

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA
CENTRO TECNOLÓGICO - CTC
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ARQUITETURA E URBANISMO

AMÉRICO HIROYUKI HARA

**ADAPTAÇÃO ÀS CONDIÇÕES DE
ILUMINAÇÃO NATURAL:
UMA INVESTIGAÇÃO DA ATITUDE DO USUÁRIO
SOBRE A ILUMINAÇÃO ARTIFICIAL
EM SALAS DE AULA**

FLORIANÓPOLIS, SETEMBRO DE 2006.

AMERICO HIROYUKI HARA

ADAPTAÇÃO ÀS CONDIÇÕES DE ILUMINAÇÃO NATURAL: UMA INVESTIGAÇÃO DA ATITUDE DO USUÁRIO SOBRE A ILUMINAÇÃO ARTIFICIAL EM SALAS DE AULA

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Arquitetura e Urbanismo da universidade Federal de Santa Catarina para a obtenção do título de Mestre em Arquitetura e Urbanismo.

Área de Concentração:

Comportamento ambiental e eficiência energética das edificações

Orientador:

Profº Ph.D Fernando Oscar Ruttkay Pereira

FLORIANÓPOLIS, 2006

ADAPTAÇÃO ÀS CONDIÇÕES DE ILUMINAÇÃO NATURAL: UMA INVESTIGAÇÃO DA ATITUDE DO USUÁRIO SOBRE A ILUMINAÇÃO ARTIFICIAL EM SALAS DE AULA

Esta dissertação foi julgada e aprovada para a obtenção do grau de Mestre em Arquitetura e Urbanismo. Especialidade Tecnologia do Ambiente Construído e aprovada em sua forma final pelo Programa de Pós-Graduação em Arquitetura e Urbanismo da Universidade Federal de Santa Catarina

Prof^a Dra. Alina Santiago
(Coordenadora do Curso de Pós-Graduação em Arquitetura e Urbanismo)

COMISSÃO EXAMINADORA

Prof^o. PhD. Fernando Oscar Ruttkay Pereira
(Orientador)

Prof^o. Dr. Enedir Ghisi
(UFSC, Depto. Engenharia Civil)

Prof^a. Dra. Ana Lígia Papst de Abreu
(Unisul, Depto. Arquitetura e Urbanismo)

Prof^o. Dr. Wilson Jesus da Cunha Silveira
(PosArq/UFSC)

“A jornada que escolhemos
Não é de sossego nem de mágoas.
É o caminhar seguro e valente
Desfraldando a bandeira da esperança,
Do otimismo e da convicção!

Não faz mal que seja pouco,
O que importa é que o avanço de hoje
Seja maior que o de ontem.
Que nossos passos de amanhã
Sejam mais largos que os de hoje.”

Daisaku Ikeda

Dedicatória

A meu pai, ***Tsuneyuki Hara*** (*in memorium*),
à minha mãe, ***Kiyomi Hara***
e aos meus irmãos,
Margarida,
Michel,
Emílio
e ***Elizabete.***

AGRADECIMENTOS

O desenvolvimento deste trabalho não seria possível sem a ajuda dos meus familiares e amigos.

Agradeço particularmente aos meus pais, meu pai Tsuneyuki Hara (*in memorium*) e minha mãe, Kiyomi Hara.

Agradeço aos meus irmãos, Margarida Mayumi Hara, Michel Kiyoshi Hara, Emílio Satoshi Hara e Elizabete Massumi Hara.

Agradeço ao professor Fernando Oscar Ruttkay Pereira pelo apoio, orientação e compreensão durante o período de mestrado.

Ao laboratório de Conforto Ambiental (Labcon) da Universidade Federal de Santa Catarina pelo empréstimo dos equipamentos sem o qual não seria possível a realização da pesquisa.

Agradeço aos colegas do Labcon que proporcionaram um ambiente saudável.

Às pessoas que integram o Programa de Pós-graduação em Arquitetura e Urbanismo (PósArq/UFSC).

Aos amigos de Poços de Caldas, Minas Gerais.

Ao amigo Leandro Antunes Berti e sua família que me acolheram desde quando cheguei em Florianópolis.

Aos companheiros da BSGI, pela amizade e apoio.

À Daniela Hara, Beatriz Albana Rettore e Andréia Balz, que me apoiaram sempre, em todos os momentos.

E às inúmeras pessoas que contribuíram direta e indiretamente para o meu desenvolvimento.

SUMÁRIO

Lista de figuras	v
Lista de tabelas	vii
Lista de símbolos e siglas	viii
Resumo	ix
Abstract	x

CAPÍTULO 1 – INTRODUÇÃO

1.1. CONSIDERAÇÕES INICIAIS	12
1.2. ILUMINAÇÃO E CONSUMO DE ENERGIA	13
1.3. CONTEXTUALIZAÇÃO E JUSTIFICATIVA	14
1.4. A PESQUISA	15
1.5. OBJETIVOS	16
1.5.1. OBJETIVO GERAL	16
1.5.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS	16
1.6. ESTRUTURA DO TRABALHO	17

CAPÍTULO 2 – REVISÃO DE LITERATURA

2.1. CONSIDERAÇÕES INICIAIS	19
2.2. GRANDEZAS FOTOMÉTRICAS	19
2.3 O SISTEMA VISUAL HUMANO	21
2.3.1. OS MOVIMENTOS DOS OLHOS	22
2.3.2. MECANISMOS DE ADAPTAÇÃO	23
2.4. ILUMINAÇÃO NO AMBIENTE CONSTRUÍDO	25
2.4.1. ILUMINAÇÃO NATURAL NO AMBIENTE CONSTRUÍDO.....	25
2.4.1.1. A ADMISSÃO E DISTRIBUIÇÃO DA LUZ NATURAL NO AMBIENTE CONSTRUÍDO	26
2.4.1.2. QUANTIFICAÇÃO DA LUZ NATURAL NO AMBIENTE CONSTRUÍDO	30
2.4.2. A ILUMINAÇÃO ARTIFICIAL	32
2.4.2.1. LÂMPADAS	33
2.4.2.2. LUMINÁRIAS	34
2.4.2.3. SISTEMAS DE CONTROLE	36
2.4.3. A ILUMINAÇÃO EM AMBIENTES ESCOLARES	37
2.4.4. CONSIDERAÇÕES FINAIS SOBRE A SESSÃO	38
2.5. ATITUDE DO USUÁRIO SOBRE O SISTEMA DE ILUMINAÇÃO ARTIFICIAL	38
2.5.1. A PRÉ-ADAPTAÇÃO VISUAL DO USUÁRIO	48
2.5.2. CONSIDERAÇÕES FINAIS SOBRE A SESSÃO	51

CAPÍTULO 3 – METODOLOGIA

3.1. CONSIDERAÇÕES INICIAIS	53
3.2. OS OBJETOS DE ESTUDO	53
3.2.1. ARQUITETURA E URBANISMO: CORREDOR E SALA ARQ-07	54
3.2.2. CENTRO DE COMUNICAÇÃO E EXPRESSÃO: CORREDOR E SALA 248	56
3.2.3. NÚCLEO DE DESENVOLVIMENTO INFANTIL: CORREDOR E	

SALA 5A	58
3.3. AS VARIÁVEIS INVESTIGADAS E INSTRUMENTAÇÃO	60
3.4. ELABORAÇÃO DOS EXPERIMENTOS	61
3.4.1. A INSTALAÇÃO DOS APARELHOS HOBO LIGHT ON/OFF	62
3.4.2. AS MEDIÇÕES DE ILUMINÂNCIA VERTICAL NO PLANO DA FACE DO USUÁRIO E AS DE ILUMINÂNCIA HORIZONTAL	65
3.4.3. REGISTRO FOTOGRÁFICO	69
3.5. TRATAMENTO DOS DADOS	69
3.6. CONSIDERAÇÕES FINAIS	69

CAPITULO 4 – ANÁLISE DOS DADOS E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

4.1. CONSIDERAÇÕES INICIAIS	71
4.2. A ATITUDE DO USUÁRIO E AS CONDIÇÕES DE ILUMINAÇÃO: ANÁLISE DOS RESULTADOS	71
4.2.1. ARQUITETURA E URBANISMO – PERÍODO MATUTINO	72
4.2.2. ARQUITETURA E URBANISMO – PERÍODO VESPERTINO	75
4.2.3. CENTRO DE COMUNICAÇÃO E EXPERSSÃO – CCE	79
4.2.4. NÚCLEO DE DESENVOLVIMENTO INFANTIL – NDI	82
4.3. A ATITUDE DO USUÁRIO E AS CONDIÇÕES DE ILUMINAÇÃO: DISCUSSÃO DOS RESULTADOS	85
4.4. O ACIONAMENTO DO SISTEMA DE ILUMINAÇÃO: ANÁLISE E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS	91
4.5. OBSERVAÇÕES A RESPEITO DA ATITUDE DO USUÁRIO	94

CAPÍTULO 5 – CONCLUSÃO

5.1. INTRODUÇÃO	97
5.2. CONCLUSÕES	98
5.3. CONCLUSÃO SOBRE A METODOLOGIA	100
5.4. LIMITAÇÕES DA PESQUISA	101
5.5. RECOMENDAÇÕES PARA TRABALHOS FUTUROS	101

REFERÊNCIAS BIBLIOGRAFIAS	102
APÊNDICE 1	105
APÊNDICE 2	107
APÊNDICE 3	129

LISTA DE FIGURAS

CAPÍTULO 1

Figura 1-01	Espectro eletromagnético	12
Figura 1-02	Fatores que conformam os três estratos do comportamento de um usuário no aproveitamento energético da luz natural	16

CAPÍTULO 2

Figura 2-01	Ângulo sólido	19
Figura 2-02	Luxímetro para medição de iluminância	20
Figura 2-03	Luminâncímetro para medição de luminâncias	20
Figura 2-04	Seção horizontal do olho	21
Figura 2-05	Campo visual dos dois olhos	23
Figura 2-06	Campo visual e os ângulos na vertical	23
Figura 2-07	Sensibilidade dos cones e bastonetes	24
Figura 2-08	Os componentes da iluminação natural	25
Figura 2-09	Iluminação zenital: distribuição uniforme da luz natural	26
Figura 2-10	Distribuição da luz realizada por abertura lateral	26
Figura 2-11	Distribuição da luz segundo a forma da janela: vertical e horizontal	27
Figura 2-12	Simulação da distribuição da luz natural no programa computacional SUPERLITE	28
Figura 2-13	Distribuição da luz natural no interior do ambiente para diferentes refletâncias	30
Figura 2-14	Classificação das luminárias segundo a CIE	35
Figura 2-15	Luminária, curvas de distribuição luminosa e rendimento	35
Figura 2-16	Recomendações de refletâncias para as superfícies internas de uma sala de aula	37
Figura 2-17	Probabilidade de acionamento por iluminância mínima no plano de trabalho para os ambientes monitorados	40
Figura 2-18	Curva representativa ajustada segundo um coeficiente de correlação	40
Figura 2-19	Curva Horária da probabilidade de acionamento para os 365 dias do ano	41
Figura 2-20	Curva de fator de luz de diurna para fator de orientação de 1.0	42
Figura 2-21	Curva de probabilidade de acionamento	43
Figura 2-22	Ocorrência de CELN e Dfo	46
Figura 2-23	Limites para a probabilidade de acionamento calculado em função da iluminância média na sala e no corredor e os limites para um bom projeto de iluminação	50
Figura 2-24	Sujeito com um fotômetro (luxímetro) acoplado na região frontal da cabeça	50

CAPÍTULO 3

Figura 3-01	Arquitetura e Urbanismo	53
Figura 3-02	Centro de Comunicação e Expressão	53
Figura 3-03	Núcleo de Desenvolvimento Infantil	53
Figura 3-04	Corredor da Arquitetura e Urbanismo	55
Figura 3-05	Sala ARQ-07: vista da janela	55

Figura 3-06	Corredor do CCE com luz predominantemente artificial	56
Figura 3-07	Sala 248 e janela horizontal	57
Figura 3-08	Iluminação zenital no corredor	58
Figura 3-09	Sala 5A do Núcleo de Desenvolvimento Infantil	58
Figura 3-10	Película no vidro da janela da sala 5A	59
Figura 3-11	Sensor Hobo <i>light on/off</i>	60
Figura 3-12	Saída de dados do sensor Hobo: acionamento e desligamento das lâmpadas	61
Figura 3-13	Organograma do levantamento de dados de iluminância	62
Figura 3-14	Medições na Sala ARQ-07 na Arquitetura e Urbanismo: as luminárias destacadas em cinza indicam onde foram instalados os aparelhos Hobo light on/off.....	63
Figura 3-15	Instalação do aparelho Hobo light on/off na luminária L1	63
Figura 3-16	Medições na sala 248 no Centro de Comunicação e Expressão ...	64
Figura 3-17	Localização dos sensores hobo light on/off na sala 5A do Núcleo de Desenvolvimento Infantil	65
Figura 3-18	Suporte desenvolvido para medir a quantidade de luz que chega no plano da face do usuário	66
Figura 3-19	Aferição do suporte	66
Figura 3-20	Indicação dos pontos na Arquitetura e Urbanismo	67
Figura 3-21	Marcação no piso para o levantamento de dados	67
Figura 3-22	Pontos Ev1 e Ev2 no corredor	68
Figura 3-23	Pontos Ev3 e Ev4 na sala	68
Figura 3-24	Planilha desenvolvida para o levantamento de dados de iluminância vertical e horizontal	68

CAPÍTULO 4

Figura 4-01	Distribuição das iluminâncias horizontais – período matutino da Arquitetura e Urbanismo	73
Figura 4-02	Gráfico das Iluminâncias verticais no período matutino da Arquitetura e Urbanismo	74
Figura 4-03	Distribuição das iluminâncias horizontais – período vespertino da Arquitetura e Urbanismo	77
Figura 4-04	Gráfico das iluminâncias médias nos dois períodos da Arquitetura e Urbanismo	78
Figura 4-05	Gráfico das Iluminâncias verticais no período vespertino da Arquitetura e Urbanismo	79
Figura 4-06	Distribuição das iluminâncias horizontais no Centro de Comunicação e Expressão	81
Figura 4-07	Gráfico das Iluminâncias verticais - Centro de Comunicação e Expressão	82
Figura 4-08	Distribuição das iluminâncias horizontais no Núcleo de Desenvolvimento Infantil	83
Figura 4-09	Gráfico das iluminâncias verticais - Núcleo de Desenvolvimento Infantil	84
Figura 4-10	Iluminância vertical em todos os ambientes	86
Figura 4-11	Gráfico das relações de iluminância vertical de todos os ambientes	89
Figura 4-12	Gráfico das relações das iluminâncias verticais e acionamento	91

LISTA DE TABELAS

Tabela I	Uso final de eletricidade para edifícios no Brasil segundo o PROCEL (1993)	10
Tabela II	Quantidade mínima de pontos a serem medidos	32
Tabela III	Orientação para comparação e escolha de lâmpadas	34
Tabela IV	Variação do coeficiente CELN segundo o tipo de local analisado ..	47
Tabela V	Desperdício por fator ocupacional em diferentes ambientes	48
Tabela VI	Informações gerais dos objetos de estudo	60
Tabela VII	Dados tratados para o período matutino da Arquitetura e Urbanismo	72
Tabela VIII	Dados tratados para o período vespertino da Arquitetura e Urbanismo	76
Tabela IX	Dados tratados do Centro de Comunicação e Expressão	80
Tabela X	Dados tratados do Núcleo de Desenvolvimento Infantil	83
Tabela XI	Relação de iluminâncias verticais do período matutino da Arquitetura e Urbanismo	87
Tabela XII	Relação de iluminâncias verticais do período vespertino da Arquitetura e Urbanismo	87
Tabela XIII	Relação de iluminâncias verticais do Centro de Comunicação e Expressão	88
Tabela XIV	Relação de iluminâncias verticais do Núcleo de Desenvolvimento Infantil	88
Tabela XV	Acionamento e tipo de acionamento no período matutino da Arquitetura e Urbanismo	92
Tabela XVI	Atitude do usuário sobre o sistema de iluminação artificial	92
Tabela XVII	Tipo de acionamento do sistema de iluminação	93

LISTA DE SÍMBOLOS E SIGLAS

Lm: lúmen, unidade de medida de fluxo luminoso (ϕ)

LUX: unidade de medida da iluminância

Cd: Candela, unidade de medida de intensidade luminosa

Cd/m²: candela por metro quadrado, unidade de medida de luminância

FLD: Fator de luz diurna ou *daylight factor* - razão entre a iluminação natural num determinado ponto num plano horizontal interno devido à luz recebida direta ou indiretamente da abóbada celeste com uma distribuição de luminâncias conhecida, e a iluminação num plano horizontal externo produzida pela abóbada celeste totalmente desobstruída, expressa como uma porcentagem

ARQUITETURA E URBANISMO: Edifício do curso de Arquitetura e Urbanismo da Universidade Federal de Santa Catarina

CCE: Edifício do Centro de Comunicação e Expressão da Universidade Federal de Santa Catarina

NDI: Edifício do Núcleo de Desenvolvimento Infantil localizado da Universidade Federal de Santa Catarina

Log₁₀: logarítmo na base 10

m: metro

m²: metro quadrado

cm: centímetro

mm: milímetro

mm²: milímetro quadrado

h: hora

min: minuto

s: segundos

ms: milisegundos

PROCEL: Programa de Conservação de Energia Elétrica do governo brasileiro

CIE: Commission International d'Eclairaige

IBGE: Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística

IEA: International Energy Agency

IESNA: Illuminating Engineering Society of North America

CIBSE: The Chartered Institution of Building Services Engineers

W: Watt

RESUMO

A energia não é economizada pela disponibilidade da luz natural no ambiente interno, mas da atitude do usuário sobre o sistema de iluminação artificial. A atitude do usuário sobre o sistema de iluminação artificial está relacionada com a iluminância no ambiente interno. O ser humano não percebe a luz de forma absoluta como os sensores dos luxímetros e luminancímetros, dessa forma, somente a disponibilidade da luz no plano horizontal não é suficiente para explicar a atitude do usuário. Nesse sentido, sugere-se que as condições de iluminação no espaço de transição influenciam na atitude do usuário sobre o sistema de iluminação artificial. O objetivo do estudo é investigar a atitude do usuário sobre o sistema de iluminação artificial em ambientes escolares considerando a adaptação do usuário às condições de iluminação no espaço de transição e de permanência. A metodologia consistiu na caracterização das condições de iluminação no espaço de transição e de permanência por meio do levantamento de dados das iluminâncias verticais (que caracteriza a iluminância no plano da face do usuário) e horizontais e do acionamento das lâmpadas no início da ocupação. Os objetos de estudo escolhidos foram o edifício do curso de Arquitetura e Urbanismo, do Centro de Comunicação e Expressão (CCE) e do Núcleo de Desenvolvimento Infantil (NDI), todos localizados no campus da Universidade Federal de Santa Catarina. Na Arquitetura e Urbanismo foi possível realizar medições nos períodos matutino e vespertino, enquanto que no CCE e no NDI, as medições ocorreram somente em um período do dia. Na análise dos dados, o acionamento do sistema de iluminação foi relacionado com as iluminâncias verticais e horizontais. Os resultados dos gráficos indicam que somente a iluminância no plano horizontal não explica a atitude do usuário sobre o sistema de iluminação e que a iluminação no espaço de transição influencia na atitude do usuário de acionar o sistema de iluminação artificial. O estudo permite concluir que a metodologia adotada apresenta uma forma de investigar a atitude do usuário sobre o sistema de iluminação, e a relação entre iluminância vertical entre os espaços de transição e de permanência pode ser um outro parâmetro que ajuda a explicar a atitude do usuário.

PALAVRAS-CHAVE: atitude do usuário, adaptação visual, iluminação em corredores e em salas de aula, iluminação natural e artificial.

ABSTRACT

In interior spaces, the electric energy is not saved by daylight but by the users attitude on manual artificial lighting systems. Later studies indicates that users attitude is related upon daylight level. As the human being do not perceive light in an absolut way as does luximeters and luminancimeters, but in relative one, this suggests that the users attitude on manual lighting systems control do not depend only on horizontal illuminance. It is suggested that lighting in passageways can affect users adaptation and attitude when they enter the room. The study has the objective to research upon users attitude on manual lighting control systems considering their adaptation to lighting levels in corridors and classrooms. A method was developed to relate users attitude upon manual lighting control systems to vertical and horizontal illuminance. Vertical illuminance measurements were taken at 1,70m height to indicate light quantity which reaches users face. The users attitude on manual lighting system were collected by hobo light on/off data loggers. The study was conducted in three classrooms located in three buildings at the Universidade Federal de Santa Catarina, one located at the Arquitetura e Urbanismo building, one at the Centro de Comunicação e Expressão building (CCE) and one, at the Núcleo de Desenvolvimento Infantil building (NDI). Data analysis was based on the relation between light switch on occurrence and vertical and horizontal illuminance. The results indicate a relationship between users attitude on manual lighting control systems and lighting levels in passageways and in the rooms. The conclusions is that the methodology developed presents a way to investigate users attitude on manual lighting control systems; the horizontal illuminance alone can not explain users attitude; and the relation between vertical illuminances (the quantity of light which reaches ursers faces) in passageways and in the rooms can support to explain users attitude.

KEY-WORDS: users attitude, visual adaptation, lighting in corridors and rooms, daylight and artificial light.

CAPÍTULO 1

INTRODUÇÃO

- 1.1. CONSIDERAÇÕES INICIAIS**
- 1.2. ILUMINAÇÃO E CONSUMO DE ENERGIA**
- 1.3. CONTEXTUALIZAÇÃO E JUSTIFICATIVA**
- 1.4. A PESQUISA**
- 1.5. OBJETIVOS**
- 1.6. ESTRUTURA DA DISSERTAÇÃO**

1.1. CONSIDERAÇÕES INICIAIS

Nos primórdios da civilização, o homem definiu o dia como sendo o período de atividade e a noite como de descanso e, dessa forma, as atividades se restringiam basicamente durante o dia, enquanto havia a luz do sol. Posteriormente, a partir de outras fontes de luz, como a lamparina, as velas, as lâmpadas, etc, o homem começou a estender suas atividades além do dia.

A luz é primordial ao ser humano, pois, através dela é possível extrair as informações do ambiente externo e realizar as tarefas visuais.

A luz proveniente do sol é denominada luz natural e constitui parte da radiação solar. Os comprimentos de onda na faixa entre 380nm a 780nm são capazes de excitar o sistema olho-cérebro. Além da luz, a radiação solar é composta pela radiação ultra-violeta e infra-vermelha. A radiação infra-vermelha é percebida sob forma de calor enquanto a radiação ultra-violeta é bastante conhecida pelos efeitos nocivos sobre a pele humana, sendo o câncer de pele uma das mais graves doenças decorrentes da exposição excessiva à tal radiação (IESNA, 2000).

A figura 1-01 apresenta o espectro eletromagnético e destaca os comprimentos de onda que compõem a luz natural que vão desde o vermelho até o violeta. Pode-se observar também os comprimentos de onda da radiação ultra-violeta e infra-vermelha.

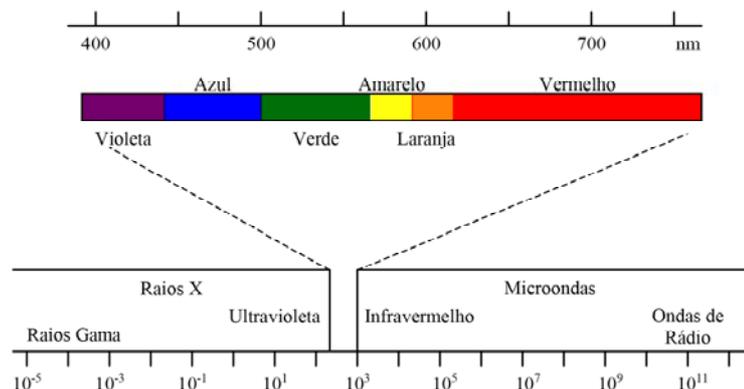


Figura 1-01. Espectro eletromagnético (comprimentos de onda em nanômetros). Fonte: Pereira e Souza, 2000.

Notadamente, a luz natural apresenta uma característica de constante variabilidade de intensidade devido à presença de nuvens e também à trajetória do sol na abóbada celeste. A primeira ocasiona mudanças bruscas na quantidade de luz enquanto que a segunda define os períodos matutino e vespertino, permitindo a

noção da passagem do dia. Além disso, a variabilidade da luz natural também pode ser observada ao longo do ano de uma forma mais tênue, definindo as estações de primavera, verão, outono e inverno.

Por outro lado, a luz produzida pela lâmpada se caracteriza pelo fluxo luminoso praticamente contínuo ao longo de sua vida útil, proporcionando a criação de um ambiente com iluminação praticamente invariável para o usuário. Durante o dia, esse tipo de luz é utilizada como complemento à luz natural e, à noite, torna-se a principal fonte de luz para a realização das atividades, estando disponível a partir de uma simples ação do usuário sobre o interruptor.

1.2. ILUMINAÇÃO E CONSUMO DE ENERGIA

Segundo Boyce (1998), a luz natural é preferida à luz artificial, pois, preenche necessidades psicológicas, devido aos estímulos causados pela sua variabilidade e capacidade de oferecer boa visão. Esta relaciona-se à intensidade e à representação das cores com fidelidade.

A preferência à luz natural também está associada a presença de janelas que permitem seu ingresso e o contato visual com o exterior.

Além disso, estudos indicam que a luz natural possui um potencial de economia de energia elétrica (SOUZA, 1995; 2003; BOGO e PEREIRA, 1997; GHISI e LAMBERTS, 1997) ao dispensar o uso da luz artificial, reduzindo a carga de refrigeração e concomitantemente contribuindo na qualidade do ambiente luminoso (PEREIRA, F., 1995).

Apesar das vantagens e benefícios da luz natural, evidências indicam que a iluminação artificial representa uma parcela bastante significativa no consumo de energia elétrica de uma edificação, a ponto de ser o segundo item mais considerado no total dos gastos (TOLEDO, 1995). Segundo o PROCEL (1993), o consumo de energia elétrica em iluminação em edifícios com ar-condicionado representa 24% do total podendo chegar a 70% do total e o segundo item de maior consumo de energia em edifícios com ar condicionado (tabela I).

Em Florianópolis, estudos realizados por Ghisi (1997) demonstram que a iluminação é responsável por 63% do consumo anual de energia elétrica do campus da Universidade Federal de Santa Catarina.

Tabela I. Uso final de eletricidade para edifícios no Brasil segundo o PROCEL (1993).

Porcentual de uso final	Edifícios com ar condicionado	Edifícios sem ar condicionado
Ar condicionado	48%	-
Iluminação	24%	70%
Equip. Escritório	15%	16%
Elev./Bombas	13%	14%

O uso da luz artificial está relacionada à disponibilidade da luz natural no interior do ambiente construído. Segundo Boyce (1998), o uso da luz artificial também está associado ao desconforto térmico e visual devido à incidência direta dos raios solares. Nesta situação, o usuário bloqueia o ingresso da luz natural e aciona a artificial.

Nesse sentido, o usuário é o elemento chave quando se busca economizar energia elétrica. Conforme ressalta Leslie (2003), a admissão de luz natural não implica diretamente na economia de energia, mas sim a abstenção do usuário de ligar a luz artificial.

1.3. CONTEXTUALIZAÇÃO E JUSTIFICATIVA

Em espaços onde o acionamento é realizado pelos usuários, identificou-se que estes costumam acionar o sistema de iluminação mesmo quando a quantidade de luz é suficiente e atende às normas brasileiras, conforme foi observado no edifício do Núcleo de Desenvolvimento Infantil (NDI) por Pereira (2001) e também no edifício do Departamento de Arquitetura e Urbanismo, ambos localizados na Universidade Federal de Santa Catarina.

Estudos realizados por Hunt (1979) demonstram que a atitude do usuário sobre o sistema de iluminação artificial está relacionada com o fator de luz diurna, índice que representa a razão entre uma quantidade de luz em qualquer ponto no interior de um ambiente e a quantidade externa.

O estudo de Hunt (1980), serviu de base para o desenvolvimento de um método de probabilidade da quantidade de horas de uso da iluminação artificial em edifícios com controle de acionamento manual.

Entretanto, Assaf e De Wilde (2000) ao confrontar os resultados obtidos a partir do monitoramento do acionamento das lâmpadas e segundo o estudo de Hunt (1980) obtiveram diferenças significativas.

Segundo Assaf e Pereira (2003) estes resultados indicam que somente o nível de iluminância horizontal não é suficiente para explicar a atitude do usuário sobre o sistema de iluminação artificial.

Nesse sentido, Lynes, Littlefair e Slater (1997), sugerem que a atitude do usuário é influenciada pelo brilho das superfícies e pela adaptação do usuário à iluminação no corredor antes de entrar na sala, denominado de *pré-adaptação*.

No que se refere ao brilho das superfícies, o estudo de Pereira, R. (2001) identificou que a iluminação artificial no ambiente construído contribuiu para a distribuição da luz pelo interior do mesmo, diminuindo o contraste entre o brilho das superfícies e equilibrando a direção da luz proveniente das janelas.

Estes dados apontam para o seguinte fato: porquê o usuário aciona a luz artificial? Além disso, identifica-se a falta de pesquisas que demonstrem a influência da iluminação na atitude do usuário sobre o sistema de iluminação, no que se refere à pré-adaptação.

1.4. A PESQUISA

Neste estudo foi considerado de extrema relevância a observação de que a iluminação nos espaços de transição possui significativa influência na percepção do usuário das condições de iluminação nos espaços de permanência. Isto porque o sistema visual humano se adapta continuamente às mais diversas condições de iluminação e sua percepção da iluminação não é absoluta como é registrado pelos aparelhos de medição (luxímetro e luminômetro), mas relativa.

A figura 1-02 identifica os diferentes níveis relacionados aos fatores que influenciam na percepção e atitude do usuário sobre o sistema de iluminação. As condições de iluminação no espaço (nível físico) condicionam a adaptação visual do usuário (nível fisiológico), que se reflete na sua atitude (nível psico-social).

O presente estudo pode ser explicado baseando-se na figura 1-02: a iluminação no corredor – nível físico – influencia na adaptação visual do usuário – nível fisiológico – e, conseqüentemente, na percepção visual que o usuário terá da sala logo após seu ingresso, o qual pode ser observado na sua atitude sobre o sistema de iluminação – nível psico-social.

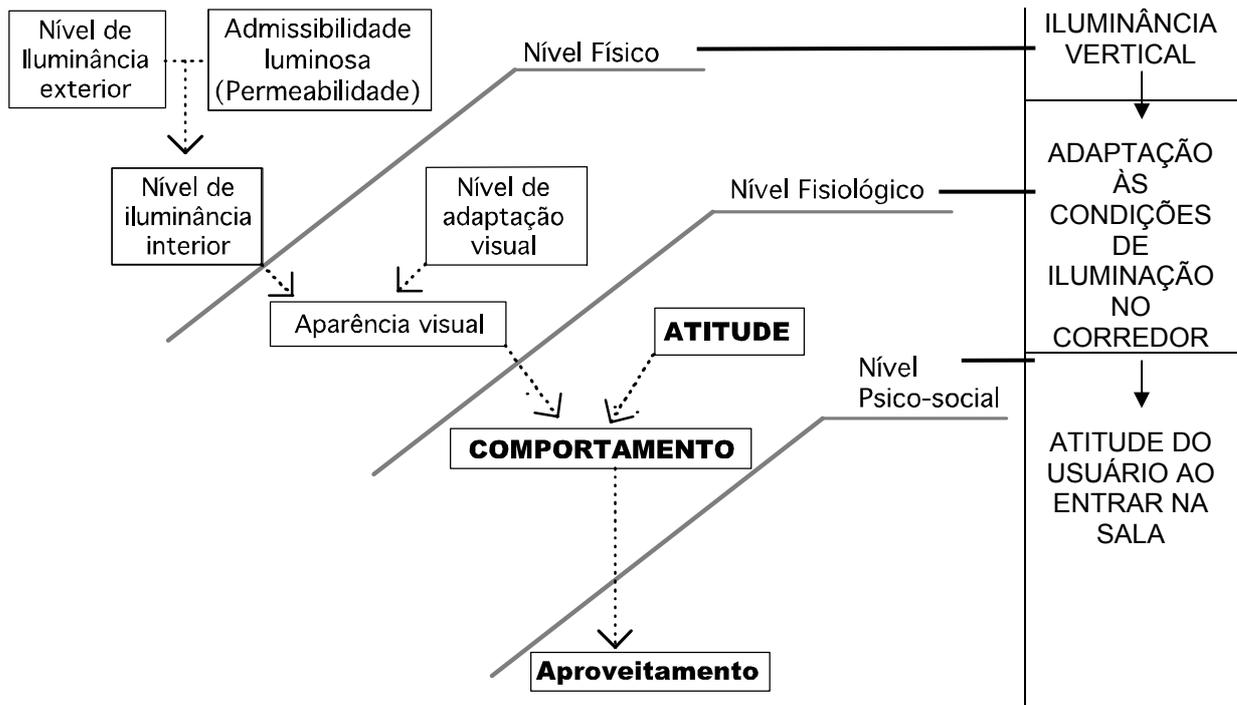


Figura 1-02. Fatores que conformam os três estratos do comportamento de um usuário no aproveitamento energético da luz natural. Modificado de Assaf e Pereira, 2003

Dessa forma, considerando-se a estreita relação existente entre o sistema de iluminação, a adaptação e a atitude do usuário, a presente pesquisa é um estudo exploratório que investiga a interação do usuário com o sistema de iluminação artificial.

1.5. OBJETIVOS

1.5.1. Geral

Investigar a atitude do usuário sobre o sistema de iluminação artificial em salas de aula considerando sua adaptação às condições de iluminação no espaço de transição.

1.5.2. Específicos

- desenvolver um procedimento para efetuar a investigação em ambientes reais;
- relacionar as condições de iluminação no espaço de transição e de permanência e a atitude do usuário;
- identificar uma relação entre a iluminação no espaço de transição e de permanência;

1.6. ESTRUTURA DA DISSERTAÇÃO

O primeiro capítulo, conforme apresentado anteriormente, faz uma breve descrição do tema abordado, a justificativa e os objetivos a atingir.

O segundo capítulo trata do levantamento bibliográfico e constitui o referencial teórico para o desenvolvimento da pesquisa.

O terceiro capítulo abrange a metodologia da pesquisa, sobre a coleta dos dados. A metodologia foi desenvolvida com base no levantamento teórico e adaptada para atingir os objetivos da pesquisa.

No quarto capítulo, constam a análise dos dados e a discussão dos resultados com base na referência bibliográfica.

O quinto capítulo apresenta as conclusões do estudo: a atitude do usuário sobre o sistema de iluminação quando adaptado às condições de iluminação no espaço de transição, sobre a metodologia adotada. Apresenta as limitações da pesquisa e as recomendações para trabalhos futuros.

CAPITULO 2

REVISÃO DE LITERATURA

2.1. CONSIDERAÇÕES INICIAIS

2.2. GRANDEZAS FOTOMÉTRICAS

2.3. O SISTEMA VISUAL HUMANO

2.4. ILUMINAÇÃO NO AMBIENTE CONSTRUÍDO

**2.5. O USUÁRIO E A ATITUDE SOBRE O SISTEMA DE ILUMINAÇÃO
ARTIFICIAL**

2.1. CONSIDERAÇÕES INICIAIS

Neste capítulo é apresentado o embasamento teórico necessário para o desenvolvimento da pesquisa. O capítulo está dividido em quatro seções: a primeira trata das grandezas fotométricas; a segunda parte apresenta o sistema visual humano e o processo de adaptação visual; a terceira parte trata da iluminação no ambiente construído: a iluminação natural e a iluminação artificial; e, na quarta seção são apresentados estudos que envolvem a atitude do usuário sobre o sistema de iluminação artificial.

2.2. GRANDEZAS FOTOMÉTRICAS

O ramo da ciência que estuda os fenômenos físicos da luz é conhecida como fotometria. A fotometria estuda a emissão e a propagação da luz por meio das grandezas fotométricas, sendo elas: o fluxo luminoso, a intensidade luminosa, a iluminância e a luminância (IESNA, 2000).

O fluxo luminoso representado por ϕ , é a quantidade luz emitida por uma fonte em qualquer direção. Sua unidade de medida no Sistema Internacional (SI) é o lúmen - lm. O fluxo luminoso (ϕ) emitido por uma fonte luminosa em uma determinada direção dentro de um esterradiano (ω) define a intensidade luminosa. Um esterradiano é definido como um ângulo sólido cuja área superficial é igual ao quadrado de seu raio, conforme está ilustrado na figura 2-01.

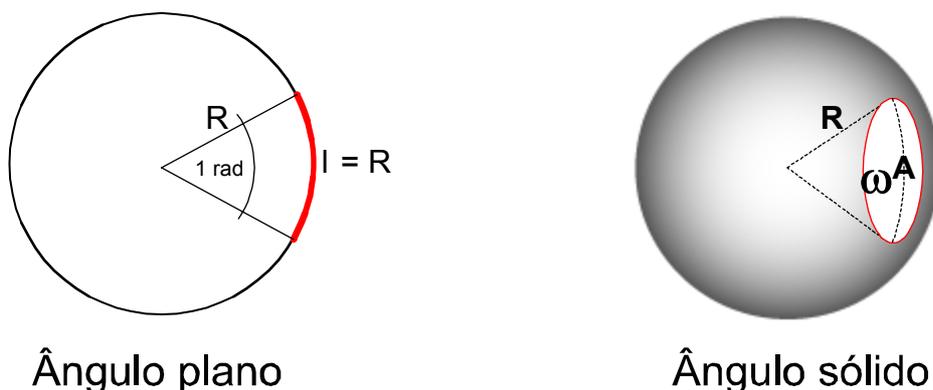


Figura 2-01. Ângulo sólido.

A iluminância ou nível de iluminação é representada por E , e indica o fluxo luminoso incidente por unidade de área, sendo medida em lúmens/m^2 ou lux. Mais precisamente, é a quantidade de 1 lúmen contido em ângulo sólido de

abertura correspondente a 1 esterradiano que incide perpendicularmente sobre a superfície de 1m^2 de área (IESNA, 2000).

As medições de iluminância sobre um plano qualquer, seja horizontal, vertical ou inclinado são realizadas por meio do luxímetro, aparelho que consiste de um sensor fotométrico conectado a um mostrador (figura 2-02).



Figura 2-02. Exemplo de luxímetro para medição de iluminância.

A luminância, representada por L , é o parâmetro que quantifica a sensação proporcionada pelo brilho de uma superfície percebido pelo olho sendo medida por meio do luminancímetro, em candelas por unidade de área (cd/m^2). O luminancímetro é um aparelho cujo ângulo de abertura para medir a luminância situa-se entre $0,33^\circ$ até 20° e quanto menor o ângulo de abertura maior é a precisão da leitura (figura 2-03).



Figura 2-03. Exemplo de luminancímetro para medição de luminâncias.

Os procedimentos para as medições de iluminância e de luminância são descritos pela norma brasileira NBR-15215-4 (ABNT, 2004).

2.3. O SISTEMA VISUAL HUMANO

O sistema visual humano é composto pelo sistema olho-cérebro ligado pelo nervo ótico. O olho é freqüentemente comparado a uma câmera fotográfica que apresenta um sistema de lentes que corresponde ao cristalino; um sistema de abertura variável, à pupila; e, o filme, à retina (GUYTON; HALL, 1997). O sistema de lentes é composto pela córnea, humor aquoso, cristalino e humor vítreo, sendo responsável pela acomodação e acuidade visual¹ (figura 2-04).

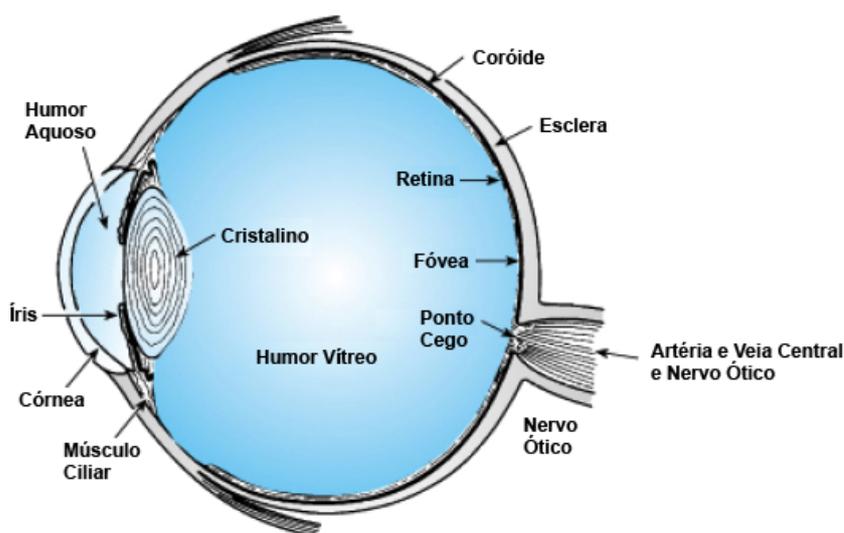


Figura 2-04. Secção horizontal do olho. A distância aproximada da córnea até a retina é de 24mm. A espessura da coróide é aproximadamente de 0,05mm e da esclera de 1,0mm. Fonte: IESNA, 2000.

A íris regula a quantidade de luz que alcança a retina através da abertura/fechamento da pupila, movimentos que são controlados pela ação dos nervos parassimpáticos em resposta à luz. Os limites do diâmetro pupilar variam de 1,5 mm a 8,0 mm o que permite à pupila responder a uma variação na quantidade de luz de até 30 vezes em uma fração de segundo (GUYTON; HALL, 1997).

Após passar pela pupila e pelo humor vítreo, a luz alcança a retina, local onde se encontram células sensíveis à luz: os cones e os bastonetes.

Os cones se concentram numa leve depressão na região central da retina, com área de aproximadamente 1mm², conhecida como região foveal, e são responsáveis pela acuidade visual. Especificamente nesta pequena região, a intensidade de luz que chega é maior, e assim, os cones detectam informações

¹ A acuidade visual é a capacidade do olho em discernir detalhes devido ao movimento do cristalino (IESNA, 2000).

com mais detalhes e sendo também sensíveis à cor. Os cones respondem a luminâncias da ordem de 3 cd/m^2 sendo denominada de visão fotópica (IESNA, 2000).

Os bastonetes são sensíveis à luz a quantidades abaixo de 3 cd/m^2 até $0,001 \text{ cd/m}^2$ e constituem a visão periférica ou visão escotópica (IESNA, 2000). Essas células se localizam na região para-foveal que compreende a maior parte da retina e conseguem detectar poucas variações na iluminação, constituindo a visão primitiva do ser humano, pois não percebem nem cores e nem detalhes.

Tanto os cones quanto os bastonetes percebem a luz através de receptores que são sensíveis praticamente em escala logarítmica à quantidade de luz (GUYTON; HALL, 1997). “Isto é extraordinariamente importante porque permite que o olho discrimine intensidades de luz ao longo de uma faixa muitos milhares de vezes mais ampla do que seria possível de outro modo” (GUYTON; HALL, 1997).

Finalmente, a luz captada pelos cones e bastonetes é codificada em pulsos elétricos e estes são enviados através do nervo ótico ao sistema nervoso central, onde as informações são processadas para a construção das imagens do ambiente externo.

2.3.1. OS MOVIMENTOS DOS OLHOS

Os movimentos dos olhos são basicamente de três formas: os movimentos sacádicos, de perseguição e de convergência. Os movimentos sacádicos são caracterizados quando o olho salta de um objeto de interesse ao outro, por exemplo, na leitura, quando o olho salta de uma linha à outra; ao se apreciar uma pintura, quando o olho salta para várias direções; ao dirigir, quando o olho se fixa de um ponto ao outro em menos de 1 segundo. Os movimentos sacádicos são tão rápidos que “não mais de 10% do tempo total é gasto no movimento, com 90% do tempo dedicado à fixação e acuidade (GUYTON; HALL, 1997). Durante os movimentos, a aquisição de informações visuais ficam bastante limitadas (IESNA, 2000).

Os movimentos de perseguição ocorrem quando os olhos permanecem fixos em um objeto em movimento, como por exemplo, quando se fixa os olhos em um pêndulo de relógio (IESNA, 2000). Os movimentos de convergência

caracterizam-se pela mudança dos ângulos entre os olhos devido à aproximação/distanciamento de um objeto qualquer (IESNA, 2000).

Associados aos movimentos, existem dois tipos de mecanismos de fixação: o primeiro, é o de fixação voluntária que permite mover os olhos até encontrar o objeto e o segundo, é um mecanismo involuntário que mantém os olhos fixados sobre o objeto encontrado e mantêm-no sempre dentro do campo de visão.

“O campo visual é uma área vista pelo olho num dado instante” (GUYTON; HALL, 1997). As figuras 2-05 e 2-06 apresentam o campo visual na horizontal e na vertical, e as regiões correspondentes a cada tipo de visão (fotópica e periférica).

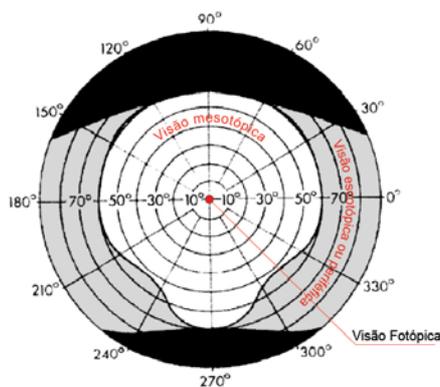


Figura 2-05. Campo visual dos dois olhos.

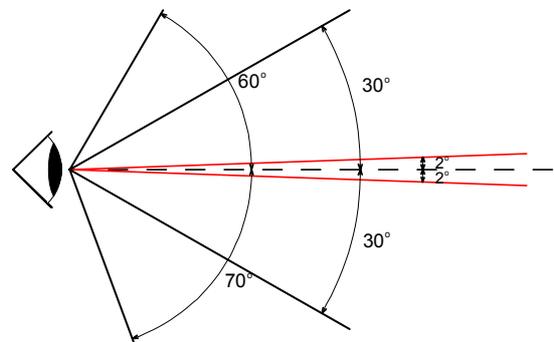


Figura 2-06. Campo visual e os ângulos na vertical.

Observa-se que o campo visual muda de acordo com o movimento dos olhos que sempre buscam algum elemento de interesse do indivíduo. Dessa forma, o sistema visual responde a mudanças bruscas de iluminação por meio de mecanismos sofisticados de adaptação, que será abordado na seção seguinte.

2.3.2. MECANISMOS DE ADAPTAÇÃO

Ao longo do dia, o sistema visual se adapta constantemente às mudanças da iluminação do ambiente externo ou interno. Essa capacidade de adaptação do sistema visual depende de três tipos de mecanismos:

a) adaptação neural: qualquer alteração inicial na iluminação aumenta a intensidade nos sinais transmitidos pelas células nervosas, constituindo uma resposta da ordem de menos de 200 ms (IESNA, 2000).

b) dilatação e contração da pupila: a quantidade de luz que penetra no olho está diretamente relacionada ao reflexo do diâmetro pupilar. A contração leva em

torno de 0.3s, sendo 5 vezes mais rápida que a dilatação, que leva aproximadamente 1,5s (IESNA, 2000). Isto indica que a adaptação da pupila é mais rápida quando se passa de um ambiente menos iluminado para outro mais iluminado.

c) adaptação foto-química: a adaptação foto-química está relacionada com a sensibilidade dos cones e bastonetes e leva mais tempo, na ordem de minutos.

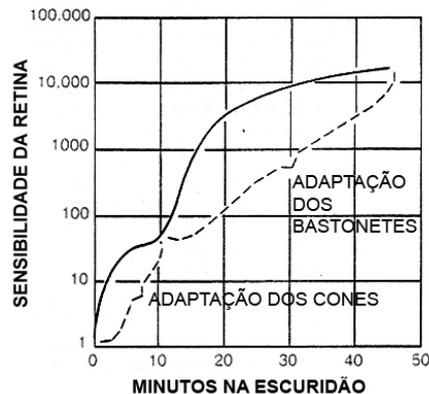


Figura 2-07. Sensibilidade dos cones e bastonetes. Fonte: Guyton e Hall, 1997.

