



## **AVALIAÇÃO DAS CONDIÇÕES DE ILUMINAÇÃO NATURAL DO PROTÓTIPO ALVORADA ATRAVÉS DO USO DE DOIS MÉTODOS DE SIMULAÇÃO**

**Alessandro Morello (1); Décio Bevilacqua (2); Giane Grigoletti (2); Miguel Aloysio Sattler (3); Rosália Fresteiro (4)**

(1) UFRGS, NORIE, Av. Osvaldo Aranha, 99/3º andar, Porto Alegre, RS, CEP 90.035-190, tel. (051) 33163518, fax (051) 3316 4054

e-mail: [amorello@cpgec.ufrgs.br](mailto:amorello@cpgec.ufrgs.br)

(2) UFSM, Prédio 30, Campus Universitário, sala 204, Santa Maria, RS, CEP 97.105-900, tel: (055) 220 8771, fax: (055) 220 8772

e-mail: [dbevilacqua@uol.com.br](mailto:dbevilacqua@uol.com.br) / [grigoletti@smail.ufsm.br](mailto:grigoletti@smail.ufsm.br)

(3) UFRGS, NORIE, Av. Osvaldo Aranha, 99/3º andar, Porto Alegre, RS, CEP 90.035-190,

e-mail: [sattler@ufrgs.br](mailto:sattler@ufrgs.br)

(4) UCPel, Rua Felix da Cunha, 412, Pelotas, RS, CEP 96100-000, tel 53-2848216

e-mail: [rosaliahf@terra.com.br](mailto:rosaliahf@terra.com.br)

### **RESUMO**

A partir de dois métodos de cálculo de iluminação natural (Método do Fluxo Dividido e Método do Gráfico de Fator de Luz Diurna), avaliaram-se as condições de iluminação natural para um protótipo de habitação de interesse social (protótipo Alvorada), construído no Campus do Vale da UFRGS, em Porto Alegre, RS. A simulação foi efetuada para um dia e horários específicos, a saber, dia 27 de outubro de 2003, às 9 h, hora solar. Nessa mesma data e horário foram efetuadas medições através do uso de um luxímetro, para comparação dos resultados simulados. O estudo teve como objetivo averiguar a validade do uso dos métodos, para o caso específico do protótipo, através de levantamentos e simulações preliminares, as quais antecedem estudos mais aprofundados que serão encaminhados no futuro. Os resultados desta etapa inicial mostram que há uma discordância entre os valores encontrados através dos dois métodos e entre estes e os valores medidos no local, porém pode-se dizer que as simulações foram satisfatórias na reprodução dos valores medidos.

### **ABSTRACT**

Starting from two methods of daylighting estimative (Divided Flux Method and Daylight Factor Graph Method), the conditions of daylighting for a low-income housing prototype (prototype Alvorada, built in the Campus do Vale / UFRGS, Porto Alegre, RS) was evaluated. A specific date (27 October, 2003) and a specific time (9 h, solar hour) was simulated and measurements were made, through the use of a luximeter, for comparison with simulated results at the same date and time. The paper aims at checking the validity of the use of the methods, for the specific case of the prototype. This study is the first step of a group of measurements and simulations that will be conducted in the future. The results of this initial stage show that there is a disagreement among the values found through the two methods and among these and the values measured *in loco*, however the simulated values reproduce the measurement values satisfactorily.

