UNIVERSIDADE FEDERAL DE GOIÁS
ESCOLA DE ENGENHARIA CIVIL
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM GEOTECNIA, MECÂNICA DAS ESTRUTURAS E CONSTRUÇÃO CIVIL.

# ANÁLISE DO CONFORTO AMBIENTAL EM SALAS DE AULA DA UNIVERSIDADE FEDERAL DE GOIÁS

**JULIANA HERLEMANN OCHOA**

D0030C10
GOIÂNIA
2010

JULIANA HERLEMANN OCHOA

# ANÁLISE DO CONFORTO AMBIENTAL EM SALAS DE AULA DA UNIVERSIDADE FEDERAL DE GOIÁS

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Geotecnia, Construção Civil e Mecânica das Estruturas da Universidade Federal de Goiás, como parte dos requisitos para obtenção do título de mestre.

Área de concentração: Construção Civil

Orientador: Prof. Dr. Daniel de Lima Araújo – UFG

D0030C10
GOIÂNIA
2010

JULIANA HERLEMANN OCHOA

# ANÁLISE DO CONFORTO AMBIENTAL EM SALAS DE AULA DA UNIVERSIDADE FEDERAL DE GOIÁS

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Geotecnia, Construção Civil e Mecânica das Estruturas da Universidade Federal de Goiás, como parte dos requisitos para obtenção do título de mestre.

Aprovada em:____/____/_____.

Prof. Dr. Daniel de Lima Araújo (Presidente)
Universidade Federal de Goiás

Prof.ª Dr.ª Maria Carolina G. O. Brandstetter (Membro interno)
Universidade Federal de Goiás

Prof. Ph.D. Miguel Aloysio Sattler (Membro externo)
Universidade Federal do Rio Grande do Sul

Prof.ª Dr.ª Ludmila Rodrigues Morais – UEG (Membro externo)
Universidade Estadual de Goiás

# AGRADECIMENTOS

Meus agradecimentos a CAPES pela bolsa de estudos e pelo Programa Nacional de Cooperação Acadêmica, no âmbito da Ação Novas Fronteira da CAPES – (PROCAD-NF), que possibilitou o intercâmbio para estágio realizado na Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

A CAPES e a FINEP pelo financiamento que possibilitou o desenvolvimento desta pesquisa.

A Financiadora de Estudos e Projetos – FINEP pelo financiamento do projeto de pesquisa "O ensino de ciências para a conservação dos recursos naturais e o ambiente construído", aprovado na chamada pública: MCT/FINEP/FNDCT PROMOVE Engenharia no Ensino Médio 05/2006, e que possibilitou a compra dos equipamentos utilizados na pesquisa.

Ao meu orientador, Prof. Dr. Daniel de Lima Araújo, pelo apoio, atenção, dedicação e amizade e pelas oportunidades que me forneceu ao longo deste percurso.

Ao Prof. Ph.D. Miguel Aloysio Sattler, pela hospitalidade com que me recebeu durante o estágio no NORIE, pela auxílio, incentivo e amizade ao longo deste mestrado.

Ao meu namorado, Antonelle, meu maior companheiro e amigo, por demonstrar tanto amor, compreensão e dedicação, estar sempre ao meu lado me incentivando e apoiando frente a qualquer obstáculo.

À minha família, pelo amor, compreensão e apoio dedicados, em especial aos meus pais, responsáveis por quem sou hoje e que são sem dúvidas o meu maior orgulho.

Aos amigos do GECON que compartilharam desta jornada, mostrando sua amizade, solidariedade e comprometimento, em especial a amiga Alice Danin pelos bons momentos passados em Porto Alegre, a Leiliane Santana grande amiga que me acompanha desde o início do curso de Arquitetura, me encorajando e dando apoio em todos os momentos, e ao Carlos Mariano e Moema Barros que provaram ser grandes amigos. A amiga, Carolina B. Gemelli, pelo carinho como recebeu a mim e a Alice na URFGS, por estar sempre disposta a colaborar e por toda ajuda prestada.

A todos os professores do GECON e do NORIE que nos apoiaram nesse crescimento intelectual com seu conhecimento, experiência, qualificação e também nos dedicaram seu carinho e amizade.

# RESUMO

Proporcionar aos usuários boas condições físicas nas instituições educacionais é determinante para o adequado desenvolvimento das atividades de ensino e aprendizado. Este trabalho trata da avaliação *in loco* do conforto ambiental de salas de aula de duas edificações com arquitetura e técnicas construtivas diferentes, que compõe a estrutura da Universidade Federal de Goiás. Desta maneira, a pesquisa objetiva explorar estas edificações buscando identificar, em cada uma delas, peculiaridades de seu desempenho térmico, acústico e lumínico, que estejam sendo influenciadas pelas tecnologias adotadas e pela conformação física das mesmas. Os dados técnicos levantados foram avaliados por tipologia de conforto. No conforto lumínico, realizaram-se medições próximas aos solstícios e equinócios e os dados coletados foram analisados pelas iluminâncias médias dos ambientes, coeficiente de uniformidade e contribuição da luz artificial. Os dados de conforto térmico coletados foram: temperatura e umidade relativa, por um período de aproximadamente 11 meses, os quais foram avaliados por meio do conceito de zona de conforto, análise graus-hora e valores máximos e mínimos absolutos. As medições acústicas coletaram os níveis de pressão sonora e ocorreram ao longo de um dia de atividades cotidianas, em ambas as edificações. Notou-se, que há uma influência dos elementos arquitetônicos no conforto ambiental das edificações. Entre outros fatores, um que pode ser destacado é que, apesar de possuírem orientação solar similar, que é um aspecto condicionante de conforto, os resultados do desempenho ambiental, de cada um dos edifícios, foram bastante diferenciados. Paralela a estas avaliações técnicas, foi também realizada uma aplicação periódica de questionários aos usuários das salas estudadas, sendo uma por estação do ano, que buscou caracterizar a percepção destes, em relação a cada uma das tipologias de conforto. Finalmente, foi estabelecida uma correlação entre os dados técnicos levantados e os perceptivos. Em parte dos casos, as opiniões expressadas pelos usuários não foram condizentes com os resultados avaliados por meio das medições técnicas, demonstrando assim uma divergência entre a zona de conforto adotada e a real satisfação dos usuários das edificações.

**Palavras chave:** Conforto ambiental. Edificações escolares de nível superior. Percepção dos usuários.

# ABSTRACT

Provide users good physical conditions in educational institutions is essential for the proper development of teaching and learning. This work deals with the verification in-loco of the environmental comfort of classrooms in two buildings with different architectural and construction techniques, that are part of the structure of the Federal University of Goiás. So the research aimed at exploring these buildings in order to identify the peculiarities of its thermal, acoustic and light performance which are being influenced by the technologies adopted and the physical conformation of the same. The technical data collected were analyzed by type of comfort. In lighting comfort, measurements were carried out near the solstices and equinoxes and the data collected were analyzed by means of ambient illuminance, uniformity coefficient and contribution of artificial light. The thermal comfort data collected were temperature and relative humidity for a period of approximately 11 months, which were assessed using the concept of comfort zone, degree-hours analysis and absolute maximum and minimum values. The acoustic measurements collected the sound pressure levels and occurred over a day of daily activities in both buildings. It was noted that there is an influence of the architectural elements of environmental comfort in buildings. Among other factors, one that can be highlighted is that despite having similar solar orientation, which is a comfort condition, the results of the environmental performance of each of the buildings were quite different. Parallel to these technical assessments were also done a periodic application of questionnaires to the users of the classroom, one per season, which sought to characterize the perception of these in relation to each of the types of comfort. Finally, a correlation was established between the technical data collected and perceptive. In most of cases, the opinions expressed by users were not consistent with the results evaluated by measurement techniques, thus demonstrating a difference between the comfort zone adopted and the actual user satisfaction of the buildings.



**Keywords:** Environmental comfort. University Buildings. User's perception

# LISTA DE FIGURAS

Figura 1.1 – Prateleira de luz Escola Frei Pacífico (RS) ..... 24

Figura 1.2 – Esquadrias sem e com o componente brise ..... 25

Figura 2.1- Trocas de calor entre o corpo humano e o ambiente circundante. ..... 32

Figura 2.2 - Zonas de conforto estabelecidas por Givoni (1992) ..... 37

Figura 2.3 – Disposição hidro-sanitária em uma escola genérica ..... 45

Figura 2.4 – Representação das fontes sonoras em uma escola qualquer ..... 46

Figura 2.5 – Transmissão sonora entre salas ..... 46

Figura 2.6 – Bastonete e Cone ..... 48

Figura 2.7– Luz Natural ..... 51

Figura 2.8 – Luz Solar ..... 51

Figura 2.9 – Zoneamento Bioclimático Brasileiro segundo NBR 15220-3 (2003) ..... 52

Figura 2.10 – Carta Bioclimática relativa a Zona 6 (NBR 15220-3:2005) ..... 53

Figura 2.11 - Mapa de Classificação Climática Mundial de Köppen ..... 59

Figura 2.12 - Classificação de Köppen adaptada para o Brasil ..... 60

Figura 2.13 - Médias anuais para cidade de Goiânia ..... 61

Figura 2.14 - Média da amplitude térmica anual de Goiânia ..... 61

Figura 2.15 - Gráfico de Umidade Relativa e Precipitação Pluviométrica anual de Goiânia . 62

Figura 2.16 - Corte Esquemático de muro com posições do sol em Goiânia, ao meio dia 16° ..... 64

Figura 3.1 – Classificação dos tipos de estudo de caso ..... 66

Figura 3.2 – Bloco de Salas de Aula da Escola de Engenharia Civil (Bloco B) – Maio/2009 ..... 67

Figura 3.3 – Edifício da Faculdade de Artes Visuais localizado no Campus Samambaia – Maio/2009 ..... 68

Figura 3.4 – Delineamento da pesquisa ..... 68

Figura 3.5 – Desenvolvimento do Estudo de Caso ..... 69

Figura 3.6 – Equipamentos utilizados nas medições térmicas ..... 70
Figura 3.7 – Luxímetro Digital Portátil ..... 71
Figura 3.8 – Medidor de Pressão Sonora ..... 72
Figura 4.1 – Localização do Campus Colemar Natal e Silva ..... 80
Figura 4.2 – Implantação Geral da Escola de Engenharia ..... 81
Figura 4.3 – Vista Aérea da Escola de Engenharia ..... 81
Figura 4.4 – Orientação Solar do Bloco B ..... 82
Figura 4.5 – Planta baixa do 1° andar do Bloco B da EEC ..... 83
Figura 4.6 – Fachada Norte do Bloco B da EEC ..... 83
Figura 4.7 – Fachada Sul do Bloco B da EEC ..... 83
Figura 4.8 – Cortes Transversais das Salas 03 e 06 no Bloco B da EEC ..... 84
Figura 4.9 – Cortes longitudinais Sala 03 ..... 85
Figura 4.10 – Cortes longitudinais Sala 06 ..... 85
Figura 4.11 – Sistema de Ventilação natural da Sala 03 EEC ..... 86
Figura 4.12 – Corredor Bloco do B às 14h ..... 86
Figura 4.13 – Escadaria ..... 88
Figura 4.14 – Hall de Entrada ..... 88
Figura 4.15 – Delimitação do Campus Samambaia ..... 89
Figura 4.16 – Vista Aérea com principais vias de acesso ao Campus II ..... 90
Figura 4.17 – Vista Aérea do Anel Viário do Campus II ..... 90
Figura 4.18 – Ocupação do edifício ..... 91
Figura 4.19 – Orientação Solar do Bloco da FAV/EMAC ..... 91
Figura 4.20 – Pátio descoberto ..... 92
Figura 4.21 – Fachada Leste com alturas e coberturas variadas (Maio/2009) ..... 92
Figura 4.22 – Fachada Norte com brises e materiais de acabamento variados (Maio/2009) 92
Figura 4.23 – Ateliês com pé direito duplo e recuo de esquadrias (Maio/2009) ..... 93
Figura 4.24 – Auditório com pé direito duplo (Maio/2009) ..... 93
Figura 4.25 – Implantação FAV/EMAC ..... 93

Figura 4.26 – Pilares em ângulo (Abril/2010) ..... 94
Figura 4.27 – Viga aparente (Abril/2010) ..... 94
Figura 4.28 – Laje (Abril/2010) ..... 94
Figura 4.29 – Laje em concreto armado com desenho diferenciado (maio/2009) ..... 94
Figura 4.30 – Cortes esquemáticos sala 01 e 03 FAV ..... 95
Figura 4.31 – Planta Baixa da FAV/EMAC ..... 95
Figura 5.1- Planta Baixa com 36 pontos em malha para medição de luz natural na sala 06 da EEC ..... 98
Figura 5.2- Planta Baixa com pontos de medição da iluminação artificial na sala 06 da EEC ..... 98
Figura 5.3- Planta Baixa com 36 pontos em malha para medição de luz natural na sala 03 da EEC ..... 99
Figura 5.4- Planta Baixa com pontos de medição da iluminação artificial na sala 03 da EEC ..... 99
Figura 5.5- Planta Baixa com 36 pontos em malha medição de luz natural nas salas 01 e 03 da FAV ..... 99
Figura 5.6- Planta Baixa com pontos de medição da iluminação artificial nas salas 01 e 03 da FAV ..... 99
Figura 5.7- Mapeamento quadro negro da sala 03 EEC ..... 100
Figura 5.8- Mapeamento quadro negro da sala 06 EEC ..... 100
Figura 5.9- Mapeamento quadro negro da sala 01 FAV ..... 100
Figura 5.10- Mapeamento quadro negro da sala 03 FAV ..... 100
Figura 5.11 – Localização dos medidores térmicos na FAV ..... 101
Figura 5.12 – Localização dos medidores térmicos na EEC ..... 101
Figura 5.13 – Pontos de medição acústica na EEC ..... 102
Figura 5.14 – Pontos de medição acústica na FAV ..... 102
Figura 5.15 – Aspecto do céu na medição de 25/06/2009 na EEC ..... 103
Figura 5.16 – Sala 03 EEC às 8h de 25/06/2009 ..... 104
Figura 5.17 – Sala 06 EEC às 8h de 25/06/2009 ..... 104

Figura 5.18 – Mapeamentos de iluminância da Sala 03 EEC no dia 25/06/2009 ..... 105

Figura 5.19 – Iluminâncias médias no Solstício de Inverno na Sala 03 EEC..... 105

Figura 5.20 – Percentual de ganho com luz artificial em relação à luz natural ..... 105

Figura 5.21 – Coeficientes de Uniformidade da Sala 03 EEC durante a medição do solstício de inverno..... 106

Figura 5.22 – Iluminâncias médias do quadro negro da Sala 03 da EEC..... 107

Figura 5.23 – Percentual de ganho com luz artificial no quadro negro da Sala 03 da EEC 107

Figura 5.24 – Mapeamentos de iluminância da Sala 06 EEC no dia 25/06/2009 ..... 108

Figura 5.25 - Iluminâncias médias no Solstício de Inverno na Sala 06 EEC ..... 108

Figura 5.26 – Percentual de ganho com a luz artificial na Sala 06 EEC..... 108

Figura 5.27 – Coeficientes de Uniformidade para Sala 06 da EEC durante o solstício de inverno..... 109

Figura 5.28 - Iluminâncias médias do quadro negro da Sala 06 da EEC..... 110

Figura 5.29 - Percentual de ganho com luz artificial no quadro negro da Sala 06 da EEC. 110

Figura 5.30 - Aspecto do céu na medição de 19/09/2009 na EEC ..... 110

Figura 5.31 - Fachada Sul às 8 horas no equinócio de primavera..... 111

Figura 5.32 - Fachada Norte às 8 horas no equinócio de primavera..... 111

Figura 5.33 – Mapeamentos de iluminância da Sala 03 EEC no dia 19/09/2009 ..... 112

Figura 5.34 - Iluminâncias médias no equinócio de primavera na Sala 03 EEC..... 113

Figura 5.35 - Percentual de ganho com a luz artificial na Sala 03 EEC..... 113

Figura 5.36 - Coeficientes de Uniformidade para Sala 03 da EEC durante o equinócio de primavera..... 113

Figura 5.37 – Iluminação natural no quadro negro da Sala 03 EEC..... 114

Figura 5.38 - Iluminâncias médias do quadro negro da Sala 03 da EEC..... 114

Figura 5.39 - Percentual de ganho com luz artificial no quadro negro da Sala 03 da EEC. 114

Figura 5.40 – Sala 06 EEC às 8 horas..... 115

Figura 5.41 – Mapeamentos de iluminância da Sala 06 EEC no dia 19/09/2009 ..... 115

Figura 5.42 - Iluminâncias médias no Equinócio de primavera na Sala 06 EEC ..... 116

Figura 5.43 - Percentual de ganho com a luz artificial na Sala 06 EEC..... 116

Figura 5.44 – Coeficientes de Uniformidade para Sala 06 da EEC durante o equinócio de primavera..... 116
Figura 5.45 - Iluminâncias médias do quadro negro da Sala 06 da EEC..... 117
Figura 5.46 - Percentual de ganho com luz artificial no quadro negro da Sala 06 da EEC. 117
Figura 5.47 - Aspecto do céu na medição de 23/12/2009 na EEC ..... 118
Figura 5.48 - Insolação na Fachada Sul entre 8 e 14 horas..... 118
Figura 5.49 – Medições Sala 03 com radiação solar direta..... 119
Figura 5.50 – Mapeamentos de iluminância da Sala 03 EEC no dia 23/12/2009 ..... 119
Figura 5.51 - Iluminâncias médias no Solstício de Verão na Sala 03 EEC..... 120
Figura 5.52 - Percentual de ganho com a luz artificial na Sala 03 EEC..... 120
Figura 5.53 – Coeficientes de Uniformidade para Sala 03 da EEC durante o solstício de verão ..... 120
Figura 5.54 - Iluminâncias médias do quadro negro da Sala 03 da EEC..... 121
Figura 5.55 - Percentual de ganho com luz artificial no quadro negro da Sala 03 da EEC. 121
Figura 5.56 – Mapeamentos de iluminância da Sala 06 EEC no dia 23/12/2009 ..... 121
Figura 5.57 – Radiação direta incidente na Sala 06..... 122
Figura 5.58 - Iluminâncias médias no Equinócio de Outono na Sala 06 EEC ..... 122
Figura 5.59 - Percentual de ganho com a luz artificial na Sala 06 EEC..... 122
Figura 5.60 – Coeficientes de Uniformidade para Sala 06 da EEC durante o equinócio de primavera..... 123
Figura 5.61 - Iluminâncias médias do quadro negro da Sala 06 da EEC..... 124
Figura 5.62 - Percentual de ganho com luz artificial no quadro negro da Sala 06 da EEC. 124
Figura 5.63 - Aspecto do céu na medição de 20/03/2010 na EEC ..... 124
Figura 5.64 – Mapeamentos de iluminância da Sala 03 EEC no dia 20/03/2010 ..... 125
Figura 5.65 - Iluminâncias médias no Equinócio de Outono na Sala 03 EEC ..... 126
Figura 5.66 - Percentual de ganho com a luz artificial na Sala 03 EEC..... 126
Figura 5.67 – Coeficientes de Uniformidade para Sala 03 da EEC durante o equinócio de outono ..... 126
Figura 5.68 - Iluminâncias médias do quadro negro da Sala 03 da EEC..... 127

Figura 5.69 - Percentual de ganho com luz artificial no quadro negro da Sala 03 da EEC. 127

Figura 5.70 – Mapeamentos de iluminância da Sala 06 EEC no dia 20/03/2010 ..... 127

Figura 5.71 - Iluminâncias médias no Equinócio de Outono na Sala 06 EEC ..... 128

Figura 5.72 - Percentual de ganho com a luz artificial na Sala 06 EEC..... 128

Figura 5.73 – Coeficientes de Uniformidade para Sala 06 da EEC durante o equinócio de primavera..... 128

Figura 5.74 - Iluminâncias médias do quadro negro da Sala 06 da EEC..... 129

Figura 5.75 - Percentual de ganho com luz artificial no quadro negro da Sala 06 da EEC. 129

Figura 5.76 – Amplitudes térmicas diárias por estação do ano ..... 132

Figura 5.77 – Histogramas de umidade relativa do ar na EEC..... 134

Figura 5.78 – Histograma das temperaturas na Área Externa da EEC ..... 135

Figura 5.79 – Histograma das temperaturas na Circulação da EEC ..... 136

Figura 5.80 – Histograma das temperaturas na sala 03 da EEC..... 136

Figura 5.81 – Histograma das temperaturas na sala 06 da EEC..... 137

Figura 5.82 – Cartas Psicométricas da Área Externa EEC..... 138

Figura 5.83 – Cartas Psicométricas da Circulação EEC ..... 139

Figura 5.84 – Cartas Psicométricas da Sala 03 EEC ..... 140

Figura 5.85 – Cartas Psicométricas da Sala 06 EEC ..... 141

Figura 5.86 – Localização e direcionamento das medições 01, 02A e 02B..... 142

Figura 5.87 – Níveis de pressão sonora (dB) das medições realizadas na Sala 03 ECC... 143

Figura 5.88 – Histograma dos níveis de pressão sonora medição 01 ..... 143

Figura 5.89 – Histogramas dos níveis de pressão sonora nas medições internas da EEC 2A e 2B ..... 144

Figura 5.90 - Localização e direcionamento das medições 03 e 04 ..... 144

Figura 5.91 - Níveis de pressão sonora das medições realizadas na Sala 06 ECC ..... 145

Figura 5.92 - Histogramas dos níveis de pressão sonora na medição 03 interna..... 145

Figura 5.93 – Histogramas dos níveis de pressão sonora nas medições internas da EEC, 03 e 04 ..... 145

Figura 5.94 - Localização e direcionamento da medição 05..... 146

Figura 5.95 - Níveis de pressão sonora da medição 5 realizada na área externa da ECC. 146

Figura 5.96 - Histogramas dos níveis de pressão sonora na medição externa da EEC, 05 146

Figura 5.97 – Respostas relativas às questões 1, 2 e 4 da sala 03 ..... 148

Figura 5.98 – Respostas relativas às questões 1, 2 e 4 da sala 06 ..... 149

Figura 5.99 – Respostas da questão 03 relativas a sala 03 da EEC ..... 149

Figura 5.100 – Respostas da questão 03 relativas a sala 06 da EEC ..... 149

Figura 5.101 - Respostas relativas às questões 7, 9 e 11 a respeito da iluminação da sala 03 ..... 150

Figura 5.102 – Respostas da questão 10 relativa a utilização de luz artificial na sala 03 ... 150

Figura 5.103 - Respostas relativas as questões 7, 9 e 11 a respeito da iluminação da sala 06 ..... 151

Figura 5.104 - Respostas da questão 10 relativa a utilização de luz artificial na sala 06 .... 151

Figura 5.105 - Respostas relativas as questões 15, 16 e 19 a respeito da iluminação da sala 03 ..... 152

Figura 5.106 - Respostas da questão 20 da sala 03 relativa ao fechamento das esquadrias para boa audição ..... 153

Figura 5.107 - Respostas relativas as questões 15, 16 e 19 a respeito da iluminação da sala 06 ..... 153

Figura 5.108 - Respostas da questão 20 da sala 06 relativa ao fechamento das esquadrias para boa audição ..... 153

Figura 6.1 – Aspecto do céu durante a medição do solstício de inverno na FAV em 26/06/2009..... 155

Figura 6.2 – *Brises Soleil* na fachada norte da FAV ..... 156

Figura 6.3 – Locação da passarela próxima a FAV ..... 156

Figura 6.4 – Mapeamentos de iluminância da Sala 01 da FAV no dia 26/06/2009 ..... 157

Figura 6.5 - Iluminâncias médias no Solstício de Inverno na Sala 01 FAV ..... 158

Figura 6.6 - Percentual de ganho com luz artificial em relação à luz natural ..... 158

Figura 6.7 – Coeficiente de Uniformidade da Sala 01 FAV durante a medição do solstício de inverno..... 159

Figura 6.8 - Iluminâncias médias do quadro negro da Sala 01 da FAV ..... 159

Figura 6.9 - Percentual de ganho com luz artificial no quadro negro da Sala 01 da FAV ... 159

Figura 6.10 – Locação da passarela próxima a FAV ... 160

Figura 6.11 – Sala 03 FAV ... 160

Figura 6.12 – Mapeamentos de iluminância da Sala 03 FAV no dia 26/06/2009 ... 161

Figura 6.13 – Iluminâncias Médias da Sala 03 da FAV para o solstício de inverno ... 161

Figura 6.14 – Percentual de ganho da iluminação artificial em relação a natural ... 161

Figura 6.15 – Coeficiente de Uniformidade da Sala 03 FAV durante a medição do solstício de inverno ... 162

Figura 6.16 – Iluminâncias médias do quadro negro da Sala 03 da FAV ... 162

Figura 6.17 - Percentual de ganho com luz artificial no quadro negro da Sala 03 da FAV . 162

Figura 6.18 – Instalação das luminárias nos nichos da laje do edifício da FAV ... 163

Figura 6.19– Aspecto do céu durante a medição do solstício de inverno na FAV em 22/09/2009 ... 163

Figura 6.20 – Sala 03 com iluminação natural ... 164

Figura 6.21 – Mapeamentos de iluminância da Sala 01 da FAV no dia 22/09/2009 ... 165

Figura 6.22 - Iluminâncias médias no Equinócio de Primavera na Sala 01 FAV ... 165

Figura 6.23 - Percentual de ganho com a luz artificial na Sala 01 FAV ... 165

Figura 6.24 – Coeficientes de Uniformidade para Sala 01 da FAV durante o equinócio de primavera ... 166

Figura 6.25 – Quadro da Sala 01 com iluminação artificial ... 166

Figura 6.26 – Mapeamentos de iluminância da Sala 03 da FAV no dia 22/09/2009 ... 167

Figura 6.27 - Iluminâncias médias no equinócio de primavera na Sala 03 FAV ... 167

Figura 6.28 - Percentual de ganho com a luz artificial na Sala 03 FAV ... 167

Figura 6.29 – Coeficientes de Uniformidade para Sala 03 da FAV durante o equinócio de primavera ... 168

Figura 6.30 - Iluminâncias médias do quadro negro da Sala 03 da FAV ... 168

Figura 6.31 - Percentual de ganho com luz artificial no quadro negro da Sala 03 da FAV . 168

Figura 6.32– Aspecto do céu durante a medição do solstício de inverno na FAV em 22/12/2009 ... 169

Figura 6.33 – Mapeamentos de iluminância da Sala 01 da FAV no dia 22/12/2009 ..... 170

Figura 6.34 - Iluminâncias médias no solstício de verão na Sala 01 FAV ..... 170

Figura 6.35 - Percentual de ganho com a luz artificial na Sala 01 FAV ..... 170

Figura 6.36 – Coeficientes de Uniformidade para Sala 01 da FAV durante o solstício de verão ..... 171

Figura 6.37 - Iluminâncias médias do quadro negro da Sala 01 da FAV ..... 171

Figura 6.38 - Percentual de ganho com luz artificial no quadro negro da Sala 01 da FAV . 171

Figura 6.39 – Panorâmica da Fachada Norte em 26/06/2009 às 12 horas – Solstício de Inverno ..... 172

Figura 6.40 – Panorâmica da Fachada Norte em 22/12/2009 às 12 horas – Solstício de Verão ..... 172

Figura 6.41 – Mapeamentos de iluminância da Sala 03 da FAV no dia 22/12/2009 ..... 172

Figura 6.42 - Iluminâncias médias no solstício de verão na Sala 03 FAV ..... 173

Figura 6.43 - Percentual de ganho com a luz artificial na Sala 03 FAV ..... 173

Figura 6.44 – Coeficientes de Uniformidade para Sala 03 da FAV durante o solstício de verão ..... 173

Figura 6.45 - Iluminâncias médias do quadro negro da Sala 03 da FAV ..... 174

Figura 6.46 - Percentual de ganho com luz artificial no quadro negro da Sala 03 da FAV . 174

Figura 6.47 – Aspecto do céu durante a medição do solstício de inverno na FAV em 17/03/2010 ..... 174

Figura 6.48 – Mapeamentos de iluminância da Sala 01 da FAV no dia 17/03/2010 ..... 175

Figura 6.49 - Iluminâncias médias no Equinócio de Outono na Sala 01 FAV ..... 175

Figura 6.50 - Percentual de ganho com a luz artificial na Sala 01 FAV ..... 175

Figura 6.51 – Coeficientes de Uniformidade para Sala 01 da FAV durante o equinócio de outono ..... 176

Figura 6.52 - Iluminâncias médias do quadro negro da Sala 01 da FAV ..... 176

Figura 6.53 - Percentual de ganho com luz artificial no quadro negro da Sala 01 da FAV . 176

Figura 6.54 – Sala 01 durante medição das 16 horas ..... 177

Figura 6.55 – Mapeamentos de iluminância da Sala 03 da FAV no dia 17/03/2010 ..... 177

Figura 6.56 - Iluminâncias médias no Equinócio de Outono na Sala 03 FAV ..... 178
Figura 6.57 - Percentual de ganho com a luz artificial na Sala 03 FAV ..... 178
Figura 6.58 – Coeficientes de Uniformidade para Sala 03 da FAV durante o equinócio de primavera..... 178
Figura 6.59 - Iluminâncias médias do quadro negro da Sala 03 da FAV ..... 179
Figura 6.60 - Percentual de ganho com luz artificial no quadro negro da Sala 03 da FAV . 179
Figura 6.61 – Amplitudes térmicas diárias por estação do ano ..... 182
Figura 6.62 – Histogramas de umidade relativa do ar da FAV ..... 183
Figura 6.63 – Histograma de temperaturas da Área Externa Medidor 4 FAV ..... 185
Figura 6.64 – Histograma de temperaturas da Área Externa Medidor 1 FAV ..... 185
Figura 6.65 – Histograma de temperaturas da Sala 01 FAV ..... 186
Figura 6.66 – Histograma de temperaturas da Sala 03 FAV ..... 186
Figura 6.67 – Cartas Psicométricas do medidor 04 externo FAV ..... 187
Figura 6.68 – Cartas Psicométricas do medidor 01 externo FAV ..... 188
Figura 6.69 – Cartas Psicométricas medidor 06 da sala 01 FAV ..... 188
Figura 6.70 – Cartas Psicométricas do medidor 05 sala 03 FAV ..... 189
Figura 6.71 - Localização e direcionamento das medições 02 e 04 ..... 191
Figura 6.72 – Níveis de pressão sonora em dB da medição 01 da FAV (sala 01)..... 192
Figura 6.73 – Níveis de pressão sonora em dB da medição 04 da FAV (sala 03)..... 192
Figura 6.74 - Histogramas dos níveis de pressão sonora nas medições internas da FAV 01 e 03 ..... 192
Figura 6.75 – Localização e direcionamento das medições 02 e 04 ..... 193
Figura 6.76 – Níveis de pressão sonora em dB da medição 02 da FAV (lanchonete)..... 193
Figura 6.77 – Níveis de pressão sonora em dB da medição 03 da FAV (mata externa FAV) ..... 193
Figura 6.78 - Histogramas dos níveis de pressão sonora nas medições 02 e 03 da FAV .. 194
Figura 6.79 – Respostas relativas às questões 1, 2 e 4 da sala 01 da FAV ..... 195
Figura 6.80 – Respostas relativas as questões 1, 2 e 4 da sala 03..... 196
Figura 6.81 – Respostas da questão 03 relativas a sala 01 da FAV ..... 196

Figura 6.82 – Respostas da questão 03 relativas a sala 03 da FAV ..... 196

Figura 6.83 – Respostas relativas as questões 7, 9 e 11 a respeito da iluminação da sala 01 ..... 197

Figura 6.84 - Respostas relativas as questões 7, 9 e 11 a respeito da iluminação da sala 03 ..... 198

Figura 6.85 - Respostas da questão 10 relativa a utilização de luz artificial na sala 03 ..... 198

Figura 6.86 – Respostas relativas as questões 16, 17 e 20 a respeito da acústica da sala 01 ..... 199

Figura 6.87 - Respostas relativas as questões 16, 17 e 20 a respeito da acústica da sala 03 ..... 199

Figura 7.1 – Medição na Sala 03 com janelas abertas e fechadas as 14 horas do dia 22/09/2009 ..... 203

Figura 7.2 – Medições lumínicas das salas da EEC e FAV durante o solstício de inverno ..... 206

Figura 7.3 – Medições lumínicas das salas da EEC e FAV durante o equinócio de primavera ..... 207

Figura 7.4 – Medições lumínicas das salas da EEC e FAV durante o solstício de verão ... 208

Figura 7.5 – Medições lumínicas das salas da EEC e FAV durante o equinócio de outono ..... 209

Figura 7.6– Gráficos comparativos entre percepção do usuário e dados técnicos de iluminação natural das salas da EEC ..... 210

Figura 7.7 - Gráficos comparativos entre percepções do usuário e dados técnicos de iluminação natural da sala 01 e sala 03 da FAV ..... 211

Figura 7.8 – Comportamento das temperaturas na semana de aplicação dos questionários – Sala 03 EEC ..... 212

Figura 7.9 – Comportamento das temperaturas na semana de aplicação dos questionários – Sala 06 EEC ..... 212

Figura 7.10 – Comportamento das temperaturas na semana de aplicação dos questionários – Sala 01 FAV ..... 213

Figura 7.11 – Comportamento das temperaturas na semana de aplicação dos questionários – Sala 03 FAV ..... 213

Figura 7.12 - Gráficos comparativos entre percepções do usuário e dados técnicos de temperatura da sala 03 da EEC ..... 214

Figura 7.13 - Gráficos comparativos entre percepções do usuário e dados técnicos de temperatura da sala 06 da EEC ..... 215

Figura 7.14 - Gráficos comparativos entre percepções do usuário e dados técnicos de temperatura da sala 01 da FAV ..... 216

Figura 7.15 - Gráficos comparativos entre percepções do usuário e dados técnicos de temperatura da sala 01 da FAV ..... 216

Figura 7.16 - Gráficos comparativos entre percepções do usuário e dados técnicos de acústica ..... 217

Figura B.1 – Gráfico de temperaturas do ar registradas nos sensores da área externa e circulação da EEC ..... 235

Figura B.2 - Gráfico de umidade relativa ar registrada nos sensores da área externa e circulação da EEC ..... 235

Figura B.3 - Gráfico de temperaturas do ar registradas nos sensores da área externa e sala 03 da EEC ..... 235

Figura B.4 - Gráfico de umidade relativa ar registrada nos sensores da área externa e sala 03 da EEC ..... 236

Figura B.5 - Gráfico de temperaturas do ar registradas nos sensores da área externa e sala 06 da EEC ..... 236

Figura B.6 - Gráfico de umidade relativa ar registrada nos sensores da área externa e sala 06 da EEC ..... 236

Figura D.1 - Gráfico de temperaturas do ar registradas nos sensores da área externa FAV ..... 241

Figura D.2 – Gráfico de umidades relativas dos sensores externos FAV ..... 241

Figura D.3 – Gráfico de temperaturas do ar registradas nos sensores da área externa e sala 01 FAV ..... 241

Figura D.4 – Gráfico de umidades relativas dos sensores externo e sala 01 FAV ..... 242

Figura D.5 – Gráfico de temperaturas do ar registradas nos sensores da área externa e sala 03 FAV ..... 242

Figura D.6 – Gráfico de umidades relativas dos sensores externo e sala 03 FAV ..... 242

# LISTA DE TABELAS

Tabela 2.1 – Escala de sensações térmicas ..... 36

Tabela 2.2 – Recomendações de iluminância em lux ..... 48

Tabela 2.3 – Índices de iluminância por grupos de tarefas visuais (NBR 5413/92) ..... 49

Tabela 2.4 – Fatores determinantes da iluminância adequada (NBR 5413/92) ..... 50

Tabela 2.5 – Índices de iluminância para ambientes escolares (NBR 5413/92) ..... 50

Tabela 2.6 – Critério de avaliação para ambientes externos NBR 10151 (ABNT, 2000) ..... 54

Tabela 2.7 – Critérios de diferença de nível ponderada – NBR 15575-3 (ABNT, 2010) ..... 54

Tabela 2.8 – Níveis de ruído ambiente de acordo com o uso – NBR 10152 (ABNT, 1987) .. 55

Tabela 2.9 – Valores recomendados da diferença padronizada de nível ponderada entre ambientes, *D*nT,w, para ensaio de campo – NBR 15575 (ABNT, 2010) ..... 56

Tabela 2.10 – Sistema de Classificação Climática de Köppen ..... 58

Tabela 2.11 - Médias mensais de umidade relativa e precipitação pluviométrica ..... 62

Tabela 2.12 – Médias mensais de Nebulosidade, Insolação e Radiação Solar de Goiânia . 63

Tabela 2.13 – Média de predominância e velocidade dos ventos (m/s) para Goiânia ..... 64

Tabela 3.1 – Horário das aulas na Sala 03 EEC ..... 73

Tabela 3.2 – Horário das aulas na Sala 06 EEC ..... 74

Tabela 3.3 – Horário de aulas da sala 01 FAV ..... 74

Tabela 3.4 – Horário de aulas da sala 03 FAV ..... 75

Tabela 3.5 – Questionário aplicado na Escola de Engenharia Civil ..... 75

Tabela 3.6 - Questionário aplicado na Faculdade de Artes Visuais ..... 76

Tabela 4.1 – Dados de Transmitância Térmica, Atraso Térmico e Fator Solar - Valores referência (ABNT, 2003) e Valores levantados EEC ..... 85

Tabela 4.2 – Quadro de aberturas das Salas 03 e 06 da EEC ..... 87

Tabela 4.3 - Quadro de aberturas das Salas 01 e 03 da FAV ..... 96

Tabela 4.4 – Dados de Transmitância Térmica, Atraso Térmico e Fator Solar - Valores referência (ABNT, 2003) e Valores levantados FAV ..... 97

Tabela 5.1 – Valores mínimos, máximos e médias de temperatura levantadas na EEC .... 131

Tabela 5.2 – Somatório de Graus hora para aquecimento e refrigeração EEC ..... 135

Tabela 5.3 – Resumo de conforto térmico nos ambientes da EEC: Percentuais de horas nas zonas de conforto ..... 141

Tabela 6.1 - Valores mínimos, máximos e médias de temperatura levantadas na FAV ..... 180

Tabela 6.2 - Somatório de Graus hora para aquecimento e refrigeração EEC..... 184

Tabela 6.3 – Resumo de conforto térmico nos ambientes da FAV: Percentuais de horas nas zonas de conforto ..... 190

Tabela 7.1 – Análise das áreas das esquadrias..... 202

Tabela 7.2 - Relação em porcentagem entre área de parede e área de iluminação ..... 202

Tabela A.1 Dados de iluminância levantados na Sala 03 EEC no dia 25/06/2009 ..... 231

Tabela A.2 – Dados de iluminância levantados na Sala 06 EEC no dia 25/06/2009 ..... 231

Tabela A.3 - Dados de iluminância levantados na Sala 03 EEC no dia 19/09/2009 ..... 232