Na figura 2-07 pode-se observar que “a porção inicial da curva é causada pela adaptação dos cones porque todos os eventos químicos da visão, inclusive a adaptação, ocorrem cerca de quatro vezes mais rapidamente nos cones que nos bastonetes” (GUYTON; HALL, 1997). Os cones atingem sua máxima sensibilidade após 10 a 12 minutos enquanto que os bastonetes levam em torno de 60 minutos (IESNA, 2000).

Porém, apesar da eficiência dos mecanismos de adaptação às variações na iluminação, existem situações nas quais a adaptação não transcorre normalmente devido à uma grande variação na quantidade de luz ou à uma grande velocidade o que causa desconforto visual, denominado de ofuscamento.

O ofuscamento ocasiona dois efeitos que podem ocorrer simultaneamente:

- perda de visibilidade (ofuscamento inabilitador) quando uma quantidade excessiva de luz provocando saturação do sistema visual, que ocorre por volta de 25.000 Cd/m^2 . Isso acontece, por exemplo, quando se olha diretamente para o sol.
- desconforto ou perturbação (ofuscamento perturbador) quando a proporção de luminâncias no campo visual excede a razão de 10:1, como por exemplo, quando se observa o reflexo de uma lâmpada no monitor do computador.

O ofuscamento perturbador não impede o desenvolvimento da tarefa visual, ao passo que o ofuscamento inabilitador impede a visibilidade momentânea e pode ser muito perigoso em certas circunstâncias.

2.4. ILUMINAÇÃO NO AMBIENTE CONSTRUÍDO

Há duas formas de promover a iluminação do ambiente, através de aberturas que permitem o ingresso da luz proveniente direta ou indiretamente do sol (iluminação natural) e por meio de um aparato que converte energia elétrica em luz (iluminação artificial).

2.4.1. ILUMINAÇÃO NATURAL NO AMBIENTE CONSTRUÍDO

A iluminação no ambiente interno é resultado de várias reflexões da luz natural, sendo distinguidos três caminhos principais pelos quais a luz alcança um ponto no interior: a componente celeste, a componente refletida externa e a componente refletida interna (figura 2-08).

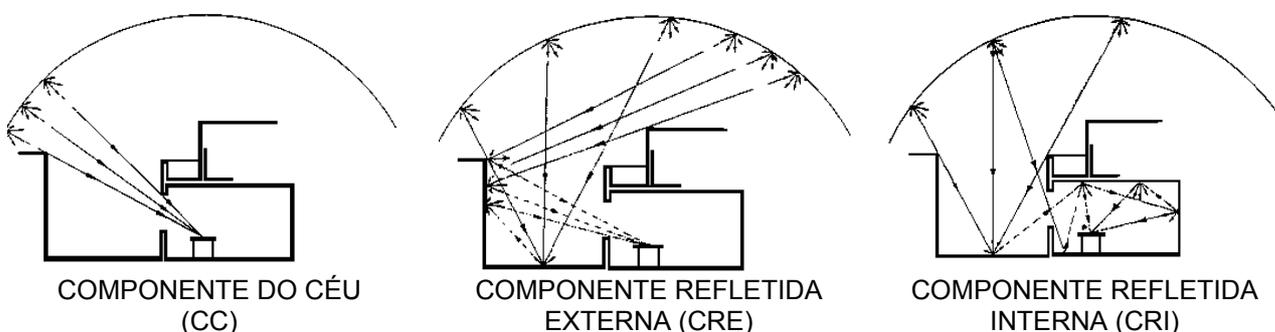


Figura 2-08. Os componentes da iluminação natural. Fonte: NBR15215-3 (2004, p. 4).

A componente do céu é a luz proveniente diretamente do céu; a refletida externa, é proveniente das reflexões das superfícies externas; e a refletida interna é a luz que alcança o ponto após sofrer reflexão das superfícies internas (NBR15215-3, 2004).

2.4.1.1. ADMISSÃO E DISTRIBUIÇÃO DA LUZ NATURAL NO AMBIENTE CONSTRUÍDO

A luz natural ingressa no ambiente construído através de aberturas zenitais e laterais.

As aberturas zenitais se localizam na cobertura ou na parte superior das edificações como as clarabóias, lanternins e as coberturas dente de serra, e proporcionam uma distribuição da luz uniforme no interior do ambiente (figura 2-09).



Figura 2-09. Iluminação zenital: distribuição uniforme da luz natural.

As aberturas laterais, exemplificadas pelas janelas, são o tipo de abertura mais comum presente nas edificações. A iluminação lateral proporcionada por uma janela é caracterizada por um gradiente de distribuição, com bastante luz próximo à abertura e pouca no interior da sala (figura 2-10).

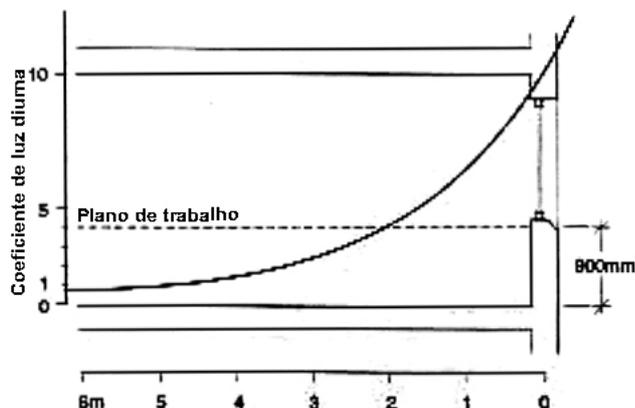


Figura 2-10. Distribuição da luz realizada por abertura lateral. Fonte: Baker e Steemers (2002).

Como as janelas são as mais comuns nas edificações, buscou-se discorrer

com maior detalhe e sua relação com distribuição da luz natural. Dessa forma, recorreu-se à caracterização das janelas de Baker, Franciotti e Steemers (1998). Segundo os autores, as janelas podem ser caracterizadas segundo a forma, a posição, a orientação, o tamanho e o tipo.

A forma corresponde à relação altura por largura da janela e determina não só a distribuição de luz no espaço interno, mas também a qualidade da vista do exterior e a ventilação natural (BAKER; FRANCIOTTI; STEEMERS, 1998). Com relação à forma, as janelas podem ser: horizontais (relação altura x largura: $\frac{1}{2}$), verticais (altura x largura: 2) ou intermediárias (altura x largura: entre $\frac{1}{2}$ a 2). As janelas verticais permitem a penetração a distâncias maiores do que janelas horizontais como ilustra a figura 2-11.

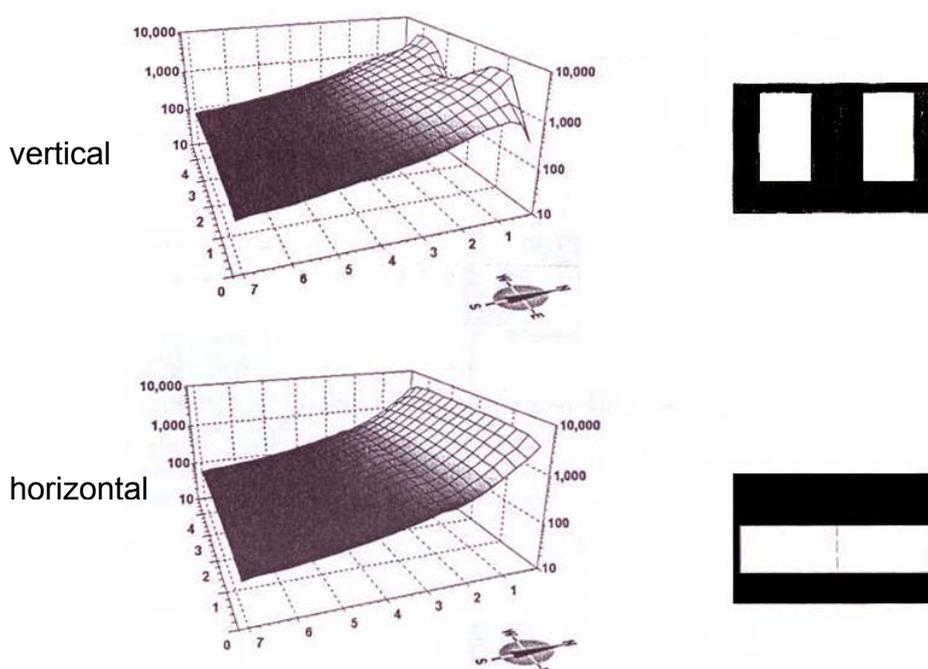


Figura 2-11. Distribuição da luz segundo a forma da janela: vertical e horizontal. (Simulação no programa computacional SUPERLITE. Modificado de Baker e Steemers (2002).

A posição da janela está relacionada à sua localização em relação à parede. A altura da janela influencia diretamente no ingresso e na distribuição da luz natural no ambiente interno. Como pode ser observado também na figura 2-11, a janela mais alta permite o ingresso maior de luz do que uma janela mais baixa. As janelas podem ainda estar posicionadas no centro ou no canto da parede, sendo que a localizada no centro da parede distribui melhor do que a que se localiza no canto.

A orientação se baseia nos pontos cardeais Norte, Sul, Leste e Oeste. Considerando o hemisfério Sul, as janelas voltadas para o Norte permitem o ingresso dos raios solares durante a maior parte do dia e do ano; as voltadas para o Leste e Oeste permitem o ingresso durante um período do dia, e; as voltadas para o Sul, permitem o ingresso da luz de uma forma mais constante ao longo do dia, porém, a incidência direta depende das horas e do período do ano.

O tamanho corresponde à superfície absoluta e à área útil da janela. A superfície absoluta da janela corresponde ao tamanho da abertura em metros quadrados sem considerar a moldura. A área útil é a relação entre a área da janela com a área do piso em porcentagem. O tamanho está diretamente relacionado com a quantidade de luz que ingressa no ambiente.

A figura 2-12 ilustra a distribuição da luz natural ao variar o tamanho e a localização das aberturas, porém, mantendo a área útil.

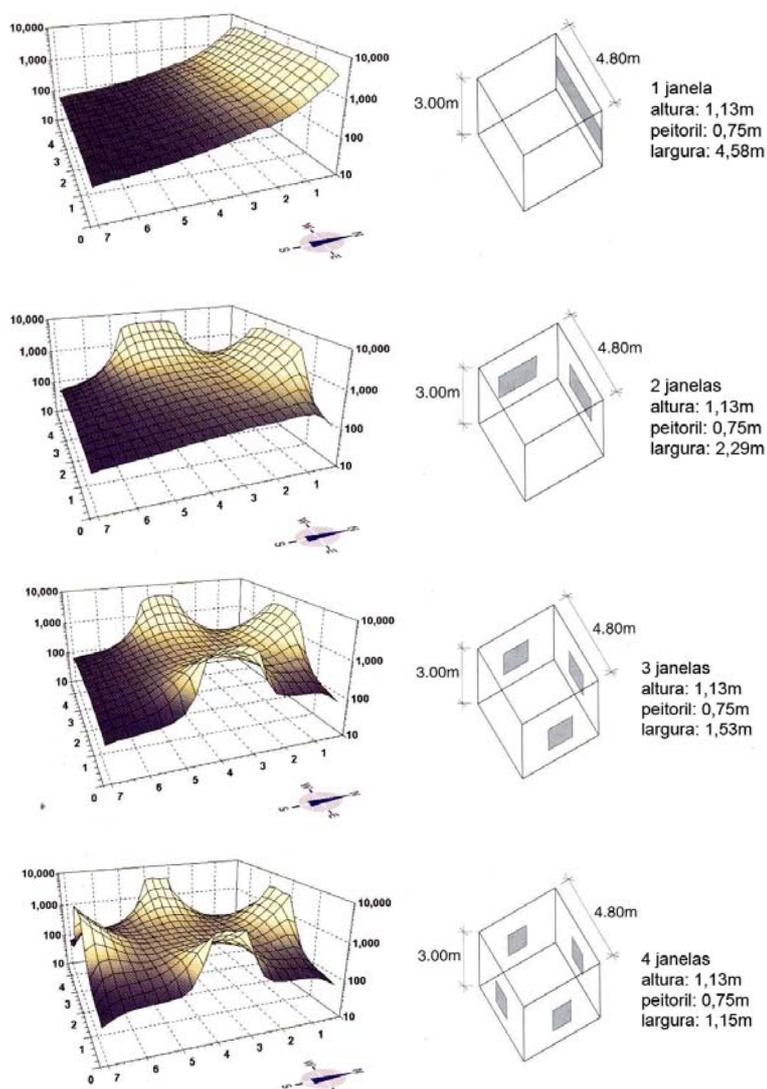


Figura 2-12. Simulação da distribuição da luz natural no programa computacional SUPERLITE. Modificado de Baker e Steemers (2002).

Nota-se que a variação na localização da janela provoca, além do aumento da quantidade de luz, maior uniformidade na iluminação interna do ambiente.

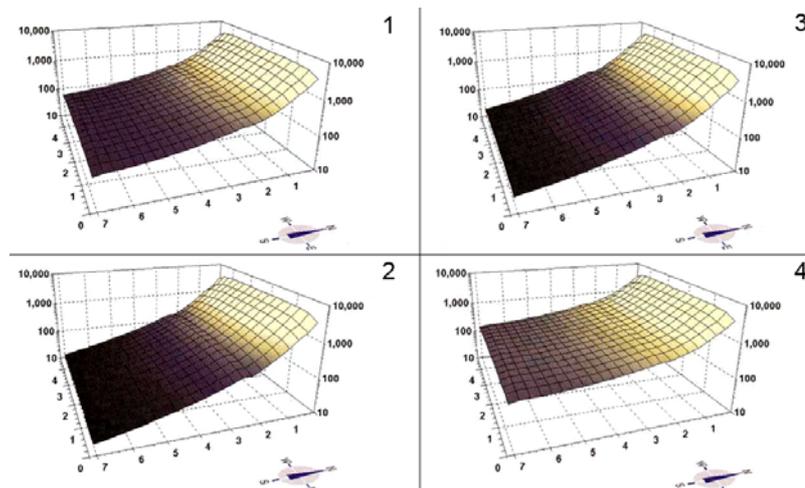
A janela classificada quanto ao tipo pode ser caracterizada quanto à iluminação natural, à vista do exterior e à ventilação natural. A janela para iluminação natural indica que uma posição alta e um tamanho que otimiza o ingresso de luz é mais importante. Para ventilação natural, a posição é mais importante que o tamanho. E para vista do exterior, o tamanho e a altura do peitoril. Estas funções podem ser observadas em uma única janela.

Entretanto, em determinados períodos do dia ou do ano, algumas destas funções podem se tornar incompatíveis, como por exemplo, a iluminação e a visão do exterior. Na iluminação, a janela funciona como uma luminária, permitindo o ingresso de luz o que afeta na visibilidade do ambiente externo. Outro exemplo ocorre quando a janela permite a incidência solar direta. A incidência solar no ambiente interno pode causar ao usuário tanto o desconforto visual quanto o térmico (PEREIRA, 1992; BOYCE, 1998). Dessa forma, sua função de iluminação fica prejudicada pois o usuário evitará o ingresso de luz.

Para não comprometer o ingresso da luz natural, recomenda-se uma divisão da janela para que cada parte exerça uma determinada função. Por exemplo, a parte superior da janela pode ter a função de iluminação e a inferior de proporcionar a vista do exterior (IEA, 2000).

O ingresso e a distribuição da luz natural depende, portanto, das características relacionadas à janela como tamanho, localização, orientação e forma e da compatibilização das diversas funções.

Alem disso, a distribuição da luz no ambiente construído depende também da refletância das superfícies. A refletância é a relação entre a luz incidente e refletida; assim, está relacionada com a cor das superfícies. Superfícies claras refletem mais a luz do que superfícies escuras. A figura 2-13, ilustra a influência da refletância na distribuição da luz no ambiente interno.



Legenda	Refletâncias: piso, parede e teto (%)			Iluminância mínima	Iluminância máxima	Relação entre as iluminâncias máxima e mínima	Média
1	0	0	0	15	5167	344	592
2	5	10	22	22	5184	235	609
3	15	45	70	65	5270	81	705
4	35	70	80	158	5394	34	864

Figura 2-13. Distribuição da luz natural no interior do ambiente para diferentes refletâncias. Fonte: modificado de Baker e Steemers (2002).

Embora os valores apresentados por Baker e Steemers (2002) tenham sido obtidos a partir de simulações computacionais, nota-se que nas superfícies que apresentaram baixa refletância a distribuição da luz foi menos uniforme, e nas que apresentaram alta refletância a distribuição da luz foi mais uniforme.

A cor das superfícies também influenciam na percepção do ambiente. Em espaços com superfícies escuras, percebe-se o espaço como sendo menor do que com superfícies claras.

2.4.1.2. QUANTIFICAÇÃO DA LUZ NO AMBIENTE CONSTRUÍDO

A quantificação da iluminação natural no ambiente pode ser realizada por cálculo ou por medição. Os procedimentos da quantificação da luz natural no ambiente interno são apresentados pelas normas brasileiras NBR-15215-3 (2004) e NBR-15215-4 (2004).

A norma NBR-15215-4 (2004) descreve sobre a instrumentação envolvida nas medições:

1. quanto ao instrumento, recomenda-se o uso de sensores de silício;
2. quanto à dimensão das fotocélulas deve-se observar que as medições caracterizam condições pontuais de iluminação e, portanto, para modelos físicos em escala reduzida (maquete), a fotocélula não deve ultrapassar uma área de

0,03m² na escala do modelo, e;

3. quanto à qualidade dos instrumentos: apresentar uma sensibilidade próxima ao olho humano (resposta espectral), com correção do efeito cosseno, linearidade em resposta a elevadas iluminâncias, erro total associado ao instrumento de no máximo 10% e as medições devem ser realizadas em ambientes com temperatura em torno de 25°C (sensibilidade à temperatura) (NBR-15215-4, 2004).

A verificação experimental das condições de iluminação interna pode ser realizada em modelos físicos em escala reduzida e em ambientes reais.

Para se efetuar medições em modelos em escala reduzida, inicialmente, deve-se observar alguns procedimentos quanto ao modelo, como:

- 1) escala não menor que 1:40;
- 2) modelos seccionados não são adequados;
- 3) a refletividade das superfícies deve representar o mais corretamente possível a refletividade das superfícies reais;
- 4) evitar modelos mal executados;
- 5) garantir que as obstruções externas apresentem tamanhos e refletividades corretas;
- 6) os detalhes das aberturas devem representar adequadamente o objeto real;
- 7) planejar as medições com antecedência.

As medições em ambientes reais “têm como objetivo avaliar as condições de iluminação natural do ambiente construído, em condições reais de ocupação e utilização” (NBR-15215-4, 2004). Para se realizar as medições são necessários alguns cuidados como:

- 1) considerar a quantidade de luz no ponto e no plano onde é realizada a tarefa;
- 2) a fotocélula deve estar paralela à superfície de medição;
- 3) atentar para o nivelamento do sensor quando este se encontrar na mão;
- 4) evitar sombreamento sobre a fotocélula;
- 5) expor a fotocélula no mínimo 5 minutos antes da primeira leitura;
- 6) quando a altura da superfície de trabalho não é especificada, recomenda-se realizar a medição num plano horizontal a 75 cm do piso.

Para se avaliar a disponibilidade de luz no plano horizontal no interior de um ambiente deve-se fazer medições em uma quantidade de pontos para caracterizar o plano adequadamente. A quantidade de pontos necessários para a verificação das condições de iluminação natural com erro inferior a 10% é

determinada calculando-se o índice do local (K) segundo a fórmula:

$$K = \frac{C \cdot L}{H_m \cdot (C + L)}$$

Onde: C é o comprimento do ambiente; L, a largura do ambiente e H_m , a distância vertical entre a superfície de trabalho e o lintel (parte superior da janela), em metros.

A tabela II relaciona o índice do local (K) com a quantidade de pontos necessários.

Tabela II. Quantidade mínima de pontos a serem medidos. Fonte: NBR-15215-4, 2004.

K	Nº de Pontos
$K < 1$	9
$1 \leq K < 2$	16
$2 \leq K < 3$	25
$K \geq 3$	36

Devido à variabilidade da luz natural, deve-se realizar as medições simultaneamente ou, na disponibilização de poucos aparelhos, em menor tempo de medição entre os pontos.

Para avaliar as condições de iluminação, as medições em ambientes reais são mais fáceis de ser realizadas em comparação às medições em modelos de escala reduzida, por apresentarem procedimentos mais simples de ser seguidos.

Em modelos de escala reduzida, os procedimentos apresentam algumas restrições quanto à confecção do modelo considerando a refletividade das superfícies internas e externas, os detalhes das aberturas e as obstruções. Tais itens podem até ser contornados, porém, o tempo empreendido torna-se outro inconveniente.

2.4.2. A ILUMINAÇÃO ARTIFICIAL

A instituição *The Chartered Institution of Building Services Engineers* - CIBSE - recomenda aos projetistas que a iluminação artificial cumpra três objetivos: prover um ambiente interno seguro para os usuários; prover condições adequadas para o desempenho das tarefas visuais, e; ajudar na criação de um ambiente visual adequado.

Prover um ambiente seguro para os usuários indica que a iluminação deve

permitir a visibilidade do ambiente; as condições adequadas para o desempenho das tarefas visuais está relacionada com a quantidade de luz necessária para a realização das atividades sem desconforto visual; e, ajudar na criação de um ambiente visual adequado é proporcionar sensações visuais relacionadas a cada ambiente.

A iluminação artificial constitui-se de um conjunto de dispositivos que compreende as lâmpadas, as luminárias e os sistemas de iluminação.

2.4.2.1. LÂMPADAS

As lâmpadas convertem energia elétrica em luz basicamente de duas formas: por efeito térmico ou por descarga em gases e vapores e que constituem os dois principais grupos de lâmpadas. Por efeito térmico, a luz é produzida através da elevação da temperatura por ocasião da passagem da corrente elétrica por um filamento de tungstênio (LAMBERTS; DUTRA; PEREIRA, 1997; PHILIPS, 2005). Exemplos de lâmpadas que produzem luz por efeito térmico são as incandescentes e as halógenas.

A produção de luz por descarga em gases e vapores, consiste da ação de uma descarga elétrica que excita gases contidos no interior da lâmpada. Essa excitação dos gases produz radiação ultra-violeta que, ao atingir as paredes internas do bulbo revestidas de material fluorescente, é transformada em luz (LAMBERTS; DUTRA; PEREIRA, 1997; PHILIPS, 2005). As lâmpadas que exemplificam esse grupo são as fluorescentes, as de vapor metálico, as de sódio e as de mercúrio.

Devido ao seu princípio de funcionamento, as lâmpadas de descarga em gases e vapores necessitam de equipamentos auxiliares como reatores e *starters* para fornecer a voltagem necessária para se iniciar o processo.

A tabela III mostra um comparativo entre os diversos tipos de lâmpadas segundo as características de índice de reprodução de cor, temperatura de cor correlata, eficiência luminosa e vida útil.

Tabela III. Comparação e escolha de lâmpadas. Modificado de Lamberts, Dutra e Pereira, 1997.

LÂMPADA	IRC	TCC (K)	η (lm/W)	Vida Média (h)
Incandescente	100	2.700	17	1.000
Halógena	100	–	25	2.000
Fluorescente	$60 \leq Ra < 90$	3.000 – 6.000	65 – 80	9.000 (16.000)
Vapor mercúrio	$40 \leq Ra < 60$	4.000	55	24.000
Luz mista	$60 \leq Ra < 80$	4.000	22	10.000
Vapor de sódio	$20 \leq Ra < 40$	2.000	120 – 150	30.000
Vapor metálico	$80 \leq Ra < 100$	3.000 – 6.000	80	9.000 – 15.000

O índice de reprodução de cor (IRC) indica a capacidade que a luz produzida por uma lâmpada consegue representar a cor com base em uma fonte luminosa de referência. A Commission Internationale d’Eclairage (CIE) apresenta os valores dos índices de reprodução (Ra) em porcentagem, sendo Ra igual a 100 quando a luz produzida pela fonte luminosa representar todas as cores conforme a fonte de referência.

A temperatura de cor correlata (TCC) é a relação da temperatura de um corpo quando aquecido e sua respectiva cor, partindo do vermelho (800-900K), amarelo (3.000K), branco (5.000K), azul (8.000 a 10.000K) e azul brilhante (60.000 a 100.000K) (Pereira e Souza, 2000).

A eficiência luminosa (η) é a relação entre o fluxo luminoso (lm) e a potência consumida utilizada (W), cuja unidade é lm/W. É por meio da eficiência luminosa que se pode comparar duas fontes para identificar qual proporciona maior rendimento.

As características apresentadas na tabela III servem como itens de comparação e constituem informações fundamentais para o desenvolvimento de projetos de iluminação.

2.4.2.2. LUMINÁRIAS

As luminárias são equipamentos que permitem a conexão elétrica e mecânica das lâmpadas com a rede elétrica. Têm funções de proteger as lâmpadas, contribuir para uma distribuição da luz de maneira eficiente e uniforme e evitar o desconforto visual (CIBSE, 1994; PHILIPS, 2005).

Segundo a CIE, as luminárias podem ser classificadas de acordo com a direção da luz em direta, indireta, semi-direta, semi-indireta, direta-indireta e difusa, conforme ilustradas pela figura 2-14.

DIRETA	INDIRETA	SEMI-DIRETA	SEMI-INDIRETA	DIRETA-INDIRETA	DIFUSA
↑ 0 a 10% ↓ 90 a 100%	↑ 90 a 100% ↓ 0 a 10%	↑ 10 a 40% ↓ 60 a 90%	↑ 60 a 90% ↓ 10 a 40%	↑ 40 a 60% ↓ 40 a 60%	↑ 40 a 60% ↓ 40 a 60%

Figura 2-14. Classificação das luminárias segundo a CIE. Fonte: IESNA (1995).

Além disso, a distribuição da luz pela luminária pelo espaço pode ser definida por meio de refletores e/ou difusores sendo apresentada em curvas de distribuição luminosa segundo o eixo transversal, longitudinal e diagonal.

Entretanto, nem toda quantidade de luz produzida pelas lâmpadas alcança a superfície de trabalho, pois há uma pequena perda devido à absorção de luz pela luminária. Há um percentual que indica a eficiência da luminária que é definida como a relação entre a quantidade de luz emitida pela luminária e a quantidade de luz produzida pela lâmpada, definido como rendimento da luminária.

A figura 2-15 apresenta um tipo de luminária com a sua respectiva curva de distribuição luminosa e o rendimento utilizado geralmente em ambientes escolares por proporcionar controle de ofuscamento.

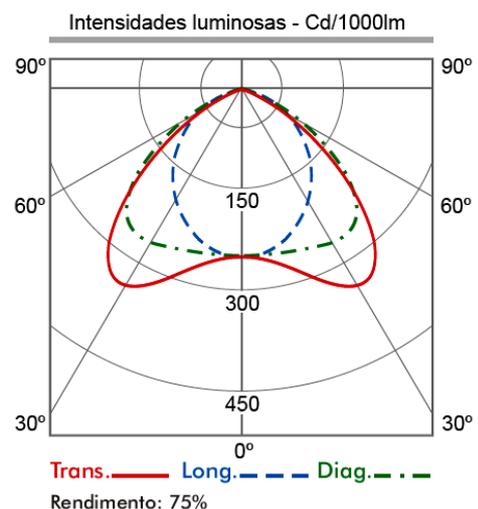


Figura 2-15. Luminária - curvas de distribuição luminosa e rendimento. Fonte: Catálogo Itaim (2000).

Os dados referentes às luminárias são fornecidos pelos fabricantes e são fundamentais para o desenvolvimento de projetos de iluminação artificial que visam o conforto visual.

2.4.2.3. SISTEMAS DE CONTROLE

Os sistemas de controle determinam o funcionamento dos equipamentos quando solicitados (CIBSE, 1994) e propiciam a minimização do consumo de energia; podem ser agrupados, segundo a forma como é acionada, em dois tipos: manuais e automáticos.

O sistema manual consiste do interruptor que liga ou desliga a lâmpada, segundo a necessidade do usuário. Este sistema pode ser mais elaborado de acordo com a conveniência requerida como é o caso, por exemplo, do sistema *three-way* (chave hotel) ou o sistema de passos. O sistema *three-way* permite o controle do acionamento ou desligamento por meio de dois interruptores localizados distantes um do outro, utilizados geralmente em espaços com dois acessos.

Os sistemas automáticos podem ser de dois tipos: (1) os que respondem à presença do usuário através de sensores de radiação infra-vermelho que detectam o calor do corpo ou de ondas ultra-sônicas que detectam movimento e; (2) os que respondem à variação da luz natural, sensores foto-elétricos (LAMBERTS; DUTRA; PEREIRA, 1997).

Tanto o sistema manual quanto o automático podem estar integrados a reguladores ou *dimers* e a temporizadores ou *timers*. Os reguladores permitem variar a quantidade de luz artificial segundo a necessidade do usuário, já os temporizadores são dispositivos que desativam o sistema após um certo período de tempo preestabelecido (LAMBERTS; DUTRA; PEREIRA, 1997; SOUZA, 2001).

Visando a economia de energia, os sistemas automáticos vêm sendo cada vez mais utilizados.

Simulações realizadas por Souza (2001) indicam que os sistemas automáticos permitem economizar até 80% da energia elétrica em iluminação. Estudos realizados por Li e Lam (2003), sobre a instalação de sistemas automáticos em corredores iluminados naturalmente, permitiram uma redução no consumo de energia em até 69% por ano.

Contudo, quando os sistemas automáticos não atuam de acordo com a necessidade do usuário, esses podem ser sabotados e acabam permitindo um consumo maior de energia. O problema é que os sistemas automáticos “são

projetados para reduzir o consumo de energia em qualquer situação” (REA; RUTLEDGE; MANICCIA, 1998).

Para evitar que os usuários sabotem o sistema, este deve ser projetado permitindo sua interferência. Em edifícios de escritórios com estações de trabalho individuais estudados por Morrow *et al*, (1998) e Maniccia *et al*, (1999) onde os usuários puderam controlar as condições de iluminação sem a interferência do sistema automático, indicaram que os usuários sentiram-se mais confortáveis.

Estes estudos sugerem que os usuários preferem controlar as condições de iluminação no ambiente interno.

2.4.3. A ILUMINAÇÃO EM AMBIENTES ESCOLARES

As atividades em salas de aula apresentam uma dinâmica bastante particular na tarefa visual, como por exemplo, a visualização das informações no quadro negro e, em seguida, a anotação no papel. Nesta atividade, necessita-se de luz tanto em planos verticais quanto horizontais.

A NBR-5413 (1992) recomenda valores de iluminância horizontal mínima para salas de aula entre 200lux a 500lux e, de iluminância vertical para o quadro negro entre 300lux a 750lux. Para o corredor, a iluminância mínima recomendada no plano horizontal a 75cm de altura é de 75lux a 150lux.

Além da iluminância, é importante que as superfícies do ambiente sejam claras, isto é, que tenham alta refletância, para contribuir na distribuição da luz. Na figura 2-16, são apresentadas algumas recomendações para as refletâncias para piso, teto e paredes (IESNA, 2000).

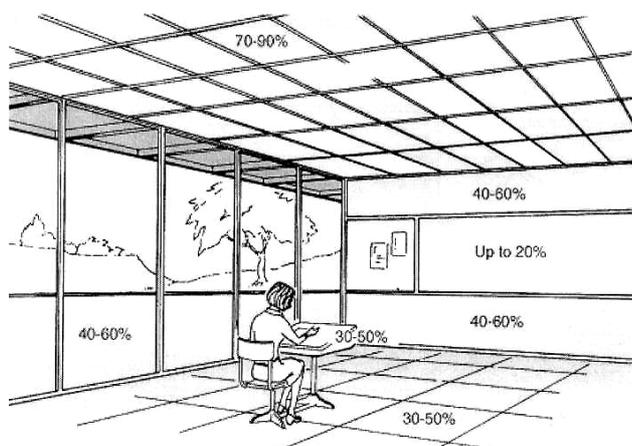


Figura 2-16. Recomendações de refletâncias para as superfícies internas de uma sala de aula. Fonte: IESNA (2000).

A CIBSE (1994) recomenda que o teto deve ser claro (alta refletância) para espalhar luz pelo ambiente; as paredes que contém janelas também devem ser claras para reduzir o contraste com a claridade das janelas; e o piso não deve ser nem tão claro a ponto de causar ofuscamento e, nem tão escuro, para não dificultar na visualização de detalhes.

2.4.4. CONSIDERAÇÕES FINAIS SOBRE A SESSÃO

A luz natural no ambiente construído, principalmente em salas de aula, pode contribuir na redução do consumo de energia elétrica sem comprometer a realização das tarefas visuais pela sua disponibilidade durante a maior parte do dia.

Nesse sentido, a iluminação artificial deve ser projetada considerando a distribuição da luz natural para complementá-la em períodos em que esta não for suficiente para a realização das tarefas.

Entretanto, a economia de energia elétrica depende da atitude do usuário sobre o sistema de iluminação, pois é quem determina quando a luz será acesa, assunto que será abordado a seguir.

2.5. O USUÁRIO E A ATITUDE SOBRE O SISTEMA DE ILUMINAÇÃO ARTIFICIAL

Ao se tratar da atitude do usuário sobre o sistema de iluminação artificial, os estudos mais referenciados na literatura são os de Hunt (1979, 1980), conforme mencionado em CIBSE (1994), Lynes, Littlefair e Slater (1997), Assaf e De Wilde (2000), IEA (2000) e Assaf e Pereira (2003).

O estudo de Hunt (1979), baseou-se no monitoramento de 07 ambientes, na Inglaterra, sendo 03 escritórios, 02 salas de aula e 02 salas de aula em planta aberta² (sala de aula sem divisória), por um período de 6 meses. A metodologia envolveu o levantamento de dados da atitude dos usuários sobre o sistema de iluminação artificial; essa atitude foi relacionada com a iluminância no plano de trabalho e com a hora do dia.

² Tradução do autor para “open-plan teaching spaces” do parágrafo: “The information was obtained from 7 instalations:3 medium-sized, multi-person offices; 2 school class-rooms; and 2 open-plan teaching spaces.” (HUNT, 1979. p.21)

Os dados sobre a atitude do usuário foram registrados por meio de câmeras fotográficas. Os usuários foram informados que as câmeras estavam registrando as “condições ambientais”.

Os dados referentes à iluminância externa foram obtidos em uma estação meteorológica próxima, o que possibilitou calcular a iluminância mínima no plano de trabalho.

A partir das observações registradas pelas câmeras, Hunt (1979) identificou que:

- a) geralmente, as lâmpadas eram todas ligadas ou permaneciam todas desligadas no início da ocupação, sendo raro o acionamento parcial do sistema de iluminação, e desligadas quando a última pessoa deixava o espaço;
- b) o tipo de ocupação determinou o padrão de acionamento das lâmpadas. Em espaços de ocupação contínua, as lâmpadas raramente eram desligadas durante período de disponibilidade de luz natural e, conseqüentemente, houve poucas variações no acionamento na iluminação artificial. Por outro lado, em espaços de ocupação intermitente, a ação do usuário sobre o sistema de iluminação ocorreu durante todo o dia e o acionamento da iluminação artificial variou de acordo com o ingresso da luz natural;
- c) existe uma estreita relação entre a probabilidade do usuário acionar o sistema de iluminação e a iluminância mínima no plano de trabalho.

Segundo Hunt (1979), a iluminância mínima foi obtida através da média da iluminância no plano de trabalho dos ambientes estudados. A iluminância no plano de trabalho de cada ambiente foi determinada calculando-se o fator de luz diurna a partir da iluminância externa, levando em consideração o fator de orientação das janelas (Norte=0.77, Sul=1.20, Leste=1.04 e Oeste=1.00).

Dessa forma, Hunt (1979) traçou curvas de probabilidade de acionamento dos ambientes em relação à iluminância mínima no plano de trabalho (figura 2-17). Como as curvas apresentavam uma certa proximidade, o autor traçou uma curva representativa ajustando-a segundo um coeficiente de correlação (figura 2-18).

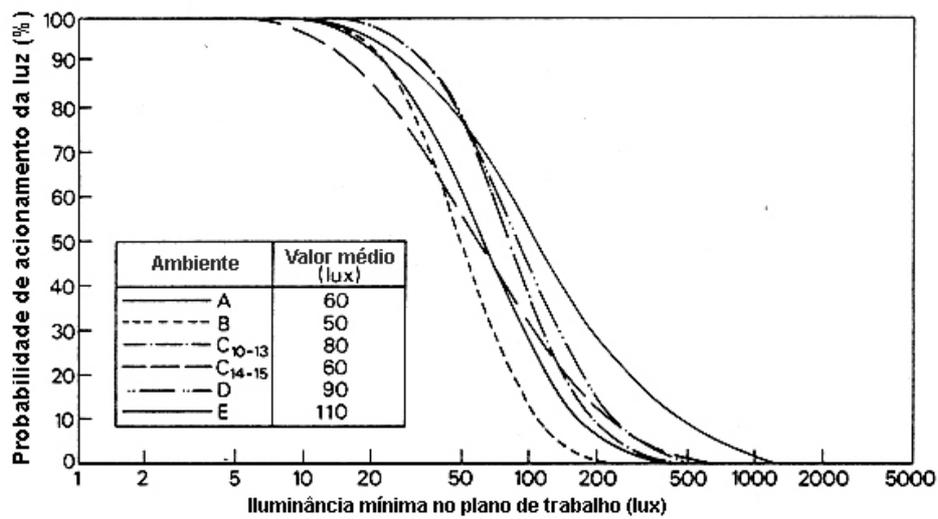


Figura 2-17. Probabilidade de acionamento por iluminância mínima no plano de trabalho para os ambientes monitorados. Fonte: Hunt (1979).

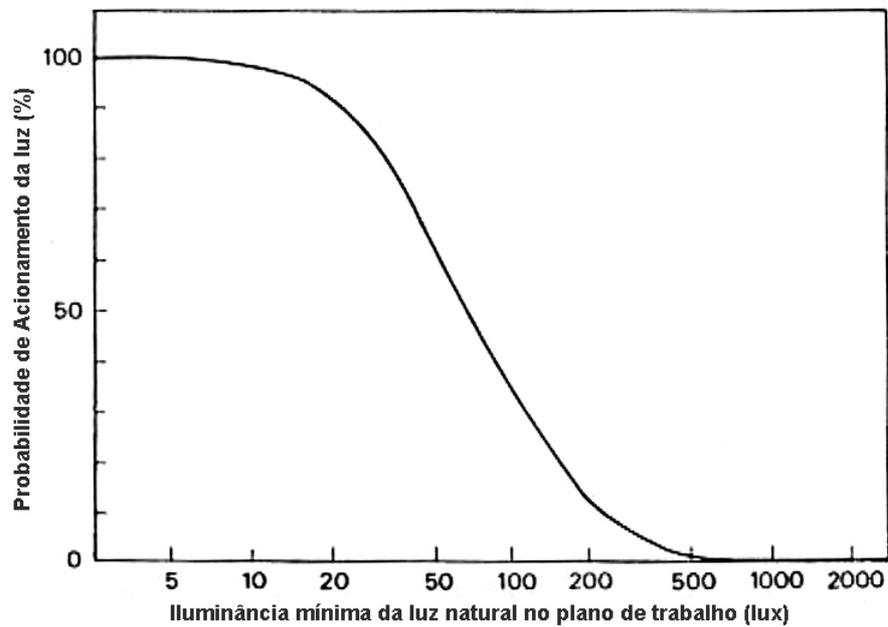


Figura 2-18. Curva representativa ajustada segundo um coeficiente de correlação. Fonte: Hunt (1980).

A curva de probabilidade de acionamento da figura 2-18 é apresentado a seguir:

$$y = a + \frac{c}{(1 + \exp \{-b(x - m)\})}$$

[Equação 1]

Onde:

a = - 0.0175;

b = - 4.0835;

c = 1.0361;

$m = 1.8223$;

$x = \log_{10}$ (iluminância mínima da luz natural no plano de trabalho, em lux).

E, quando:

$y = 1.0$, para $x \leq 0.843$.

$y = 0.0$, para $x \geq 2.818$.

A probabilidade de acionamento em porcentagem é $100y$ (Hunt, 1980).

A função logarítmica da iluminância interna permitiu Hunt (1980) construir três tipos de gráficos de probabilidade de acionamento considerando o fator de orientação das janelas dos ambientes (figuras 3-19 a 3-21).

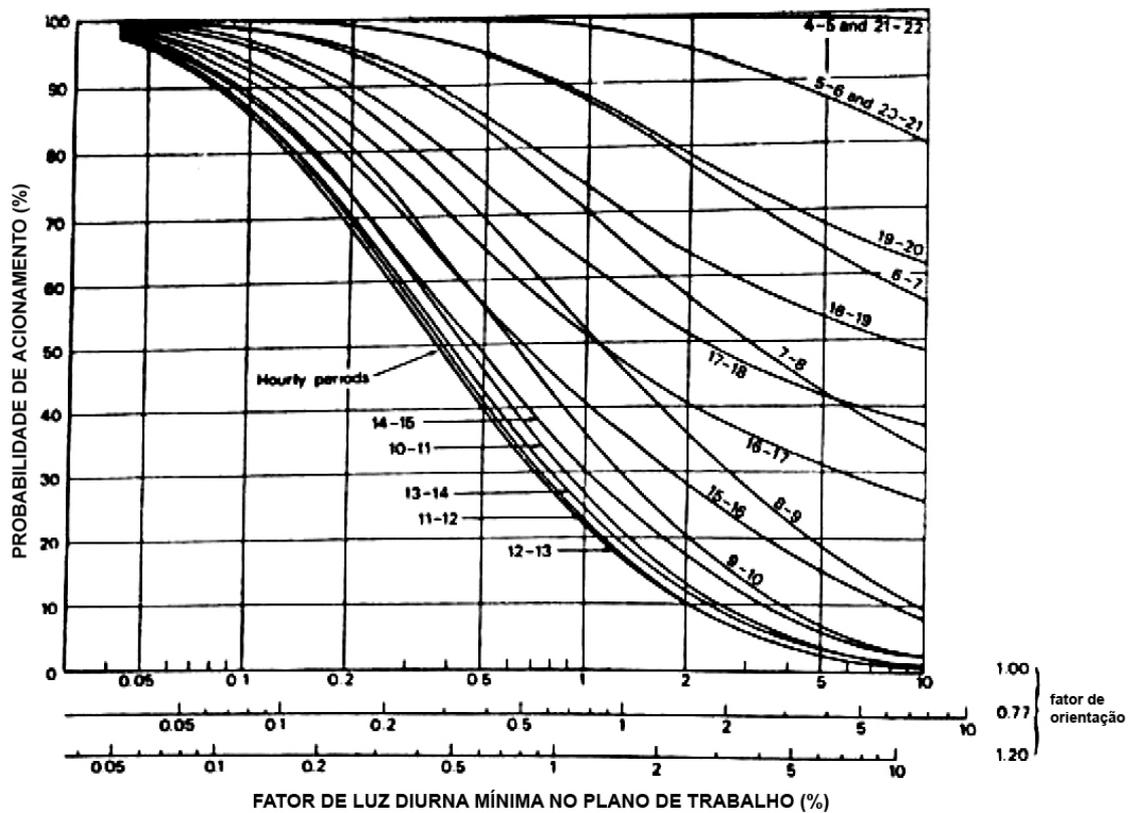


Figura 3-19. Curva Horária, probabilidade de acionamento para os 365 dias do ano. Fonte: Hunt (1980).

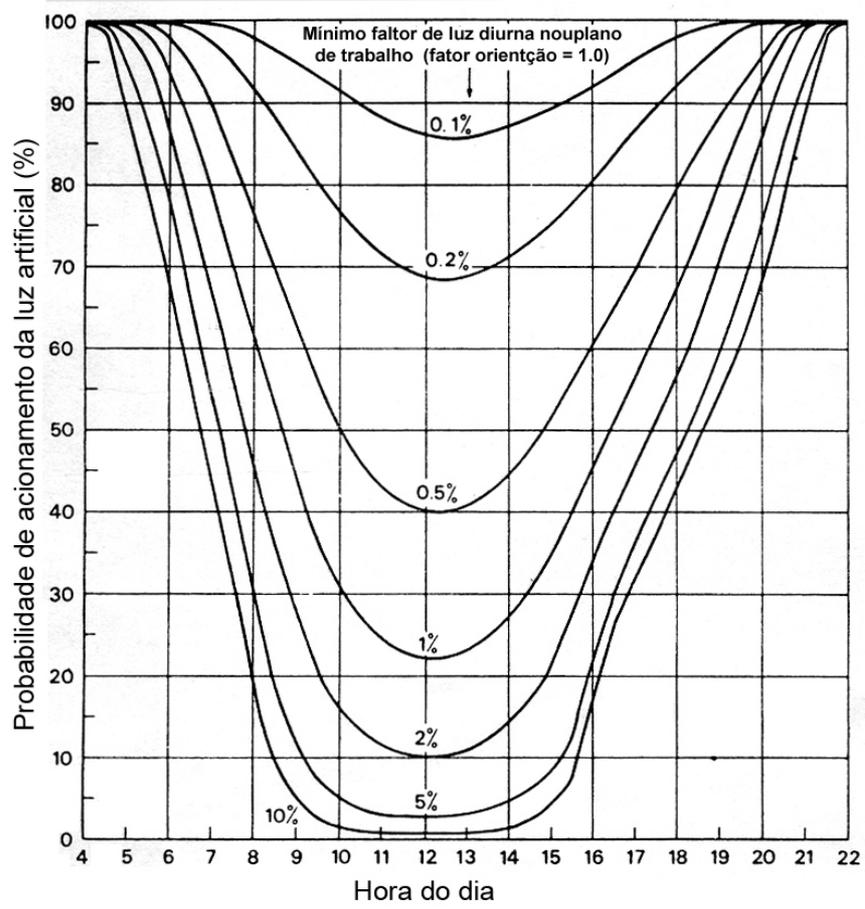


Figura 2-20. Curva de fator de luz diurna para fator de orientação de 1.0. Fonte: Hunt (1980).

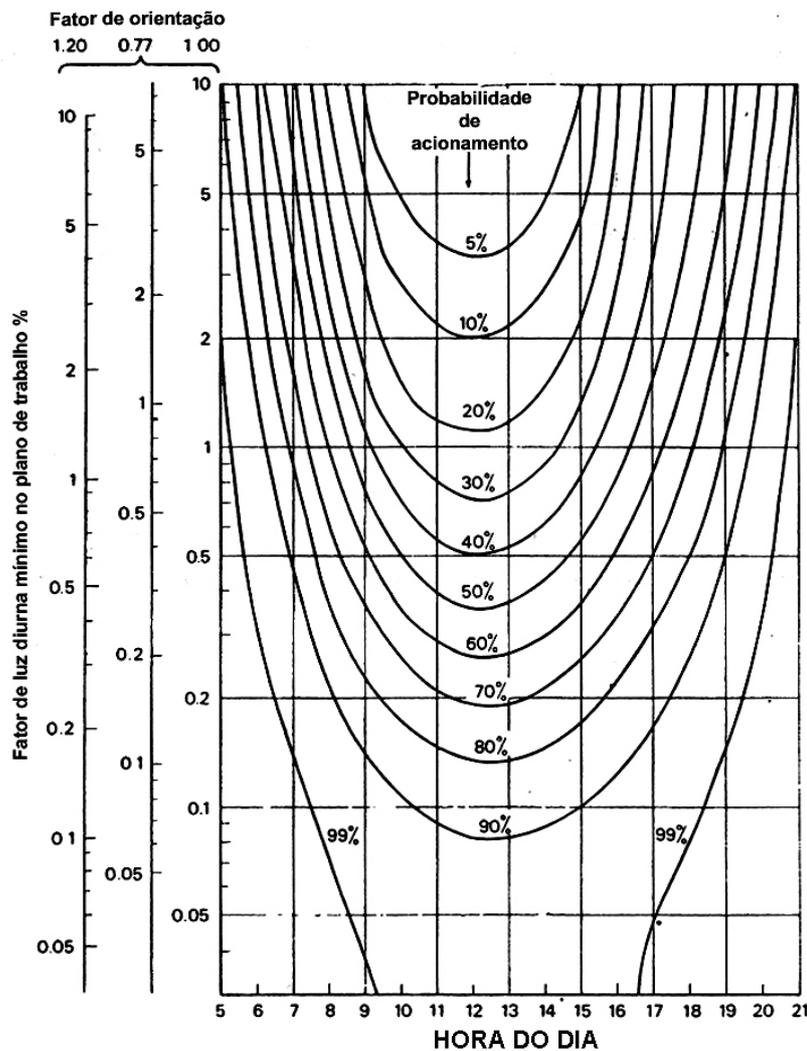


Figura 2-21. Curva de probabilidade de acionamento. Fonte: Hunt (1980).