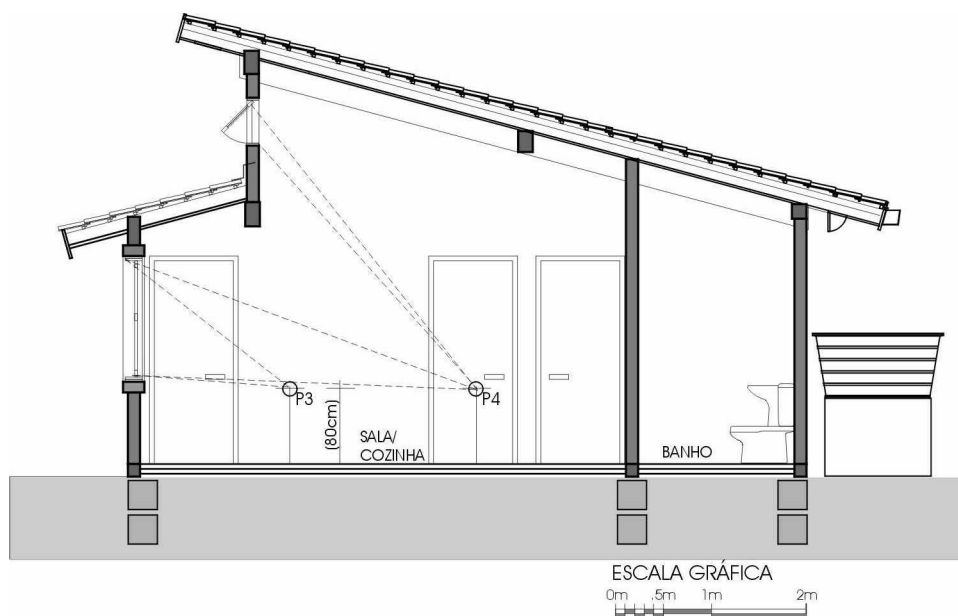
## 1. INTRODUÇÃO

Na manhã do dia 27 de outubro de 2003, aproximadamente às 9 h (hora solar), foi realizado um levantamento da iluminação natural existente no interior de uma habitação de interesse social, construída no campus da UFRGS e denominada protótipo Alvorada. Este primeiro levantamento foi a etapa inicial de um estudo mais aprofundado das condições de iluminação natural, no decorrer do ano e de diferentes horários do dia. O estudo tem por objetivo verificar as condições de iluminação natural em pontos internos da edificação, avaliando a necessidade ou não de complementação com iluminação artificial em determinados compartimentos e modificando as esquadrias, para melhor captação de luz natural, aperfeiçoando o projeto atual para futuras construções. Atualmente as esquadrias são em madeira com sistema de abertura tipo máximo-ar, com exceção da esquadria do dormitório voltado à Leste, que possui folhas de correr, com venezianas tipo sanfona. As figuras 1, 2 e 3 mostram as plantas baixas do protótipo Alvorada e a localização dos pontos de medição *in loco* e estimados através dos métodos de cálculo.

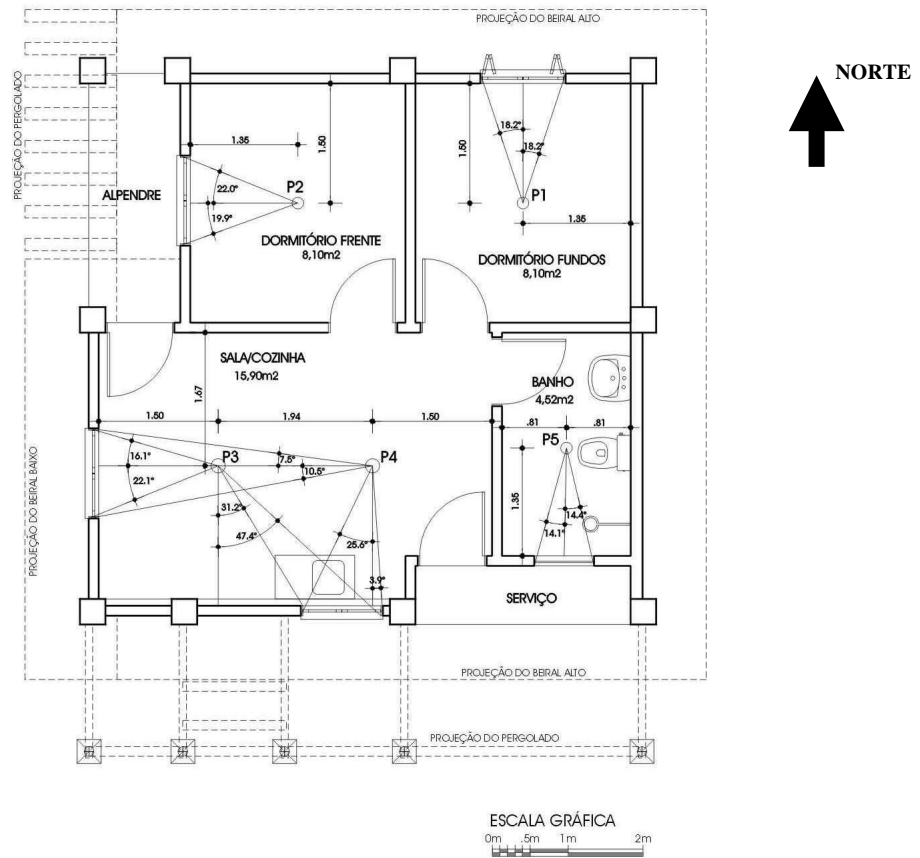
A partir desse levantamento, surgiu a idéia da realização de uma avaliação através de dois métodos de cálculo apresentados pela bibliografia, para predição da iluminação natural, no interior de edificações, com a intenção de verificar a adequabilidade de tais métodos, na predição do comportamento da edificação, no que diz respeito à iluminação natural existente no interior desta habitação específica.