Tabela A.4 - Dados de iluminância levantados na Sala 06 EEC no dia 19/09/2009 ..... 232

Tabela A.5 - Dados de iluminância levantados na Sala 03 EEC no dia 23/12/2009 ..... 233

Tabela A.6 - Dados de iluminância levantados na Sala 06 EEC no dia 23/12/2009 ..... 233

Tabela A.7 - Dados de iluminância levantados na Sala 03 EEC no dia 20/03/2010 ..... 234

Tabela A.8 - Dados de iluminância levantados na Sala 06 EEC no dia 20/03/2010 ..... 234

Tabela C.1 - Dados de iluminância levantados na Sala 01 FAV no dia 26/06/2009 ..... 237

Tabela C.2 - Dados de iluminância levantados na Sala 03 FAV no dia 26/06/2009 ..... 237

Tabela C.3- Dados de iluminância levantados na Sala 01 FAV no dia 22/09/2009 ..... 238

Tabela C.4 - Dados de iluminância levantados na Sala 03 FAV no dia 22/09/2009 ..... 238

Tabela C.5 - Dados de iluminância levantados na Sala 01 FAV no dia 22/12/2009 ..... 239

Tabela C.6 - Dados de iluminância levantados na Sala 03 FAV no dia 22/12/2009 ..... 239

Tabela C.7 - Dados de iluminância levantados na Sala 01 FAV no dia 17/03/2010 ..... 240

Tabela C.8 - Dados de iluminância levantados na Sala 03 FAV no dia 17/03/2010 ..... 240

# LISTA DE EQUAÇÕES

Equação(1) ..... 38

Equação(2) ..... 73

# SUMÁRIO


**1. INTRODUÇÃO** ..... 22

**1.1. CONTEXTO** ..... 23

**1.2. JUSTIFICATIVA** ..... 24

**1.3. OBJETIVO** ..... 26

**1.3.1. OBJETIVOS ESPECÍFICOS/ INTERMEDIÁRIOS** ..... 26

**1.4. DELIMITAÇÕES** ..... 26

**1.5. ESTRUTURA DO TRABALHO** ..... 27

**2. REFERENCIAL TEÓRICO** ..... 29

**2.1. CONFORTO AMBIENTAL** ..... 29

**2.2. CONFORTO TÉRMICO** ..... 30

**2.2.1. METABOLISMO DO CORPO HUMANO** ..... 31

**2.2.2. VARIÁVEIS AMBIENTAIS** ..... 33

**2.2.3. ÍNDICES E PARÂMETROS DE AVALIAÇÃO DE CONFORTO TÉRMICO** ..... 35

2.2.3.1. Voto médio estimado (PMV) ..... 35

2.2.3.2. Percentagem de Pessoas Insatisfeitas (PPD) ..... 36

2.2.3.3. Zona de Conforto de Givoni ..... 36

2.2.3.4. Graus-hora e graus-dia ..... 38

**2.2.4. CARACTERÍSTICAS DA EDIFICAÇÃO** ..... 39

**2.3. CONFORTO ACÚSTICO** ..... 40

**2.3.1. PERCEPÇÃO HUMANA** ..... 40

**2.3.2. EFEITOS DO RUÍDO NO SISTEMA AUDITIVO** ..... 41

**2.3.3. FONTES DE RUÍDO** ..... 42

2.3.3.1. Ruído de Tráfego ..... 43

2.3.3.2. Vizinhos ..... 43

2.3.3.3. Ruídos produzidos no interior da escola ..... 44

**2.3.4. CARACTERÍSTICAS DA EDIFICAÇÃO** ..... 46

**2.4. CONFORTO LUMÍNICO** ..... 47

**2.4.1. PERCEPÇÃO HUMANA** ..... 48

**2.4.2. ILUMINÂNCIA DE INTERIORES** ..... 49

**2.4.3. FONTES DE LUZ** ..... 50

**2.4.4. CARACTERÍSTICAS DA EDIFICAÇÃO** ..... 51

**2.5. NBR 15.575 (2010) – NORMA PARA EDIFÍCIOS HABITACIONAIS DE ATÉ CINCO PAVIMENTOS** ..... 51

**2.5.1. DESEMPENHO TÉRMICO** ..... 52

**2.5.2. DESEMPENHO ACÚSTICO** ..... 54

**2.5.3. DESEMPENHO LUMÍNICO** ..... 56

**2.6. COMPORTAMENTO CLIMÁTICO DA REGIÃO DE GOIÂNIA** ..... 57

**2.6.1. GEOGRAFIA E CLIMA** ..... 57

**2.6.2. CLASSIFICAÇÃO CLIMÁTICA DE KÖPPEN-GEIGER** ..... 57

**2.6.3. TEMPERATURAS** ..... 60

**2.6.4. PRECIPITAÇÃO PLUVIOMÉTRICA E UMIDADE RELATIVA** ..... 61

**2.6.5. CONDIÇÕES DE LUMINOSIDADE DO CÉU** ..... 63

**2.6.6. VENTOS** ..... 64

**3. METODOLOGIA** ..... 66

**3.1. ESTRATÉGIA DE PESQUISA** ..... 66

**3.2. DELINEAMENTO** ..... 68

**3.2.1. FASE EXPLORATÓRIA** ..... 68

**3.2.2. DESENVOLVIMENTO** ..... 69

**3.2.3. ANÁLISE E REFLEXÃO** ..... 69

**3.3. INSTRUMENTAÇÃO E PARÂMETROS DE AVALIAÇÃO** ..... 69

**3.3.3. CONFORTO TÉRMICO** ..... 70

**3.3.4. CONFORTO LUMÍNICO** ..... 71

**3.3.5. CONFORTO ACÚSTICO** ..... 72

**3.3.6. QUESTIONÁRIOS** ..... 73

**3.4. DELIMITAÇÃO DA AMOSTRA** ..... 77

**4. CARACTERIZAÇÃO DAS EDIFICAÇÕES** ..... 79

**4.1. ESCOLA DE ENGENHARIA CIVIL (EEC)** ..... 79

**4.1.1. LOCALIZAÇÃO** ..... 79

**4.1.2. PROJETO ARQUITETÔNICO** ..... 81

**4.1.3. COMPOSIÇÃO FÍSICA DO EDIFÍCIO** ..... 84

**4.2. FACULDADE DE ARTES VISUAIS** ..... 88

**4.2.1. LOCALIZAÇÃO** ..... 89

**4.2.2. PROJETO ARQUITETÔNICO** ..... 91

**4.2.3. COMPOSIÇÃO FÍSICA DO EDIFÍCIO** ..... 93

**5. DESCRIÇÃO E ANÁLISE DOS DADOS EEC** ..... 98

**5.1. LOCAÇÃO DOS PONTOS PARA AS MEDIÇÕES LUMÍNICAS** ..... 98

**5.2. LOCAÇÃO DOS PONTOS PARA AS MEDIÇÕES TÉRMICAS** ..... 100

**5.3. LOCAÇÃO DOS PONTOS PARA MEDIÇÕES ACÚSTICAS** ..... 101

**5.4. SALAS DA ESCOLA DE ENGENHARIA CIVIL** ..... 103

**5.4.1. MEDIÇÕES LUMÍNICAS** ..... 103

5.4.1.1. Solstício de Inverno ..... 103

5.4.1.2. Equinócio de Primavera ..... 110

5.4.1.3. Solstício de Verão ..... 117

5.4.1.4. Equinócio de Outono ..... 124

5.4.1.5. Considerações sobre o conforto lumínico nas salas analisadas ..... 129

**5.4.2. MEDIÇÕES TÉRMICAS** ..... 130

5.4.2.1. Umidade Relativa ..... 133

5.4.2.2. Análise Graus Hora ..... 134

5.4.2.3. Análise das Cartas Psicométricas ..... 137

5.4.2.4. Considerações sobre o conforto térmico nas salas analisadas ..... 141

**5.4.3. MEDIÇÕES ACÚSTICAS, EEC** ..... 142

5.4.3.1. Considerações sobre o conforto acústico nas salas analisadas ..... 146

**5.4.4. SATISFAÇÃO DO USUÁRIO DA EEC** ..... 147

5.4.4.1. Considerações sobre a satisfação do usuário nas salas analisadas ..... 153

**6. DESCRIÇÃO E ANÁLISE DOS DADOS FAV** ..... 155

**6.1. SALAS DA FACULDADE DE ARTES VISUAIS** ..... 155

**6.1.1. MEDIÇÕES LUMÍNICAS** ..... 155

6.1.1.1. Solstício de Inverno ..... 155

6.1.1.2. Equinócio de Primavera ..... 163

6.1.1.3. Solstício de Verão ..... 169

6.1.1.4. Equinócio de Outono ..... 174

6.1.1.5. Considerações sobre o conforto lumínico nas salas analisadas ..... 179

**6.1.2. MEDIÇÕES TÉRMICAS FAV** ..... 180

6.1.2.1. Umidade Relativa ..... 183

6.1.2.2. Análise Graus hora ..... 184

6.1.2.3. Análise das Cartas Psicométricas ..... 186

6.1.2.4. Considerações sobre o conforto térmico nas salas analisadas ..... 190

**6.1.3. MEDIÇÕES ACÚSTICAS FAV** ..... 191

6.1.3.1. Considerações sobre o conforto acústico nas salas analisadas ..... 194

**6.1.4. SATISFAÇÃO DO USUÁRIO FAV** ..... 194

6.1.4.1. Considerações sobre a satisfação do usuário nas salas analisadas ..... 200

**7. COMPARAÇÃO ENTRE OS DADOS TÉCNICOS E OS DADOS PERCEPTIVOS DOS USUÁRIOS** ..... 201

**7.1. CONFORTO LUMÍNICO** ..... 201

**7.2. CONFORTO TÉRMICO** ..... 212

**7.3. CONFORTO ACÚSTICO** ..... 217

**8. CONCLUSÕES** ..... 219

**8.1. CONCLUSÕES** ..... 219

**8.1.1. INFLUÊNCIA DOS ELEMENTOS ARQUITETÔNICOS NO CONFORTO LUMÍNICO** ..... 219

**8.1.2. DESEMPENHO TÉRMICO DAS EDIFICAÇÕES** ..... 221

**8.1.3. INFLUÊNCIAS EXERCIDAS SOBRE O CONFORTO ACÚSTICO** ..... 221

**8.1.4. CORRELAÇÃO ENTRE DADOS TÉCNICOS E QUALITATIVOS** ..... 222

**8.2. CONSIDERAÇÕES FINAIS** ..... 223

**8.3. RECOMENDAÇÕES PARA FUTUROS TRABALHOS** ..... 224

**REFERÊNCIAS** ..... 225

A) APÊNDICE A – Tabelas das Iluminâncias das salas da EEC ..... 231

B) APÊNDICE B – Gráficos de Temperatura e UR da EEC ..... 235

C) APÊNDICE C – Tabelas das Iluminâncias das salas da FAV ..... 237

D) APÊNDICE d – Gráficos de Temperatura e UR da FAV ..... 241

# CAPÍTULO 1
# INTRODUÇÃO

Se analisada a história arquitetônica, em geral ou especificamente no Brasil, durante um longo período produzia-se utilizando técnicas apropriadas. Artesanais, em sua grande maioria, mas que se adequavam à realidade climática das regiões. Como exemplo brasileiro, podem-se citar técnicas tradicionais como adobe, taipa-de-pilão, entre outras ainda mais antigas do que estas.

Informações culturais foram sendo compartilhadas, de variadas formas e, em alguns casos, foram substituindo a cultura original. Isso ocorreu por meio das colonizações, que traziam junto com os colonos seus costumes e sua cultura, que pouco a pouco foi sendo aplicada e fortalecida no Brasil. Como exemplo, pode-se citar a região sul, que tem forte influência alemã e italiana, e que ditou por algum tempo uma linguagem arquitetônica, mantendo-se assim telhados com grande inclinação, mesmo sem o problema da neve.

Mais recentemente, a grande globalização e facilidade de disseminação da informação, através dos meios tecnológicos, aceleraram o processo de intercâmbio de idéias e tecnologias, o que pode ser bom, se analisado à luz da realidade local. No entanto, o que ocorre é que o produzido fora e apropriado para este local de origem, acaba sendo adotado com facilidade, em realidades bem diferentes daquela original. Tem-se, assim, uma massificação de tipologias, que geram problemas de cunho cultural e que refletem diretamente na arquitetura, quando adaptadas com soluções incorretas à realidade local (ADRIAZOLA, 2002).

A principal função da edificação, sendo esta escolar ou não, é propiciar aos seus usuários proteção e conforto para o desenvolvimento de suas atividades. Esta harmonia no ambiente construído pode ser alcançada por meio do conforto ambiental, de acordo com Corbella e Yannas (2001).

Atingir um satisfatório desempenho ambiental envolve um correto planejamento arquitetônico frente às diferentes condições climáticas que influenciarão nas condições térmicas (temperatura, vento e umidade), na qualidade acústica (proteção de ruídos intrusivos, inteligibilidade do professor pelos alunos e vice-versa) e ainda nas condições

ideais de visão e iluminação, natural ou artificial, proteção contra poluição e qualidade interna do ar, estabilidade estrutural da edificação, salubridade e higiene, segurança, conforto e outros. De acordo com Losso (2003) diversos estudos comprovam a importância de aspectos acústicos para propiciar um melhor aproveitamento acadêmico dos estudantes.

No cenário geral da arquitetura escolar brasileira a preocupação em buscar e propiciar ambientes escolares com características que atendam às condições anteriormente citadas ainda não é uma prioridade. No entanto, a necessidade de melhoria com o auxílio de algumas iniciativas pontuais e da pesquisa incentiva a crescente busca por ambientes de maior qualidade.

Tanto alunos quanto professores são prejudicados com condições de conforto não satisfatórias, o que afeta a qualidade e a produtividade do ensino. A permanência dos professores nas escolas se dá por períodos mais longos, sendo estes vítimas de espaços inadequados com a baixa qualidade para o desempenho de suas atividades o que pode acarretar o desenvolvimento de distúrbios como doenças vocais, auditivas e visuais.

## 1.1. CONTEXTO

Na busca por ambientes mais acolhedores e confortáveis, foi diagnosticado por Kowaltowski *et. al.* (1999), que o ambiente escolar e a qualidade do ensino são fatores afetados diretamente pelo conforto ambiental das edificações escolares e que as principais falhas observadas são as condições de conforto térmico e funcionalidade. Os problemas relacionados à funcionalidade mais frequentes em edificações escolares de nível superior são a lotação excessiva das salas de aula e a manutenção precária. Xavier (1999) expõe que as pesquisas que avaliam conforto térmico encontram em todas as regiões do Brasil um quadro similar onde a grande parte das edificações voltadas a atividades escolares são consideradas quentes no verão e ventiladas de forma inadequada. O autor afirma que este quadro está ligado à orientação das aberturas e a inadequação dos elementos de proteção solar.

No aspecto de conforto acústico Kowaltowski *et. al* (1999) indica que alguns distúrbios de aprendizagem podem ocorrer no usuário devido à dificuldade em ouvir e entender o que é falado pelo professor. A não existência de condições acústicas em muitos casos está ligada à desfavorecida localização das escolas perto a vias ruidosas, falta de recuo, tamanho das janelas e até a lotação excessiva das salas de aula.

Em muitos casos, a iluminação natural pode ser prejudicada em função de interferências nas aberturas na intenção de resolver outros problemas, como insolação direta. A iluminação adequada trás benefícios para orientação espacial, manutenção da segurança física e, principalmente, reconhecimento das atividades que dependem da percepção do campo visual. Lamberts *et. al.* (1997) expõem que a iluminação insuficiente pode causar nos usuários cansaço, irritação e agitação prejudicando o aproveitamento escolar. É importante ressaltar, ainda, que a luz natural é qualitativamente superior à luz artificial. Na Figura 1.1 é ilustrada uma prateleira de luz que amplia o alcance da iluminação natural da abertura através da reflexão, impedindo radiação direta e aumentado o desempenho lumínico da sala.

A escola deveria oferecer conforto satisfatório ao aluno durante todo o período de sua permanência no local, por isso a importância de buscar alternativas e soluções que possam colaborar no processo de melhoria tanto dos novos projetos como de edificações em uso.

Na busca pela melhoria do desempenho das edificações, é necessária, também, a participação do usuário no processo de avaliação dos desempenhos térmico, acústico e lumínico do ambiente educacional. Essa participação pode ser efetivada por meio de medições qualitativas da percepção do usuário.

Figura 1.1 – Prateleira de luz Escola Frei Pacífico (RS)

## 1.2. JUSTIFICATIVA

Os estudos desenvolvidos na área de conforto, em sua maioria, abrangem de forma mais específica um tipo de conforto, ou seja, avaliações e contribuições são feitas quanto aos parâmetros e requisitos somente no âmbito de térmica, ou acústica ou lumínica. Desta forma, quando se busca trabalhar de forma conjunta o conforto ambiental, abrangendo as três tipologias supracitadas, interferências e intersecções entre os requisitos destes ocorrerão naturalmente. As pesquisas que estudam estas interações de parâmetros e condicionantes do conforto ambiental ainda são limitadas.

Com a presença destas interferências não é possível maximizar juntamente o conforto térmico, acústico e lumínico. Contudo, Kowaltowski *et. al* (1999) coloca que é necessária a busca por um conjunto de soluções de compromisso, buscando otimizar esses desempenhos em conjunto.

As esquadrias e brises de uma edificação são um exemplo de elementos construtivos que em muitos casos afetam tanto o conforto acústico, lumínico e térmico. Na Figura 1.2 a janela aberta permite a entrada de luz e beneficia o conforto lumínico, no entanto, a radiação direta prejudica o conforto térmico. Os *brises* da mesma forma podem barrar a radiação direta, diminuindo o calor no ambiente, e ao mesmo tempo barrar a iluminação natural.

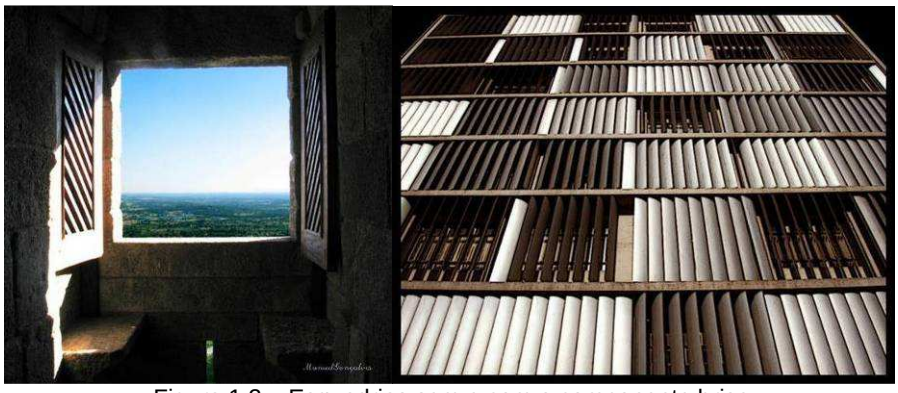


Figura 1.2 – Esquadrias sem e com o componente brise

Xavier (1999) busca estabelecer parâmetros de conforto térmico para estudantes de ensino médio, levantando todas as variáveis pessoais dos estudantes participantes da pesquisa, suas sensações e preferências térmicas. Estas variáveis, determinantes para a pesquisa, podem ser afetadas direta ou indiretamente por questões que abrangem também outros tipos de conforto. A percepção do usuário em analisar isoladamente aspectos ligados ao conforto térmico também pode estar sendo influenciada indiretamente por agentes globais de conforto.

Além dos critérios de cada um dos confortos térmico, acústico e lumínico, e dos dados de percepção do usuário já citados anteriormente, também são de extrema importância as influências impostas pelo clima e aspectos regionais. Neste processo, é relevante comentar os aspectos de aclimatação com relação às muitas pesquisas e normatizações internacionais que sugerem condições ótimas de conforto que em vários casos não se adequam a realidade vivenciada por países em desenvolvimento.

De acordo com Szokolay (1980), deve-se considerar a aclimatação dos indivíduos ao local onde habitam, pois é normal ocorrer um ajuste do organismo às condições a que está submetido durante a maior parte do tempo. Givoni (1998) acrescenta que pessoas

residentes em países de clima quente têm preferência por temperaturas maiores do que as recomendadas pelas normas e pesquisas de países desenvolvidos. Nota-se, assim, a necessidade do entendimento e adequação destes requisitos internacionalmente difundidos, buscando uma contextualização com a situação local.

## 1.3. OBJETIVO

Por meio do monitoramento de salas de aula, em dois blocos de arquitetura distinta da Universidade Federal de Goiás, avaliar o conforto ambiental das mesmas, por meio do levantamento do conforto térmico, acústico e lumínico e a percepção dos usuários. Procura-se, assim, avaliar a influência da arquitetura escolar sobre o conforto ambiental das salas de aula.

### 1.3.1. Objetivos específicos/ intermediários

A. Determinar que parâmetros referenciais podem ser utilizados para avaliar o conforto térmico.

B. Identificar que elementos arquitetônicos das edificações escolares afetam o conforto lumínico.

C. Avaliar a influência do entorno da edificação sobre o conforto acústico da sala de aula.

D. Identificar se há correlações entre os dados técnicos, obtidos de medições, e os qualitativos, obtidos por meio da percepção dos usuários.

## 1.4. DELIMITAÇÕES

As medições *in loco* foram realizadas nos Campi Colemar Natal e Silva (Campus I) e Campus Samambaia (Campus II) da Universidade Federal de Goiás, localizados na cidade de Goiânia. Devido ao tempo limitado da pesquisa, foi eleito, em cada um destes Campi, um bloco de salas de aula, e entre as salas, apenas duas, para realização das medições.

Na avaliação do conforto ambiental, as considerações foram limitadas somente a aspectos de conforto térmico, lumínico, acústico e percepção do usuário.

Nas medições de dados de conforto térmico estão sendo consideradas as variáveis ambientais de temperatura e umidade relativa, pois os aparelhos *datalogger* utilizados são de dois canais e registram somente essas duas grandezas.

As medições térmicas no ano de 2009, tiveram de ser reiniciadas em 24 de junho de 2009. Por essa razão, foi necessário estender as medições até 01 de julho de 2010 para, assim, totalizar um ano de medição.

O equipamento para avaliação acústica, disponível para pesquisa, permitiu que somente dados relativos à pressão sonora fossem considerados neste trabalho.

## 1.5. ESTRUTURA DO TRABALHO

Esta dissertação é composta por sete capítulos, que são apresentados seguindo uma estrutura seqüencial lógica. De maneira que, o primeiro capítulo visa introduzir os aspectos relacionados ao tema proposto. Complementando esta introdução, são apresentados: o contexto de inserção do estudo, as justificativas para o tema, os objetivos geral e específicos que este trabalho busca atingir e as suas delimitações.

No segundo capítulo, são apresentados conceitos de conforto ambiental, abrangendo as subdivisões que o compõe, que são: conforto térmico, acústico e lumínico. Para cada uma das tipologias de conforto, são descritos os conceitos, a percepção humana, os parâmetros de avaliação, limites que devem ser adotados para que o usuário se encontre em estado de conforto e características de edificações que exercem influência sobre o conforto. Neste capítulo também é abordada a NBR 15.575:2010, que apesar de ser direcionada a edifícios habitacionais de até 5 pavimentos, traz considerações relevantes para esta dissertação, por ser uma ferramenta recente e que representa um passo à frente, no que tange ao desempenho das edificações, abrangendo os aspectos de conforto térmico, acústico e lumínico. O último assunto abordado, dentro do capítulo 2, são algumas das características do clima da cidade de Goiânia, pois o clima é um aspecto determinante, dentro de um estudo de desempenho ambiental.

A metodologia da pesquisa é apresentada no capítulo 3, descrevendo a estratégia de pesquisa adotada e o delineamento seguido, que foi subdividido em fase exploratória, desenvolvimento e análise e reflexão. Neste capítulo são também apresentados os instrumentos, os parâmetros de avaliação que foram adotados na pesquisa e, por fim, é delimitada a amostra de avaliação para conforto térmico, lumínico e acústico, e também são apresentados como foi determinada a amostra de questionários.

O quarto capítulo apresenta, de forma sucinta, a Escola de Engenharia Civil e a Faculdade de Artes Visuais. São descritas, para cada uma das edificações, sua localização, atividades que abriga e histórico do projeto arquitetônico, além de serem, também, analisadas as características de implantação, entorno, insolação e de composição física destes edifícios.

No capítulo 5 inicia-se a análise dos resultados, onde, primeiramente, são expostos os procedimentos adotados durante o processo de medições. Em sequência, são apresentados os resultados obtidos para a Escola de Engenharia Civil, apresentando, separadamente, a análise de cada um dos confortos, lumínico, térmico e acústico, e, também, dos resultados de satisfação dos usuários.

No sexto capítulo, seguiu-se estruturação similar àquela do capítulo 5, no que diz respeito à apresentação dos resultados. No entanto, neste capítulo são analisados os resultados obtidos para a Faculdade de Artes Visuais.

No capítulo 7 é apresentada a análise das correlações entre dados quantitativos e qualitativos, para ambas as edificações, onde são analisados os dados técnicos obtidos durante as medições, para cada tipologia de conforto, em relação aos dados obtidos por percepção dos usuários, através dos questionários.

As conclusões da pesquisa são expostas no oitavo capítulo, abrangendo as duas edificações estudadas. Finalmente, são apresentadas algumas considerações e recomendações para trabalhos futuros.

# CAPÍTULO 2
# REFERENCIAL TEÓRICO

Neste capítulo, serão apresentados conceitos referenciados em estudos na área de conforto e desempenho, tanto relativos ao conforto ambiental, quanto às sub-áreas que o compõe – conforto térmico, acústico e lumínico. Também serão abordadas questões relativas ao comportamento climático da cidade de Goiânia, abordando pontos como umidade relativa, temperaturas, ventos dominantes, entre outros.

## 2.1. CONFORTO AMBIENTAL

O conforto ambiental pode ser entendido como o equilíbrio harmônico do ambiente construído com seu usuário, ou seja, a situação de conforto ambiental possibilita ao usuário sensação de bem estar, em seu ambiente de atividade. No entanto, este conforto é relativo, uma vez que cada usuário reage de forma diferente aos estímulos externos ambientais. Coutinho *et al.* (2006) colocam que é possível criar um ambiente que satisfaça às necessidades da maioria das pessoas que o utilizam. As questões de conforto ambiental podem ser abordadas de forma ainda mais holística, tratando de questões como tato, olfato, visão, calor e frio, como Schmid (2005) descreve.

Foi no final do século XVIII, que o conforto começou a ser aplicado, de forma geral, ao meio de vida e trabalho. O Modernismo se opunha, em parte, a essa linguagem pessoal, empregada nas edificações com certa informalidade, por se focar, preponderantemente, nos conceitos de vanguarda artística. Como coloca Schimid (2005), era uma estética do útil. Este, que teve como diretriz a máxima “A forma segue a função”, também trouxe, nos aspectos mecanicistas, evoluções importantes para o conforto.

Foi no final do século XX que o conforto ressurgiu, inserido, de certa forma, no movimento ambientalista, buscando a volta do significado de abrigo às edificações, tirando-se partido dos recursos naturais e da integração do edifício com o meio.

A simples transferência ou falta de conhecimento aprofundado, na forma de aplicação de tecnologias internacionais ao Brasil, durante este resgate do conforto, resultou na incompatibilidade de aplicação, quanto à funcionalidade, durabilidade de materiais e componentes, conforme descreve Ornstein (1990). Desta forma, muitos dos trabalhos

Realizados, ainda hoje, buscam corrigir erros passados e aperfeiçoar o conhecimento do conforto ambiental e do sistema que o influencia.

Os parâmetros mais utilizados, atualmente, dentro do conceito de conforto ambiental, são os de conforto térmico, conforto acústico, conforto lumínico e funcionalidade, os quais buscam a satisfação do usuário e definem as condições mínimas de bem estar na edificação[1].

No Brasil, existem alguns núcleos de pesquisa que vem desenvolvendo trabalhos significativos na área de conforto, pois a necessidade de crescimento desta área caminha paralelamente ao desenvolvimento humano, ou seja, quanto mais evoluídas se tornam as pessoas, mais exigentes ficam com relação a seu conforto e bem estar. Como exemplos destes núcleos pode-se citar o Laboratório de Eficiência Energética em Edificações (LabEEE), da Universidade Federal de Santa Catarina, que traz vários contribuições, tanto no conforto térmico, acústico e lumínico, assim como o Núcleo Orientado para Inovação da Edificação (NORIE), da Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

Grande parte das pesquisas desenvolvidas é focada no conforto térmico, para habitações de baixo custo e, também, no aprofundamento das avaliações do conforto térmico em escolas. Por exemplo, Lamberts (1998), em uma de suas pesquisas, apresenta uma metodologia de avaliação de desempenho térmico em edificações térreas residenciais unifamiliares baseada, em simulação e ajuste dos limites de conforto térmico à população local. Já, Xavier (1999) busca em seu trabalho condições de conforto térmico para estudantes de Ensino médio, por meio de estudo de campo, determinando índices e parâmetros para a atividade escolar.

## 2.2. CONFORTO TÉRMICO

Fanger (1970) define o conforto térmico como “uma condição da mente, que expressa satisfação com o ambiente térmico”, definição esta que foi incluída em manuais de conforto térmico e normatizações nacionais e internacionais. Desta forma, entende-se que o conforto térmico pode ser visto e analisado sob dois aspectos: do ponto de vista pessoal e do ponto de vista ambiental.

[1] Neste estudo, a funcionalidade não será abordada.

Entre as formas de avaliação pós-ocupação do espaço construído, aquelas que envolvem os aspectos de conforto são as mais complexas, pois, além de envolverem aspectos subjetivos, possui, também, um grande número de variáveis, o que torna difícil eleger um padrão a ser seguido. Rohles (1980) *apud* Xavier (1999) descreve que estudos convencionais não levam em conta apenas a condição da mente, mas também a condição do corpo, muitas vezes de maneira mais acentuada.

Os estudos de conforto, do ponto de vista ambiental, buscam estabelecer um estado térmico para certo ambiente, com relação às variáveis físicas, de modo que o maior número de pessoas esteja satisfeita. Desta maneira, a neutralidade térmica irá representar um balanço térmico entre o homem e o ambiente. Contudo, embora ela seja necessária, não será suficiente para atingir o conforto térmico. Segundo Tanabe (1988), o conceito de neutralidade térmica poderia ser ampliado para "o estado da mente que expressa satisfação com o nível de temperatura do corpo, como um todo".

### 2.2.1. Metabolismo do corpo humano

A adaptabilidade do ser humano permitiu que este ocupasse, ao longo de sua história, regiões do planeta Terra com climas diversificados e adversos. Segundo Lamberts *et al.* (1997) “embora o clima seja bem distinto, em qualquer região da terra, o ser humano é biologicamente parecido em todo o mundo, sendo adaptável a diferentes condições climáticas, ao fazer uso de mecanismos culturais, como a vestimenta, a arquitetura e a tecnologia.”

Frota e Schiffer (2001) afirmam que o organismo humano é mantido a uma temperatura interna da ordem de 37℃, com limites entre 36,1℃ e 37,2℃, tendo, ainda, como mínima 32℃ e máxima 42℃ para sobrevivência em caso de en fermidade.

O homem é um ser homeotérmico, onde seu calor é conseguido através de fenômenos térmicos. A energia térmica produzida pelo organismo advém de reações químicas internas, sendo a mais importante a que ocorre entre o carbono, proveniente dos alimentos, e o oxigênio extraído do ar pela respiração. Isto compõe um processo de produção de energia interna, através de elementos combustíveis orgânicos, denominado metabolismo (FROTA; SCHIFFER, 2001).

O processo metabólico pode ser dividido em: metabolismo basal, processo biológico contínuo e inconsciente, e metabolismo muscular, que ocorre quando se exerce o trabalho conscientemente controlável.

Para realizar as atividades físicas, o organismo humano irá transformar a energia química em energia mecânica. De acordo com Givoni (1976), neste processo de transformação a parcela gerada de calor é de 80%, muito superior àquela transformada em trabalho que é de 20%. Esta produção excessiva de calor varia com a taxa metabólica, expresso em Watt, e depende da atividade que está sendo desenvolvida pelo indivíduo.

Para que se mantenha o balanço térmico do corpo, o calor excedente produzido será dissipado para o meio. Desta forma, o organismo humano irá experimentar sensações de conforto térmico quando perde para o ambiente o calor produzido pelo metabolismo, compatível com sua atividade, sem a necessidade de mecanismos de termorregulação, que representa um esforço extra e uma queda de potencialidade de trabalho (FROTA; SCHIFFER, 2001).

A liberação de calor pode ocorrer, de acordo com Lamberts (2000), por meio de trocas secas (convecção, radiação e condução) e trocas úmidas (evaporação e condensação), como está ilustrado na Figura 2.1. O calor dissipado por trocas secas, denomina-se calor sensível, enquanto que o calor perdido por trocas úmidas é denominado calor latente e envolve mudança de fase.

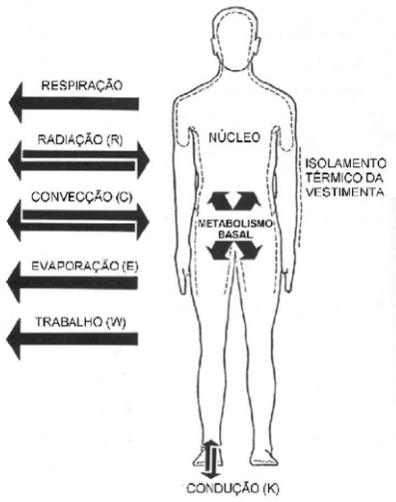



Figura 2.1- Trocas de calor entre o corpo humano e o ambiente circundante

De forma simplificada, pode-se dizer que a convecção é a transferência de calor de um sólido para um fluído e depende da área de contato, da diferença de temperatura e do coeficiente de troca. Já, nas trocas por condução, o calor se propaga para todos os lados e a transmissão de calor ocorre entre dois corpos em contato molecular, que estejam em temperaturas diferentes. A propriedade principal deste tipo de transmissão é a condutibilidade térmica (RIVERO, 1985). Quando há troca por radiação, trata-se da transmissão de calor entre dois corpos que não estão em contato, ou seja, a transmissão se

dá por ondas eletromagnéticas, e esta energia radiante pode ser emitida, absorvida ou refletida. Em se tratando das trocas úmidas, entende-se como evaporação a mudança do estado líquido para o gasoso e condensação, a situação inversa, a mudança do estado gasoso para o líquido.

A pele é o principal órgão termorregulador do organismo humano, afirmam Frota e Schiffer (2001). Em uma situação de frio intenso, é ativado o mecanismo termorregulador vaso constrição periférica, ou seja, onde os vasos mais próximos à pele se contraem e os mais próximos aos órgãos internos se dilatam. Devido à redução do fluxo de sangue pela pele, pode ocorrer, também, o arrepio e o tiritar. Por outro lado, na situação de calor intenso, o primeiro termorregulador ativado é a vaso dilatação periférica, que irá aumentar as perdas de calor por convecção e radiação, bem como a temperatura superficial da pele, através do aumento do fluxo sanguíneo. Auliciems e Szokolay (1997 *apud* Morello, 2005) descrevem, ainda, que sudação também ocorrerá com a perduração do calor.

A termorregulação acontece de forma natural, entretanto representa, para o organismo, um esforço extra e causa uma queda de potencialidade de trabalho. Fadiga, apatia e falta de atenção são alguns dos efeitos causados pelos mecanismos de termorregulação, pois estes transmitem desconforto térmico e gastam energia para funcionar (FROTA e SCHIFFER, 2001). Desta forma, o organismo, neste estado, se torna inadequado para a realização de qualquer trabalho com aceitável eficiência.

De acordo com Shapiro e Epstein (1984), para alcançar o conforto térmico deve-se manter condições ambientais, onde a dissipação de calor seja obtida por radiação e convecção, o suor consiga ser eliminado, a velocidade do ar esteja entre 0,4 e 0,7 m/s e a radiação solar possa ser reduzida ao mínimo.

### 2.2.2. Variáveis Ambientais

Uma série de variáveis influenciarão as condições de conforto térmico, visto que o processo de troca de calor depende de vários fatores ambientais e não somente da temperatura do ar. Os requisitos ambientais capazes de proporcionar conforto térmico serão diferentes, para habitantes de climas divergentes como: quente e úmido ou quente e seco (FROTA; SCHIFFER, 2001).

O conforto térmico irá envolver variáveis físicas ou ambientais e também variáveis subjetivas ou pessoais. Xavier (1999) descreve que não é possível que um grupo de pessoas, sujeitas

ao mesmo ambiente, ao mesmo tempo, esteja todo ele satisfeito com as condições térmicas do mesmo, devido às características individuais das pessoas.

As variáveis físicas que influenciam o conforto térmico são: temperatura do ar, temperatura média radiante, umidade do ar e velocidade relativa do ar. Por outro lado, as variáveis pessoais são atividades desempenhadas pela pessoa (taxa metabólica) e a vestimenta utilizada pelo indivíduo (indicativa da resistência térmica oferecida às trocas de calor entre o corpo e o ambiente, e apresentada sob a forma de isolamento térmico das roupas).

O incremento da velocidade do ar pode colaborar para amenizar o calor transmitido por convecção. Segundo Rivero (1985) uma movimentação de ar de 1,5 m/s tem o mesmo efeito sobre o organismo humano que 3℃ de redução da temperatura. Contudo, somente a velocidade do ar pode não ser suficiente para gerar conforto, em um dia muito quente, pois, para haver perda do calor por evaporação, é necessário conjugar a velocidade com a umidade do ar.

Constantemente o homem perde calor latente, contudo, com o aumento de temperatura do meio, dificulta-se a perda por convecção e radiação, e, consequentemente, o organismo aumenta a eliminação por evaporação. Rivero (1985) coloca que a quantidade de água que o organismo pode segregar, em gramas por hora, depende da atividade exercida e da temperatura do ar.

Segundo Howell e Stramler (1981 *apud* Xavier 1999), além das variáveis físicas e pessoais normalizadas, existem variáveis psicológicas, que devem ser levadas em consideração nos estudos de conforto térmico, tão ou mais significativas que as padronizadas. Essas variáveis são: temperatura percebida pela pessoa, sentimento próprio de se sentirem mais aquecidas ou mais refrescadas do que outras pessoas, tolerância percebida ou tolerabilidade, ajustamento ou adaptação.

Um indivíduo que seja submetido a condições extremas de frio ou calor pode atingir um estado psicofisiológico, denominado estresse térmico. Como consequências a este estado, de acordo com Lamberts e Xavier (2002), o ser humano pode apresentar sintomas como debilitação da saúde, alterações das reações psicosensoriais e queda da capacidade de produção. Os estudos desenvolvidos a este respeito subdividem o assunto de acordo com o tipo de ambiente, em dois grupos: stress por calor e stress por frio. Para a avaliação do stress térmico por calor existem vários índices. No entanto, dois merecem maior destaque: Índice de Bulbo úmido e temperatura de globo (WBGT) e Índice de stress térmico ou taxa requerida de suor ($SW_{req}$). Já, o Índice de isolamento requerido de vestimentas (IREQ) é o mais utilizado para avaliação em ambientes frios.