Este estudo, no qual o próprio autor afirma, serve de base para o desenvolvimento de um método para calcular a probabilidade da quantidade de horas de uso da iluminação artificial em edifícios com controle manual do sistema de iluminação e, assim, estimar a energia consumida.

O cálculo da quantidade de horas de uso da luz artificial pode ser deduzido com base no gráfico da figura 2-20. Conforme pode-se observar nos exemplos abaixo.

Considerando um escritório com fator de luz diurna de 1%, janelas orientadas a oeste (fator de orientação igual a 1,0 – há de se considerar que a fachada Sul no Hemisfério Norte recebe insolação durante a maior parte do dia) e cujo horário de trabalho se inicia às 8h e 30min e termina às 16h e 30min com o espaço sendo ocupado continuamente, a quantidade das horas de uso é o produto da probabilidade de acionamento (0,52) e a jornada de trabalho (8 horas), ou seja, 4,2 horas por dia.

Entretanto, considerando o mesmo ambiente, para a situação em que a jornada de trabalho se inicia às 13:30 e termina 16:30, Hunt (1980) levanta a questão de como o cálculo para a quantidade de horas de uso pode representar uma situação real. Pois, no período vespertino a disponibilidade de luz natural diminui gradativamente, o que afeta a probabilidade de acionamento.

Neste caso, as horas de uso são calculadas por intervalos a cada meia hora, da seguinte forma:

- entre 13:30 e 14:00: $\frac{1}{2} \times 0,25 = 0,125h$

- de 14:00 a 14:30: $\frac{1}{2} \times 0,27 = 0,135h$

- de 14:30 a 15:00: $\frac{1}{2} \times 0,31 = 0,155h$

e assim por diante, cujo total de horas de uso entre 13:30 e 16:30 é de 1 h, porém, calculando-se as horas de uso sem considerar os intervalos a cada meia hora ($3 \times 0,25 = 0,75h$) é interessante notar que as horas de uso da luz artificial adicionais correspondem a 0,25 (Hunt, 1980).

As conclusões de Hunt (1980) neste segundo estudo foram basicamente duas:

- 1) o cálculo para as horas de uso da luz artificial, considerando os intervalos, resultou em uma adição muito pouca no total de horas, e;
- 2) em espaços de ocupação intermitente, há uma redução considerável nas horas de uso de luz artificial. Isto porquê após o intervalo, a probabilidade de um novo acionamento é menor devido à disponibilidade de luz natural.

O estudo de Hunt (1980) apresenta um cálculo de estimativa de horas de uso de luz artificial relacionando a probabilidade de acionamento com a disponibilidade de luz natural no interior do ambiente.

Estudos realizados por Assaf e De Wilde (2000) indicam que somente o ingresso da luz natural no ambiente não implica na desistência do usuário em ligar a luz.

O estudo de Assaf e De Wilde (2000) consistiu do monitoramento por meio de coletores de dados automáticos (*data logger*) instalados em ambientes semelhantes aos do estudo de Hunt (1979), localizados em San Miguel de Tucumán, na Argentina.

O monitoramento se baseou no levantamento de dados referente ao acionamento das lâmpadas e ocupação dos espaços com base em dois coeficientes: o coeficiente de contribuição energética da luz natural (CELN) e o coeficiente de desperdício ocupacional (Dfo).

O CELN é o coeficiente que relaciona a potência das lâmpadas desligadas pela potência total das lâmpadas. O coeficiente de contribuição energética da luz natural é determinado em situações quando o ambiente está ocupado com suficiente quantidade de luz natural e o sistema de iluminação está total ou parcialmente desligado (ASSAF; DE WILDE, 2000).

$$\text{CELNi}(t) = \frac{\text{Psi}(t)}{\text{Pi}} \quad \text{Equação [2]}$$

Onde:

CELNi(t) = Coeficiente de contribuição energética da luz natural do local i no momento t do monitoramento;

Psi(t) = potência das lâmpadas desligadas, incluindo equipamentos auxiliares, (W);

Pi = potência total das lâmpadas instaladas, incluindo equipamentos auxiliares em (W)

O Dfo é a relação entre a potência das lâmpadas ligadas pela potência total, em espaços sem ocupação.

$$\text{Dfoi}(t) = \frac{\text{Pdi}(t)}{\text{Pi}} \quad \text{Equação [3]}$$

Onde:

Dfoi(t) = coeficiente de desperdício por fator ocupacional no local i no momento t do monitoramento;

Pdi(t) = potência das lâmpadas ligadas quando o local i, no instante t, não estiver ocupado (W);

Pi = potência total das lâmpadas instaladas, incluindo equipamentos auxiliares em (W)

Os índices CELN e Dfo indicam, respectivamente, a quantidade de energia economizada e desperdiçada, e são apresentados em porcentagem. A figura 2-22 apresenta um organograma que ilustra as situações de ocorrência de CELN e Dfo.

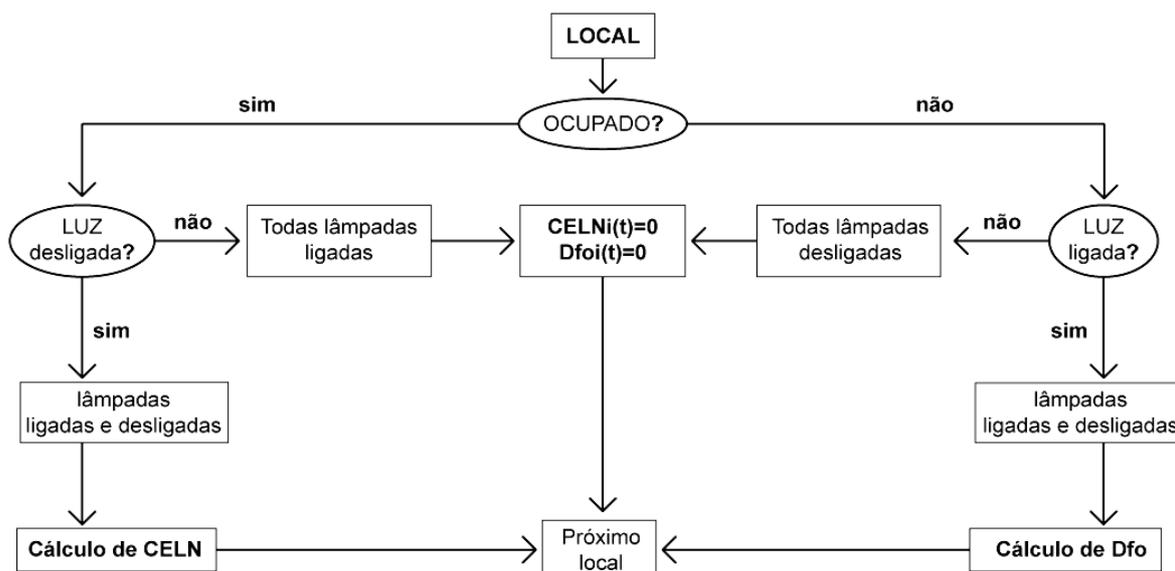


Figura 2-22. Ocorrência de CELN e Dfo. Modificado de Assaf e De Wilde (2003).

O CELN pode ocorrer em duas situações:

1) Com a abstenção do usuário em ligar total ou parcialmente a luz: a situação pode acontecer quando o usuário ao entrar em um ambiente percebe que há suficiente quantidade de luz natural. Segundo estudos realizados por Hunt (1979, 1980), o usuário abster-se-á de ligar a luz quando a probabilidade de acionamento for zero, ou seja, quando a iluminância no plano de trabalho (E_{hm1}) for superior a 657 lux. Este valor é obtido por meio da equação [1] de probabilidade de acionamento:

$$y = \frac{-0.0175 + 1.0364}{(1 + \exp \{4.0835 (\log_{10} E_{hm1} - 1.8223)\})} \quad \text{equação [1]}$$

se:

$y = 1$ (100% de acionamento), $\log_{10} E_{hm1} \leq 0.843$, então $E_{hm1} < 7$ lux;

$y = 0$ (0% de acionamento), $\log_{10} E_{hm1} \geq 2.818$, então $E_{hm1} > 657$ lux.

A partir da equação pode-se identificar as máxima e mínima iluminâncias que indicam, respectivamente, 100% de probabilidade de acionamento e probabilidade nula.

2) Com a ação de desligar total ou parcialmente a luz: após a ocupação, com um aumento gradual de luz natural no interior do ambiente e sobre a área de trabalho, o usuário preocupado com o consumo de energia elétrica, ao perceber que há

suficiente luz natural pode desligar total ou parcialmente a luz artificial, sendo a iluminância caracterizada por Ehmín2.

A contribuição da luz natural deixa de ocorrer quando o usuário ligar novamente a luz ou quando sair do ambiente. Neste caso, a iluminância é caracterizada por Ehmín3 (ASSAF; DE WILDE, 2000).

Segundo os autores, a iluminância de Ehmín2 é maior do que a iluminância Ehmín1 (657 lux) que, por sua vez, é maior que a iluminância Ehmín3, ou seja: $Ehmín3 < 657 \text{ lux} < Ehmín2$.

Conhecendo-se as características do local, o dia e o tempo de ocupação, pode-se obter o índice CELN a partir da equação de probabilidade [1] de Hunt (1980), o que indica a probabilidade de ocorrência de aproveitamento de acordo com a iluminância no plano de trabalho (ASSAF; PEREIRA, 2003).

A tabela IV apresenta os resultados obtidos segundo o monitoramento e a equação de Hunt (1980).

Tabela IV. Variação do coeficiente CELN segundo o tipo de local analisado. Fonte: ASSAF, DE WILDE, 2001.

TIPO DE LOCAL	CELN por Monitoramento	CELN calculado com o modelo de Hunt
Oficinas	3%	24%
Laboratórios	4%	35%
Aulas	2%	16%
serviços sanitários	0%	25%
Escritórios	6%	41%
Total	3,96%	27%

Os resultados de CELN indicam em porcentagem a quantidade de energia economizada em relação ao total. Em salas de aula, por exemplo, segundo o monitoramento, somente 2% do consumo de energia total em iluminação é economizada. Entretanto, quando calculado com o modelo de Hunt (1980), pode-se obter até 16% de economia.

As diferenças entre o CELN por monitoramento e segundo a equação de probabilidade de Hunt (1980) sugerem que somente a quantidade de luz no plano horizontal não é suficiente para explicar a ação do usuário sobre o sistema de iluminação artificial.

Os resultados de Dfo são apresentados na tabela V e indicam que o desperdício de energia em iluminação em salas de aula pode chegar a mais de 20% do consumo total.

Tabela V. Desperdício por fator ocupacional em diferentes ambientes.

TIPO DE LOCAL	Desperdício por Fator Ocupacional
Aulas	22%
Oficinas	27%
Laboratórios	19%
Salas de reuniões	23%
Sanitários	43%
Escritórios	3%
Média total	23%

Os resultados de Assaf e De Wilde (2000) indicam, também, que os usuários, em vários casos, não desligaram a luz quando deixavam o local.

Quanto aos estudos abordados nesta seção, pode-se apresentar algumas observações a respeito da atitude do usuário:

1. Segundo Hunt (1979), os usuários dificilmente desligam a luz durante o período de ocupação para não incomodar outros usuários, para não interromper o trabalho, devido à adaptação gradual do olho ao aumento da quantidade de luz natural e, não percebem que as lâmpadas estão ligadas. Contudo, segundo Assaf e De Wilde (2000), o usuário preocupado com o consumo de energia pode desligar a luz artificial quando perceber que há luz natural suficiente. Neste caso, a atitude depende da percepção do usuário.
2. Segundo Assaf e De Wilde (2000), mais de 20% do consumo de energia elétrica em iluminação é desperdiçado quando os ambientes não estão sendo ocupados. Indica que o usuário não desliga a luz ao deixar o local. Neste caso, a utilização de sensores pode contribuir para redução do consumo de energia.
3. Os estudos baseam-se na atitude do usuário quando este entra no local, sem menção ao espaço anterior e às condições de iluminação em que o usuário se encontrava antes.

Sobre a última observação, acredita-se que as condições de iluminação no espaço que conduz o usuário ao local (espaço de transição) podem influenciar na sua percepção da iluminação no local (espaço de permanência), assunto da próxima seção.

2.5.1. A PRÉ-ADAPTAÇÃO VISUAL DO USUÁRIO

O sistema visual humano, conforme mencionado anteriormente, percebe a luz de forma relativa, sugerindo que a adaptação do usuário às condições de iluminação interferem na sua percepção e atitude.

Baseando-se em estudos de outros autores, Lynes, Littlefair e Slater (1997) sugerem que a atitude do usuário no momento da entrada no espaço de permanência, está associada à luminância das superfícies do ambiente e à pré-adaptação do sistema visual às condições de iluminação no espaço de transição.

Na dissertação de mestrado de Pereira, R. (2001) foram estudados a luminância e o vetor iluminação em duas salas de aula, a sala 11, no antigo edifício do curso de Arquitetura e Urbanismo e a sala 6A, no Núcleo de Desenvolvimento Infantil, no intuito de caracterizar a qualidade da iluminação.

Os resultados encontrados por Pereira, R. (2001) indicam que possivelmente os usuários acionam a luz artificial para buscar contrastes mais aceitáveis entre as superfícies. E também, para contrabalancear com a luz que ingressa pela abertura lateral, conforme identificado pelo vetor iluminação principalmente no NDI.

Com relação à luminância, o estudo de Pereira, R. (2001) está de acordo com o de Lynes, Littlefair e Slater (1997).

Reportando-se novamente ao estudo de Lynes, Littlefair e Slater (1997), a pré-adaptação está relacionada com a atitude do usuário pois, como o sistema visual não percebe a luz em termos absolutos como um sensor fotométrico mas de forma relativa.

A figura 2-23 indica a probabilidade de acionamento com relação a iluminância horizontal entre o espaço de transição e o de permanência, denominados respectivamente de corredor e sala, e apresenta os limites de iluminância para os dois espaços.

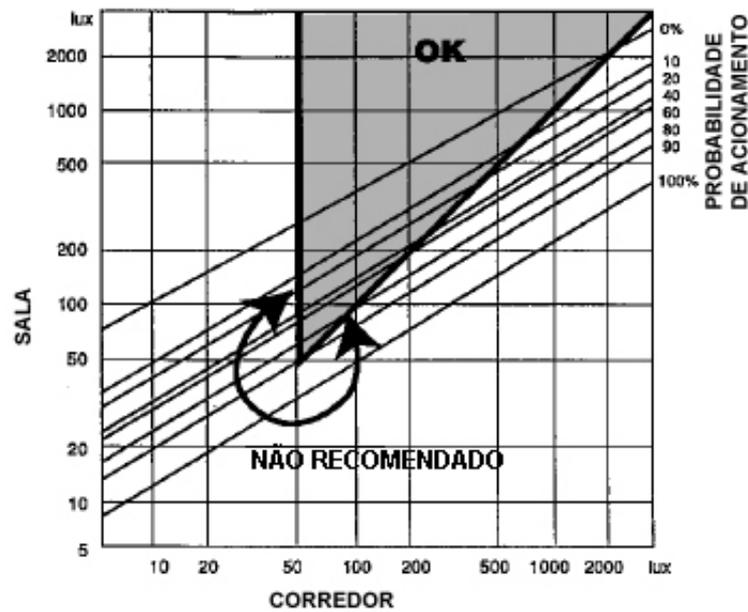


Figura 2-23. Limites para a probabilidade de acionamento calculado em função da iluminância média na sala e no corredor e os limites para um bom projeto de iluminação. Fonte: Modificado de Lynes, Littlefair e Slater (1997).

A influência da iluminação na percepção do usuário pode ser observada no estudo realizado por Shukuya e Morihana (2000), que relaciona a sensação de claro e escuro com a quantidade de luz que chega no plano da face. Neste estudo, as medições de iluminância foram realizadas no plano da face por meio de luxímetros instalados na frente do indivíduo (figura 2-24). Em determinados pontos, previamente estabelecidos em ambientes internos e externos, o indivíduo realizava uma atividade de leitura e identificava o grau de sensibilidade à iluminação numa escala de 7 valores do muito escuro, escuro, levemente escuro, nem escuro nem claro, levemente claro, claro até muito claro.



Figura 2-24. Sujeito com um fotômetro (luxímetro) acoplado na região frontal da cabeça. Fonte: Shukuya e Morihana (2000).

Os resultados indicam que a sensibilidade do sistema visual é maior para níveis moderados de iluminância na face do indivíduo, entre 200 a 600lux, e a conclusão do estudo é de que a sensação do sujeito quando na hora da votação depende das condições de iluminação as quais o sujeito estava submetido anteriormente; o que indica que a adaptação do olho em um espaço depende da iluminação no espaço anterior.

Assim, quando o usuário passa pelo espaço de transição com mais luz do que o de permanência, tem a sensação de que o ambiente está mais escuro. Por outro lado, quando passa pelo espaço de transição com menos luz, sua sensação pode ser de que há suficiente quantidade de luz no ambiente.

2.5.2. CONSIDERAÇÕES FINAIS SOBRE A SESSÃO

De acordo com as referências apresentadas acima, pode-se sugerir que a atitude do usuário está relacionada com a adaptação do usuário à iluminação e com a proporção de brilho das superfícies.

As proporções de brilho das superfícies podem ser caracterizadas por meio de medições de luminância. A relação das proporções de luminância foram investigadas por Pereira (2001) e indicam uma possível influência na atitude do usuário. A adaptação visual do usuário à iluminação e sua atitude sobre o sistema de iluminação ainda não foi investigada.

Considerando que o sistema visual se adapta às mais variadas condições de iluminação, a sensação que usuário tem do espaço depende da quantidade de luz que estava exposto no espaço de transição (corredor) momentos antes de chegar no espaço de permanência (sala de aula).

Nesse sentido, buscou-se caracterizar a iluminação no corredor e na sala e relacionar com a atitude do usuário. A caracterização da iluminação pode ser realizada por meio da iluminância vertical que chega no plano da face do usuário.

O próximo capítulo apresenta a metodologia utilizada nesta pesquisa para estudar a adaptação do usuário e sua respectiva atitude sobre o sistema de iluminação artificial.

CAPÍTULO 3

METODOLOGIA

3.1. CONSIDERAÇÕES INICIAIS

3.2. OS OBJETOS DE ESTUDO

3.3. AS VARIÁVEIS INVESTIGADAS E INSTRUMENTAÇÃO

3.4. ELABORAÇÃO DOS EXPERIMENTOS

3.5. TRATAMENTO DOS DADOS

3.6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

3.1. CONSIDERAÇÕES INICIAIS

A metodologia consistiu do monitoramento do acionamento do sistema de iluminação sob condições reais em ambientes escolares, sem que o pesquisador determinasse as condições de iluminação.

É importante ressaltar ainda que o pesquisador buscou não influenciar no comportamento dos usuários. Dessa forma, optou-se em não esclarecer aos usuários sobre a natureza da pesquisa para que agissem com naturalidade.

Este capítulo está estruturado em cinco partes. Na primeira parte são apresentados os objetos de estudo, ou seja, os ambientes selecionados para o estudo; na segunda parte, as variáveis envolvidas e a instrumentação necessária; na terceira parte, a elaboração dos experimentos realizados; na quarta parte, o tratamentos dos dados, e; na quinta parte, as considerações finais sobre o capítulo.

3.2. OS OBJETOS DE ESTUDO

Os objetos de estudo estão localizados no campus da Universidade Federal de Santa Catarina sendo eles: a sala ARQ-07 do prédio do curso de Arquitetura e Urbanismo, a sala 248 do Centro de Comunicação e Expressão e a sala 5A do Núcleo de Desenvolvimento Infantil (figuras 3-01, 3-02 e 3-03).



Figura 3-01. Arquitetura e Urbanismo.



Figura 3-02. Centro de Comunicação e Expressão.



Figura 3-03. Núcleo de Desenvolvimento Infantil.

Os ambientes foram escolhidos pelas condições de iluminação entre o espaço de transição (corredor) e de permanência (sala de aula) e o sentido da trajetória do usuário.

Os objetos apresentam três situações particulares:

- o edifício do curso de Arquitetura e Urbanismo por ser um edifício onde ocorre incidência direta do sol no corredor e as salas apresentam aberturas generosas ocupando quase a totalidade da fachada;
- o edifício do Centro de Comunicação e Expressão que possui um corredor interno, iluminado artificialmente, com níveis de iluminância em torno de 100 lux no piso e salas com aberturas horizontais que ocupam a totalidade da parede no sentido horizontal;
- edifício do Núcleo de Desenvolvimento Infantil possuindo um corredor com iluminação natural zenital e salas com aberturas também generosas permitindo o ingresso da luz natural.

3.2.1. ARQUITETURA E URBANISMO: CORREDOR E SALA ARQ-07

O edifício do curso de Arquitetura e Urbanismo, ainda em processo de construção, possui uma volumetria cilíndrica de modo que a incidência da luz natural nas fachadas proporciona um aspecto mais dinâmico na iluminação dos recintos do que em edifícios com volumetria paralelepédica. Em edifícios paralelepédicos o ingresso de luz natural nos recintos de uma mesma fachada é semelhante, ao passo que em edifícios cilíndricos, o ingresso de luz é variável.

A sala ARQ-07, objeto de estudo, situa-se no segundo pavimento do edifício onde o usuário atualmente tem somente um trajeto pelo corredor para chegar até a sala.

O corredor que dá acesso para a sala ARQ-07 tem 2,35 m de largura e pé-direito de 3,00 m. As superfícies que definem o corredor são uma parede lateral texturizada amarela, piso de granilite branco, teto branco e sem fechamento em outra lateral. A lateral sem fechamento está voltada para Nordeste de modo que o corredor recebe insolação durante todo o período matutino e início do vespertino. Os painéis que constituem a fachada do edifício produzem um jogo de luz e sombra no corredor. (figura 3-04).



Figura 3-04. Corredor da Arquitetura e Urbanismo.

A sala ARQ-07 tem 55,41 m² de área e dimensões de 5,54 m (parede do fundo) e 7,00 m (parede da janela) por 8,20 m de profundidade e pé-direito de 3,00 m, sendo um recinto com profundidade maior do que o comprimento. Os fechamentos laterais são de painéis de polivinil na cor branca e a parede do fundo em alvenaria pintada na cor branca, com piso e teto também na cor branca. A porta de entrada para a sala com bandeira lateral é constituída de moldura de metal e fechamento de vidro com película azul-escuro o que impede, consideravelmente, o ingresso de luz natural proveniente do espaço de transição (figuras 3-05).



Figura 3-05. Sala ARQ-07: vista da janela que ocupa praticamente toda a parede.

A sala está organizada de forma que o quadro negro situa-se na parede do fundo da sala³, oposto à janela. Os alunos sentam de frente para o quadro negro e de costas para a janela o que acarreta a projeção de sombra pelo próprio aluno sobre a superfície de atividade.

A luz natural no espaço de permanência é lateral e ingressa através de três

² Neste estudo, considera-se 'fundo da sala' como sendo uma área correspondente a 1/3 da área da sala, paralela às paredes da janela e do fundo, onde o nível de iluminação da luz natural é menor. Região onde também se localiza a entrada da sala.

janelas voltadas a Sudoeste. As aberturas apresentam elementos de proteção verticais e horizontais que compõem a fachada Sudoeste do edifício. A luz que ingressa é proveniente da componente celeste e da refletida externa, sendo mais uniforme e com níveis de iluminação horizontal maiores perto das janelas e menores para o fundo da sala; entretanto, não há incidência de luz solar direta na sala.

Cada janela possui dimensões de 2,20 m de largura por 2,35 m de altura e peitoril de 0,60 m, com área total de abertura de 15,51 m², sendo caracterizadas como janelas intermediárias (relação altura/largura de 1,1), ou seja, não são nem verticais nem horizontais. A porcentagem da abertura que indica a relação entre a área da janela e a área do piso é de 28% (tabela VI).

Além disso, o fato das janelas estarem localizadas numa posição mais elevada em relação à parede, associado aos altos índices de refletância das paredes, piso e teto, favorecem a distribuição da luz no fundo da sala.

A iluminação artificial é realizada por meio de 11 luminárias com duas lâmpadas fluorescentes em cada. O controle do sistema de iluminação é realizado pelo interruptor liga/desliga com 6 teclas que se situa próximo à entrada.

3.2.2. CENTRO DE COMUNICAÇÃO E EXPRESSÃO: CORREDOR E SALA 248

O corredor do Centro de Comunicação e Expressão é interno de 2,75 m de largura e pé-direito de 3,20 m, sem contato direto com o exterior. Apresenta paredes e teto pintados na cor branca e piso de taco de madeira na cor marrom escuro.

A iluminação no corredor é predominantemente artificial por meio de luminárias espaçadas a cada 4,25 m e com pouca contribuição da luz natural através de janelas superiores localizadas a uma altura de 2,35 m do piso, cada uma com dimensões de 3,90 m de largura por 0,55 m de altura (figura 3-06).



Figura 3-06. Corredor do CCE com luz predominantemente artificial.

A sala 248 tem área de 54,94 m² e dimensões de 8,20 m de comprimento por 6,70 m de profundidade e pé-direito de 3,20 m, sendo uma sala rasa que possui paredes e teto na cor branca e piso de taco de madeira escura (figura 3-07).



Figura 3-07. Sala 248 e janela horizontal.

A sala está organizada com o quadro negro na parede lateral próximo à entrada e os alunos dispostos de frente para o quadro negro recebem iluminação lateral por duas janelas. As atividades exercidas são geralmente aulas expositivas e trabalhos em grupo, com tarefas visuais tanto no plano horizontal (mesas) quanto no vertical (quadro negro).

O ingresso da luz natural acontece por meio de duas janelas iguais voltadas a Oeste com insolação no período vespertino e apresentando cortinas de cor azul-escuro como elemento de proteção. Devido à pouca projeção do beiral pode-se desconsiderá-lo como elemento de proteção.

As duas janelas juntas ocupam toda extensão horizontal da parede, com cada uma medindo 4,00 m de largura por 1,55 m de altura e peitoril de 1,20 m, sendo caracterizadas como janelas horizontais (relação altura/largura: 0,4) o que permite uma vista panorâmica do exterior. Com área total de janela de 12,40 m² e porcentagem de abertura de 22%, as janelas permitem um ingresso considerável de luz natural (tabela VI descrita acima).

A iluminação artificial é realizada por 8 luminárias com 2 lâmpadas cada que totalizam 16 lâmpadas. O acionamento é realizado por dois interruptores de 2 teclas localizados um próximo à porta e o outro no fundo da sala.

Observa-se na sala 248 que o acionamento não oferece a possibilidade de conjugar a iluminação natural com a artificial.

3.2.3. NÚCLEO DE DESENVOLVIMENTO INFANTIL: CORREDOR E SALA 5A

O corredor do Núcleo de Desenvolvimento Infantil de 2,85 m de largura e pé-direito de 3,50 m é um espaço iluminado com luz natural através de abertura zenital, tendo como superfície de separação, o policarbonato. As paredes e o piso são revestidas de cerâmica branca, sendo que na parede o revestimento cerâmico chega até a altura de 1,00 m e o restante é pintado na cor creme (figura 3-08).



Figura 3-08. Iluminação zenital no corredor.

A sala 5A com 33,22 m² de área, dimensões de 6,85 m de comprimento por 4,85 m de profundidade e pé-direito de 3,20 m, é uma sala rasa que apresenta paredes e teto na cor verde claro e piso de paviflex na cor rosa claro (figura 3-09). A sala é utilizada para trabalhos com crianças na faixa etária até 6 anos com tarefas que envolvem três dimensões e que ocupam toda a área da sala (Pereira, 2001).



Figura, 3-09. Sala 5A do Núcleo de Desenvolvimento Infantil.

A iluminação natural é lateral realizada por meio de uma abertura voltada a

Sudeste com dimensões de 6,00 m de largura por 2,00 m de altura e peitoril de 0,70 m. A relação altura/largura é de 0,7, caracterizando-se como uma janela intermediária.

A área total de janela é de 12,00 m² e a porcentagem de abertura é de 36% (tabela IV descrita acima). Estas dimensões permitem o ingresso e a distribuição de luz suficiente para a realização das tarefas durante a maior parte do dia. A iluminação é favorecida pela orientação das janelas (Nordeste) e pela proteção do beiral de 1,20 m.

Entretanto, como o vidro é revestido com película, esta reduz significativamente o ingresso de luz e afeta na sua distribuição no ambiente; associado a isso, as cores das superfícies da sala (refletâncias médias de 30% para o piso e 53% para teto e paredes⁴) contribuem na percepção de um espaço mal iluminado (figura 3-10).



Figura 3-10. Película no vidro da janela da sala 5A.

A iluminação artificial é realizada por meio de 6 luminárias com 2 lâmpadas fluorescentes cada, totalizando 12 lâmpadas. O acionamento é realizado por 1 interruptor com 2 teclas localizado próximo à entrada, sendo que cada tecla aciona 6 lâmpadas.

⁴ Medições realizadas *in loco* por meio de luxímetro e luminômetro.

Tabela VI. Informações gerais dos objetos de estudo.

SALA								CORREDOR
Local		Iluminação natural			Iluminação artificial			Iluminação
	Área total (m ²)	Área útil (m ²)	Porcentagem de Abertura (%)	Forma	Orientação	Quantidade de Luminárias	Quantidade de Lâmpadas	
ARQ 07	55,41	15,51	28,00	Intermediária	SW	11	22	Natural
CCE - 248	54,94	12,40	22,60	Horizontal	W	8	16	Artificial
NDI - 6A	33,22	12,00	36,10	Intermediária	NE	6	12	natural

3.3. AS VARIÁVEIS INVESTIGADAS E INSTRUMENTAÇÃO

Buscou-se por meio de alguns parâmetros fotométricos caracterizar as condições de iluminação no espaço de transição e no espaço de permanência para relacioná-los com a ação do usuário de ligar ou não a luz.

A caracterização das condições de iluminação consiste das medições das iluminâncias verticais e horizontais obtidas por meio de luxímetros, e a atitude do usuário é indicada pelo acionamento das lâmpadas, que constituem as variáveis investigadas.

A iluminância vertical representa a quantidade de luz que chega no plano da face do usuário e sua determinação é mais simples quando comparada com a luminância que necessita de mais cuidado e de equipamentos mais sofisticados.

As medições das iluminâncias horizontais neste estudo têm como objetivo ilustrar a distribuição da luz natural em relação ao eixo central a partir da janela até o fundo da sala, além de indicar a quantidade de luz no plano de trabalho no momento da entrada do usuário.

A atitude do usuário sobre o sistema de iluminação artificial corresponde aos registros de acionamento das lâmpadas obtidos a partir de aparelhos Hobo light on/off da Onset Computers (figura 3-11).

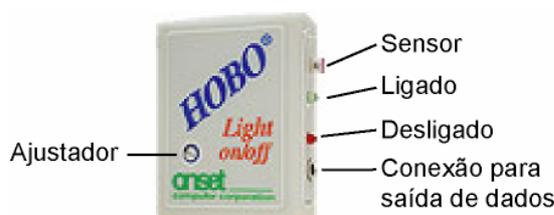


Figura 3-11. Sensor Hobo *light on/off*, armazena até 2.000 dados.

Os aparelhos registram o acionamento das lâmpadas a partir de um sensor cuja sensibilidade pode ser regulada para valores entre 10 a 100 lúmens dependendo da necessidade e particularidade das medições.

O aparelho é fixado na luminária, próximo à lâmpada e registra valores a cada $\frac{1}{2}$ segundo. Caso não ocorra mudança de estado, o sensor mantém o registro anterior o que permite registrar até 2.000 mudanças.

Para se ter acesso aos dados registrados pelo sensor utilizou-se o programa BOXCAR-PRO 4.0 que mostra em forma de gráfico o acionamento ou desligamento da luz de acordo com o tempo, além de indicar a condição da bateria e permitir ajustar a data e a hora do levantamento (figura 3-12).

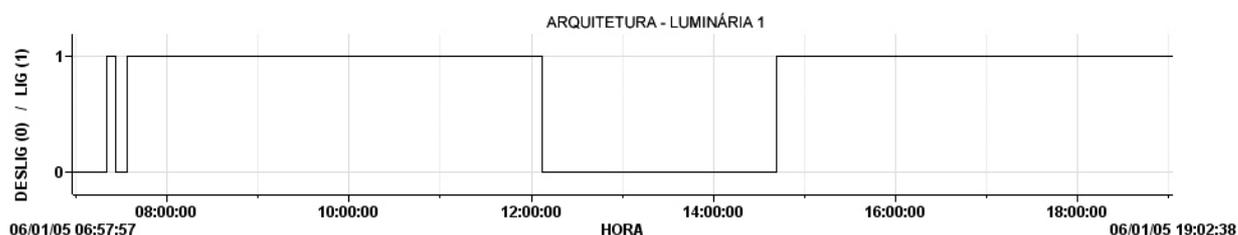


Figura 3-12. Saída de dados do sensor Hobo: acionamento e desligamento das lâmpadas.

Os registros indicam o momento do acionamento e do desligamento das lâmpadas e a duração de tempo.

3.4. ELABORAÇÃO DOS EXPERIMENTOS

Os experimentos envolveram a fixação dos aparelhos Hobo light on/off, a preparação do local e os procedimentos para as medições de iluminâncias verticais e horizontais (figura 3-13).

A figura 3-13 apresenta um organograma do desenvolvimento do experimento.

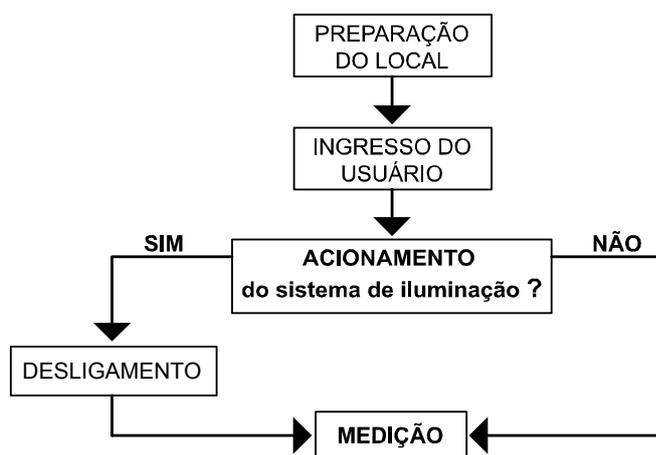


Figura 3-13. Organograma do levantamento de dados de iluminância.

A preparação das salas de aula consistiu da instalação dos aparelhos Hobo light on/off e da verificação das lâmpadas estarem todas desligadas e as cortinas abertas antes do ingresso do usuário. A instalação dos aparelhos Hobo light on/off foi realizada quando as salas estavam vazias e retiradas após um determinado período de medição.

As medições de iluminâncias verticais e horizontais foram realizadas somente no início da ocupação após o ingresso dos usuários até o início da atividade.

As medições foram restringidas a períodos em que não havia incidência direta dentro da sala para evitar a possibilidade do usuário fechar as cortinas por causa da insolação.

A quantidade de dias de monitoramento em cada ambiente correspondeu a aproximadamente duas semanas de medição. Os experimentos foram realizados entre os dias 16 de maio a 07 de julho de 2005 e entre os dias 30 de janeiro a 17 de abril de 2006, o que corresponde a um total de 42 dias. Entretanto, a quantidade de dias de medição não corresponde necessariamente à quantidade de aulas ou eventos, pois em uma sala durante um dia podem ocorrer várias aulas.

3.4.1. A INSTALAÇÃO DOS APARELHOS HOBO LIGHT ON/OFF

Como a disponibilidade de 2 aparelhos Hobo não era suficiente para atender a quantidade de luminárias, a instalação levou em consideração a sequência de acionamento do conjunto luminária/lâmpadas.

As luminárias acionadas por um mesmo interruptor foram agrupadas e enumeradas de acordo com a localização em relação à entrada. Assim, a luminária L1, acionadas por um mesmo interruptor, corresponde à fileira de luminárias próximo

à porta, a L2 corresponde à próxima fileira de luminárias e assim por diante.

Dessa forma, a distribuição dos aparelhos seguiu a numeração das fileiras, sendo 1 hobo para cada fileira de luminárias.

Contudo, como as salas escolhidas para o estudo apresentavam diferenças quanto à sequência de acionamento, a instalação foi adaptada a cada sala.

Na sala ARQ-07, as luminárias estão distribuídas da seguinte forma: três fileiras de luminárias paralelas à abertura e uma fileira transversal próximo à parede. Os sensores foram instalados nas luminárias L1 e L2, destacados em cinza, e convencionou-se que o acionamento da luminária L2 corresponderia também ao acionamento das luminárias L3 e L4 (figuras 3-14 e 3-15).

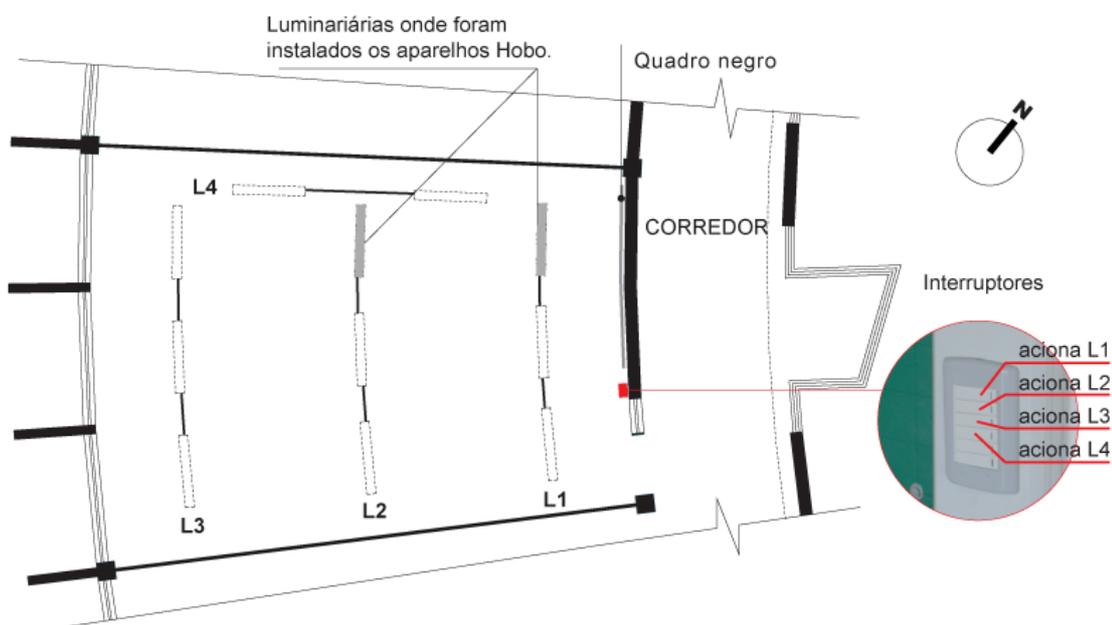


Figura 3-14. Medições na Sala ARQ-07 na Arquitetura e Urbanismo: as luminárias destacadas em cinza indicam onde foram instalados os aparelhos Hobo light on/off.



Figura 3-15. Instalação do aparelho Hobo light on/off na luminária L1.

Na sala 248 do CCE, a distribuição das luminárias de acordo com o acionamento é em quatro fileiras de luminárias perpendiculares à janela. A instalação dos aparelhos Hobo levou em consideração a localização dos interruptores, sendo um hobo para as luminárias próximas à entrada e outro para as luminárias do fundo da sala (figura 3-16). O acionamento da luminária L1 correspondeu também ao da luminária L2; e o acionamento da luminária L4 correspondeu ao da luminária L3. Os dados considerados no estudo se limitaram a medições do período matutino pois no período vespertino havia incidência solar direta na sala.

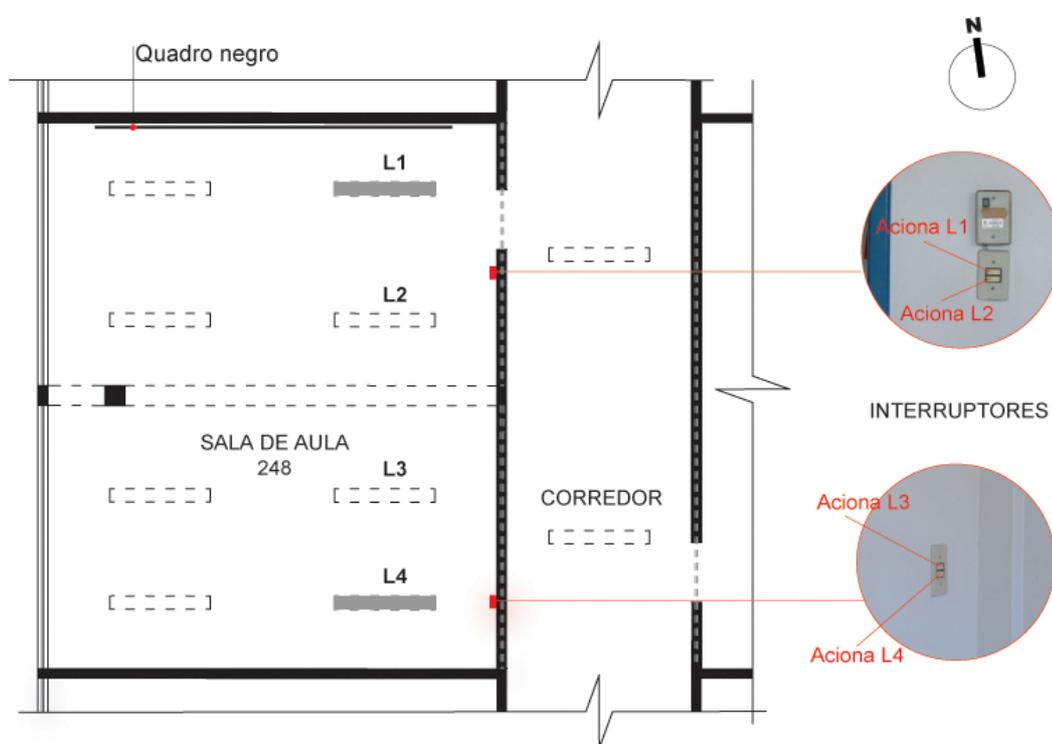


Figura 3-16. Medições na sala 248 no Centro de Comunicação e Expressão e a indicação onde foram instalados os aparelhos Hobo, em cinza.

Na sala 5A do NDI, as luminárias (considerando o acionamento das luminárias) distribuídas em duas fileiras com três luminárias, uma no fundo da sala (L1) e outra próxima à janela (L2). Os aparelhos foram instalados em cada fileira de luminárias (figura 3-17).

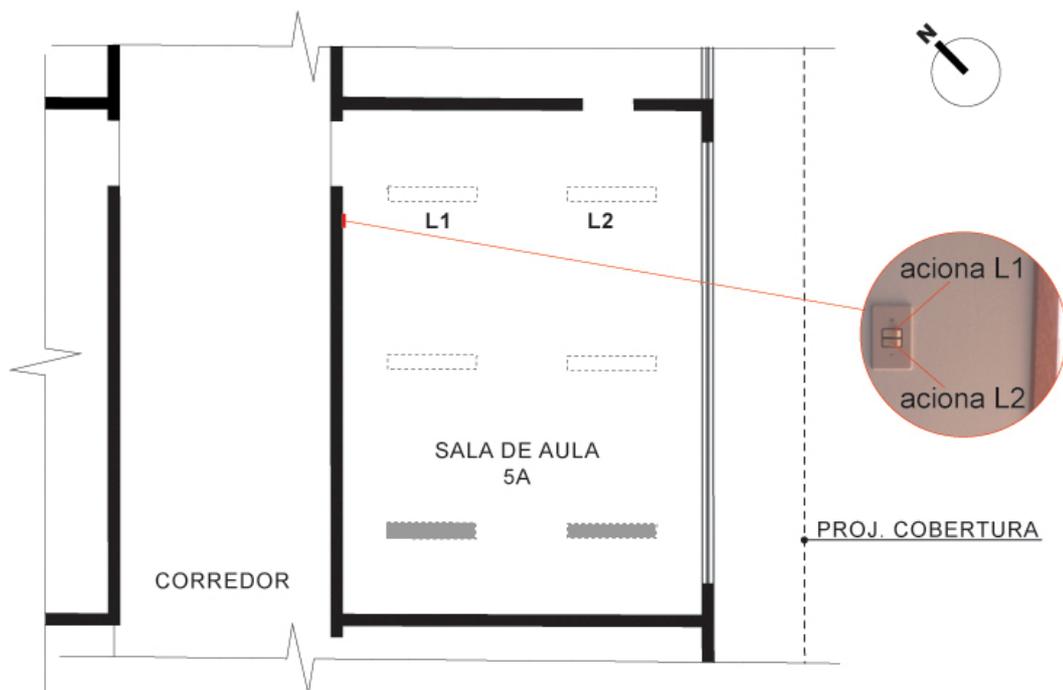


Figura 3-17. Localização dos sensores hobo light on/off na sala 5A do Núcleo de Desenvolvimento Infantil.

Além disso, alguns cuidados foram tomados com relação à instalação dos aparelhos, como:

- os aparelhos foram instalados de modo que os usuários não os notassem;
- os aparelhos foram fixados nas luminárias situadas na região menos iluminada da sala;
- os sensores dos aparelhos foram protegidos para evitar o registro da luz natural refletida por alguma superfície.

3.4.2. AS MEDIÇÕES DE ILUMINÂNCIA VERTICAL NO PLANO DA FACE DO USUÁRIO E AS DE ILUMINÂNCIA HORIZONTAL

Para realizar a medição das iluminâncias verticais foram definidos alguns pontos no corredor e na sala a partir de um estudo piloto, realizado no edifício da Arquitetura e Urbanismo entre os dias 03 a 05 de maio de 2005. Dois suportes foram construídos para receber os luxímetros.

Os suportes constituem-se de uma haste de madeira fixada a uma base para mantê-los perpendiculares ao piso. Na outra extremidade, foram fixados dois receptáculos para sustentar o luxímetro a 1,70 m do piso, altura média do brasileiro segundo o IBGE (2003). A perpendicularidade dos suportes com o piso foi aferida (figura 3-18 e 3-19).



Figuras 3-18. Suporte desenvolvido para medir a quantidade de luz que chega no plano da face do usuário.



Figura 3-19. Aferição do suporte.

A localização dos pontos considerou a trajetória do usuário pelo espaço de transição até chegar ao espaço de permanência optando-se por quatro pontos, sendo dois pontos em cada ambiente. Os pontos correspondem às posições onde ocorrem mudanças mais significativas nas condições de iluminação.

Pela variabilidade dos movimentos vinculados ao sistema visual considerou-se basicamente que o usuário realiza um trajeto linear e adotou-se o eixo central do espaço de transição como centro do campo visual (direção da visão).

Os dois primeiros pontos denominados de Ev1 e Ev2 situam-se no espaço de transição, no eixo central do corredor (figura 3-20). O ponto Ev1 corresponde a uma posição em que o usuário se localiza a poucos metros da entrada da sala e visa o eixo central do corredor. Este ponto indica a condição de iluminação no espaço de transição. O ponto Ev2 situa-se em frente à porta de entrada da sala visando também o eixo central do corredor. Este ponto indica as condições de iluminação em que o usuário está submetido antes de entrar na sala.

