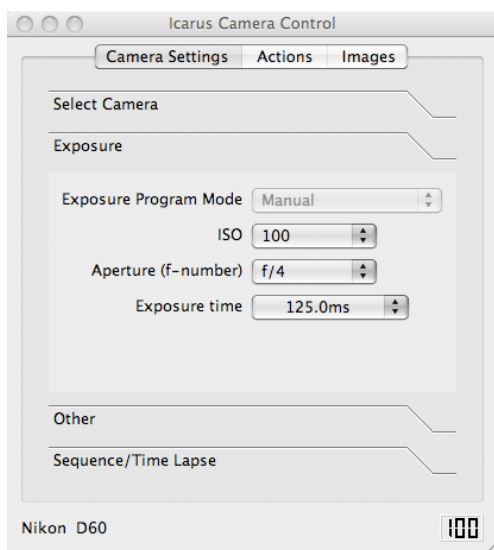


Figura 5. Janela de Configuração do *Icarus Camera Control*.

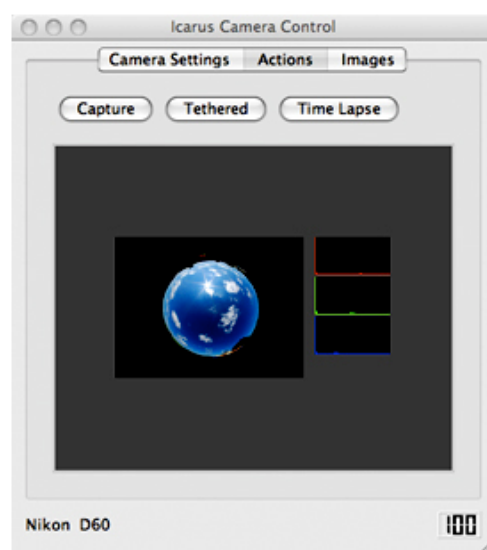


Figura 6. Janela de Captura do *Icarus Camera Control*.

3.2 Compilação de imagens

As imagens LDR foram compiladas na plataforma Mac Os X com o programa *Photosphere* (WARD, 2002), que utiliza os algoritmos de ajuste de histograma das imagens a partir de curva polinomial proposto por Mitsunaga e Nayar. (REINHARD et al, 2006)

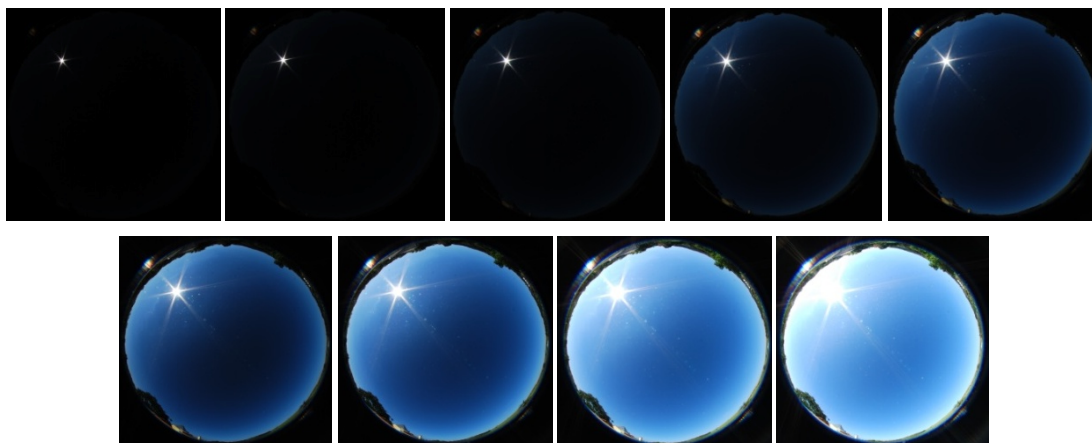


Figura 7. Nikon D60, distância de 1EV entre fotos.