Quanto às variáveis climáticas do conforto térmico, Frota e Schiffer (2001) afirmam que “as variáveis de conforto térmico são diversas e variando diferentemente algumas delas ou até todas, as condições finais podem proporcionar sensações ou respostas semelhantes ou até iguais.” Desta forma, os índices de conforto térmico agrupam as condições que geram as mesmas respostas.

## 2.2.3. Índices e Parâmetros de Avaliação de Conforto Térmico

Os índices foram desenvolvidos com base em diferentes aspectos de conforto e são classificados como: biofísicos, que são aqueles baseados nas trocas de calor entre o corpo e o ambiente; fisiológicos, que se baseiam nas reações fisiológicas originadas por condições conhecidas de temperatura seca do ar, temperatura radiante média, umidade do ar e velocidade do ar; e subjetivos, que tem como base as sensações de conforto experimentadas em condições em que os elementos de conforto térmico variam (FROTA; SCHIFFER, 2001). A respeito dos índices de conforto térmico Barbosa (1997) coloca:

> “No intuito de quantificar o comportamento humano ante as variações térmicas do ambiente, são definidos índices que expressam a relação entre causa e efeito, com a utilização de valores numéricos representativos do fenômeno. Com base nos índices estabelecem-se as zonas de conforto térmico, delimitadas graficamente sobre diversos tipos de nomogramas, ou através de cartas e diagramas, que limitam os parâmetros físicos e definem o domínio no qual se estabelecem as zonas de conforto térmico.”

Entre os índices mais utilizados estão o Voto Médio Estimado ou PMV (*Predicted Mean Vote*), desenvolvido por Fanger, em estudos entre 1967 e 1972, onde formulou uma equação geral de conforto que resumia todos os processos de troca de calor entre o corpo e o ambiente, e o Percentual de Pessoas Insatisfeitas, ou PPD (*Predicted Percentage of Dissatisfaction*), utilizado por Fanger e Rohles, em 1970, para suplementar o voto médio estimado de indivíduos, na avaliação do ambiente térmico (FANGER, 1972).

### 2.2.3.1. Voto médio estimado (PMV)

De acordo com Xavier (1999), este é um índice representativo de votos de um grande número de pessoas, em câmaras climatizadas, anotados em uma escala de sete pontos de sensações térmicas, como sugerida pela ASHRAE (1997 *apud* Xavier, 1999) ou pela ISO 10551 (1995 *apud* Xavier, 1999), na Tabela 2.1.

Xavier (1999) coloca que se pode obter o índice PMV (*Predicted Mean Vote*) se conhecidos a atividade (taxa metabólica) e a vestimenta (isolamento térmico) e quando as variáveis ambientais (temperatura de bulbo seco, temperatura média radiante, umidade relativa e

velocidade do ar) forem medidas de acordo com as determinações da ISO-DIS 7726 (1996 apud Xavier, 1999). Este índice foi incorporado ao PPD (*Predicted Pergentage of Dissastisfied*), que será descrito a seguir.

Tabela 2.1 – Escala de sensações térmicas

| | |
|---|---|
| +3 | Muito Quente |
| +2 | Quente |
| +1 | Levemente Quente |
| 0 | Neutro |
| -1 | Levemente Frio |
| -2 | Frio |
| -3 | Muito Frio |

Fonte: Baseado na ASHRAE (1997)

### 2.2.3.2. Percentagem de Pessoas Insatisfeitas (PPD)

Estima a quantidade de pessoas, em um grande grupo, que estão insatisfeitas termicamente com o ambiente, fornecendo a porcentagem destas pessoas que se sentem desconfortáveis, ou seja, que votaram +3, +2, -2 e -3. Fanger (1970) afirma que as pessoas que votaram +1 e -1 na escala de sensações ou percepções não foram consideradas como insatisfeitos, por não ser uma situação tão acentuada.

A ISO 7730 (1994 apud Lamberts e Xavier, 2002) recomenda um PPD (*Predicted Pergentage of Dissastisfied*) menor que 10%, como requerimento de conforto térmico, para espaços de ocupação humana, que corresponde a uma faixa de variação do PMV de +0,5 a -0,5 onde o ser humano estaria em neutralidade térmica.

Contudo, a situação de neutralidade térmica é uma condição para que o indivíduo sinta-se confortável, mas não é suficiente, pois a pessoa pode estar em neutralidade térmica e estar sujeita a algum tipo de desconforto localizado, estar sujeita a alguma corrente de ar ou sobre um piso frio ou aquecido e, logo, não estar em condições de conforto (LAMBERTS e XAVIER, 2002).

Desta forma, para que se atinja o conforto térmico, Lamberts e Xavier (2002) colocam três condições básicas: que o indivíduo esteja em neutralidade térmica; que a temperatura da pele e a taxa de secreção de suor esteja dentro dos limites compatíveis com a atividade desenvolvida; e que a pessoa não esteja sofrendo nenhum desconforto localizado.

### 2.2.3.3. Zona de Conforto de Givoni

Becker *et. al.* (2007) colocam que estudos demonstram que podem existir divergências entre os valores preditos e reais, o que comprova a influência de aspectos locais sobre os índices

de Fanger (1972). Desta forma, a avaliação de condições de conforto térmico, que determinaram as zonas de conforto, não deve se basear somente nestes resultados.

Givoni (1976) propôs um diagrama bioclimático denominado *Building Bio-Climatic Chart* (BBCC), que correlaciona as temperatura de bulbo seco e umidade relativa do ar. Segundo o autor, este tipo de diagrama bioclimático facilita a análise das características climáticas, do ponto de vista do conforto humano, onde a zona de conforto é representada sobre a carta psicométrica, considerando o efeito da edificação sobre o ambiente interno. Brager e Dear (1998) expõem que o ajuste comportamental e a expectativa do usuário tem tido grande influência e são aspectos que devem ser levados em conta na avaliação do conforto.

Posteriormente, Givoni (1992) propôs uma versão do diagrama bioclimático, para países em desenvolvimento, na busca por refletir a realidade vivenciada por classes menos favorecidas, em países em desenvolvimento, pois, em muitos casos, as normas internacionais sugerem como condições ótimas situações que somente são alcançadas com a utilização do condicionamento de ar. Neste diagrama, para a zona de conforto, são consideradas condições de baixa velocidade do ar (0,15 m/s, para o inverno, e 0,25 m/s para o verão), temperaturas variando entre 18℃ e 2 9℃ para o interior das edificações e a umidade relativa nunca ultrapassando a curva de 80%. Na Figura 2.2, é apresentado o diagrama bioclimático de Givoni, onde está representada, a zona de conforto, delimitada, tanto para países desenvolvidos, quanto para países em desenvolvimento. As divergências entre as duas zonas de conforto são, basicamente, o aumento de 2º C no limite superior da temperatura e, também, de 2 g/kg no limite superior de quantidade de vapor, por kg de ar seco.

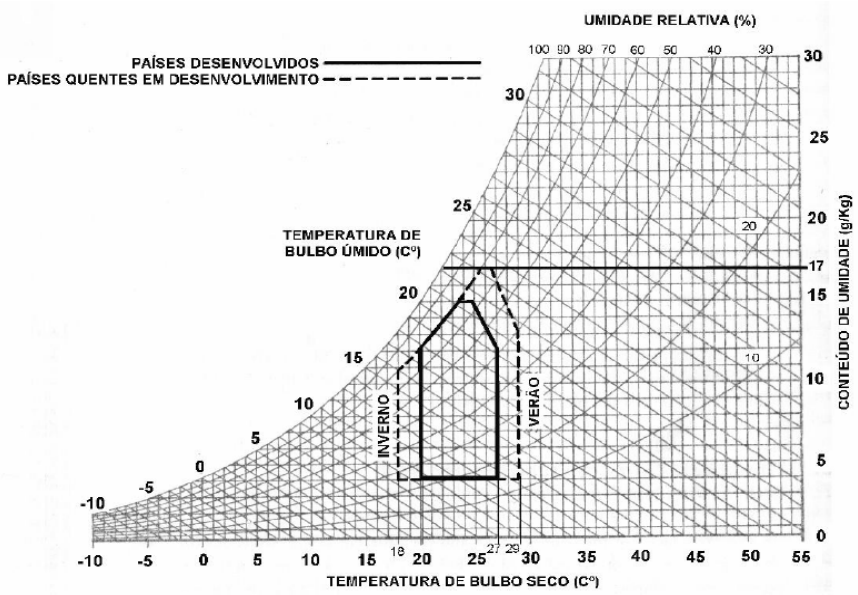



Figura 2.2 - Zonas de conforto estabelecidas por Givoni (1992)

Höppe (1988) afirma que muitas situações de desconforto surgem devido ao uso do condicionamento de ar, pois a resposta com relação ao conforto térmico de edificações naturalmente ventiladas e climatizadas artificialmente acontece de forma distinta. Na primeira situação o usuário tem expectativas mais amplas e é mais tolerante à variação de temperatura, enquanto que, no ambiente climatizado artificialmente, as expectativas se tornam mais rígidas, tornando o usuário mais sensível a condições de mudança (BRAGER; DEAR, 1998).

### 2.2.3.4. Graus-hora e graus-dia

O critério Graus-hora ou graus-dia trata da quantidade de horas ou dias em que a temperatura no interior da edificação esteve dentro dos limites aceitáveis de conforto. A partir destes dados, é possível se determinar a necessidade de refrigeração ou calefação em um ambiente.

Este método pode ser utilizado para complementar à avaliação de conforto térmico, pois com o soma do total de horas de desconforto, ou conforto, registradas no interior de um ambiente será gerado um número absoluto, que pode não representar fielmente o desempenho e eficiência térmica da envolvente física. Acontece que, neste tipo de avaliação, em se limitando, por exemplo, à zona de conforto entre 18ºC e 29ºC, uma temperatura de 17,9ºC terá o mesmo peso que uma de 5ºC.

Para o cálculo do graus-dia é feita uma média das temperaturas registradas em um dia. São estabelecidas, então, temperaturas base mínima e máxima. Se a média diária for inferior ou superior a estas temperaturas base calcula-se a diferença em graus, sendo em seguida somados os valores obtidos para os 365 dias do ano segundo a Equação 1**Erro! Fonte de referência não encontrada.**. O somatório das diferenças em graus que superem a temperatura base máxima indica a necessidade de refrigeração. Já, o somatório das diferenças em graus, que foram inferiores a temperatura base mínima, indicam a necessidade de aquecimento.

$$GD = \Sigma\ (T_b - T_{méd}) \qquad (1)$$

Para o cálculo do graus-hora o método utilizado é o mesmo. No entanto, são usados os dados de temperatura horária, e não os valores médios de temperatura diária. Pode, ainda, ser calculado o grau-médio, que é sugerido por Papst (1999, *apud* Morello 2005), como sendo “a razão do somatório dos graus-hora, pelo número de horas em que a temperatura esteve acima, ou abaixo, da base estipulada, ou seja, a média dos graus hora”.

### 2.2.4. Características da edificação

Alguns parâmetros devem ser considerados nas tomadas de decisões projetuais para arquitetura bioclimática, em conjunto com outras variáveis, tais como exigências humanas de conforto e condições climáticas de exposição. O objetivo dessa arquitetura é prover edificações adaptadas às condições climáticas, proporcionando aos usuários ambientes termicamente agradáveis, por meio de trocas térmicas entre o interior e o exterior da edificação (SILVA, 1994).

Dentro deste processo arquitetônico, devem ser exaltados os aspectos climáticos regionais, que irão afetar diretamente o comportamento térmico. De acordo com Shaviv (1984), os fatores determinantes na edificação, para obtenção de conforto térmico são a orientação, área do envelope externo, localização e dimensionamento das aberturas, sombreamento das aberturas e do envelope, cor e textura da edificação, distância para outras edificações e existência de pátios internos. No entanto, para Becker *et. al.* (2007), os fatores que influenciam na condição térmica da edificação são estrutura das paredes externas, estrutura do telhado, estrutura das divisórias internas e cor e tonalidade das fachadas, enquanto que a orientação e área das janelas, resistência térmica das paredes externas e resistência térmica do telhado terão maior influência na demanda de energia elétrica e de aclimatação.

Em regiões onde as condições térmicas são muito rígidas, pode não ser possível alcançar um desempenho térmico satisfatório, sem a utilização de meios ativos, como elementos de refrigeração ou aquecimento.

Desta forma, é importante considerar a radiação solar incidente na edificação, pois esta será a principal fonte de calor, podendo ser necessária, no inverno, e indesejável, no verão. A radiação solar pode, ainda, ser trabalhada através de dispositivos de sombreamento.

As aberturas também desempenham um importante papel no desempenho térmico das edificações, onde influem nas trocas de calor, tornando-as possíveis, quando abertas, ou gerando o efeito estufa, quando fechadas, pois o vidro é transparente para radiação de onda curta, mas opaco para a radiação de onda longa de calor (LAMBERTS *et. al.,* 1997). Ainda terão efeito direto sobre a ventilação, que mistura o ar interno e externo, cria movimentação do ar e remove excesso de umidade, além de remover contaminantes gerados internamente.

## 2.3. CONFORTO ACÚSTICO

De acordo com Szokolay (1980) a palavra acústica vem do grego *akoustikos*, que significa a ciência do som, de vibrações mecânicas de pequena amplitude. O som pode ser definido como a sensação causada por um meio vibrante agindo sobre o aparelho auditivo.

A obtenção de conforto acústico está ligada ao processo de ouvir o necessário, sem interferências que possam causar stress ou distorcer o foco de atenção da tarefa desenvolvida. No contexto atual brasileiro, a poluição sonora, em regiões urbanas, torna-se cada vez maior, através de variadas fontes que geram ruídos de diversas naturezas, que acarretam em prejuízos para a qualidade de vida da população.

A sociedade, ao longo dos séculos, passou por modificações em função do seu desenvolvimento, e muito da morfologia urbana é herança deste desenvolvimento. Características existentes hoje na sociedade, como a presença intensa de ruídos, requerem diferentes soluções daquelas adotadas anteriormente a este fator, em relação à acústica. É no espaço urbano contemporâneo que se encontra a principal fonte de poluição sonora, o ruído de tráfego. Somado a isso existem, ainda, ruídos, tais como propagandas de divulgação comercial com potentes caixas acústicas, atividade comum nas cidades brasileiras. De acordo com Losso (2003), outros países possuem legislações que proíbem tais práticas.

### 2.3.1. Percepção humana

O ouvido humano de acordo com Szokolay (1980), é o primeiro nível de seleção interna, que ocorre antes da interpretação dos impulsos, por parte do cérebro. O ouvido, desta forma, é além de um receptor também um analisador. Assim, Nunes (2005) afirma que a audição humana deve ser o principal fator a ser considerado na análise de dados de uma medição, uma vez que diferentes fontes de ruído produzem reações variadas nos ouvintes.

O ouvido humano consegue distinguir claramente sons que ocorrem à direita e à esquerda, devido à determinação de um som ser principalmente binaural, ou seja, um ouvido estando com afastamento maior da fonte, do que outro, o som será recebido com um pequeno atraso. Essa percepção, no entanto, não é clara da mesma forma para frente e atrás. Szokolay (1980) coloca, ainda, que percepção de distância ocorre, principalmente, por impulso monaural, onde a perda de intensidade com a distância da fonte é percebida, caso o observador tenha uma noção da intensidade a fonte.

A sensibilidade do ouvido varia com a frequência do som. Quando uma energia acústica audível afeta adversamente as pessoas esta é, geralmente, denominada como ruído (KRYTER[2] 1985, *apud* LOSSO 2003). Contudo, o ruído tem caráter subjetivo, onde um som de um inseto, durante a noite, pode ser tão incômodo quanto o de um avião, mesmo tendo entre si grande diferença de pressão sonora. Desta forma torna-se difícil mensurar o quanto o ruído é indesejável, perturbador ou danoso. Alguns dos fatores que podem influenciar neste aspecto são: tempo de exposição, a distância da fonte e padrões sociais e culturais. Yerges[3] (1978, *apud* Losso 2003) descreve, como um consenso geral, o conceito de que o som é objetivo, ocorre na natureza independente da resposta do indivíduo. Contudo, a audição é subjetiva e leva em conta o sistema auditivo do indivíduo que se esteja avaliando. A audição humana possui características diferentes, para cada pessoa, e os conceitos de incômodo acústico, em qualquer nível, tem como base a audição humana.

Sendo assim, a audição humana deve ser o principal fator a ser considerado para o conforto acústico, em dados provenientes de uma medição, de forma a estabelecer uma relação entre as características físicas, aspectos objetivos, e a percepção humana do som, afirma (NUNES, 2005).

Halpern e Savary[4] (1985, *apud* Losso 2003) descrevem que pesquisas sobre a maneira como o ruído afeta o ouvido humano e outros aspectos da saúde física já vêm sendo desenvolvidas. Dessas pesquisas, pode-se constatar que mesmo o ruído, não afetando diretamente o corpo humano, ele pode agir negativamente na parte psicológica do ouvinte, afetando o seu comportamento, as emoções, o raciocínio, a criatividade e a imaginação. Isso é particularmente importante, durante o período escolar, onde é necessário que o aluno tenha atenção e concentração em suas atividades.

### 2.3.2. Efeitos do ruído no sistema auditivo

É conhecido que a orelha e o ouvido trabalham como receptores enquanto o processo da audição se completa no cérebro. No entanto, qualquer alteração fisiológica nestes receptores acarreta em perdas funcionais, que comprometerão a capacidade de interpretação cerebral. Os problemas auditivos são a principal consequência da exposição a altos níveis de ruído (LOSSO, 2003).

---

[2] KRYTER, K. ***The effects of noise on man.*** Menlon Park: Academic Press INC., 1985.

[3] YERGES, L. ***Sound, noise e vibration control.*** New York: Van Nostrand Reinhold Company, 1978.

[4] HALPERN, S.; SAVARY, L. ***Som – Saúde***. Rio de Janeiro: Tek box,1985.

A principal interferência gerada pelo ruído é na comunicação verbal, assim como se um ruído tiver conteúdo de informação ele prejudicará a concentração (SZOKOLAY, 1980). A perda auditiva pode ser gerada por longa exposição a altos níveis de ruído, danificando as células do ouvido interno, ou ainda pelo envelhecimento do indivíduo e pela perda cumulativa da audição ao longo da vida. As células uma vez danificadas não se regeneram, indica Losso (2003).

Para trabalhos de 8 horas diárias são admitidos até 85 dB de pressão sonora, contudo com nível de pressão sonora acima de 70 dB um som ou ruído começa a ser prejudicial às pessoas. Exposição prolongada a ruídos acima de 90 dB podem levar a perda permanente de audição, afirma Szokolay (1980). A perda de audição também poderá ser gerada por exposição em curtos espaços de tempo a pressão sonora de 100 dB. O limiar da dor se dá em 120 dB e 150 dB e gera perda instantânea de audição. Zumbidos, sensação de audição abafada e dificuldade para localizar a fonte são alguns dos sintomas da perda de audição.

Outros efeitos negativos causados ao organismo humano pelas vibrações sonoras têm sido estudados, entre eles transtornos cardiovasculares, neurológicos, hormonais, digestivos e comportamentais.

### 2.3.3. Fontes de Ruído

Em geral, as edificações brasileiras não oferecem proteção acústica aos seus usuários. Estudos sobre condições pós-ocupação geralmente demonstram reclamações dos moradores com relação a perturbações sonoras. O ruído, como visto anteriormente, está presente no cotidiano contemporâneo de forma contínua e indefinida em suas características físicas. As escolas também se inserem neste contexto, tendo nenhuma ou pouca preocupação com os aspectos acústicos.

Quando um ruído apresenta, em um intervalo de tempo variação menor ou igual a 6 dB ele pode ser considerado como contínuo (por exemplo, um maquinário), e a medição durante alguns minutos pode ser suficiente para a sua caracterização.

Como ruído impulsivo define-se aquele que ocorre em um curto espaço de tempo e tem sua energia sonora concentrada. Em geral é devido a impactos e explosões. No caso de uma passagem isolada de veículo, de acordo com Nunes (2005), classifica-se como intermitente, pois ocorre em ciclos, assim como a passagem de um avião ou emitidos por máquinas ou equipamentos cíclicos. Desta forma o nível de variação sonora deve ser superior a 6 dB.

### 2.3.3.1. Ruído de Tráfego

Tanto vias de maior fluxo quanto vias de caráter local podem trazer transtornos acústicos às edificações do seu entorno, visto que veículos passando esporadicamente geram ruído impulsivo, perturbando no momento de sua passagem. Desta forma, baixo fluxo não é sinônimo de silêncio, como discorre Losso (2003).

As origens do ruído de tráfego são muitas e podem ser classificadas em dois grupos (LOSSO, 2003):

- Fontes veiculares - o motor e seus componentes como sistemas de propulsão, refrigeração, escapamento, ruído aerodinâmico e outros.
- Características gerais da via – volume, composição, velocidade do tráfego, gradiente e superfície de revestimento da via, entre outros.

Alves Filho (1997) indica que vias que têm tráfego composto por maior quantidade de veículos pesados tendem a ser mais ruidosas. Para vias urbanas e para velocidade entre 30km/h e 40 km/h, uma duplicação das proporções de veículos pesados de 10% para 20% aumentaria o nível de ruído de 2 a 3 dB.

Dockrell[5] et. al. (2001, *apud* Losso 2003) em sua pesquisa realizada com alunos do ensino primário em duas mil escolas em Londres concluiu que os seguintes sons eram ouvidos pelos alunos entrevistados: carros 71%, sirenes 61%, caminhões 58%, motocicletas 56%, aviões 55%, helicópteros 54%, árvores 45%, telefones 40%, ônibus 36% e animais 25%. Cerca de 35% desses alunos sentiam-se irritados e incomodados com o barulho que era gerado pelo tráfego.

### 2.3.3.2. Vizinhos

O entorno das escolas também pode ser fonte significativa de ruído não proveniente do tráfego de veículos. Alguns dos ruídos encontrados são provenientes de rádio alto, brigas, crianças chorando, cachorro latindo, fogos e geram ansiedade nas pessoas. Outro fator gerador de ruído é a presença de pontos comerciais prestadores de serviço, como serralherias, marcenarias, oficina mecânica ou, ainda, feiras livres e obras na vizinhança.

[5] DOCKRELL, J.;TACHMATZIDIS, I.; SHIELD, B.; JEFFERY, R. **Children's perceptions of noise in schools**. In: Proceedings of 17th International Congress on Acoustic. Rome. 2001.

Estas fontes, em geral, são de difícil mensuração por sua imensa variabilidade. Contudo, algumas iniciativas podem ser tomadas para reduzir esses níveis de ruído de vizinhança como, por exemplo, determinar por meio do plano diretor que em um determinado raio ao redor de escolas não sejam permitidas atividades ruidosas. A escolha do local de implantação das escolas deve considerar o zoneamento municipal, onde áreas industriais serão naturalmente mais ruidosas.

### 2.3.3.3. Ruídos produzidos no interior da escola

Áreas de circulação, esportivas e de recreação, em geral, são grandes fontes de ruídos. Desta forma, quando estes locais estão localizados muito próximos às salas de aula ocorrerão problemas acústicos. Schmid e Thibault[6] (2001, *apud* Losso 2003) afirmam que dentre várias fontes sonoras encontradas em escolas destacam-se corredores, ginásios e o playground.

De acordo com Jiang (1997), os níveis sonoros encontrados em ginásios com atividades esportivas são similares aos de áreas industriais. Foi verificado, ainda, que os níveis de pressão sonora produzidos por um apito são de 130 dB, em banda de 1/3 de oitava e com frequência centrada em 3.150 Hz.

Cantinas, refeitórios, lanchonetes e cozinhas, em geral, são ambientes revestidos com materiais cerâmicos pela necessidade de limpeza e assepsia, mas que não propiciam uma boa acústica. São materiais considerados duros acusticamente, ou seja, contribuem para reverberação acústica por meio da reflexão das ondas. Nestes locais as principais fontes de ruído são durante a preparação do alimento com o manuseio de eletrodomésticos, corte de alimentos, além do impacto de pratos, copos e talheres nas superfícies e o gerado pela água caindo na pia. Assim os ambientes de alimentação localizados próximos a salas de aulas pode ser um significativo gerador de ruído.

No entanto, mesmo que se tenha em uma escola somente salas de aula lado a lado, haverá a presença de ruídos entre salas adjacentes. Estes, de acordo com Losso (2003), classificam-se como ruídos aéreo e de impacto. O ruído aéreo é transmitido pelo ar e devido à falta de isolamento dos ambientes como, por exemplo, em locais onde as paredes não vão até a cobertura ou laje e existe passagem de som entre dois ambientes. Por outro lado, o

[6] SCHIMID, C.; THIBAULT, L. **Classroom Acoustics- Success through Partnering between a Scientif Society and the U.S. Government.** In: Proceedings of 17th International Congress of Acoustics. Rome. 2001.

ruído de impacto é mais comum em locais com mais de um pavimento e geralmente é ocasionado pelo caminhar, objetos que caem no chão e movimentação de mobiliário.

Existem, ainda, os ruídos provenientes de instalações hidráulicas e sanitárias prediais localizadas ao lado de salas de aula podem ser altamente prejudiciais. Bistafa (1991) coloca que como fontes geradoras de ruídos hidráulicos enquadram-se vibrações do sistema de recalque de água, passagem de água através de curvas, joelhos, cotovelos e registros, fechamento repentino das peças de utilização (principalmente válvulas de descargas desreguladas), escoamento de água pela bacia sanitária, ralos, sifões e tubulações de esgoto, choque d'água com superfícies tais como cubas, lavatórios, banheiras e pias, deslocamento de bolsões de ar pelas tubulações de ventilação e tubulações em alta pressão. Também recomenda que os ambientes que necessitem baixo nível de ruído, tais como salas de estar, biblioteca e quartos de dormir, não sejam trajetos de tubulações. Na Figura 2.3 estão ilustrados os mesmos ambientes com layout das peças sanitárias diferenciados. Na letra (a) tem-se como não deve acontecer, pois a parede hidráulica é comum a sala de aula transmitindo assim os ruídos para esta. Na situação (b) o problema é amenizado simplesmente se rebatendo este layout.

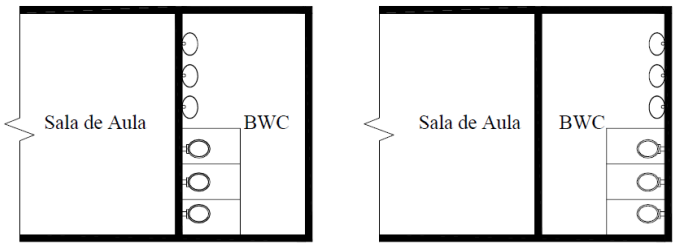



Figura 2.3 – Disposição hidro-sanitária em uma escola genérica (LOSSO, 2003)

Como solução para estas formas de fonte de ruído existem: enluvamento de tubos com material resiliente, vedação hermética de dutos e shafts, adequação da pressão da água às necessidades de serviço, utilização de fixadores elásticos, entre outros.

A partir do descrito pode-se concluir que as fontes geradoras de ruídos em um edifício escolar são inúmeras, e vão variar de acordo com o caso específico. Na Figura 2.4 é apresentado um esquema geral das principais fontes ruidosas.

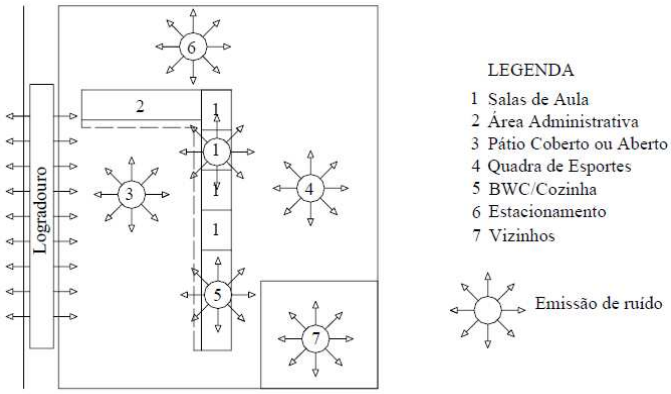



Figura 2.4 – Representação das fontes sonoras em uma escola qualquer (LOSSO, 2003)

## 2.3.4. Características da Edificação

A forma como as fontes de ruídos vão atingir sobre os usuários está diretamente ligada às características físicas do edifício, suas superfícies e componentes, tendo como consequência a transmissão ou isolamento do som, podendo desta forma comprometer inteligibilidade e tempo de reverberação.

O fenômeno onde o som repete-se logo após a sua transmissão é conhecido como reverberação, e prejudica compreensão e clareza. Este fenômeno é comum em ambientes com superfícies reflexivas e pode ser reduzido com a utilização de objetos e materiais absorventes que irão diminuir a amplificação do som e melhorar a clareza.

A transmissão do som ocorre não somente pela divisória entre os ambientes, mas também por uma série de outros atalhos laterais como as janelas, como se pode observar no esquema da

Figura 2.5. O volume e superfícies, deste ambiente podem influenciar na maior ou menor distribuição dos sons, tornando o aspecto físico complexo para o estudo de conforto acústico. Quando uma fonte sonora incide sobre uma superfície parte de sua energia é refletida, parte absorvida e parte transmitida.

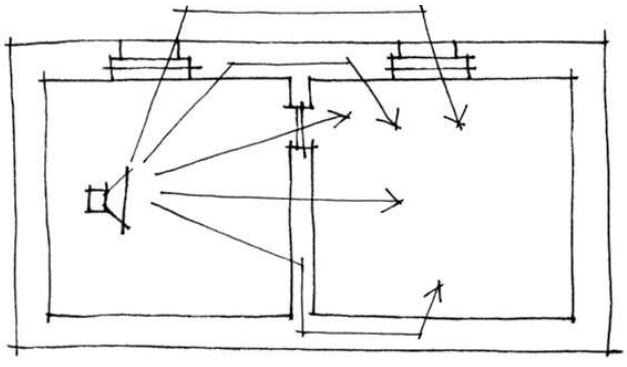


Figura 2.5 – Transmissão sonora entre salas (SZOKOLAY, 1980)

Szokolay (1980) coloca que em um ambiente com volume de até 300m³ uma voz pode ser escutada sem dificuldades e não se faz necessário tratamento diferenciado das superfícies. No entanto se um das dimensões do ambiente for menor que 8,5m [7] pode ser gerada ressonância devido ao surgimento de ondas estacionárias principalmente entre superfícies paralelas.

## 2.4. CONFORTO LUMÍNICO

Para que exista conforto visual, é necessário que se possibilitem condições mínimas de iluminação para a realização de atividades visuais, com acuidade e precisão. Isso indica que o usuário não deve fazer grandes esforços e não sofrer riscos a visão (LAMBERTS *et. al.,* 1997). Iluminação inadequada pode causar desconforto e fadiga visual, dor de cabeça, ofuscamento, redução da eficiência visual ou mesmo acidentes.

As edificações atuais, além da iluminação natural, contam também com a iluminação artificial, sendo que, em muitos casos, prevalece a utilização da luz artificial. Iluminação artificial é também um dos sistemas que mais consome energia no ambiente construído, de acordo com Pereira e Souza (2000). Desta forma, os sistemas de iluminação natural deveriam ser melhor utilizados. No entanto, não são utilizados de maneira efetiva, no combate ao desperdício de energia elétrica, de acordo com Ghisi e Lamberts (1997). Ou seja, muitas edificações operam constantemente com iluminação artificial.

Segundo EPRI (1993), deve-se avaliar a utilização de iluminação natural na concepção do projeto, levando em consideração a variação diária e sazonal de luz, com o objetivo de fornecer iluminação natural, por maior tempo possível e com menor carga térmica. A boa iluminação, de acordo com Lamberts *et. al.* (1997), deve ter correto direcionamento e intensidade no local de trabalho e, ainda, proporcionar boa resolução de cores, sem ofuscamento.

A iluminação natural insere menor carga térmica no ambiente que a iluminação artificial, de acordo com Pereira (1992), o que acarreta uma redução de carga de instalação de sistemas de condicionamento de ar, quando necessários. Espaços com iluminação natural, de acordo com Caddet (*apud* Ghisi e Lamberts 1997), apresentam de 30% a 70% de economia de energia de iluminação.

[7] Dimensão da metade do comprimento de onda da menor frequência audível.

Os projetos luminotécnicos devem ser elaborados de forma a utilizar potencialmente a luz natural, sendo a luz artificial utilizada apenas para suprir necessidades de iluminação, que a luz natural não foi capaz de suprir.

### 2.4.1. Percepção Humana

A luz é recebida pelo olho humano e este pode se adaptar a uma larga escala de condições luminosas, de acordo com Szokolay (1980), primeiramente, pela regulação de abertura da pupila e segundo pela mudança de sensibilidade da retina, composta por dois tipos de terminações nervosas, isto é, cones e bastonetes. Os cones operam apenas em boas condições de luz e respondem a quantidade e qualidade da luz, enquanto os bastonetes são mais sensíveis que os cones e reagem à quantidade de luz, podendo responder a quantidades mínimas. Na Figura 2.6 é ilustrada a estrutura destas terminações nervosas.

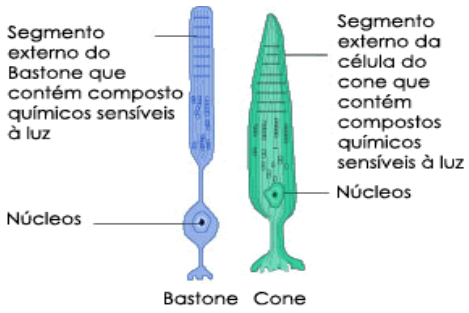



Figura 2.6 – Bastonete e Cone

É de grande importância, para a visão humana, a adequação da iluminação, requerimento que depende da natureza da tarefa, contraste e minúcia do detalhe do objeto. De acordo com Szokolay (1980), as iluminâncias recomendadas dependem, não só dos aspectos citados anteriormente, mas, também, de aspectos sócio-culturais e econômicos, fatores que geram uma ampla variação nas recomendações de iluminância. A Tabela 2.2 trás alguns exemplos.

Tabela 2.2 – Recomendações de iluminância em lux (SZOKOLAY, 1980)

| | Escritórios de desenho tarefas razoavelmente severas | Tarefas excepcionalmente severas |
|---|---|---|
| RUSSIA | 50 – 150 | 150 - 300 |
| HUNGRIA | 150 – 300 | 300 – 500 |
| REINO UNIDO | 600 | 2.000 – 3.000 |
| EUA | 1.500 | 5.000-10.000 |

Fatores primordiais que influem na quantidade de iluminação são a idade da pessoa que a utiliza, e a dificuldade e complexidade da tarefa a ser executada. Desta forma, quanto maior

a idade da pessoa e a complexidade da tarefa a ser desenvolvida, maior deverá ser o nível de iluminação.

Apesar de a iluminância ser o principal fator influenciador no conforto visual, Szokolay (1980) destaca que somente uma correta iluminância não significa, obrigatoriamente, boa iluminação. Esta irá depender de outros aspectos influenciadores, como distribuição de iluminância e ausência de ofuscamento, direcionalidade, aparência e interpretação da cor, e efeitos psicológicos ou estéticos.

### 2.4.2. Iluminância de Interiores

Segundo Szokolay (1980), a iluminância é o produto da medida do processo de iluminação de uma superfície e a sua unidade de medida é o lux (lx). A norma NBR 5413 (ABNT, 1992) rege as especificações de iluminância de Interiores brasileiras e estabelece que os níveis de iluminância devem ser medidos no campo de trabalho, que é definido como “a região onde exigem-se condições de iluminância apropriadas ao trabalho visual a ser realizado”. Quando não definido o campo de trabalho, será adotado o plano horizontal, a 75 cm do piso. Se avaliado em um único ponto, a iluminância, no restante do ambiente, não deve ser inferior a 1/10 da adotada para o campo de trabalho, mesmo que haja recomendação para valor menor. A NBR 5413 coloca as luminâncias mínimas a serem alcançadas, de acordo com a função e tipos de tarefas visuais a serem desenvolvidas no ambiente, que são classificadas em três grupos. Na Tabela 2.3 são apresentados os índices de iluminância, por grupo de tarefas visuais, e para cada tipo de atividade são apresentadas três graduações de iluminância.

Tabela 2.3 – Índices de iluminância por grupos de tarefas visuais (NBR 5413/92)

| Classe | Iluminância (lux) | Tipo de atividade |
|---|---|---|
| A<br>Iluminação geral para áreas usadas interruptamente ou com tarefas visuais simples | 20 – 30 – 50 | Áreas públicas com arredores escuros |
| | 50 – 75 – 100 | Orientação simples para permanência curta |
| | 100 – 150 – 200 | Recintos não usados para trabalho contínuo; depósitos |
| | 200 – 300 – 500 | Tarefas com requisitos visuais limitados, trabalho bruto de maquinaria, auditórios |
| B<br>Iluminação geral para áreas de trabalho | 500 – 750 – 1000 | Tarefas com requisitos visuais normais, trabalho médio de maquinaria, escritórios |
| | 1000 – 1500 – 2000 | Tarefas com requisitos especiais, gravação manual, inspeção, indústria de roupas |
| C<br>Iluminação adicional para tarefas visuais difíceis | 2000 – 3000 – 5000 | Tarefas visuais exatas e prolongadas, eletrônica de tamanho pequeno |
| | 5000 – 7500 – 10000 | Tarefas visuais muito exatas, montagem de microeletrônica |
| | 10000 – 15000 – 20000 | Tarefas visuais muito especiais, cirurgia |

A quantidade ideal de lux, entre as três apresentadas para cada tipo de atividade, será definida em função de fatores característicos da tarefa e do observador, tais como a idade, a velocidade, a precisão e a refletância do fundo da tarefa. Cada um destes fatores recebe um peso, como demonstra a Tabela 2.4, para que com o resultado da soma destes possa-se definir qual das três quantidades de lux da Tabela 2.3 deve ser adotada. Desta forma, quando o resultado for igual a -2 ou -3 deve-se usar a iluminância inferior do grupo e quando o resultado for +2 ou +3 a iluminância superior, e para os demais valores a iluminância média.

Tabela 2.4 – Fatores determinantes da iluminância adequada (NBR 5413/92)

| Características da tarefa e do observador | Peso | | |
|---|---|---|---|
| | -1 | 0 | +1 |
| Idade | Inferior a 40 anos | 40 a 55 anos | Superior a 55 anos |
| Velocidade e precisão | Sem importância | Importante | Crítica |
| Refletância do fundo da tarefa | Superior a 70% | 30 a 70% | Inferior a 30% |

Valores de iluminância específicos para cada tipo de edificação, também são abrangidos na NBR 5413. Como esta pesquisa aborda a avaliação de conforto em ambiente escolar, a seguir estão destacados, na Tabela 2.5, os valores referentes a este tipo de edificação. Tais índices não são rígidos quanto ao limite superior. Cabe assim, ao projetista, analisar as necessidades de superar o valor normativo.