Na figura 3-20, o direcionamento dos sensores dos luxímetros para o levantamento das iluminâncias verticais no plano da face do usuário são indicadas pelas setas.

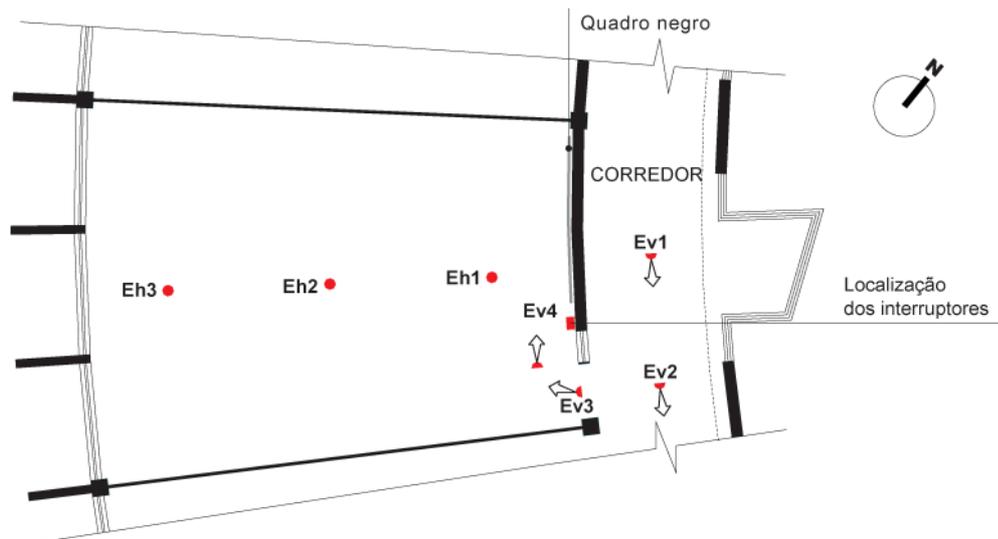


Figura 3-20. Indicação dos pontos na Arquitetura e Urbanismo – sala ARQ-07 e corredor.

O ponto Ev3 corresponde à posição em que o usuário experimenta a condição de iluminação imediatamente após o seu ingresso na sala.

Segundo (CIBSE, 1994) o sistema visual busca focalizar a parte mais clara de uma cena e por isso, o sensor do luxímetro no ponto Ev3, está voltado para o centro da janela.

O ponto Ev4, situado a 0,5 m da porta, corresponde à posição do usuário que entra na sala e visa a zona menos iluminada. O motivo de se medir a essa distância da porta e não na mesma posição do ponto Ev3 foi baseado na observação de que quando o usuário entra na sala, este avalia as condições de iluminação no ambiente ao mesmo tempo que se desloca para dentro da sala.

A figura 3-21 ilustra a marcação no piso para as medições de iluminância. As medições de iluminância iniciaram no corredor seguindo a numeração do posicionamento partindo de Ev1 até Ev4 e depois na sala, Eh1 até Eh3.



Figura 3-21. Marcação no piso para o levantamento de dados.

As figuras 2-22 e 2-23 ilustram a localização dos suportes para as medições de iluminância vertical no corredor e na sala.



Figura 3-22. Pontos Ev1 e Ev2 no corredor.



Figura 3-23. Pontos Ev3 e Ev4 na sala.

Os valores foram registrados em uma planilha apresentada na figura 3-24 e que também foi desenvolvida durante o estudo piloto.

LOCAL:							
DATA:							
	CORREDOR			SALA			
	ILUMINÂNCIA VERTICAL (lux)			ILUMINÂNCIA HORIZONTAL (lux)			
HORA	Ev1	Ev2	Ev3	Ev4	Eh 1	Eh 2	Eh 3
CONDIÇÃO DE CÉU:							
OBS:							

Figura 3-24. Planilha desenvolvida para o levantamento de dados de iluminância vertical e horizontal.

Na planilha também constam os itens para preenchimento de dados de iluminância horizontal, das condições de céu e outras observações.

Para se efetuar as medições de iluminância horizontal, dividiu-se as salas em três partes iguais e paralelas à parede que contém a janela, tomando-se como ponto de medição o centro de cada área conforme ilustrado na figura 3-15. Os pontos são:

- Eh1, no fundo da sala;
- Eh2, no centro;
- Eh3, próximo à janela.

Os valores foram medidos à altura de 0,75 m do piso sobre as superfícies de trabalho e registrados na mesma planilha apresentada na figura 3-24.

3.4.3. REGISTRO FOTOGRÁFICO

O registro fotográfico foi realizado através da câmera fotográfica digital CASIO QV-R61. Foram tiradas fotografias das condições de céu, do espaço de transição e de permanência antes de cada levantamento, para registrar detalhes necessários à análise de dados. Detalhes que por ventura poderiam passar despercebidos no momento do levantamento.

3.5. TRATAMENTO DOS DADOS

Inicialmente, buscou-se relacionar os registros dos aparelhos Hobo light on/off com as observações realizadas durante o levantamento de dados sobre a atitude do usuário nos ambientes o que permitiu identificar o momento em que houve o acionamento e o tipo de acionamento (total ou parcial).

Conhecendo-se o momento do acionamento foi possível organizar os dados de iluminância vertical e horizontal em uma planilha.

A partir das iluminâncias horizontais foi possível calcular a probabilidade de acionamento segundo a equação [1] (pág. 43) e caracterizar a distribuição da luz natural no espaço de permanência.

Buscou-se relacionar as iluminâncias verticais do espaço de transição com os do espaço de permanência: $Ev1/Ev3$, $Ev1/Ev4$, $Ev2/Ev3$, $Ev2/Ev4$ e, dessa forma, identificar alguma relação dos valores que pudessem explicar a atitude do usuário. Além disso, traçou-se gráficos com as iluminâncias verticais para visualizar a variação da quantidade de luz no plano da face do usuário nos quatro pontos.

3.6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A metodologia foi desenvolvida a partir da literatura e com alguns procedimentos definidos a partir do estudo piloto como, a determinação dos pontos para a avaliação das iluminâncias verticais e horizontais, e os elementos a serem observados durante o levantamento de dados.

A montagem do experimento constituiu a realização de um dos objetivos da pesquisa.

CAPÍTULO 4

ANÁLISE DOS DADOS E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

4.1. CONSIDERAÇÕES INICIAIS

4.2. A ATITUDE DO USUÁRIO E AS CONDIÇÕES DE ILUMINAÇÃO: ANÁLISE DOS RESULTADOS

4.3. A ATITUDE DO USUÁRIO E AS CONDIÇÕES DE ILUMINAÇÃO: DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

4.4. O ACIONAMENTO DO SISTEMA DE ILUMINAÇÃO: ANÁLISE E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

4.5. OBSERVAÇÕES A RESPEITO DA ATITUDE DO USUÁRIO

4.1. CONSIDERAÇÕES INICIAIS

O capítulo está estruturada em quatro seções: a primeira trata da análise dos resultados da atitude do usuários sobre o sistema de iluminação; a segunda, da discussão sobre os resultados da atitude do usuário sobre o sistema de iluminação; a terceira, do acionamento do sistema de iluminação e, a quarta apresenta algumas observações realizadas durante o levantamento de dados.

Para facilitar na análise e discussão dos resultados, a denominação dos espaços de transição e permanência é apresentada de acordo com o edifício a qual pertencem, assim, o corredor e a sala ARQ-07 do curso de Arquitetura e Urbanismo são denominados de Arquitetura e Urbanismo; o CCE, representa o corredor e a sala 248 do Centro de Comunicação e Expressão, e; o NDI, o corredor e a sala 5A do Núcleo de Desenvolvimento Infantil.

Especificamente na Arquitetura e Urbanismo, foi possível realizar medições durante todo o dia o que permitiu organizar os resultados segundo o período matutino e vespertino.

A quantidade de eventos considerados no estudo totalizam 52, sendo 26 no edifício da Arquitetura e Urbanismo, 13 no Centro de Comunicação e Expressão e 13 no Núcleo de Desenvolvimento Infantil.

4.2. A ATITUDE DO USUÁRIO E AS CONDIÇÕES DE ILUMINAÇÃO: ANÁLISE DOS RESULTADOS

Os dados de iluminâncias verticais e horizontais (APÊNDICE 2) e dos registros dos aparelhos Hobo light on/off (APÊNDICE 3) foram tratados considerando-se somente o **ingresso do primeiro usuário**.

A atitude do **1º usuário** de ligar ou não a luz quando ingressa no espaço de permanência indica uma possível adaptação às condições de iluminação no espaço de transição sem a interferência de outros usuários. A presença de usuários no espaço de permanência possivelmente influencia na percepção sobre a iluminação de outro usuário que acaba de ingressar.

Os dados tratados são apresentados nas tabelas VII a X. Nas tabelas constam as iluminâncias verticais e horizontais, a diferenciação entre a ocorrência ou não de acionamento e a probabilidade de acionamento calculada segundo a equação [1] de Hunt (1980).

A probabilidade de acionamento foi calculada a partir das iluminâncias horizontais medidas no momento do **ingresso do primeiro usuário**. A iluminância horizontal mínima utilizada no cálculo foi, geralmente, a iluminância Eh1. Segundo a equação [1], a probabilidade de acionamento será nula (0) quando a iluminância mínima no plano horizontal Ehmin for igual ou maior do que 657lux (ASSAF; DE WILDE, 2000).

A análise da atitude do usuário é baseada nos gráficos de iluminância horizontal e vertical. Os gráficos 4-01, 4-03, 4-06 e 4-08 de iluminância horizontal indicam a distribuição da luz pelo espaço de permanência e os gráficos 4-02, 4-05, 4-07 e 4-09 de iluminância vertical indicam a variação da quantidade de luz que chega no plano da face do usuário quando este percorre pelo espaço de transição e chega até o espaço de permanência.

Os gráficos são apresentados em escala logarítmica devido a grandes diferenças encontradas entre os valores máximo e mínimo de iluminância.

4.2.1. ARQUITETURA E URBANISMO – PERÍODO MATUTINO

A tabela VII referente ao período matutino da Arquitetura e Urbanismo apresenta acionamento em 5 eventos de um total de 13; o restante, 8 eventos, houve abstenção dos usuários em ligar a luz.

Tabela VII. Dados tratados para o período matutino da Arquitetura e Urbanismo.

DATA	AÇÃO	Ev1	Ev2	Ev3	Ev4	Eh1	Eh2	Eh3	Probabilidade de Acionamento*
16/mai/05	abstenção	6250	2490	450	255	323	472	750	4,2%
24/mai/05	acionam.	960	450	100	50	64	105	235	51,8%
30/mai/05	abstenção	5300	2040	514	266	330	410	540	4,0%
3/jun/05	acionam.	28400	12900	1320	636	750	715	820	0
21/jun/05	abstenção	17500	4800	580	295	367	396	550	3,0%
16/mar/06	acionam.	59000	6420	1270	1250	1210	1062	1000	0
17/mar/06	abstenção	9300	3780	950	500	450	670	1024	1,6%
20/mar/06	abstenção	4100	2170	452	240	285	465	1133	5,5%
27/mar/06	abstenção	53500	14000	1300	610	700	770	1000	0
28/mar/06	abstenção	30000	6000	800	600	530	690	1280	0,8%
31/mar/06	abstenção	40000	12000	1150	600	630	600	850	0,1%
4/abr/06	Acionam.	1690	1000	370	180	560	315	600	4,4%
7/abr/06	Acionam.	3000	1160	220	127	136	221	513	21,0%

* Calculado segundo a equação de Hunt (1980).

As probabilidades de acionamento calculadas para os 13 eventos apresentaram variações de 0 a 52%, sendo que o acionamento nulo ocorreu em três eventos.

Confrontando-se os resultados calculados com o monitoramento realizado, nota-se uma certa correlação das situações em que houveram acionamento com os resultados obtidos segundo a equação [1]. Valores baixos, entre 1 a 5% praticamente correspondem a situações em que os usuários se abstiveram de ligar a luz e valores altos, a partir de 20%, indicaram situações em que os usuários ligaram a luz.

O acionamento ocorreu em 5 situações, sendo que em três, o percentual de acionamento apresentou valores significativos de 4,4%, 21% e 51,8%, e nos outros dois eventos, o percentual foi nulo.

Na figura 4-01, o gráfico de iluminâncias no plano horizontal no espaço de permanência apresenta as situações de acionamento e de abstenção. Nota-se ainda que a distribuição da luz natural no espaço de permanência ocorre de maneira relativamente uniforme.

Arquitetura e Urbanismo - MATUTINO

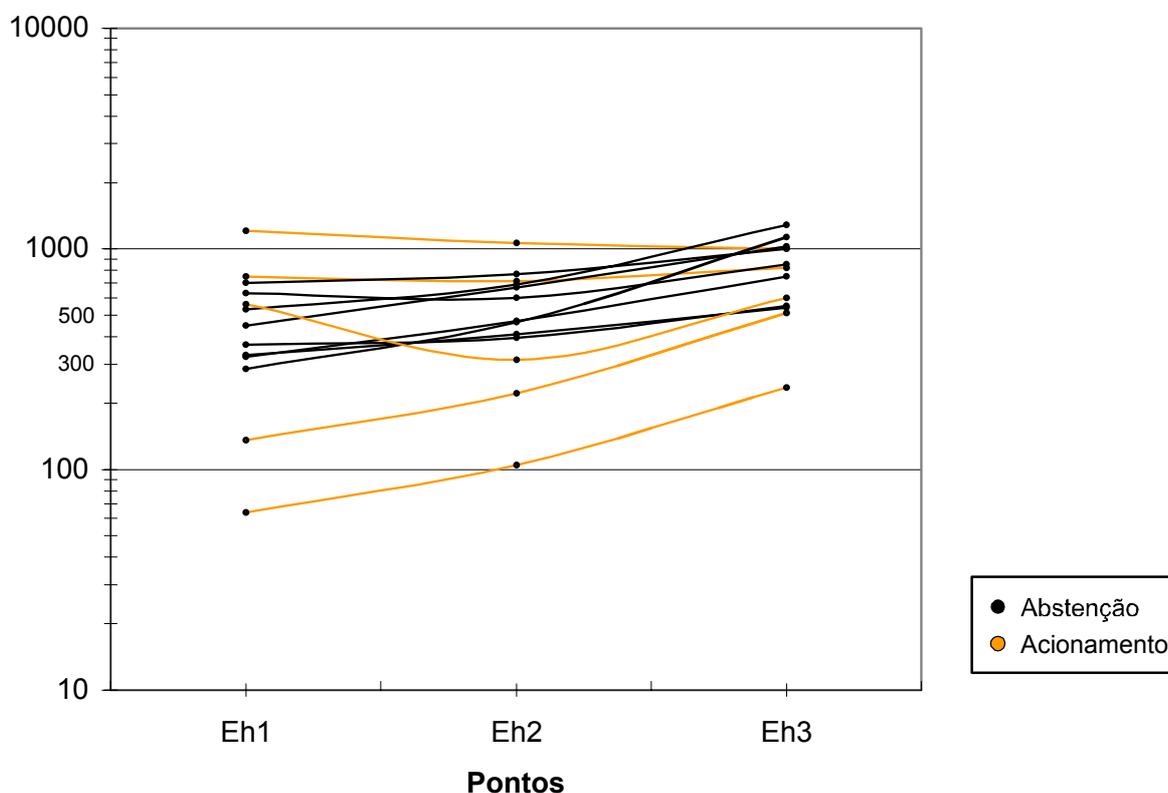


Figura 4-01. Distribuição das iluminâncias horizontais - período matutino da Arquitetura e Urbanismo.

As três curvas inferiores de acionamento correspondem às situações em que apresentaram valores significativos de probabilidade e indicam um gradiente de distribuição da luz natural. Além disso, a iluminância no plano de trabalho próximo à entrada não atende as especificações normativas.

As outras duas curvas de acionamento apresentam valores de iluminância horizontal que situam-se entre 700 a 1.200 lux que, por sua vez, indicam probabilidade de acionamento nulo.

Como o cálculo de probabilidade de acionamento da equação [1] é baseado na iluminância mínima no plano horizontal, os valores apresentados acima sugerem que em alguns casos, somente a iluminância no plano horizontal não é suficiente para explicar a atitude do usuário.

No gráfico da figura 4-02, as curvas de iluminâncias verticais indicam que a quantidade de luz que o usuário está submetido no espaço de transição é maior do que no de permanência. As curvas de iluminâncias indicam ainda uma variação significativa da iluminância em todos os pontos medidos.

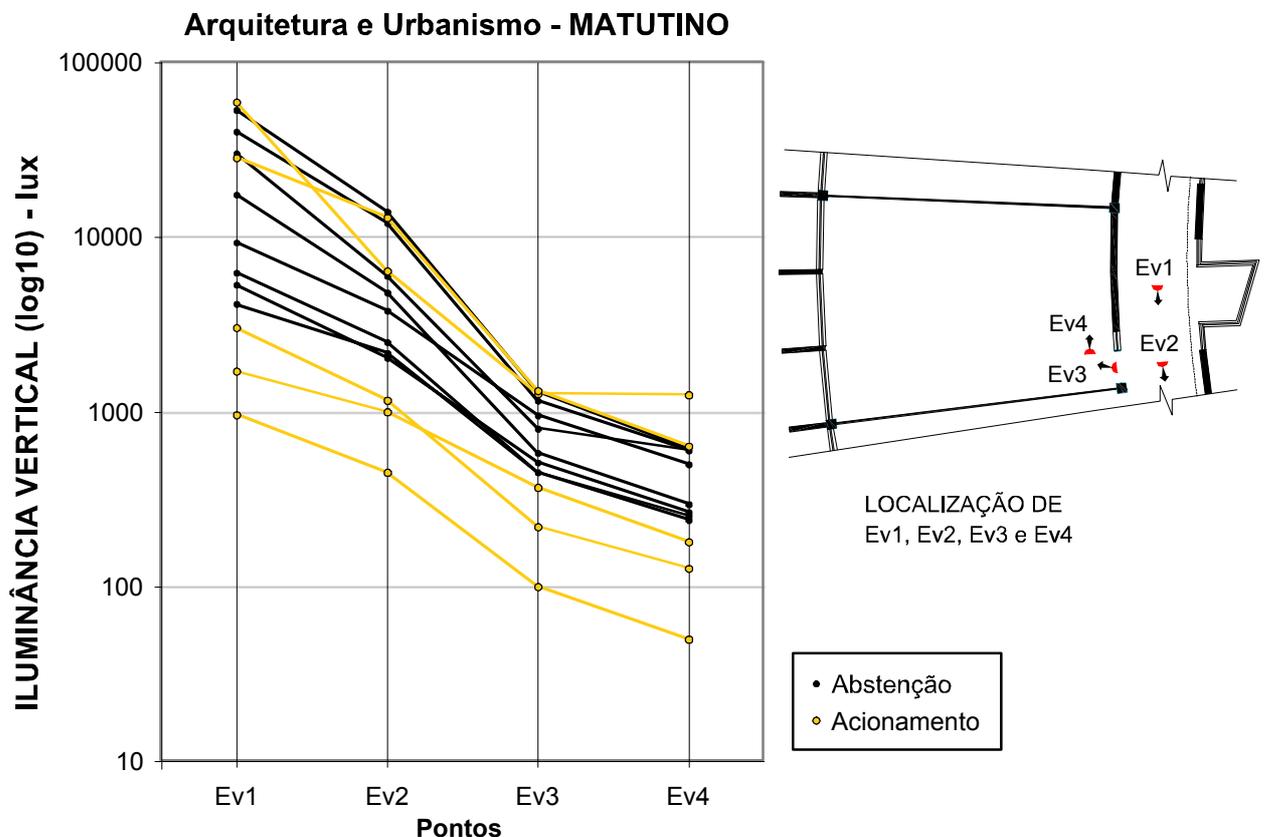


Figura 4-02. Gráfico das Iluminâncias verticais no período matutino da Arquitetura e Urbanismo.

O gráfico da figura 4-02 também indica as situações de acionamento e abstenção do usuário. As três curvas de acionamento situadas na parte inferior do gráfico correspondem às três situações com valores de probabilidade de acionamento.

Nestas três situações, as iluminâncias no plano da face do usuário no espaço de transição variam entre 1.000 a 3.000 lux em Ev1, logo após, entre 460 a 1.160 lux em Ev2. No espaço de permanência, a iluminância situa-se entre 100 a 370 lux em Ev3, e entre 50 a 180 lux em Ev4 (tabela VII).

Nas outras duas situações em que houve probabilidade de acionamento nulo, as iluminâncias no plano da face do usuário foram de 28.400 e 59.000 lux em Ev1, 12.900 e 6.400 em Ev2, 1.320 e 1.270 lux em Ev3, e de 636 e 1.250 lux em Ev4.

Nestas condições, o usuário quando percorre pelo espaço de transição e ingressa no de permanência, aparentemente, tem a sensação de que o espaço de permanência está escuro.

Nas situações em que o usuário se absteve de ligar a luz, nota-se uma variação mais suave da iluminância no plano da face do usuário nos pontos Ev1 a Ev4. Considerando que a percepção do ser humano à luz ocorre praticamente em escala logarítmica, a variação da luz ocorreu de forma pouco perceptível permitindo uma completa adaptação do sistema visual às condições de iluminação no instante do ingresso no espaço de permanência.

Nesse sentido, provavelmente, as condições de iluminação no espaço de transição influenciam na percepção do usuário quando este ingressa no espaço de permanência e, conseqüentemente, na sua atitude do usuário sobre o sistema de iluminação artificial.

4.2.2. ARQUITETURA E URBANISMO – PERÍODO VESPERTINO

Na tabela VIII, referente ao período vespertino da Arquitetura e Urbanismo, a probabilidade de acionamento calculado apresentou porcentagens entre 0 e 4,5%. O intervalo entre os valores máximo e mínimo de percentual de acionamento é significativamente menor no período vespertino em comparação com o matutino.

O monitoramento identificou que a quantidade de eventos em que os usuários ligaram a luz no período vespertino ocorreu em 4 de um total de 13, bastante próximo ao do período matutino (5/13).

Tabela VIII. Dados tratados para o período vespertino da Arquitetura e Urbanismo.

DATA	AÇÃO	Ev1	Ev2	Ev3	Ev4	Eh1	Eh2	Eh3	Probabilidade de Acionamento*
16/mai/05	acionam.	4080	1940	515	315	375	616	1012	2,8%
17/mai/05	acionam.	6400	3480	790	440	590	948	1610	0,4%
23/mai/05	abstenção	6350	3230	610	310	460	610	1190	1,5%
25/mai/05	abstenção	13000	12660	1017	568	702	862	1063	0
30/mai/05	abstenção	10000	7600	910	480	550	790	1370	0,6%
31/mai/05	acionam.	8700	8000	960	510	600	1080	1750	0,3%
1/jun/05	abstenção	16500	12000	1520	895	1100	1430	2050	0
21/jun/05	acionam.	15000	14000	1130	660	833	964	1300	0
17/mar/06	abstenção	5300	6300	970	512	540	870	1500	0,7%
28/mar/06	abstenção	4500	2550	522	300	312	430	1070	4,5%
30/mar/06	abstenção	11150	11000	950	520	630	770	1380	0,1%
31/mar/06	abstenção	5850	3760	820	450	480	860	2350	1,3%
4/abr/06	abstenção	4600	2570	720	400	420	720	1460	2,4%

* Calculado segundo a equação de Hunt (1980).

A partir das iluminâncias horizontais mínimas obtidas segundo as medições, nota-se que na maioria das situações investigadas, as iluminâncias apresentaram valores de acordo com as especificações normativas.

Ao relacionar os eventos em que ocorreram acionamento com a probabilidade de acionamento calculada segundo a equação [1], nota-se que em três situações a probabilidade foi nula ou praticamente nula (tabela VIII).

As medições de iluminância horizontal indicam valores entre 300 a 1.100 lux em Eh1, próximo à entrada. Verificou-se que mesmo a iluminância medida atendendo as especificações normativas, os usuários acionaram o sistema de iluminação artificial (figura 4-03).

Os resultados indicam, novamente, que somente a iluminância no plano horizontal não explica a atitude do usuário sobre o sistema de iluminação.

Arquitetura e Urbanismo - VESPERTINO

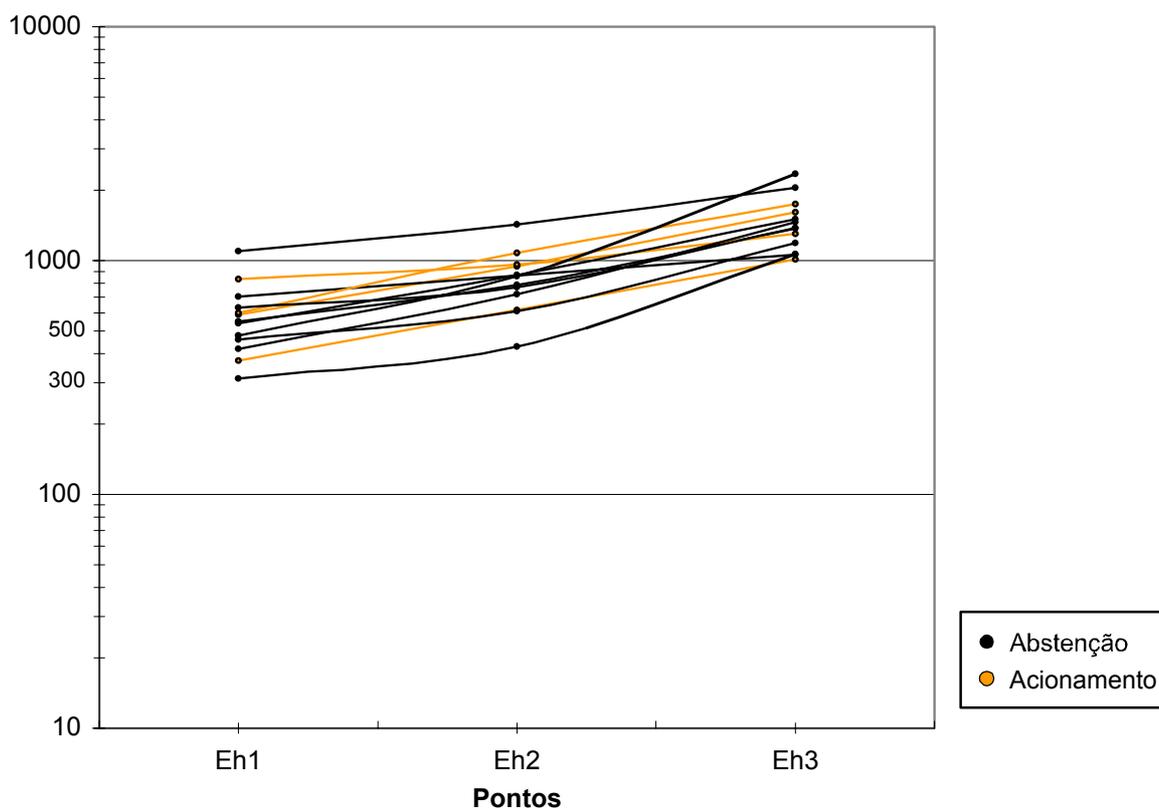


Figura 4-03. Distribuição das iluminâncias horizontais - período vespertino.

Comparando-se a distribuição da luz natural no plano horizontal no espaço de permanência entre os períodos matutino e vespertino (figura 4-04), nota-se que a distribuição da luz no plano horizontal ocorre de maneira pouco uniforme em comparação com o período matutino. No período matutino, a iluminância média em Eh1, situado próximo da entrada, foi de 336 lux enquanto que no período vespertino, foi de 885 lux.

ARQUITETURA E URBANISMO

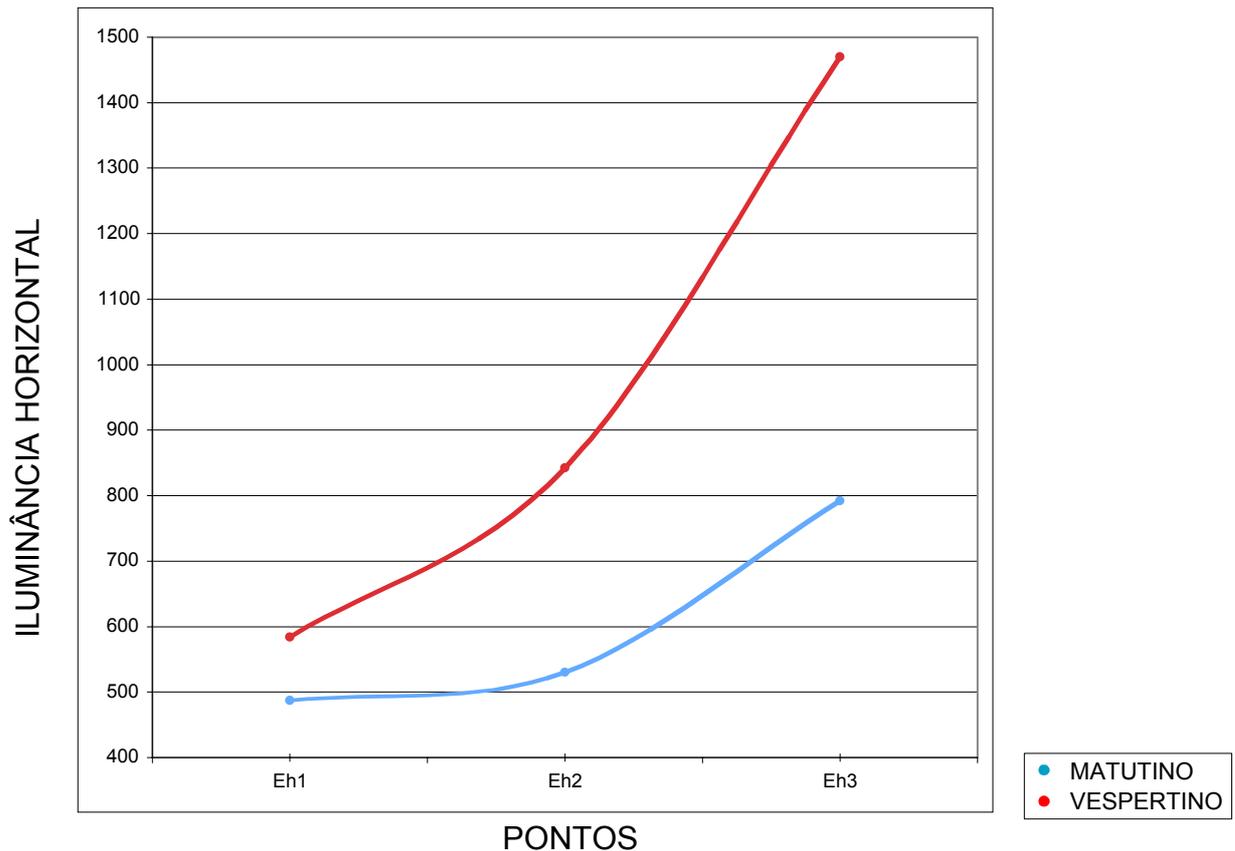


Figura 4-04. Gráfico das iluminâncias médias nos dois períodos da Arquitetura e Urbanismo.

Possivelmente, a distribuição da luz natural pelo ambiente também pode influenciar na percepção do usuário.

Na figura 4-05 que indica a iluminância no plano da face do usuário, há uma variação significativa da iluminância em todos os pontos do percurso (Ev1 a Ev4).

O nível de iluminação medida no plano da face do usuário quando este percorre pelo espaço de transição apresentou, no ponto Ev1, valores entre 4.000 lux a aproximadamente 17.000 lux, e no ponto Ev2, entre 2.000 lux a 14.000 lux. Quando o usuário chega no espaço de permanência, as medições no ponto Ev3 foram de 500 a 1.500 lux, e no ponto Ev4, entre 300 lux a 900 lux (figura 4-05).

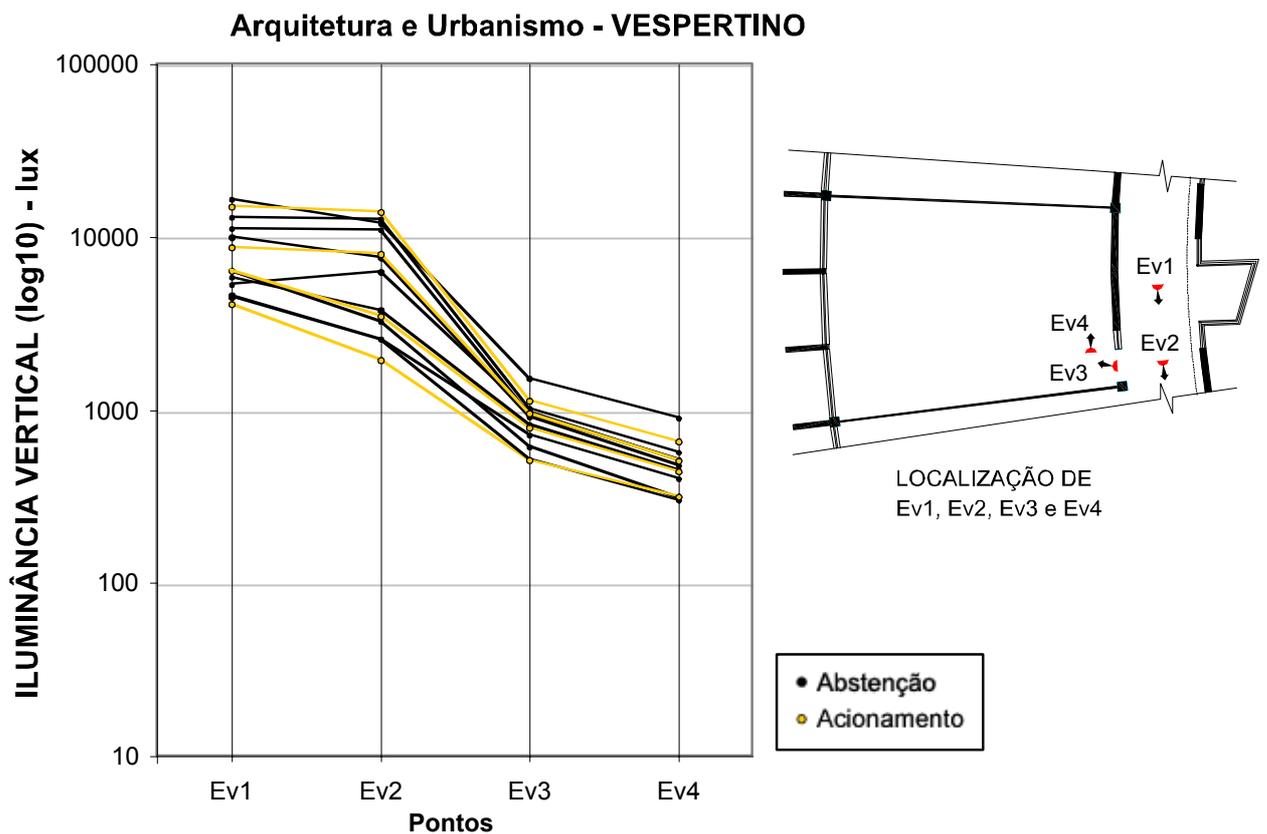


Figura 4-05. Gráfico das Iluminâncias verticais - período vespertino da Arquitetura e Urbanismo.

O gráfico indica que o usuário está sujeito a níveis de iluminação maiores no espaço de transição do que na entrada para o espaço de permanência, condição que supostamente pode influenciar na sua percepção e atitude sobre o sistema de iluminação artificial. Embora, não seja possível visualizar no gráfico da figura 4-05 diferenças entre as curvas que indicam acionamento e abstenção.

O que possivelmente pode estar relacionado com a atitude do usuário de ligar a luz, no período vespertino, é a distribuição da luz natural pelo ambiente. Tal hipótese será reforçada com os resultados sobre o tipo de acionamento, parcial ou total do sistema de iluminação, discutido adiante.

4.2.3. CENTRO DE COMUNICAÇÃO E EXPRESSÃO - CCE

Os dados levantados no Centro de Comunicação e Expressão (CCE) são apresentados na tabela IX.

A probabilidade de acionamento indicou porcentagens entre 0,4% a 51,1%, valores bastante semelhantes ao do período matutino da Arquitetura e Urbanismo. O monitoramento identificou que houve acionamento do sistema de iluminação em 2 de um total de 13 eventos (tabela IX).

Tabela IX. Dados tratados do Centro de Comunicação e Expressão.

DATA	AÇÃO	Ev1	Ev2	Ev3	Ev4	Eh1	Eh2	Eh3	Probabilidade de Acionamento*
16/jun/05	abstenção	89	93	394	234	239	494	2270	7,9%
17/jun/05	abstenção	69	78	165	103	120	220	1242	25,1%
30/jan/06	abstenção	92	84	518	275	251	433	940	6,8%
30/jan/06	abstenção	94	83	593	363	285	450	990	5,5%
31/jan/06	abstenção	102	97	556	299	273	483	1128	6,1%
1/fev/06	acionam.	96	76	143	87	125	253	743	23,7%
2/fev/06	abstenção	88	76	433	260	523	642	2320	0,9%
6/fev/06	abstenção	71	60	76	50	65	131	621	51,1%
6/fev/06	abstenção	112	100	890	595	580	1130	7620	0,4%
7/fev/06	abstenção	88	68	236	150	187	507	2030	12,5%
8/fev/06	acionam.	90	65	96	63	77	170	768	43,3%
8/fev/06	abstenção	91	78	470	290	383	950	3900	2,7%
9/fev/06	abstenção	104	85	325	175	216	369	1110	9,6%

* Calculado segundo a equação de Hunt (1980).

Os dois eventos em que ocorreram acionamento apresentaram iluminâncias no ponto Eh1 de 125 lux e de 77 lux. As probabilidades de acionamento calculadas foram de 23,7% e 43,3%, respectivamente. Aparentemente, a atitude do usuário abster-se de acionar o sistema de iluminação pode estar relacionada com a disponibilidade de luz no plano horizontal.

Contudo, em alguns eventos em que os usuários não acionaram o sistema de iluminação, o cálculo apresentou valores significativos de probabilidade de acionamento, de 25% e de 51%.

As outras 9 situações de abstenção apresentaram valores de probabilidade entre 0,4% a 12%. Resultados que indicam uma concordância com o modelo de probabilidade.

As iluminâncias medidas no ponto Eh1 situaram-se entre 65 e 580 lux. No gráfico da figura 4-06, observa-se um gradiente de distribuição da luz, com bastante luz próximo à janela (Eh3) e pouca luz no interior do ambiente (Eh1).

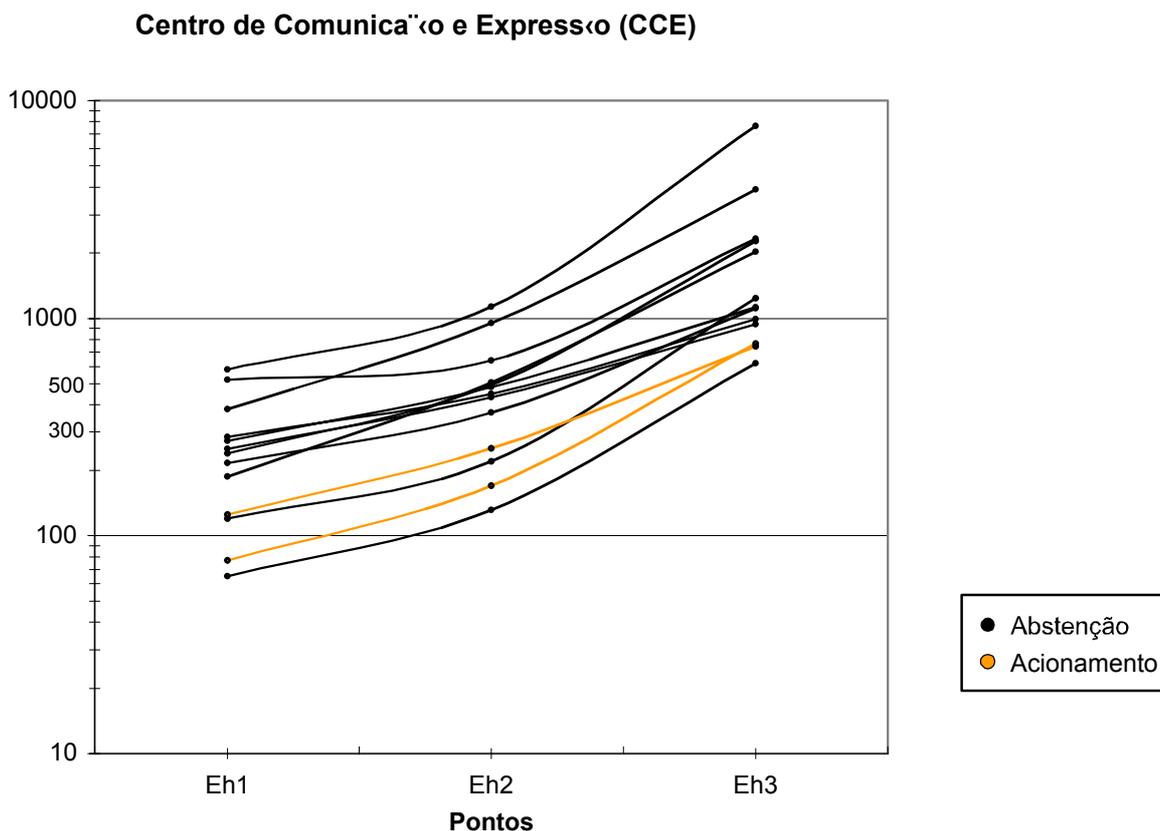


Figura 4-06. Distribuição das iluminâncias horizontais no Centro de Comunicação e Expressão.

O CCE apresenta níveis de iluminação mais baixos e a distribuição da luz natural é menos uniforme do que os dois períodos da Arquitetura e Urbanismo, contudo, nota-se que houve menos eventos de acionamento.

Analisando o gráfico da figura 4-07, nota-se que há pouca variação na iluminância entre os pontos Ev1 e Ev2, e entre Ev3 e Ev4, e mais significativa entre os pontos Ev2 e Ev3. A iluminância vertical no ponto Ev1 situa-se entre 70 a 110 lux; no ponto Ev2, entre 60 a 100 lux; no ponto Ev3, entre 76 a 900 lux e no ponto Ev4, entre 50 a 600 lux.

Possivelmente, as diferenças de iluminância entre Ev2 e Ev3 podem indicar alguma relação que explique a atitude do usuário de abster-se de ligar a luz.

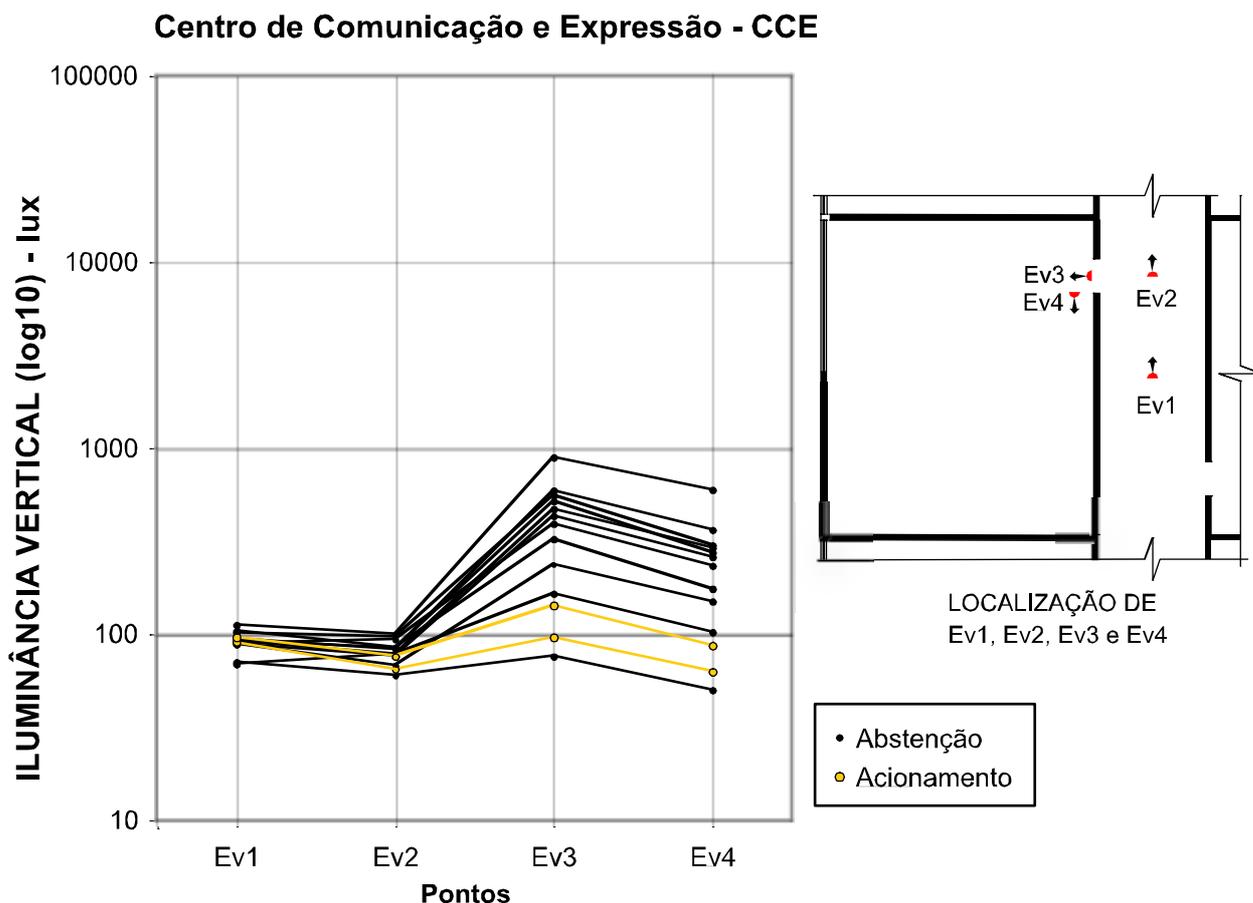


Figura 4-07. Gráfico das Iluminâncias verticais - Centro de Comunicação e Expressão.

O gráfico indica ainda que, no Centro de Comunicação e Expressão, a quantidade de luz que chega no plano da face do usuário no espaço de transição é menor do que no espaço de permanência. Nota-se que as curvas que indicam a ocorrência de acionamento situam na extremidade inferior do gráfico.

Possivelmente, a adaptação do usuário à iluminação no espaço de transição possa influenciar na sua percepção quando ingressa no espaço de permanência.

4.2.4. NÚCLEO DE DESENVOLVIMENTO INFANTIL - NDI

Os dados do Núcleo de Desenvolvimento Infantil são apresentados na tabela X. O cálculo indicou probabilidade de acionamento em todos os eventos com valores que se situaram entre 5,7% a 41,6%.

O monitoramento verificou que o usuário acionou o sistema de iluminação em 7 de um total de 13 eventos. Desses eventos, três apresentam valores de probabilidade de acionamento de 20% a 40% e, quatro, valores de 5% a 10%, o que permite supor que, em determinadas situações, a iluminância horizontal em Eh1 não é um bom parâmetro para avaliar a probabilidade de acionamento.

Tabela X. Dados tratados do Núcleo de Desenvolvimento Infantil.

DATA	AÇÃO	Ev1	Ev2	Ev3	Ev4	Eh1	Eh2	Eh3	Probabilidade de Acionamento*
30/jun/05	Abstenção	3080	2700	200	130	146	188	450	18,8%
1/jul/05	Abstenção	3120	3000	183	134	139	182	407	20,3%
4/jul/05	acionam.	2070	2070	125	103	139	245	721	20,3%
6/jul/05	Abstenção	3240	3340	190	123	130	163	310	22,4%
7/jul/05	acionam.	3300	3570	188	124	80	136	280	41,6%
8/jul/05	acionam.	5000	4500	200	130	124	204	415	24,0%
7/abr/06	acionam.	3180	3100	168	147	280	600	1275	5,7%
10/abr/06	Abstenção	7000	4000	330	200	150	300	620	18,0%
11/abr/06	acionam.	6300	6150	355	225	227	310	515	8,8%
12/abr/06	Abstenção	6150	5780	365	225	226	310	490	8,9%
13/abr/06	acionam.	6000	5800	360	190	208	286	430	10,3%
18/abr/06	acionam.	5300	5200	313	230	270	425	990	6,2%
19/abr/06	Abstenção	4990	5200	310	220	225	490	1230	8,9%

* Calculado segundo a equação de Hunt (1980).