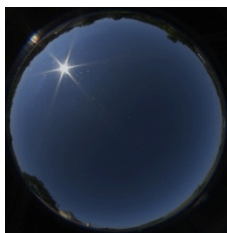


Figura 8. Imagem HDR.

Para as séries de imagens em condição de céu encoberto ou parcialmente encoberto, foi utilizada a ferramenta de redução de “fantasmas” do *software* de compilação para minimizar interferências decorrentes da dinâmica das nuvens e reduzir a distorção nas leituras.

3.3 Comparação entre situação real e ISO 15469:2004 (CIE S 011/E:2003)

As imagens HDR geradas foram analisadas em plataforma Windows com o *software* RadDisplay (LENARD, 2008), onde foram criadas as cores falsas (CF) por sobre essas imagens. O gradiente de tons de cinza utilizado foi escolhido visando facilitar a comparação com as simulações dos tipos de céu da CIE.

As imagens em CF foram manipuladas no *software* gratuito Hugin (D’ ANGELO, 2009) para a conversão da projeção da lente, mudando de equisólida para equidistante, por ser esta a projeção utilizada pela CIE na divisão do céu em 145 zonas. A figura com tais zonas foi sobreposta às imagens dos céus em CF para auxiliar na comparação entre a situação real e os tipos de céus identificados pela ISO 15469:2004 (CIE S 011/E:2003). Na sequência, cada uma delas foi comparada por processo visual com as imagens resultantes dos tipos de céu, geradas em planilha Excel que tomaram por base os algoritmos daquela mesma norma (CIAMPINI, 2005). Tal comparação permitiu a identificação do tipo de céu prevalente em cada uma das ocorrências a partir das respectivas imagens HDR.

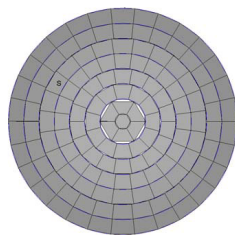


Figura 9. Divisão do céu em 145 zonas.

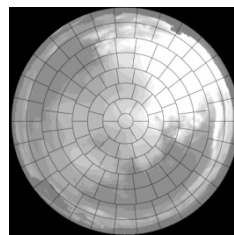


Figura 10. Sobreposição do zoneamento de céu com a imagem em CF .

4 ANÁLISE DE RESULTADOS

As fotografias do céu foram tomadas de acordo com a metodologia descrita no item 3. A figura 11 abaixo ilustra as imagens HDR para sete ocorrências de céu em Campinas, documentadas para os primeiros estudos da metodologia proposta.