Tabela 2.5 – Índices de iluminância para ambientes escolares (NBR 5413/92)

| Ambiente | Iluminância (lux) |
|---|---|
| Salas de aulas | 200 - 300 - 500 |
| Quadros negros | 300 - 500 - 750 |
| Salas de trabalhos manuais | 200 - 300 - 500 |
| Laboratórios: | |
| Geral | 150 - 200 - 300 |
| Local | 300 - 500 - 750 |
| Anfiteatros e auditórios: | |
| Platéia | 150 - 200 - 300 |
| Tribuna | 300 - 500 - 750 |
| Sala de desenho | 300 - 500 - 750 |
| Sala de reuniões | 150 - 200 - 300 |
| Salas de educação física | 100 - 150 - 200 |
| Costuras e atividades semelhantes | 300 - 500 - 750 |
| Artes culinárias | 150 - 200 - 300 |

### 2.4.3. Fontes de Luz

Como luz natural define-se aquela originada pela totalidade do céu encoberto, que ,segundo Szokolay (1980), atua como difusor da luz direta do sol, como está ilustrado no céu da

Figura 2.7. Por outro lado, a luz que chega diretamente do sol é denominada luz solar, como ilustra a Figura 2.8.

Figura 2.7– Luz Natural

Figura 2.8 – Luz Solar

A luz natural pode ser quantitativamente manipulada de duas maneiras: através do uso de quantidades luminosas, fluxo iluminância, ou com o uso de valores relativos, o fator de luz diurna (*Daylight factor*). De acordo com Lamberts *et. al.* (1997), a luz natural é qualitativamente superior à luz artificial, pois permite mais tolerância na variação de seu nível de iluminação.

### 2.4.4. Características da Edificação

Os aspectos físicos da edificação terão grande influência, devido às suas superfícies, que propiciarão reflexão ou absorção de luz, sendo que as superfícies claras refletem e as escuras absorvem. Lamberts *et. al.* (1997) colocam que ambientes utilizados pelo homem necessitam de luz abundante, com algumas exceções. Desta forma, as superfícies mais reflexivas se tornam mais propícias, à maioria dos ambientes. Esta reflexão gerada pelas superfícies deve ser adequadamente trabalhada, uma vez que o excesso pode gerar ofuscamento nos planos de trabalho e consequente stress e desconforto visual.

O risco de um observador estar exposto a um ofuscamento pode ser avaliada como uma condição ambiental. O ofuscamento acontece pelo excesso de iluminância, dentro do campo de visão, e este aumenta se a área aparente de sua fonte for maior.

## 2.5. NBR 15.575 (2010) – NORMA PARA EDIFÍCIOS HABITACIONAIS DE ATÉ CINCO PAVIMENTOS

Dentre os pontos abordados pela norma NBR 15575 (ABNT, 2010), alguns são de notada importância para o desenvolvimento desta pesquisa. Julgou-se, então, necessário analisar estes aspectos de forma mais detalhada. A NBR 15575 trata de aspectos de Desempenho de Edifícios Habitacionais de até cinco pavimentos, e entrou em vigor em 12 de junho de 2010. Ela representa um passo importante na boa prática da construção civil, propiciando edificações com melhor desempenho, o que inclui um melhor conforto aos usuários. Ela

traz, em seu corpo requisitos e critérios de desempenho, que são aplicáveis ao edifício habitacional como um todo e também permite que sejam avaliados um ou mais sistemas de forma isolada. Compõe-se por seis partes. A primeira traz os requisitos gerais; a segunda, trata dos requisitos para o sistema estrutural; a terceira, dos requisitos do sistema de pisos internos; a quarta, dos requisitos do sistema de vedações verticais externas; a quinta, dos requisitos de cobertura e a sexta dos sistemas hidro-sanitários.

Como pressupostos para atingir o adequado desempenho são elencadas algumas exigências dos usuários, que devem ser atendidas. Estas se dividem em três grupos: Segurança, Habitabilidade (onde estão inseridos os fatores relativos aos confortos térmico, acústico e lumínico) e Sustentabilidade. Como métodos de avaliação do desempenho, são utilizados, tanto ensaios laboratoriais, quanto ensaios de campo, inspeções e simulações.

### 2.5.1. Desempenho térmico

Para atender às exigências dos usuários, nas questões de desempenho térmico, a NBR 15575 indica que deve ser considerada, como norteadora a NBR 15220 (ABNT, 2005), mais especificamente a parte 3 desta norma, que trata do Zoneamento bioclimático Brasileiro.

A NBR 15220-3:2005 divide o clima brasileiro em oito zonas, como pode ser visualizado na Figura 2.9, e apresenta a classificação climática de 330 cidades brasileiras, em seu Anexo A. Considera como parâmetros e condições de conforto: tamanho de aberturas para ventilação, proteção de aberturas, vedações externas (tipo de parede externa e cobertura) e estratégias de condicionamento passivo.

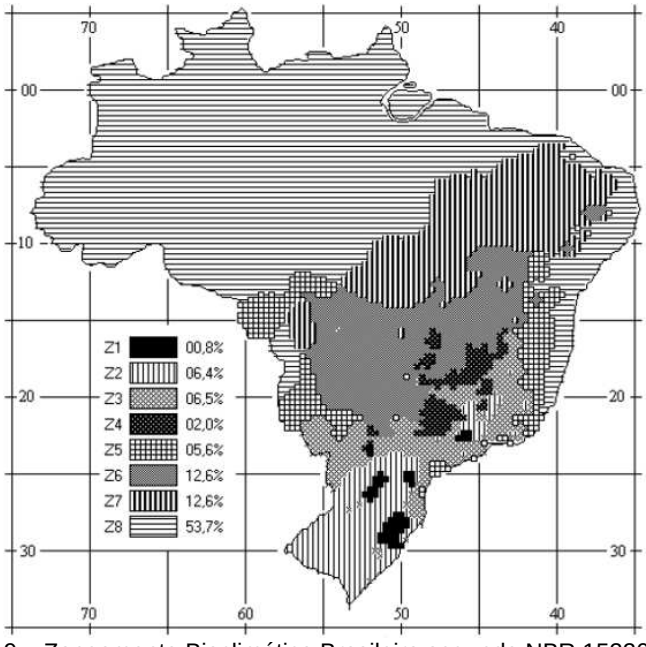
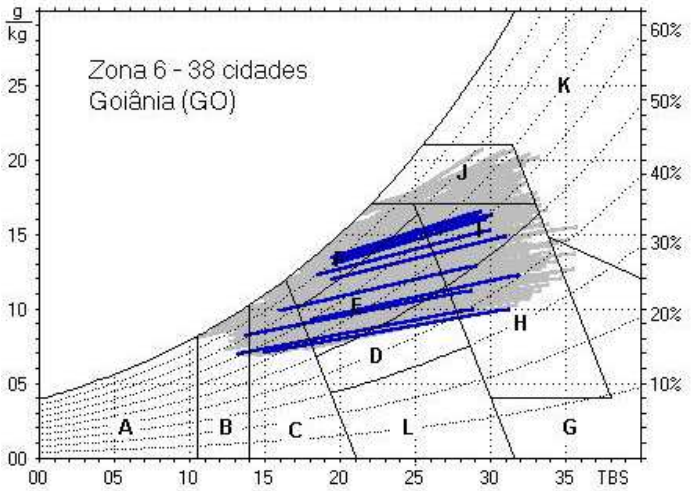



Figura 2.9 – Zoneamento Bioclimático Brasileiro segundo NBR 15220-3 (2003)

Neste zoneamento bioclimático, a cidade de Goiânia encontra-se inserida na zona de número 6, juntamente com mais 38 cidades classificadas. Esta zona tem como recomendações: aberturas para ventilação sombreadas e médias (15% < A < 25%, sendo A a porcentagem de área de piso, de acordo com Ghisi, 2007), vedações externas pesadas e cobertura leve e isolada.

As estratégias a serem adotadas são dadas através de uma carta Bioclimática, que foi desenvolvida a partir da carta de Givoni[8] e que está ilustrada na Figura 2.10, sendo destacado, em azul, as normais que representam o comportamento térmico para a cidade de Goiânia. No Verão, são recomendados o resfriamento evaporativo (H), que é o processo onde o meio cede calor para que a água evapore; o uso de massa térmica, para resfriamento (H+I), que consiste na utilização da inércia térmica de uma construção para controlar a amplitude térmica de um ambiente; e ventilação seletiva (I+J); enquanto, no inverno a recomendação é de vedações internas pesadas (C).




A – Zona de aquecimento artificial (calefação)
B – Zona de aquecimento solar da edificação
C – Zona de massa térmica para aquecimento
D – Zona de Conforto Térmico (baixa umidade)
E – Zona de Conforto Térmico
F – Zona de desumidificação (renovação do ar)
G + H – Zona de resfriamento evaporativo
H + I – Zona de massa térmica de refrigeração
I + J – Zona de ventilação
K – Zona de refrigeração artificial
L – Zona de umidificação do ar

Figura 2.10 – Carta Bioclimática relativa a Zona 6 (NBR 15220-3:2005)

Os procedimentos, para a avaliação da adequação das habitações às Zonas climáticas, estabelecidas na NBR 15220-3 (ABNT, 2005), são três:

> "**Procedimento 1** – Simplificado: verificação do atendimento aos requisitos e critérios para fachadas e coberturas, estabelecidos nas Partes 4 e 5, para os sistemas de vedação e para os sistemas de cobertura, respectivamente; **Procedimento 2** – Simulação: verificação do atendimento aos requisitos e critérios estabelecidos nesta Parte 1 da Norma, por meio de simulação computacional do desempenho térmico do edifício; **Procedimento 3** – Medição: verificação do atendimento aos requisitos e critérios estabelecidos nesta Parte 1 da Norma, por meio da realização de medições em edificações ou protótipos construídos."
>
> (NBR 15220-3:2005)

[8] Comfort, climate analysis and building design guidelines". Energy and Building, vol.18, july/92

Durante o verão, a norma exige que as temperaturas, no interior das edificações, se apresentem menores ou iguais ao do ambiente externo. No caso de Goiânia, como a maior parte do ano possui altas temperaturas, comparadas ao verão de outras localidades, essa será a principal exigência. Quando o inverno é rigoroso, as temperaturas internas devem ser maiores que as externas. Estes critérios serão avaliados *in loco* ou por simulação computacional.

### 2.5.2. Desempenho acústico

Segundo a NBR 15575 (ABNT, 2010), três requisitos devem ser cumpridos para se atingir o conforto acústico em edifícios habitacionais de até cinco pavimentos. O primeiro, diz respeito às vedações externas da edificação, que devem isolá-la dos ruídos aéreos externos. Como critério para este primeiro requisito são utilizados os limites de estímulos sonoros especificados na NBR 10151 – Avaliação do ruído em áreas habitacionais visando o conforto da comunidade (ABNT, 2000). Esta norma apresenta o procedimento de avaliação, bem como os limites toleráveis, de acordo com o local e o período do dia. Na Tabela 2.6 são apresentados os níveis de critério de avaliação para ambientes externos.

Tabela 2.6 – Nível de critério de avaliação para ambientes externos – NBR 10151 (ABNT, 2000)

| **Tipos de Áreas** | **Diurno (dB)** | **Noturno(dB)** |
|---|---|---|
| Áreas de sítios e fazendas | 40 | 35 |
| Área estritamente residencial urbana ou de hospitais ou de escolas | 50 | 45 |
| Área mista, predominantemente residencial | 55 | 50 |
| Área mista, com vocação comercial e administrativa | 60 | 55 |
| Área mista, com vocação recreacional | 65 | 55 |
| Área predominantemente industrial | 70 | 60 |

O segundo requisito, abrange a isolação acústica interna, ou seja, entre ambientes e andares do edifício. Este requisito possui dois critérios: a isolação ao som aéreo, entre pisos e paredes internas, e a isolação ao som aéreo, do envoltório da habitação. Desta maneira, requer-se que estes propiciem privacidade acústica, assegurando a inteligibilidade da comunicação verbal em ambientes adjacentes. Na avaliação da isolação do som aéreo em pisos, deve-se atender ao índice de redução sonora ponderada para pisos, conforme indicado na Tabela 2.7.

Tabela 2.7 – Critérios de diferença de nível ponderada – NBR 15575-3 (ABNT, 2010)

| **Elemento** | **Campo $D_{nT,w}$ dB** | **Laboratório $R_w$ dB** |
|---|---|---|
| Piso de unidade habitacional, posicionado sobre áreas comuns, como corredores | 35 | 40 |
| Piso separando unidades habitacionais autônomas (piso separando unidades habitacionais posicionadas em pavimentos distintos) | 40 | 45 |

A NBR 15575-3 coloca que, para se estabelecer o nível de desempenho das vedações externas, é necessário considerar o ruído de fundo do local onde será implantada a edificação, para que estes sejam compatíveis. O principal objetivo de desempenho acústico para as vedações externas é proporcionar isolamento dos ruídos produzidos no exterior para o meio interno. É, também, necessário que no interior da edificação, entre as variadas dependências e entre unidades distintas, se cumpra o requisito de isolação acústica, mantendo os ruídos dentro dos níveis admitidos na habitação. A avaliação de isolamento acústico das vedações externas e paredes internas pode ser feita por três formas: método de laboratório, método de engenharia e método simplificado de campo e o critério de avaliação é a NBR 10152 – Avaliação de ruído ambiente em recintos de edificações, visando o conforto dos usuários (ABNT, 1987). Esta norma apresenta os níveis de ruído ambiente, de acordo com o uso do recinto e avaliação é feita por comparação com os valores constantes na Tabela 2.8.

Tabela 2.8 – Níveis de ruído ambiente de acordo com o uso – NBR 10152 (ABNT, 1987)

| **Locais** | **Nível de ruído ambiente dB(A)** |
|---|---|
| Hospitais | |
| Apartamentos, Enfermarias, Berçários, Centros cirurgicos | 35 – 45 |
| Laboratórios, Áreas para uso do público | 40 – 50 |
| Serviços | 45 – 55 |
| Escolas | |
| Bibliotecas, Salas de música, Salas de desenho | 35 – 45 |
| Salas de aula, Laboratórios | 40 – 50 |
| Circulação | 45 – 55 |
| Hotéis | |
| Apartamentos | 35 – 45 |
| Restaurantes, Salas de Estar | 40 – 50 |
| Portaria, Recepção, Circulação | 45 – 55 |
| Residências | |
| Dormitórios | 35 – 45 |
| Salas de Estar | 40 – 50 |
| Auditórios | |
| Salas de concertos, Teatros | 30 – 40 |
| Salas de conferências, Cinemas, Salas de uso múltiplo | 35 – 45 |
| Restaurantes | 40 -50 |
| Escritórios | |
| Salas de reunião | 30 – 40 |
| Salas de gerência, Salas de projetos e de administração | 35 – 45 |
| Salas de computadores | 45 – 65 |
| Salas de mecanografia | 50 - 60 |
| Igrejas e Templos (Cultos meditativos) | 40 – 50 |
| Locais para esporte | |
| Pavilhões fechados para espetáculos e atividades esportivas | 45 – 60 |

O valor inferior da faixa ilustrada na Tabela 2.8 indica o nível ideal, enquanto o valor superior indica o nível aceitável. Em destaque estão os níveis de ruído ambiente adequados para escolas.

São, ainda, apresentados na NBR 15575 alguns índices de redução sonora recomendados para determinados elementos, como fachadas, vedações externas de dormitórios e paredes internas em geral, como exemplifica a Tabela 2.9.

Tabela 2.9 – Valores recomendados da diferença padronizada de nível ponderada entre ambientes, $D_{nT,w}$, para ensaio de campo – NBR 15575 (ABNT, 2010)

| **Elemento** | **$D_{nT,w}$ (1) dB** |
|---|---|
| Parede de salas e cozinhas entre uma unidade habitacional e áreas comuns de trânsito eventual, como corredores, halls e escadaria nos pavimentos-tipo | 30 a 34 |
| Parede de dormitórios entre uma unidade habitacional e corredores, halls e escadaria nos pavimentos-tipo | 40 a 44 |
| Parede entre uma unidade habitacional e áreas comuns de permanência de pessoas, atividades de lazer e atividades esportivas, como *home theater*, salas de ginástica, salão de festas, salão de jogos, banheiros e vestiários coletivos, cozinhas e lavanderias coletivas | 45 a 49 |
| Parede entre unidades habitacionais autônomas (parede de geminação) | 40 a 44 |
| (1) Admite-se uma incerteza de ± 2 dB na medição de *D*nT,w. | |

Para a atenuação de ruídos de impacto transmitidos pelos pisos, a NBR 15575-3 estabelece, como critério, que o piso apresente o nível de pressão de impacto padronizado ponderado ($L'_{nT,w}$) menor que 80 dB.

## 2.5.3. Desempenho Lumínico

Para se atingir satisfatório desempenho lumínico, a NBR 15575 requer condições de iluminação natural adequadas, em todos os ambientes do edifício, durante o dia, bem como condições de iluminação artificial, que propiciem ocupação dos recintos e circulação nos ambientes com conforto e segurança.

A avaliação é feita por comparação com os níveis de iluminamento natural recomendados na norma, e são também especificadas oito premissas de projeto, para ambientes com iluminação natural:

1- Disposição dos cômodos

2- Orientação geográfica da edificação

3- Dimensionamento e posicionamento de aberturas

4- Tipo de janela e de envidraçamento

5- Rugosidade de paredes, tetos e pisos

6- Poços de ventilação e iluminação

7- Domus de iluminação

8- Influência de interferências externas (construções vizinhas, por exemplo)

Para iluminação artificial, é exigido o mínimo de 50 lux para as áreas de circulação e o mínimo de 100 lux para os demais ambientes.

## 2.6. COMPORTAMENTO CLIMÁTICO DA REGIÃO DE GOIÂNIA

As associações atmosféricas médias, de uma determinada região, formam o que é denominado clima (ROLIM *et. al.*, 2007). Como foi descrito anteriormente, as características climáticas influenciam a maioria das atividades humanas e, o local de implantação da edificação e são determinantes para o conforto ambiental, que esta apresentará.

A seguir serão apresentados alguns aspectos climáticos relativos à região da cidade de Goiânia, necessários para a análise ambiental dos estudos de caso desse trabalho.

### 2.6.1. Geografia e Clima

Geograficamente a cidade de Goiânia está localizada na latitude 16° 40’ 24” sul, na longitude 49° 16’ 29” oeste, à cerca de 750 m acima do nível do mar. Tem, como importante característica, sua continentalidade, ressaltando assim a distância desta até a região litorânea brasileira (Oceano Atlântico).

Possui um regime pluviométrico bem definido assim como a predominância de direção dos ventos, o que se deve em grande parte à regularidade no processo cíclico dos deslocamentos das massas de ar. Segundo Fernandes (2006), existe uma estação chuvosa, que possui 5 meses com precipitação média de 200 mm mensais e um estação seca onde 3 meses tem precipitação mediana para a região entre 10 mm e 50 mm e 2 meses tem precipitação inferior a 10 mm, o que pode ser considerada baixo para essa região.

### 2.6.2. Classificação climática de Köppen-Geiger

Mais conhecido como sistema da classificação climática (SCC) de Köppen, este sistema é um dos mais abrangentes e parte do pressuposto de que a vegetação natural é a melhor expressão do clima que prevalece em uma região. São ainda consideradas a sazonalidade,

bem como valores médios anuais e mensais da temperatura do ar, e precipitação. O SCC de Köppen é amplamente utilizado em sua forma original ou com aperfeiçoamentos que foram realizados, pelo próprio autor, com a colaboração de Rudolf Geiger em 1918, 1928 e 1936 (CAMARGO et. al., 2007).

Tabela 2.10 – Sistema de Classificação Climática de Köppen (Rubel; Kottek, 2010)

| | |
|---|---|
| **A** | |
| Clima tropical — climas megatérmicos das regiões tropicais e subtropicais | |
| Af | clima tropical úmido ou clima equatorial |
| Am | clima de monção |
| Aw | clima tropical com estação seca de Inverno |
| As | clima tropical com estação seca de Verão |
| **B** | |
| Clima árido — climas das regiões áridas e dos desertos das regiões subtropicais e de média latitude. | |
| BS: clima das estepes | BSh : clima das estepes quentes de baixa latitude e altitude |
| | BSk : clima das estepes frias de média latitude e grande altitude |
| BW: clima desértico | BWh : clima das regiões desérticas quentes de baixa latitude e altitude |
| | BWk : clima das regiões desérticas frias das latitudes médias ou de grande altitude |
| **C** | |
| Clima oceânico — climas das regiões oceânicas e marítimas e das regiões costeiras ocidentais dos continentes | |
| Cf : clima temperado úmido sem estação seca | Cfa : clima temperado úmido com Verão quente |
| | Cfb : clima temperado úmido com Verão temperado |
| | Cfc : clima temperado úmido com Verão curto e fresco |
| Cw : clima temperado úmido com Inverno seco | Cwa : clima temperado úmido com Inverno seco e Verão quente |
| | Cwb : clima temperado úmido com Inverno seco e Verão temperado |
| | Cwc : clima temperado úmido com Inverno seco e Verão curto e fresco |
| Cs : clima temperado úmido com Verão seco (clima mediterrânico) | Csa : clima temperado úmido com Verão seco e quente |
| | Csb : clima temperado úmido com Verão seco e temperado |
| | Csc : clima temperado úmido com Verão seco, curto e fresco |
| **D** | |
| Clima continental ou climas temperados frios — clima das grandes regiões continentais de média e alta latitude | |
| Df : clima temperado frio sem estação seca | Dfa : clima temperado frio sem estação seca e com Verão quente |
| | Dfb : clima temperado frio sem estação seca e com Verão temperado |
| | Dfc : clima temperado frio sem estação seca e com Verão curto e fresco |
| | Dfd : clima temperado frio sem estação seca e com Inverno muito frio |
| Dw : clima temperado frio com Inverno seco | Dwa : clima temperado frio com Inverno seco e com Verão quente |
| | Dwb : clima temperado frio com Inverno seco e com Verão temperado |
| | Dwc : clima temperado frio com Inverno seco e com Verão curto e fresco |
| | Dwd : clima temperado frio com Inverno seco e muito frio |
| **E** | |
| Clima glacial — clima das regiões circumpolares e das altas montanhas | |
| ET | clima de tundra |
| EF | clima das calotes polares |
| EM | clima das altas montanhas |

Este SCC divide os climas em cinco grandes grupos, que são representados por letras maiúsculas na classificação, enquanto os subgrupos que indicam temperatura e precipitação,são representados por uma segunda ou até uma terceira letra, como pode ser observado na Tabela 2.10.

Aproximadamente 92% do território brasileiro encontra-se acima do trópico de Capricórnio, onde predominam as zonas de clima tropical (Figura 2.11), restando, assim, às regiões sul e o sul do Estado de São Paulo localizados, segundo a classificação original de Köppen, na zona temperada. O extenso litoral brasileiro propicia o clima úmido em grande parte do território. No entanto, os estados localizados mais no interior do continente e desprovidos de litoral como Goiás, Tocantins, Minas Gerais podem apresentar clima mais seco.

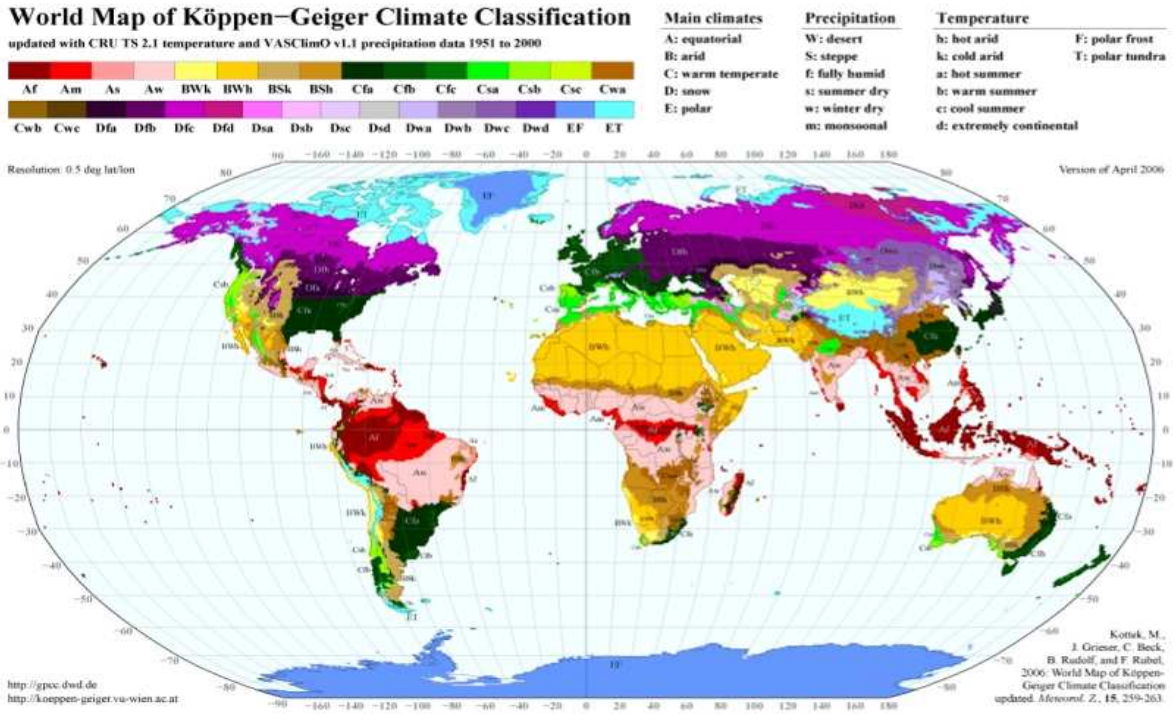



Figura 2.11 - Mapa de Classificação Climática Mundial de Köppen
Fonte: Rubel; Kottek (2010)

Existe uma adaptação do SCC de Köppen, para o Brasil que pode ser visto na Figura 2.12, onde acima do trópico de Capricórnio tem-se uma área vasta com as zonas Cwa, que adaptado ao Brasil é denominado como subtropical, e tem, como característica, chuvas de verão e verões rigorosos, e uma pequena parte como Cwb, que seria subtropical de altitude, no entanto com chuvas de verão e verões brandos. O clima subtropical pode ser entendido como uma transição entre os climas tropicais, mais quentes, e os climas mais frios como os temperados.

Com esta distribuição de classificações torna-se possível confirmar o que é descrito por Fernandes (2006), afirmando assim que a região da cidade de Goiânia encontra-se sobre uma linha imaginária, que divide a zona de clima tropical (Aw: clima tropical com estação seca de Inverno) e a zona de clima subtropical (Cwa: clima subtropical com chuvas de verão e verões rigorosos), como pode ser visto na Figura 2.12. O autor corrobora sua afirmação, com base nos dados climáticos levantados na região, pois existem características bastante peculiares, que impossibilitam a classificação do clima da região de Goiânia, entre quente e úmido e quente e seco.

Figura 2.12 - Classificação de Köppen adaptada para o Brasil
Fonte: Camargo et. al. (2007).

## 2.6.3. Temperaturas

Fernandes (2006) coloca que devem ser tomadas como dados principais de temperatura as chamadas Médias das Máximas, que em Goiânia ocorrem por volta de 3 horas das tarde, e as Médias das Mínimas, que seriam as temperaturas do final da madrugada ainda sem a luz do sol.

A Figura 2.13 ilustra as médias mensais das máximas, médias e mínimas para a cidade de Goiânia no período de um ano. No mês de dezembro a média das máximas fica em torno de 28,2℃, a média mais baixa do ano, enquanto, no mês de setembro este valor é de 32℃, a maior média mensal. Desta forma tem-se que a média das máximas oscila 3,8℃ em média durante um ano. No que diz respeito às temperaturas médias a variação passa a ser de 4,8℃, sendo a mínima em julho de 18,8℃ e a máxima em outubro de 23,6℃. Finalmente na média das mínimas tem-se como mínima 9,8℃ em julho e máxima de 18,2℃ em dezembro e fevereiro, tendo assim variação de 8,4℃ durante o ano.

É interessante notar, ainda, com base do gráfico da Figura 2.13, que a menor média das máximas não ocorre próximo ao solstício de inverno, em junho, mas sim em dezembro, mês do solstício de verão.

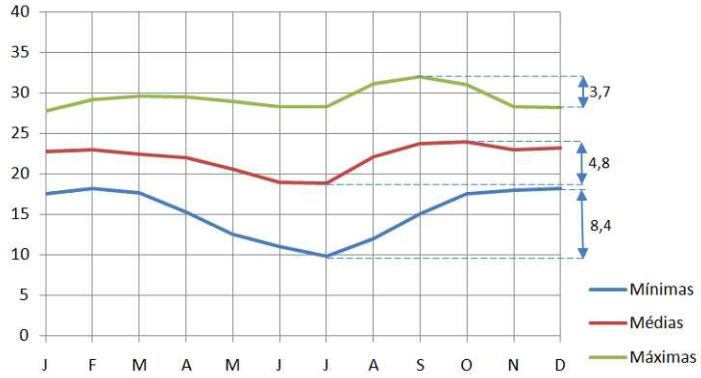



Figura 2.13 - Médias anuais para cidade de Goiânia
Fonte: Adaptado de Fernandes (2006)

Durante todo o ano perdura o calor vespertino, momento em que é mensurada a média das máximas, sendo setembro o mês com maiores temperaturas. No entanto nos meses considerados de seca a média das mínimas atinge sua menor temperatura durante a madrugada. Conclui-se, então, que os meses de seca no decorrer do ano são aqueles que possuem as maiores amplitudes térmicas, diferença entre a média das máximas e médias das mínimas.

O gráfico da Figura 2.14 demonstra que os meses de maio a setembro apresentam as maiores amplitudes térmicas anuais, sendo o mês de agosto o ápice do fenômeno com amplitude térmica registrada de 19℃. É ele também o mês mais seco do ano, de acordo com Fernandes (2006) e pode ser comparado ao de climas desérticos. As menores amplitudes também não podem ser desconsideradas, pois são todas superiores a 10℃.

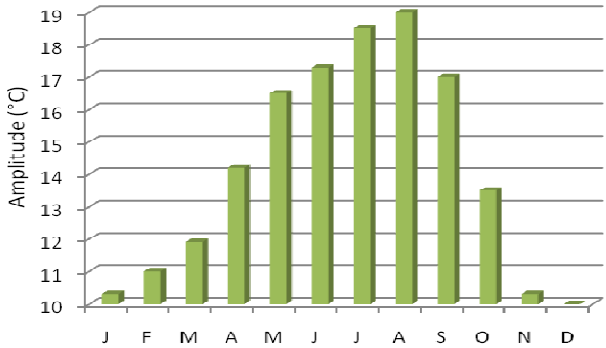



Figura 2.14 - Média da amplitude térmica anual de Goiânia
Fonte: Adaptado de Fernandes (2006)

## 2.6.4. Precipitação Pluviométrica e Umidade Relativa

O regime pluviométrico da cidade de Goiânia é bem definido e configura uma estação de seca e uma de chuva. Entre maio e outubro acontece a estação seca, sendo que, em junho, julho e agosto praticamente não há precipitação pluviométrica como pode ser visto pela queda na curva da precipitação no gráfico da Figura 2.15. Nos meses de maio e setembro

ainda se tem pouca chuva, porém se inicia um aumento gradual destas, até ser atingido seu ápice, nos meses de novembro, dezembro e janeiro. Os demais meses têm uma intensidade razoável de chuvas, que pode ser considerada mediana, fazendo, assim, a transição entre os extremos.

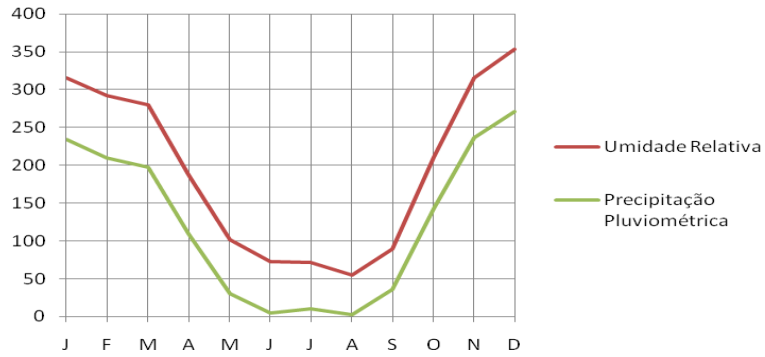



Figura 2.15 - Gráfico de Umidade Relativa e Precipitação Pluviométrica anual de Goiânia
Fonte: Adaptado de Fernandes (2006)

Com um pouco de atraso, a umidade relativa (UR) segue o regime pluviométrico. Enquanto as chuvas diminuem rapidamente, entre abril e maio, a umidade relativa cai lentamente, como pode ser visto pelo maior distanciamento entre as curvas, na Figura 2.15. No entanto, o aumento das chuvas, em outubro e novembro é acompanhado pelo crescimento da UR, que pode ser notado pela aproximação das curvas, no gráfico da Figura 2.15.

Na Tabela 2.11 é apresentado um resumo de umidade relativa e precipitação pluviométrica média para a cidade de Goiânia, durante o período de um ano, apresentados (FERNANDES, 2006). Como esses valores se tratam de médias, logo não demonstram o comportamento ao longo do dia. Ao longo do dia o valor máximo da UR é atingido na madrugada, antes do raiar do sol, momento mais frio do dia, e o valor mínimo no meio da tarde, momento mais quente do dia. Como exemplo, pode ser citado o mês de agosto que apresenta média de 52%, no entanto durante as tardes, a UR deverá estar entre 30% e 35%, e na madrugada alcançará valores em torno de 70%.

Tabela 2.11 - Médias mensais de umidade relativa e precipitação pluviométrica (FERNANDES, 2006)

| | Jan | Fev | Mar | Abr | Mai | Jun | Jul | Ago | Set | Out | Nov | Dez |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Umidade Relativa (%) | 81 | 82 | 82 | 78 | 72 | 68 | 62 | 52 | 54 | 68 | 78 | 82 |
| Prec. Pluviométrica (mm) | 234 | 210 | 198 | 110 | 30 | 5 | 10 | 3 | 36 | 143 | 237 | 271 |

Como foi relatado anteriormente agosto, setembro e outubro costumam ter as tardes mais quentes do ano. No entanto, pela falta de chuvas, tem baixa UR, o que ameniza a sensação térmica de calor. Nestas condições, a maioria do vapor d'água dissipado pelo organismo é rapidamente absorvido pelo ar seco, evitando assim a sensação de pele suada.

## 2.6.5. Condições de Luminosidade do Céu

Serão abordados, neste item, os aspectos de nebulosidade, insolação e radiação solar global do céu da Cidade de Goiânia.

Nebulosidade consiste na fração de céu encoberto por nuvens, quando observado de uma localização em particular, ou ainda, a quantidades de dias encobertos, em um determinado período. Sua medida é dada em porcentagem. Em se tratando da nebulosidade de Goiânia, os maiores valores percentuais registrados ocorrem nos meses das chuvas.

A insolação, por sua vez trata, do tempo de radiação solar direta. Para tanto, sua medida é feita em horas por mês (h/mês), que é diferente da radiação solar global, a qual traz dados da intensidade da energia radiante em plano horizontal e é dada em Watt por metro quadrado (W/m²) e consiste na soma da radiação direta do sol e da radiação difusa, provinda da atmosfera. Em um dia claro, a radiação solar global se compõem de, aproximadamente, 1/10 de radiação difusa e 9/10 de radiação direta. Assim, quanto mais nublado o céu, maior será a componente difusa. O processo continua até que o céu seja totalmente encoberto, tendo, assim, somente a componente difusa. Neste caso, quanto mais brancas forem as nuvens, maior será a radiação difusa, ou mais fraca será, quanto mais escuras forem as nuvens.

Presume-se, em um primeiro momento, que dias mais longos com maior quantidade de duração da luz diurna, teriam, então, valores de insolação e radiação solar maiores. No entanto em Goiânia acontece diferente. O período próximo ao solstício de inverno, com dias mais curtos, é também a estação seca. Desta forma, sem a nebulosidade gerada pelas chuvas, os índices de insolação e radiação solar ficam altos. O contrário acorre no período próximo ao solstício de verão, onde os dias são mais longos, porém com alta nebulosidade o que faz reduzir os níveis de insolação e radiação solar. Na Tabela 2.12, são apresentados os dados relativos a estes comportamentos.

Tabela 2.12 – Médias mensais de Nebulosidade, Insolação e Radiação Solar de Goiânia (FERNANDES, 2006)

| | Jan | Fev | Mar | Abr | Mai | Jun | Jul | Ago | Set | Out | Nov | Dez |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Nebulosidade (%) | 80 | 77 | 74 | 60 | 49 | 43 | 38 | 34 | 50 | 67 | 78 | 80 |
| Insolação (h/mês) | 177 | 162 | 188 | 233 | 267 | 275 | 288 | 299 | 211 | 207 | 178 | 161 |
| Radiação Solar (w/m².dia) | 3285 | 3148 | 2451 | 3120 | 3077 | 2708 | 3301 | 3473 | 3198 | 2871 | 3077 | 3361 |

O sol, no decorrer do ano, varia a inclinação de seu caminho aparente em 47°, o que faz que Goiânia, que se encontra na latitude 16° sul, no mês de dezembro (solstício de verão), tenha fachadas com grande ângulo de incidência do sol (83° em relação ao plano horizontal), o que deixa a radiação a apenas 7° com a fachada, como pode ser visto no corte

na Figura 2.16. Esta situação com o sol mais alto faz com que a radiação penetre menos os ambientes através das aberturas, tornando assim a fachada sul protegida. Outro fator que contribui para esta proteção é a alta nebulosidade (75/80%), baixa insolação (45%) e baixa radiação direta (40%) neste período.

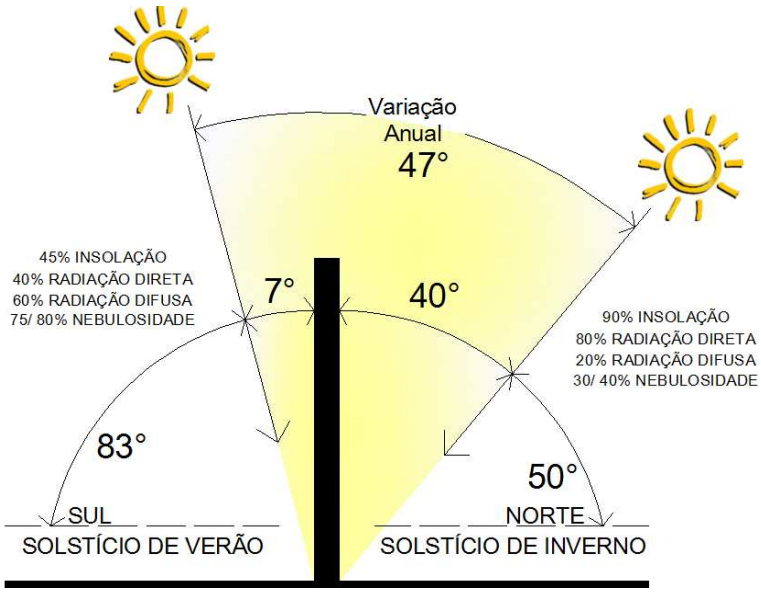



Figura 2.16 - Corte Esquemático de muro com posições do sol em Goiânia, ao meio dia 16°
Fonte: Fernandes, 2006

Durante o solstício de inverno, em junho, este ângulo de incidência é bem menor (50° em relação ao plano horizontal), ou seja, a 40° com a fachada norte, como pode ser visualizado na Figura 2.16. Este fator faz com que a incidência e entrada de raios solares nas fachadas norte seja intensa, agravada, ainda, pela baixa nebulosidade (30/40%), alta insolação (90%) e alta radiação direta (80%).

