

DESENVOLVIMENTO DE UM APARATO EXPERIMENTAL UTILIZANDO UM MODELO ANALÍTICO DE REFERÊNCIA PARA ENSINO DE ILUMINAÇÃO EM ARQUITETURA

**Fernando O. R. Pereira; Aline C. S. Lopes; Raphaela W. da Fonseca; Veridiana
Atanasio**

LabCon – Laboratório de Conforto Ambiental, Universidade Federal de Santa Catarina,
Campus Universitário Trindade - CEP 88.040-900 Florianópolis/SC,
Fone: 48 3331-7080 Fax: 48 3331-9550
e-mail:feco@arq.ufsc.br

RESUMO

Observando a arquitetura atual pode-se perceber a carência de projetos que contemplem de maneira eficiente o aproveitamento dos benefícios da luz natural. Evidências apontam como uma justificativa deste fato à falta de conhecimento de profissionais com relação ao entendimento e domínio do fenômeno da iluminação. O presente trabalho visa contribuir para a redução desta deficiência na formação do arquiteto. Esta proposta se materializa através do desenvolvimento de uma metodologia de ensino de iluminação natural baseada em um Modelo Analítico de Referência que apresenta o fenômeno da iluminação através de um esquema conceitual envolvendo as principais variáveis arquitetônicas que interferem na propagação da luz desde a fonte até o alvo. Visando a aplicação destes conceitos desenvolveu-se um aparato experimental para auxílio do professor na demonstração do modelo. Através dos experimentos realizados concluiu-se que este método poderia ser adaptado com maiores resultados utilizando ferramentas virtuais. Desenvolveu-se então, um laboratório virtual que possibilitasse a simulação do desempenho da iluminação tomando como referência o modelo analítico de Moore (1991); com o objetivo de permitir o exercício da percepção visual dos efeitos da iluminação por parte dos alunos que utilizarem do ambiente virtual proposto.

ABSTRACT

It can be noticed in the current architecture a lack of projects which contemplate the benefits of daylight in an efficient way. There is evidence that this might occur due to the fact that professionals need to improve their understanding and knowledge of the illumination phenomenon. The present work aims at contributing for the reduction of such inadequacy in the architect formation. This proposal materializes through the development of a teaching methodology of daylighting based on a Conceptual Model of Reference that presents the illumination phenomenon through a conceptual scheme involving the main architectural variables that interfere in the light propagation from the source to the target. In order to put these concepts into practice an experimental device was developed so as to enable the professor to demonstrate the model. Through some experiments could be noticed that this method could be adapted with greater results using virtual tools. Then, it was developed a virtual laboratory that made possible the simulation of the performance of the lighting taking as reference the analytical model of Moore (1991); with the objective to allow

the exercise of the visual perception of the effects of the lighting from the pupils whom use the considered virtual environment.

1. INTRODUÇÃO

A luz do dia assume importância relacional na arquitetura e apenas quando o projetista compreende as intenções de um edifício com relação à iluminação natural este poderá reproduzir e aperfeiçoar tais estratégias. Baseando-se nesta premissa, desenvolveu-se um modelo analítico de referência para ensino de iluminação em arquitetura, através de um laboratório virtual, com o objetivo de envolver uma abordagem visual que auxilie na compreensão do fenômeno da iluminação natural para alunos do curso de arquitetura. Estes, geralmente apresentam uma memória visual relativamente apurada o que pode designar uma boa resposta a esta metodologia.

Atualmente existem inúmeros projetos com subaproveitamento da iluminação natural, o que poderia indicar uma deficiência do conhecimento arquiteto em manipular esta variável. Entende-se que esta deficiência poderia ser suprida na base da formação deste profissional, ou seja, durante o período de aprendizagem. Sabe-se que muitos esforços neste sentido vêm sendo realizados por professores da área embora seja um grande desafio aliar disciplinas técnicas com a prática projetual realizada. Posto isso, busca-se com este trabalho apresentar de uma maneira diferente os conceitos a serem assimilados pelo acadêmico, permitindo que ele visualize e manipule ferramentas que auxiliem no processo projetual relativo às formas de obtenção e manipulação da luz natural.

