



DETERMINAÇÃO DO POTENCIAL DE APROVEITAMENTO DA LUZ NATURAL PARA O PRÉDIO DO NÚCLEO DE DESENVOLVIMENTO INFANTIL DA UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA

¹L Lino; ^{2,3}M Souza ; ^{1,3}M Tavares Leite & ^{1,2}F O R Pereira

Universidade Federal de Santa Catarina

¹Curso de Pós-Graduação em Engenharia Civil

²Curso de Pós-Graduação em Engenharia de Produção

³Fundação Federal Universidade de Rio Grande

88.040-900.- Florianópolis/SC - Brasil

e-mail: lino@intergate.com.br, ctimbs@eps.ufsc.br, ecv3mdl@ecv.ufsc.br,
feco@arq.ufsc.br

RESUMO O uso da luz natural produz efeitos biológicos e psíquicos positivos na vida das pessoas. Aumentar a eficiência energética significa diminuir custos e, conservar energia, reduz a probabilidade de falta da eletricidade. A atitude de aliar economia de energia com bem estar das pessoas além de atitude racional pressupõe especialmente, no caso do Brasil, respeito à natureza. Esta pesquisa objetiva investigar a economia de energia com o aproveitamento da luz natural no prédio do NDI da Universidade Federal de Santa Catarina utilizando o método Potencial de Aproveitamento da Luz Natural – PALN, baseado no "Daylight Utilization Factor" – DUF. As salas de aula apresentaram altos níveis de iluminação natural e a partir dos resultados verificou-se o potencial de economia de energia elétrica com o uso de sistemas integrados de iluminação natural e artificial .

ABSTRACT The use of the natural light produces biological and psychic effects positive in the people's life. Increase the energy efficiency means to reduce costs and, to conserve energy reduces the probability of lack of the electricity. The attitude of allying energy's economy with well be of the people besides rational attitude especially presupposes, in the case of Brazil, respect to the nature. This research objectives to investigate the economy of energy with the use of the natural light in the building of NDI of the Federal University of Santa Catarina using the method Potential of Advantage of the Natural Light – PALN, based on Daylight Utilization Factor–DUF. The classrooms presented high levels of natural illumination and from the results was verified the potential of economy of eletric energy with the use of integrated systems of natural and artificial illumination.

1 Introdução

O impasse criado com a necessidade do homem de utilizar a energia nas suas atividades diárias e, o reconhecimento universal da inoportuna atitude de construção de novas usinas geradoras com agressão ao meio ambiente e prejuízos sociais com o deslocamento de grande contingente de pessoas de seu habitat, traduzido pelas represas no caso das hidroelétricas, escassez de matéria prima, altos custos operacionais e de investimento e a conseqüente redução a nível orçamentário com os investimentos em saúde, educação e outros serviços de competência do poder público, têm indicado o caminho da necessidade de economizar energia, mudando de forma substancial as atitudes tecnológicas no setor energético. Tais procedimentos devem incluir o aproveitamento tanto quanto possível da salutar e eficiente luz natural, utilizando a iluminação artificial apenas como complemento.

No que diz respeito ao aproveitamento da luz natural vale lembrar suas variáveis naturais como: disponibilidade em relação à posição geográfica local, situação do entorno, época do ano, horário do dia, condições de céu, e variáveis arquitetônicas inerentes à edificação como: entorno, forma, função, fechamentos, necessidades e sistema de iluminação, contraste e ofuscamento.

Num sistema de iluminação a eficiência energética relaciona-se diretamente com duas variáveis: o tempo de utilização e a potência instalada do sistema artificial. Assim, o aproveitamento da luz natural através da utilização de sistemas de controle da iluminação artificial pode diminuir o tempo de utilização do sistema artificial. Os sistemas automáticos de controle de múltiplos passos e os dimerizáveis apresentam-se como uma opção a utilizar-se em sistemas integrados de iluminação natural e artificial e como uma solução altamente eficaz na redução do consumo de energia aliado à qualidade da iluminação.

O método do Potencial de Aproveitamento da Luz Natural - PALN, baseado no "Daylight Utilization Factor" – DUF, Robbins (1986) para integração de sistemas de iluminação natural e artificial, constitui-se num instrumento de avaliação, aplicação e geração de resultados, capazes de traduzir a possibilidade do uso da luz natural como fonte de energia e produtora dos necessários níveis de iluminamento nos ambientes, a fim de que nos momentos da sua disponibilidade, promova o desligamento das fontes artificiais e conseqüentemente se economize energia.

O presente estudo reporta-se à sala de aula, ambiente escolar onde professores e estudantes desempenham suas tarefas de ensinar e aprender. Isto sugere, a conjugação de iluminação geral e de tarefa. Projetos escolares que incluem a luz do dia no sistema de iluminação estão priorizando e respeitando a natureza dos seus ocupantes e contribuindo para a economia de energia.