## 2.6.6. Ventos

Ao longo dos 12 meses do ano, a primeira predominância dos ventos, na cidade de Goiânia, varia entre norte e leste. Neste aspecto mais uma vez destaca-se a dicotomia entre os períodos seco e chuvoso, como pode ser visto na
Tabela 2.13. No período seco, e nos meses com precipitação inferior a 200 mm, a primeira predominância de ventos é leste, enquanto no período chuvoso, nos meses de janeiro, fevereiro, novembro e dezembro que possuem média de precipitação pluviométrica superior a 200 mm, esta predominância passa a ser norte. Os dados apresentados na

Tabela 2.13 foram medidos no aeroporto da cidade, em uma área aberta e com ocupação somente horizontal, ou seja, sem barreiras físicas para o vento, e constituem médias de cinco anos consecutivos de medição realizados por Fernandes (2006).

Tabela 2.13 – Média de predominância e velocidade dos ventos (m/s) para Goiânia (FERNANDES, 2006)

| Predominância | | Jan | Fev | Mar | Abr | Mai | Jun | Jul | Ago | Set | Out | Nov | Dez |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Primeira | Orientação | N | N | E | E | E | E | E | E | E | N | N | N |
| | Velocidade | 3,0 | 3,0 | 3,0 | 3,0 | 3,0 | 3,5 | 3,0 | 3,0 | 3,5 | 3,0 | 2,5 | 2,5 |

| | | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Segunda | Orientação | NNO* | NNE* | ENE* | ENE | S | S | ESE* | ENE | S | NNE | ENE | NNE |
| | Velocidade | 3,0 | 3,0 | 3,5 | 2,5 | 2,5 | 2,5 | 3,0 | 4,0 | 2,0 | 2,5 | 3,0 | 2,5 |

*NNO (nor-noroeste), NNE (nor-nordeste), ENE (lés-nordeste), ESE (lés-sudeste)

A segunda predominância, para sul, e baixa velocidade de ventos, nos meses de maio, junho e setembro, está relacionada com o avanço de frentes frias, que, em alguns momentos alcançam a latitude 16°.

Em geral, todas as médias de velocidade relatadas podem ser consideradas baixas, de maneira que a força do vento não é relevante, a ponto de propiciar a ventilação natural dos ambientes. São necessários, então, esforços do projetista para otimizá-la.

# CAPÍTULO 3
# METODOLOGIA

Para que exista ciência é necessário o emprego de métodos científicos, pois, por meio deles, é que se define a sistemática científica, o que envolve a forma de organização e a comprovação da pesquisa, para que esta se torne preditiva. As novas pesquisas objetivam, sempre, somar no conhecimento científico, tornando assim a ciência cumulativa.

Neste capítulo será explanada a estratégia adotada nesta pesquisa, seguida das especificações quanto à estruturação da mesma, incluindo os métodos utilizados, o delineamento e as fases da pesquisa.

## 3.1. Estratégia de Pesquisa

A estratégia adotada para esta pesquisa é o Estudo de Caso, que pode ser classificado, de acordo com Yin (1994), como um método abrangente, que investiga um tópico empírico, utilizando um conjunto de procedimentos pré-especificados e é capaz de investigar um fenômeno contemporâneo, dentro de seu contexto da vida real, especialmente quando os limites entre fenômeno e o contexto não estão claramente definidos. Permite, assim, compreender fenômenos sociais complexos, preservando as características holísticas e significativas dos acontecimentos reais.

Dentro da classificação dos estudos de caso, podem-se ter aqueles que são únicos, ou seja, onde existe apenas um caso ligado ao contexto, ou aqueles que são múltiplos incorporados, onde se tem um, ou mais casos ligados a um contexto (Figura 3.1). Esta pesquisa se enquadra nesta ultima classificação: Estudo de Caso Múltiplo.

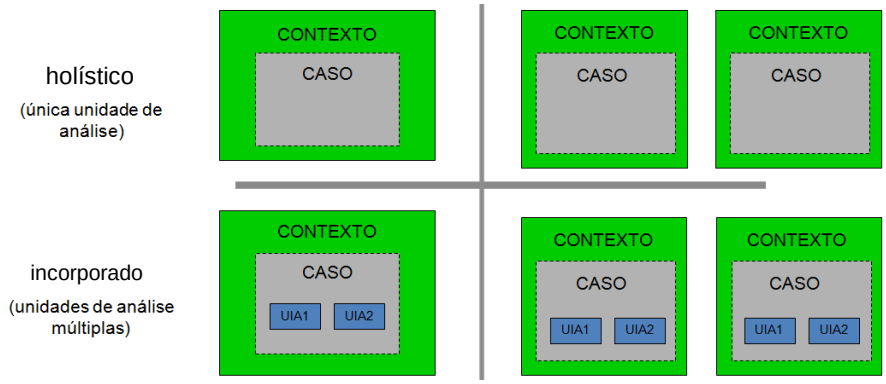



Figura 3.1 – Classificação dos tipos de estudo de caso (YIN, 1994)

Na estratégia de estudo de caso a coleta de evidências, em geral, se utiliza, com mais frequência, de seis variedades: documentação, registros em arquivo, entrevistas, observação direta, observação participante, artefatos físicos. No entanto, nem todas elas são importantes a todos os estudos. No caso específico desta pesquisa, as fontes de evidências foram documentação, entrevistas (do tipo survey formal[9]), observação direta e medições técnicas.

Foram avaliados dois edifícios destinados a salas de aula, da Universidade Federal de Goiás, localizados em Campus diferentes, na cidade de Goiânia, por meio de medições térmicas (temperatura, umidade relativa), lumínicas (nível de iluminância natural e artificial) e acústicas (nível de pressão sonora).

Para elencar as duas edificações trabalhadas nesta pesquisa foram considerados o gabarito, a organização funcional, a tipologia arquitetônica e a localização, entre outros. Foram escolhidos o Bloco B, da Escola de Engenharia Civil (EEC), ilustrada na Figura 3.2, situado no Campus Colemar Natal e Silva, localizado no Setor Leste Universitário, em Goiânia, e o Bloco da Faculdade de Artes Visuais (FAV), que fica no Campus Samambaia, localizado no setor Itatiaia, em Goiânia, e ilustrado na Figura 3.3. Por meio do estudo de caso foram identificadas variáveis e condicionantes atuantes sobre estas edificações, que influenciam no desempenho ambiental. Os dados obtidos foram comparados entre as duas edificações, considerando influências da micro-região da cidade e das características arquitetônicas das edificações.

Figura 3.2 – Bloco de Salas de Aula da Escola de Engenharia Civil (Bloco B) – Maio/2009

[9] Questionários compostos de questões estruturadas, que produzem dados quantitativos, como parte das evidências dos estudos de caso

Figura 3.3 – Edifício da Faculdade de Artes Visuais localizado no Campus Samambaia – Maio/2009

## 3.2. DELINEAMENTO

Na Figura 3.4 está apresentado o delineamento utilizado na pesquisa e cada uma de suas etapas de forma resumida. A revisão bibliográfica ocorreu em paralelo com as demais etapas, orientando e validando as informações coletadas e analisadas.

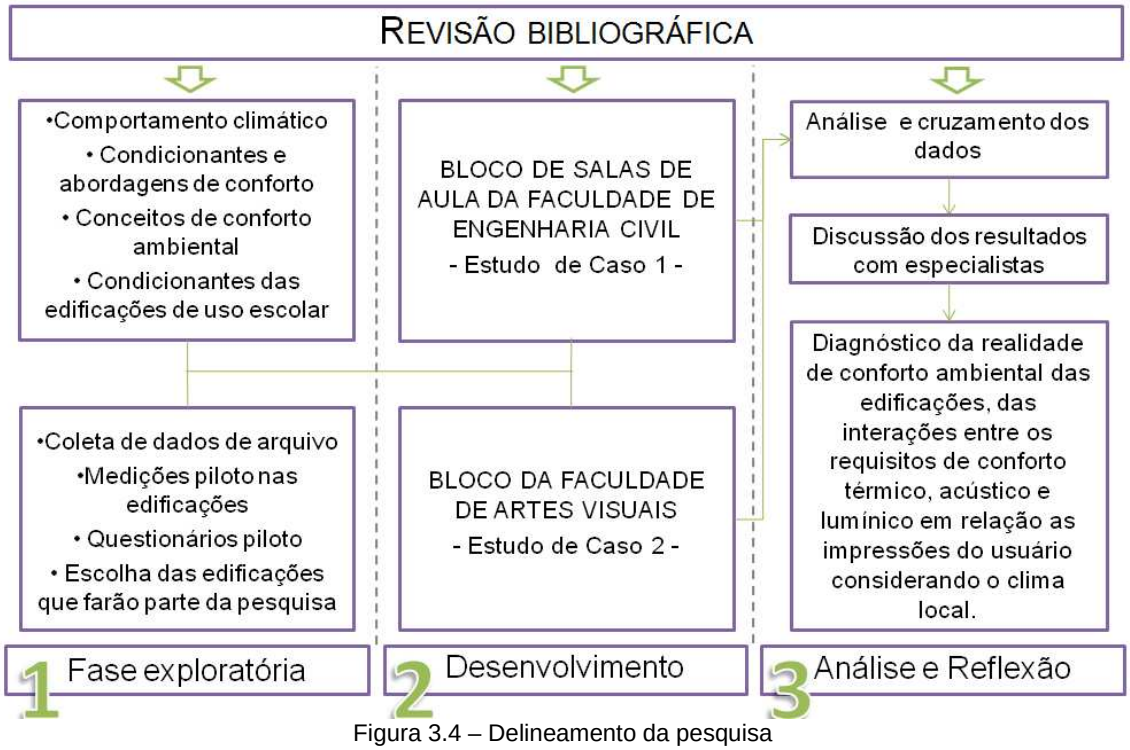



Figura 3.4 – Delineamento da pesquisa

### 3.2.1. Fase Exploratória

Nesta fase foram eleitas as edificações a serem trabalhadas, levantados dados de projeto e de arquivo. Foram levantados, ainda, dados sobre a região de localização de cada uma das edificações e condições climáticas do município de Goiânia.

### 3.2.2. Desenvolvimento

Durante a segunda fase foram realizadas aplicações de questionários aos alunos e professores que utilizam as salas estudadas. Foram feitas, também medições das técnicas dos variáveis de conforto térmico, lumínico e acústico. Na Figura 3.5 pode ser visualizada com maior detalhamento a etapa de desenvolvimento do estudo de caso.

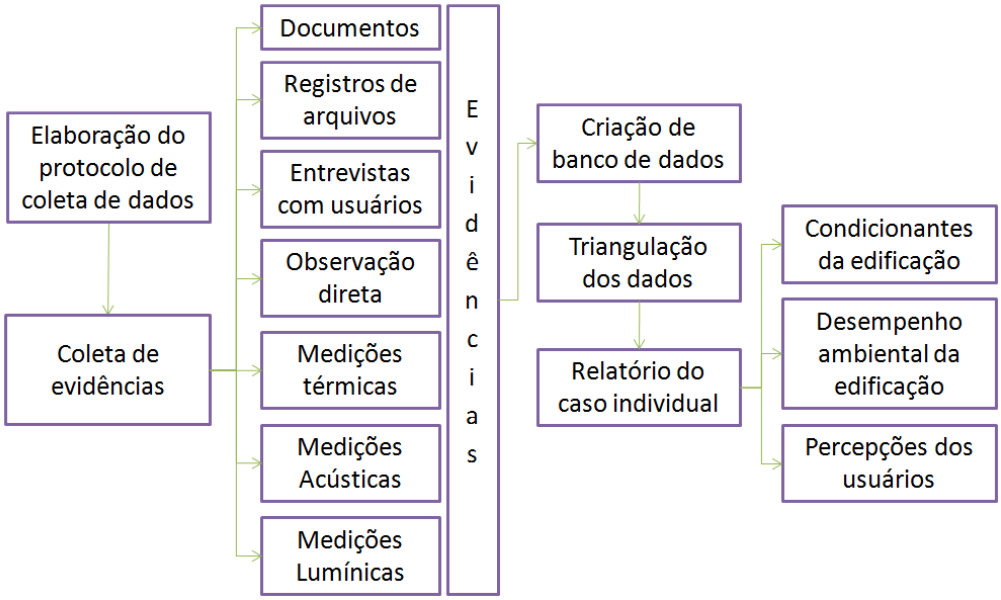



Figura 3.5 – Desenvolvimento do Estudo de Caso

### 3.2.3. Análise e Reflexão

Após a fase de coleta de dados, foi realizado um cruzamento dos dados e informações, obtidos por meio das medições técnicas e dados perceptivos das edificações analisadas.

Identificando-se a situação do desempenho ambiental, bem como os fatores geradores e influenciadores deste quadro, será possível gerar diretrizes que orientem a melhoria na integração do conforto térmico, acústico e lumínico, buscando orientar futuros projetos de edificações escolares, influenciados por características climáticas semelhantes às estudadas.

## 3.3. INSTRUMENTAÇÃO E PARÂMETROS DE AVALIAÇÃO

Na fase exploratória do estudo de caso, foram levantados documentos que tratam da história da Universidade Federal de Goiás e, também, das edificações eleitas para análise. Tais documentos foram obtidos através de pesquisa bibliográfica. Já os registros de arquivos, como histórico da construção das edificações, projetos originais, projetos de reforma foram cedidos pelo Centro de Gestão do Espaço Físico (CEGEF), da UFG. Algumas

informações também foram coletadas através de entrevistas informais com os arquitetos que compõe a equipe do CEGEF. A observação direta ocorreu, tanto previamente ao início das medições técnicas, quanto durante a execução das mesmas. Por meio da observação direta foram coletadas informações sobre hábitos dos usuários, bem como insatisfações relativas ao edifício, que serviram como orientadores para a elaboração dos questionários e para eleição das salas estudadas.

Para o levantamento de dados, a partir das medições técnicas, foram adotadas algumas zonas ou limites de conforto, assim como foram eleitas, em cada bloco, duas salas de aula a serem avaliadas. A seguir são descritos estes limites e os equipamentos que foram utilizados para realizar as medições.

### 3.3.3. Conforto Térmico

Os dados levantados na avaliação de conforto térmico foram e a umidade relativa, temperatura do ar, ambas registradas, de uma em uma hora, por meio, de medidores Data Logger. Foram instalados quatro unidades no Bloco B, da Escola de Engenharia Civil (EEC), sendo um na área externa; um no corredor e dois, no interior de duas salas de aula. Na Faculdade de Artes Visuais (FAV), foram instalados outros quatro medidores, sendo dois externos e dois, no interior de duas salas de aula.

Os Data Logger são de dois canais e registram dados de temperatura, com limites entre -40℃ e 70℃, com precisão de ±1℃, e umidade relati va do ar, entre 0,0% e 100,0%, com precisão de ±5%, que podem ser armazenados na memória do próprio equipamento. A configuração dos Data Loggers é feita através de uma interface de comunicação, conectada à porta USB de um computador, com auxilio do software LogChart II, que permite, além da configuração, a coleta, plotagem, análise e exportação dos registros, que são apresentados pelo software, em formato de tabela ou gráfico.

(a) Data Loggers (b) Interface USB

Figura 3.6 – Equipamentos utilizados nas medições térmicas

Para análise desses dados foi utilizado o diagrama bioclimático, para países em desenvolvimento, elaborado de Givoni (1992), por ser o que melhor reflete as características peculiares do clima brasileiro, dando ,como limites mínimo e máximo de temperatura 18℃ e 29℃ respectivamente, e como limites mínimo e máxim o de umidade relativa, os valores aproximados de 20% e 80%, respectivamente. Foi adotado, ainda, como critério adicional de avaliação, o graus-dia ou graus-hora, que são geralmente utilizados para estimar a energia necessária para refrigeração ou calefação de um ambiente, contribuindo na avaliação do envelope construtivo da edificação, em relação aos valores medidos externamente (GOULART, 1993 *apud* Morello, 2005).

### 3.3.4. Conforto Lumínico

As medições de iluminância ocorreram em dias próximos aos solstícios de inverno e verão, e equinócios de outono e primavera. Foram efetuadas três medições, na parte da manhã (8 horas, 10 horas, 12 horas) e três, no período da tarde (14 horas, 16 horas, 18 horas) seguindo recomendações da NBR 15215-4 – Verificação Experimental das condições de iluminação interna de edificações (ABNT, 2004). Em cada uma das edificações foram medidas duas salas de aula. A altura de coleta da iluminância foi de 75 cm, que corresponde à altura do plano de trabalho dos alunos (carteiras), com o sensor sempre paralelo à superfície avaliada e todas as sombras eliminadas, exceto as inerentes ao ambiente. Foram medidos, ainda, cinco pontos do quadro negro e, também, a iluminação com luz artificial, que é a medida no ponto paralelo ao eixo da luminária, também a 75 cm do piso.

Para realização das medições foram utilizados dois Luxímetros digitais portáteis, dotados de célula com sensor fotométrico, para medição da radiação visível, estando calibrados para apresentar sensibilidade espectral próxima à curva de sensibilidade do olho humano. Este equipamento, ilustrado na Figura 3.7, possui variação de escala entre 0 e 200.000 lux e indica os valores através de seu visor digital. Sua precisão é de ±3%, para valores menores que 10000 lux, e de ±4%, para valores maiores que 10000 lux.

Figura 3.7 – Luxímetro Digital Portátil

Como limites de conforto, foram utilizados os valores fixados pela NBR 5413 – Iluminância de interiores (ABNT, 1992), onde são considerados aspectos, como: idade dos usuários, a velocidade e precisão da tarefa e a interferência de refletâncias e contrastes. A partir dessa norma, chegou-se aos valores mínimos recomendados para a iluminância, que são de 300 lux nas carteiras dos alunos, e de 500 lux no quadro-negro.

Para cada horário de medição, foram calculados a iluminância média ponderada e o fator de uniformidade. Foram, ainda, analisados elementos externos, como abóboda celeste, condição do entorno e esquadrias. Estas foram avaliadas em função de sua área de iluminação efetiva, dimensão, tipo de vidro e caixilho, com posterior comparação de sua área com a área, de piso de cada uma das salas de aula, para verificação do atendimento à exigência do código de obras do município onde se localiza a escola.

### 3.3.5. Conforto Acústico

As medições de conforto acústico foram realizadas durante um dia, em vários pontos distribuídos das edificações e de seu entorno, que representassem situação ruidosa ou singular para a avaliação. Não foi utilizada fonte sonora. Desta forma foram captados os ruídos emitidos pelos usuários e pelo entorno.

Os dados levantados foram de nível de pressão sonora, por período de cinco minutos em cada uma das medições. Como equipamento utilizou-se um medidor de nível de pressão sonora que atende as Normas ANSI S.1 – 1983 e IEC 651 para o padrão TIPO 2. Tal equipamento permite leitura dos níveis de ruído através de visor digital com resolução de 0,1 dB e opera medições nas faixas de leitura entre 30 à 100 dB, 50 à 120 dB e 70 à140 em curvas de ponderação das leituras em escalas A ou C e que está ilustrado na Figura 3.8.

Figura 3.8 – Medidor de Pressão Sonora

Para realização das medições, o equipamento foi posicionado sobre uma plano, com altura de 80 cm e nenhum tipo de fonte sonora foi utilizada.

Como limites de conforto foram adotadas indicações de níveis máximos de ruído, estipuladas pela NBR 10152 (ABNT, 1987), que coloca como nível sonoro de conforto, para

salas de aula, até 40 dB(A), admitindo-se 50 dB(A), como nível sonoro aceitável para a finalidade. Nas áreas de circulação, o limite se amplia passando a 45 dB(A), com máximo de 55 dB(A), e para locais destinados à prática de esportes, os limites são 45 dB(A) e 60 dB(A).

### 3.3.6. Questionários

Questionário pode ser definido como instrumento de pesquisa, que contém uma série ordenada de perguntas, relacionadas com um determinado assunto. Essas perguntas devem ser respondidas sem a presença do pesquisador. As formas de aplicação do questionário são: entregue pessoalmente, enviada por correio, enviado por e-mail, ou, ainda, disponibilizado pela internet.

Como primeiro passo para aplicação dos questionários, foi realizado, junto a cada uma das escolas, um levantamento das disciplinas, número de alunos matriculados, em cada uma delas, e a grade a que pertencem. Com estes dados foi possível estipular o universo de usuários, de cada uma das salas analisadas, para que, então, se partisse para o cálculo do tamanho da amostra, com base na Equação (2), onde foi considerado um erro amostral de 5% da população.

$$n = \frac{N \,.\, n_0}{N + n_0} \quad onde, \quad n_0 = \frac{1}{E^2}$$

*Sendo,*
*n – tamanho da amostra*
*$n_0$ – uma primeira aproximação do tamanho da amostra ou amostra de uma população infinita*
*E – erro amostral*
*N – tamanho da população*

(2)

Foi inicialmente constatado que disciplinas, de um mesmo período, tinham variações na quantidade de alunos matriculados (**Erro! Auto-referência de indicador não válida.**).

Tabela 3.1 – Horário das aulas na Sala 03 EEC

| Horário | Segunda | Terça | Quarta | Quinta | Sexta |
|---|---|---|---|---|---|
| 7h10 às 8h50 | Hidrologia | Projeto de Estradas I | x | Projeto de Estradas I | Hidrologia |
| 8h50 às 10h30 | Plan. Cont. de Obras II | Análise Estrutural II | Tratamento e Abastecimento | Construção Civil II | Análise Estrutural II |
| 10h50 às 12h30 | Introdução a Engenharia | x | Arquitetura e Urbanismo | Economia Administrativa | Direito na Engenharia |
| 14h00 às 15h10 | Mecânica dos Solos II | x | x | x | x |
| 15h10 às 16h50 | Mecânica dos Solos II | GA 1℗ | x | x | GA 1℗ |
| 16h00 às 17h40 | x | x | Álgebra Linear 6℗ | x | x |
| 6℗eríodo – 44 alunos | | 9℗eríodo – 32 alunos | 1℗ – 42 alunos | | 5℗ – 59 alunos |

Para efeito de cálculo do tamanho da amostra, foi considerado o número máximo de alunos matriculados nas disciplinas de cada período. Em seguida, foram somados o número de alunos, de cada período, que tinham aula nessa sala, chegando-se a um universo de 177 alunos, o que definiu uma amostra de 123 questionários a serem respondidos, considerando um erro de 5%. No horário de aulas da sala 06 acontece o mesmo que o descrito para a sala 03 (Tabela 3.2). Aplicando a mesma metodologia, o universo amostral foi de 207 usuários dessa sala, o que requer uma amostra de 136 questionários.

Tabela 3.2 – Horário das aulas na Sala 06 EEC

| Horário | Segunda | Terça | Quarta | Quinta | Sexta |
|---|---|---|---|---|---|
| 7h10 às 8h50 | Engenharia de Segurança | Tóp. de Sistemas Prediais | Tóp. de Sistemas Prediais | Fundações | Const. Civil I |
| 8h50 às 10h30 | Saneamento Básico I | Projetos de Estradas II | x | Pat. e Terraplan. na Construção | Sistemas Estruturais |
| 10h50 às 12h30 | Saneamento Básico I | Engenharia Enc. Empresa | x | Pavimentação | Sistemas Prediais |
| 14h00 às 15h10 | CDI I | x | CDI I | x | x |
| 15h10 às 16h50 | x | Barragem de Terra | x | x | x |
| 16h00 às 17h40 | Física I 1Ƥ | Barragem de Terra | Física I 1Ƥ | x | x |
| 7Ƥ – 45 alunos | 1Ƥ – 51 alunos | 9Ƥ – 25 alunos | 5Ƥ – 39 alunos | 8Ƥ – 47 alunos | |

As salas 01 e 03, analisadas na FAV, não possuem seus horários cheios, havendo, assim, alguns dias sem atividades nas mesmas. Foram levantadas as disciplinas que são desenvolvidas nestas salas, ao longo da semana, quantos alunos estão matriculados e a qual cursos pertencem, informações que são apresentadas na Tabela 3.3 e Tabela 3.4.

Tabela 3.3 – Horário de aulas da sala 01 FAV

| Horário | Segunda | Terça | Quarta | Quinta | Sexta |
|---|---|---|---|---|---|
| 8h às 9h40 | Políticas Educacionais do Brasil | Estágio Supervisionado II | Transdesign | Int. ao Cinema de Ficção | Laboratório de Expressão Artística |
| 10h às 11h40 | Políticas Educacionais do Brasil | Estágio Supervisionado II | Transdesign | Int. ao Cinema de Ficção | Laboratório de Expressão Artística |
| 14h às 15h40 | x | TCC I | Estágio Supervisionado I | Estágio Supervisionado I | x |
| 16h às 17h40 | x | TCC I | Estágio Supervisionado I | Estágio Supervisionado I | x |
| 7° Período de Licenciatura em Artes Plásticas - 18 alunos | | | 5° Período de Licenciatura em Artes Plásticas – 14 al unos | | |

As disciplinas tituladas como Estágio Supervisionado, praticamente não utilizam a sala de aula, que fica reservada somente para o caso de necessidade. Por isso não foram contabilizadas, no universo de usuários. Na sala 01, foram contabilizados 32 usuários, o que define, como amostra, 29 usuários, se considerado um erro de 5%, enquanto, na sala 03, o universo foi de 27 usuários, o que requer uma amostra de 25 pessoas.

Tabela 3.4 – Horário de aulas da sala 03 FAV

| Horário | Segunda | Terça | Quarta | Quinta | Sexta |
|---|---|---|---|---|---|
| 8h às 9h40 | Psicologia da Educação I | Estágio Supervisionado IV | Psicologia da Educação I | Estágio Supervisionado IV | Fundamentos Filosóficos e Sócio-Históricos da Educação |
| 10h às 11h40 | TCC | História do Ensino de Artes Visuais no Brasil I | Arte Moderna | Estágio Supervisionado IV | Fundamentos Filosóficos e Sócio-Históricos da Educação |
| 14h às 15h40 | x | x | Ensino de Artes Visuais | Fotografia Publicitária | x |
| 16h às 17h40 | x | x | Ensino de Artes Visuais | Fotografia Publicitária | x |
| 3°Período de Licenciatura em Artes Plásticas – 17 alunos | | 5°Período de Designer de Interiores – 10 alunos | | 7°Período de Licenciatura em Artes Plásticas | |

Foram elaborados questionamentos objetivos, com alternativas de múltipla escolha, permitindo que fosse distribuído, em massa, na hora da aplicação e, ao final, foi disponibilizado um espaço para observações. O questionário da EEC foi composto com 20 questões (Tabela 3.5) e o da FAV, com 21 (Tabela 3.6). Para representação gráfica as respostas dos usuários foi transformada em confortável e desconfortável. Na Tabela 3.5 e Tabela 3.6 estão marcadas com a cor verde as respostas consideradas como confortável e, em laranja, os respostas consideradas como desconfortável.

Tabela 3.5 – Questionário aplicado na Escola de Engenharia Civil

| QUESTÕES RELATIVAS À TEMPERATURA | | | | |
|---|---|---|---|---|
| 1 – Em relação à temperatura como você considera a sala na maior parte do tempo? | | | | |
| Muito Quente | Quente | Confortável | Fria | Muito Fria |
| 2 – A ventilação natural (que entra pelas janelas) da sala é para você: | | | | |
| Ótima | Boa | Satisfatória | Ruim | Insatisfatória |
| 3 – Com relação ao material em que são confeccionadas as carteiras da sala 03 você pode afirmar que: | | | | |
| Aumenta o calor | | É confortável | | Aumenta o frio |
| 4 – Sem o ventilador ligado como considera está sala? | | | | |
| Confortável | | Desconfortável | | |
| 5 – A utilização dos ventiladores lhe causa algum incômodo? | | | | |
| Sim | | Não | | Não sei |
| 6 – Qual tipo de incômodo? | | | | |
| Ruído | Respiratório | Alérgico | Outro. Qual? | |
| QUESTÕES RELATIVAS À ILUMINAÇÃO | | | | |
| 7 – Como você classifica a iluminação natural nesta sala? | | | | |
| Ótima | Boa | Satisfatória | Ruim | Insatisfatória |
| 8 – Como você classifica a quantidade e distribuição das janelas nesta sala? | | | | |
| Ótima | Boa | Satisfatória | Ruim | Insatisfatória |
| 9 – Como você classifica a iluminação com luz artificial nesta sala? | | | | |

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| Ótima | Boa | Satisfatória | Ruim | Insatisfatória |
| 10 – Com que freqüência você considera necessário utilizar a iluminação artificial nesta sala? | | | | |
| Sempre | Quase sempre | Freq. Média | Raramente | Nunca |
| 11 – Você consegue desenvolver com facilidade todas as atividades sem a luz artificial ligada? | | | | |
| Sim | | Não | | Não sei |
| 12 – Você considera que a instalação de película fumê nas janelas prejudicou a iluminação nesta sala? | | | | |
| Sim | | Não | | Não sei |
| 13 – Na sua opinião qual a intensidade do prejuízo trazido pelo película nas janelas? | | | | |
| 100% | 75% | 50% | 25% | Nenhuma |
| 14 – Você acha que as cores das carteiras desta sala facilitam a leitura sobre elas? | | | | |
| Sim | | Não | | |
| QUESTÕES RELATIVAS À ACÚSTICA | | | | |
| 15 – Com o ventilador ligado você consegue ouvir com clareza a voz do professor nesta sala? | | | | |
| Sim | | Não | | Não sei |
| 16 – Em relação a quantidade e intensidade de ruídos externos nesta sala como você a considera? | | | | |
| Confortável | | Desconfortável | | |
| 17 – Quais os tipos de ruído que geram incomodo? | | | | |
| Tráfego | Alunos externos | Andar Superior | Vento Vegetação | Outros |
| 18 – Você ouve eco nesta sala? | | | | |
| Sim | | Não | | Não sei |
| 19 – Para se ouvir bem a aula é necessário fechar as portas e janelas? | | | | |
| Sim | | Não | | Não sei |
| 20 – Com que freqüência é necessário que se fechem as janelas e portas para obter boa audição? | | | | |
| Sempre | Quase sempre | Freq. média | Raramente | Nunca |

Os questionários foram aplicados por quatro vezes, em cada uma das salas analisadas, e a data das aplicações foi definida em função das estações do ano, ou seja, uma por estação. Buscou-se, assim, identificar se existem diferenças na percepção do usuário para os mesmos aspectos, com a variação do clima ao longo do ano.

Tabela 3.6 - Questionário aplicado na Faculdade de Artes Visuais

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| QUESTÕES RELATIVAS À TEMPERATURA | | | | |
| 1 – Em relação à temperatura como você considera a sala na maior parte do tempo? | | | | |
| Muito Quente | Quente | Confortável | Fria | Muito Fria |
| 2 – A ventilação natural (que entra pelas janelas) da sala é para você: | | | | |
| Ótima | Boa | Satisfatória | Ruim | Insatisfatória |
| 3 – Com relação ao material em que são confeccionadas as carteiras da sala 03 você pode afirmar que: | | | | |
| Aumenta o calor | | É confortável | | Aumenta o frio |
| 4 – Sem o ventilador ligado como considera está sala? | | | | |
| Confortável | | Desconfortável | | |
| 5 – A utilização dos ventiladores lhe causa algum incômodo? | | | | |
| Sim | | Não | | Não sei |
| 6 – Qual tipo de incômodo? | | | | |
| Ruído | Respiratório | Alérgico | Outro. Qual? | |
| QUESTÕES RELATIVAS À ILUMINAÇÃO | | | | |
| 7 – Como você classifica a iluminação natural nesta sala? | | | | |
| Ótima | Boa | Satisfatória | Ruim | Insatisfatória |
| 8 – Como você classifica a quantidade e distribuição das janelas nesta sala? | | | | |
| Ótima | Boa | Satisfatória | Ruim | Insatisfatória |
| 9 – Como você classifica a iluminação com luz artificial nesta sala? | | | | |
| Ótima | Boa | Satisfatória | Ruim | Insatisfatória |
| 10 – Com que freqüência você considera necessário utilizar a iluminação artificial nesta sala? | | | | |
| Sempre | Quase sempre | Freq. Média | Raramente | Nunca |
| 11 – Você consegue desenvolver com facilidade todas as atividades sem a luz artificial ligada? | | | | |
| Sim | | Não | | Não sei |
| 12 – Você considera que a passarela em frente à FAV prejudica a iluminação natural da sala? | | | | |
| Sim | | Não | | Não sei |
| 13 – Na sua opinião a instalação das luminárias entre os vãos das vigas traz prejuízo à iluminação? | | | | |
| Sim | | Não | | Não sei |

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| 14 – Você acha que as cores das carteiras desta sala facilitam a leitura sobre elas? | | | | |
| ☐ Sim | ☐ Não | ☐ | | |
| QUESTÕES RELATIVAS À ACÚSTICA | | | | |
| 15 – Você consegue ouvir com perfeição a voz do professor se estiver sentado no fundo da sala? | | | | |
| ☐ Sim | ☐ Não | ☐ Não sei | | |
| 16 – Com o ventilador ligado você consegue ouvir com clareza a voz do professor nesta sala? | | | | |
| ☐ Sim | ☐ Não | ☐ Não sei | | |
| 17 – Em relação a quantidade e intensidade de ruídos externos nesta sala como você a considera? | | | | |
| ☐ Confortável | ☐ Desconfortável | | | |
| 18 – Quais os tipos de ruído que geram incomodo? | | | | |
| ☐ Tráfego | ☐ Alunos externos | ☐ Andar Superior | ☐ Vento Vegetação | ☐ Outros |
| 19 – Você ouve eco nesta sala? | | | | |
| ☐ Sim | ☐ Não | ☐ Não sei | | |
| 20 – Para se ouvir bem a aula é necessário fechar as portas e janelas? | | | | |
| ☐ Sim | ☐ Não | ☐ Não sei | | |
| 21 – Com que freqüência é necessário que se fechem as janelas e portas para obter boa audição? | | | | |
| ☐ Sempre | ☐ Quase sempre | ☐ Freq. média | ☐ Raramente | ☐ Nunca |

## 3.4. DELIMITAÇÃO DA AMOSTRA

Inicialmente, foram eleitos, dentre os edifícios que compõem os Campi da Universidade Federal de Goiás, dois, para realização da análise. O primeiro requisito foi que ambos se localizassem na cidade de Goiânia, para assim estarem sendo analisados sob a ótica do mesmo clima. Em seguida, foram buscadas duas edificações que tivessem implantação, em relação à orientação solar, similares, para que esse fosse mais um ponto em comum, possibilitando assim comparações entre elas.

Para que a análise se tornasse mais interessante foi, então, escolhido um edifício do Campus Colemar Natal e Silva, inserido no núcleo da cidade, com maior interferência urbana e mais fácil acessibilidade, e um edifício do Campus Samambaia, que se contrapõe, em parte, à realidade de inserção do Campus Colemar Natal e Silva, pois está localizado na área mais periférica da cidade, tendo, assim, menor interferência urbana e acesso mais dificultado. Dentre os que se enquadraram nos requisitos foi eleito o Bloco B, da Escola de Engenharia Civil, no Campus Colemar Natal e Silva, por ser um edifício com 51 anos de existência. Ele tem algumas características consideradas interessantes, como paredes periféricas mais espessas, materiais de construção e técnicas, que são os mais comumente utilizados nesta na região, alguns elementos de proteção solar, salas de aula com orientação das esquadrias norte e sul e implantação próxima a vias de grande fluxo de veículos. No Campus Samambaia, a edificação eleita foi o bloco da Faculdade de Artes Visuais/Escola de Música, onde foi analisada somente a parte pertencente à FAV (que estará delimitado no tópico 4.2.2. Projeto Arquitetônico), por ter algumas características semelhantes ao edifício da EEC e outras bastante discrepantes desta. Por exemplo, a orientação é a mesma, possuindo salas de aula com esquadrias voltadas para norte e sul. Porém, possui elementos de proteção solar, tem materiais de construção diferenciados,

como tijolo aparente e bloco de concreto celular, e, praticamente, nenhuma interferência de fluxo de veículos, pois se encontra inserida dentro do campus.

Dentro de cada um destes edifícios, foram eleitas duas salas de aula, para realização das medições. O critério para esta escolha foi buscando aquela que representasse a situação mais crítica, em termos de conforto para a edificação. Foi, assim, eleita no edifício da EEC a sala 06, por ser uma das únicas com esquadrias voltadas a norte, possuir no pavimento superior, outra sala de igual tamanho e com o mesmo tipo de atividade, e ser uma sala maior em área, recebendo, assim, maior quantidade de alunos. Foi eleita, também, a sala 03 por representar a maioria das salas de aula, em termo, de dimensões e tipo de ventilação (janelas na fachada sul e um duto), por estar inserida entre duas circulações, a escada e o corredor, e por possuir andar superior com sala de aula de igual tamanho. Na FAV/ EMAC grande parte das salas possuem atividades diferenciadas, funcionando como ateliês. A escolha, então, foi delimitada às salas com atividade da aula tradicional. Foram, assim, eleitas a sala 01, por estar com janelas voltadas à orientação norte, fazer divisa com a lanchonete e possuir outra sala de aula, no andar superior a esta, e a sala 03 por ter, também, orientação das janelas para norte e possuir, também, outra sala com atividades no andar superior a esta. No entanto, esta sala estava mais próxima à área de preservação permanente (APP) e muito próxima ao pátio interno do edifício, o qual, geralmente, concentra quantidade significativa de alunos, fora do horário de atividade.

As salas da EMAC foram descartadas, por algumas possuírem tratamento acústico ou terem atividades relacionadas à prática musical, ter suas esquadrias voltadas para sul, em sua maioria, e, quando voltadas a norte, abrindo-se para o pátio interno e, assim, recebendo sombreamento das árvores ali presentes.

# CAPÍTULO 4
# CARACTERIZAÇÃO DAS EDIFICAÇÕES

No presente capítulo são descritas características das edificações objeto de estudo de caso nesta pesquisa: a Escola de Engenharia Civil e a Faculdade de Artes Visuais. Ambas compõem a estrutura física da Universidade Federal de Goiás (UFG), que foi criada em 14 de dezembro de 1960. A UFG está situada no estado de Goiás e encontra-se subdividida em cinco campi, sendo dois, na capital Goiana; um na cidade de Catalão; um, na cidade de Jataí e um, na cidade de Goiás.