2. REFERENCIAL TEÓRICO

Como metodologia utilizou-se de um modelo analítico de referência. Define-se modelo analítico como idéia, opinião ou imagem como objeto de análise para posterior reprodução. Este tem como objetivo explicar o fenômeno da iluminação através de um esquema de referência envolvendo a fonte de luz, a trajetória desta e o alvo desejado (figura 1a e 1b). Parte-se da premissa que a localização da fonte e do alvo são pré-determinados e a trajetória direta ou refletida pode ser planejada (MOORE, 1991).

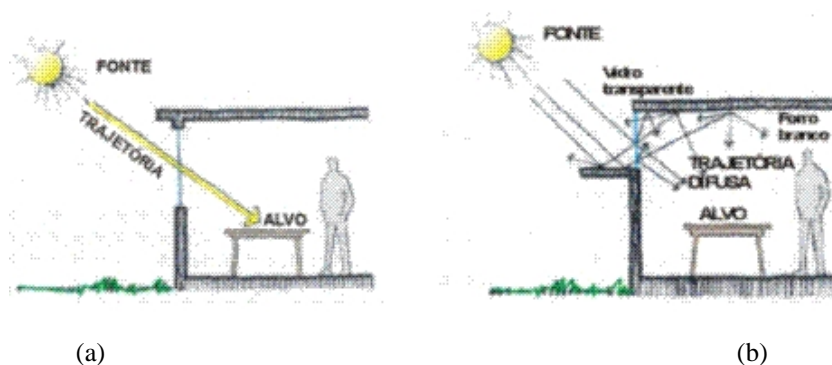


Figura 1 - Modelo Conceitual Fonte-Trajatória-Alvo para luz direta (a) e luz difusa (b).
Fonte: MOORE, 1991.

Apesar de tratar-se de um modelo analítico voltado ao projeto de iluminação natural, ele também pode desempenhar o caminho inverso e ter uma função analítica. A forma por ele utilizada em considerar a luz como uma seqüência fonte – trajeto - alvo é limitada a situações com fontes pontuais e trajetões especulares. No caso de fontes distribuídas ou elementos difusores durante a trajetória, o modelo resulta numa “confusão de flechas” tornando-o ineficaz como modelo analítico de projeto (figura1b).

Para a utilização desta convenção incluindo fontes ou trajetões difusos, nos quais os trajetões da luz podem criar uma confusão de “flechas”, a alternativa é considerar a iluminação como resultante de áreas de brilho que podem ser "vistas" pelo alvo ou receptor. Este conceito não diferencia a natureza dos vários tipos de fontes; desta forma, um céu nublado ou uma parede branca, de igual luminância,

cor e tamanho aparente, contribuiriam do mesmo modo para a iluminação de um receptor (MOORE, 1991).

O potencial luminoso de uma superfície pode ser estimado através do produto de sua luminância e o seu tamanho aparente. O tamanho aparente da fonte vista pelo receptor é determinado pelo tamanho, distância e inclinação da fonte relativamente ao receptor, de acordo com figura 2. Quanto maior o tamanho da fonte, menor a distância da superfície ao receptor e menor o ângulo entre as normais da fonte e do receptor maior o tamanho aparente.

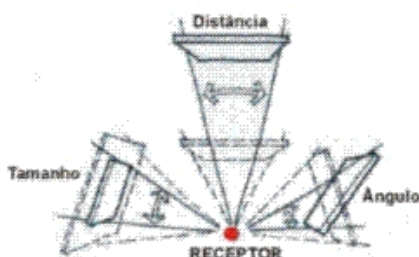


Figura 2: Tamanho aparente da fonte distribuída como função do tamanho, inclinação e distância.
Fonte: MOORE, 1991.

A figura 3 mostra um exemplo de como o alvo ou receptor pode “enxergar” uma superfície inclinada. O plano é maior do que a porção vista pelo alvo e a nova dimensão é calculada através da aresta multiplicada pelo co-seno do ângulo entre a placa real e a placa vista que é perpendicular ao alvo. Os estudos físicos sobre a influência do tamanho aparente são anteriores ao Modelo Analítico. O grande diferencial do modelo é a aproximação dos estudos físicos com a arquitetura. Esta nada mais é que a união de várias placas relacionando-se geometricamente entre si e conferindo diferentes resultados de iluminação.