2 O objeto de estudo - NDI

O campus da UFSC, como toda cidade, foi absorvendo ao longo da sua implantação, as mais variadas tipologias arquitetônicas, reflexo, cada uma delas, da época em que foram construídas, das tendências, de cada momento: sócio, político, cultural e econômico. Precipuamente, o objeto de estudo deveria oferecer uma tipologia preocupada com o uso da luz natural e que incluísse a sala de aula no seu contexto. As

premissas revelaram no cenário arquitetônico do campus o prédio do NDI - Núcleo de Desenvolvimento Infantil, (Figura 1) entidade ligada à UFSC e voltada à educação de infantes na faixa etária de 3 meses a 6 anos. É quatro o total de salas de aula, sendo duas em cada fachada. Para a simulação foi utilizada uma sala de aula representativa. A implantação do edifício (Figura 2), com o eixo longitudinal (norte/sul) sugere comportamento similar na orientação leste/oeste nos períodos manhã/tarde e vice-versa e portanto o estudo pode ser estendido para as demais salas.

O sistema de iluminação artificial nas salas de aula é composto por 6 luminárias, cada uma com 2 lâmpadas fluorescentes de 40 W, que utilizam reatores convencionais de 24 W, resultando 104 W de potência para o conjunto (lâmpadas + reator). O sistema de controle é o liga/desliga manual com dois interruptores e, cada um aciona três luminárias enfileiradas paralelamente às janelas.

Observações "in loco" e entrevistas com os usuários revelaram que o sistema permanece ligado praticamente durante todo o período de utilização (08h00min às 18h00min), mesmo nos instantes em que a luz natural é suficiente para o desenvolvimento das atividades.

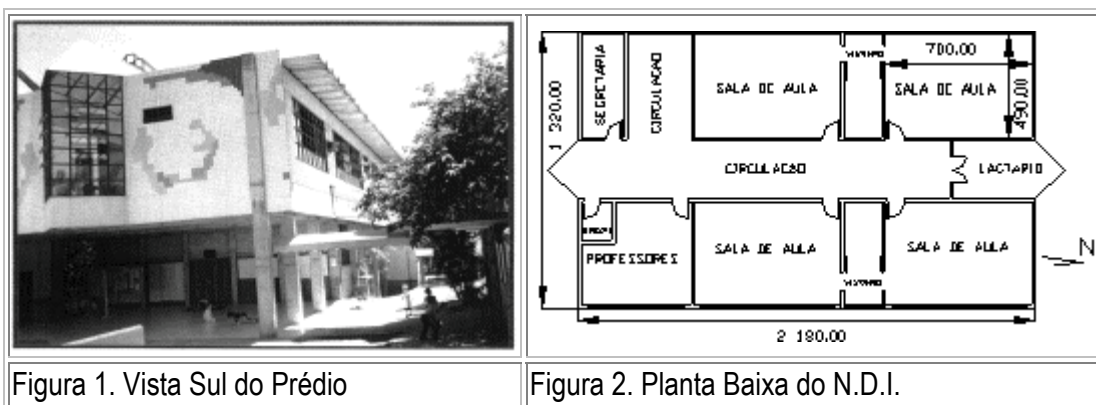


Figura 1. Vista Sul do Prédio

Figura 2. Planta Baixa do N.D.I.

3 Metodologia

A aplicação de um questionário , levantou questões gerais e pontificou impressões pessoais dos usuários, inclusive a administração da escola. Relativamente à sala de aula, somente os professores, nos dois turnos, foram entrevistados enquanto ao corpo discente foi feita lesta argüição.

Os projetos arquitetônico e elétrico da edificação e observações "in loco" indicaram as características físicas dos ambientes, tais como: dimensões, cores (paredes, teto e piso), localização e tamanho das janelas, mobiliário e sistema de iluminação artificial.

A simulação foi feita no programa computacional Lumen Micro 7.5 e a análise dos resultados através de planilhas produzidas no programa Excel. Estas ferramentas possibilitaram os procedimentos para a definição das zonas de iluminação, a estratégia de controle da iluminação artificial e o calculo do PALN.

3.1 Zonas de iluminação

As zonas de iluminação são caracterizadas por áreas que apresentam uma distribuição de iluminâncias com características similares. O tamanho da zona dependerá da configuração da abertura, das condições de céu, e do período (mês, dia e hora).