## 4.1. ESCOLA DE ENGENHARIA CIVIL (EEC)

A criação da Escola de Engenharia se deu no ano de 1952, originalmente chamada de Escola de Engenharia do Brasil Central, como iniciativa da classe de profissionais de engenharia que atuavam em Goiânia, na década de 50. Inicialmente, as atividades inerentes à escola eram desenvolvidas no colégio Lyceu, de Goiânia. A EEC somente passou a possuir sede própria em 1959.

Em 1960, a Universidade Federal de Goiás foi criada, a partir da união de cinco escolas superiores previamente existentes na cidade de Goiânia, entre elas a Escola de Engenharia Civil, juntamente com a Faculdade de Direito, a Faculdade de Farmácia e Odontologia, o Conservatório de Música e a Faculdade de Medicina.

### 4.1.1. Localização

Construída em 1959, a Escola de Engenharia foi locada em espaço previsto como Zona Universitária, atual Setor Universitário, obedecendo ao planejamento urbano para o município de Goiânia, desenvolvido por Atílio Correia Lima entre 1933 e 1935. Esse urbanista propôs um espaço centralizado no setor, a atual praça universitária, que é circundada por quadras destinadas a implantação de Universidades. O Setor Universitário fica localizado na região leste do município, próximo ao Centro Administrativo (Praça Cívica) e à região central.

A Praça Universitária conta com campi de duas universidades: a Universidade Federal de Goiás e a Pontifícia Universidade Católica de Goiás. O Campus da Federal, ali situado, é

chamado Colemar Natal e Silva (Campus I), em homenagem ao professor, de mesmo nome, que presidiu a Comissão Permanente para criação da Universidade do Brasil Central em 1959, iniciando, assim, juntamente com a comissão, os encaminhamentos para a criação da Universidade Federal de Goiás, sendo, também, o primeiro reitor da mesma.

Na Figura 4.1 estão demarcadas as principais vias de acesso ao local. Estão em destaque avenidas arteriais, como a Anhanguera, eixo leste-oeste do município; a Avenida Universitária, que faz a ligação entre as praças Cívica e Universitária, e a Marginal Botafogo, de fluxo rápido e intenso, no sentido norte-sul. São destacadas também Avenidas Coletoras, como a Primeira e Quinta Avenidas, que recebem o fluxo das vias arteriais e distribuem nas vias locais.

Figura 4.1 – Localização do Campus Colemar Natal e Silva
Fonte: Adaptada de Google Earth (2010)

A Escola de Engenharia possui seu acesso principal pela Rua 10. Ela conta, hoje, com aproximadamente 15 edificações que a compõe, como está ilustrado na Figura 4.2, sendo que, entre elas, estão os Blocos construídos no ano de 1959. Ela abriga, além dos cursos de graduação, como a engenharia civil, a engenharia elétrica, a engenharia da computação, a engenharia ambiental e a engenharia mecânica, cursos de pós-graduação, em nível de especialização e mestrado. Atualmente, o espaço físico da unidade não comporta a demanda existente, sendo que algumas disciplinas estão sendo ministradas em outros locais da UFG, porém, está sendo implantado mais um bloco de salas de aula para a unidade. O presente estudo avaliou o andar térreo do Bloco B, que está demarcado na

Figura 4.3, onde são ministradas disciplinas do curso de Engenharia Civil. Esta edificação encontra-se localizada à latitude de 16°40’ sul e longitude 40°14’ oeste.

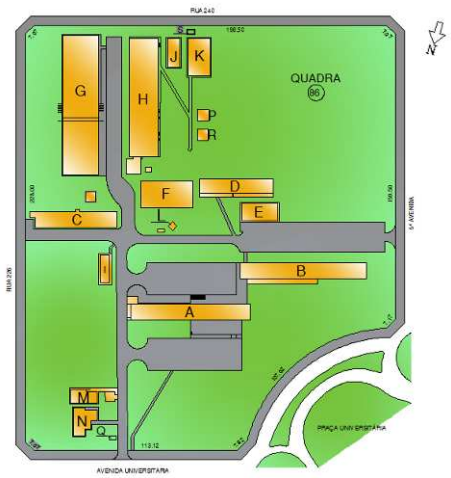



Figura 4.2 – Implantação Geral da Escola de Engenharia
Fonte: CEGEF (2008)

Figura 4.3 – Vista Aérea da Escola de Engenharia
Fonte: Adaptada de Google Earth (2010)

Os cursos são, em sua maioria, semestrais. Desta forma, a ocupação das salas muda a cada período, mas, em geral, durante um semestre, as turmas ficam mais fixas em uma determinada sala e quem faz a troca é o professor. Tem-se, assim, uma média de duas a três turmas, que intercalam horários, em uma mesma sala. Durante a manhã, os espaços são mais disputados e a quantidade de alunos, maior. O período vespertino é um pouco mais tranqüilo, com menor quantidade de aulas. A maioria dos alunos possui faixa etária entre 18 e 26 anos.

Extintores de incêndio estão presentes nos blocos, e a segurança é feita por vigilantes, 24 horas. Quando sem uso, as salas permanecem trancadas para segurança dos equipamentos de apoio, como projetor, computadores, etc. Os horários de funcionamento das escolas são de 6 às 24 horas, de segunda a sexta, e de 6 às 18 horas, no sábado. Aos domingos não é aberta ao público (alunos ou outros).

### 4.1.2. Projeto Arquitetônico

A construção dos atuais blocos A e B da Escola de Engenharia se fez necessária, em vista da situação inadequada em que eram desempenhadas as atividades inerentes ao curso. Até o momento da execução destes edifícios, as aulas aconteciam em espaços improvisados no Colégio Lyceu de Goiânia. A obra foi financiada pelo Estado de Goiás, por incentivo e argumentação dos professores, que compunham o quadro da escola, e também por se tratar de uma instituição Estadual, até o ano de 1960.

A concepção do projeto foi de Eurico Godoy, Elder Rocha Lima e Jaime Miranda[10] e os dois blocos foram executados em 1959, portanto anteriores à criação da Universidade Federal de Goiás. A área onde os edifícios estão implantados pertencia ao estado e com a criação da Universidade Federal de Goiás, foram doadas ao patrimônio da Universidade. As características arquitetônicas da edificação seguem alguns conceitos do movimento moderno, tem linhas retas marcantes, são elevados sobre pilotis e sua cobertura é escondida por platibandas.

A volumetria é de um prisma de base retangular, onde as fachadas com maior extensão encontram-se inclinadas 13°, em relação ao norte, o u seja, praticamente perpendiculares a norte e sul, como visualizado na Figura 4.4.

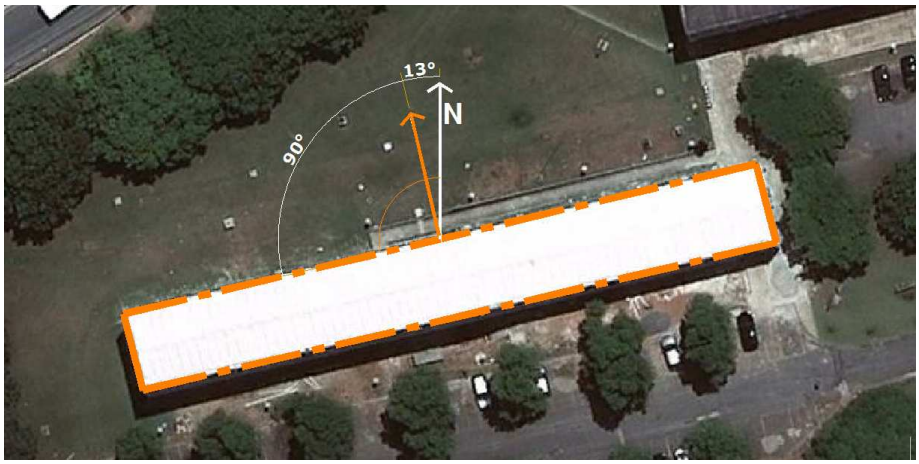



Figura 4.4 – Orientação Solar do Bloco B
Fonte: Adaptada de Google Earth (2008)

O Bloco B conta com três andares, sendo que o primeiro e o segundo andares possuem sete salas de aula, cada um. Os estudos foram realizados no primeiro andar, demarcado em vermelho. Esse andar é composto por um hall de entrada coberto, que dá acesso à circulação horizontal, onde se tem a entrada de todas as salas de aula, bem como o acesso às circulações verticais e aos sanitários. Foram eleitas duas salas desse andar que representam as duas situações existentes no edifício. Isto é, uma com aberturas para as duas fachadas (norte e sul) e uma sala com aberturas somente na fachada sul. Sendo assim, foram estudadas as salas 03 e 06, que estão em destaque na planta baixa, da Figura 4.5 e Figura 4.6.

[10] Arquitetos trabalharam na década de cinqüenta na secretaria de Viação e foram também professores da Escola de Engenharia do Brasil Central.

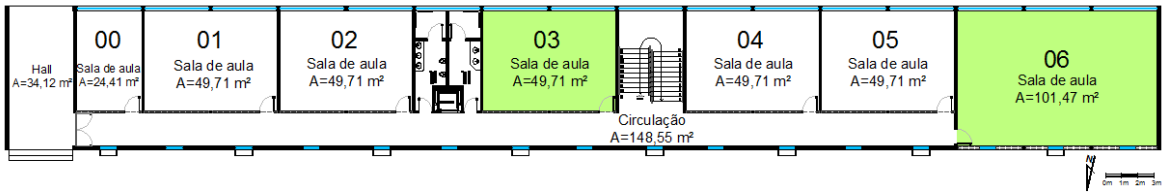



Figura 4.5 – Planta baixa do 1° andar do Bloco B da EEC
Fonte: Adaptado de CEGEF(2008)

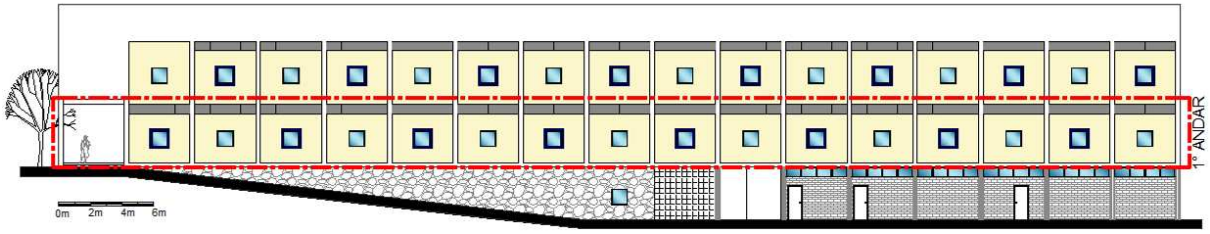



Figura 4.6 – Fachada Norte do Bloco B da EEC
Fonte: Adaptado de projeto do CEGEF (2008)

A fachada Sul, do Bloco B, é a que possui maior número de aberturas, como mostrado na Figura 4.7. Todas as salas têm sua ventilação natural principal feita através desta fachada. Acredita-se que esta tenha sido uma preocupação dos arquitetos, na concepção do projeto, deixando, assim, as aberturas mais protegidas da incidência solar. No entanto, esta implantação não propicia o embolsamento de ventilação, pois a predominância de ventos sul só ocorre secundariamente e com baixas velocidades, nos meses de maio, junho e setembro, sendo maio e junho os meses com temperaturas menores.

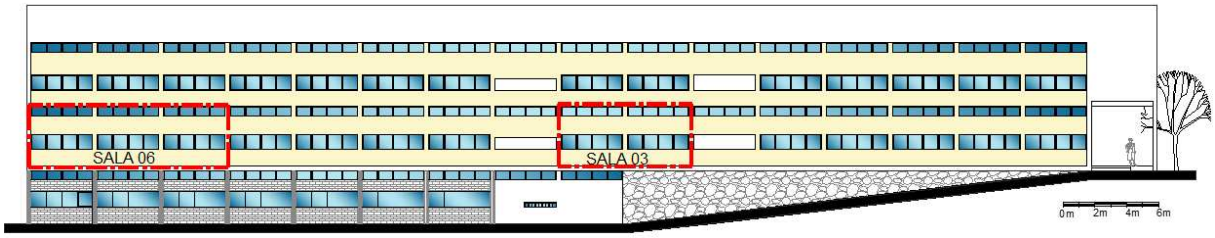



Figura 4.7 – Fachada Sul do Bloco B da EEC
Fonte: Adaptado de projeto do CEGEF (2008)

Considerando o posicionamento geográfico da cidade de Goiânia, durante o solstício de verão a fachada sul receberá maior incidência solar, devido à inclinação do sol, sendo que a radiação forma um ângulo de, aproximadamente, 7° com esta fachada (Figura 4.8). No entanto, por esta angulação ser pequena, a radiação avança, de forma moderada, nos interiores dos ambientes, através das aberturas, não conseguindo penetrar profundamente. Somado ao fato de que a nebulosidade, neste período do ano, é grande, tem-se, como resultado que a fachada sul pode ser considerada mais protegida que as demais.

A fachada norte recebe grandes quantidades de incidência solar, na maior parte do ano, sendo que o maior ângulo de inclinação, em relação à fachada, ocorre em junho, no solstício de inverno, alcançando o ângulo de 40° (Figura 4.8). Além da considerável angulação do

sol, que faz com que os raios solares adentrem mais profundamente os ambientes, no solstício de inverno os índices de nebulosidade são baixos e os de radiação direta e insolação são altos, o que torna a fachada desprotegida, no que tange ao clima de Goiânia. No projeto do Bloco B, especificamente, é possível notar que houve um cuidado com este fator, pois a fachada norte conta com esquadrias menores, que, em sua maioria expõe a circulação a essa grande incidência solar, poupando as salas de aula. A única sala que fica exposta a essa incidência solar é a Sala 06. Além disso, as janelas nesta fachada possuem, alternadamente, *brises* em seu perímetro, que avançam 50 cm para fora do edifício e colaboram na proteção solar. De acordo com Fernandes (2006), a predominância norte de ventos ocorre nos meses entre outubro e fevereiro, que são meses com altos índices pluviométricos. Ter aberturas nesta fachada colabora, então, na ventilação natural e manutenção da umidade relativa dos ambientes.

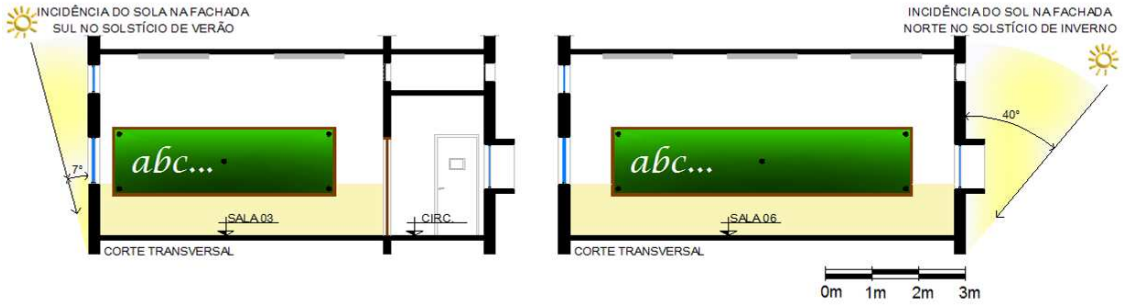



Figura 4.8 – Cortes Transversais das Salas 03 e 06 no Bloco B da EEC

As fachadas Leste e Oeste da edificação em questão, que recebem, respectivamente, o sol da manhã e da tarde, não possuem aberturas. É, especificamente, na fachada Leste onde acontece a predominância primária de ventos durante o ano, entre os meses de março a setembro. No entanto, grandes quantidades de vento, combinado a meses com baixos índices pluviométricos, e consequente baixa umidade relativa, podem não ser a melhor opção para proporcionar conforto ao usuário.

### 4.1.3. Composição física do edifício

A técnica construtiva empregada na estrutura do edifício foi a do concreto armado e as vedações foram executadas em alvenaria, com tijolo furado. As paredes periféricas são de 25 cm de espessura, acabadas com reboco e pintura lisa em tinta acrílica, interna e externamente. As paredes internas são de 15 cm de espessura, acabadas, e também foram executadas em tijolo furado, com reboco e pintura em tinta acrílica. No interior do edifício, a pintura acontece em duas cores, em tom pastel até 1,10m de altura, com tinta acrílica semi-brilho, e acima desta altura, pintura branca fosca, como está ilustrado na Figura 4.9 e Figura 4.10.

Foram calculados, para as paredes externas de 25 cm, os valores de transmitância térmica, atraso térmico e fator solar utilizando-se como ferramenta, o software Transmitância (LaBEEE, s/d). Foi utilizado, ainda, o projeto de norma 02:135.07-001/3 (ABNT, 2003), que classifica a cidade de Goiânia na Zona Bioclimática 6. Deve-se ressaltar que os cálculos foram feitos com valores estimados, considerando que as paredes externas sejam compostas por tijolo cerâmico furado (9 x 19 x 29) assentado deitado com reboco em argamassa, com 3 cm de espessura, formando, assim, os 25 cm de parede.

A norma traz, como recomendações para as edificações da Zona 6, que tenham paredes pesadas. Na Tabela 4.1 são mostrados os valores de transmitância térmica, atraso térmico e fator solar recomendados e os encontrados na EEC. Por meio da comparação desse valores pode-se considerar que os índices do Bloco B são satisfatórios.

Tabela 4.1 – Dados de Transmitância Térmica, Atraso Térmico e Fator Solar - Valores referência (ABNT, 2003) e Valores levantados EEC

| | Transmitância Térmica – U W/m².K | Atraso Térmico - φ Horas | Fator Solar – $Fs_o$ % |
|---|---|---|---|
| **Valores recomendados** | U ≤ 2,20 W/m².K | φ ≥ 6,5 h | $Fs_o \leq 3,5$ |
| **Valores EEC** | U = 1,55 W/m².K | φ = 6,9 h | $Fs_o = 1,9$ |

As janelas são em alumínio, em alguns casos combinadas com venezianas do mesmo material e, em outros, com vidro. Na

Figura 4.9 e Figura 4.10 são ilustradas as paredes onde estão locadas as janelas e sua nomenclatura. A forma de implantação das esquadrias, tendo algumas com peitoril entre 100 a 110 cm (J2 e J4) e outras com peitoris altos, com 308 cm, permitem que a ventilação atue como efeito chaminé, onde o ar quente, por ser mais leve, deixa o ambiente pelas esquadrias mais altas, enquanto o ar mais fresco adentra pelas esquadrias mais baixas.

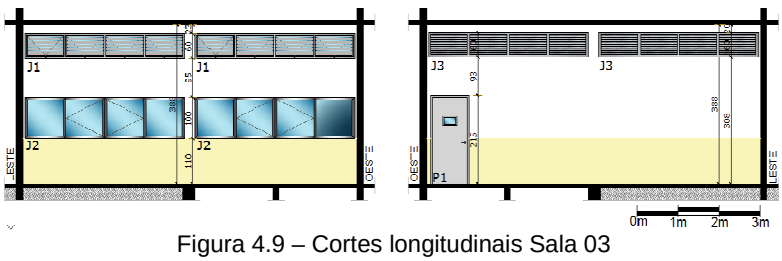



Figura 4.9 – Cortes longitudinais Sala 03
Fonte: Adaptado de projeto do CEGEF (2008)

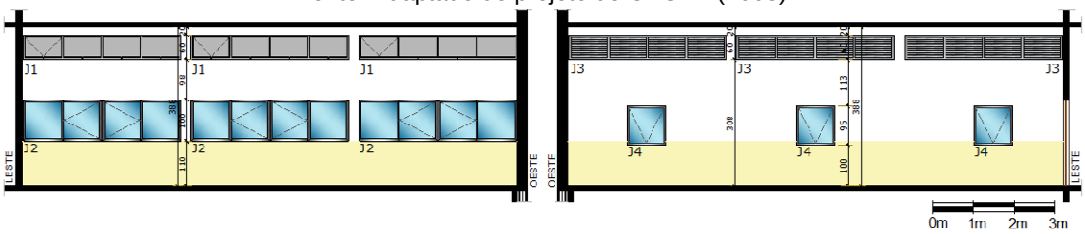



Figura 4.10 – Cortes longitudinais Sala 06

Fonte: Adaptado de projeto do CEGEF (2008)

A Sala 03 possui ventilação direta somente pela fachada sul. Nota-se a intenção de ventilar a sala através do efeito chaminé, pois a Janela 3 abre para uma espécie de duto de ventilação, que tem saída na face externa norte da edificação, vedada com outra janela do mesmo tipo. Ou seja, um duto que passa sobre o corredor, o qual possui uma laje mais baixa, isolando-o, como ilustrado na Figura 4.11.

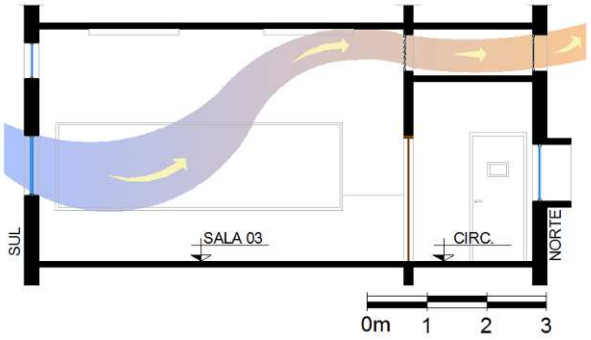



Figura 4.11 – Sistema de Ventilação natural da Sala 03 EEC

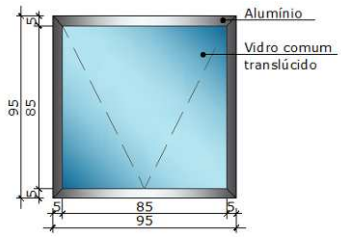
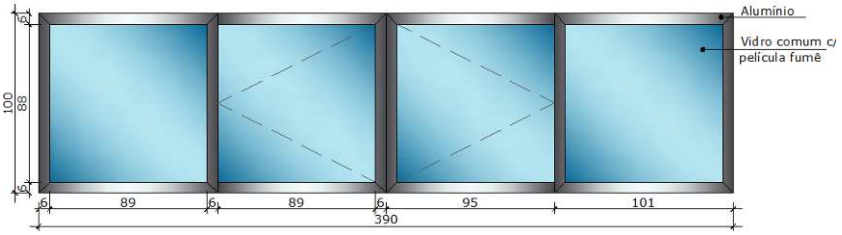
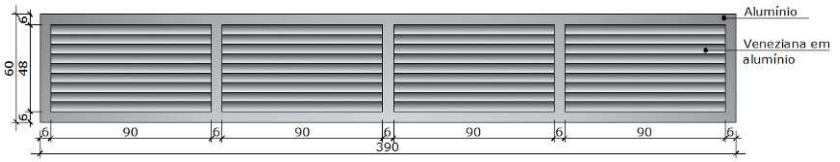
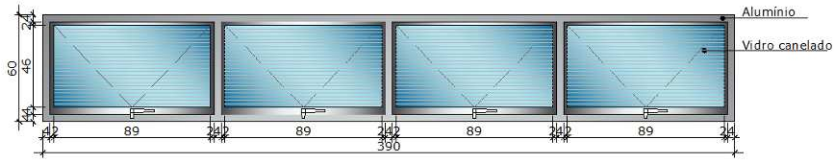
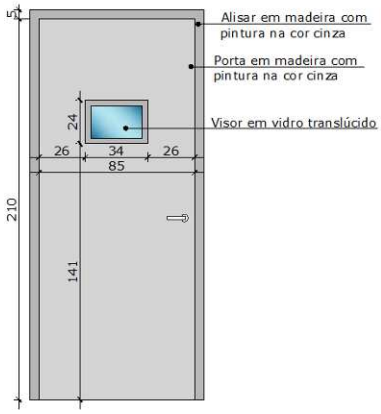
Figura 4.12 – Corredor Bloco do B às 14h

A Sala 06 possui ventilação cruzada, tanto pelas janelas com peitoris menores, quanto pelas janelas altas. As janelas 4 (J4) existem somente nesta sala e na circulação, e, alternadamente, possuem brise em seu perímetro. Esse elemento propicia uma boa proteção para a janela, principalmente nos horários de sol a pino. A Figura 4.12 mostra a incidência de sol no corredor, somente das janelas, sem a proteção.

As janelas 2 (J2) receberam aplicação de película fumê, fator que reduz consideravelmente os índices de iluminância no interior das salas. No vidro que fica mais próximo ao quadro negro, a película colocada é opaca, barrando completamente a entrada de luz natural. As janelas 1 (J1) tem persianas metálicas horizontais, na cor azul, em toda sua extensão, que permanecem, na maioria do tempo, fechadas. A Tabela 4.2 traz a descrição das esquadrias das salas estudadas.

Os andares são estruturados com lajes de piso e cobertura em concreto armado. Existe também, laje sob a cobertura, que, inicialmente, era em telha de fibrocimento, escondida por platibandas. Depois de passar por reforma, foram mantidas as platibandas e substituídas as telhas de fibrocimento por telhas termo-acústicas, sistema chamado de “sanduíche”, que é composto por duas telhas metálicas, com uma camada de poliuretano ou poliestireno expandido entre elas. O telhado possui duas águas, com caimento no sentido do menor vão e cumeeira central. As telhas tem a cor branca.

Tabela 4.2 – Quadro de aberturas das Salas 03 e 06 da EEC

| Janela | Tipo | H x L x P | Detalhe em vista frontal |
|---|---|---|---|
| J1 | Máximo ar | 60 x 390 x 308(cm) |  |
| J2 | Correr | 100 x 390 x 110(cm) |  |
| J3 | Fixa | 60 x 390 x 308(cm) |  |
| J4 | Máximo ar | 95 x 95 x 100(cm) |  |
| **Porta** | **Tipo** | **H x L x P** | **Detalhe em vista frontal** |
| P1 | Abrir | 210 x 80 (cm) |  |

O piso interno de toda da edificação é em granitina, com exceção da escada e do hall de entrada, que foram revestidos com granito cinza, como ilustram as Figura 4.13 e Figura 4.14.

Figura 4.13 – Escadaria

Figura 4.14 – Hall de Entrada

## 4.2. FACULDADE DE ARTES VISUAIS

A área onde está inserido o atual Campus Samambaia abrigou, inicialmente, uma escola Agrotécnica, de posse do Ministério da Agricultura. Em entrevista de Elder Rocha Lima (Mendonça, 2003), ele relata que o então reitor Colemar Natal e Silva solicitou ao referido ministério, em nome da Universidade Federal de Goiás, a doação da área e da escola, para a administração da UFG, que lhe foi cedida. Anexo a esta área foi também adquirida uma fazenda particular, a Fazenda Samambaia, que foi incorporada à área da Universidade. A Figura 4.15 ilustra os atuais limites da área do Campus.

O primeiro plano diretor físico para a Universidade foi elaborado em 1969, com a participação do Arq. Raul Alves Filó, do Prof. Irineu Borges do Nascimento e do Arq. Silas Rodrigues Varizo. Seguindo a idéia de Campus Universitário, o documento elaborado trazia dados de universidades de vários locais do mundo e comparações destas realidades a da UFG. Trazia, ainda, análises estimativas em relação à Universidade e a alguns estudos de projeto do futuro Campus. Nestes estudos eram contemplados: levantamentos planimétrico e planialtimétrico, estudos de acessos, densidade, posicionamento em relação a Goiânia, planejamento do sistema viário do campus e proposta volumétrica (MENDONÇA, 2004).

Em 1976, uma revisão do plano é feita e, a partir dela, gerado o documento “II Seminário de Campi Universitário – Diretrizes e Análises de Experiências”(1976). Finalmente, em 1984, devido a um acordo entre o Ministério da Educação (MEC) e o Banco Interamericano de Desenvolvimento (BID), foi desenvolvido o último Plano Diretor Físico, que foi condicionado ao primeiro, e teve, como equipe de trabalho, a empresa Paulo Zimbres Arquitetos

Associados[11], além de dois arquitetos do quadro da UFG, Sinval Martins de Paiva e Ilza Vitório Rocha. Entre 1986 e 1989, sob a reitoria do professor Joel Ulhôa Pimentel, foram construídos o Instituto de Artes, a Biblioteca Central, o Centro Editorial Gráfico, o Departamento de Material e Patrimônio e, no Campus Colemar Natal e Silva, as Faculdades de Odontologia e Farmácia e a reforma e adequação das Faculdades de Engenharias Civil e Elétrica.

Figura 4.15 – Delimitação do Campus Samambaia
Fonte: Adaptado de Google Earth (2010)

### 4.2.1. Localização

O Campus II está localizado na região Norte do município de Goiânia a aproximadamente 8 km do centro da cidade. Tem, como bairros vizinhos, a Vila Itatiaia, o Residencial Morada do Bosque, entre outros, todos com predominância de uso residencial. Nas imediações da Universidade existem alguns estabelecimentos comerciais, como bares e restaurantes, que dependem ativamente do público universitário. Na Figura 4.16 estão demarcadas as principais vias arteriais da cidade, como as Av. Goiás e Araguaia, que ligam o Campus Samambaia ao centro da cidade e, também, as rodovias BR-060, saída para Anápolis e São Paulo, e a GO-080, saída para Nerópolis.

Elder Rocha Lima (2003) descreve que, no início da ocupação desta área, quando ainda só havia a escola Agrotécnica, foi ali também colocado em funcionamento o Escritório Técnico da cidade Universitária. No entanto, a dificuldade de transporte era grande, por ser uma

[11] Equipe composta por: Paulo Zimbres, Valdo César D. de Carvalho, Antônio Carlos da Silva Rios, Leonardo de Bem Bianchetti com consultoria de Paisagismo por Vênus Sahihi Pezeshk e de Planejamento e Dimensionamento por Jayme Gonçalves de Almeida.

área ainda isolada da cidade, sem os bairros adjacentes que hoje existem, tendo como barreira a extinta Estrada de Ferro e o Rio Meia Ponte. Mesmo com tais dificuldades, foi mantida a ideia de se implantar, neste local, o Campus, prevendo-se que a cidade começaria a crescer neste sentido e que integraria a área, resguardando a tranquilidade e com possibilidade de expansão, fatores que não seriam possíveis em uma área inserida na porção da cidade, já consolidada na época.

Figura 4.16 – Vista Aérea com principais vias de acesso ao Campus II
Fonte: Adaptado de Google Earth (2008)

Atualmente, o Campus conta com grande número de linhas de transporte coletivo. Algumas são integradas a terminais de grande e médio porte, enquanto outras fazem trajetos ao longo da região central e sul da cidade. Além das linhas com destino ao campus universitário, pode-se servir, ainda, das linhas que tem, como destino, os bairros adjacentes. O edifício da FAV/EMAC fica locado próximo a uma das áreas de preservação permanente do campus, no interior do anel viário do mesmo, como pode ser visualizado na Figura 4.17.

Figura 4.17 – Vista Aérea do Anel Viário do Campus II
Fonte: Adaptado de Google Earth (2008)

## 4.2.2. Projeto Arquitetônico

Construído em 1989, o atual edifício da FAV/EMAC é projeto dos Arquitetos Paulo Zimbres e Josué Macedo, e inicialmente, foi planejado para utilização pelo Instituto de Artes. No planejamento inicial do Campus, a idéia era que todos os institutos tivessem o mesmo edifício padrão. No entanto, isso não ocorreu no caso do Instituto de Artes, para o qual foi concebido um projeto diferenciado, abordando minúcias requeridas pelo proposto uso da edificação. O então denominado Instituto de Artes foi dividido em Escola de Música e Artes Cênicas (EMAC) e na Faculdade de Artes Visuais (FAV). Da mesma forma foi feito com a edificação, onde as alas norte e oeste são ocupadas pela Faculdade de Artes Visuais e as alas leste e sul pela Escola de Música e Artes Cênicas, como ilustra a Figura 4.18.

A orientação solar é similar a do Bloco B, da EEC, ou seja, está 17°inclinado para oeste, em relação ao norte, praticamente perpendicular a este, como demonstra a Figura 4.19. As fachadas que contém maior quantidade de aberturas são a Norte e Sul e, em geral, são de salas de aulas ou ateliês.

As entradas para o edifício acontecem por todas as fachadas. Pela fachada Norte da FAV, o acesso acontece através da área da cantina, que chega a um hall, por onde se tem acesso à rampa, ao foyer do auditório, ao corredor de salas de aula e ao pátio interno. O acesso pela fachada Leste é direto ao foyer do auditório e, na fachada oeste acontece através de uma circulação, que dá acesso direto ao pátio interno. Na fachada Sul, o acesso se dá por um hall de entrada, no mesmo alinhamento da entrada da FAV. Deste hall se tem acesso ao corredor dos ateliês de música e à rampa.

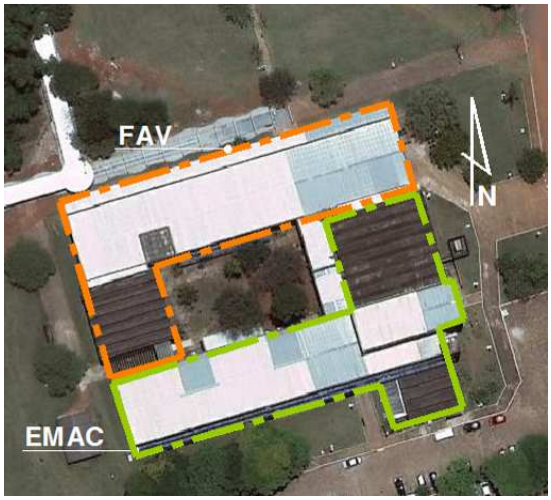



Figura 4.18 – Ocupação do edifício
Fonte: Adaptado de Google Earth (2010)

Figura 4.19 – Orientação Solar do Bloco da FAV/EMAC
Fonte: Adaptado de Google Earth (2010)

O pátio interno do edifício é descoberto, com vegetação composta, tanto por plantas ornamentais quanto por árvores de médio porte, que proporcionam sombra e um agradável ambiente para permanência dos usuários, fora dos horários de atividade (Figura 4.20).

Figura 4.20 – Pátio descoberto

O Edifício possui dois pavimentos, sendo que seu desenho em planta é de um quadrado, com um vão central. No entanto, a volumetria é trabalhada com elementos, como variação de alturas, de coberturas, de vãos de pé direito, dispositivos de proteção solar (*brises soleil* e recuos de esquadrias) e diferentes materiais, como está ilustrado na Figura 4.21, Figura 4.22, Figura 4.23 e Figura 4.24. Nota-se que é um edifício que foi bastante trabalhado esteticamente.

O campus conta com bolsões de estacionamento internos, serviços básicos como banco, correio, livraria, restaurantes e lanchonetes. Além dos blocos, onde acontecem as atividades acadêmicas de cada curso, existe, também um centro de eventos, edifício da reitoria e uma escola de nível fundamental. Dentro do território da Universidade também existem áreas de preservação permanente com dimensões consideráveis, e que tem grande relevância, tanto pelo valor ecológico, quanto para o micro-clima local.

Figura 4.21 – Fachada Leste com alturas e coberturas variadas (Maio/2009)

Figura 4.22 – Fachada Norte com brises e materiais de acabamento variados (Maio/2009)

Figura 4.23 – Ateliês com pé direito duplo e recuo de esquadrias (Maio/2009)

Figura 4.24 – Auditório com pé direito duplo (Maio/2009)

### 4.2.3. Composição física do edifício

A Figura 4.25 ilustra o edifício da FAV/ EMAC, diferenciando, por cores, as partes que o compõe. Na cor laranja e amarelo estão os blocos da FAV; em azul, está o auditório pertencente ao EMAC; em magenta, a rampa que faz a interligação entre as duas escolas; em azul ciano, a circulação de acesso da fachada oeste e, em violeta, o bloco da EMAC.

Os blocos em laranja e violeta têm sua estrutura toda em concreto armado, com pilares prismáticos, de base quadrada, fazendo angulação de 45° com as paredes (Figura 4.26), vigas que transpassam as paredes externas do edifício e aparecem nas fachadas (Figura 4.27), e lajes nervuradas unidirecionais (Figura 4.28). As paredes periféricas são em tijolo aparente e mantém esse acabamento, tanto em sua face interna, quanto externa. As paredes internas foram executadas em bloco de concreto expandido e o revestimento é em reboco e pintura lisa, na cor branca. A estrutura é em concreto aparente e os pisos, em granitina.

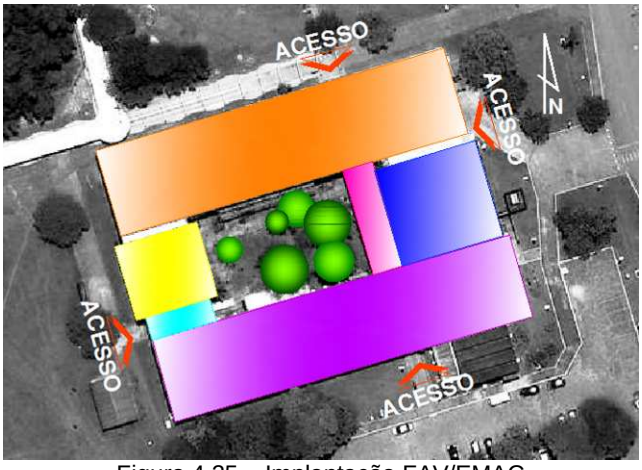



Figura 4.25 – Implantação FAV/EMAC
Fonte: Adaptado de Google Earth (2008)

Os *brises* são pintados na cor azul e fixos na estrutura do edifício. A cobertura é em laje sob telha metálica pintada de branco. No bloco em violeta existe um volume mais alto, que abriga a caixa d'água e tem sua cobertura escondida por platibanda.

Figura 4.26 – Pilares em ângulo (Abril/2010)

Figura 4.27 – Viga aparente (Abril/2010)

Figura 4.28 – Laje (Abril/2010)

A região em azul ciano é uma circulação de acesso, coberta com pérgola em concreto aparente, unidirecional, no sentido do menor vão. As paredes são em pintura branca e o piso em granitina. O bloco em amarelo abriga os ateliês de escultura, pintura, entre outras atividades. Possuem pé direito duplo, paredes internamente com pintura na cor branca, estrutura em concreto aparente e piso em granitina. O revestimento externo também é em tijolos aparentes. Já, a cobertura, é em laje de concreto armado, com formato diferenciado, deixando o concreto aparente. O bloco azul abriga o auditório, também com pé direito duplo, pintura das paredes na cor branca (interna e externamente), piso em granitina e cobertura em laje de concreto armado, com formato diferenciado, e cor em concreto aparente, como ilustra a Figura 4.29.