A distribuição da luz natural no plano horizontal é bastante semelhante ao do Centro de Comunicação e Expressão, com bastante luz próximo à janela (Eh3) e pouca no fundo da sala (Eh1) (figura 4-08).

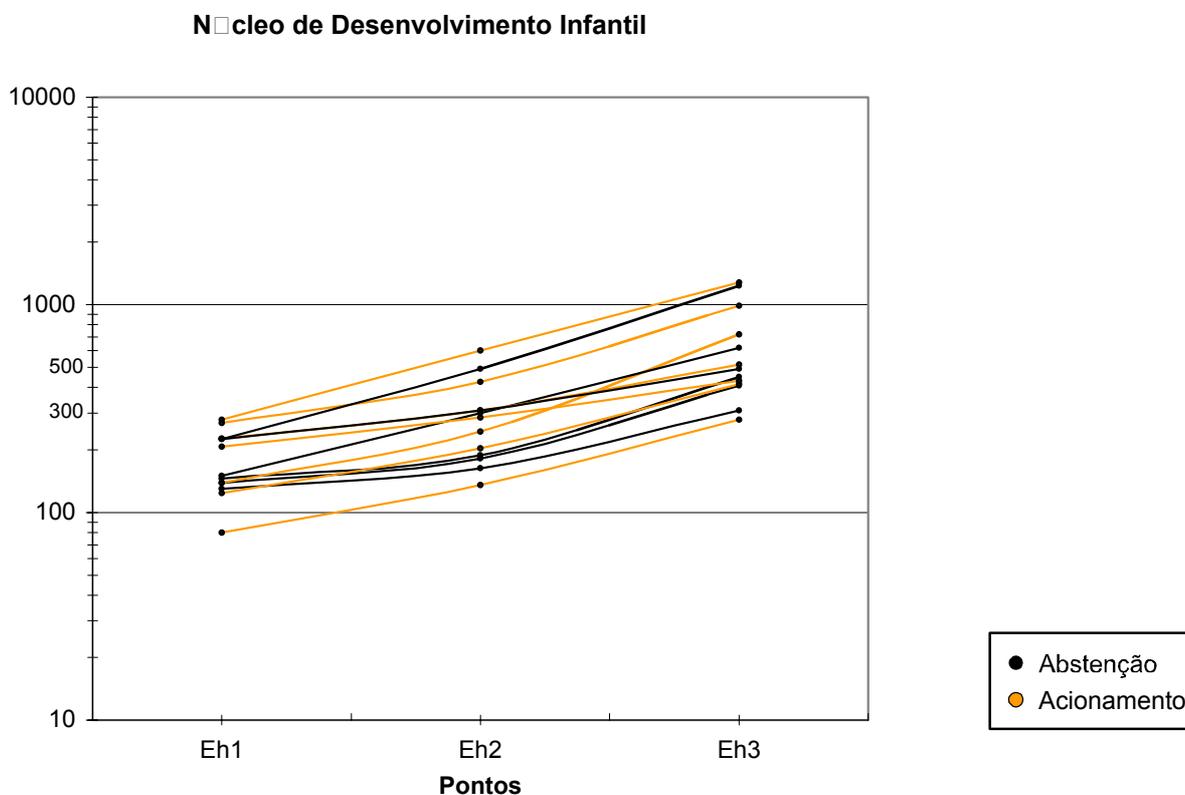


Figura 4-08. Distribuição das iluminâncias horizontais no Núcleo de Desenvolvimento Infantil.

No gráfico da figura 4-09 que ilustra as iluminâncias no plano da face do usuário, entre os pontos Ev1 e Ev2, a variação é praticamente constante. Contudo, entre os pontos Ev2 e Ev3, há uma queda acentuada e, entre os pontos Ev3 e Ev4, há uma leve variação. O gráfico indica que o espaço de transição é mais iluminado do que o de permanência.

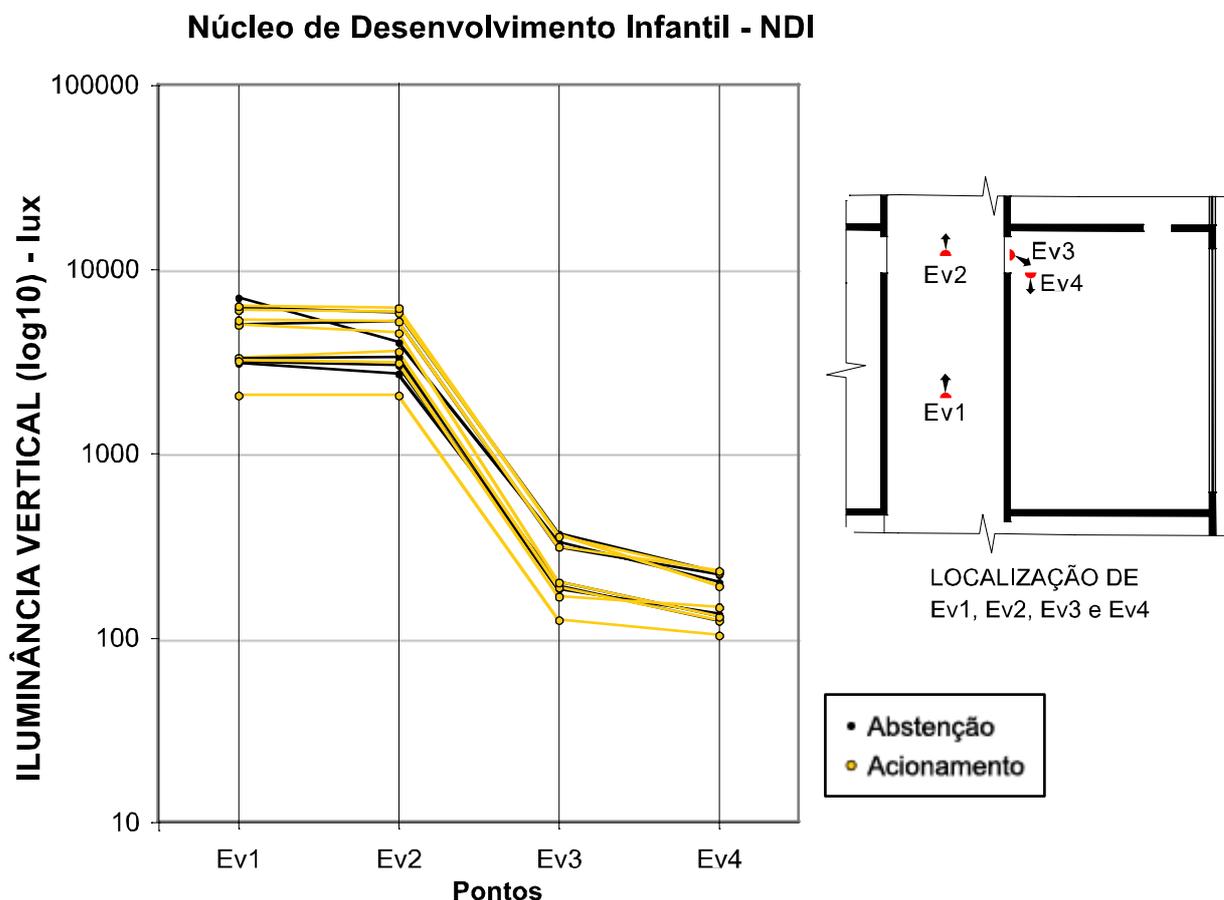


Figura 4-09. Gráfico das iluminâncias verticais - Núcleo de Desenvolvimento Infantil.

Ao relacionar os resultados no CCE e no NDI nota-se uma semelhança na quantidade e distribuição da luz natural no espaço de permanência. Contudo, no CCE, a quantidade de acionamento ocorreu em 2 eventos e no NDI, 7. Os dois ambientes apresentam diferenças na iluminação nos espaços de transição e de permanência.

Novamente, pode-se sugerir que a atitude do usuário esteja relacionada com a sua adaptação à iluminação no espaço de transição.

4.3. A ATITUDE DO USUÁRIO E AS CONDIÇÕES DE ILUMINAÇÃO: DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

Relacionando os eventos em que ocorreram acionamento com as probabilidades de acionamento calculadas para os ambientes estudados, nota-se que as porcentagens de acionamento apresentaram valores coerentes com as situações em que o usuário ligou as lâmpadas.

Os resultados obtidos indicam uma certa relação da atitude do usuário com a disponibilidade de luz no plano horizontal.

Contudo, nos dois períodos da Arquitetura e Urbanismo, ocorreu acionamento do sistema de iluminação em situações em que a probabilidade de acionamento foi nula ou praticamente nula. No CCE e no NDI, que apresentaram semelhanças na quantidade e distribuição da luz natural pelo espaço de transição, ocorreram diferenças na quantidade de acionamento.

As iluminâncias verticais dos ambientes estudados foram plotadas em um único gráfico (figura 4-10). De uma forma geral, as curvas de acionamento apresentaram uma queda acentuada entre os pontos Ev2 e Ev3 em comparação com as curvas que indicam abstenção do usuário de acionar o sistema de iluminação.

As curvas que indicam abstenção apresentaram também uma queda, porém não tão acentuada como as que indicam acionamento. A abstenção também é indicada por curvas que apresentaram uma elevação nos pontos Ev2 e Ev3.

Nota-se que grandes variações da iluminação no espaço de transição não permitem que o olho se adapte à iluminação no espaço de permanência. Porém, dentro de variações aceitáveis, o sistema visual consegue se adaptar.

O gráfico é interessante pois indica que grandes variações da luz e a uma grande velocidade podem ocasionar desconforto, apesar do sistema visual possuir sofisticados mecanismos de adaptação e de sua percepção à luz ocorrer praticamente em escala logarítmica.

O sistema visual se adapta mais rapidamente quando a quantidade de luz no espaço de transição for inferior ao de permanência. Aparentemente, a sensação que o usuário tem quando ingressa no espaço de permanência, é de que o ambiente está claro ou de que há luz suficiente.

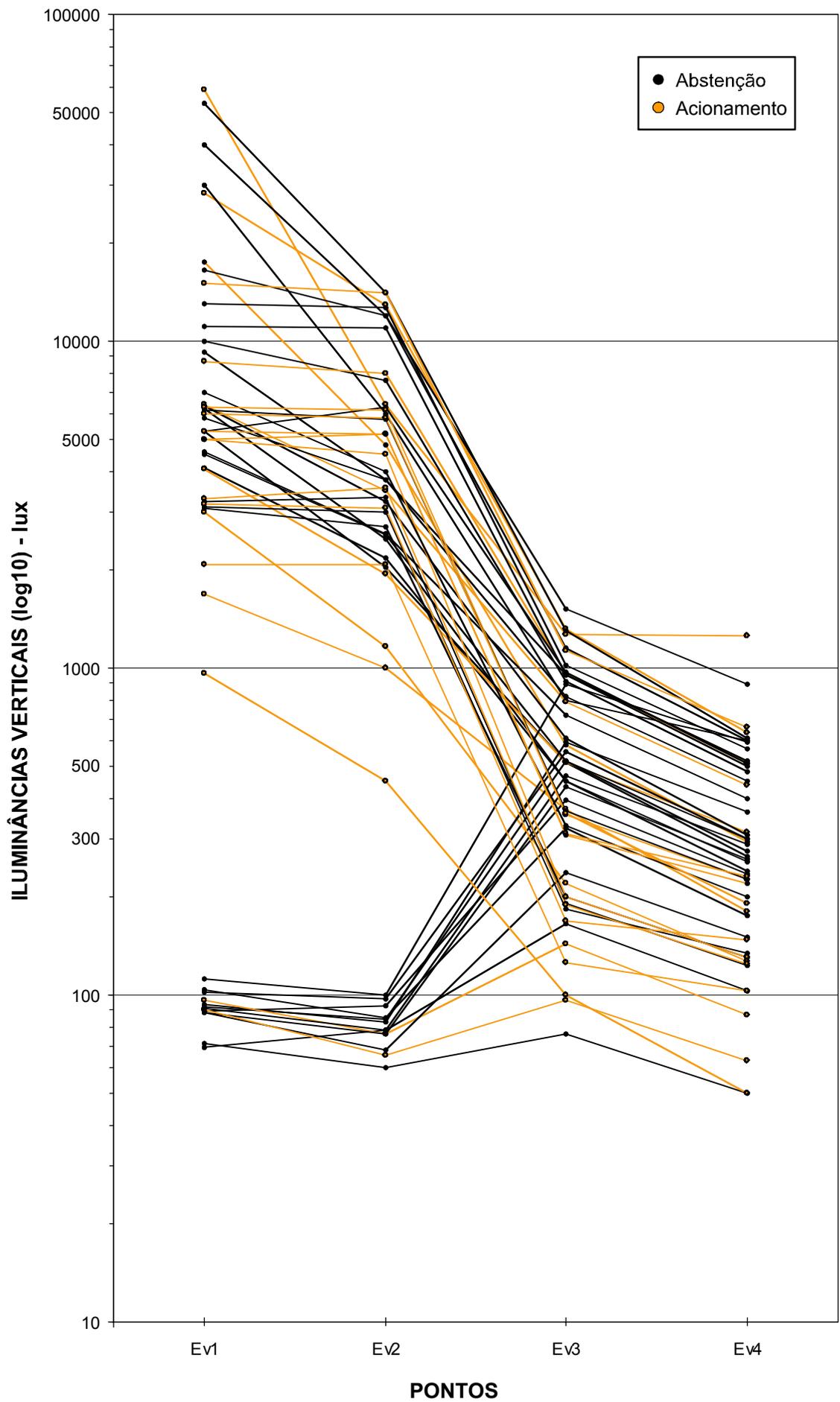


Figura 4-10. Iluminância vertical em todos os ambientes.

Ao relacionar as iluminâncias verticais do espaço de transição e de permanência (Ev1/Ev3, Ev2/Ev3, Ev1/Ev4, Ev2/Ev4) buscou-se identificar as relações que melhor expressam a influência da atitude do usuário de acionar o sistema de iluminação (tabelas XI a XIV).

Tabela XI. Relação de iluminâncias verticais do período matutino da Arquitetura e Urbanismo.

DATA	AÇÃO	Ev1	Ev2	Ev3	Ev4	Ev1/Ev3	Ev2/Ev3	Ev1/Ev4	Ev2/Ev4
15/mai/01	abstenção	6250	2490	450	255	13,9	5,5	24,5	9,8
23/mai/01	acionam.	960	450	100	50	9,6	4,5	19,2	9
29/mai/01	abstenção	5300	2040	514	266	10,3	4,0	19,9	7,7
2/jun/01	acionam.	28400	12900	1320	636	21,5	9,8	44,7	20,3
20/jun/01	abstenção	17500	4800	580	295	30,2	8,3	59,3	16,3
15/mar/02	acionam.	59000	6420	1270	1250	46,5	5,1	47,2	5,1
16/mar/02	abstenção	9300	3780	950	500	9,8	4,0	18,6	7,6
19/mar/02	abstenção	4100	2170	452	240	9,1	4,8	17,1	9,0
26/mar/02	abstenção	53500	14000	1300	610	41,2	10,8	87,7	23,0
27/mar/02	abstenção	30000	6000	800	600	37,5	7,5	50,0	10,0
30/mar/02	abstenção	40000	12000	1150	600	34,8	10,4	66,7	20,0
3/4/2002	acionam.	1690	1000	370	180	4,6	2,7	9,4	5,6
6/4/2002	acionam.	3000	1160	220	127	13,6	5,3	23,6	9,1

Tabela XII. Relação de iluminâncias verticais do período vespertino da Arquitetura e Urbanismo.

DATA	AÇÃO	Ev1	Ev2	Ev3	Ev4	Ev1/Ev3	Ev2/Ev3	Ev1/Ev4	Ev2/Ev4
15/mai/01	acionam.	4080	1940	515	315	7,9	3,8	13,0	6,2
16/mai/01	acionam.	6400	3480	790	440	8,1	4,4	14,5	7,9
22/mai/01	abstenção	6350	3230	610	310	10,4	5,3	20,5	10,4
24/mai/01	abstenção	13000	12660	1017	568	12,8	12,4	22,9	22,3
29/mai/01	abstenção	10000	7600	910	480	11,0	8,4	20,8	15,8
30/mai/01	acionam.	8700	8000	960	510	9,1	8,3	17,1	15,7
31/mai/01	abstenção	16500	12000	1520	895	10,9	7,9	18,4	13,4
20/jun/01	acionam.	15000	14000	1130	660	13,3	12,4	22,7	21,2
16/mar/02	abstenção	5300	6300	970	512	5,5	6,5	10,4	12,3
27/mar/02	abstenção	4500	2550	522	300	8,6	4,9	15,0	8,5
29/mar/02	abstenção	11150	11000	950	520	11,7	11,6	21,4	21,2
30/mar/02	abstenção	5850	3760	820	450	7,1	4,6	13,0	8,4
3/abr/02	abstenção	4600	2570	720	400	6,4	3,6	11,5	6,4

Tabela XIII. Relação de iluminâncias verticais do Centro de Comunicação e Expressão.

DATA	AÇÃO	Ev1	Ev2	Ev3	Ev4	Ev1/Ev3	Ev2/Ev3	Ev1/Ev4	Ev2/Ev4
15/jun/01	abstenção	89	93	394	234	0,2	0,2	0,4	0,4
16/jun/01	abstenção	69	78	165	103	0,4	0,5	0,7	0,8
29/jan/02	abstenção	92	84	518	275	0,2	0,2	0,3	0,3
29/jan/02	abstenção	94	83	593	363	0,2	0,1	0,3	0,2
30/jan/02	abstenção	102	97	556	299	0,2	0,2	0,3	0,3
31/jan/02	acionam.	96	76	143	87	0,7	0,5	1,1	0,9
1/fev/02	abstenção	88	76	433	260	0,2	0,2	0,3	0,3
5/fev/02	abstenção	71	60	76	50	0,9	0,8	1,4	1,2
5/fev/02	abstenção	112	100	890	595	0,1	0,1	0,2	0,2
6/fev/02	abstenção	88	68	236	150	0,4	0,3	0,6	0,5
7/fev/02	acionam.	90	65	96	63	0,9	0,7	1,4	1,0
7/fev/02	abstenção	91	78	470	290	0,2	0,2	0,3	0,3
8/fev/02	abstenção	104	85	325	175	0,3	0,3	0,6	0,5

Tabela XIV. Relação de iluminâncias verticais do Núcleo de Desenvolvimento Infantil.

DATA	AÇÃO	Ev1	Ev2	Ev3	Ev4	Ev1/Ev3	Ev2/Ev3	Ev1/Ev4	Ev2/Ev4
29/jun/01	abstenção	3080	2700	200	130	15,4	13,5	23,7	20,8
30/jun/01	abstenção	3120	3000	183	134	17,0	16,4	23,3	22,4
3/jul/01	acionam.	2070	2070	125	103	16,6	16,6	20,1	20,1
5/jul/01	abstenção	3240	3340	190	123	17,1	17,6	26,3	27,2
6/jul/01	acionam.	3300	3570	188	124	17,6	19,0	26,6	28,8
7/jul/01	acionam.	5000	4500	200	130	25,0	22,5	38,5	34,6
6/abr/02	acionam.	3180	3100	168	147	18,9	18,5	21,6	21,1
9/abr/02	abstenção	7000	4000	330	200	21,2	12,1	35,0	20,0
10/abr/02	Acionam.	6300	6150	355	225	17,7	17,3	28,0	27,3
11/abr/02	abstenção	6150	5780	365	225	16,8	15,8	27,3	25,7
12/abr/02	Acionam.	6000	5800	360	190	16,7	16,1	31,6	30,5
17/abr/02	Acionam.	5300	5200	313	230	16,9	16,6	23,0	22,6
18/abr/02	abstenção	4990	5200	310	220	16,1	16,8	22,7	23,6

As relações são apresentadas no gráfico da figura 4-11 em escala logarítmica, com cada ponto correspondendo a um evento. No eixo das abscissas, estão as relações Ev1/Ev3, Ev2/Ev3, Ev1/Ev4 e Ev2/Ev4, e, no eixo das ordenadas, os valores das relações.

RELAÇÃO DE ILUMINÂNCIAS VERTICAIS

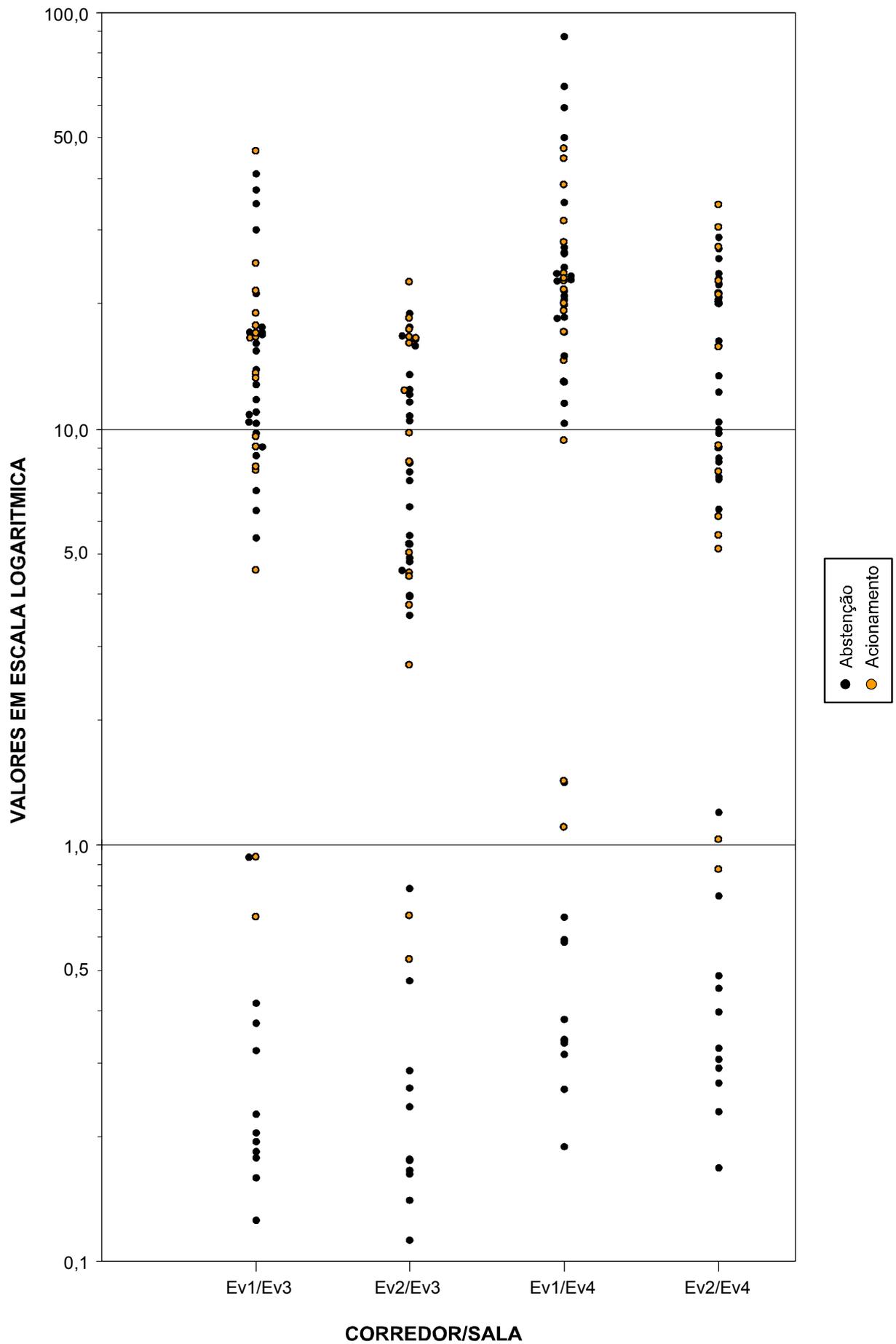


Figura 4-11. Gráfico das relações de iluminância vertical de todos os ambientes.

Nota-se que todas as relações (Ev1/Ev3, Ev2/Ev3, Ev1/Ev4 e Ev2/Ev4) indicados no gráfico apresentam uma semelhança na distribuição dos pontos e permitem visualizar uma relação entre a atitude do usuário e as condições de iluminação nos espaços de transição e de permanência.

Os pontos que indicam os eventos de acionamento se concentram significativamente acima da relação de valor 1, ou seja, a ocorrência de acionamento é mais significativa quando a iluminância no espaço de transição foi maior do que no de permanência.

Os pontos que indicam os eventos em que o usuário se absteve de acionar o sistema de iluminação se concentram abaixo da relação de valor 1 e também acima da relação de valor 1, juntos com os pontos que indicam a ocorrência de acionamento.

A atitude do usuário de abster-se de acionar o sistema de iluminação ocorre com maior frequência quando a iluminação no espaço de transição é menor do que no de permanência. A abstenção do usuário quando a iluminação do espaço de transição é maior do que no espaço de permanência depende da quantidade e distribuição da luz pelo espaço de permanência.

Considerando somente os eventos de ocorrência de acionamento, o gráfico da figura 4-12 indica com maior clareza as relações das condições de iluminação no espaço de transição e de permanência com o acionamento.

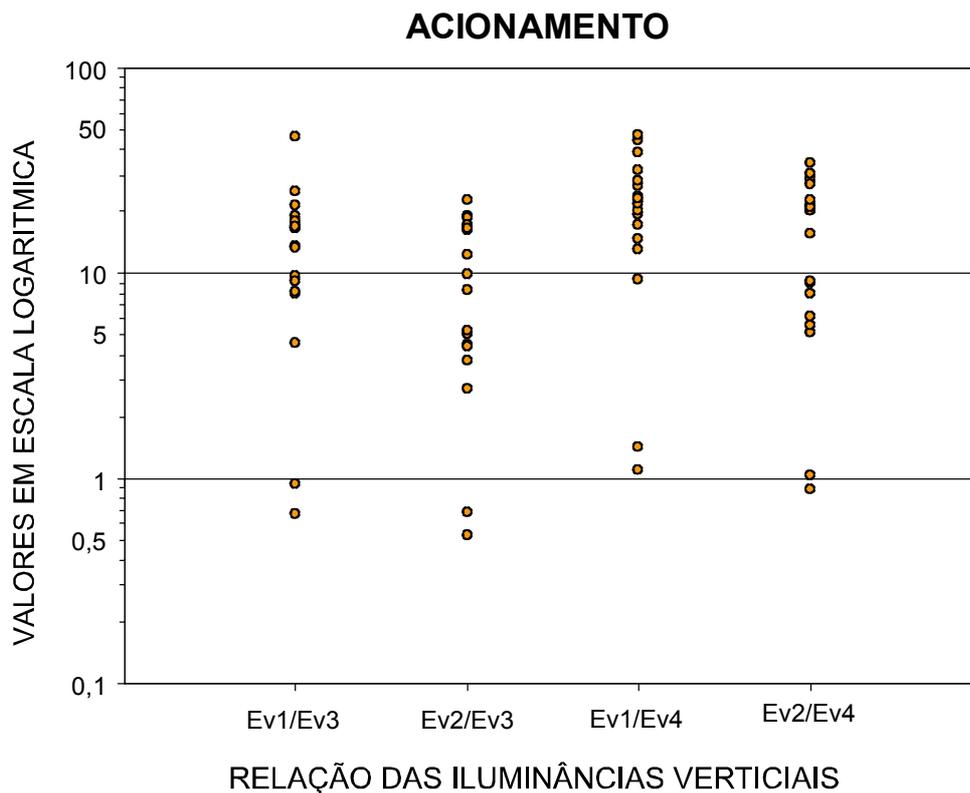


Figura 4-12. Gráfico das relações das iluminâncias verticais e acionamento.

Em Ev1/Ev4, nota-se uma proximidade entre os pontos, onde Ev1 é a posição do espaço de transição onde foi realizado a primeira leitura e Ev4, a posição no espaço de permanência, onde o sensor visa a região menos iluminada.

A relação Ev1/Ev4 indica a maior diferença na quantidade de luz que chega no plano da face do usuário e permite sugerir as posições onde podem ser efetuadas medições na busca de uma relação numérica.

4.4. O ACIONAMENTO DO SISTEMA DE ILUMINAÇÃO: ANÁLISE E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

A partir dos registros dos aparelhos *Hobo light on/off* (APÊNDICE 3) e as observações realizadas durante as medições de iluminâncias (APÊNDICE 2) pôde-se identificar três situações de acionamento:

- a entrada do **primeiro usuário**;
- o período após a entrada do primeiro usuário até o início da atividade;
- a ocupação, que corresponde ao período de desenvolvimento da atividade e a **abstenção**.

Essa diferenciação em três situações permitiu observar a atitude do usuário em diferentes momentos da ocupação.

A tabela XV apresenta os resultados foram obtidos para o período matutino da Arquitetura e Urbanismo. As tabelas com os resultados tratados para o período vespertino da Arquitetura e Urbanismo, para o CCE e para o NDI estão no APÊNDICE 1.

Tabela XV. Acionamento e tipo de acionamento no período matutino da Arquitetura e Urbanismo.

ARQUITETURA E URBANISMO: SALA ARQ-07 - MATUTINO

DATA	Período de ocupação			Abstenção total*
	Período de entrada		atividade	
	1º usuário	Após o ingresso do 1º usuário até o início da atividade		
16.mai.05	-	-	X (Total)	-
24.mai.05	X (Total)	-	-	-
30.mai.05	-	-	-	X
03.jun.05	X (Parcial)	-	-	-
21.jun.05		-	X (Total)	-
16.mar.06	X (Parcial)	-		-
17.mar.06	-	-	X (Total)	-
20.mar.06	-	X (Parcial)	-	-
27.mar.06	-	-	-	X
28.mar.06	-	X (Total)	-	-
31.mar.06	-	-	X (Total)	-
04.04.06	X (Total)	-	-	-
07.04.06	X (Parcial)	-	-	-
Acionamento	5/13	2/13	4/13	2/13

X indica a ocorrência de acionamento e entre parênteses está indicado o tipo de acionamento.

* abstenção do usuário durante todo o período de ocupação.

Os resultado obtidos do acionamento do sistema de iluminação artificial para os ambientes investigados são apresentados na tabela XVI.

Tabela XVI. Atitude do usuário sobre o sistema de iluminação artificial.

LOCAL		ACIONAMENTO			ABSTENÇÃO
		Período de ocupação			
		Período de entrada		Atividade	
1º usuário	Após 1º usuário até o início da atividade				
Arquitetura e Urbanismo	MANHÃ	5/13	2/13	4/13	2/13
	TARDE	4/13	7/13	2/13	0
CCE		2/13	4/13	4/13	3/13
NDI		7/13	3/13	3/13	0

A análise dos resultados leva em consideração somente o início da ocupação (em destaque). O acionamento do sistema de iluminação artificial durante o período de atividade não foi investigado.

No período matutino da Arquitetura e Urbanismo, assim como no Centro de Comunicação e Expressão (CCE), ocorreram eventos em que o usuário deixou de ligar a luz. A relação dos eventos de acionamento durante o **período de ocupação** corresponde a 7 eventos do total de 11 no período matutino e de 6 eventos do total de 10, no CCE. No período vespertino da Arquitetura e Urbanismo e no NDI, as relações de eventos em houve acionamento foi de 11/13 e 10/13, respectivamente.

Ainda no período vespertino da Arquitetura e Urbanismo, a atitude do usuário de ligar a luz ocorreu principalmente durante o período de ingresso, e no Núcleo de Desenvolvimento Infantil (NDI), ocorreu com o ingresso do **primeiro usuário**.

Os resultados de acionamento do sistema de iluminação artificial aparentemente indicam que, de um modo geral, o acionamento ocorreu durante o **período de entrada**, ou seja, desde o ingresso do **primeiro usuário** até o **início da atividade**.

Os resultados obtidos concordam com as observações de Hunt (1979) de que os usuários costumam ligar a luz artificial no início da ocupação.

Outro resultado observado foi quanto ao tipo de acionamento, parcial ou total, considerando somente o **período de entrada**, conforme é apresentado na tabela IX.

Tabela XVII. Tipo de acionamento do sistema de iluminação.

LOCAL (corredor e sala)		ACIONAMENTO	
		PARCIAL	TOTAL
ARQUITETURA E URBANISMO	MANHÃ	4/7	3/7
	TARDE	2/11	9/11
CENTRO DE COMUNICAÇÃO E EXPRESSÃO		5/6	1/6
NÚCLEO DE DESENVOLVIMENTO INFANTIL		0	10/10

No período matutino da Arquitetura e Urbanismo não foi possível identificar diferenças significativas, contudo, no período vespertino, o acionamento total é proeminente. No CCE, o acionamento parcial é mais significativo do que o total, e no NDI ocorreu somente o acionamento total.

Na Arquitetura e Urbanismo, a quantidade de teclas (6 ao todo, 4 para acionar a iluminação e 2 para os ventiladores de teto) pode dificultar o usuário na escolha das lâmpadas a serem ligadas.

Possivelmente, no período matutino, como a disponibilidade da luz natural aumenta quando se aproxima do meio-dia, o usuário não se atém em ligar todas as lâmpadas quando ingressa no espaço de permanência. Entretanto, no período vespertino com a diminuição da disponibilidade da luz, o usuário quando percorre pelo espaço de transição e ingressa no de permanência aparentemente percebe a sala como estando mais escura e busca acionar todo o sistema de iluminação.

Além disso, no período matutino da Arquitetura e Urbanismo, a distribuição da luz é mais uniforme do que no período vespertino, o que possivelmente pode ter influenciado na percepção do usuário e, conseqüentemente, na sua atitude.

No CCE, o acionamento parcial possivelmente está associado à localização dos interruptores que se situam, um, próximo à entrada e outro, no fundo da sala.

No NDI, onde ocorreu acionamento total em todas as situações investigadas, a atitude do usuário provavelmente está relacionado à iluminação nos espaços de transição e de permanência. O usuário ao percorrer por um espaço de transição mais iluminado do que o de permanência, possivelmente percebe o ambiente como escuro e, dessa forma, liga todas as lâmpadas.

Considerando-se que no CCE e no NDI, as iluminâncias horizontais indicaram uma semelhança na distribuição da luz e, no entanto, apresentaram diferenças quanto ao tipo de acionamento,

Nota-se que o acionamento total ou parcial também pode estar relacionado com a localização dos interruptores. O usuário adaptado às condições de iluminação no espaço de transição, ao ingressar no espaço de permanência, pode acionar parcialmente o sistema de iluminação e se adaptar à quantidade de luz no ambiente, deixando de ligar o restante das lâmpadas.

4.5. OBSERVAÇÕES A RESPEITO DA ATITUDE DO USUÁRIO

As observações foram realizadas durante o levantamento permitiram identificar que:

- o usuário quando ingressa no espaço de permanência dificilmente percebe que as lâmpadas estão ligadas. Na Arquitetura e Urbanismo e no CCE, as salas já haviam sido ocupadas antes e as lâmpadas estavam ligadas. Nessas ocasiões, pedia-se ao usuário para desligar a luz para iniciar o experimento. Após realizadas as medições,

perguntava-se ao usuário a necessidade de ligar a luz. Em muitas respostas, o usuário achava que não necessitava o ligamento da luz.

- Quando o usuário ingressa no espaço de permanência e parte da iluminação artificial está acesa, a possibilidade de acionamento do sistema de iluminação é maior do que de seu desligamento.

- O acionamento do sistema de iluminação também pode estar relacionado com a atividade. Na Arquitetura e Urbanismo, observou-se que os usuários costumam ligar a luz para realizar uma tarefa que exige maior precisão como desenho ou confecção de maquete.

- Os usuários não costumam abrir todas as cortinas no início da ocupação. Em algumas situações ocorreu o fato da sala estar ocupada antes da preparação do local para o levantamento onde se observou que as cortinas estavam parcialmente abertas e todas as luzes acesas. As situações ocorreram na Arquitetura e Urbanismo nos dias 01 e 28 de junho de 2006 e, no CCE, nos dias 10 e 15 de junho 2005.

- Os usuários costumam deixar a luz ligada após o uso do espaço, o que anula a possibilidade dos próximos usuários de absterem-se de acionar o sistema de iluminação. Os registros dos aparelhos Hobo no período matutino da Arquitetura e Urbanismo (APÊNDICE 3) indicou que 14 dos 19 dias, não houve desligamento da luz após o uso da sala, o que corresponde a 74% dos eventos. Nos dias 04, 05, 06, 17 e 20 de maio de 2005 e 11 e 12 de abril de 2006, observou-se que o funcionário deixou a luz acesa após realizar a limpeza da sala.

Algumas observações podem contribuir para futuros estudos relacionados à atitude dos usuários sobre o sistema de iluminação artificial.

CAPITULO 5

CONCLUSÕES

5.1. INTRODUÇÃO

5.2. CONCLUSÕES

5.3. CONCLUSÕES SOBRE A METODOLOGIA

5.4. LIMITAÇÕES DA PESQUISA

5.5. RECOMENDAÇÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

5.1. INTRODUÇÃO

É conhecido que a luz natural possui um potencial na redução do consumo de energia elétrica; dessa forma, a iluminação artificial pode ser utilizada para complementá-la onde e quando for necessário. Entretanto, o potencial de economia de energia depende muito da atitude do usuário de acionar ou não o sistema de iluminação artificial.

Estudos realizados por Hunt (1979, 1980) relacionam a atitude do usuário sobre o sistema de iluminação artificial com a disponibilidade de luz natural no plano horizontal no interior do ambiente. Segundo estudos de Begemann *et al* (1996) e de Assaf e De Wilde (2000) indicam que somente a luz no plano horizontal não é suficiente para explicar a atitude do usuário.

A atitude do usuário de ligar a luz artificial está relacionada com o ingresso da luz natural quando causa desconforto visual (Begemann *et al*,1996). Está relacionada também com a direcionalidade da luz natural no ambiente interno (Pereira, 2000) e a proporção entre as luminâncias no campo visual (Lynes *et al*, 1997; Pereira, 2000).

Por outro lado, o ser humano não percebe a luz de forma absoluta como o luxímetro e luminancímetro, mas, de forma relativa, o que pode indicar que a sensibilidade à luz depende das condições de iluminação que estava submetido instantes antes. Dessa forma, o estudo de Lynes *et al* (1997) sugere que a adaptação do usuário às iluminação no espaço de transição influencia na sua atitude sobre o sistema de iluminação artificial no espaço de permanência.

Nota-se que estudos que consideram a atitude do usuário sobre o sistema de iluminação artificial não foram muito explorados até o presente momento, principalmente no Brasil.

Como a percepção do ser humano à luz ocorre de forma relativa, o presente estudo investigou a atitude do usuário sobre o sistema de iluminação artificial considerando as condições de iluminação instantes antes do usuário ingressar no espaço de trabalho e logo após seu ingresso. O espaço que conduz o usuário ao espaço de trabalho foi denominado de espaço de transição, e o de trabalho, de espaço de permanência.

Os ambientes escolhidos para o estudo possuem características semelhantes aos das pesquisas apresentadas acima que são ambientes de sala de aula.

Além disso, buscou-se investigar as condições de iluminação tomadas do ponto vista do usuário, ou seja, a quantidade de luz que chega no plano da face do usuário. Foram construídos dois suportes para receber os luxímetros e efetuar as medições de iluminância vertical. Também foram realizadas medições de iluminância horizontal no espaço de permanência para indicar as condições de iluminação no momento do ingresso do usuário.

A atitude do usuário de ligar ou não o sistema de iluminação artificial foi registrado por meio dos aparelhos Hobo light on/off instalados nas lâmpadas. Os dados de iluminância vertical foram confrontados com os registros dos aparelhos. Os resultados obtidos de cada objeto de estudo foram confrontados entre si no sentido de buscar uma explicação para a atitude do usuário.

5.2. CONCLUSÕES

Nos dois períodos da Arquitetura e Urbanismo (matutino e vespertino), a quantidade de luz que chega no plano da face do usuário no espaço de transição foi maior do que no espaço de permanência.

A distribuição da luz natural pelo espaço de permanência ocorreu de maneira relativamente uniforme em relação ao CCE e ao NDI, sendo que no período matutino a distribuição foi mais uniforme do que no vespertino. As iluminâncias horizontais em Eh1, próximo à entrada, apresentaram valores na maioria dos casos, em concordância com as especificações normativas. Contudo, notou-se em algumas situações em que houve acionamento, valores nulos ou praticamente nulos calculados segundo a equação de probabilidade.

A comparação dos resultados indicam que a iluminância horizontal nem sempre consegue explicar a atitude do usuário de ligar a luz.

Ainda, na Arquitetura e Urbanismo, notou-se diferenças quanto ao tipo de acionamento entre os dois períodos. No período vespertino, o acionamento total foi mais significativo do que no matutino. A atitude do usuário de ligar todas as lâmpadas no período vespertino pode estar relacionada com a distribuição menos uniforme da luz natural pelo espaço de permanência.

No CCE, a quantidade de luz que chega no plano da face do usuário no espaço de transição foi menor do que no espaço de permanência. A luz natural pelo espaço de permanência apresentou um gradiente de distribuição com mais luz próximo à janela e pouca luz no fundo da sala. As iluminâncias horizontais em Eh1

apresentaram valores relativamente abaixo das especificações normativas. Entretanto, a quantidade de acionamento no CCE (2/13) em comparação com os dois períodos da Arquitetura e Urbanismo (5/13 e 4/13), foi significativamente menor.

A diferença nas condições de iluminação entre os espaços de transição e de permanência pode ter influenciado na percepção do usuário e, conseqüentemente, na sua atitude de abster-se de ligar a luz. No CCE, o usuário ao percorrer por um espaço de transição menos iluminado do que o espaço de permanência, se adapta melhor e com maior rapidez às condições de iluminação quando ingressa no espaço de permanência.

No NDI, a quantidade de luz que chega no plano da face do usuário no espaço de transição foi maior do que no espaço de permanência. A luz natural pelo espaço de permanência apresentou um gradiente de distribuição bastante semelhante ao do CCE e as iluminâncias horizontais em Eh1, apresentaram valores relativamente abaixo das especificações normativas. A quantidade de acionamento no NDI ocorreu em 7 eventos de um total de 13, sendo que 4 apresentaram probabilidades entre 5% a 10% e 3, entre 20% a 40%.

Os resultados sugerem que as iluminâncias de Eh1 não constituem um bom parâmetro para avaliar a probabilidade de acionamento.

Comparando-se os resultados em que houveram acionamento no NDI (7/13) e no CCE (2/13), novamente, nota-se que a atitude do usuário de ligar a luz no NDI, pode ter sido devido a grandes diferenças na iluminação entre o espaço de transição e o de permanência.

Dessa forma, o estudo permitiu relacionar o acionamento do sistema de iluminação com a iluminância no plano da face do usuário quando este percorre pelo espaço de transição e de permanência, e identificar ainda que:

- o acionamento do sistema de iluminação artificial pelo usuário ocorreu principalmente quando a iluminação no espaço de transição foi maior do que no espaço de permanência;
- o usuário absteve-se de acionar o sistema de iluminação principalmente quando a iluminação no espaço de transição foi menor do que no de permanência;
- o usuário também absteve-se de acionar o sistema de iluminação quando a iluminação no espaço de transição foi maior do que no de permanência. Neste caso,

a atitude do usuário dependeu da disponibilidade e distribuição da luz natural no espaço de permanência;

- a atitude do usuário de acionar total ou parcialmente o sistema de iluminação pode estar relacionada com a distribuição da luz natural no espaço de permanência e com a localização dos interruptores.

- a relação $Ev1/Ev4$ indica um possível parâmetro para um estudo futuro.

O estudo reforça a idéia de que somente a iluminância no plano horizontal não explica a atitude do usuário sobre o sistema de iluminação. A relação entre a iluminância no plano da face do usuário quando este percorre pelo corredor e ingressa no espaço de permanência, ajuda a explicar a atitude do usuário.

A influência da iluminação no espaço de transição e de permanência sobre a atitude do usuário indica que os espaços podem ser projetados considerando a adaptação do usuário às condições de iluminação.

A iluminação nos espaços arquitetônicos pode oferecer ao usuário condições de ver bem, para que ao percorrer pelo espaço de transição e ingressar no de permanência, este se sinta satisfeito com a disponibilidade de luz no ambiente.

5.3. CONCLUSÃO SOBRE A METODOLOGIA

Os resultados sobre o acionamento do sistema obtidos nos ambientes estudados indicam que a atitude do usuário ocorreu principalmente no início da ocupação. O estudo apresentou resultados que estão em concordância com o estudo de Hunt (1979), de que o acionamento ocorre geralmente no início da ocupação.

A metodologia desenvolvida para o estudo permitiu identificar também a relação entre a atitude do usuário e as condições de iluminação no espaço de transição e de permanência a partir da iluminância vertical que representa a quantidade de luz que chega no plano da face do usuário.

A análise de dados baseou-se em identificar as condições de iluminação em que o usuário estava submetido relacionar com a sua atitude sobre o sistema de iluminação artificial. Os resultados obtidos em cada ambiente, objeto de estudo,

foram comparados entre si no sentido de buscar explicações para a atitude do usuário.

Dessa forma, a metodologia desenvolvida apresentou, dentro de seu limite, uma forma simples de investigar a atitude do usuário sobre o sistema de iluminação artificial.

5.4. LIMITAÇÕES DA PESQUISA

A pesquisa apresentou limitações temporais e relacionadas à investigação dos fenômenos. A limitação temporal foi o período de coleta de dados que teve que seguir o calendário acadêmico, o qual nos últimos dois anos sofreu alterações devido às paralisações. As limitações relacionadas à investigação dos fenômenos são:

- a variabilidade da luz natural o que dificultou as medições realizadas em ambientes reais e,
- o comportamento do usuário que pode ser influenciado pelo simples fato da presença do pesquisador durante as medições.

5.5. RECOMENDAÇÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

A partir dos resultados e considerando as limitações do estudo, pode-se recomendar trabalhos futuros que abordem os seguintes assuntos:

- a identificação de uma correlação entre a iluminância no plano da face do usuário no espaço de transição e de permanência;
- a atitude do usuário em ambientes onde as condições de iluminação no espaço de transição e de permanência são estabelecidas pelo pesquisador;
- a identificação da influência da variação ao longo do ano da disponibilidade da luz natural sobre a atitude do usuário;
- o desenvolvimento de sistemas automáticos adequados às necessidades dos usuários;
- a investigação das proporções de luminância no campo visual do usuário, quando percorre pelo espaço de transição e ingressa no de permanência.

BIBLIOGRAFIA

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR-5413**: Iluminância de interiores. Rio de Janeiro, abril, 1992. 13 p. Reimpressão da NB-54 de maio de 1991.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR-15125-3**: Iluminação Natural – Parte 3: Procedimento de cálculo para a determinação da iluminação natural em ambientes internos. Rio de Janeiro, novembro, 2004. 33 p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR-15125-4**: Iluminação Natural – Parte 4: Verificação experimental das condições de iluminação interna de edificações. Rio de Janeiro, novembro, 2004. 13 p.

ASSAF, Leonardo O.; DE WILDE, María I. Un Procedimiento para Mensurar la Contribución Energética Efectiva del Alumbrado Natural en Edifícios. In: **V Congresso Pan-americano sobre Iluminação-LUXAMERICA 2000**, 2000. Brasil, São Paulo. LUXAMERICA, São Paulo, 2000.

ASSAF, Leonardo O.; DE WILDE, María I. A Procedure to Assess the effective energy contribution of daylight and lighting waste in buildings, related to behavior of occupants. In: **RAZSVETLJAVA 2003**: Lighting Engineering, 2003, Terme Dobrna, Eslovenia.