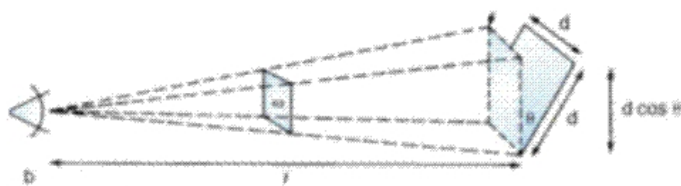


Figura 3: Esquema demonstrando a diferença entre o tamanho real de uma superfície e o tamanho aparente.
Fonte: IESNA, 2000.

Há ainda um outro fator importante que influencia no resultado. Se o receptor for uma superfície, a posição da fonte em relação ao receptor deve ser considerada. Com uma fonte exatamente acima da superfície (paralela a esta) a iluminação fica maximizada, mas caso a posição seja oblíqua então ocorrerá uma redução devido ao "efeito cosseno". Quanto maior o ângulo entre a fonte e a normal da superfície, maior será o efeito cosseno e maior será o decréscimo da luminância final (MOORE, 1991).

Deste modo, a iluminação produzida numa superfície, de acordo com a figura 4, torna-se num produto de luminância, tamanho aparente e posição da fonte em relação a esta superfície.

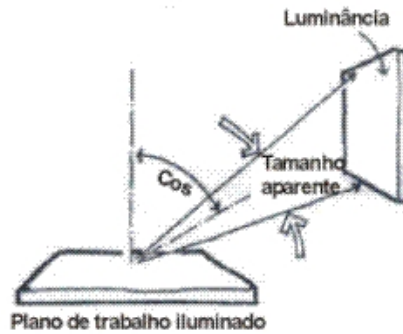


Figura 4: Efeito Cosseno e Tamanho aparente entre planos. Fonte: MOORE, 1991.

O ponto ou a superfície que servirão de alvo podem possuir diversos planos de referência iluminados por várias fontes distribuídas. Abaixo estão dispostos alguns deles encontrados na bibliografia do autor.

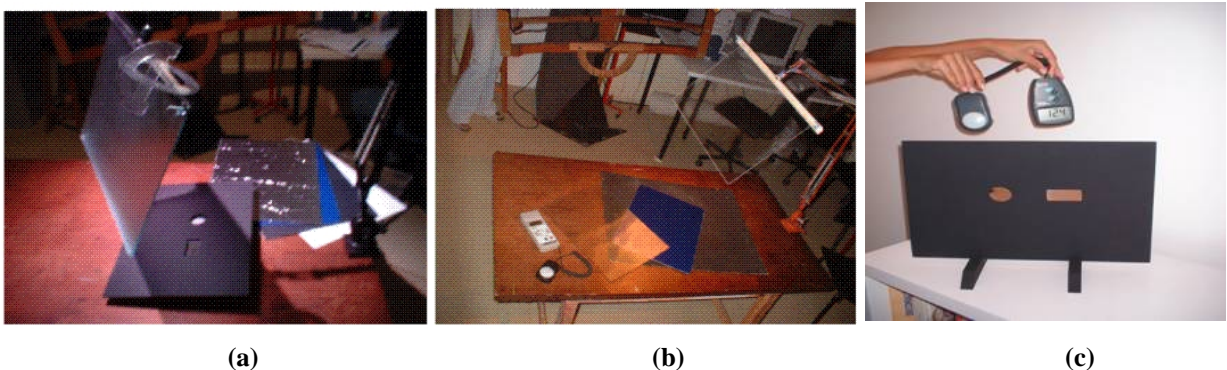
Se a fonte distribuída for um difusor branco, então a inclinação relativa do refletor não afetará a luminância do mesmo (assumindo material ideal polido). A inclinação entre o refletor e o receptor afetará o tamanho aparente. Entretanto, para uma dada posição do refletor, o tamanho aparente é maximizado, isto ocorre quando este é inclinado de forma normal em relação ao receptor. Esta inclinação é invariavelmente diferente da inclinação que maximizará a luminância do refletor, que ocorre quando este se posiciona normal em relação à fonte. A inclinação ótima para produzir a máxima luminância no receptor advém da relação entre estas duas inclinações (exatamente como se o refletor fosse um espelho). É importante salientar que esta inclinação ótima é o resultado da relação entre receptor, fonte e a área do refletor.