Utilizando-se de código computacional Lumen Micro 7.5, foi simulado o ambiente para as três condições de céu (claro, parcial e encoberto) nos dias representativos de cada período analisado, tais como: verão, primavera, inverno e outono, a estimativa da distribuição de iluminâncias foi realizada para três horários: um ao meio dia (12h00min) e os outros, três horas antes (09h00min) e três horas depois do meio dia (15h00min).

As zonas foram definidas utilizando-se do critério de razão 3 ($r = 3$) entre a iluminância máxima e a mínima; a sala foi dividida em duas zonas de iluminação. A primeira zona, próxima à janela, com uma largura de 3,30 m (2/3 da largura da sala) e a segunda com 1,60 m (1/3 da largura da sala).

Utilizando-se o programa computacional Lumen Micro 7.5, foram realizadas simulações nas zonas para a verificação dos níveis de iluminação. Nestas simulações buscou-se determinar as iluminâncias máxima, mínima e média.

Na simulação considerou-se 7 000 lux como indicativo de radiação solar direta. Estas ocorrências obrigam nova simulação com a adoção de elemento de controle (um vidro difuso por exemplo).

3.2 Estratégias de controle da Iluminação Artificial

O tipo mais comum de controle do sistema de iluminação artificial é o controle manual de dois passos (liga/desliga). Porém, quando pretende-se realizar a integração entre os sistemas de iluminação artificial e natural, é preciso ir mais além, utilizando-se sistemas automáticos de múltiplos passos ou sistemas dimerizáveis, que devem ser projetados com base nos critérios e necessidade de iluminação (iluminância média, ocupação da sala, tipos de tarefa, etc.), pois só eles garantirão que a iluminação artificial será desligada quando a luz natural fornecer iluminâncias suficientes e requeridas pelas atividades a serem desenvolvidas.

A escolha da estratégia de controle apropriada é mais importante que a definição do tamanho e localização das zonas, pois a redução do consumo de energia elétrica gasta em iluminação em uma determinada zona, dependerá desta estratégia. Podem ser utilizadas três tipos de estratégias de controle em qualquer zona de uma sala:

- Interruptor liga/desliga automático;
- Interruptor de passo automático;
- Dimerização contínua automática.

Embora o interruptor liga/desliga seja uma forma de interruptor de passo, os dois são distintos por apresentarem características de desempenho diferentes. Com o interruptor liga/desliga, não se consegue valores de iluminâncias intermediários entre o totalmente escuro, e a iluminância máxima fornecida pelo sistema artificial. As características diferenciadas no desempenho como: a impossibilidade de iluminâncias intermediárias no liga/desliga, distingue os dois.

3.3 Cálculo do Percentual de Aproveitamento da Luz Natural (PALN)

O percentual de aproveitamento da luz natural (PALN), é a variável utilizada para avaliar e comparar o desempenho das diversas opções de controle; através dela também é possível estimar a quantidade de energia economizada com a utilização da luz natural. Determinar o PALN, é estabelecer dentro do horário de utilização do ambiente o período no qual a luz natural poderá substituir ou complementar a luz artificial, o qual é dado pela Equação 1:

$$PALN = PALN_s + PALN_c \quad (1)$$

Onde:

PALN - Percentual de aproveitamento da luz natural;

PALN_s- Percentual de aproveitamento da luz natural por substituição da iluminação elétrica;

PALN_c- Percentual de aproveitamento da luz natural por complementação da iluminação elétrica.

Após determinados os percentuais de aproveitamento da luz natural (PALN), para as três condições de céu, determinou-se os percentuais ponderados (PALN_p) que consideram as probabilidades de ocorrência de cada tipo de céu.

Na estratégia de controle dimerizável, a iluminância mínima fornecida pelo sistema era de 10% do valor da iluminância de projeto, com um consumo de 40% da potência instalada apresentando uma variação linear. Para a verificação de aproveitamento ou não da luz natural, adotou-se a iluminância média da zona para comparação com a iluminância de projeto. Como iluminância de projeto adotou-se 500 lux, conforme recomenda a NBR 5413.

Calculados os percentuais de aproveitamento da luz natural ponderados de cada zona (PALN_p), determinou-se os percentuais de aproveitamento da luz natural para a sala (PALN_{SALA}). Para determinação do PALN_{SALA} é necessário considerar a área de cada zona e

calcular um valor ponderado. A sala de aula do NDI foi dividida em duas zonas de iluminação. A primeira zona possui uma área de 23,10 m² e a segunda 11,20 m².

Com os dados de disponibilidade de luz natural para o ano inteiro, foi feita uma análise para estimar o percentual de aproveitamento da luz natural (PALN), para quatro estratégias de controle de passo (liga/desliga, três passos, quatro passos e cinco passos) e uma dimerizável.

A tabela 1, apresenta a estratégia de controle automático dimerizável.