ASSAF, Leonardo O.; PEREIRA, Fernando O. R. Perspectivas de la eficiencia energética en la iluminación: Desafíos para el desarrollo. In: **Anais do VII ENCONTRO NACIONAL SOBRE CONFORTO NO AMBIENTE CONSTRUÍDO (ENCAC) e do III CONFERÊNCIA LATINO-AMERICANA SOBRE CONFORTO E DESEMPENHO ENERGÉTICO DE EDIFICAÇÕES (COTEDI)**. 2003, Curitiba, Brasil. ENCAC-COTEDI, 2003. P. 26-42.

ASSAF, Leonardo. **El usuario y el aprovechamiento energético de la luz natural**. Comunicação pessoal, 2006. P.131-140.

BAKER, N.; FRANCIOTTI, A.; STEEMERS, K. **Daylighting in Architecture: a European Reference Book**. James&James Ltda, London, United Kingdom, 1998.

BAKER, N.; STEEMERS, K. **Daylight design of buildings**. James&James Ltda, London, United Kingdom, 2000. P. 53-77.

BEGEMANN, S. H. A.; VAN DEN BELD, G. J.; TENNER, A. D. Daylight, artificial light and people in an office environment, overview of visual and biological responses. In: **Industrial Ergonomics**. N.20. Philips Lighting. The Netherlands, 1997.

BOGO, A.; PEREIRA, F. O. R. Análise do potencial de conservação de energia elétrica em escolas pela utilização da iluminação natural. In: **NUTAU'98 - TECNOLOGIAS PARA O SECULO XXI**, 1998, SAO PAULO, SP. NUTAU'98 - TECNOLOGIAS PARA O SECULO XXI, 1998. v. CD-ROM. p. 1-5.

BOYCE, Peter R. Why daylight? In: **Daylighting'98 - International Conference. Conference Proceeding**. Ottawa, Ontario. Canada: NRC-CNRC, 1998. P. 359-365.

BOYCE, Peter R. Illuminance selection based on visual performance: and other fairy stories. **Journal of the Illuminating Engineering Society**. New York, v. 25, n. 2, P. 41-49, 1995.

CIBSE (THE CHARTERED INSTITUTION IF BUILDING SERVICES). **Code for interior lighting**. Great Britain, London, 1994.

GHISI, E. **Desenvolvimento de uma metodologia para retrofit em sistemas de iluminação: Estudo de caso na Universidade Federal de Santa Catarina..** Dissertação (mestrado). 1997. 246 f. Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 1997.

GHISI, E.; LAMBERTS, R. Avaliação das Condições de Iluminação Natural nas salas de aula da Universidade Federal de Santa Catarina. In: **I Encontro Nacional sobre Edificações e Comunidades Sustentáveis**. Rio Grande do Sul, ANTAC, 1997.

GUYTON, A.; HALL, J. **Tratado de fisiologia médica**. 9ed. Guanabara Koogan, Rio de Janeiro, 1997.

HUNT, D.R.G. The Use of Artificial Lighting in Relation to Daylight Levels and Occupancy. In **Building & Environment**. Pergamon Press Ltd. Great Britain, vol. 14, 1979. P. 21-33.

HUNT, D. R. G. Predicting artificial lighting use: a method based upon observed patterns of behaviour. In: **Lighting Research & Technology**. 1980. V.12. n.1. p. 07-14.

IEA. **Daylight in Buildings: a source book on daylighting systems and components**. A report of IEA SHC TASK 21/ECBS. Annex 29. Berkely, 2000.

Excesso de peso atinge 38 milhões. **JORNAL DO BRASIL**: online. Disponível em: <http://clipping.planejamento.gov.br/Noticias.asp?NOTCod=168379>. Acesso em 12 de abril de 2005.

Illuminating Engineering Society of North America – IESNA HB-9-2000. **Lighting handbook: Reference & Application**. United States, 9ed, 2000. CD-ROM.

LAMBERTS, R.; DUTRA, L.; PEREIRA, F. O. R. **Eficiência energética na arquitetura**. São Paulo: PW, 1997.

LESLIE, R. P. Capturing the daylight dividend in buildings: why and how?. **Building and Environment**. New York, 2003. n.38. P. 381-385.

LI, D. H. W.; LAM, J. C. An analysis of lighting energy savings and switching frequency for a daylight corridor under various indoor design illuminance levels. **Applied Energy**, 76. Elsevier Ltd, 2003. P. 363-378.

LYNES, J. A.; LITTLEFAIR, P. J.; SLATER, A. I. Preadaptation and manual Switching. In Right light. 4., 1997. **Anais...** Vol. 2. 1997. P. 219-224.

MANICCIA, D.; RUTLEDGE, B.; REA, M. S.; MORROW, W. Occupant use of manual

lighting controls in Private offices. In **Journal of the Illuminating Engineering Society**. New York, v. 28, n. 2, Summer, P. 42-52, 1999.

MORROW, Wayne; RUTLEDGE, Burr; MANICCIA, Dorene; REA, Mark. **High performance lighting controls in private offices: a field study of user behavior and preference**. World Workplace, Chicago, EUA, 1998.

PEREIRA, F. O. R. **Thermal and luminous performance of window shading and sunlighting reflecting devices**. PhD Thesis. University of Sheffield, The United Kingdom, 1992.

PEREIRA, F. O. R.. LUZ SOLAR DIRETA: TECNOLOGIA PARA MELHORIA DO AMBIENTE LUMINICO E ECONOMIA DE ENERGIA NA EDIFICACAO. In: **II ENCONTRO NACIONAL DE CONFORTO NO AMBIENTE CONSTRUIDO (ENTAC)**, 1993, FLORIANOPOLIS, Santa Catarina, 1993. P. 257-267.

PEREIRA, Roberto Carlos. **A Qualidade da iluminação no ambiente construído: Estudo da iluminação espacial e do brilho das superfícies**. 2001. 118 f. Dissertação (Mestrado). Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2001.

PEREIRA, F. O. R.; SOUZA, M. B. Iluminação. Apostila da disciplina: conforto ambiental. Universidade Federal de Santa Catarina. Centro tecnológico. **Curso de pós-graduação em arquitetura e urbanismo**. Curso de pós-graduação em construção civil. Florianópolis, Santa Catarina, 2000.

REA, M.; RUTLEDGE, B. MANICCIA, D. Beyond daylight dogma. In International Daylighting Conference. 1998, Otawa. **Proceedings...** Otawa, 1998. P. 215-222.

SOUZA, M. B. **O impacto da luz natural no consumo de energia elétrica em um edifício de escritórios em Florianópolis**. 1995. 191f. Dissertação (Mestrado). Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 1995.

SOUZA, M. B. **Potencialidade de aproveitamento da luz natural através da utilização de sistemas automáticos de controle para economia de energia elétrica**. 2003. 208 f. Tese de doutorado. Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2003.

SHUKUYA, Masanori; MORIHANA, Tomohiro. Variations of daylight and electric light and the associated brightness sensation: for the possible use as a passive strategy. In **PASSIVE AND LOW ENERGY ARCHITECTURE**. 17., 2000, Cambridge. **Proceedings...** Cambridge, 2000. p. 644-645.

APÊNDICE 1: Tratamento de dados: acionamento e tipo de acionamento

ARQUITETURA E URBANISMO: SALA ARQ-07 – VESPERTINO

DATA	Período de ocupação			Abstenção total*
	Período de entrada		atividade	
	1º usuário	Após o ingresso do 1º usuário até o início da atividade		
16.mai.05	X (Total)	-	-	-
17.mai.05	X (Parcial)	-	-	-
23.mai.05	-	-	X (Total)	-
25.mai.05	-	X (Total)	-	-
30.mai.05	-	X (Total)	-	-
31.mai.05	X (Total)	-	-	-
01.jun.05	-	-	X (Total)	-
21.jun.05	X (Parcial)	-	-	-
17.mar.06	-	X (Total)	-	-
28.mar.06	-	X (Total)	-	-
30.mar.06	-	X (Total)	-	-
31.mar.06	-	X (Total)	-	-
04.abr.06	-	X (Total)	-	-
Acionamento	4/13	7/13	2/13	0

X indica a ocorrência de acionamento e entre parênteses está indicado o tipo de acionamento.

* abstenção do usuário durante todo o período de ocupação.

CENTRO DE COMUNICAÇÃO E EXPRESSÃO: SALA 248

DATA	Período de ocupação			Abstenção total*
	Período de entrada		Atividade	
	1º usuário	Após o ingresso do 1º usuário até o início da atividade		
16.jun.05	-	-	-	X
17.jun.05	-	-	X (Parcial)	-
30.jan.06	-	X (Parcial)	-	-
30.jan.06	-	-	-	X
31.jan.06	-	-	-	X
01.fev.06	X (Parcial)	-	-	-
02.fev.06	-	X (Parcial)	-	-
06.fev.06	-	X (Parcial)	-	-
06.fev.06	-	-	X (Parcial)	-
07.fev.06	-	-	X (Parcial)	-
08.fev.06	X (Parcial)	-	-	-
08.fev.06	-	-	X (Parcial)	-
09.fev.06	-	X (Total)	-	-
Acionamento	2/13	4/13	4/13	3/13

X indica a ocorrência de acionamento e entre parênteses está indicado o tipo de acionamento.

* abstenção do usuário durante todo o período de ocupação.

NÚCLEO DE DESENVOLVIMENTO INFANTIL: SALA 5A

DATA	Período de ocupação			Abstenção total*
	Período de entrada		Atividade	
	1º usuário	Após o ingresso do 1º usuário até o início da atividade		
30.jun.05	-	-	X (Total)	-
01.jul.05	-	X (Total)	-	-
04.jul.05	X (Total)	-	-	-
06.jul.05	-	-	X (Total)	-
07.jul.05	X (Total)	-	-	-
08.jul.05	X (Total)	-	-	-
07.abr.06	X (Total)	-	-	-
10.abr.06	-	X (Total)	-	-
11.abr.06	X (Total)	-	-	-
12.abr.06	-	-	X (Total)	-
13.abr.06	X (Total)	-	-	-
18.abr.06	X (Total)	-	-	-
19.abr.06	-	X (Total)	-	-
Acionamento	7/13	3/13	3/13	0

X indica a ocorrência de acionamento e entre parênteses está indicado o tipo de acionamento.

* abstenção do usuário durante todo o período de ocupação.

APÊNDICE 2: Iluminâncias verticais e horizontais

ARQUITETURA - SALA 07 – MANHÃ

ANO 2005

DATA: 16/05/2005 – MANHÃ

HORA	CORREDOR		SALA				
	ILUMINÂNCIA VERTICAL			ILUMINÂNCIA HORIZONTAL			
	EV1	EV2	EVF	EVL	Eh 1	Eh 2	Eh 3
09:27	6.250	2.490	450	255	323	472	750
09:32	6.530	2.570	450	238	299	402	720

CONDIÇÃO DE CÉU: ENCOBERTO

OBS:

entrada aluno

entrada prof.: 09:35

- Alunas em sala. Sem luz artificial. Atividade: leitura e escrita.

DATA: 17/05/2005 – MANHÃ

HORA	CORREDOR		SALA				
	Ev 1	Ev 2	Evf	Evl	Eh 1	Eh 2	Eh 3
08:12	2.450	1.066	200	125	165	194	353

CONDIÇÃO DE CÉU: ENCOBERTO

OBS:

- Luz deixada acesa pelo funcionário responsável pela limpeza.

- Alunos em sala aula. Atividade: desenho.

- As lâmpadas foram todas desligadas para se efetuar o levantamento.

DATA: 24/05/2005 – MANHÃ

HORA	CORREDOR		SALA				
	Ev 1	Ev 2	Evf	Evl	Eh 1	Eh 2	Eh 3
08:20	960	450	100	50	64	105	325

CONDIÇÃO DE CÉU: ENCOBERTO (chuvoso)

OBS:

- Alunos em sala com as lâmpadas ligadas.

DATA: 30/05/2005 – MANHÃ

HORA	CORREDOR		SALA				
	Ev 1	Ev 2	Evf	Evl	Eh 1	Eh 2	Eh 3
09:00	5300	2040	514	266	330	410	540
09:05	9.150	3.670	630	293	390	435	563
09:10	9.700	3.400	620	320	450	490	637
09:15	7.700	2.900	600	310	416	512	719

CONDIÇÃO DE CÉU: PARCIALMENTE ENCOBERTO

OBS:

- 09:00 - Alunos em sala. Atividade: leitura, confecção de maquete.
- Entrada prof.: 09:46.

DATA: 31/05/2005 – MANHÃ

HORA	CORREDOR		SALA				
	Ev 1	Ev 2	Evf	Evl	Eh 1	Eh 2	Eh 3
08:23	1.025	500					
08:25	1.082	535					
08:30	1.121	564					

CONDIÇÃO DE CÉU: ENCOBERTO

OBS:

- Alunos em sala com as lâmpadas ligadas.
- Entrada do prof.: 08:25
- Identificar no Hobo que horas as lâmpadas foram ligadas: se foram desligadas após a limpeza.

DATA: ARQUITETURA

LOCAL: 01/06/2005 – MANHÃ

HORA	CORREDOR		SALA				
	Ev 1	Ev 2	Evf	Evl	Eh 1	Eh 2	Eh 3
07:20	1.125	530					
07:27	1.580	750	175	95	139	190	292
07:37	3.820	1.300					

CONDIÇÃO DE CÉU: PARCIALMENTE ENCOBERTO

OBS:

- Condição da sala: lâmpadas desligadas, cortinas fechadas.
- Entrada aluno: 7:20. Aluno entra, liga todas as lâmpadas. Antes da limpeza.
- Entrada prof.: 07:30. Limpeza e entrada do professor.
- O levantamento foi realizado com todas as lâmpadas desligadas.

DATA: 03/06/2005 – MANHÃ

HORA	CORREDOR		SALA				
	Ev 1	Ev 2	Evf	Evl	Eh 1	Eh 2	Eh 3
08:40	30.000	9.420	941	464	566	580	715
08:45	26.800	9.800	995	493	573	604	740
09:25	28.400	12.900	1.320	636	750	715	820

CONDIÇÃO DE CÉU: PARCIALMENTE ENCOBERTO, com nuvens no horizonte.

OBS:

- Ev1: incidência direta.
- Entrada aluno: 09:15. Atividade: desenho. Acionamento das luminárias L2 e L3.

DATA: 21/06/2005 – MANHÃ

HORA	CORREDOR		SALA				
	Ev 1	Ev 2	Evf	Evl	Eh 1	Eh 2	Eh 3
08:10	17.500	4.800	580	295	367	396	550
08:30	11.300	3.500	465	215	200	250	600

CONDIÇÃO DE CÉU: PARCIALMENTE ENCOBERTO

OBS:

- Ev1: incidência direta.
- Entrada aluno: 08:13. Lâmpadas desligadas.
- Entrada prof.: 08:29. Sem acionamento.
- Os usuários deixaram a sala com as lâmpadas ligadas.

ANO 2006

DATA: 16/03/2006 – MANHÃ

HORA	CORREDOR		SALA				
	Ev 1	Ev 2	Evf	Evl	Eh 1	Eh 2	Eh 3
07:45	59.000	6.420	1.270	1.250	1.210	1.062	1.000
07:58	67.300	7.700	1.430	1.480	1.350	1.100	1.070

CONDIÇÃO DE CÉU: CLARO

OBS:

- 07:30 – Aluno entra na sala. Acionamento das luminárias L3 e L4. Verificar com o Hobo, se o aluno acionou todas as lâmpadas ou somente as luminárias L3 e L4.

DATA: 17/03/2006 – MANHÃ

HORA	CORREDOR		SALA				
	Ev 1	Ev 2	Evf	Evl	Eh 1	Eh 2	Eh 3
08:30	69.600	11.100	1.600	1.055	1.295	1.000	1.550
09:05	9.300	3.780	950	500	450	670	1.024
09:45	10.000	4.680	930	500	570	783	1.600

CONDIÇÃO DE CÉU: PARCIALMENTE ENCOBERTO

OBS:

- HOBO 04 foi mudado de posição na L4.
- 08:30 – incidência direta no sensor do luxímetro.
- 09:03 – entrada de alunos. Sem acionamento das lâmpadas. Sem incidência direta no corredor.
- 09:05 – medição com flutuação nos valores de iluminância.
- Alunos entram em sala, deixam o material e voltam a sair da sala.
- 09:40 – Entrada de mais alunas. Sem acionamento.

DATA: 20/03/2006 – MANHÃ

HORA	CORREDOR		SALA				
	Ev 1	Ev 2	Evf	Evl	Eh 1	Eh 2	Eh 3
09:25	4.100	2.170	452	240	285	465	1.133
09:35	3.940	1.900	460	270	300	480	1.310

CONDIÇÃO DE CÉU: ENCOBERTO

OBS:

- 09:00 – Entrada de alunos. Sem acionamento das lâmpadas. Os alunos entram deixam o material e saem da sala.
- 09:33 – Acionamento L3 e L4. Aluno de dentro da sala. Atividade de desenho.
- 09:45 – Entrada do professor.

DATA: 21/03/2006 – MANHÃ

HORA	CORREDOR		SALA				
	Ev 1	Ev 2	Evf	Evl	Eh 1	Eh 2	Eh 3
08:00	1.440	788	232	123	130	215	415

CONDIÇÃO DE CÉU: ENCOBERTO

OBS:

- 07:52 – Aluno em sala. L2 e L3 acesa. Identificar no Hobo a hora em que ocorreu o acionamento.
- 08:00 – Lâmpadas apagadas para se efetuar o acionamento. Após o levantamento, as lâmpadas foram deixadas apagadas.

DATA: 27/03/2006 – MANHÃ

HORA	CORREDOR		SALA				
	Ev 1	Ev 2	Evf	Evl	Eh 1	Eh 2	Eh 3
08:55	40.000	12.400	1.800	700	800	950	1.350
09:30	53.500	14.000	1.300	610	700	770	1.000

CONDIÇÃO DE CÉU: PARCIALMENTE ENCOBERTO

OBS:

- 09:15 – Entrada de aluno. Sem acionamento das lâmpadas.
- 09:30 – Medição de iluminância com incidência direta no sensor do luxímetro.

DATA: 28/03/2006 – MANHÃ

HORA	CORREDOR		SALA				
	Ev 1	Ev 2	Evf	Evl	Eh 1	Eh 2	Eh 3
08:00	4.600	1.887	370	226	245	360	830
08:10	30.000	6.000	800	600	530	690	1.280
08:26	3.260	1.520	310	176	200	330	620
08:33	6.600	2.270	420	250	260	560	1.100

CONDIÇÃO DE CÉU: PARCIALMENTE ENCOBERTO

OBS:

- 07:50 – Entrada de 2 alunos. Sala com cortinas semi-abertas, sem acionamento das lâmpadas.
- 08:00 – As cortinas foram abertas para se efetuar o levantamento.
- 08:07 – entrada de 1 aluna. Sem acionar as lâmpadas.
- 08:10 – Incidência direta no corredor e no sensor. Entrada de luz direta do sol pela porta.
- 08:21 – Entrada de 1 aluna. (identificar no Hobo se houve acionamento). Incidência direta no corredor.
- 08:24 – Entrada de 2 alunas.
- 08:32 – Entrada da professora. Acionamento. CÉU ENCOBERTO.

DATA: 31/03/2006 – MANHÃ

HORA	CORREDOR		SALA				
	Ev 1	Ev 2	Evf	Evl	Eh 1	Eh 2	Eh 3
08:51	50.000	11.310	1.430	615	740	670	870
09:25	40.000	12.000	1.150	600	630	600	850
09:33	36.000	14.000	1.180	575	665	637	870

CONDIÇÃO DE CÉU: CLARO

OBS:

- 08:51 – Medição sem aluno. Incidência direta no corredor e no sensor do luxímetro (Ev1).
 - 09:24 – Entrada de alunos. Sem acionamento de lâmpadas. Deixam o material e saem da sala.
- CONDIÇÃO DE CÉU: PARCIALMENTE ENCOBERTO.
- 09:36 – Entrada do professor. Sem acionamento das lâmpadas.

DATA: 04/04/2006 – MANHÃ

HORA	CORREDOR		SALA				
	Ev 1	Ev 2	Evf	Evl	Eh 1	Eh 2	Eh 3
07:50	1.690	1.000	370	180	260	315	600

CONDIÇÃO DE CÉU: ENCOBERTO (CHUVOSO)

OBS:

- 07:40 – entrada de professor e alunos. Acionamento das lâmpadas (conferir com o Hobo a hora do acionamento.)

DATA: 06/04/2006 – MANHÃ

HORA	CORREDOR		SALA				
	Ev 1	Ev 2	Evf	Evl	Eh 1	Eh 2	Eh 3
07:35	2400	1280	196	115	130	164	330

CONDIÇÃO DE CÉU: PARCIALMENTE ENCOBERTO

OBS:

- Alunos em sala. Acionamento de L1, L2 e L3. (verificar no registro do HOBBO a hora do acionamento).

DATA: 07/04/2006 – MANHÃ

HORA	CORREDOR		SALA				
	Ev 1	Ev 2	Evf	Evl	Eh 1	Eh 2	Eh 3
08:20	1880	990	309	177	190	308	757
09:00	810	475	150	84	90	140	360
09:15	3000	1160	220	127	136	221	513

CONDIÇÃO DE CÉU: ENCOBERTO (CHUVOSO)

OBS:

- 08:10 – Sem aluno.

- 09:00 – Sem aluno. Chuva.

- 09:15 – entrada de alunos. Acionamento L1, L2 e L3. Atividade: desenho.

ARQUITETURA - SALA 07 – TARDE

ANO 2005

DATA: 16/05/2005 – TARDE

HORA	CORREDOR		SALA				
	Ev 1	Ev 2	Evf	Evl	Eh 1	Eh 2	Eh 3
13:20	4.080	1.940	515	315	375	616	1.012
13:25	3.840	1.900	-	-	-	-	-

CONDIÇÃO DE CÉU: ENCOBERTO

OBS:

Entrada de aluno: 13:25.

Entrada prof.:

- Alunas entram e acionam as lâmpadas.

DATA: 17/05/2005 – TARDE

HORA	CORREDOR		SALA				
	Ev 1	Ev 2	Evf	Evl	Eh 1	Eh 2	Eh 3
13:30	6.400	3.480	790	440	590	948	1.610

CONDIÇÃO DE CÉU: ENCOBERTO

OBS:

- Às 12:30, as lâmpadas foram desligadas pelo pesquisador, após o funcionário responsável pela limpeza ter limpado a sala. Conferir com o HOB0 se a última pessoa apagou as lâmpadas quando saiu ou as lâmpadas ficaram acesas.

- Entrada aluno: 13:27. Acionamento das luminárias L2, L3 e L4.

- Entrada prof.: 14:25. Acionamento da luminária L1.

DATA: 23/05/2005 – TARDE

HORA	CORREDOR		SALA				
	Ev 1	Ev 2	Evf	Evl	Eh 1	Eh 2	Eh 3
13:30	6.350	3.230	610	310	460	610	1.190

CONDIÇÃO DE CÉU: ENCOBERTO

OBS:

- Entrada aluno: 13:30. Sem ligar as lâmpadas. Atividade: desenho.

- Entrada prof.: 13:37.

DATA: 25/05/2005 – TARDE

HORA	CORREDOR		SALA				
	Ev 1	Ev 2	Evf	Evl	Eh 1	Eh 2	Eh 3
13:25	13.000	12.660	1.017	568	702	862	1.063

CONDIÇÃO DE CÉU: CLARO

OBS:

- Entrada aluno: 13:25. Alunos entram, deixam o material e saem para o corredor.
- Entrada prof.: 13:34. Acionamento.

DATA: 30/05/2005 – TARDE

HORA	CORREDOR		SALA				
	Ev 1	Ev 2	Evf	Evl	Eh 1	Eh 2	Eh 3
13:25	10.000	7.600	910	480	550	790	1.370
13:30	13.000	12.920	1.105	590	770	917	1.182

CONDIÇÃO DE CÉU: PARCIALMENTE ENCOBERTO

OBS:

- Flutuação dos valores de iluminância durante a medição das 13:25.
- 13:25 - Alunos em sala.
- 13:34 - Entrada de mais alunos.
- 13:37 - Entrada professor.

DATA: 31/05/2005 – TARDE

HORA	CORREDOR		SALA				
	Ev 1	Ev 2	Evf	Evl	Eh 1	Eh 2	Eh 3
14:00	8.700	800	960	510	600	1.080	1.750

CONDIÇÃO DE CÉU: PARCIALMENTE ENCOBERTO

OBS:

- Alunos em sala de aula. Lâmpadas da luminária L1 acesas. Atividade: confecção de maquete.
- O levantamento das iluminâncias foi realizado com todas as lâmpadas desligadas. Foi pedido aos alunos a permissão para desligá-las.

DATA: 01/06/2005 – TARDE

HORA	CORREDOR		SALA				
	Ev 1	Ev 2	Evf	Evl	Eh 1	Eh 2	Eh 3
12:40	16.500	12.000	1.520	895	1.100	1.430	2.050
12:45	13.600	11.000	1.430	725	1.115	1.530	2.260
13:25	9.420	8.300	1.042	600	890	1.138	1.640
13:40	8.000	7.400	880	455	500	830	1.230

CONDIÇÃO DE CÉU: PARCIALMENTE ENCOBERTO

OBS:

- 12:05 – Lâmpadas desligadas após o término da aula.
- Entrada aluno: 12:40. Sem acionamento.
- Entrada prof.: 13:40. Sem acionamento.

DATA: 03/06/2005 – TARDE

HORA	CORREDOR		SALA				
	Ev 1	Ev 2	Evf	Evl	Eh 1	Eh 2	Eh 3
13:30	10.000	11.750	989	560	700	845	1.170
14:20	6.000	7.500	746	380	400	730	1.070

CONDIÇÃO DE CÉU: CLARO

OBS:

- 13:30 – Alunos em sala com lâmpadas acesas.
- As lâmpadas foram todas desligadas para se efetuar as medições. Após a medição as lâmpadas foram deixadas desligadas.
- 14:10 – Alunos em sala, sem lâmpadas ligadas.
- 14:23 – Entrada professor. Acionamento.

DATA: 21/06/2005 – TARDE

HORA	CORREDOR		SALA				
	Ev 1	Ev 2	Evf	Evl	Eh 1	Eh 2	Eh 3
13:20	15.000	14.000	1.130	660	833	964	1.300

CONDIÇÃO DE CÉU: PARCIALMENTE ENCOBERTO

OBS:

- Entrada aluno: 13:11. Acionamento de L1 e L2.
- As lâmpadas foram desligadas para se efetuar as medições.
- L1 e L2 acionado novamente: 13:25. Foi perguntado aos usuários se gostariam que as lâmpadas fossem ligadas, sendo a resposta afirmativa.

ANO 2006

DATA: 17/03/2006 – TARDE

HORA	CORREDOR		SALA				
	Ev 1	Ev 2	Evf	Evl	Eh 1	Eh 2	Eh 3
12:50	17.000	1.2830	1.520	850	620	670	1.200
14:05	5.300	6.300	970	512	540	870	1.500
14:25	4.360	5.300	870	460	600	700	1.430

CONDIÇÃO DE CÉU: PARCIALMENTE ENCOBERTO

OBS:

- 12:40 – 1 aluna entra na sala com as lâmpadas ligadas. A usuária não percebeu que as lâmpadas estavam acesas. Após o levantamento, foi perguntado se necessitava que as lâmpadas fossem novamente ligadas, porém, a resposta foi negativa.
- 12:46 – As lâmpadas foram todas desligadas.
- 12:50 – Flutuação dos valores de iluminância.
- 14:00 – entrada de mais alunos. Sem acionamento das lâmpadas. Deixam o material e logo após saem para o corredor.

DATA: 22/03/2006 – TARDE

HORA	CORREDOR		SALA				
	Ev 1	Ev 2	Evf	Evl	Eh 1	Eh 2	Eh 3
13:10	13.000	8.950	1.450	890	1.000	1.300	3.370
13:30	7.650	5.100	1.180	710	775	1.260	2.950

CONDIÇÃO DE CÉU: PARCIALMENTE ENCOBERTO

OBS:

- 13:00 – usuário entra na sala com as lâmpadas ligadas.
- 13:10 – Medição com 1 aluno em sala. Foi pedido ao aluno para desligar as lâmpadas para se efetuar as medições.
- 13:30 - Após as medições as lâmpadas foram deixadas apagadas.
- 13:34 – Entrada de mais 1 aluno.

DATA: 27/03/2006 – TARDE

HORA	CORREDOR		SALA				
	Ev 1	Ev 2	Evf	Evl	Eh 1	Eh 2	Eh 3
12:53	5.470	3.250	880	520	570	1.020	2.250

CONDIÇÃO DE CÉU: ENCOBERTO

OBS:

- 12:30 – entrada de alunos. Sem acionamento. Atividade de desenho.
- 13:30 – saída dos alunos.

DATA: 28/03/2006 – TARDE

HORA	CORREDOR		SALA				
	Ev 1	Ev 2	Evf	Evl	Eh 1	Eh 2	Eh 3
13:36	4.500	2.550	522	300	312	430	1.070
14:00	4.670	2.710	521	300	313	480	1.485

CONDIÇÃO DE CÉU: ENCOBERTO

OBS:

- 13:27 – As lâmpadas foram desligadas pelo pesquisador.
- 13:30 – aluno entra em sala, deixa o material e sai para o corredor. Sem acionamento das lâmpadas.
- 13:54 – Entrada de 1 aluna. (verificar se houve acionamento, HOBO)
- 13:56 - Entrada de 1 aluna. (verificar se houve acionamento, HOBO)
- entre 13:54 e 13:56 – acionamento. L1, L2, L3 e L4.

DATA: 30/03/2006 – TARDE

HORA	CORREDOR		SALA				
	Ev 1	Ev 2	Evf	Evl	Eh 1	Eh 2	Eh 3
12:30	16.600	12.800	1.260	700	830	930	1.540
13:45	11.150	11.000	950	520	630	770	1.380
14:00	7.550	8.000	840	430	460	730	1.360

CONDIÇÃO DE CÉU: PARCIALMENTE ENCOBERTO

OBS:

- 12:30 – Incidência direta no piso do corredor.
- 13:20 – Entrada de 1 aluna. Sem acionamento das lâmpadas.
- 13:45 – Entrada de 1 aluna. Sem acionamento.
- 13:50 – Entrada de 1 aluna. Sem acionamento.
- 14:00 – Entrada do professor. Acionamento das lâmpadas.

DATA: 31/03/2006 – TARDE

HORA	CORREDOR		SALA				
	Ev 1	Ev 2	Evf	Evl	Eh 1	Eh 2	Eh 3
13:30	6.700	4.700	900	485	475	900	2.370
14:06	5.850	3.760	820	450	480	860	2.350

CONDIÇÃO DE CÉU: PARCIALMENTE ENCOBERTO

OBS:

- Alunas em sala.
- 13:30 – lâmpadas desligadas para se efetuar as medições.
- 14:06 – Entrada de 1 aluna. Sem acionamento de lâmpadas.
- 14:26 – Entrada do professor. (conferir com o Hobo a hora do acionamento.)

DATA: 04/04/2006 – TARDE

HORA	CORREDOR		SALA				
	Ev 1	Ev 2	Evf	Evl	Eh 1	Eh 2	Eh 3
13:15	4.600	2.570	720	400	420	720	1.460
13:30	4.370	3.050	760	425	515	740	1.730

CONDIÇÃO DE CÉU: PARCIALMENTE ENCOBERTO (chuva)

OBS:

- 13:10 – entrada de 2 alunos. Sem acionamento. Atividade de desenho.
- 13:15 – entrada de 1 aluna. Sem acionamento.
- 13:29 – entrada de 3 alunas. Acionamento.

CENTRO DE COMUNICAÇÃO E EXPRESSÃO - SALA 248. MANHÃ.

ANO 2005

DATA: 06/062005

HORA	CORREDOR		SALA				
	Ev 1	Ev 2	Evf	Evl	Eh 1	Eh 2	Eh 3
08:25	81	98	240	120	163	322	898

CONDIÇÃO DE CÉU: PARCIALMENTE ENCOBERTO

OBS:

- Entrada professor: 08:24.

DATA: 07/06/2005

HORA	CORREDOR		SALA				
	Ev 1	Ev 2	Evf	Evl	Eh 1	Eh 2	Eh 3
07:25	87	91	101	50	59	99	406

CONDIÇÃO DE CÉU: PARCIALMENTE ENCOBERTO

OBS:

- 07:25 – Luz acesa com alunos em sala.

- As luzes foram desligadas para se efetuar as medições. Durante o levantamento, as pessoas que entravam na sala acendiam a luz. Foram identificadas duas ocorrências de acionamento.

DATA: 08/06/2005

HORA	CORREDOR		SALA				
	Ev 1	Ev 2	Evf	Evl	Eh 1	Eh 2	Eh 3
10:10	79	93	502	279	279	520	1280

CONDIÇÃO DE CÉU: CLARO

OBS:

- 10:00 – entrada de 1 aluno.

- 10:13 – entrada do professor. Aula de teatro, com eventual uso do quadro negro.

DATA: 10/06/2005

HORA	CORREDOR		SALA				
	Ev 1	Ev 2	Evf	Evl	Eh 1	Eh 2	Eh 3
07:30	56	72	65	37	47	98	382

CONDIÇÃO DE CÉU: ENCOBERTO

OBS:

- Antes do levantamento; duas alunas ocupavam a sala com as lâmpadas ligadas e as cortinas estavam fechadas.

DATA: 14/06/2005

HORA	CORREDOR		SALA				
	Ev 1	Ev 2	Evf	Evl	Eh 1	Eh 2	Eh 3
07:25	64	88	19	11	18	25	115

CONDIÇÃO DE CÉU: ENCOBERTO

OBS:

- Antes do levantamento, as pessoas já ocupavam a sala e as lâmpadas estavam ligadas.
- As lâmpadas foram desligadas para se realizar as medições.

DATA: 14/06/2005

HORA	CORREDOR		SALA				
	Ev 1	Ev 2	Evf	Evl	Eh 1	Eh 2	Eh 3
09:15	70	82	203	119	120	276	1250

CONDIÇÃO DE CÉU: ENCOBERTO

OBS:

- Após o término da aula anterior, observou-se que as lâmpadas estavam ligadas e as cortinas fechadas. Provavelmente devido ao ofuscamento causado no quadro negro.
- 09:11 – entrada de 3 alunas.
- 09:25 – entrada do professor. (Não houve aula).

DATA: 14/06/2005

HORA	CORREDOR		SALA				
	Ev 1	Ev 2	Evf	Evl	Eh 1	Eh 2	Eh 3
12:55	62	76	193	115	128	294	1407
13:25	63	78	221	167	152	294	1922

CONDIÇÃO DE CÉU: ENCOBERTO

OBS:

- 12:55 – entrada de 1 aluna. Acionamento das luminárias L3 e L4.
- Para se realizar a medição, as lâmpadas foram desligadas. Após o levantamento, as lâmpadas foram ligadas novamente.
- 13:20 – entrada de mais alunos (sem acionamento das luminárias L1 e L2). Atividade: conversa.
- 13:25 – entrada do professor.

DATA: 15/06/2005

HORA	CORREDOR		SALA				
	Ev 1	Ev 2	Evf	Evl	Eh 1	Eh 2	Eh 3
09:55	58	73	165	105	114	221	933

CONDIÇÃO DE CÉU: ENCOBERTO

OBS:

- Alunas na sala, lâmpadas ligadas e cortinas semi-abertas. Atividade: leitura.
- Verificar na leitura dos sensores HOBO se todas as lâmpadas foram acesas ao mesmo tempo.
- Levantamento com as lâmpadas desligadas.
- Alunas saem da sala e ao voltarem ligam a luz - luminárias L1 e L2.

DATA: 16/06/2005

HORA	CORREDOR		SALA				
	Ev 1	Ev 2	Evf	Evl	Eh 1	Eh 2	Eh 3
10:05	89	93	394	234	239	494	2270

CONDIÇÃO DE CÉU: ENCOBERTO

OBS:

- 10:05 – entrada de aluna (sem acionamento).
- 10:08 – alunos na entrada da sala.
- 10:13 – entrada da professora. Sem ligar as lâmpadas.

DATA: 17/06/2005

HORA	CORREDOR		SALA				
	Ev 1	Ev 2	Evf	Evl	Eh 1	Eh 2	Eh 3
10:00	69	78	165	103	120	220	1242

CONDIÇÃO DE CÉU:

OBS:

- 3 alunos na sala (Sem acionamento). Atividade: pintura.
- medição com as 3 pessoas na sala.
- 10:10 – entrada da professora. Aula de assessoramento de trabalhos.

ANO 2006

DATA: 30/01/2006

HORA	CORREDOR		SALA				
	Ev 1	Ev 2	Evf	Evl	Eh 1	Eh 2	Eh 3
07:36	106	122	429	219	204	371	818
08:00	92	84	518	275	251	433	940
08:10	94	84	552	278	259	455	961

CONDIÇÃO DE CÉU: CLARO

OBS:

- 07:59 – Entrada do aluno. (sem acionamento).
- 08:10 – entrada de aluno e acionamento das luminárias L1 e L2. A luz foi desligada para se efetuar as medições. Atividade: conversa.

DATA: 30/01/2006

HORA	CORREDOR		SALA				
	Ev 1	Ev 2	Evf	Evl	Eh 1	Eh 2	Eh 3
10:00	93	78	637	370	312	531	1056
10:03	94	83	593	363	285	450	990

CONDIÇÃO DE CÉU: CLARO

OBS:

- 09:57 – saída do último aluno que deixa as lâmpadas ligadas.
- 10:03 – entrada de aluno e professor.

DATA: 31/01/2006

HORA	CORREDOR		SALA				
	Ev 1	Ev 2	Evf	Evl	Eh 1	Eh 2	Eh 3
08:35	102	97	556	299	273	483	1128
08:50	105	100	563	299	285	457	1152
09:00	108	103	584	304	305	485	1157
09:10	105	101	578	258	221	430	1102

CONDIÇÃO DE CÉU: CLARO

OBS:

- 08:30 – Entrada de aluno (sem acionamento). Atividade: leitura.
- 08:47 – entrada de 1 aluna. Sem acionamento.
- 08:51 – entrada de mais 1 aluno. Sem acionamento.
- 09:12 – entrada do professor. (sem acionamento).

DATA: 01/02/2006

HORA	CORREDOR		SALA				
	Ev 1	Ev 2	Evf	Evl	Eh 1	Eh 2	Eh 3
07:37	96	76	143	87	125	253	743
08:00	97	76	165	105	132	262	880

CONDIÇÃO DE CÉU: PARCIALMENTE ENCOBERTO

OBS:

- 07:33 – Entrada de aluna. Acionamento da luz (luminárias L1 e L2). Atividade: leitura.
- A luz foi desligada para se efetuar as medições.
- Segundo relato do usuário (aluna), esta prefere a luz natural embora tenha ligado a luz ao entrar.
- 08:03 – entrada de mais 2 alunas. (sem acionamento).

DATA: 02/02/2006

HORA	CORREDOR		SALA				
	Ev 1	Ev 2	Evf	Evl	Eh 1	Eh 2	Eh 3
10:00	94	84	530	311	328	809	2580
10:10	88	76	433	260	253	642	2320

CONDIÇÃO DE CÉU: PARCIALMENTE ENCOBERTO

OBS:

- 10:00 – término da aula. A luz estava ligada e as cortinas fechadas.
- 10:09 – entrada de 2 alunas.
- 10:10 – entrada do professor.
- 10:13 – entrada de aluna que liga a luz.

DATA: 03/02/2006

HORA	CORREDOR		SALA				
	Ev 1	Ev 2	Evf	Evl	Eh 1	Eh 2	Eh 3
07:22	139	183	240	116	136	258	604

CONDIÇÃO DE CÉU: PARCIALMENTE ENCOBERTO

OBS:

- 07:10 – Duas alunas entram na sala, ligam a luz (todas as luminárias - L1, L2, L3 e L4) abrem as cortinas e voltam a desligar a luz.
- 07:25 – entrada do professor.

DATA: 06/02/2006

HORA	CORREDOR		SALA				
	Ev 1	Ev 2	Evf	Evl	Eh 1	Eh 2	Eh 3
08:00	71	60	76	50	65	131	621
08:15	87	66	109	65	87	227	858

CONDIÇÃO DE CÉU: ENCOBERTO

OBS:

- 08:00 – entrada de 2 alunas. Sem acionamento. Atividade: conversa.
- 08:14 – entrada de alunos e acionamento da luz (luminárias L1 e L2). Atividade: escrita.
- 08:23 – entrada do professor. Aula com retroprojektor.
- 09:54 – término da aula. Luz acesa (luminárias L1 e L2) e cortinas próximo ao quadro negro estavam fechadas. Os usuários saíram da sala deixam a luz acesa e as cortinas fechadas.

DATA: 06/02/2006

HORA	CORREDOR		SALA				
	Ev 1	Ev 2	Evf	Evl	Eh 1	Eh 2	Eh 3
10:03	79	67	273	169	200	461	2010

CONDIÇÃO DE CÉU: ENCOBERTO

OBS:

- 10:00 – entrada de aluno. Atividade: conversa. Alunos da aula anterior também esperavam pela próxima aula.
- 10:07 - entrada do professor.

DATA: 06/02/2006

HORA	CORREDOR		SALA				
	Ev 1	Ev 2	Evf	Evl	Eh 1	Eh 2	Eh 3
13:50	112	100	890	595	580	1130	7620

CONDIÇÃO DE CÉU: PARCIALMENTE ENCOBERTO

OBS:

- 13:50 – entrada de aluna (sem acionamento). Atividade: escrita e leitura.
- 14:05 – Entrada de mais alunos (sem acionamento).
- 14:10 – entrada do professor.

DATA: 07/02/2006

HORA	CORREDOR		SALA				
	Ev 1	Ev 2	Evf	Evl	Eh 1	Eh 2	Eh 3
09:10	88	68	236	150	187	507	2030

CONDIÇÃO DE CÉU: ENCOBERTO

OBS:

- 09:05 – Alguns alunos da aula anterior permanecem na sala pois têm a próxima aula.
- A lâmpadas foram desligadas para se efetuar as medições, com o consentimento dos usuários. Após o levantamento, as lâmpadas foram deixadas desligadas.
- 09:13 – Entrada do professor (sem acionamento).

DATA: 08/02/2006

HORA	CORREDOR		SALA				
	Ev 1	Ev 2	Evf	Evl	Eh 1	Eh 2	Eh 3
08:10	90	65	96	63	77	170	768

CONDIÇÃO DE CÉU: ENCOBERTO

OBS:

- 07:52 – entrada de alunos (acionamento das luminárias L1 e L2). Atividade: leitura.
- 08:00 – entrada de mais alunos.
- 10:10 – Luz acesa (todas as lâmpadas ligadas).

DATA: 08/02/2006

HORA	CORREDOR		SALA				
	Ev 1	Ev 2	Evf	Evl	Eh 1	Eh 2	Eh 3
10:12	130	110	785	468	460	990	3280

CONDIÇÃO DE CÉU: PARCIALMENTE ENCOBERTO

OBS:

- Aula anterior, as cortinas estavam parcialmente fechadas e a luz acesa. Foi informado aos usuários que a luz seria desligada.
- 10:12 – Alunos da aula anterior permaneceram na sala para a próxima aula.
- 10:15 – Entrada do professor (sem acionamento).

DATA: 08/02/2006

HORA	CORREDOR		SALA				
	Ev 1	Ev 2	Evf	Evl	Eh 1	Eh 2	Eh 3
13:30	91	78	470	290	383	950	3900

CONDIÇÃO DE CÉU: ENCOBERTO

OBS:

- porta da sala trancada com luz acesa (luminárias L3 e L4).
- 13:30 – entrada dos alunos e do professor (sem acionamento).

DATA: 09/02/2006

HORA	CORREDOR		SALA				
	Ev 1	Ev 2	Evf	Evl	Eh 1	Eh 2	Eh 3
08:05	104	85	325	175	216	369	1110
08:16	96	80	225	130	140	300	1190

CONDIÇÃO DE CÉU: PARCIALMENTE ENCOBERTO

OBS:

- 07:50 – Entrada de alunos (sem acionamento). Atividade: conversa e leitura.
- 08:15 – entrada do professor.
- 08:16 – acionamento da luz (luminárias L3 e L4).

DATA: 09/02/2006

HORA	CORREDOR		SALA				
	Ev 1	Ev 2	Evf	Evl	Eh 1	Eh 2	Eh 3
10:00	107	89	422	266	322	782	3120
10:10	101	80	354	233	266	680	3000

CONDIÇÃO DE CÉU: ENCOBERTO

OBS:

- 09:55 – após a aula anterior, a luz permaneceu acesa e as cortinas estavam abertas.
- 3 alunas permaneceram na sala, conversando. As alunas foram informadas que a luz seria desligada para se realizar o levantamento. Após o levantamento, a luz foi deixada desligada.
- 10:05 – entrada de aluno (sem acionamento).
- 10:12 – entrada do professor.

DATA: 10/02/2006

HORA	CORREDOR		SALA				
	Ev 1	Ev 2	Evf	Evl	Eh 1	Eh 2	Eh 3
10:05	108	80	366	230	260	566	308

CONDIÇÃO DE CÉU: ENCOBERTO

OBS:

- A luz foi desligada e as cortinas foram abertas.
- Alguns alunos permaneceram na sala, conversando.
- 10:05 – alunos entram em sala (sem acionamento)
- 10:10 – entrada professor, fecha parcialmente as cortinas e acende a luz (luminárias L1 e L2).

NÚCLEO DE DESENVOLVIMENTO – SALA 5A - TARDE

ANO 2005

DATA: 30/06/2005

HORA	CORREDOR		SALA				
	Ev 1	Ev 2	Evf	Evl	Eh 1	Eh 2	Eh 3
13:13	3240	3130	211	146	108	160	315
13:25	3080	2700	200	130	146	188	450

CONDIÇÃO DE CÉU: PARCIALMENTE ENCOBERTO

OBS:

- 13:25 – entrada da professora (sem acionamento).

DATA: 01/07/2005

HORA	CORREDOR		SALA				
	Ev 1	Ev 2	Evf	Evl	Eh 1	Eh 2	Eh 3
13:05	2820	2700	169	130	145	200	430
13:10	3120	3000	183	134	139	182	407
13:25	2930	2850	188	142	129	192	417

CONDIÇÃO DE CÉU: PARCIALMENTE ENCOBERTO

OBS:

- 13:10 – mãe entra com filho (sem acionamento). Atividade: leitura.
 - 13:25 – entrada da professora (sem acionamento).
 - 13:30 – entrada da mãe com filho (Acionamento da luminária L1 e L2)

DATA: 04/07/2005

HORA	CORREDOR		SALA				
	Ev 1	Ev 2	Evf	Evl	Eh 1	Eh 2	Eh 3
13:05	2030	2100	123	103	135	263	775
13:25	2070	2070	125	103	139	245	721

CONDIÇÃO DE CÉU: ENCOBERTO

OBS:

- 13:20 – entrada de pessoas. Crianças acionam a luz.

DATA: 05/07/2005

HORA	CORREDOR		SALA				
	Ev 1	Ev 2	Evf	Evl	Eh 1	Eh 2	Eh 3
13:05	1550	1620	101	74	105	208	665

CONDIÇÃO DE CÉU: ENCOBERTO

OBS:

- 13:00 – luz do corredor acesa, sem necessidade.

DATA: 06/07/2005

HORA	CORREDOR		SALA				
	Ev 1	Ev 2	Evf	Evl	Eh 1	Eh 2	Eh 3
13:05	3240	3340	190	123	130	163	310

CONDIÇÃO DE CÉU: CLARO

OBS:

- Luz acesa na sala após a limpeza.
- Segundo a professora, geralmente as crianças ou os pais que acionam a luz.

DATA: 07/07/2005

HORA	CORREDOR		SALA				
	Ev 1	Ev 2	Evf	Evl	Eh 1	Eh 2	Eh 3
13:05	3800	3940	210	149	134	230	380
13:20	3300	3570	188	124	80	136	280

CONDIÇÃO DE CÉU: PARCIALMENTE ENCOBERTO

OBS:

- 13:20 – mãe entra na sala e aciona a luz (luminárias L1 e L2).