3. APARATO EXPERIMENTAL

Em uma primeira etapa para obter-se o modelo analítico conceitual foi executada a construção de um aparato experimental, um aparelho que pudesse reproduzir o fenômeno da iluminação com base no esquema de referência de fonte, trajetória e alvo mencionado por MOORE (1991).

De acordo com a afigura 5a e 5b o aparato era composto por um braço articulado de uma luminária que serviu de base para as placas difusoras (refletoras e translúcidas). As placas foram fixadas através de uma moldura unilateral presa com “borboletas”. Dois transferidores foram afixados junto a esta moldura para que o ângulo de incidência e reflexão da luz pudesse ser estimado. Fez-se uso de um tubo e uma lanterna para auxiliar na estimativa destes ângulos.

Posicionando o tubo paralelo ao fluxo luminoso da fonte de luz, confere-se se o feixe de luz que atravessa o tubo coincide com a projeção sobre a placa, certificando-se assim, que esta está perpendicular ao feixe de luz incidente. Colocando-a perpendicular ao plano difusor, rotacionava-se o plano juntamente com a lanterna até que o feixe de luz se mostre perpendicular ao alvo.



Figuras 5a, 5b e 5c: Aparato experimental. Fonte: ATANASIO, FONSECA e LOPES, 2004.

O alvo que acompanhava o aparelho consistia em uma placa de madeira encaixada em dois pequenos pedestais (figura 5c) possibilitando posicioná-lo na vertical ou na horizontal conforme exigir a demonstração. Na parte posterior deste alvo encontra-se um compartimento onde deverá ser colocado um luxímetro. Este deveria ser posicionado de forma que o visor e fotocélula se encaixem nas aberturas correspondentes feitas na madeira.

Após alguns experimentos realizados com o aparelho observou-se que ele não forneceria todas as variáveis necessárias para demonstrar os fenômenos de maneira prática, objetiva e precisa. Observou-se também que sua manipulação deveria ser bastante metódica para evitar pequenos erros no ângulo e na distância das placas, além de exigir um ambiente mais amplo para demonstrar com melhor exatidão o efeito cosseno e o aumento do tamanho aparente, por exemplo. Devido a estas dificuldades buscou-se então pelo desenvolvimento de um modelo virtual que pudesse simular com maior precisão o modelo de referência e de fácil manipulação, evitando maiores riscos de erros.

4. AMBIENTE EXPERIMENTAL VIRTUAL

A transposição para um ambiente virtual ocorreu através de um Laboratório Virtual para o Ensino de Iluminação em Arquitetura (ATANASIO, 2006). A conceituação do Modelo Analítico proposto por Moore (1991) foi utilizado em todo o Laboratório embora seja na primeira parte dele que o aparato desenvolvido foi realmente a referência adotada.

Esta parte do Laboratório tem por objetivo explicar o Modelo Analítico de referência adotado e realizar algumas experiências virtuais. Estas experiências são baseadas em experiências realizadas em laboratórios presenciais.

De acordo com o modelo de Moore (1991), o aluno poderá efetuar modificações em modelos obtidos através de simulações computacionais (utilizando-se o Lightscape Visualization System) para que possa observar o fenômeno no que tange a relação de causa e efeito na arquitetura. O ambiente como um todo será um simulador de situações pré-estabelecidas.

O ambiente proposto para o modelo analítico possui duas partes. Dois dos três fatores que determinam a iluminação em um determinado ponto são analisadas: o tamanho aparente e o efeito co-seno. Estas duas variáveis são tratadas separadamente. Na primeira parte mantém-se o efeito cosseno e a luminância da fonte de forma que apenas o tamanho aparente modifique o resultado no alvo (figuras 7, 8 e 9). Da mesma forma ocorre na segunda parte mantendo o tamanho aparente sempre constante (figura 10).