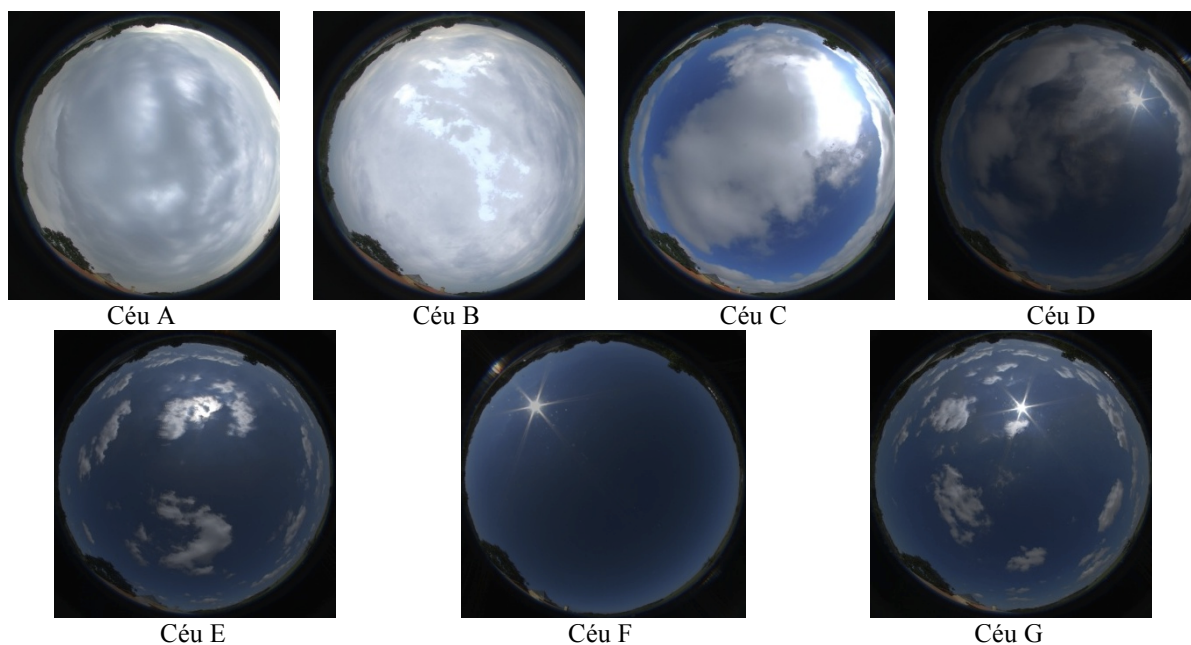


Figura 11. Imagens HDR das tomadas de sete ocorrências de céu.

Na sequência, apresentam-se os sete tipos de céu documentados para a elaboração deste artigo, tratados em cores falsas e comparados com os céus gerados a partir da norma ISO 15469:2004 (CIE S 011/E:2003).

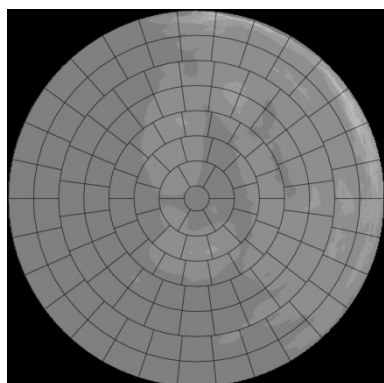


Figura 12. Céu A em CF

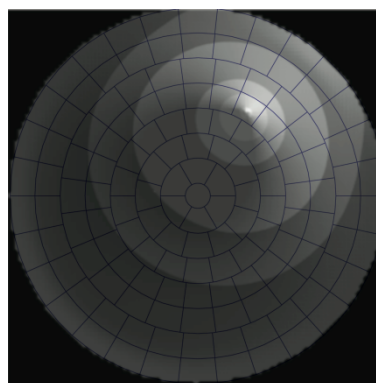


Figura 13. Céu CIE Tipo 4
Fonte CIAMPINI, 2005.

O Céu A caracteriza um céu encoberto do tipo 4. Como pode ser observado na figura 12, a região solar pouco se destaca, excetuando o leve brilho ao seu redor, havendo uma gradação moderada de luminâncias, mesmo da presença de muitas nuvens.

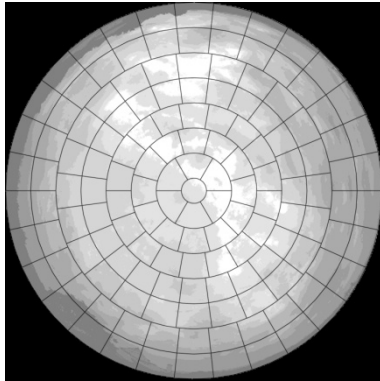


Figura 14. Céu B em CF

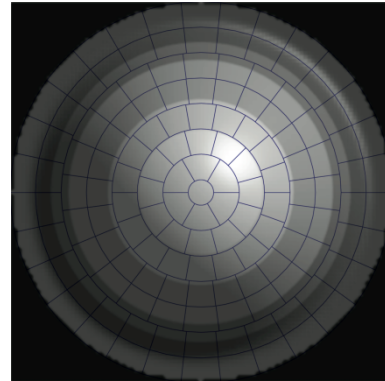


Figura 15. Céu CIE Tipo 5
Fonte CIAMPINI, 2005.