DATA: 08/07/2005

HORA	CORREDOR		SALA				
	Ev 1	Ev 2	Evf	Evl	Eh 1	Eh 2	Eh 3
13:15	4000	4500	200	130	124	204	415

CONDIÇÃO DE CÉU: PARCIALMENTE ENCOBERTO

OBS:

- 13:15 – Professora da manhã conversando com mãe junto com a criança do período vespertino. Luz acesa.

ANO 2006

DATA: 07/04/2006

HORA	CORREDOR		SALA				
	Ev 1	Ev 2	Evf	Evl	Eh 1	Eh 2	Eh 3
13:15	3180	3100	168	147	280	600	1275

CONDIÇÃO DE CÉU: PARCIALMENTE ENCOBERTO

OBS:

- 13:15 – Entrada da estagiária (acionamento das luminárias L1 e L2).

DATA: 10/04/2006

HORA	CORREDOR		SALA				
	Ev 1	Ev 2	Evf	Evl	Eh 1	Eh 2	Eh 3
13:15	7300	7200	310	235	253	415	830
13:22	7000	4000	330	200	150	300	620

CONDIÇÃO DE CÉU: PARCIALMENTE ENCOBERTO

OBS:

- 13:21 – entrada de aluno junto com o pai (sem acionamento).
- 13:25 – entrada da professora. (acionamento das luminárias L1 e L2).

DATA: 11/04/2006

HORA	CORREDOR		SALA				
	Ev 1	Ev 2	Evf	Evl	Eh 1	Eh 2	Eh 3
13:00	7830	7350	300	192	200	276	470
13:11	6900	6560	348	213	227	314	484
13:20	6300	6150	355	225	227	310	515

CONDIÇÃO DE CÉU: PARCIALMENTE ENCOBERTO

OBS:

- 13:00 – após a limpeza as lâmpadas permaneceram ligadas.
- 13:20 – entrada da estagiária (sem acionamento).
- 13:25 – acionamento das lâmpadas.

DATA: 12/04/2006

HORA	CORREDOR		SALA				
	Ev 1	Ev 2	Evf	Evl	Eh 1	Eh 2	Eh 3
13:10	7000	6700	363	230	190	330	540
13:17	6150	5780	365	225	226	310	490

CONDIÇÃO DE CÉU: PARCIALMENTE ENCOBERTO

OBS:

- Após a limpeza, as lâmpadas foram deixadas ligadas.
- 13:10 – entrada de 1 aluno acompanhado do pai (sem acionamento).
- 13:15 – entrada da estagiária (sem acionamento)

DATA: 13/04/2006

HORA	CORREDOR		SALA				
	Ev 1	Ev 2	Evf	Evl	Eh 1	Eh 2	Eh 3
13:15	6000	5800	360	190	208	286	430
13:30	5000	4910	330	178	207	280	410

CONDIÇÃO DE CÉU: PARCIALMENTE ENCOBERTO

OBS:

- 13:00 – Estagiária em sala e luz acesa (luminárias L1 e L2).
- A estagiária costuma acionar a luz quando entra na sala.

DATA: 18/04/2006

HORA	CORREDOR		SALA				
	Ev 1	Ev 2	Evf	Evl	Eh 1	Eh 2	Eh 3
13:10	3230	3100	215	170	228	482	1186
13:20	5300	5200	313	230	270	425	990

CONDIÇÃO DE CÉU: PARCIALMENTE ENCOBERTO

OBS:

- 13:20 – entrada da estagiária durante o levantamento. (sem acionamento).
- 13:25 – acionamento da luz (luminárias L1 e L2).

DATA: 19/04/2006

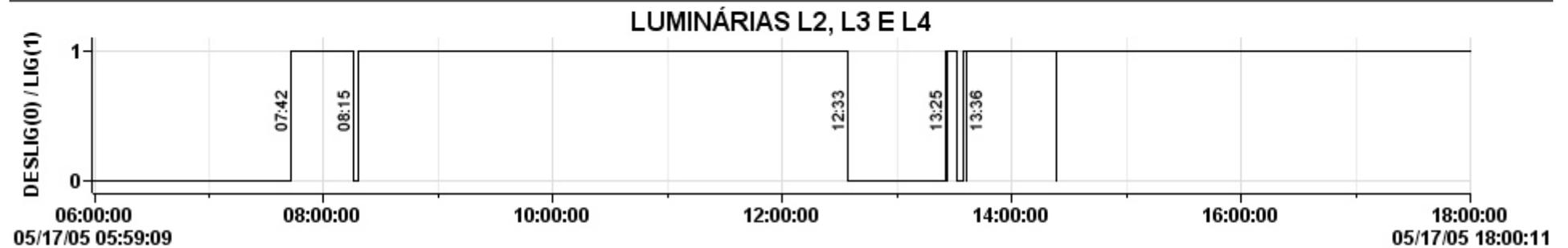
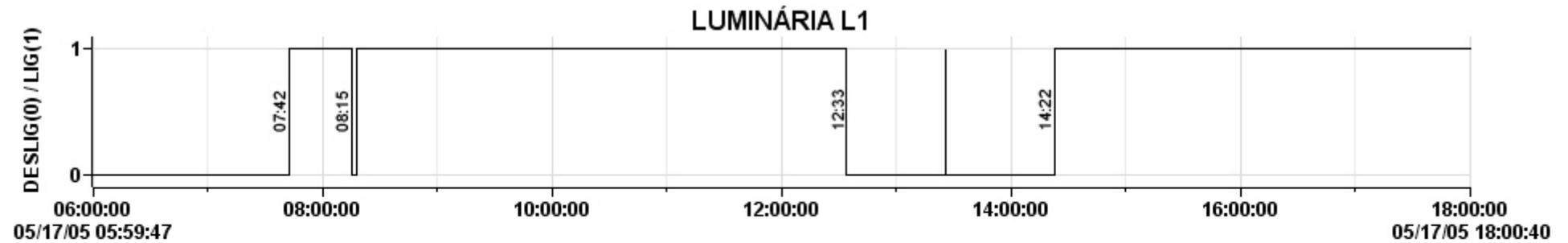
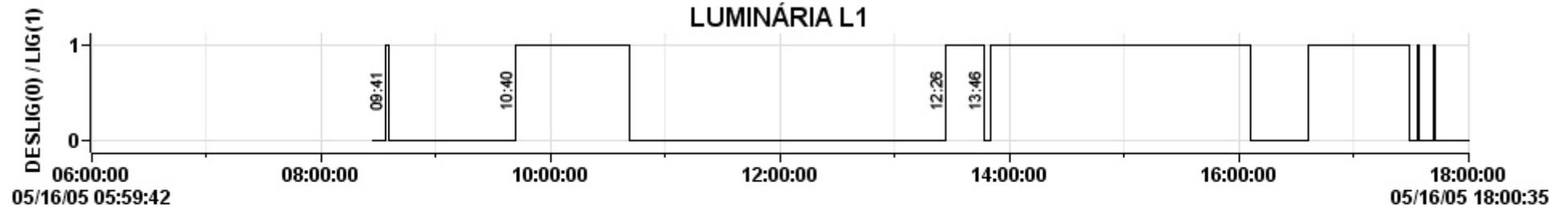
HORA	CORREDOR		SALA				
	Ev 1	Ev 2	Evf	Evl	Eh 1	Eh 2	Eh 3
13:00	4990	5200	310	220	225	490	1230

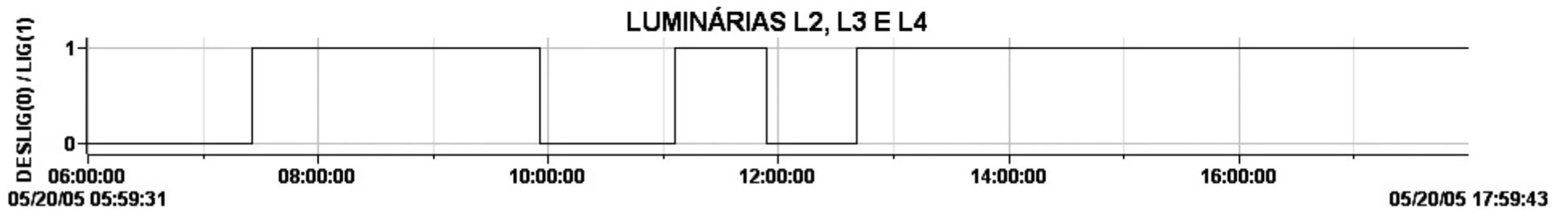
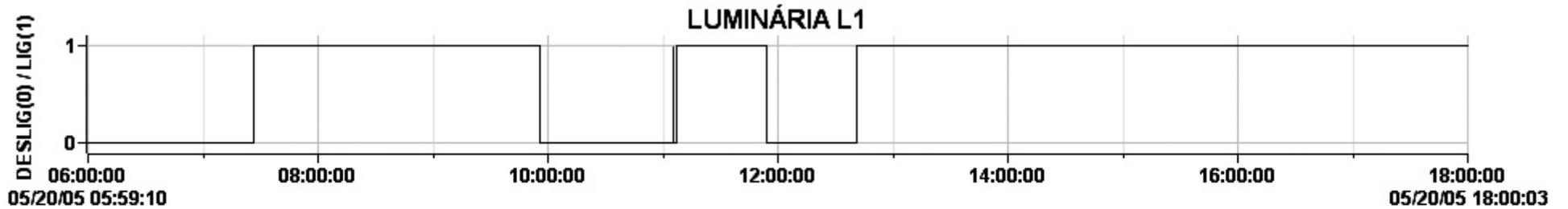
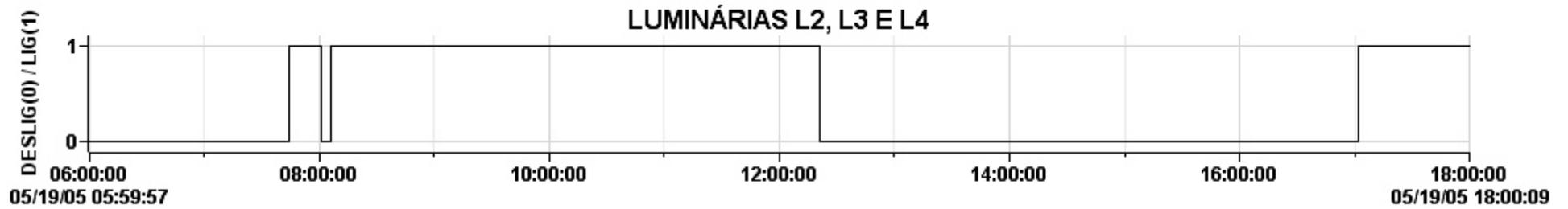
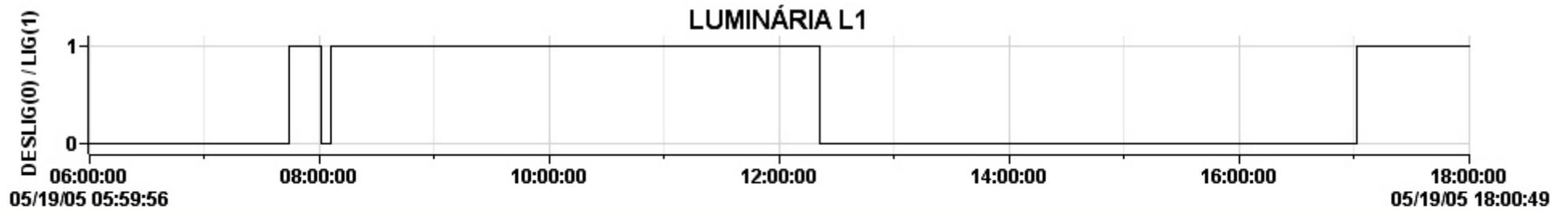
CONDIÇÃO DE CÉU: PARCIALMENTE ENCOBERTO

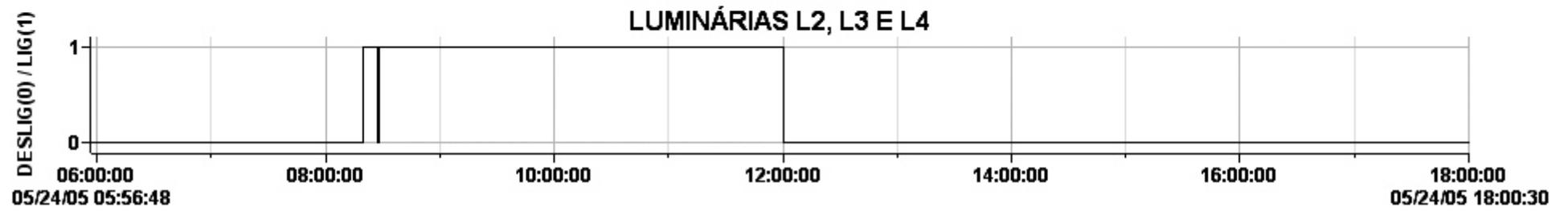
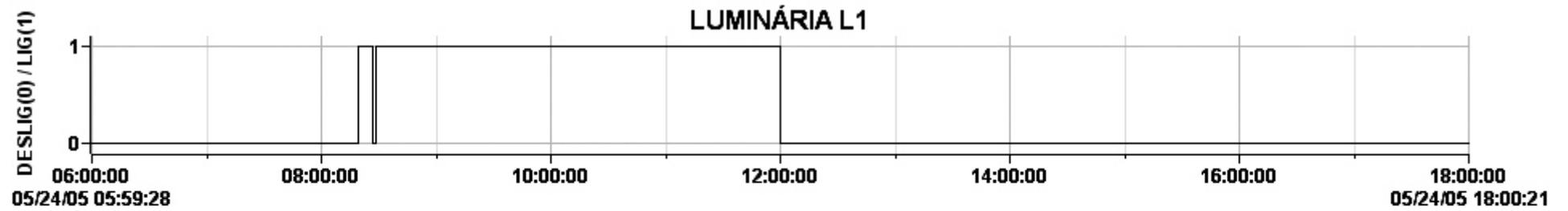
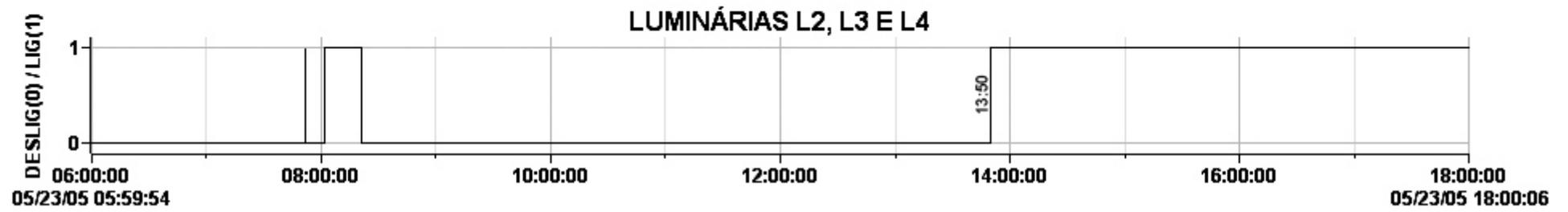
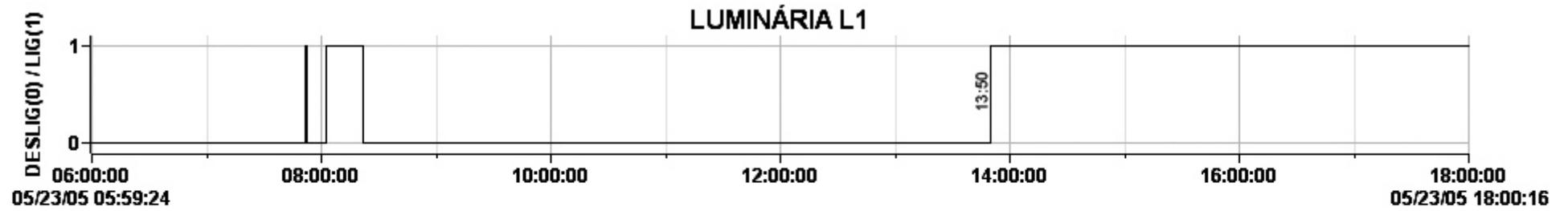
OBS:

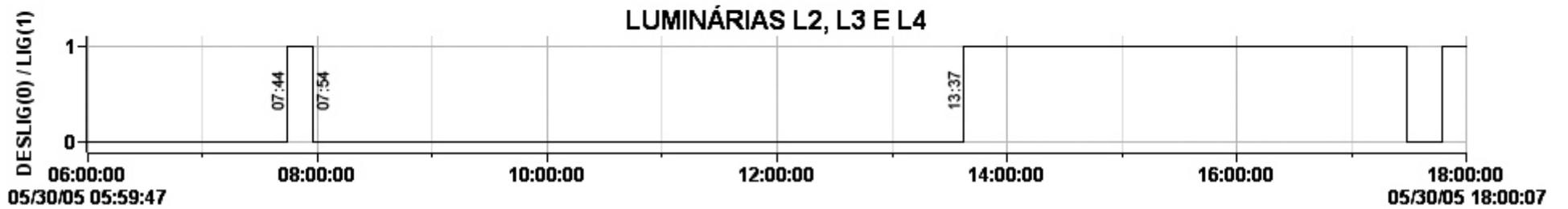
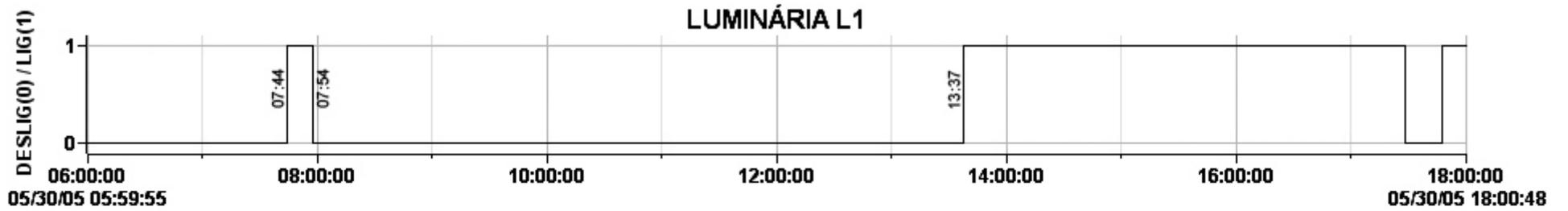
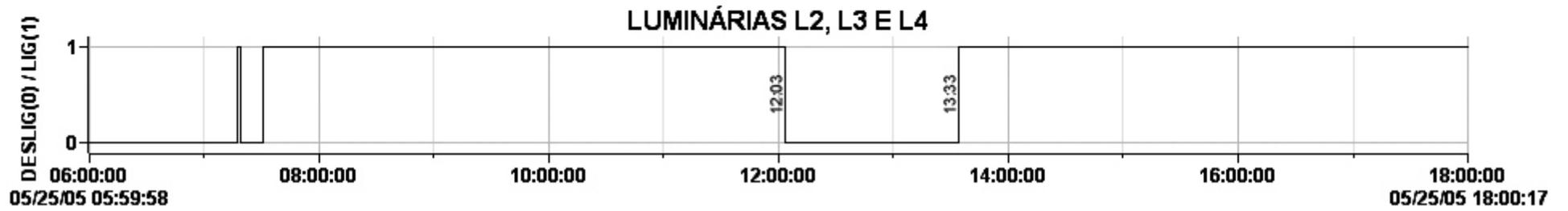
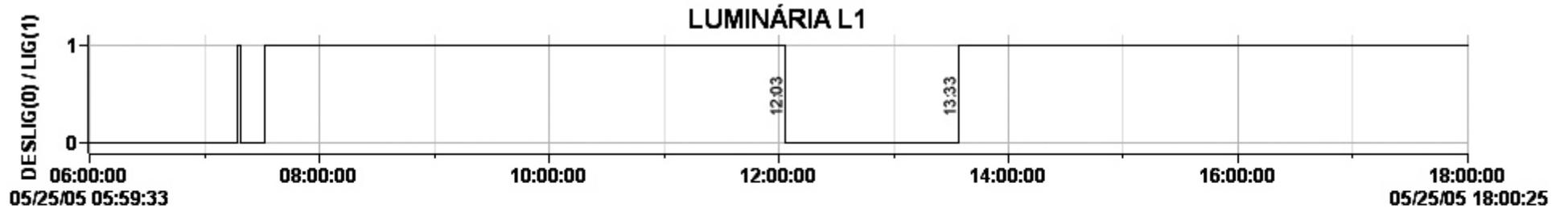
- 13:00 – entrada da estagiária e um aluno. (sem acionamento)
- 13:12 – estagiária aciona a luz (L1 e L2).

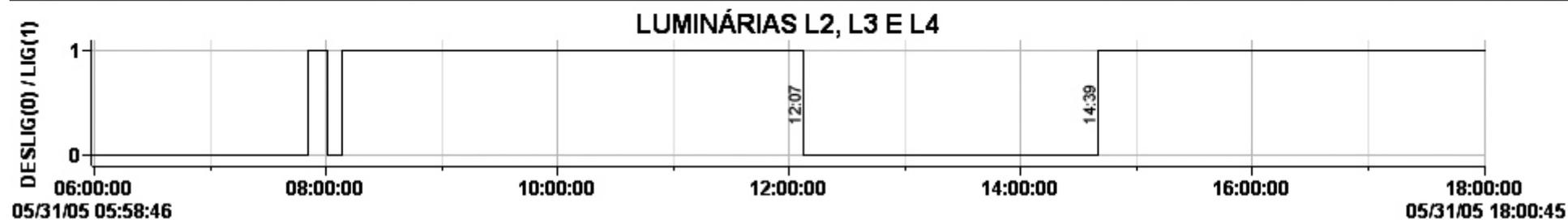
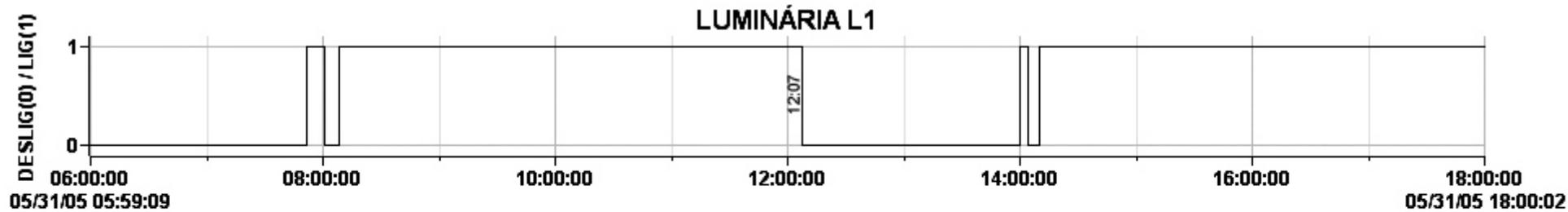
APÊNDICE 3: Registro dos aparelhos hobo

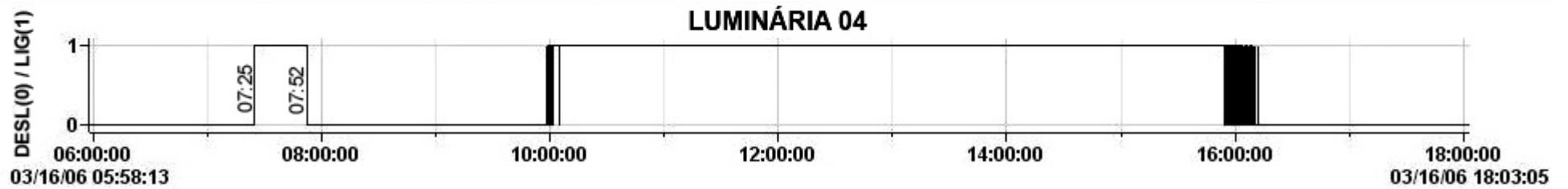
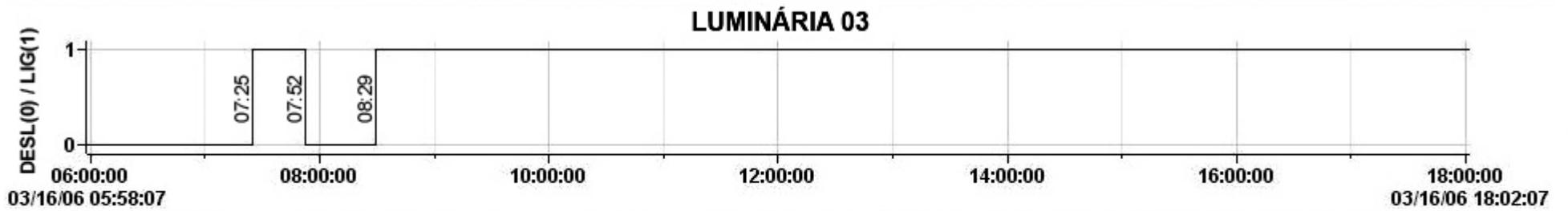
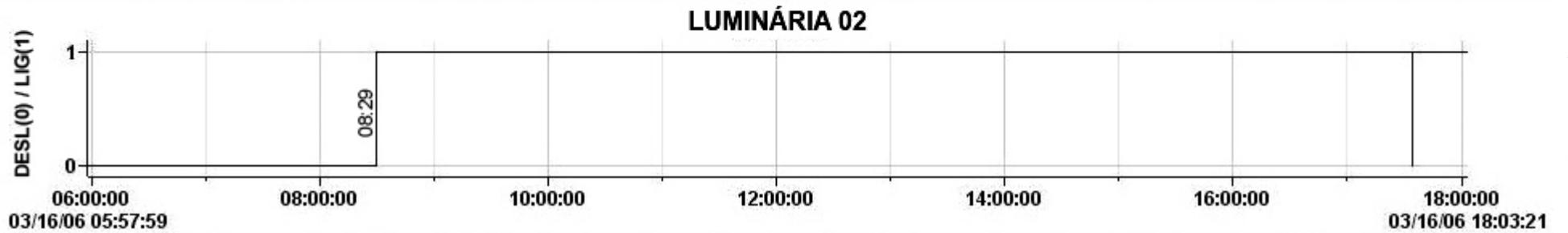
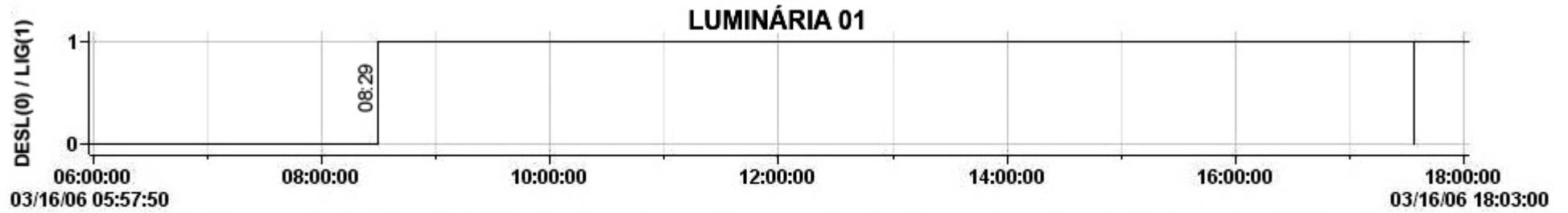


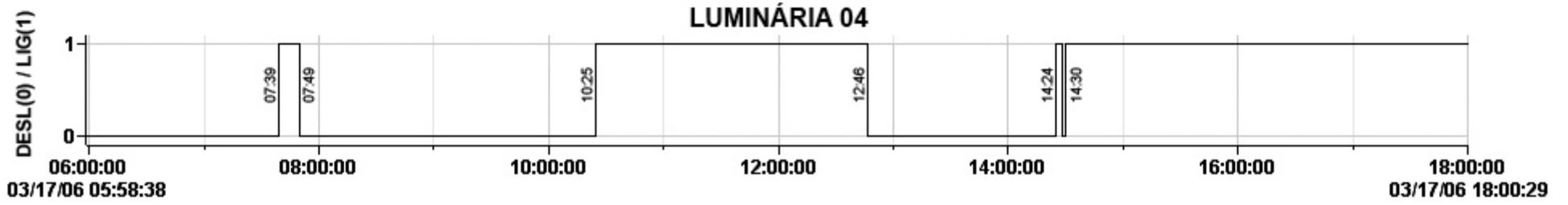
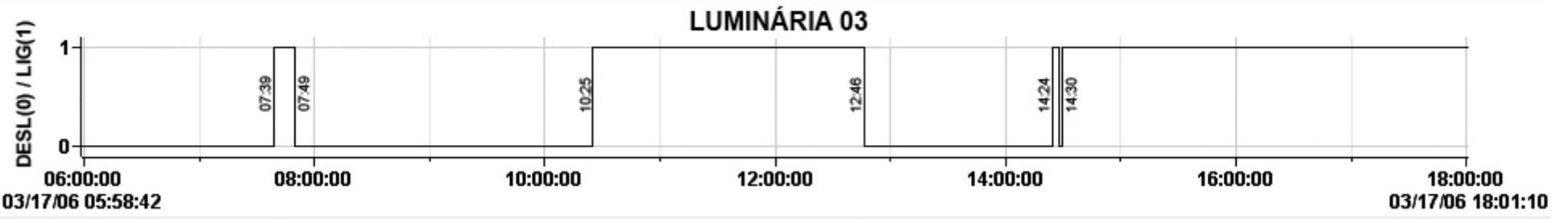
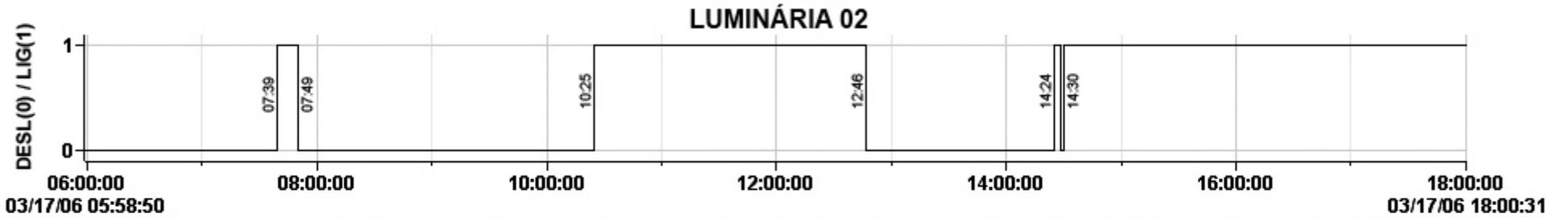
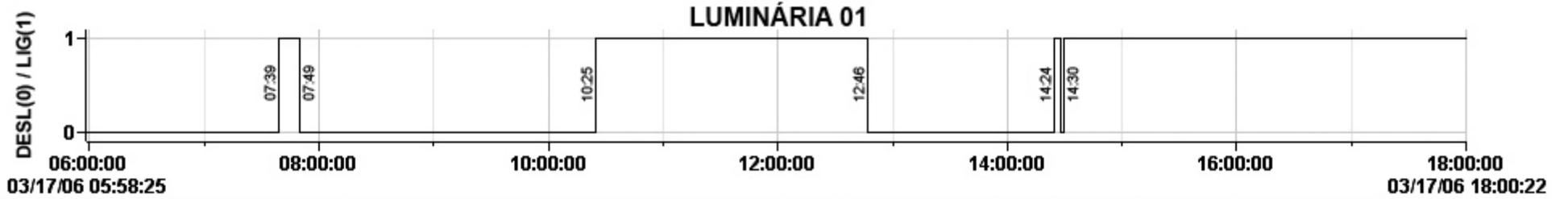


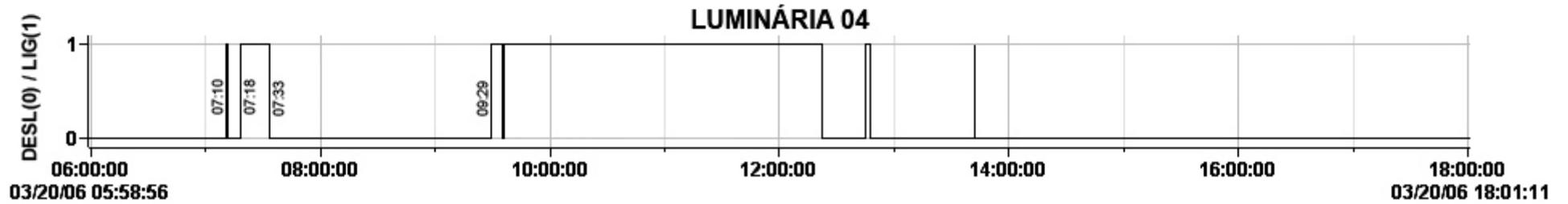
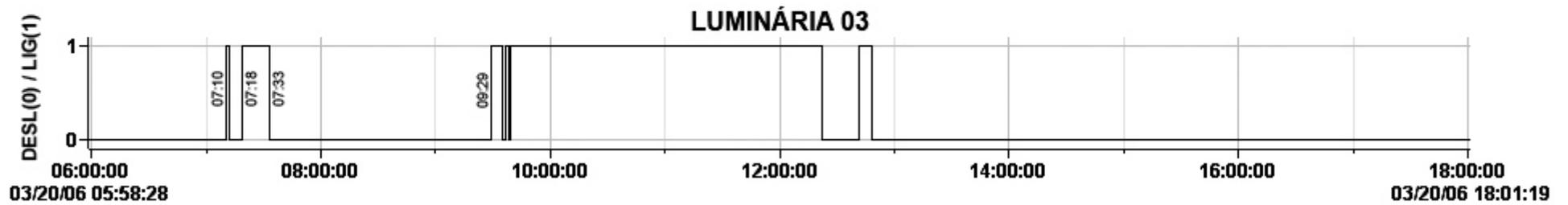
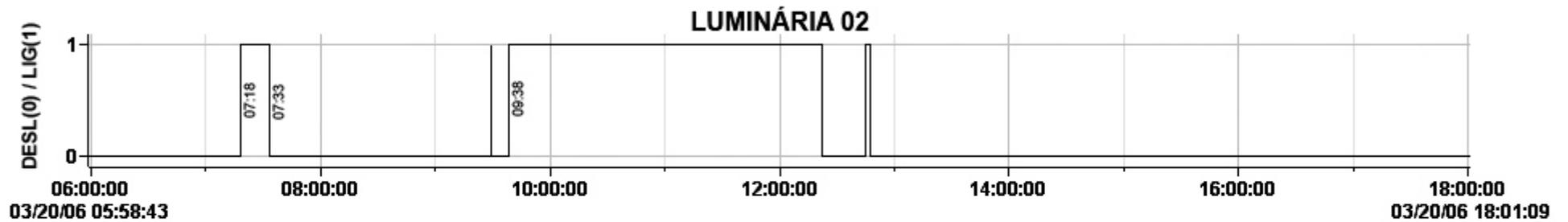
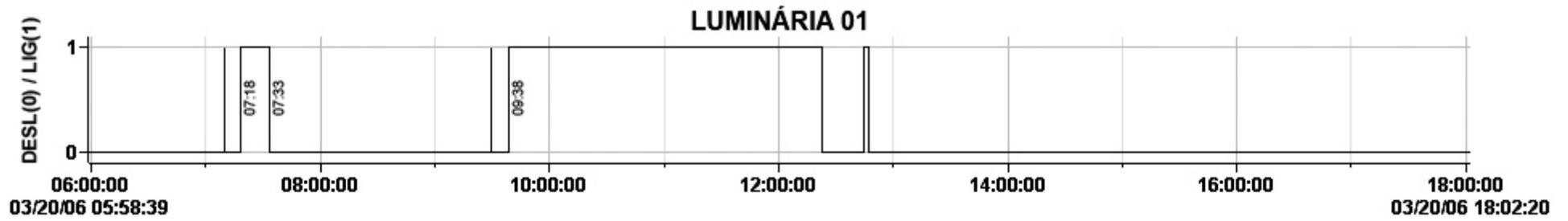


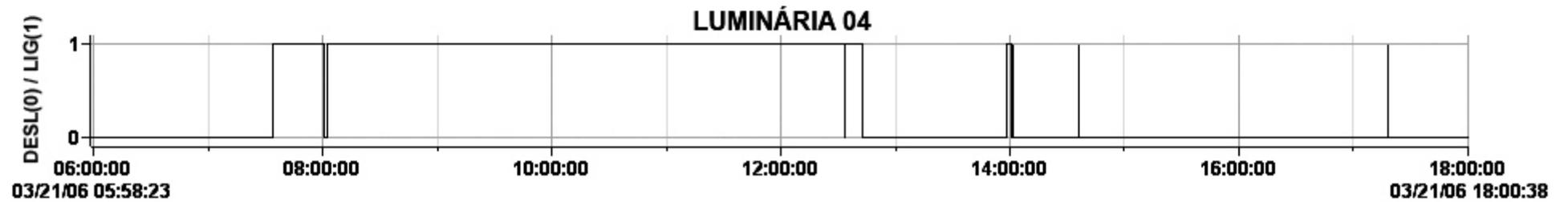
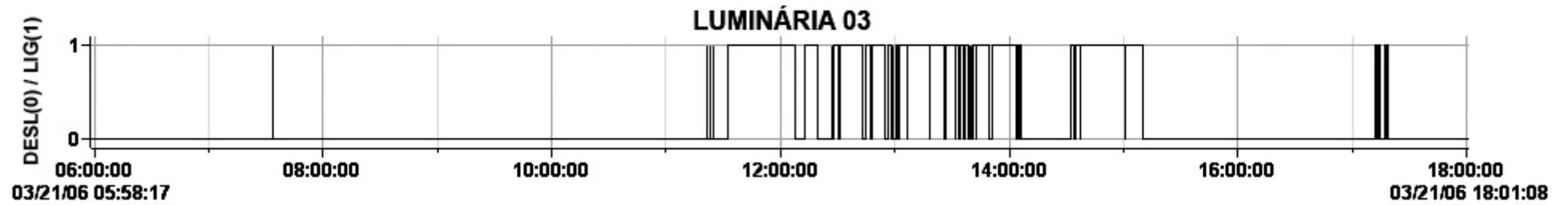
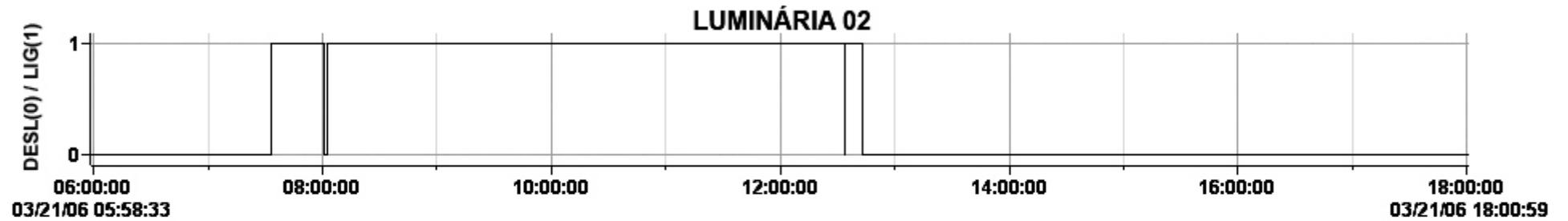
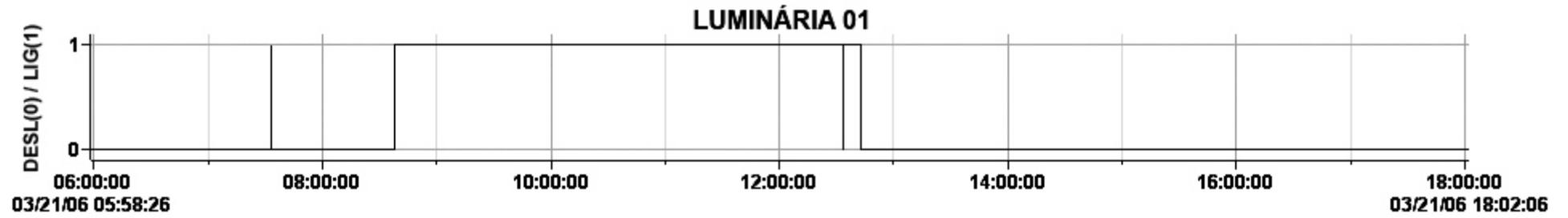


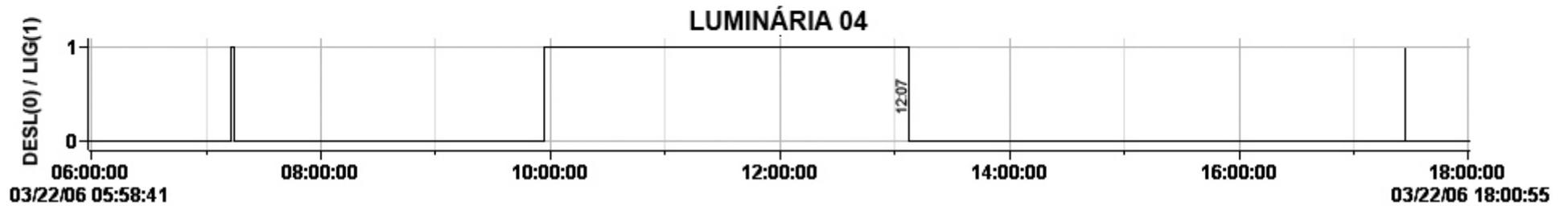
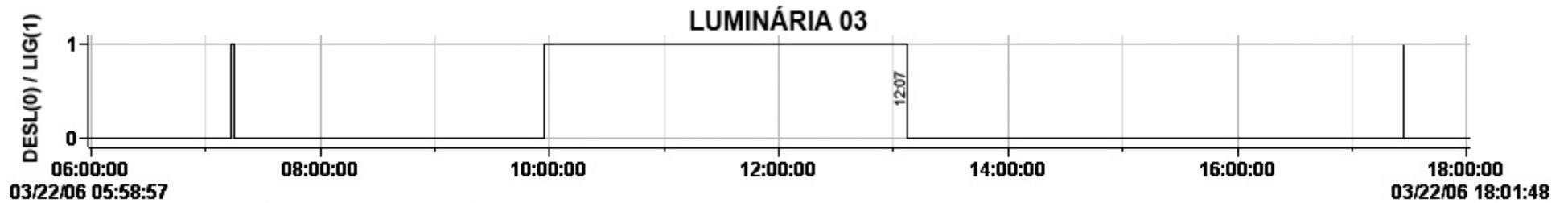
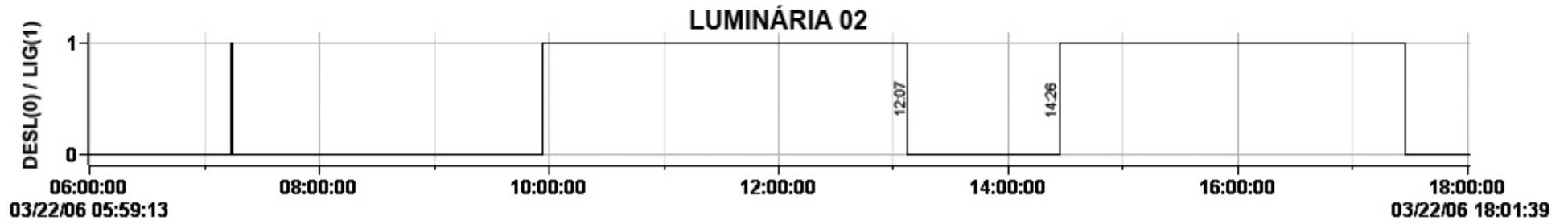
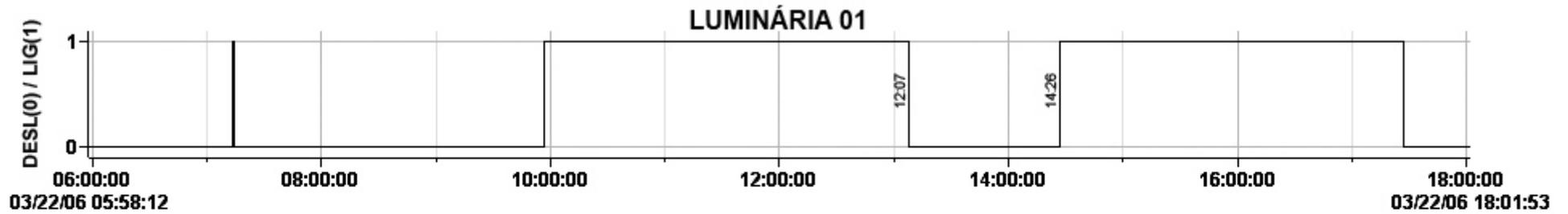


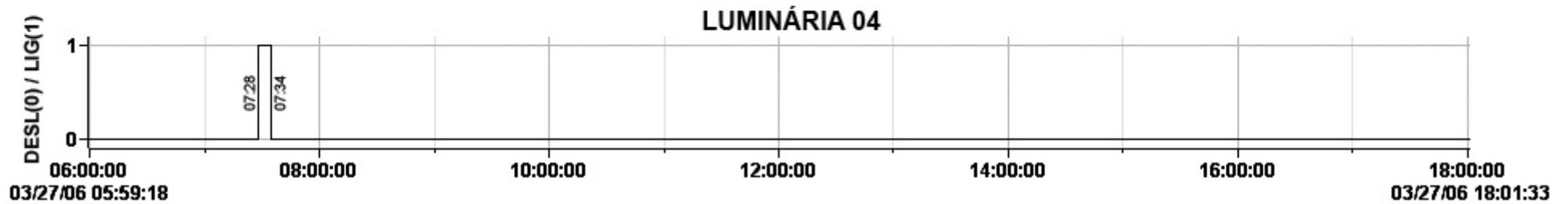
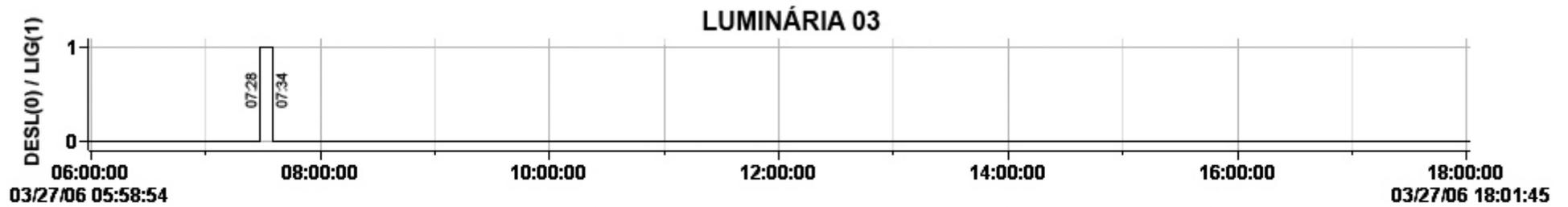
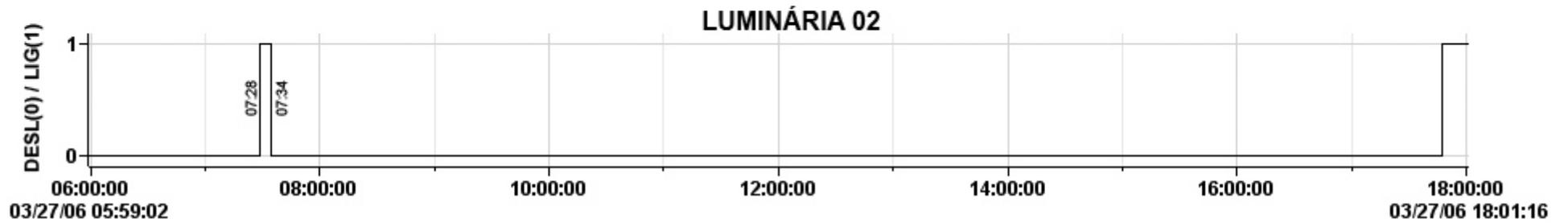
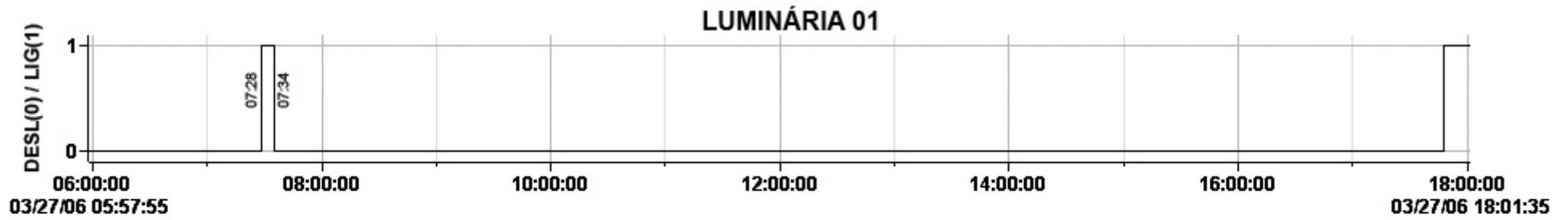