O primeiro procedimento de cálculo utilizado foi o Método de Fluxo Dividido, o qual é descrito pelo Comitê Brasileiro de Construção Civil (ABNT, 2003). O mesmo foi utilizado para estimar a disponibilidade de luz natural em 4 pontos no interior do protótipo Alvorada, para o mesmo dia e hora do levantamento (2 dormitórios, sala / cozinha).

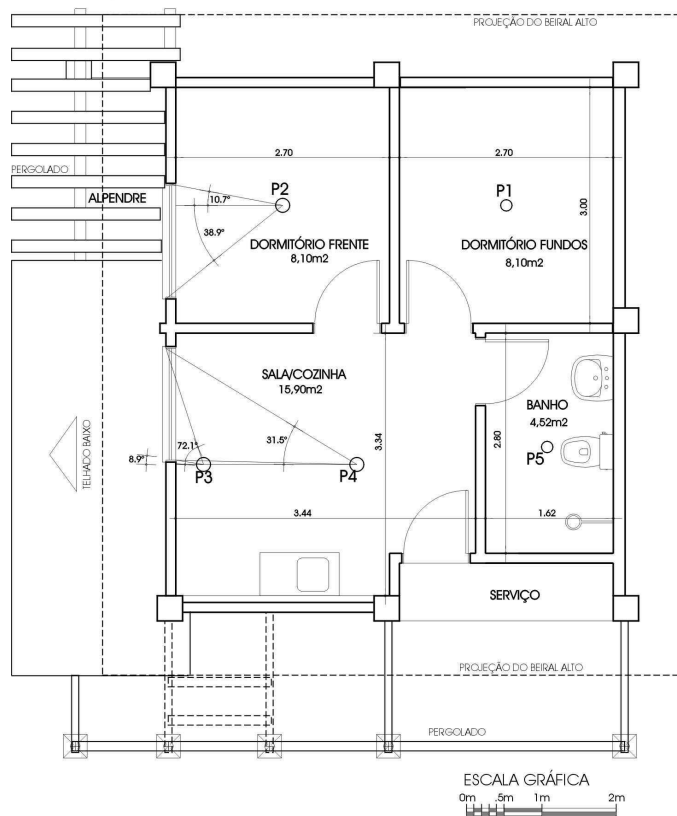
O segundo procedimento de cálculo utilizado foi o Método do Gráfico de Fator de Luz Diurna, descrito por EVANS & SCHILER (1989). Este método foi utilizado para estimar a disponibilidade de luz natural em 5 pontos, no interior do protótipo, para o mesmo dia e hora do levantamento (mesmos pontos estimados com o método anterior e mais um ponto localizado no banheiro).



**Figura 1 - Corte longitudinal sobre a sala/cozinha do protótipo Alvorada, com a localização dos pontos de medição, em relação às janelas voltadas para o Norte.**



**Figura 2 - Planta baixa do protótipo Alvorada, no nível do usuário, com a localização dos pontos de medição e ângulos em relação às janelas baixas.**



**Figura 3 - Planta baixa do protótipo Alvorada, no nível das janelas altas, com a localização dos pontos de medição e ângulos em relação a estas janelas.**

Este artigo apresenta e discute os resultados obtidos, assim como as dificuldades e limitações de cada método e sua adequação às situações do estudo de caso apresentado. A partir destes estudos preliminares, algumas alterações são sugeridas para as aberturas destinadas à iluminação natural do protótipo.

## 2. RESULTADOS OBTIDOS

Como já exposto anteriormente, na manhã do dia 27 de outubro de 2003, foram medidos níveis de iluminância (em lux), em 5 pontos internos à edificação (ver figs. 1 e 2), bem como a iluminação natural disponível externamente (em lux), em uma superfície horizontal desobstruída.

Todas as medições internas e externas foram feitas sobre um plano imaginário a, aproximadamente, 80 cm de altura do piso (ver fig. 1), ressaltando-se que o protótipo encontrava-se vazio (sem mobiliário). O horário das medições foi, aproximadamente, às 9 h, hora solar. Foi utilizado um luxímetro modelo LD210, da Instrutherm, com precisão de aproximadamente 5% nas leituras. As características do céu, no momento das medições, eram de céu limpo a parcialmente encoberto, não apresentando flutuações entre sombra e radiação direta perceptíveis. Durante a medição externa, o sensor do luxímetro foi protegido da radiação solar direta e apresentava flutuações na leitura no último dígito apresentado no visor (leituras internas e externas).