O Céu B foi identificado como encoberto do tipo 5. A sua diferenciação está na gradação de luminâncias que se torna abrupta em função da altura solar, além do suave brilho ao redor do sol.

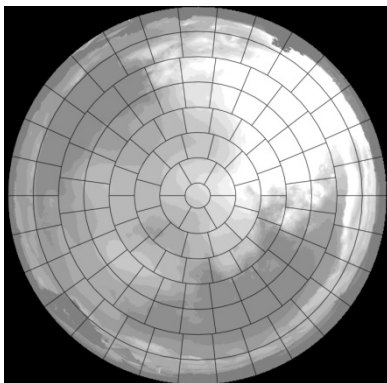


Figura 16. Céu C em CF

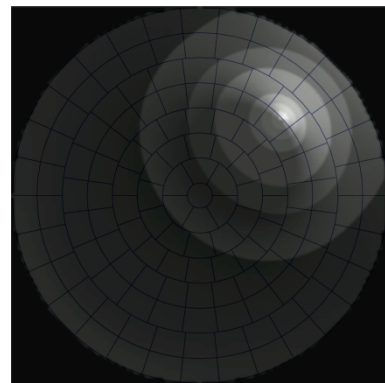


Figura 17. Céu CIE Tipo 7
Fonte CIAMPINI, 2005.

O Céu C foi caracterizado como parcialmente nublado do tipo 7 por apresentar a região circumsolar mais brilhante e não haver gradação em função do zênite. Percebem-se maiores luminâncias na região onde se localiza o sol, mesmo com a presença de nuvens encobrindo-o.

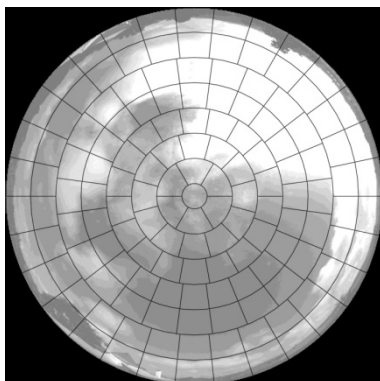


Figura 18. Céu D em CF

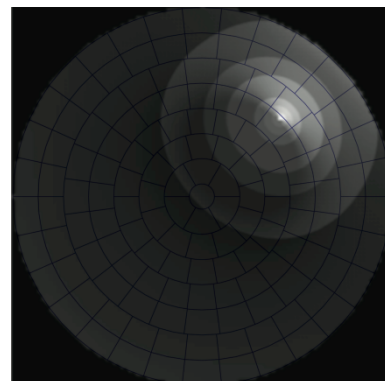


Figura 19. Céu CIE Tipo 8
Fonte CIAMPINI, 2005.

O Céu D foi identificado como parcialmente nublado do tipo 8 por possuir a coroa solar bem distinta e também não haver graduação em relação ao zênite. Entretanto, na região próxima ao sol há uma área clara mais abrangente que a diferença da área do céu tipo 7, além de uma maior quantidade de nuvens no horizonte, favorecendo o aumento de luminâncias neste.

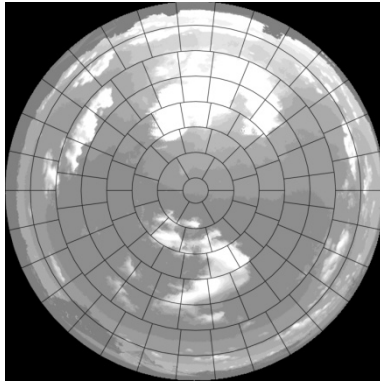


Figura 20. Céu E em CF

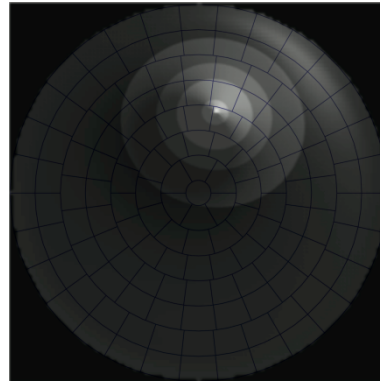


Figura 21. Céu CIE Tipo 11
Fonte CIAMPINI, 2005.