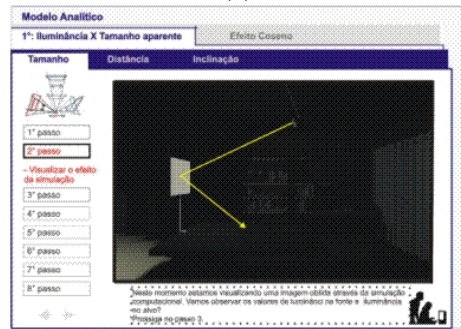
Para tanto se desenvolveu uma interface próxima a um laboratório de conforto presencial. O aluno pode navegar seguindo os passos dispostos à esquerda ou clicar no passo desejado para acesso direcionado. Seguindo os passos, o aluno efetua o mesmo procedimento duas vezes; primeiro escolhe entre duas opções de experimentos comparáveis (figura 6a), então visualiza a opção escolhida (figura 6b), a simulação (figura 6c) e os resultados encontrados (figura 6d). Em seguida realiza o mesmo para a segunda opção (figuras 6e, 6f, 6g e 6h). Por fim, visualiza na mesma tela o resultado de ambas as escolhas (figura 6i) e, em seguida, observa exemplos aproximando o experimento da arquitetura através de imagens esquemáticas (figura 6j). A tela é padrão para todos os experimentos modificando apenas o objetivo destes. O usuário pode utilizar o auxílio virtual que direciona o estudo habilitando o ícone presente na parte inferior da tela.



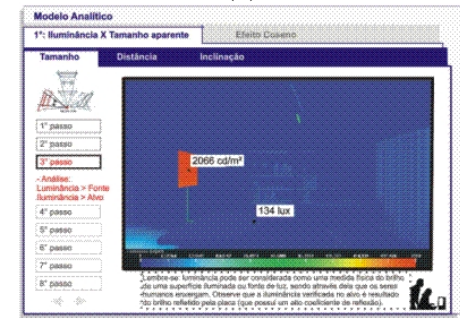
(a)



(b)



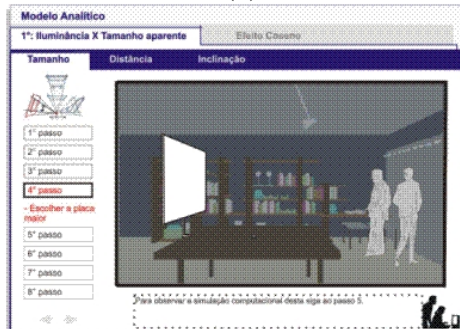
(c)



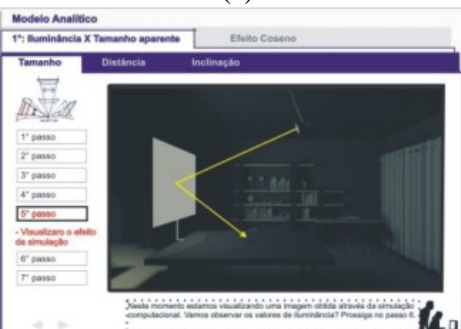
(d)



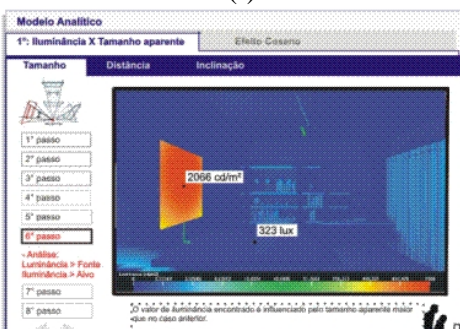
(e)



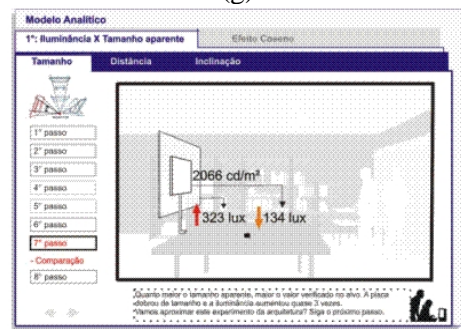
(f)