Os valores de iluminância (em lux), obtidos com as medições *in loco*, são apresentados na tabela 1. Além destes valores são indicados os valores mínimos recomendados pela norma NBR 5413 (ABNT, 1992), que estabelece os valores de iluminâncias médias mínimas, para interiores, para iluminação artificial. Embora esta norma especifique valores para interiores, onde se realizem atividades de comércio, indústria e serviços, considerou-se pertinente a adoção dos valores apresentados para tarefas visuais realizadas no interior da edificação de uso residencial, tal como leitura, preparação de alimentos, costura, entre outros (tarefas comuns, que são realizadas no interior de edificações e similares a algumas atividades descritas na norma). Também se considerou válida a adoção da norma, mesmo que esta trate de iluminação artificial, uma vez que a mesma é um documento oficial e amplamente aceito, embora os valores definidos na mesma possam ser questionados em se tratando de uma edificação de uso residencial.

**Tabela 1 - Valores de iluminância obtidos *in loco*, através das medições efetuadas no protótipo Alvorada (27 outubro 2003, 9 h), e valores mínimos, recomendados pela NBR5413.**

Iluminância (lux)						
	P1 Dormitório fundos	P2 Dormitório Frente	P3 Sala	P4 Cozinha	P5 Banheiro	Superfície horizontal externa
Valores medidos	2.650	280	310	180	10	10.800
NBR5413	Leitura/ costura 500	Leitura/ costura 500	Leitura/ costura 500	Preparo de alimentos 300	100	—

### 2.1 Aplicação do Método do Fluxo Dividido

O Método do Fluxo Dividido, para predição de iluminação natural disponível no interior das edificações, e foi adotado para a norma de iluminação natural (ABNT, 2003), considera que a luz natural pode chegar ao interior de uma edificação através de três trajetórias: diretamente do céu (Componente Celeste - CC), através de reflexão por uma superfície externa (Componente de Reflexão

Externa - CRE) e através de reflexão por uma superfície interna (Componente de Reflexão Interna - CRI). A soma destas três componentes, corrigidas por fatores de redução devido à perda de transmissividade através de vidros ( $K_T$ ), fator de manutenção relacionado à limpeza dos vidros ( $K_M$ ), fator de correção devido aos caixilhos, grades e brises ( $K_C$ ), resulta em um índice de contribuição de iluminação natural (CIN), em determinado ponto, no interior da edificação (conforme a equação 01, apresentada abaixo).

$$CIN = (CC + CRE + CRI) \times K_T \times K_M \times K_C \quad [\text{Eq. 01}]$$

A iluminância em um ponto de interesse, no interior da edificação, pode ser obtida como um percentual da iluminação disponível exteriormente a partir de uma expressão que relaciona CIN,  $E_P$  (iluminância disponível no ponto P interior) e  $E_{Hext}$  (iluminância disponível num ponto exterior a mesma altura do ponto P e considerando-se a abóbada celeste desobstruída e sem iluminação direta do sol). Desta forma, a partir da geometria do ambiente e características das aberturas, pode-se encontrar, através do CIN e  $E_{Hext}$ , a iluminância disponível no ponto P, interior, devida à iluminação natural (conforme equação 02, abaixo).

$$CIN = \frac{E_P}{E_{Hext}} \times 100 \quad [\%] \quad [\text{Eq. 02}]$$

O Projeto de Norma apresenta um método que, a partir deste modelo, utiliza Diagramas de Contribuição Relativa de Luz (DCRLs), para determinar a contribuição devida à cada parcela da abóbada celeste, para situação de céu claro ou céu encoberto. A abóbada celeste é representada através de sua projeção estereográfica, sendo que a projeção da abertura também é feita usando-se o mesmo sistema de projeção. Os dois diagramas (abóbada celeste e abertura) são sobrepostos, fazendo-se então a contagem dos percentuais (ou contribuições relativas) de iluminação abarcados pela abertura. Este procedimento é repetido de forma similar para os três componentes (CC, CRE e CRI).