O Céu E foi caracterizado como claro do tipo 11 por ser um céu branco-azulado com coroa solar distinta e poucas nuvens. A área de brilho ao redor do sol aumenta em relação aos outros dois céus anteriores, mesmo com a presença de nuvens encobrindo-o; nota-se que o horizonte também apresenta maior luminância.

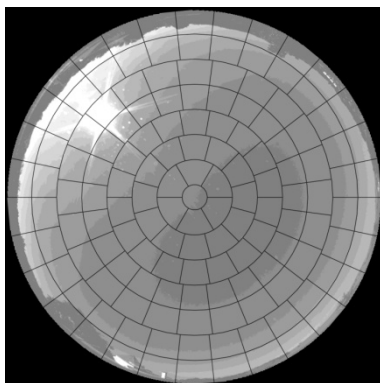


Figura 22. Céu F em CF

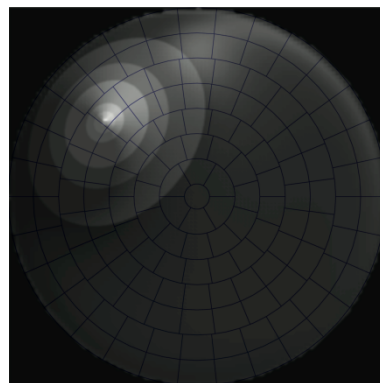


Figura 23. Céu CIE Tipo 14
Fonte CIAMPINI, 2005.

O Céu F foi identificado como céu claro do tipo 14, com a região solar clara e estendendo-se ao horizonte. O céu para esta tomada é túrbido sem nuvens e com ampla coroa solar, havendo ainda uma maior graduação na região solar.

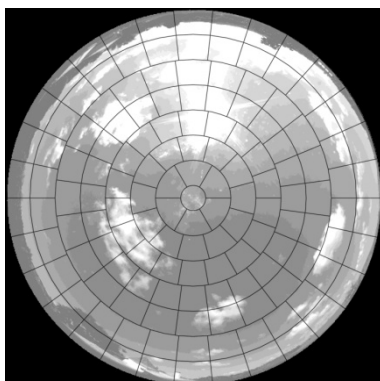


Figura 24. Céu G em CF

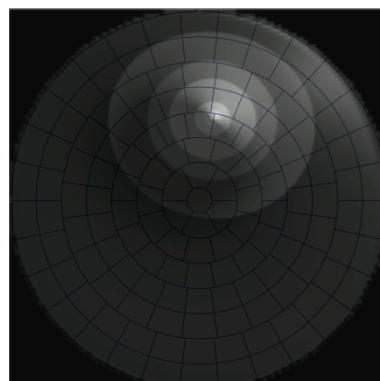


Figura 25. Céu CIE Tipo 15
Fonte CIAMPINI, 2005.

O Céu G foi caracterizado como claro do tipo 15, com a região do sol bastante clara, influenciando parte do horizonte, aumentando a luminância desta área. O céu é visto com um tom branco-azulado túrbido e ampla coroa solar.

No período de registros fotográficos para a elaboração deste artigo foram encontrados sete tipos específicos de céus para a cidade de Campinas/SP divididos nos três grupos principais: dois tipos de céu claro (nº 7 e 8), três tipos de céu parcialmente encoberto (nº 11, 14 e 15) e dois tipos de céu encoberto (nº 2 e 4).

A técnica adotada permite a identificação pontual das luminâncias da abóbada celeste, para quaisquer tipos de céu. Dada a necessidade de limitação do tamanho do texto apresenta-se a seguir a imagem de um dos tipos de céu fotografado, com os respectivos valores de luminâncias, gerados pelo software RadDisplay.