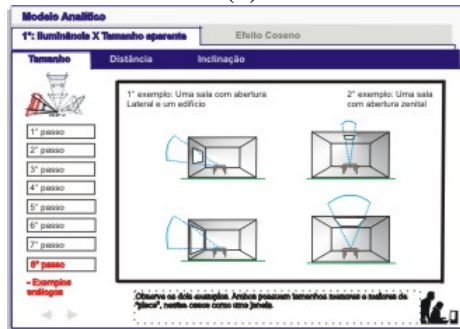
(g)



(h)

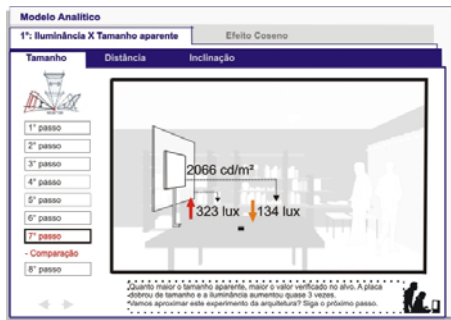


(i)



(j)

Figura 6: Seqüência das telas utilizando como exemplo a variável Luminância/iluminância X Tamanho aparente. Fonte: ATANASIO, 2006.



7

Figura 7: Detalhe Luminância/iluminância X Tamanho aparente - Tamanho. Fonte: ATANASIO, 2006.

Tamanho:

- 1 – Escolhe-se a placa menor.
- 2 – Visualização da imagem obtida por simulação
- 3 – Análise: Luminância da placa e Iluminância do alvo
- 4 – Escolhe-se a placa maior
- 5 – Visualização da imagem obtida por simulação
- 6 – Análise: Luminância da placa e Iluminância do alvo
- 7 – Comparação**
- 8 – Escolhe-se visualizar exemplos referentes à experiência efetuada para fixação do conteúdo e aproximação da arquitetura.

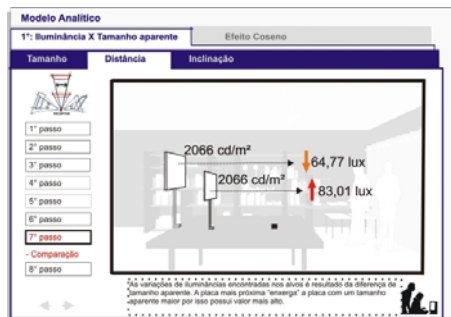


Figura 8: Detalhe Luminância/iluminância X Tamanho aparente - Distância. Fonte: ATANASIO, 2006.

Distância:

- 1 – Escolhe-se a placa mais afastada do alvo.
- 2 – Visualização da imagem obtida por simulação
- 3 – Análise: Luminância da placa e Iluminância do alvo
- 4 – Escolhe-se a placa mais próxima ao alvo
- 5 – Visualização da imagem obtida por simulação
- 6 – Análise: Luminância da placa e Iluminância do alvo
- 7 – Comparação**
- 8 – Escolhe-se visualizar exemplos referentes à experiência efetuada para fixação do conteúdo e aproximação da arquitetura.

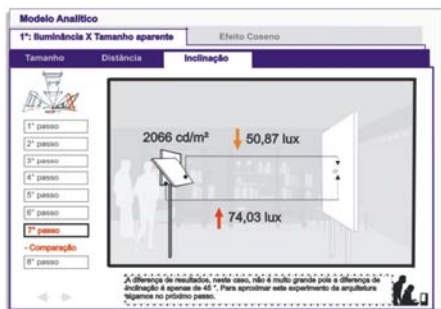


Figura 9: Detalhe Luminância/iluminância X Tamanho aparente - Inclinação. Fonte: ATANASIO, 2006.