Para o protótipo Alvorada, através do Método do Fluxo Dividido, foram simulados 4 pontos (ver figs. 2 e 3): dormitório fundos (P1), dormitório frente (P2), sala / cozinha (dois pontos, P3 e P4). Não foram feitas simulações para o banheiro através deste método. Para os dormitórios, estes pontos foram tomados como equidistantes das paredes laterais à janela e sobre o eixo das mesmas (no centro do compartimento). Para a sala e cozinha, afastados 1,5 m das paredes Norte e Sul que delimitam este ambiente. Foram simuladas duas situações de céu: céu claro, com altitude solar de 45° correspondendo, aproximadamente, ao horário solar de 9 h da manhã do dia 27 de outubro (tomou-se o diagrama de altura solar mais próximo ao horário em que foi efetuada a medição, uma vez que a norma apresenta diagramas variando de 15° em 15°). A tabela 2 apresenta os valores que foram adotados para a simulação.

**Tabela 2 - Condições adotadas para simulação, através do Método do Fluxo Dividido.**

Parâmetros	Valores adotados
Condições de céu	Céu claro e céu encoberto
Refletância das superfícies internas	0,30 (pisos cerâmicos, paredes em alvenaria de tijolos à vista ou argamassa sem reboco e forro em madeira cedrinho)
Altura do plano de trabalho	0,80 m
Coef. de transmissividade dos vidros $K_T$	1,00
Coeficiente de manutenção dos vidros $K_M$	0,90
Coeficiente de caixilhos $K_C$	0,50
Refletância de superfícies externas $\rho_{obs}$	0,30 (copa de vegetação de médio porte verde escuro)
Iluminância global sobre uma superfície vertical externa voltada à Leste em lux $E_{sv}$	52.000 lux (9:00 h, céu parcialmente encoberto) (Scarazzato apud Vianna & Gonçalves, 2001, p. 307)
Iluminância difusa sobre uma superfície horizontal externa em lux $E_h$	10.800 lux (medido <i>in loco</i> )

Concomitante aos valores adotados (e apresentados na tabela 2), considerou-se as obstruções de céu, devido ao pergolado sobre aberturas do dormitório da frente e da janela oeste da sala/cozinha, como integrante da CRI.

Na tabela 3, são apresentados os valores encontrados com a aplicação do método (CIN e níveis de iluminância em lux), para céu encoberto e céu claro, bem como os valores obtidos através das medições *in loco* (em lux) e os valores recomendados pela norma NBR5413.

**Tabela 3 - Resultados encontrados através do Método do Fluxo Dividido e das medições *in loco*.**

		Pontos			
		P1 Dormitório Fundo	P2 Dormitório Frente	P3 Sala/ cozinha	P4 Sala/ Cozinha
Céu encoberto	CIN (5)	3,1	7,7	2,2	2,2
	Nível de iluminância (lux)	180,21	448,48	126,55	240,57
Céu claro	CIN (%)	11,4	2,3	2,3	1,5
	Nível de iluminância (lux)	667,18	246,90	132,97	164,41
Medições <i>in loco</i>	CIN (%)	2,4	0,26	0,29	0,17
	Nível de iluminância (lux)	2.650	280	310	180
Valores recomendados pela NBR5413 (lux)		500	500	500	300

Os valores apresentados na tabela anterior, para a estimativa com o Método do Fluxo Dividido, mostram-se diferentes daqueles medidos *in loco*. Essa diferença pode estar associada às aproximações efetuadas, principalmente no que se refere às condições de céu, que na situação real, era parcialmente encoberto, ou nas limitações do equipamento utilizado nas medições. Na continuidade desta pesquisa, buscar-se-á levantar valores para condições de céu claro e encoberto para uma melhor comparação entre os resultados medidos e estimados. A impossibilidade de reprodução exata das condições do céu é um dos principais empecilhos para a estimativa das condições reais, pois as condições de céu são bastante mutáveis e difíceis de reproduzir através de modelos. Nota-se que para as luminâncias nos pontos P2 e P4 são maiores para céu encoberto do que para céu claro. Isto porque o modelo pressupõe uma distribuição uniforme segundo o centro do diagrama no primeiro caso, e uma maior concentração na abóbada celeste de contribuições nas proximidades da posição aparente do sol, para o segundo caso. Isto faz com que as aberturas voltadas a Norte e Oeste (correspondentes aos pontos P2 e P4) possuam um maior número de contribuições relativas para céu encoberto do que para céu claro. Outro aspecto que pode influenciar a diferença entre as medições e as simulações diz respeito aos diagramas DCRLs, que variam segundo a altura solar de 15° em 15°, podendo não haver um diagrama que corresponda exatamente ao horário medido, adotando-se o DCRL mais próximo, o que aconteceu neste experimento. No caso do ponto P1, o valor medido no local está bem acima dos valores simulados, isto porque, no momento da medição, a radiação solar estava incidindo diretamente sobre o piso, aumentando a reflexão interna.