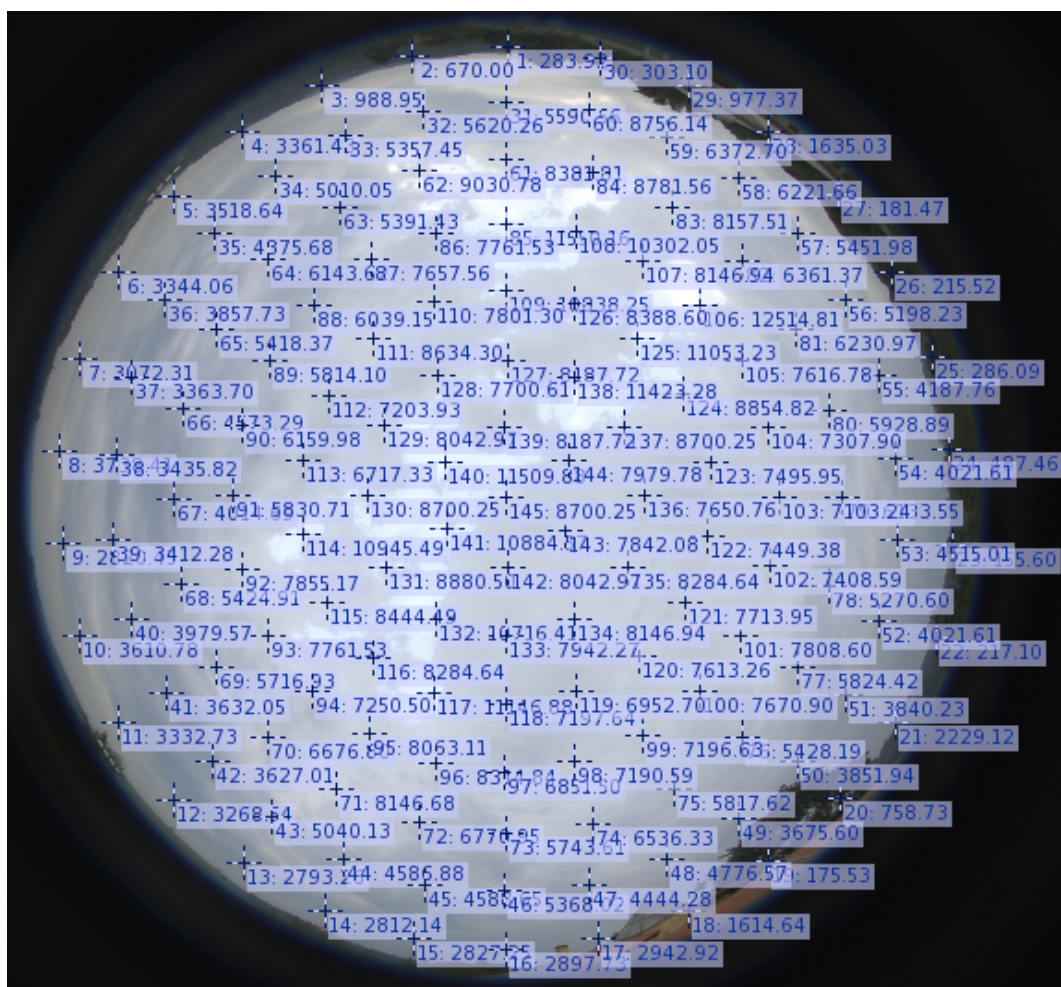


Figura 26. Valores de luminâncias da abóbada celeste para o Céu B.

Os resultados encontrados nessas medições indicam, assim, ser perfeitamente viável o método proposto.

5 CONCLUSÕES

Estes primeiros resultados permitem concluir que a metodologia proposta é de fácil aplicação, não muito onerosa e, à primeira vista, confiável, ao menos para o rigor necessário aos estudos de iluminação natural aplicável à arquitetura. As comparações feitas até aqui foram visuais, entre as imagens HDR e as figuras geradas em planilha Excel conforme descrito no texto.