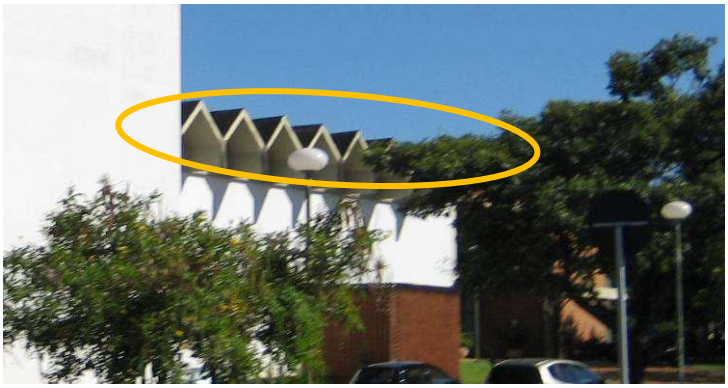


Figura 4.29 – Laje em concreto armado com desenho diferenciado (maio/2009)

As salas estudadas são a 01 e a 03 e ficam no bloco de salas da FAV. Foram eleitas por possuírem fachada norte, com a insolação mais complicada para o clima desta região e também, por estarem entre as poucas com aula no estilo tradicional e não oficinas ou

atividades diferenciadas. Ambas possuem pé direito de 3,20 m, se considerado o ponto mais alto da laje, e 2,80 m, se considerado, abaixo da laje, como se pode visualizar na Figura 4.30. A sala 01 ainda tem o agravante na parte acústica, por fazer divisa com a cantina e estar, assim mais suscetível aos ruídos ali produzidos.

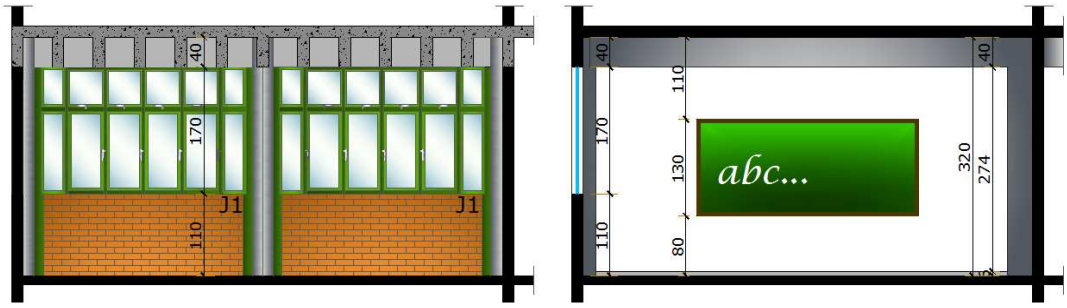



Figura 4.30 – Cortes esquemáticos sala 01 e 03 FAV

As janelas das salas mencionadas estão locadas somente na fachada norte, como pode ser visualizado na planta baixa da Figura 4.31, não proporcionando, assim ventilação cruzada no ambiente. Essas esquadrias são em ferro pintado na cor verde, folha e vidro translúcido comum. Vislumbrando a problemática da incidência solar norte na fachada, foram planejados, como proteção solar, *brises* fixos horizontais, ao longo de toda fachada norte e, parcialmente, na fachada sul, que se abre para o pátio interno, representados em projeção na planta baixa (Figura 4.31).

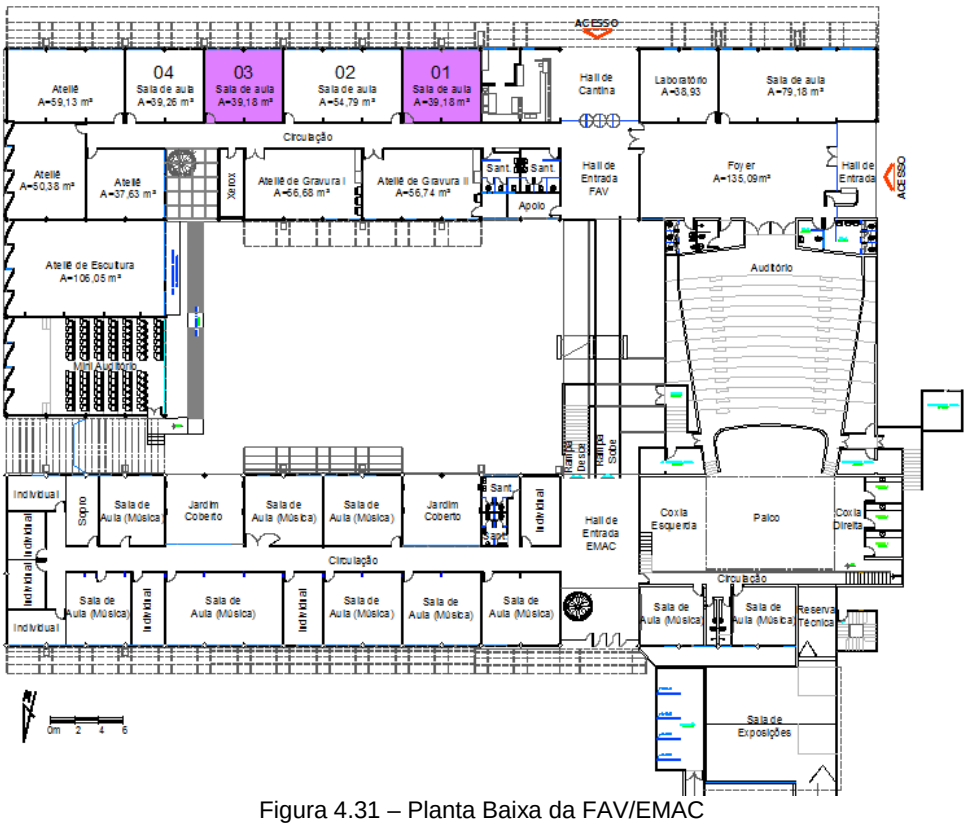


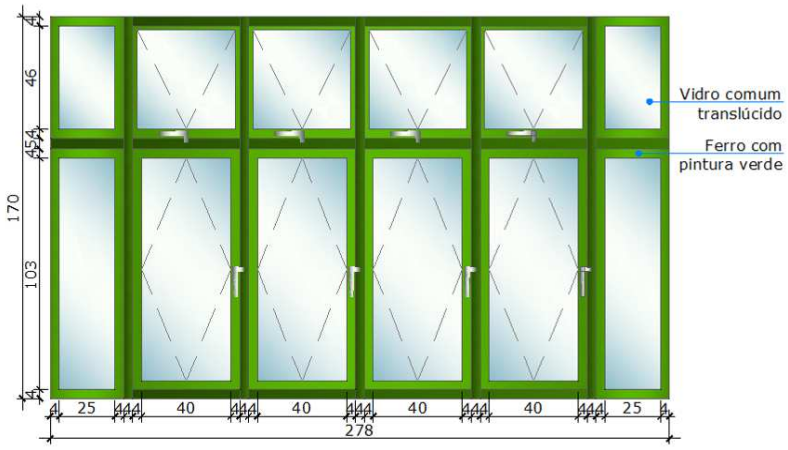

Figura 4.31 – Planta Baixa da FAV/EMAC
Fonte: Adaptada de projeto CEGEF (2000)

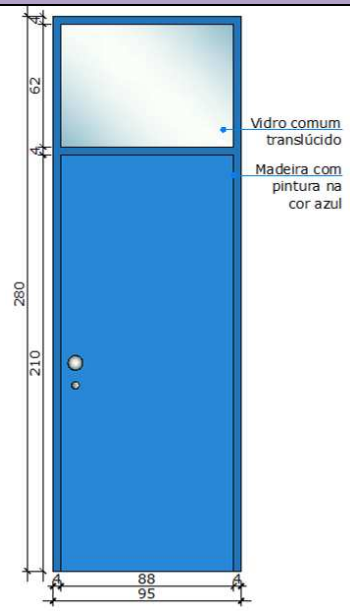
As janelas das salas de aula seguem o mesmo padrão. A esquadria tem dois tipos de aberturas, uma mais baixa e maior, que abre com sistema pivotante e permite ventilação praticamente total, através do vão e uma alta e menor, que abre no sistema máximo-ar. As portas no edifício possuem variadas dimensões e sistemas de abertura entre eles: portas pivotantes, na entrada da FAV; porta de abrir, na entrada do auditório, com duas folhas e portas de abrir com uma folha, na entrada dos ambientes internos. Em geral, as portas de acessos principais ao edifício são em esquadria de ferro e vidro, enquanto as demais são em madeira, pintada na cor azul. A Tabela 4.3 descreve as esquadrias presentes nas salas avaliadas.

As portas das salas possuem uma área superior com folha de abrir, em vidro; no entanto, esta não colabora com a ventilação, ou com a iluminação, pois está voltado para a circulação, que é iluminada somente por luz artificial e é fixa.

Foram calculados, para as paredes de 10 cm externas, os valores de transmitância térmica, atraso térmico e fator solar, utilizando-se, como ferramenta, o software Transmitância (LaBEEE, s/d). Foi utilizado, ainda, o projeto de norma 02:135.07-001/3 (ABNT, 2003) que classifica a cidade de Goiânia na Zona Bioclimática 6. Deve-se ressaltar que os cálculos foram feitos com valores estimados, considerando que as paredes externas sejam compostas por tijolo cerâmico maciço (5 x 10 x 19cm), assentado deitado, sem reboco.

Tabela 4.3 - Quadro de aberturas das Salas 01 e 03 da FAV

| Janela | Tipo | H x L x P | Detalhe em vista frontal |
|---|---|---|---|
| J1 | Pivotante (aberturas inferiores), Máximo-ar (aberturas superiores) e vidros fixos nas esquadrias laterais | 170 x 390 x 278 (cm) |  |

| Porta | Tipo | H x L x P | Detalhe em vista frontal |
|---|---|---|---|
| P1 | Abrir | 210 x 80 (cm) |  |



A norma traz, como recomendações para as edificações da Zona 6, que tenham paredes pesadas. A Tabela 4.1 apresenta os valores de transmitância térmica, atraso térmico e fator solar recomendados e os encontrados para o edifício da FAV/EMAC. Por meio da comparação desses valores, nota-se que nenhum dos índices satisfazem às exigências normativas.

Tabela 4.4 – Dados de Transmitância Térmica, Atraso Térmico e Fator Solar - Valores referência (ABNT, 2003) e Valores levantados FAV

| | Transmitância Térmica – U W/m².K | Atraso Térmico - φ Horas | Fator Solar – $Fs_o$ % |
|---|---|---|---|
| **Valores recomendados** | U ≤ 2,20 W/m².K | φ ≥ 6,5 h | $Fs_o \leq 3,5$ |
| **Valores FAV** | U = 3,86 W/m².K | φ = 2,2 h | $Fs_o = 10$ |

# CAPÍTULO 5
# DESCRIÇÃO E ANÁLISE DOS DADOS EEC

Este capítulo traz os resultados das medições de conforto térmico, conforto acústico, conforto lumínico e aplicação de questionários realizadas, ao longo do período de 11 meses e 8 dias, no bloco de salas de aula, da Escola de Engenharia Civil. Eles serão apresentados subdivididos por ambiente analisado e por tipo de conforto.

## 5.1. LOCAÇÃO DOS PONTOS PARA AS MEDIÇÕES LUMÍNICAS

As medições lumínicas foram iniciadas próximas ao solstício de inverno (21/06) do ano de 2009 e, com o intuito de ser concluído um ciclo, de dois solstícios e dois equinócios, foram estendidas até o ano 2010, próximo ao equinócio de outono (20/03). Desta maneira, foram realizadas quatro medições, em cada uma das salas estudadas, seguindo o procedimento descrito no item 3.3.

Segundo a NBR 15215-4 – Verificação Experimental das condições de iluminação interna de edificações (ABNT, 2004), o levantamento deve levar em consideração as dimensões das salas e a diferença de altura entre os peitoris das janelas e o plano de trabalho. Para isso, foi definida uma malha com 36 pontos para adequada caracterização da iluminância com luz natural, no plano de trabalho (Figura 5.1 a Figura 5.7).

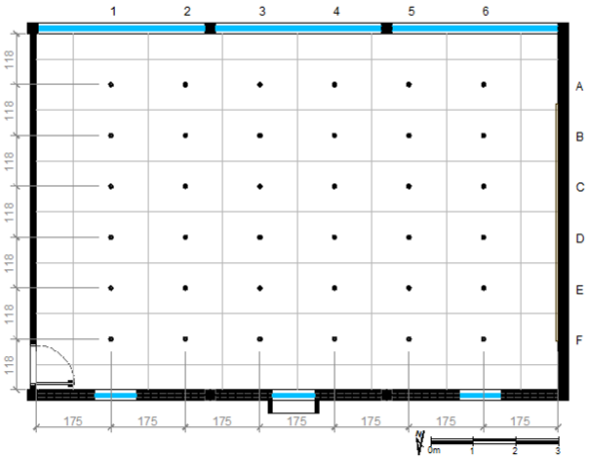



Figura 5.1- Planta Baixa, com 36 pontos em malha, para medição de luz natural, na sala 06, da EEC

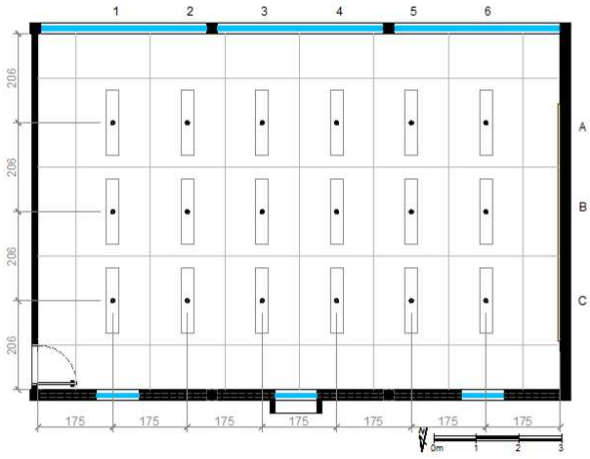



Figura 5.2- Planta Baixa, com pontos de medição da iluminação artificial, na sala 06, da EEC

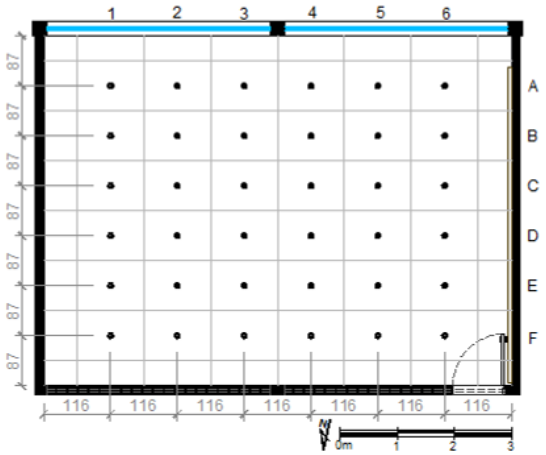



Figura 5.3- Planta Baixa, com 36 pontos em malha, para medição de luz natural, na sala 03, da EEC

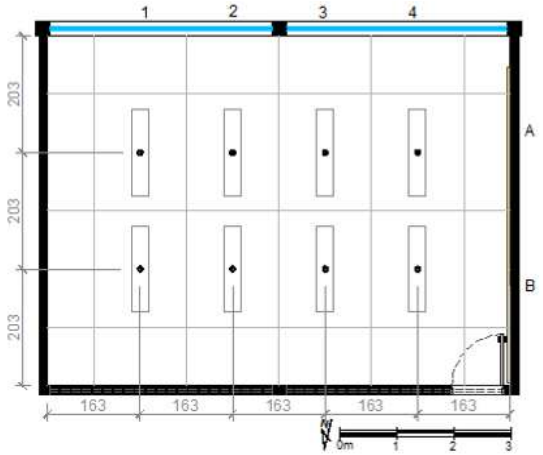



Figura 5.4- Planta Baixa, com pontos de medição da iluminação artificial, na sala 03, da EEC

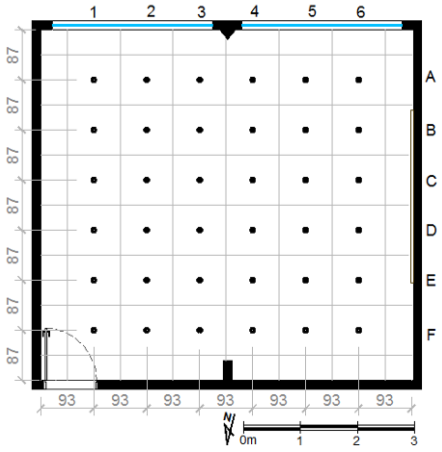



Figura 5.5- Planta Baixa, com 36 pontos em malha, medição de luz natural, nas salas 01 e 03, da FAV

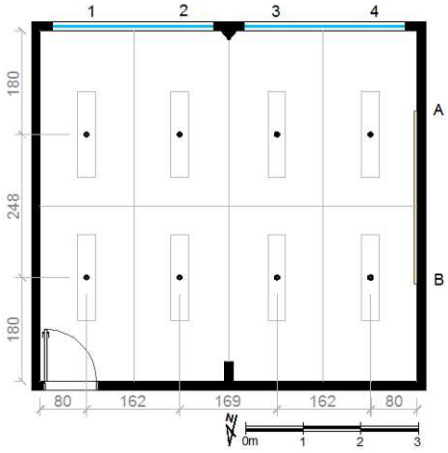



Figura 5.6- Planta Baixa, com pontos de medição da iluminação artificial, nas salas 01 e 03 da FAV

Com os dados levantados, nos 36 pontos, também foi calculado o coeficiente de uniformidade, como a razão entre a iluminância medida em um ponto e a média de iluminância da sala, em um horário de medição. Sendo que será mais satisfatório, quanto mais próximo estiver de 1. Depois de calculados os coeficientes de uniformidades, para cada ponto levantado foi feita uma média para a sala, naquele determinado horário.

Foram medidos, também, os pontos perpendiculares ao eixo das luminárias com a luz artificial ligada. A localização destes pontos pode ser visualizada na Figura 5.2, onde foram marcados 18 pontos, referentes às luminárias presentes na sala 06, da EEC, e na Figura 5.4 e Figura 5.6, onde foram marcados 8 pontos para as demais salas. As medições relativas à iluminância com luz artificial foram simplificadas, pois o objetivo principal dessas avaliações é relativo às condições de iluminação natural.Todas as luminárias instaladas nas salas eram compostas por duas lâmpadas fluorescentes de 32W, cada. Durante as medições, todas as lâmpadas eram acionadas, com exceção daquelas que se encontravam queimadas. Tais eventualidades serão destacadas durante a apresentação dos resultados. A partir dos dados

levantados com a iluminação artificial, foi possível calcular o percentual de ganho de iluminância proporcionado pela luz artificial.

Pelo fato do quadro negro se tratar de um equipamento de grande importância e utilização nas atividades desenvolvidas nas salas de aula, foi realizada a medição de 5 pontos de iluminância no mesmo. Primeiramente foi considerada apenas a iluminação natural e, em seguida, a luz artificial foi somada a natural, O mapeamento mostrado nas Figura 5.7 a Figura 5.10 indica a posição dos pontos de coleta dos dados nos quadros negros.

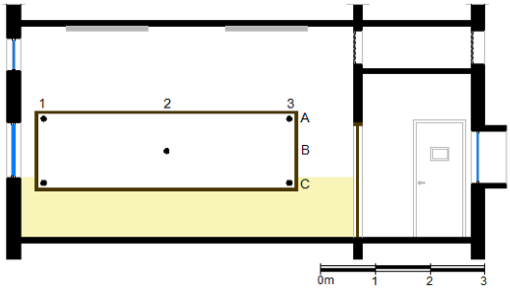



Figura 5.7- Mapeamento quadro negro da sala 03 EEC

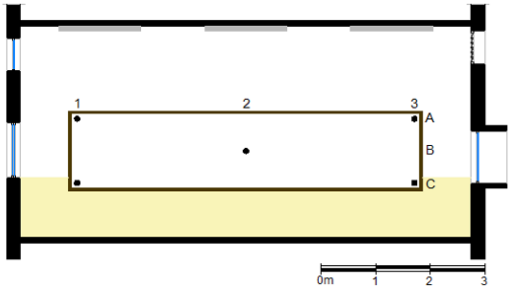



Figura 5.8- Mapeamento quadro negro da sala 06 EEC

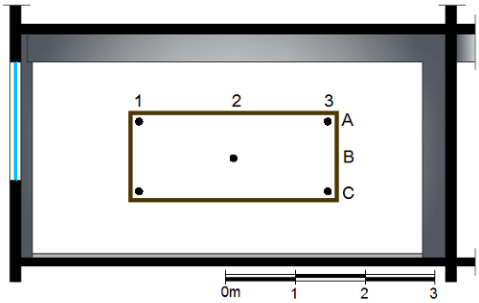



Figura 5.9- Mapeamento quadro negro da sala 01 FAV

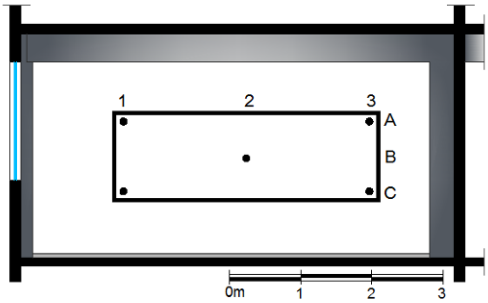



Figura 5.10- Mapeamento quadro negro da sala 03 FAV

## 5.2. LOCAÇÃO DOS PONTOS PARA AS MEDIÇÕES TÉRMICAS

Foram instalados três *Data Loggers,* na Faculdade de Artes Visuais, sendo um, em cada uma das salas 01 e 03, e um, na área externa, próximo à sala 03, na circulação aberta. Todos foram programados para iniciar as medições às 12h00min, do dia 24 de junho de 2009. O quarto medidor foi adquirido posteriormente aos demais e instalado, em 04 de dezembro de 2009, também na circulação aberta, considerada como área externa. A localização dos medidores está mostrada na Figura 5.11.

Na EEC, foram instalados os quatro medidores, programados para iniciar a coleta de dados às 12h00min, do dia 24 de junho de 2009. Dois foram colocados nas salas avaliadas 03 e 06, um, na circulação fechada, em frente à sala 03, e um, no hall de entrada coberto. Todos os medidores estão demarcados na Figura 5.12.

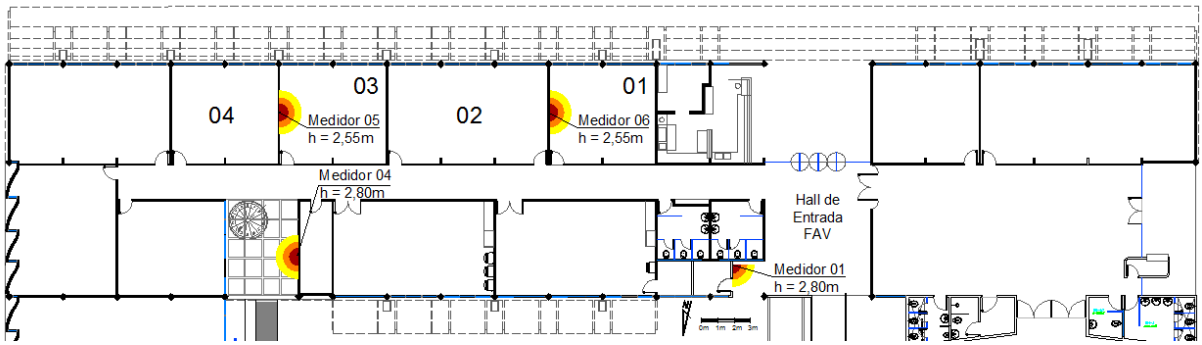



Figura 5.11 – Localização dos medidores térmicos na FAV

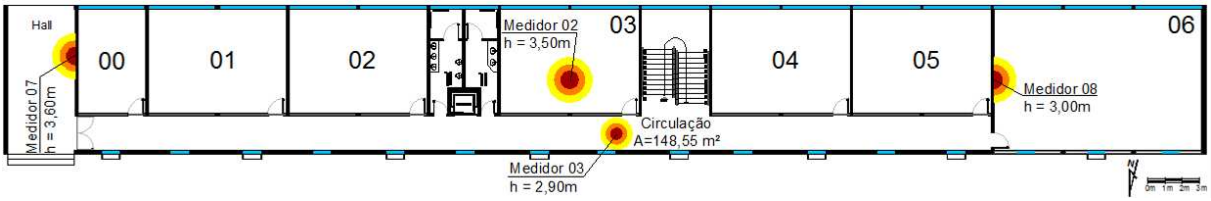



Figura 5.12 – Localização dos medidores térmicos, na EEC

A escolha dos locais de instalação dos medidores priorizou as salas onde seriam, também, realizadas as avaliações lumínicas, pois nestas salas pode-se reconhecer alguns fatores importantes para a avaliação térmica do edifício, como o fato de possuírem paredes com grande área de esquadrias, o que eleva a transmitância térmica da sala, permitindo maior troca de ar com o ambiente externo. Para as áreas externas, no caso da FAV, foram eleitos dois pontos, em extremidades diferentes do edifício, para notar se há divergência de temperatura externa ao longo do edifício. Estes locais, além de abertos necessitavam, também, ser cobertos visando a proteção dos equipamentos. No caso da EEC, como havia somente um local nestas condições, optou-se por instalar um medidor externo e um na área de circulação, que tem comunicação direta com o exterior e permanece a maior parte do tempo aberta.

Em função das salas estarem em atividades normais, não foi possível, em função da praticidade e segurança dos aparelhos, instalá-los na altura recomendada entre 1,2m à 1,5m. Eles foram, então, fixados em parede ou teto, de acordo com a conveniência, em alturas que variam entre 2,55m e 3,60m. Todos os *Data Loggers* foram devidamente protegidos da incidência de radiação direta e permaneceram dentro de uma gaiola de ferro fixa, que impedia o acesso de terceiros ao equipamento.

## 5.3. LOCAÇÃO DOS PONTOS PARA MEDIÇÕES ACÚSTICAS

Realizaram-se as medições acústicas, em ambas as edificações, no dia 26 de maio de 2010, durante período normal de atividades.

Consideraram-se como diretrizes para eleição dos pontos a serem medidos, tanto os dados de observação direta, quanto os de percepção dos usuários. Na EEC, foram realizadas cinco medições, sendo duas em cada sala, 03 e 06. A primeira medição foi realizada com a sala vazia e a segunda com a presença dos alunos. Foi, ainda, realizada uma medição na área externa, captando os ruídos da escola, vegetação, da praça universitária e do trânsito (Figura 5.13).

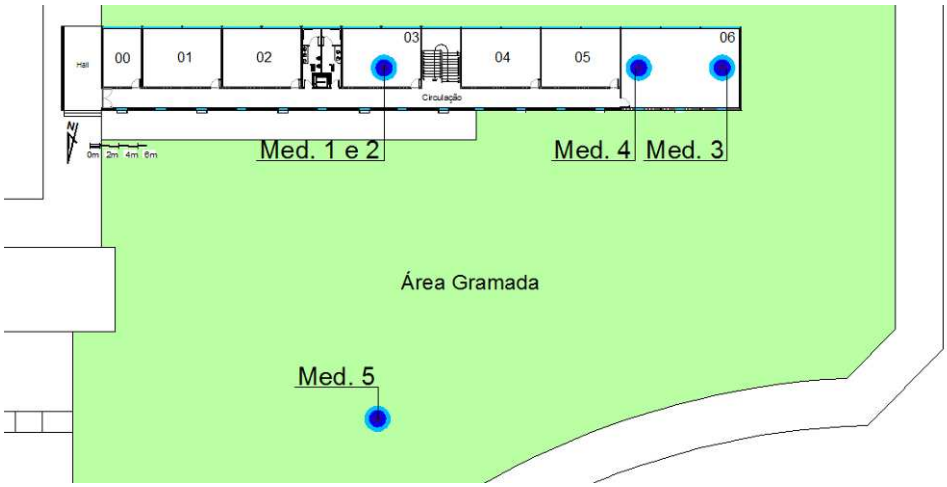



Figura 5.13 – Pontos de medição acústica na EEC

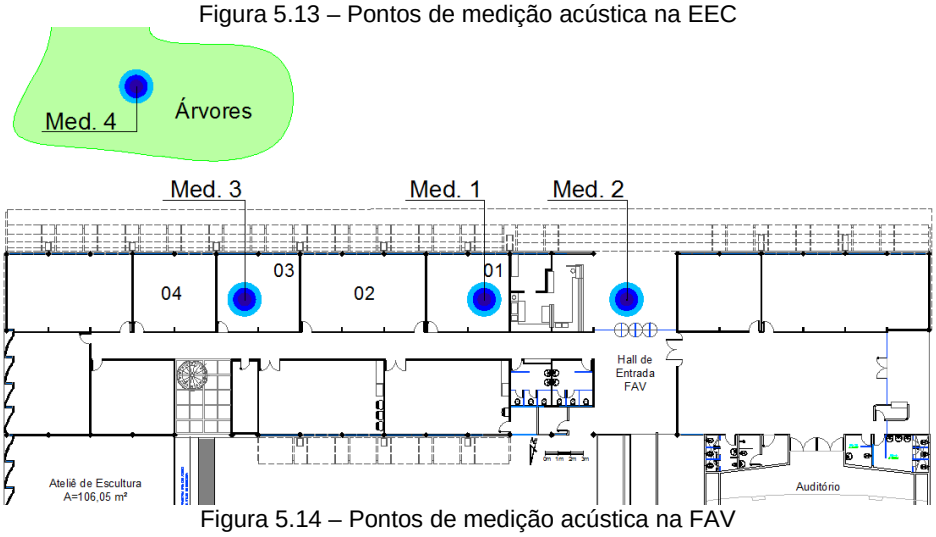



Figura 5.14 – Pontos de medição acústica na FAV

Na FAV, foram realizadas quatro medições, todas em horários próximos e dentro da disponibilidade de atividades na escola. Duas destas, foram no interior das salas, sendo uma, contando com a presença dos alunos e outra, com a sala vazia. Outra, foi realizada na área da cantina, local com bastante concentração de pessoas e a última, foi realizada na área externa à edificação, próxima à Área de Preservação Permanente (APP), registrando o ruído da vegetação e dos demais componentes do entorno.

## 5.4. SALAS DA ESCOLA DE ENGENHARIA CIVIL

Neste tópico serão descritas as medições realizadas na sala 03 e na sala 06, da Escola de Engenharia Civil. Optou-se por apresentá-las juntas, por haver uma quantidade relevante de informações comuns a estas salas, pois as medições lumínicas, acústicas e térmicas de ambas foram realizadas sob as mesmas condições.

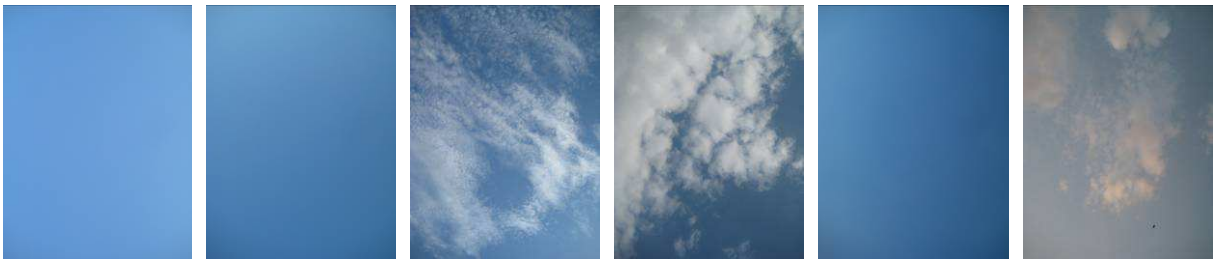
### 5.4.1. Medições Lumínicas

Neste item serão apresentados os resultados obtidos, em cada uma das quatro medições lumínicas, realizadas na Escola de Engenharia Civil, na sala 03 e na sala 06.

#### 5.4.1.1. Solstício de Inverno

Buscou-se realizar as medições próximas ao solstício de inverno, que, no ano de 2009, ocorreu no dia 21 de junho. Dessa forma, no dia 25 de junho de 2009, foi realizada a primeira medição lumínica, na Escola de Engenharia Civil.

No começo da manhã, o céu se apresentava limpo e claro, no entanto, mais próximo às 12 horas, algumas nuvens pouco densas começaram a encobri-lo, como se nota na Figura 5.15. Ele assim permaneceu, apresentando, às 14 horas, uma quantidade maior de nuvens, deixando o céu mais escuro. Às 16 horas o céu estava novamente claro e limpo, só voltando a apresentar algumas nuvens próximo às 18 horas.



8 h 10 h 12 h 14 h 16 h 18 h

Figura 5.15 – Aspecto do céu na medição de 25/06/2009 na EEC

Devido à presença de película fumê nos vidros das esquadrias, todas as medições em ambas as salas, foram realizadas com as janelas abertas, para permitir a entrada de luz. As persianas instaladas nas janelas altas também foram abertas para a medição, como ilustram a Figura 5.16 e Figura 5.17.

Figura 5.16 – Sala 03 EEC, às 8h de 25/06/2009

Figura 5.17 – Sala 06 EEC, às 8h de 25/06/2009

## A) Sala 03 EEC

Os níveis médios de iluminância, nessa sala, são mostrados na Figura 5.19. Somente no horário das 12h este índice supera os 300 lux mínimos, exigidos pela NBR 5413 (ABNT, 1992) com iluminação natural, sendo que nos demais horários, se tem uma média variando entre 3 e 229 lux. Em geral, um fator que contribui consideravelmente para tais resultados é a orientação solar desta sala, com suas aberturas voltadas para sul.

No solstício de inverno, onde a inclinação do sol faz angulação aproximada de 40° norte com a fachada, a orientação do edifício e sua distribuição em planta fazem com que o próprio edifício sombreie a fachada sul, reduzindo, assim, a entrada de iluminação natural. Próximo as aberturas da sala 03 existem, também, duas árvores de grande porte, que ficam com sua copa na altura das janelas. No entanto, pelo posicionamento em relação ao sol e ao edifício, acredita-se que elas não interfiram representativamente nos índices de iluminância. A média de 3 lux, no horário de 18h, se deve também ao fato do sol se pôr mais cedo, pois os dias são mais curtos, próximo ao solstício de inverno. Desta forma, o nível de iluminação externa é muito baixo, o que interfere diretamente no resultado da medição interna. Apesar de ter havido nebulosidade no céu, nos horários de 12h e 14h, as maiores médias de iluminância foram obtidas nestes horários.

Acredita-se que não houve grande interferência de tal nebulosidade, pois esta se configurava com nuvens esparsas e pouco densas encobrindo assim o sol por alguns instantes e logo desobstruindo a luz. É também, nesses horários, que o sol está a pino, levando, assim, mais luz até a fachada sul. Na Figura 5.18 são apresentados as iluminâncias registradas, no solstício de inverno, na sala 03.

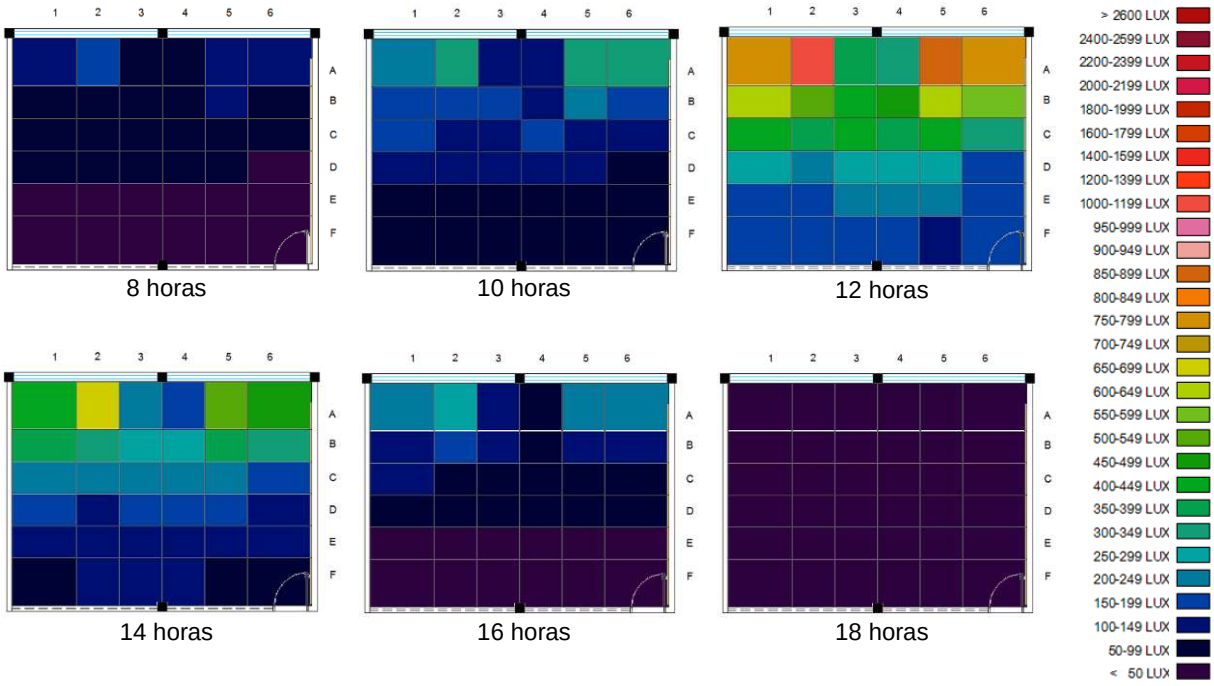



Figura 5.18 – Mapeamentos de iluminância da Sala 03 EEC no dia 25/06/2009

Na Figura 5.19 é mostrado o nível de iluminância média, na sala 03, com a contribuição da luz artificial somada à natural. Estes níveis seguem o mesmo padrão de desenvolvimento dos dados de iluminância média com luz natural, ou seja, tem padrão crescente até às 12 horas, e a partir de então, começam a decrescer.

Na Figura 5.20, é mostrado o percentual de ganho de iluminância com a luz artificial, calculado pela razão entre a Iluminância média artificial e a Iluminância média natural, subtraída de 1. Nessa figura, foi omitido o resultado do ganho às 18 horas, por se tratar de porcentagem muito elevada, tendo em vista que o desempenho de luz natural foi de apenas 3 lux, em média. De maneira geral, os ganhos com a iluminação artificial foram relevantes.