Comparando-se os valores obtidos com a estimativa e com a medição feita no local, para a situação específica simulada neste estudo, o método do fluxo dividido subestima os valores de iluminação natural, obtida no interior dos compartimentos para os todos os pontos, a exceção dos pontos P2 e P4 para céu encoberto.

Ao se comparar as medições *in loco* com os valores recomendados pela NBR5413, observa-se que apenas no dormitório voltado à Leste, para o horário e data medidos, é satisfeito o limite mínimo de iluminância. Já pelas simulações, apenas o ponto P1, céu claro apresenta valor de iluminância acima do valor recomendado pela norma.

Supondo-se que estes valores permanecessem superestimados para uma situação mais geral, e isto só poderá ser comprovado a partir de medições completas (ao longo do ano e em diferentes horários do dia), o uso do método, para dimensionamento de aberturas, poderia fazer com que as mesmas não

fossem projetadas de forma adequada a garantir uma iluminação natural satisfatória, ou seja, as aberturas seriam superdimensionadas.

## 2.2 Aplicação do Método do Gráfico de Fator de Luz Diurna

O Método do Gráfico de Fator de Luz Diurna (descrito por EVANS & SCHILER, 1989), para estimativa de iluminação natural disponível no interior das edificações, também considera que a luz natural pode chegar ao interior de uma edificação através de três trajetórias: diretamente do céu (CC), através de reflexão por uma superfície externa (CRE) e através de reflexão por uma superfície interna (CRI), tal como o Método do Fluxo Dividido. A soma destes três componentes, corrigidos por fatores de redução devido a obstruções nas aberturas, e qualidade da transparência dos vidros, resulta em um índice, chamado de Fator de Luz Diurna (FLD), em determinado ponto, no interior da edificação. A iluminância, neste ponto, pode ser obtida como uma parcela da iluminação disponível exteriormente, a partir de uma expressão que relaciona FLD,  $E_p$  (iluminância disponível no ponto P interior) e  $E_{V_{ext}}$  (iluminância disponível sobre o plano que contém a abertura considerando dia do ano, horário e orientação da mesma).

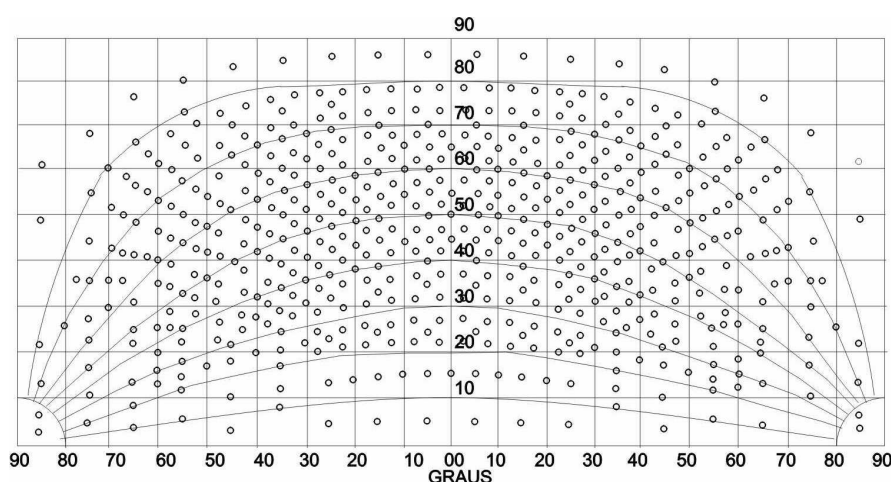


Figura 4 - Gráfico do Fator de Luz Diurna.

Para este método, a abóbada celeste é representada pelo gráfico de Fator de Luz Diurna da fig. 4. A partir dos ângulos formados entre o ponto estudado e os limites verticais e horizontais das aberturas (verga, peitoril e laterais), desenha-se a máscara de obstrução correspondente aos elementos externos à edificação, que barram total, ou parcialmente, a visão do céu. Após este procedimento, os pontos localizados dentro dos limites da máscara são contabilizados.

Cada ponto localizado dentro dos limites de visão, desenhados sobre o gráfico da figura 4, corresponde a 0,05% de contribuição da iluminação existente no exterior (multiplicados pelos fatores de correção específicos de cada componente).