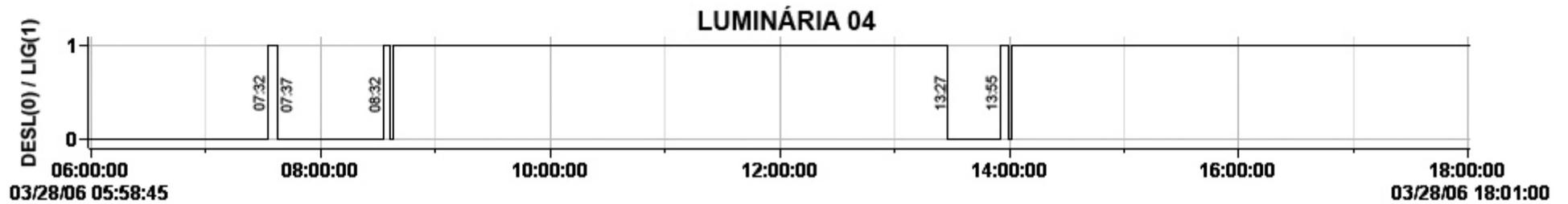
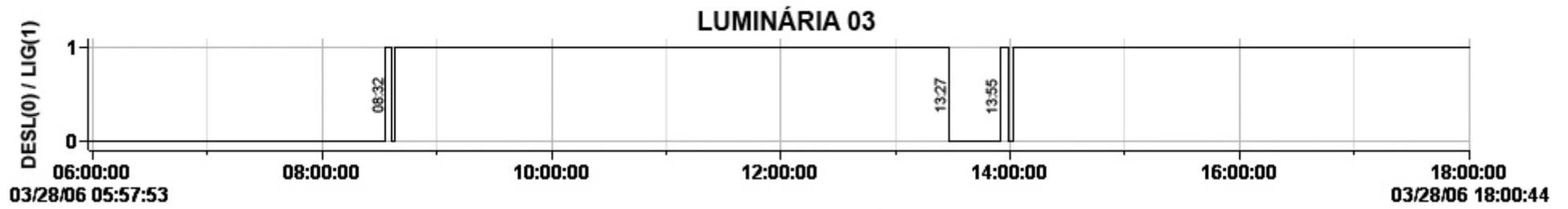
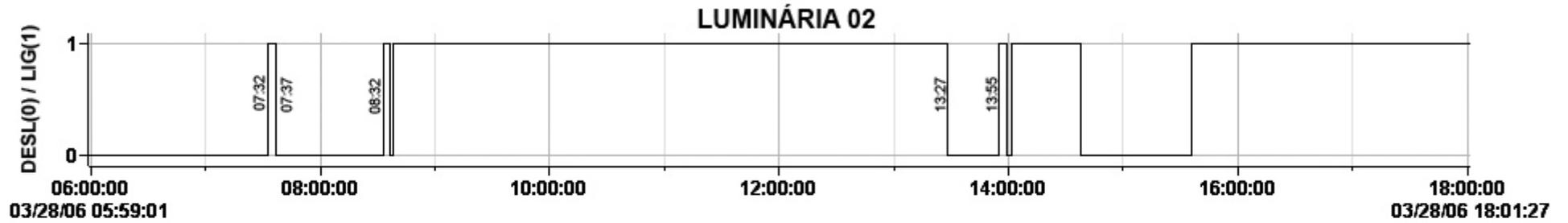
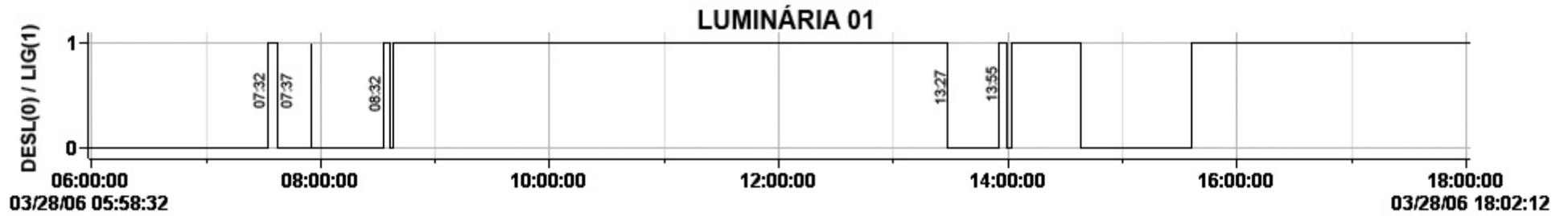


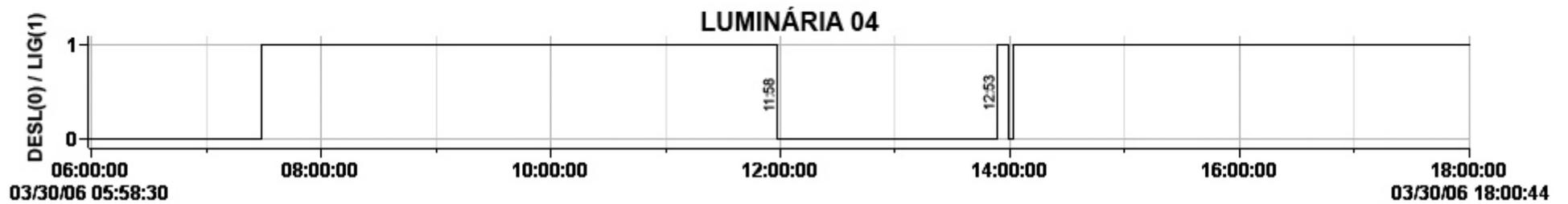
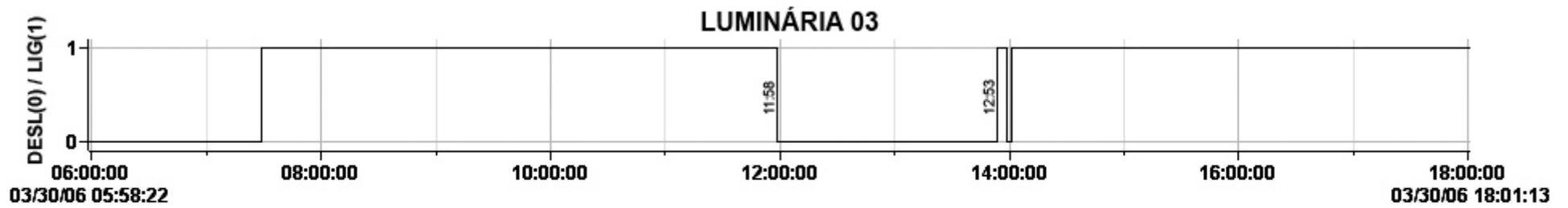
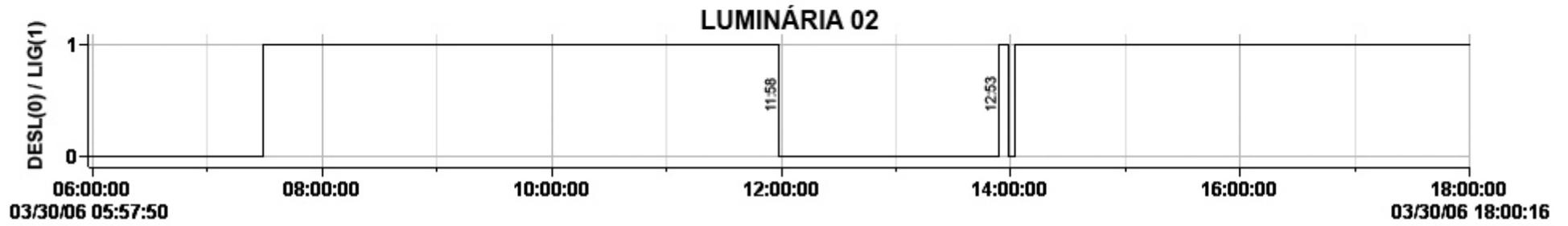
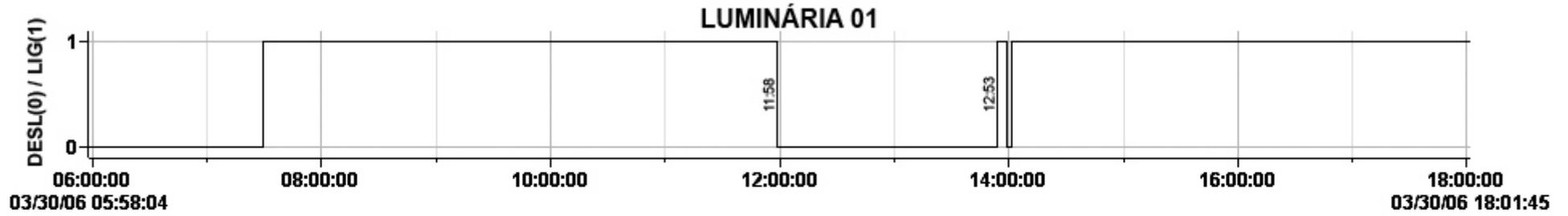


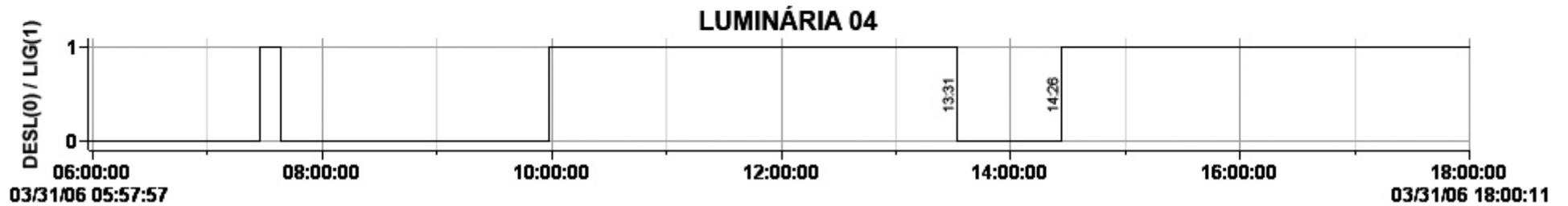
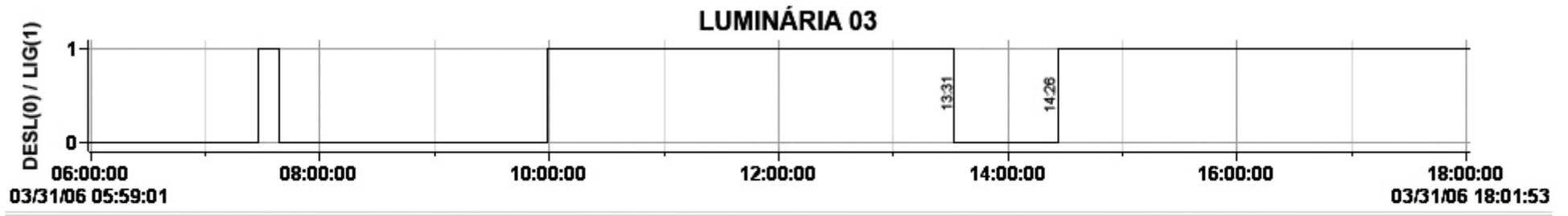
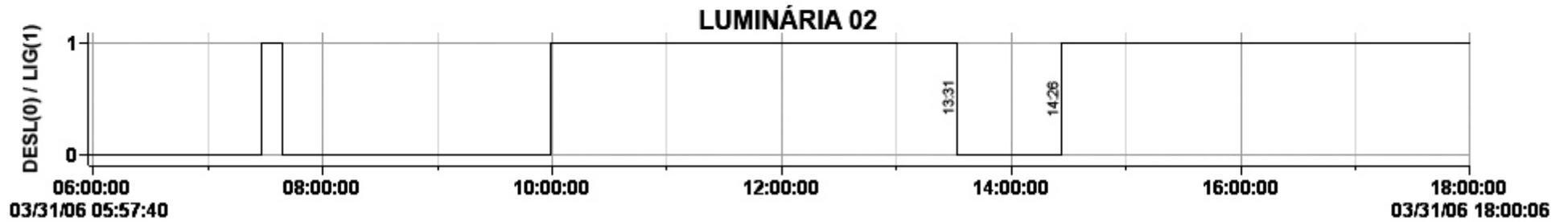
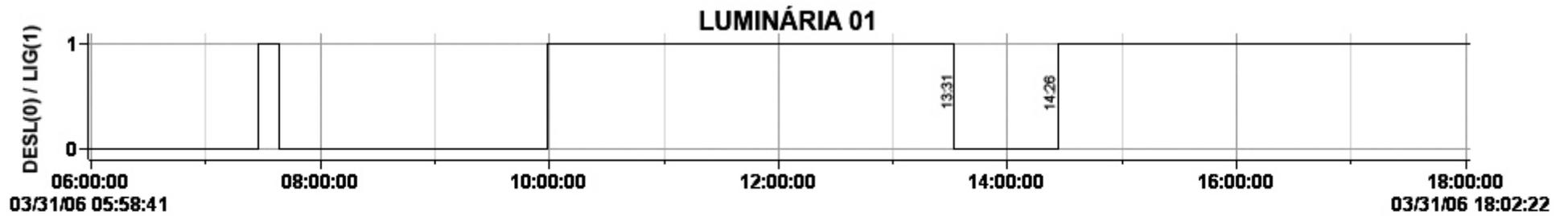


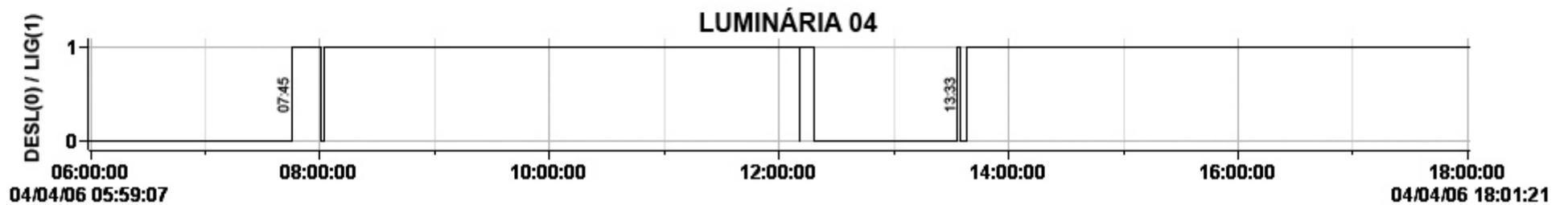
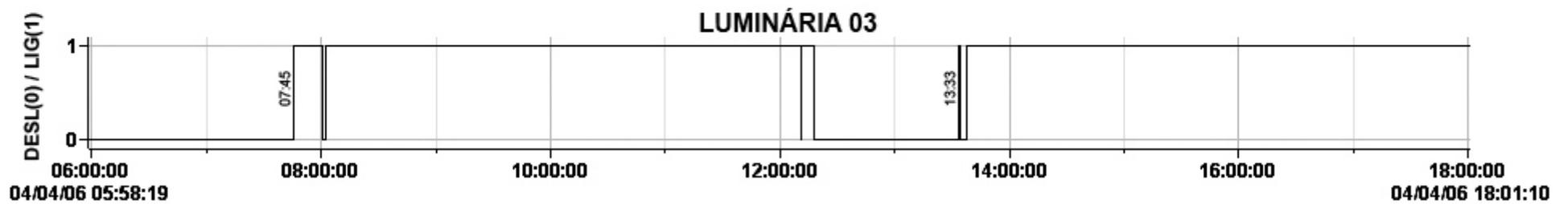
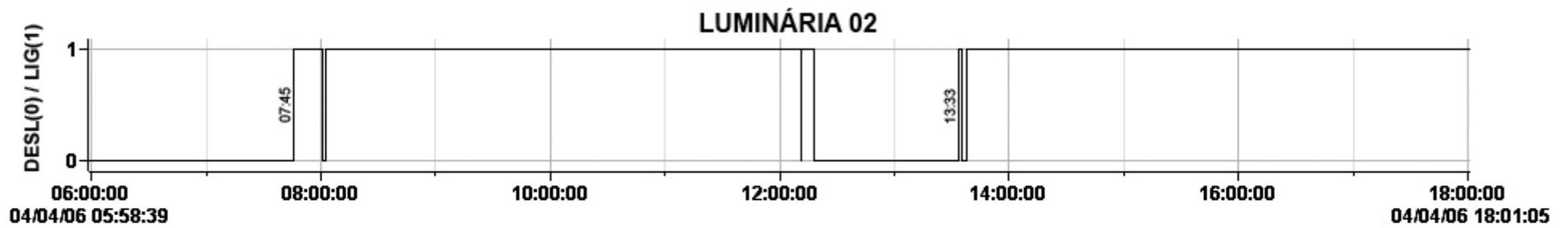
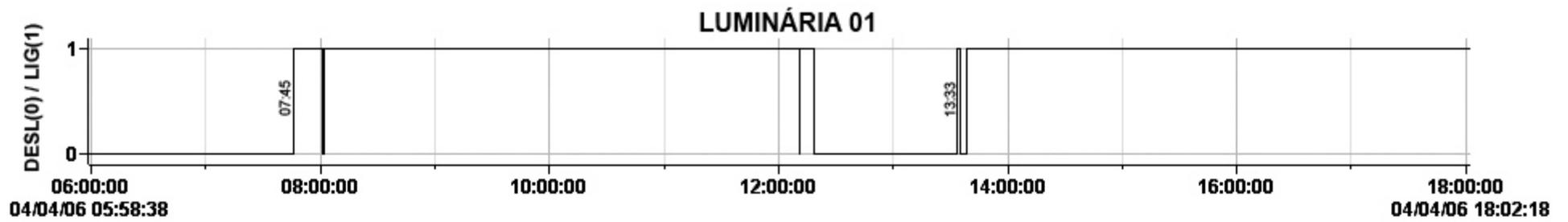


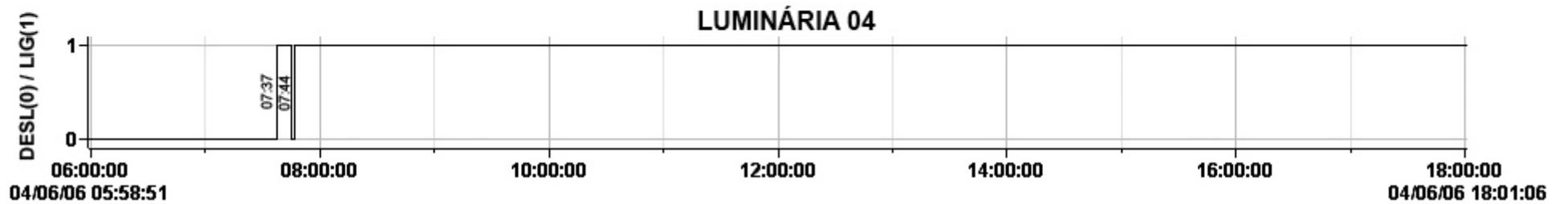
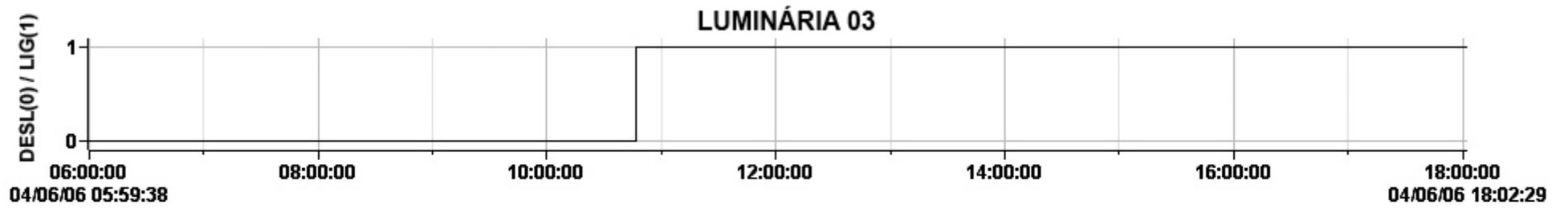
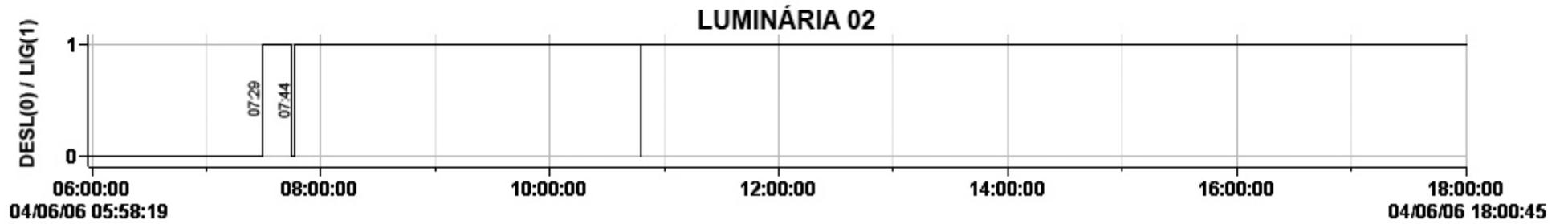
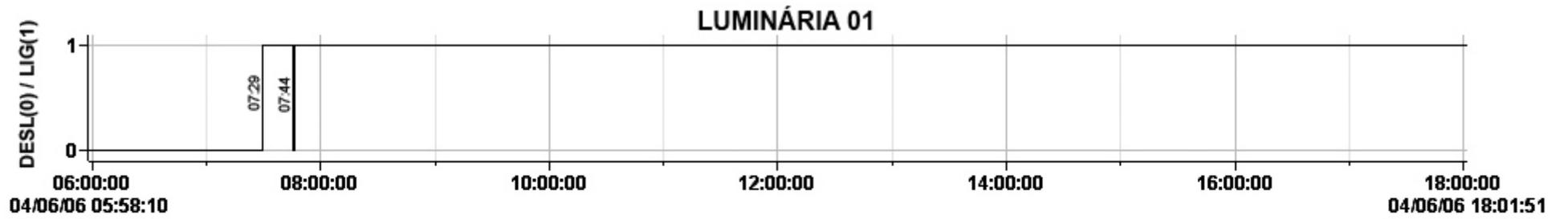


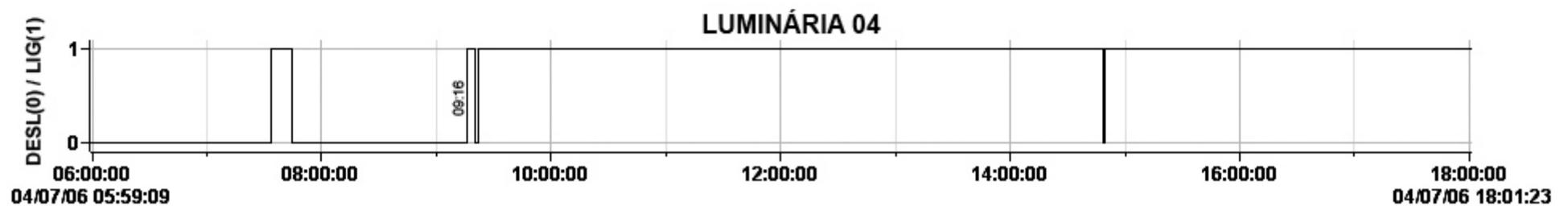
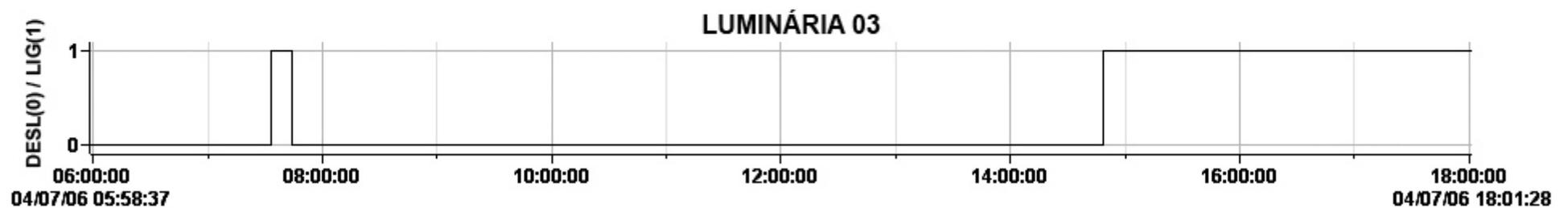
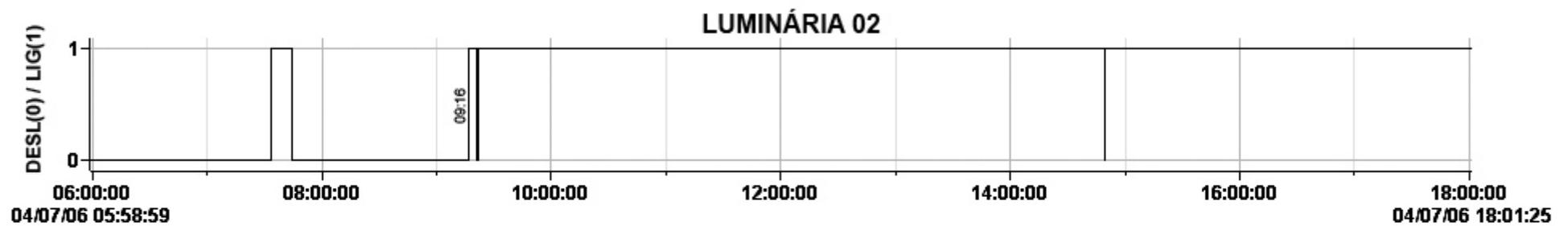
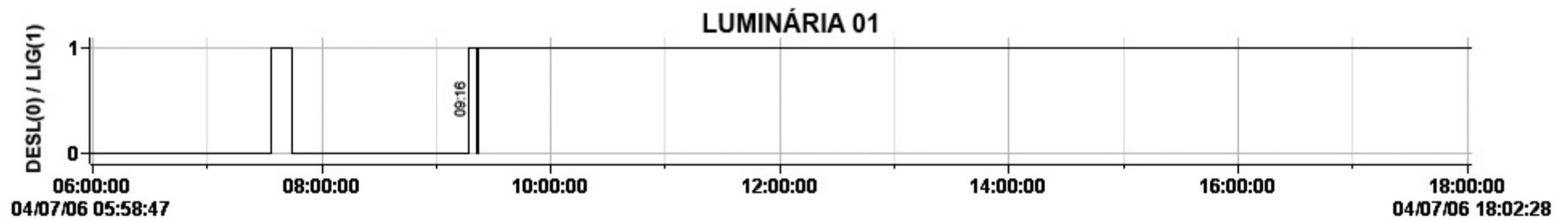


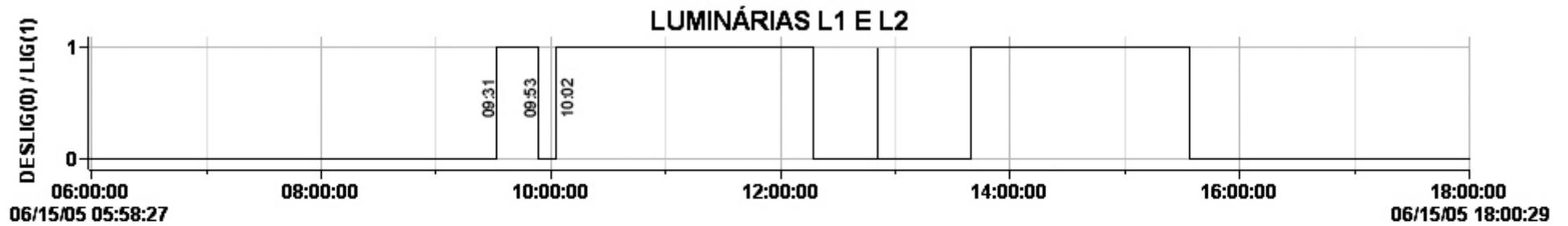


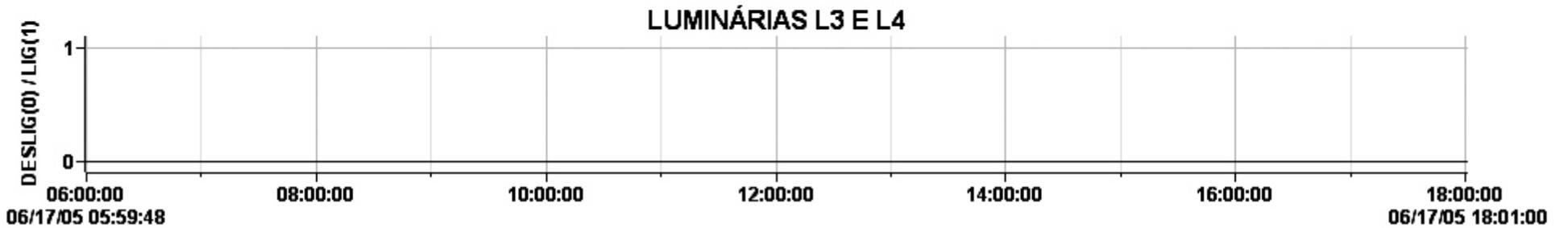
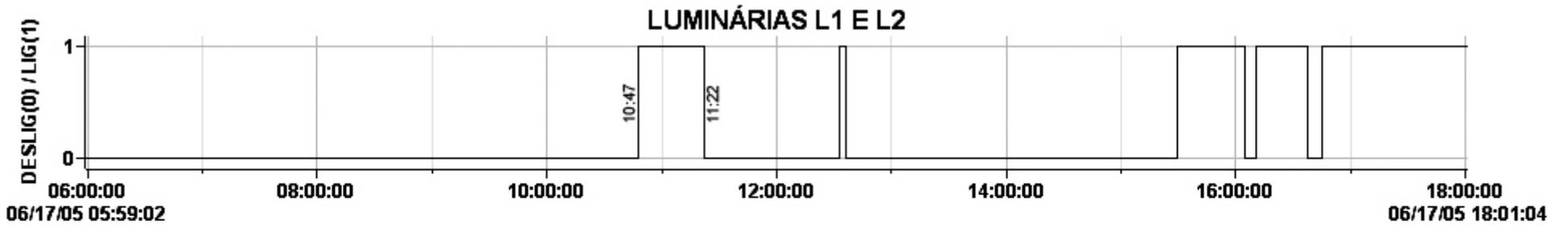
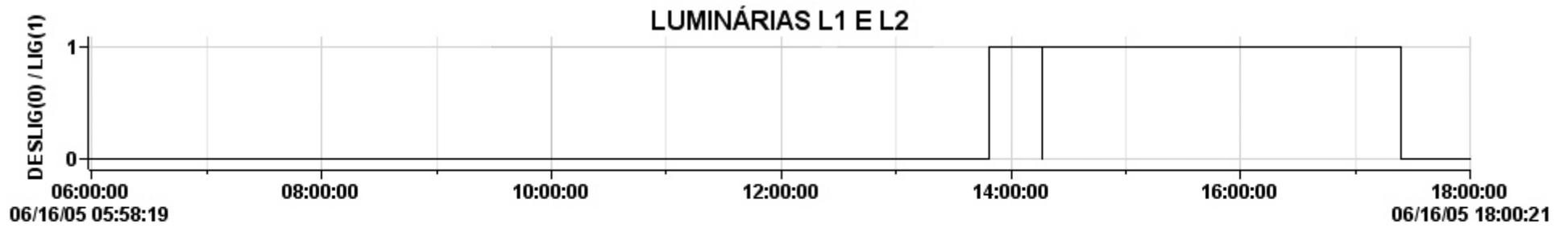




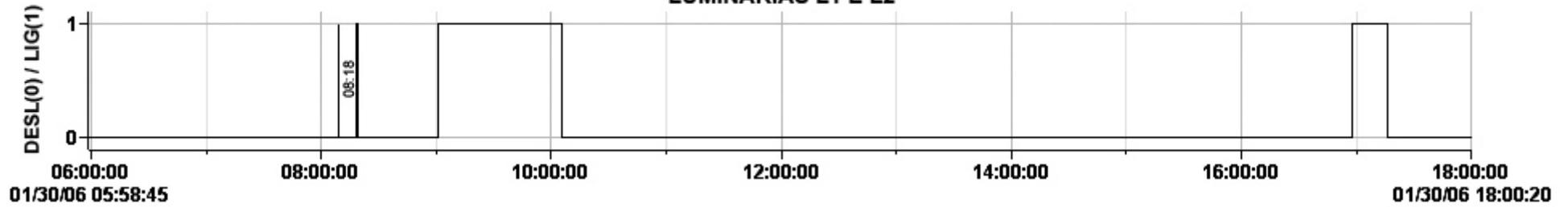




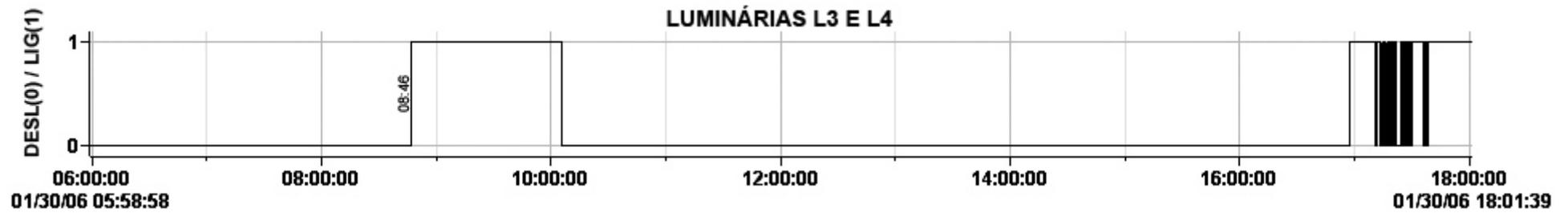




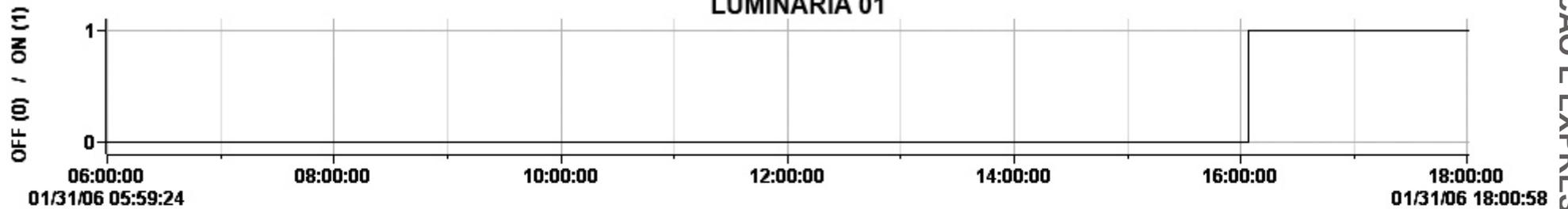
LUMINÁRIAS L1 E L2



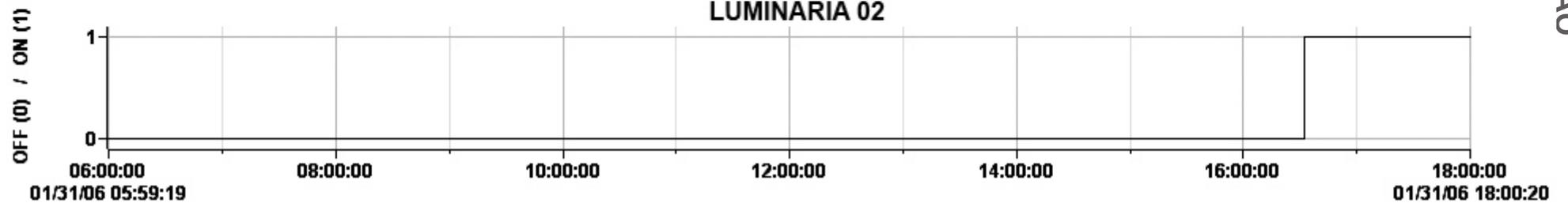
LUMINÁRIAS L3 E L4

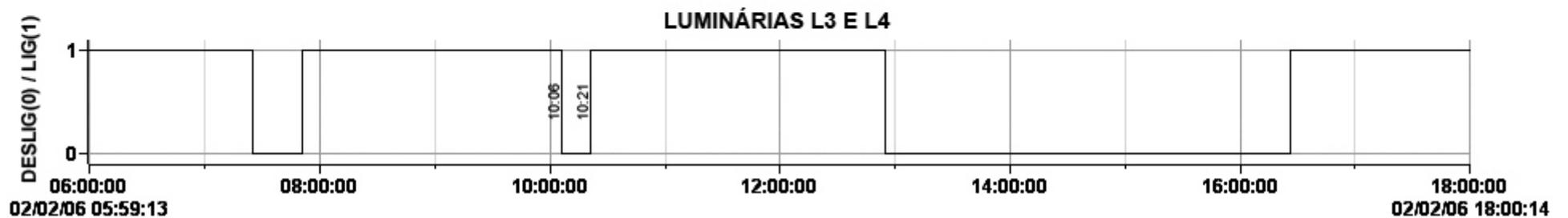
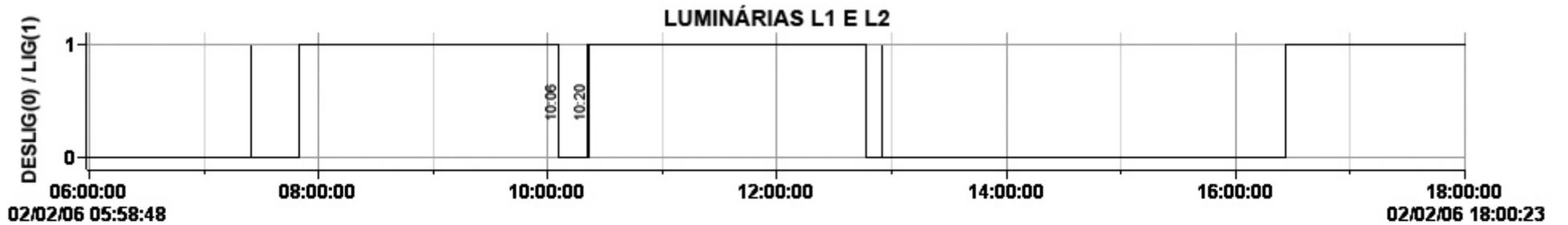
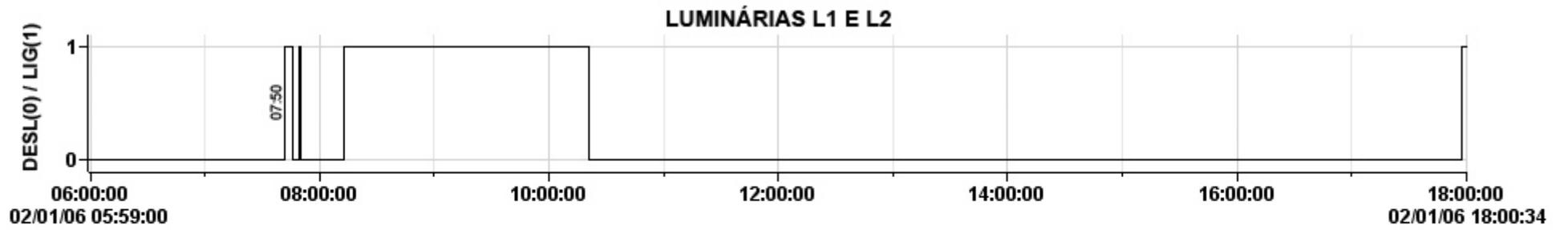


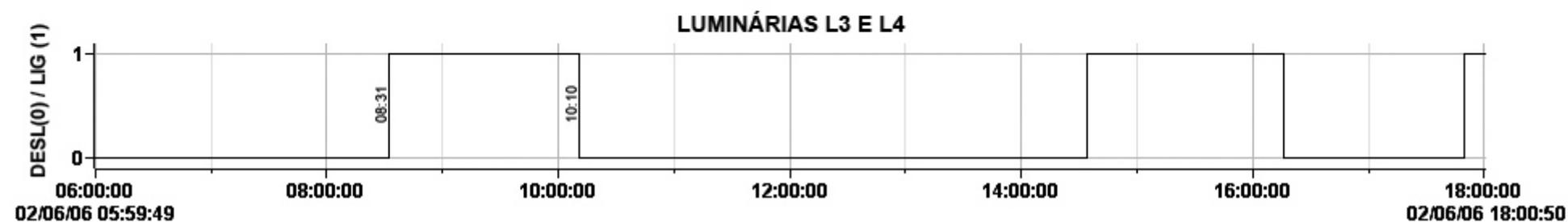
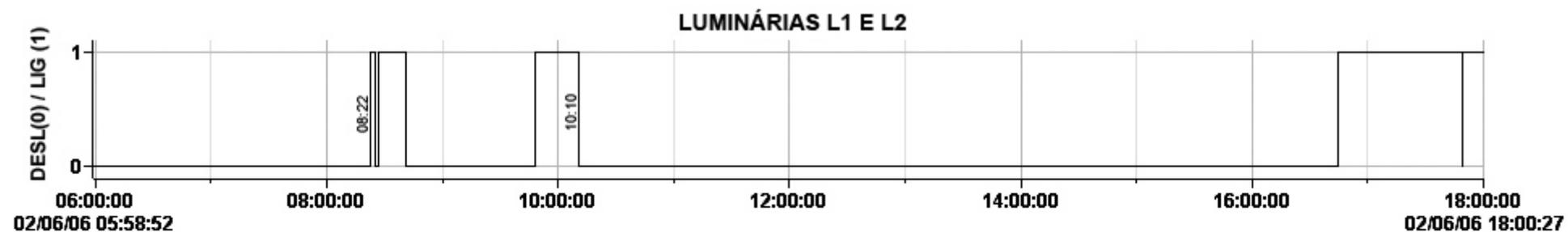
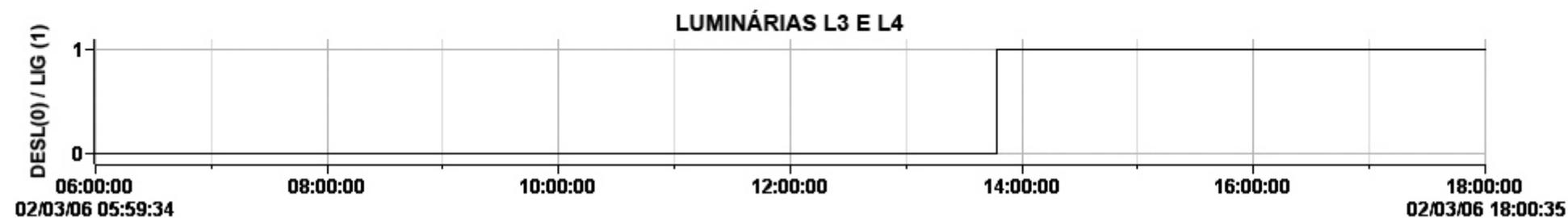
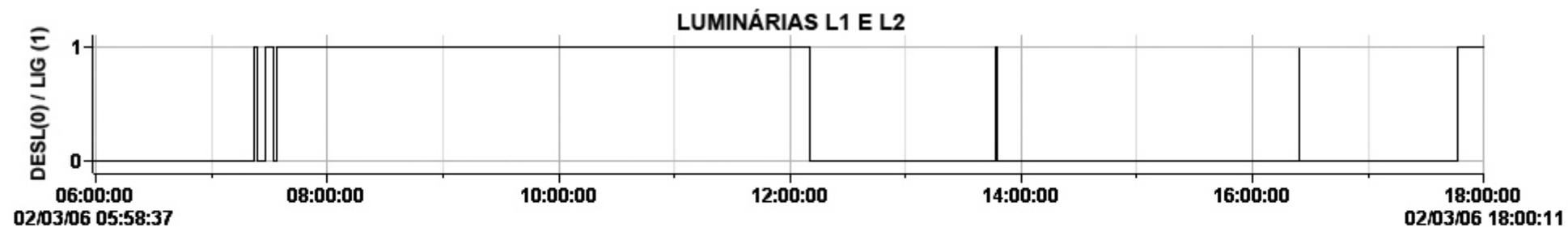
LUMINÁRIA 01



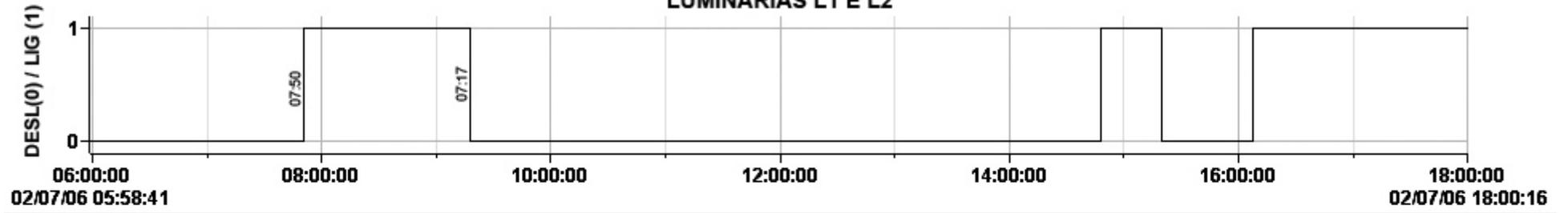
LUMINÁRIA 02



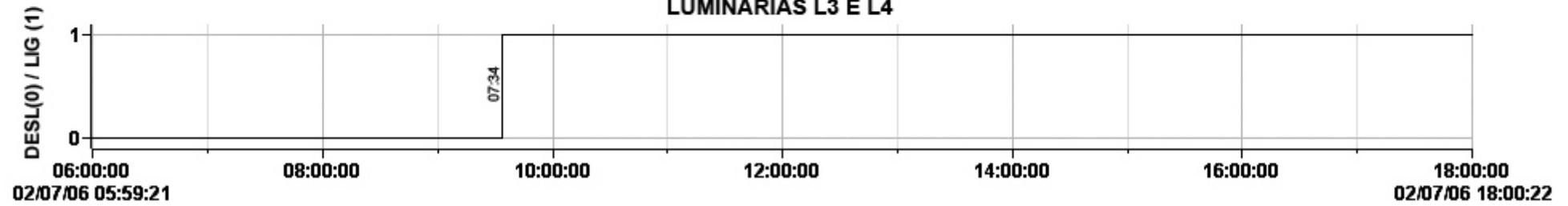




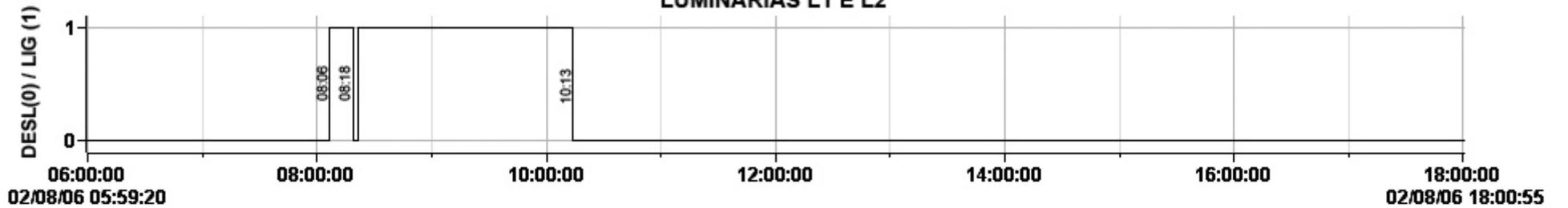
LUMINÁRIAS L1 E L2



LUMINÁRIAS L3 E L4



LUMINÁRIAS L1 E L2



LUMINÁRIAS L3 E L4