Inclinação:

- 1 – Escolhe-se a placa menos inclinada.
- 2 – Visualização da imagem obtida por simulação
- 3 – Análise: Luminância da placa e Iluminância do alvo
- 4 – Escolhe-se a placa mais inclinada.
- 5 – Visualização da imagem obtida por simulação
- 6 – Análise: Luminância da placa e Iluminância do alvo
- 7 – Comparação**
- 8 – Escolhe-se visualizar exemplos referentes à experiência efetuada para fixação do conteúdo e aproximação da arquitetura.

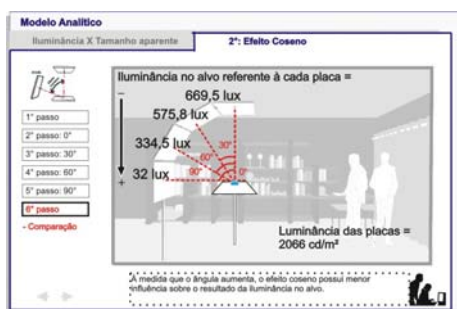


Figura 10: Detalhe Efeito Cosseno. Fonte: ATANASIO, 2006.

Efeito Cosseno:

- 1 – Escolher a placa perpendicular ao alvo
- 2 – 0°
- 3 – 30°
- 4 – 60°
- 5 – 90°
- 6 – . Quanto maior o ângulo entre a fonte e a normal da superfície, maior será o efeito cosseno.
- 7 – Comparação entre as diferentes posições e ângulos.**

5. CONCLUSÕES

Acredita-se que através de métodos de ensino coerentes e que se mostrem atrativos para o aluno, no caso do arquiteto, utilizando o apelo visual ao qual este profissional é sensível, e tirando partido de procedimentos interativos, seja possível proporcionar uma formação mais sólida com maior fixação dos conceitos fundamentais. O estudo da iluminação natural através do Modelo Conceitual de Referência viabiliza a compreensão do fenômeno preparando o futuro profissional tanto para a análise crítica de uma obra, quanto para o ato de projetar. Possibilitando ao arquiteto uma visão mais ampla das possibilidades de soluções arquitetônicas que considerem esta fonte de luz.

Para a execução de um bom projeto de iluminação natural é de fundamental importância que o arquiteto domine as relações entre a fonte de luz, o seu trajeto e o seu destino; e os fatores que influenciam estas relações. O modelo conceitual adotado permitiu a discussão deste princípio através do desenvolvimento do aparato experimental que evoluiu para o modelo virtual.

O emprego do modelo virtual tornou possível a simulação do desempenho da iluminação e suas variáveis com o objetivo de facilitar o acesso e a observação deste fenômeno por parte do aluno, baseado no modelo analítico proposto por MOORE (1991). Viabilizou que conceitos como o efeito cosseno e o tamanho aparente passem da teoria para a experimentação. Além disso, com relação à obtenção do conhecimento científico apenas, não se considerando a parte subjetiva, acredita-se que usufruindo de métodos experimentais, visuais e lúdicos pode-se alcançar resultados significativos com relação aos conceitos dos fenômenos de iluminação em questão. Como consequência espera-se uma melhora na qualidade dos projetos no que concerne a iluminação natural.

6. BIBLIOGRAFIA

- ATANASIO, Veridiana (2006). *Introdução de um Modelo Analítico do Fenômeno da Iluminação Natural na Arquitetura em um ambiente Virtual de Aprendizagem*. 212f. Dissertação (Mestrado em Arquitetura e Urbanismo) – Programa de Pós-Graduação em Arquitetura e Urbanismo, UFSC, Florianópolis.
- MOORE, Fuller (1991). *Concepts and Practice of Architectural Daylighting*. 1. Ed. Nova Iorque: Van Nostrand Reinhold.
- IESNA (2000) *Lighting Handbook*, 9th Edition, by the Illuminating Engineering Society of North America, New York, NY.
- ATANASIO, V.; FONSECA, R.W.; LOPES, A.C (2004). *Estruturação do estágio de docência: Uma abordagem visual do fenômeno da Iluminação Natural*. Trabalho apresentado na Disciplina Tópicos especiais em ensino de Conforto Ambiental, Curso de Pós-graduação em Arquitetura e Urbanismo, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2004.