Este procedimento é repetido de forma similar para os três componentes (CC, CRE e CRI). Através da sua soma e dos fatores de correção, chega-se à contribuição de iluminação natural (FLD). Uma vez encontrado o FLD, pode-se encontrar  $E_p$ , desde que conhecido  $E_{V_{ext}}$  para a data e horários específicos, bem como a orientação específica.

Para este método foram simulados 5 pontos no interior do protótipo Alvorada (ver figs. 1 e 2): dormitório dos fundos (P1), dormitório da frente (P2), sala/cozinha (P3 e P4) e banheiro (P5). Para os dormitórios e banheiro, determinou-se um ponto no centro do compartimento, a 80 cm de altura do piso. Para a sala e cozinha, da mesma forma que no método anterior, optou-se por marcar dois pontos afastados das paredes Norte e Sul (1,50 m). A simulação comparativa foi efetuada para a manhã do dia 27 de outubro (9 h, horário solar). A tabela 4 apresenta alguns dos valores gerais, que foram adotados no cálculo.

Para o cálculo da componente de reflexão externa, as principais obstruções consideradas foram: pérgula, beirais e árvores, os quais influenciaram nas aberturas do dormitório da frente, sala, cozinha e banheiro.

**Tabela 4 - Condições adotadas para estimativa através do Método do Gráfico de Fator de Luz Diurna.**

Parâmetros	Valores adotados
Condições de céu	céu encoberto
Altura do plano de trabalho	0,80 m
Fator de reflexão do piso	0,30 para a cerâmica marrom clara 0,40 para a cerâmica branca do banheiro
Fator de reflexão da parede	0,30 para os tijolos cerâmicos 0,40 para os azulejos brancos e azuis do banheiro
Fator de correção (para tamanho do compartimento)	Adotou-se o valor 1 para todos os compartimentos
Fator de correção para a reflexão do teto	0,30 (lambri de madeira escuro)
Fator de correção para o vidro	1,00 para o vidro transparente 0,90 para vidro cancelado (banheiro)
Coefficiente de manutenção dos vidros e paredes	0,90 para todos
Coefficiente de caixilhos	Valores variaram de 0,44 a 0,58 conforme a janela
Iluminância sobre uma superfície vertical externa leste, às 9:00h, durante o verão	52.000 lux (Scarazzato apud Vianna & Gonçalves, 2001)
Iluminância sobre uma superfície vertical externa norte, às 9:00h, durante o verão	15.600 lux (Scarazzato apud Vianna & Gonçalves, 2001)
Iluminância sobre uma superfície vertical externa oeste, às 9:00h, durante o verão	7.900 lux (Scarazzato apud Vianna & Gonçalves, 2001)

Na tabela 5, são apresentados os valores encontrados com a aplicação do método para céu encoberto, bem como os valores obtidos através das medições *in loco* (em lux).

**Tabela 5 - Resultados encontrados através do Método do Gráfico de Fator de Luz Diurna e através das medições *in loco*.**

		Pontos				
		P1 Dormit. Fundo	P2 Dormit. frente	P3 Sala/ Cozinha	P4 Sala/ Cozinha	P5 Banheiro
Condições de Céu encoberto	Percentual de iluminação natural interno no ponto (em relação ao exterior)	1,75	1,49	1,59	1,25	0,17
	Nível de iluminância (lux)	912	232	243	151	14
Medições <i>in loco</i>	Nível de iluminância (lux)	2.650	280	310	180	10
Valores recomendados pela NBR5413 (lux)		500	500	500	300	100

Os valores apresentados na simulação ficaram próximos dos valores encontrados nas medições *in loco*, com exceção do ponto P1, onde houve uma diferença cerca de 3 vezes maior no valor medido em



relação ao valor estimado. Isto porque no momento da leitura do luxímetro havia incidência de radiação solar direta nesse cômodo, o que pode ter aumentado os níveis de iluminância no interior do mesmo, enquanto que a estimativa considera céu encoberto. O método apresenta algumas limitações no que se refere, por exemplo, ao cálculo de iluminação durante um dia de céu claro, já que permite apenas a estimativa para céu encoberto (portanto, com uma contribuição de iluminação externa mais homogênea). Deve-se observar também, que o método não considera a cor das superfícies externas, no cálculo da CRE.

Por tratar-se de um método gráfico, podem ocorrer situações em que os pontos do gráfico estejam sobrepostos à linha limite da abertura, causando dúvidas a respeito da consideração ou não desses pontos no cômputo geral (neste estudo, os pontos que coincidiram com as linhas de definição de bordas de aberturas foram contabilizados).