Tabela 1 - Cálculo do PALN para a estratégia de controle automático dimerizável

Zona: 2 Dia: 15 de Junho						
		Tipo de céu: Encoberto				
		E_{LN}	$E_{LN} \geq E_P$	$E_{LN} < E_P$	E_{LA}	E_{TOT}
08h00min	500	235	0	0,31	265	500
09h00min	500	370	0	0,49	130	500
10h00min	500	469	0	0,60	50	519
11h00min	500	527	1	0	0	527
12h00min	500	540	1	0	0	540
13h00min	500	506	1	0	0	506
14h00min	500	428	0	0,57	72	500
15h00min	500	311	0	0,41	189	500
16h00min	500	164	0	0,22	336	500
17h00min	500	0	0	0	500	500
18h00min	500	0	0	0	500	500
		Σ	3	2,6		
$PALN_S = 0,273$ $PALN_C = 0,236$ $PALN = 0,509$						

A Tabela 2, apresenta o resumo do potencial de economia com a utilização da luz natural, quando aproveitada nas zonas e na sala como um todo.

Tabela 2 - Potencial de economia da luz natural para diversas estratégias de controle.

	Percentual de Aproveitamento da Luz Natural [%]		
	Zona 1	Zona 2	Sala
Liga / Desliga	87	73	82
3 passos	88	78	85
4 passos	89	82	87
5 passos	89	83	87
Dimerizável	89	81	87

4 Conclusões

As simulações no Lumen Micro confirmaram as suspeitas da verificação "in loco" e, indicou grande potencial de economia de energia, na medida em que a iluminação artificial permanecia ligada durante todo o período de funcionamento, mesmo nos momentos em que a luz natural era visivelmente abundante e, capaz de fornecer níveis de iluminação suficientes para a realização das tarefas no ambiente.

Com os dados de disponibilidade de luz natural para as zonas de iluminação e a iluminância de projeto, foi feita uma análise para diversas estratégias de controle do sistema de iluminação artificial: 4 estratégias de passo e 1 dimerizável, onde foram obtidos percentuais de aproveitamento da luz natural que variaram entre 73% a 89% para as zonas e, de 82% a 87% para a sala. A variação muito pequena, entre as estratégias de controle liga/desliga e a dimerizável na zona 1 (2%), deve-se a dois aspectos: o primeiro, em razão da zona 1 estar próxima à janela, o nível de iluminação natural na maioria das horas é superior a iluminância de projeto e, o segundo, deve-se ao fato de que o sistema dimerizável consome uma elevada parcela de energia mesmo quando fornece baixíssimos níveis de iluminação (40% da potência para níveis de iluminação iguais ou menores que 10% da iluminância de projeto). Na zona 2, a diferença entre estas duas estratégias aumenta para 8%, pois os níveis de luz natural caem bastante a medida em que a zona se afasta da fonte (janela lateral), fazendo com que uma estratégia dimerizável tenha melhores resultados que as estratégias de passo. A economia proporcionada por um sistema dimerizável poderá ser ainda maior, caso se utilize um sistema que tenha uma potência mínima de partida menor que os 40% que foram utilizados, mesmo assim, o sistema dimerizável é o recomendado no caso específico.

Os procedimentos do presente estudo são característicos e próprios para "retrofit" na medida em que investigou uma edificação concluída. A integração dos sistemas de iluminação natural/artificial pode garantir um real potencial de economia desde a fase inicial de projeto, pré determinando estratégias de controles automáticos.

A relação custo/benefício, a garantia dos níveis mínimos de iluminação e, a economia de energia, são variáveis que podem vislumbrar as respostas que se espera do sistema de iluminação. Estas variáveis definem a tecnologia e os controles de melhor custo efetivo dentro do orçamento do projeto, e devem nortear a escolha da estratégia de controle a ser adotada.

Em determinados momentos eram constatados altos níveis de iluminação natural, mesmo assim, as lâmpadas permaneciam acesas. Os sistemas de controle automático são os únicos que garantem a eficiência de uma estratégia de integração natural/artificial ? Se isto é uma atitude resultante da cultura ou se a iluminação artificial reduz o gradiente lumínico é questão a ser aprofundada. O estudo foi feito objetivando apurar o potencial de economia de energia com a redução do uso da potência instalada em uma edificação específica escolar com o sistema já existente. A melhor estratégia para os diversos tipos de sistemas de iluminação é da mesma forma questão que pode ser investigada.

5 Referência Bibliográfica

Robbins, C.L. (1986): Daylighting: design and analysis, Van Nostrand Reinhold, New York.

ABNT. (1991): Iluminação de Interiores – Procedimentos, Associação Brasileira de Normas

Técnicas, Rio de Janeiro.