Numa etapa futura pretende-se que a análise das imagens seja feita por um processo mais preciso que o da comparação visual, através da utilização de algum software ainda a ser testado ou especialmente desenvolvido para esta finalidade. Para tanto, uma pesquisa de maior envergadura está sendo submetida à FAPESP, com o objetivo de aprimorar esta proposta inicial e possibilitar sua divulgação de modo a permitir medições e identificação de céus prevalecentes em outras regiões brasileiras, com custos mais baixos que os exigidos para instalação e operação de uma Estação Medidora de Luz Natural nos moldes preconizados pela CIE.

REFERÊNCIAS

CIAMPINI, F. 2005, comunicação pessoal.

D' ANGELO, P. *Hugin*. V.2009.4.0 [S.I.]: *SourceForge*, 2009.

FARIA, João Roberto Gomes de. Análises de distribuição de luminâncias através de imagens hdr compostas por fotos de câmeras snapshot. Ouro Preto: IX Encontro Nacional e V Latino Americano de Conforto no Ambiente Construído, 2007. **Anais**. Ouro Preto: Editora UFOP, 2007. P. 677 – 686.

FARIA, João Roberto Gomes de; SANTOS, Andressa Paiva Mussel; SILVA, Carolina Marquelim; TESCARO, Júlio Leite. Aplicações de imagens hdr compostas por fotos digitais em análises de distribuição de luminâncias. Ouro Preto: IX Encontro Nacional e V Latino Americano de Conforto no Ambiente Construído, 2007. **Anais**. Ouro Preto: Editora UFOP, 2007. P. 687 - 696.

INANICI, M. N. ***Per-pixel data analysis***. Berkeley: Ernest Orlando Lawrence Berkeley *National Laboratory*, 2005. Disponível em <<http://dmg.caup.washington.edu/mehlika/mi-CIE05.pdf>>. Acesso em: 19 set. 2009.

INANICI, M. N.; GALVIN, J. ***Evaluation of High Dynamic Range photography as a luminance mapping technique***. Berkeley: Lawrence Berkeley *National Laboratory*, 2004. Disponível em: <<http://www.osti.gov/bridge/servlets/purl/841925-QBBn0i/native/841925.pdf>>. Acesso em: 04 de mar de 2009.

JACOBS, Axel. ***High Dynamic Range Imaging and its Application in Building Research. Advances in Building Energy Research***. Londres: James & James, vol.1, n°.1, 2007. Disponível em: <http://www.learn.londonmet.ac.uk/about/doc/jacobs_aber2007.pdf>. Acesso em: 04 em mar de 2009.

LENARD, J.D. *RadDisplay*. V.1.1.1. [S.I.]: DeLuminaeLab, 2009.

NASCIMENTO, Daniela Neves do. ***Avaliação do uso de imagens HDR no estudo de iluminação***. 2008. 125f. Dissertação (Mestrado em Desenho Industrial). Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” (UNESP) – Campus Bauru. Bauru, SP : [s.n.], 2008.

REINHARD, Erik; WARD, Greg; PATTANAIK, Sumanta; DEBEVEC, Paul. *High Dinamic Range Imaging: acquisition, display, and image-based lighting*. São Francisco: Morgan Kaufmann/ Elsevier, 2006.

SOUZA, Dennis Flores. SCARAZZATO, Paulo Sérgio. Estudos e Avaliações Pós-Ocupação da Iluminação no Espaço Construído através de Imagens HDR e Câmeras Digitais Compactas. In: XIII Congresso Iberoamericano de Gráfica Digital, São Paulo, 2009. **Anais...** São Paulo: Sociedade Iberoamericana de Gráfica Digital (SIGRADI)/Mackenzie, 2009

WARD, G. *Photosphere*. V.1.8.1U. [S.I.]: *Anywhere Software*, 2009.