De acordo com a tabela 5, percebe-se que os níveis de iluminância de todos os compartimentos do protótipo Alvorada estão enquadrados nas faixas abaixo dos 3% da iluminação externa, ou seja, escuros ou muito escuros (EVANS & SCHILER, 1989) e, com exceção do ponto P1 (dormitório voltado para leste), não atingem o mínimo recomendado pela NBR5413.

Além disso, devido ao modelo de céu encoberto ser suposto homogêneo, em relação ao ponto central, era de se esperar que os níveis de iluminância simulados para os pontos P2, P3 e P4 fossem maiores, pois correspondem a áreas de aberturas maiores do que a área de abertura do dormitório correspondente ao ponto P1. No entanto, este não é o resultado obtido através do método.

A tabela 6 que se segue sintetiza os resultados obtidos com os dois métodos, as medições *in loco* e os valores recomendados pela NBR 5314.

**Tabela 6 – Resultados comparativos entre os dois métodos, valores medidos *in loco* e valores indicados na NBR5413.**

Método	Iluminâncias (lux)				
	(diferença absoluta entre valor simulado e valor medido)				
	P1	P2	P3	P4	P5
Fluxo dividido – céu encoberto	180 (2.470)	448 (168)	127 (183)	241 (61)	-
Fluxo dividido – céu claro	667 (1.983)	247 (33)	133 (177)	164 (16)	-
Fator de Luz Diurna	912 (1.738)	232 (48)	243 (67)	151 (29)	14 (4)
Medições <i>in loco</i>	2.650	280	310	180	10
NBR5413	500	500	500	300	100

### 3. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Através dos resultados obtidos neste estudo inicial, o Método de Fator de Luz Diurna apresenta-se mais eficaz na reprodução de valores medidos, com exceção do ponto P2, para céu claro calculado pelo Método do Fluxo Dividido. No entanto, esta afirmativa depende de um conjunto maior de medições, que permitam a verificação de possíveis discrepâncias ou erros de medição e/ou simulação. O que se pode afirmar, nesta etapa, é o grau de complexidade dos dois métodos. O Método do Fluxo Dividido, proposto pela norma, é de difícil assimilação e aplicação, podendo induzir a equívocos que podem levar a resultados inesperados. Embora, do ponto de vista das possibilidades de simulação, ser mais flexível do que o Método de Fator de Luz Diurna, este último é de fácil aplicação, principalmente se for considerado seu uso por profissionais arquitetos e engenheiros, que não são especialistas na área de conforto, embora não considere tantos parâmetros quanto o primeiro método.

Através da observação de que os níveis de iluminância medidos foram muito baixos, para todos os compartimentos do protótipo Alvorada (considerando apenas o ponto central calculado e não os

pontos próximos às janelas), sugere-se, para melhorar as condições de iluminação natural no interior dos cômodos, que as superfícies do forro sejam pintadas com cores claras, para aumentar o fator de reflexão e distribuir a luz de forma mais uniforme nestes ambientes. Da mesma forma, as paredes poderiam ser pintadas em cores claras para melhorar a distribuição da iluminação natural, através da reflexão interna.

Em novos protótipos, sugere-se também a adoção de esquadrias com menor área de caixilhos (ou com maior superfície envidraçada). Além disso, observou-se que a janela do banheiro é muito pequena e, mesmo durante o dia, os níveis de iluminação medidos mostraram-se muito baixos (10 lux às 9:00h da manhã), exigindo um acréscimo de iluminação artificial para sua utilização. Em função disso, deve-se aumentar as dimensões desta esquadria, para que o nível de iluminância do banheiro seja incrementado.

#### **4. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

- ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas (1992). NBR 5413 – Iluminância de interiores. Associação Brasileira de Normas Técnicas. Rio de Janeiro. 13p.
- ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas (2003). Iluminação Natural: Parte 3: Procedimento de cálculo para a determinação natural em ambientes internos. Rio de Janeiro. 35p.. Disponível em: <<http://www.labee.ufsc.br>>. Acesso em: junho 2005.
- EVANS, Martin; SCHILER, Silvia. (1989). Diseño Bioambiental y Arquitectura Solar. Universidad de Arquitectura e Urbanismo de Buenos Aires. Buenos Aires. 186 p.
- VIANNA, Nelson Solano; GONÇALVES, Joana Carla. (2001). Iluminação e arquitetura. Virtus. São Paulo. 326p.