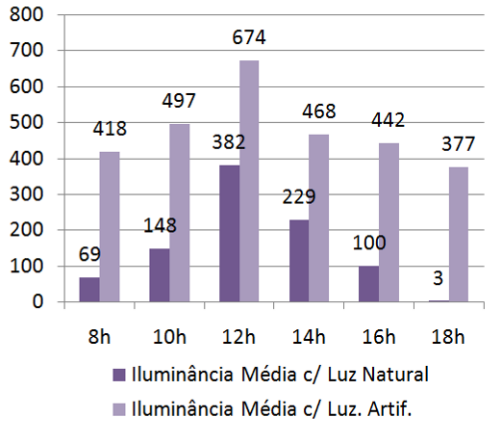



Figura 5.19 – Iluminâncias médias no Solstício de Inverno na Sala 03 EEC

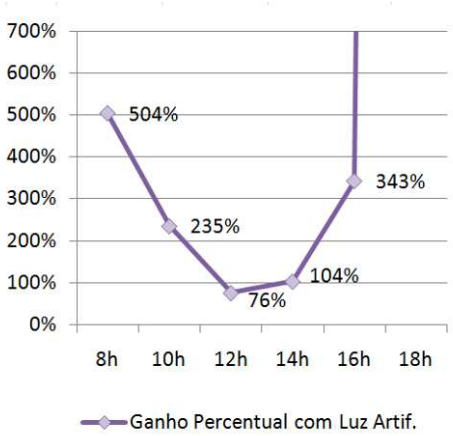



Figura 5.20 – Percentual de ganho com luz artificial em relação à luz natural

Os maiores índices de uniformidade encontrados foram nos dois primeiros horários da manhã, 0,46 e 0,49, horários estes que não alcançaram o mínimo de iluminância requerido para as atividades escolares. Na medição das 12 horas, que foi a única a superar os 300 lux, apresentando, assim, um bom resultado em relação à iluminância média, o desempenho em relação ao índice de uniformidade, teve resultado que pode ser considerado baixo, igual a 0,35. Constata-se, assim, que uma boa iluminância média não está diretamente ligada a um satisfatório coeficiente de uniformidade. Nos demais horários os coeficientes se mantiveram praticamente constantes acompanhando o coeficiente das 12 horas, entre 0,34 e 0,36 (Figura 5.21). Esses resultados são inferiores aos dois primeiros horários matutinos, o que se deve ao fato da grande variação dos índices de iluminância, tendo valores mais altos nas linhas próximas às janelas, e bastante inferiores, nas linhas mais distantes das janelas. A queda da iluminância nestes pontos, é bastante acentuada, o que contribui para heterogeneidade da iluminância e, consequentemente, nos baixos coeficientes de uniformidade.

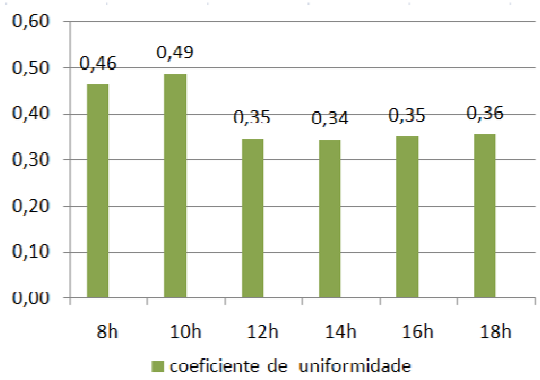



Figura 5.21 – Coeficientes de Uniformidade da Sala 03 EEC, durante a medição do solstício de inverno

As medições realizadas no quadro negro levantaram a iluminância natural e artificial em cinco pontos. O gráfico, na Figura 5.22, ilustra os resultados encontrados para a iluminância média, devido à luz natural, a qual variou entre 2 lux e 183 lux, seguindo o mesmo padrão da iluminância média registrada ao longo do dia, na sala 03. Às 18 horas, o nível encontrado foi o menor, podendo ser considerado como ausência de luz natural. O maior valor registrado foi de 433 lux, no ponto 1A (canto superior esquerdo) às 12 horas, com a luz artificial ligada, porém este valor não alcança o mínimo de 500 lux, sugeridos pela NBR 5413 (ABNT, 1992). Desta forma constata-se que, em nenhum momento do dia, foi possível atingir o nível mínimo de iluminância no quadro negro para conforto visual dos usuários. Dos cinco pontos medidos, o que apresentou, em todos os horários, o melhor desempenho foi o localizado no lado esquerdo superior (1A), próximo à janela, enquanto, com o menor desempenho, foi o ponto localizado no canto direito inferior (3C).

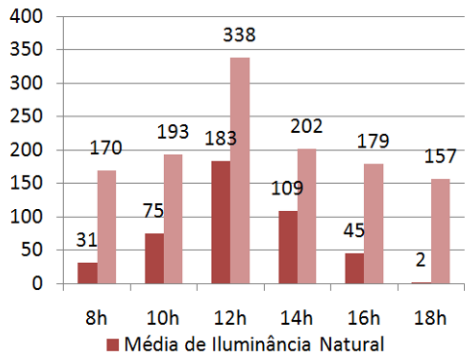



Figura 5.22 – Iluminâncias médias do quadro negro, da Sala 03 da EEC

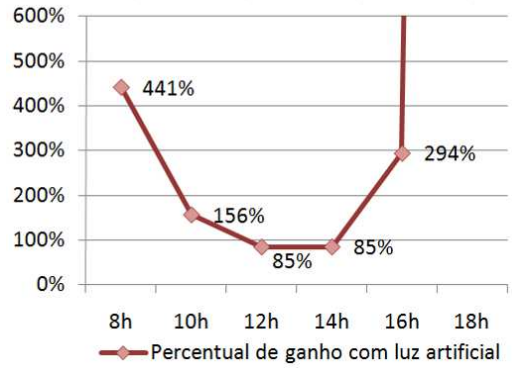



Figura 5.23 – Percentual de ganho com luz artificial, no quadro negro da Sala 03 da EEC

Em relação ao percentual de ganho com luz artificial, no quadro negro, pode-se notar do gráfico da Figura 5.23, que o comportamento da curva foi bastante similar ao da curva de percentual de ganho, com luz artificial, na sala de aula. De modo geral, todos os ganhos com a utilização da iluminação artificial são altos, tendo, somente nos horários de 12 e 14 horas, valores inferiores a 100%. Isso se deve ao baixo desempenho lumínico com a iluminação natural e à grande quantidade de luminárias existente na sala de aula, o que dá um maior desempenho com iluminação artificial. No entanto, em relação ao quadro negro, ainda não foi alcançado o nível mínimo requerido, mesmo com essa iluminação.

## B) Sala 06 EEC

Os maiores níveis de iluminância ocorrem, aqui, de forma diferenciada da descrita para a sala 03, anteriormente, pois, na sala 06, existem janelas voltadas às duas fachadas, norte e sul. A Figura 5.24 apresenta os mapeamentos com os níveis de iluminância, registrados no Solstício de Inverno.

Os resultados obtidos, a partir da média de iluminância natural dos dados registrados, mostraram um melhor desempenho lumínico na sala 06, se comparado ao resultado da sala 03. Nos horários de 12 e 14 horas, os níveis médios de iluminância, com luz natural superaram o mínimo requerido de 300 lux, como pode ser visualizado na Figura 5.25, apesar de coincidirem com os momentos em que foram detectadas algumas nuvens no céu, que pelo que se pode notar, não interferiram de forma relevante nos resultados, por serem poucas e espalhadas. Nos demais horários, as médias não alcançaram os 300 lux. No entanto com exceção da medição das 8 horas, todas as demais médias apresentaram valores superiores aos encontrados na sala 03. Muito da melhora deste desempenho, em relação à sala 03, localizada no mesmo edifício, é o fato da sala 06, em questão, possuir aberturas, tanto para fachada sul, quanto para a fachada norte, permitindo, assim, maior entrada de luz no ambiente e aumentando o nível de desempenho lumínico.

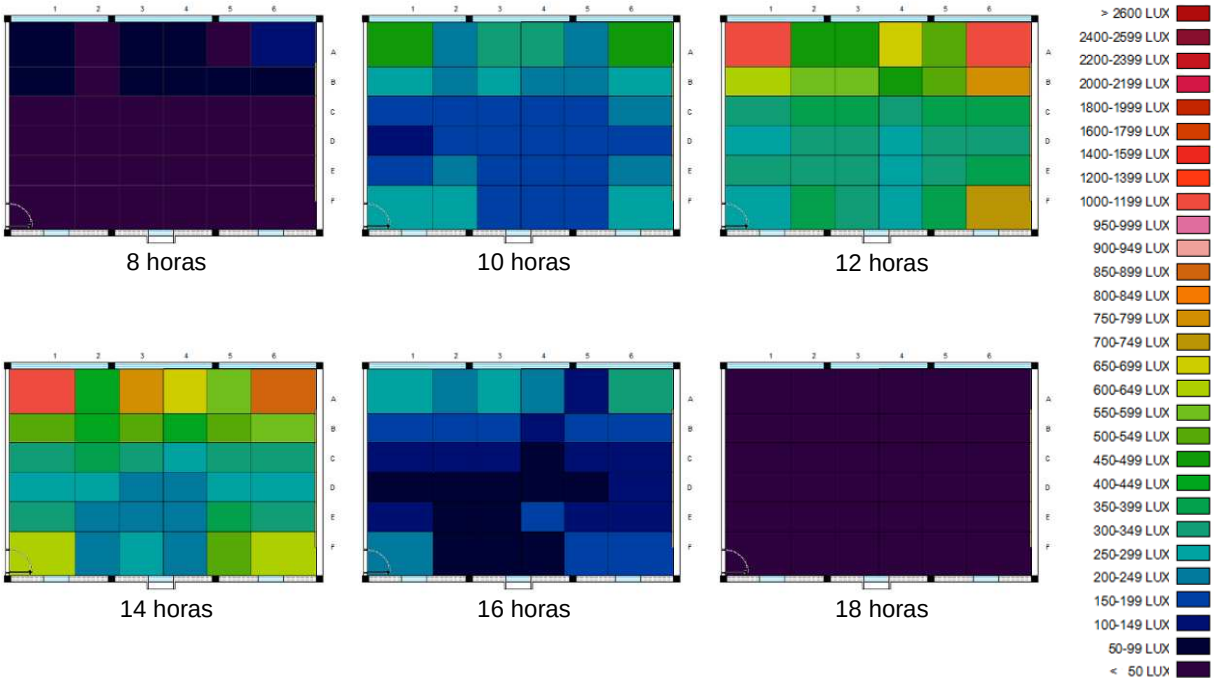



Figura 5.24 – Mapeamentos de iluminância da Sala 06 EEC no dia 25/06/2009

Por se tratar do solstício de inverno, nota-se o baixo índice de iluminância na última medição, às 18 horas, horário em que o sol está muito baixo no horizonte e já não projeta luz suficiente na edificação, para produzir bons níveis de iluminância no interior da edificação.

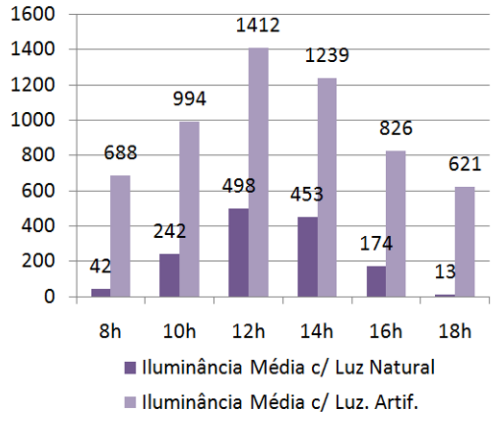



Figura 5.25 - Iluminâncias médias no Solstício de Inverno na Sala 06 EEC

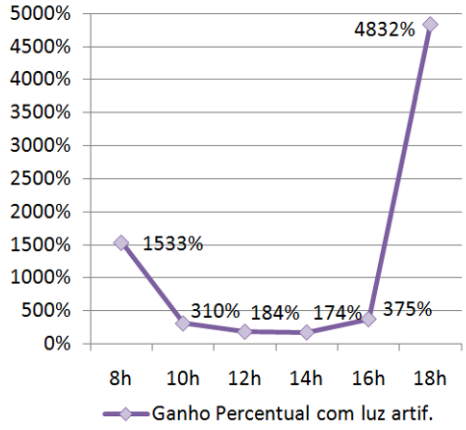



Figura 5.26 – Percentual de ganho com a luz artificial na Sala 06 EEC

No gráfico da Figura 5.25 estão representadas as médias de iluminâncias, calculadas para a sala 06, tanto para luz natural, quanto artificial. Nota-se uma grande diferença entre os valores devido à grande contribuição da luz artificial. A sala 06 conta com 18 luminárias, número bastante elevado, que interfere diretamente no desempenho encontrado. Em geral, a sala 06 apresentou as maiores porcentagem de ganho, em todos os horários, se comparados com a sala 03. Os ganhos mais baixos foram encontrados para os horários de 12 e 14 horas em conseqüência de estes, também, serem os horários com melhor

desempenho lumínico, com luz natural, nos horários de 10 e 16 h, os ganhos também foram de valores próximos, 310% e 375% e os maiores ganhos foram às 8 horas com 1533% e, às 18 horas com 4832%.

Os coeficientes de uniformidade se apresentaram relativamente melhores para sala 06 se comparados àqueles encontrados para a sala 03. De forma geral, atingiram valores um pouco mais altos, como 0,59 e 0,58, às 10 horas e às 12 horas, respectivamente, e mantiveram um padrão similar ao das médias das iluminâncias, como pode ser visto na Figura 5.27. Acredita-se que um fator que pode ter contribuído para esta melhora em relação à sala 03, é a existência de janelas, em duas faces da sala, tendo assim maior contribuição de iluminação natural e maior variedade de direcionamento de entrada desta iluminação, tornando o desempenho lumínico da sala mais homogêneo, ao longo do dia. No entanto os valores máximos encontrados ainda estão distantes do ideal. Como anteriormente constatado, uma boa média de iluminância natural não acarreta necessariamente, em um alto coeficiente de uniformidade, como podemos constatar através dos coeficientes registrados para a Sala 06. Apesar de as melhores médias de iluminância serem nos horários 12 e 14 horas, somente o horário de 12 horas esteve entre os valores mais elevados de coeficiente de uniformidade. Os coeficientes das 8 e 16 horas obtiveram valores similares 0,38 e 0,33, respectivamente, enquanto o menor valor encontrado foi o de 0,24, para as 18 horas, que provavelmente, é conseqüência da grande diferença entre os valores de iluminância registrados nos pontos da linhas A. Para os demais pontos, alguns destes valores da linha A representam o dobro ou triplo da iluminância registrada em outros pontos.

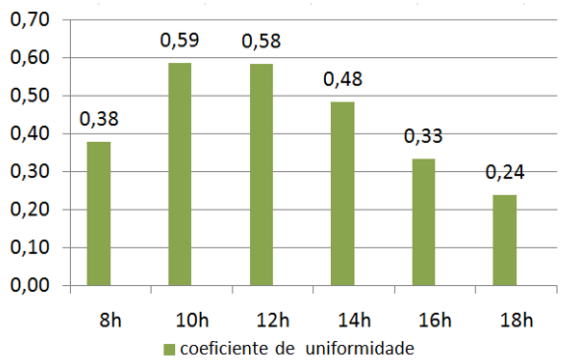



Figura 5.27 – Coeficientes de Uniformidade, para Sala 06 da EEC, durante o solstício de inverno

Na sala 06 também foram levantados cinco pontos no quadro negro, tanto com a iluminação natural, quanto com a artificial, e o gráfico na Figura 5.28 apresenta as médias das iluminâncias levantadas durante as seis medições, ao longo do dia 25 de junho de 2009.

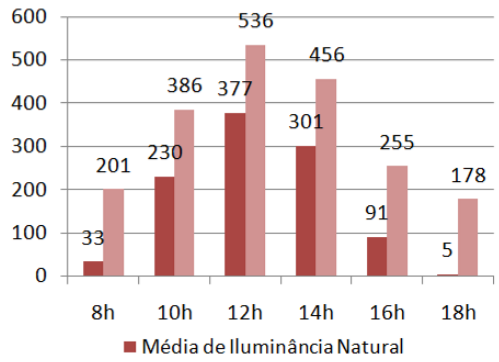



Figura 5.28 - Iluminâncias médias do quadro negro da Sala 06 da EEC

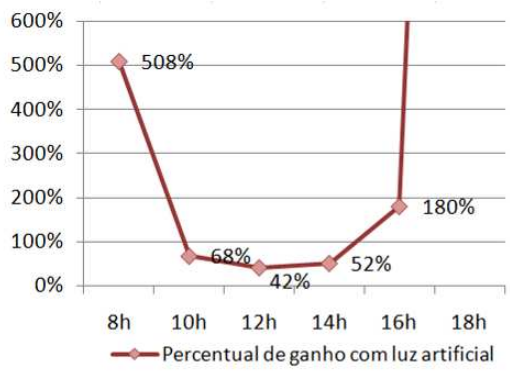
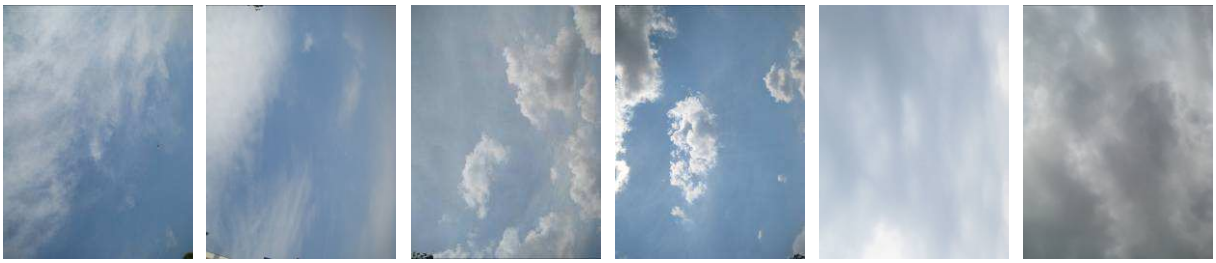



Figura 5.29 - Percentual de ganho com luz artificial no quadro negro da Sala 06 da EEC

Como pode-se notar, o padrão das médias, ao longo do dia, para o quadro negro, foi o mesmo desenvolvido pelas iluminâncias da sala de aula, tendo como momentos de níveis máximos as 12 e 14 horas, tanto para iluminação natural quanto para a iluminação artificial. Apresentou iluminâncias superiores às levantadas na sala 03, mas que também não atingiram, para iluminação natural, o mínimo recomendado de 500 lux, tendo como maior valor 377 lux, e as demais médias variando entre 5 lux, às 18 horas, e 301 lux, às 14 horas. Com o acionamento das luzes artificiais, ao meio dia, foi possível atingir-se o nível de 536 lux o único momento a superar o mínimo exigido. Em geral, a porcentagem de ganho, com a luz artificial, seguiu inversamente o padrão das médias de iluminância, tendo os maiores ganhos nos horários de 8 e 18 horas, 508% e 3778%, respectivamente, como ilustra o gráfico na Figura 5.29. O menor ganho ocorreu às 12 horas, por ser o momento que registrou melhor desempenho lumínico relativo à luz natural.

### 5.4.1.2. Equinócio de Primavera

A segunda medição realizada na EEC ocorreu no dia 19 de setembro de 2009, data próxima ao equinócio de primavera, que demarca a chegada de tal estação do ano. No ano de 2009, o equinócio de primavera aconteceu no dia 22 de setembro, às 21h e 18 min.



8 h 10 h 12 h 14 h 16 h 18 h

Figura 5.30 - Aspecto do céu na medição de 19/09/2009 na EEC

A Figura 5.30 ilustra o comportamento do céu, ao longo deste dia de medição, onde contou-se com a presença de nebulosidade, durante todo o período, variando sua intensidade ao

longo deste dia. Nas primeiras medições da manhã, 8h e 10h, as nuvens estavam bastante rarefeitas e foram ficar um pouco mais encorpadas somente às 12 horas, mas mantendo a formação espaçada, sem encobrir todo o céu, formação esta que se manteve similar, até as 14 horas, com a diferença que neste horário, o céu se apresentou um pouco mais claro que na medição anterior. No meio da tarde o aspecto da nebulosidade torna a mudar, adquirindo forma mais densa e escurecendo a superfície celeste, algo como uma preparação para chuva, este quadro foi evoluindo, até chegar ao que se vê às 18 horas, um céu escuro, bastante nebuloso e com pancadas leves de chuva.

## A) Sala 03 EEC

A avaliação do desempenho lumínico da sala 03, no equinócio de primavera apresentou melhores resultados do que aqueles levantados durante o solstício de inverno, como é mostrado na Figura 5.33.

Analisando, inicialmente, a medição das 8 horas constata-se que, em função do Bloco B, da EEC, está 13° inclinado em relação ao norte no sentido oeste como foi descrito anteriormente, esta locação do edifício permitiu que o sol nascente a leste, com raios solares bastante inclinados, alcance a fachada sul, como pode ser visto na Figura 5.31, aumentando, assim, os níveis de iluminância, que permeiam a sala 03, que possui esquadrias somente nesta fachada; no entanto, sem gerar radiação direta no interior da mesma. O oposto ocorre neste horário, com a fachada norte, pois esta é sombreada pelo próprio edifício, em função desta mesma inclinação, e não recebe incidência de raios solares, como pode ser visualizado na Figura 5.32. Tem-se, desta forma, os pontos das primeiras linhas próximos às janelas com valores altos, em alguns momentos superando 1000 lux.

Figura 5.31 - Fachada Sul às 8 horas no equinócio de primavera

Figura 5.32 - Fachada Norte às 8 horas no equinócio de primavera

Nos demais horários a fachada sul não recebe incidência de raios solares diretos. No entanto, o nível de radiação externa aumenta com a trajetória natural do sol, o que faz com

que a iluminância interna da sala também aumente. Como pode-se acompanhar na Figura 5.33, a iluminação nesta sala tem maiores iluminâncias nas linhas próximas às janelas e sofre uma redução gradual dos níveis até a linha F, a mais distante da janela. A média de iluminância da linha F é de 207 lux, 23% do valor da média da fileira A, 895 lux.

A média da sala se manteve alta, durante todas as medições, excedendo-se a medição de 18 horas, sem que, em nenhum momento do dia, houvesse incidência de radiação direta no interior da sala.

Como a iluminação natural, durante o equinócio de primavera, alcançou maiores níveis, consegue-se notar, com maior clareza, a redução de iluminância, que ocorre nos pontos 3A e 4ª, em todas as medições. O que barra a iluminação natural, neste local, são as janelas, que não permitem abertura total de suas folhas e possuem película fumê nos vidros, impedindo, assim a entrada de luz natural e levando a iluminância neste ponto a ser cerca de 70 a 80% menor do que ponto imediatamente vizinho a este, nas medições de 8h, 10 h, 12h, 14h e 16h.

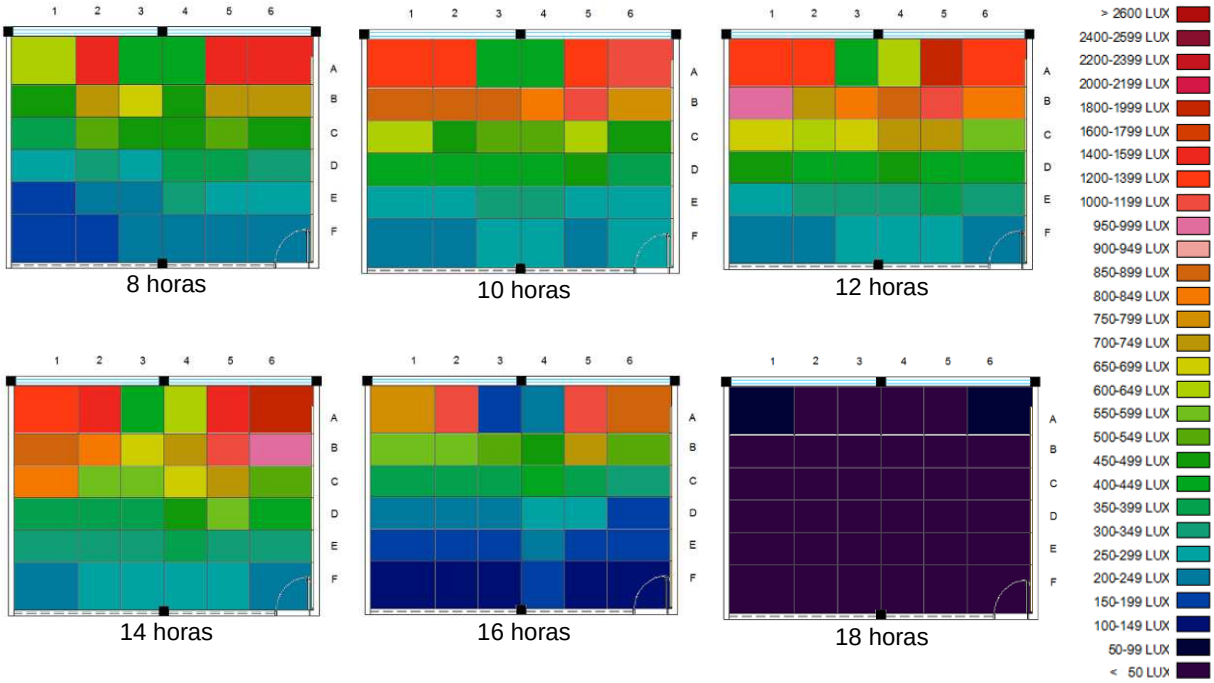



Figura 5.33 – Mapeamentos de iluminância da Sala 03 EEC no dia 19/09/2009

Mesmo com a nebulosidade presente ao longo do dia, a iluminância natural registrada na sala foi positiva; notou-se uma sensível queda nos valores, influenciada pelo céu, às 16 horas e, principalmente, às 18 horas, pois nestes momentos a nebulosidade no céu era mais intensa, e no caso de 18 horas, somado a este fator, o sol já estava se pondo.

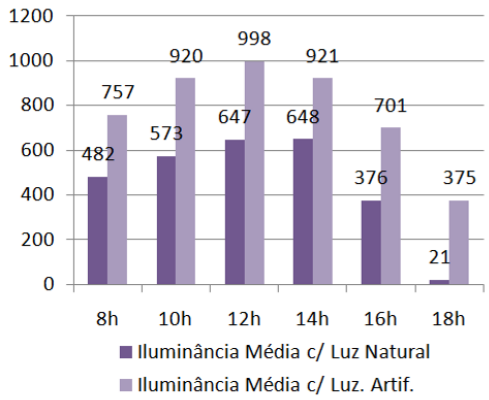



Figura 5.34 - Iluminâncias médias, no equinócio de primavera, na Sala 03, EEC

Figura 5.35 - Percentual de ganho com a luz artificial, na Sala 03, EEC

Na Figura 5.34 estão apresentados os dados das médias de iluminação natural e artificial, registradas durante o equinócio de primavera, onde, com exceção da medição de 18 horas todas as outras médias de iluminação natural foram superiores ao mínimo recomendado de 300 lux, satisfazendo, assim, o mínimo de conforto lumínico ao usuário. Obtendo-se bons níveis de iluminância natural, os ganhos com iluminação artificial foram bastante reduzidos, ficando entre 42%, o menor percentual registrado às 14 horas, e 87%, registrado para 16 horas. O maior índice de ganho registrado, que dista vigorosamente dos demais, é o de 18 horas, com 1703% de ganho com a iluminação natural, fato decorrendo da baixa média obtida para iluminação natural neste horário.

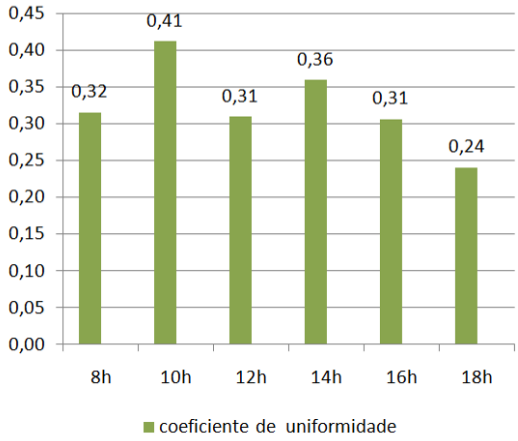



Figura 5.36 - Coeficientes de Uniformidade para Sala 03 da EEC, durante o equinócio de primavera

Mesmo com bons níveis de iluminância ao longo do dia, os coeficientes de uniformidade para sala 03 mantiveram-se baixos, alcançando, no máximo, 0,41 que não está próximo do ideal de uniformidade. Como foi anteriormente descrito, o fato da sala de aula ter janelas somente em uma fachada faz com que a uniformidade da iluminação no ambiente seja ruim, pois se tem muita claridade, próxima a janela, e pouca, distante desta. O menor coeficiente calculado foi às 18 horas, que além de ser a medição com menor média de iluminância, é,

também, a que apresenta maior diferença em porcentagem dos valores levantados próximos a janela, daqueles levantados na outra extremidade.

Assim como a iluminância registrada na sala da aula, os níveis levantados no quadro negro seguem o mesmo comportamento, tendo como ponto com maior iluminância o superior esquerdo (A1), pois recebe iluminação principalmente da janela alta da sala, como pode ser visto na Figura 5.37. No entanto, o ponto A3, que fica no canto inferior esquerdo, não está entre aqueles com maior iluminância. Acredita-se que isto se deve ao fato de estar sombreado pela parede entre as duas janelas.

Figura 5.37 – Iluminação natural no quadro negro da Sala 03, EEC

As médias encontradas para o quadro negro não alcançam o mínimo recomendado de 500 lux, em nenhum momento, nem mesmo com a utilização da luz artificial, chegando, o mais próximo disso, os valores de 480 lux e 475 lux, respectivamente às 10h e 14h com luz artificial. As maiores médias registradas com luz natural também o foram, nestes mesmos horários (Figura 5.38 e Figura 5.39).

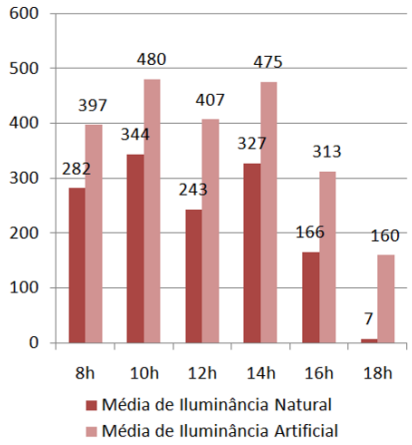



Figura 5.38 - Iluminâncias médias do quadro negro da Sala 03 da EEC

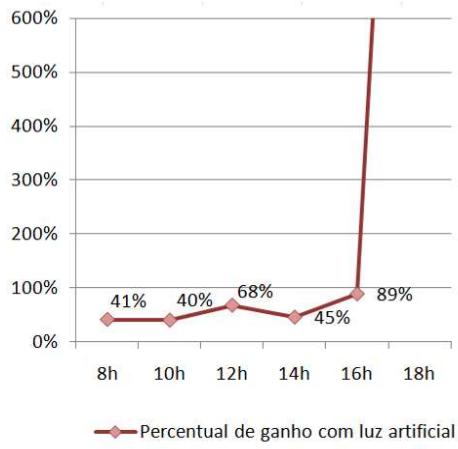



Figura 5.39 - Percentual de ganho com luz artificial no quadro negro da Sala 03 da EEC

## B) Sala 06 EEC

As medições na sala 06 foram realizadas em seguida as da sala 03. No entanto os valores de iluminação natural registrados às 8 horas foram pouco inferiores àqueles encontrados na sala 03. Acredita-se que tal fato se deve ao posicionamento da sala, na extremidade do edifício, tendo assim mais barreiras físicas para a chegada dos raios solares até a sala. Como nota-se na Figura 5.40, existem várias árvores com copa na altura da janela, que são mais densas na parte central da sala e mais esparsas na extremidade.

Figura 5.40 – Sala 06 EEC, às 8 horas

Outro fator que interfere no resultado das medições, principalmente nos pontos 2A e 5ª, são as janelas com película fumê, que, mesmo abertas, se mantém com barreiras a iluminação natural. Nota-se na maioria das medições que estes pontos possuem valores de iluminância menor do que os demais da mesma linha.

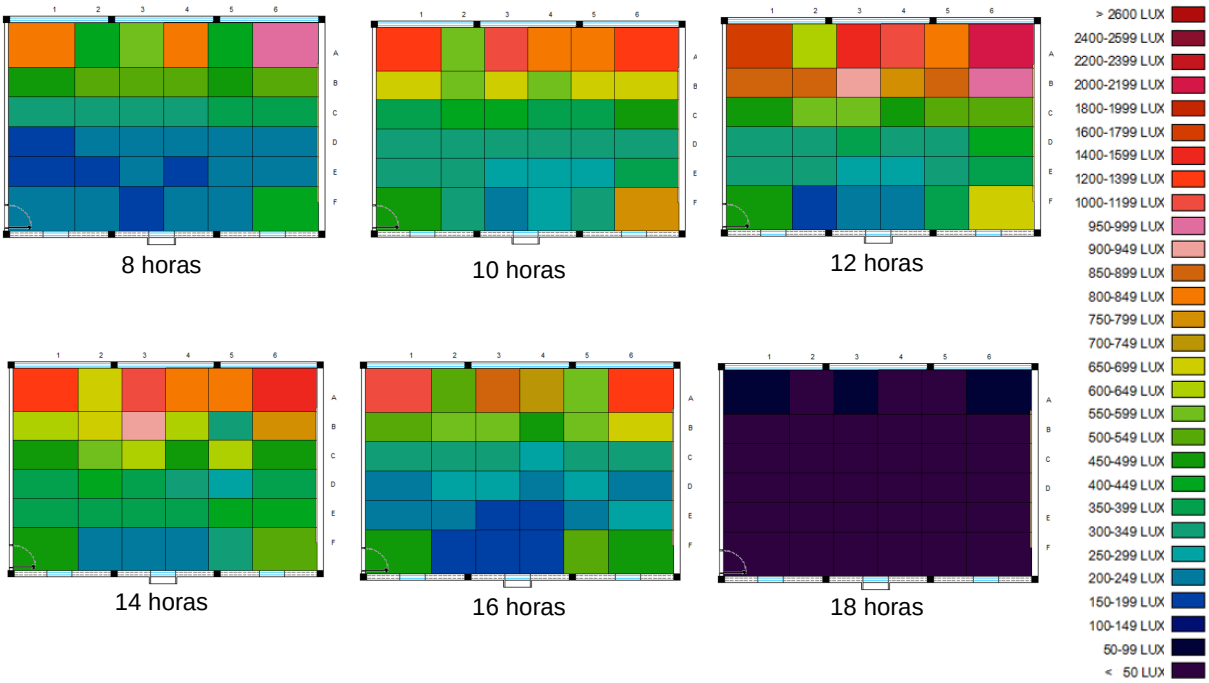



Figura 5.41 – Mapeamentos de iluminância da Sala 06 EEC no dia 19/09/2009

Em todas as medições, os maiores valores de iluminância são preponderantes na linha A, a mais próxima da fachada sul, como mostra a Figura 5.41. Isso porque as dimensões e quantidade de esquadrias nesta fachada são maiores. A linha F é a primeira paralela às esquadrias da fachada norte. No entanto, seus valores de iluminância são mais baixos se comparados a linha A. Isso se deve ao fato da área de parede ser maior que a área de esquadria, nesta fachada.

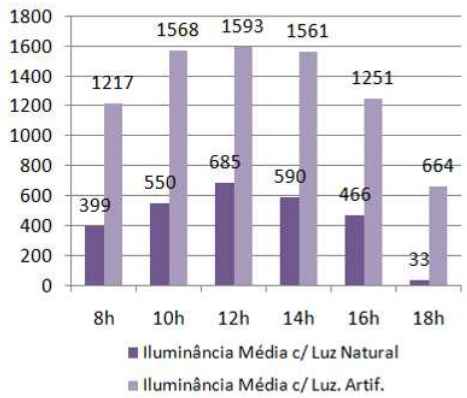



Figura 5.42 - Iluminâncias médias, no Equinócio de primavera, na Sala 06, EEC

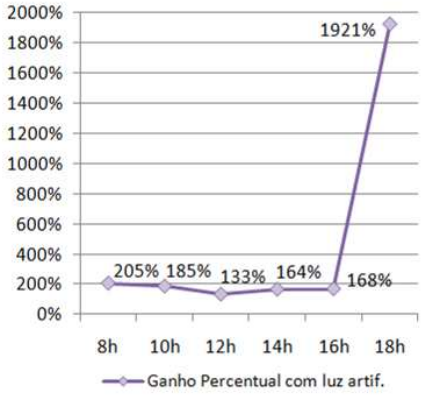



Figura 5.43 - Percentual de ganho com a luz artificial, na Sala 06, EEC

Quando analisadas as médias de iluminação, fica claro que o desempenho no equinócio de primavera foi superior ao do solstício de inverno. Todos os horários apresentaram médias de iluminância superiores a 300 lux, com exceção da medição de 18h. Os maiores índices encontrados foram às 12 horas, tanto para iluminação natural, quanto para a artificial, como é mostrado na Figura 5.42. Os ganhos com iluminação artificial foram homogêneos, para a maioria dos horários, com exceção das 18 horas, e variaram entre 133% e 205% (Figura 5.43).

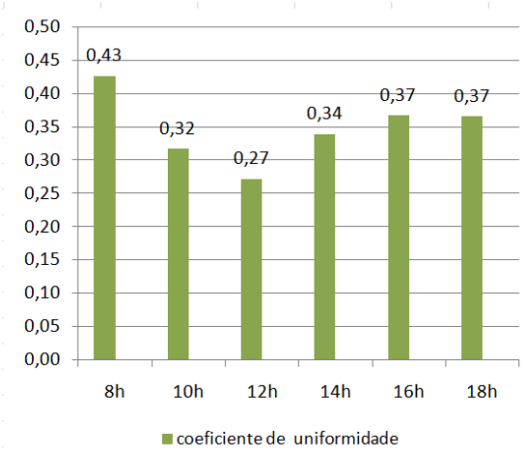



Figura 5.44 – Coeficientes de Uniformidade, para Sala 06 da EEC, durante o equinócio de primavera

Em se tratando dos coeficientes de uniformidade, pode-se constatar que se apresentaram similares entre si em todos os horários. Nenhum dos coeficientes encontrados atingiu níveis ótimos, apesar dos bons resultados de iluminância média do ambiente (Figura 5.44).

Os resultados obtidos durante o equinócio de primavera, para o quadro negro foram superiores àqueles encontrados durante o solstício de inverno. No entanto, com iluminação natural não foram encontrados resultados de iluminância média que superem o mínimo recomendado de 500 lux, como é apresentado na Figura 5.45. Este valor somente foi superado com a utilização da iluminação artificial e nos horários matutinos. Durante a tarde nem mesmo com a iluminação artificial, foi possível se alcançar 500 lux. Com exceção das 18 horas, os ganhos com iluminação se mostraram similares entre si.

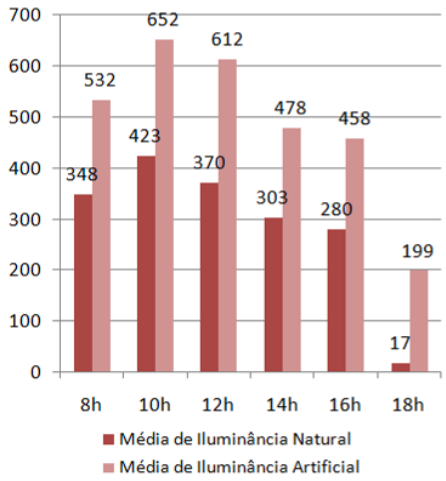



Figura 5.45 - Iluminâncias médias do quadro negro, da Sala 06, da EEC

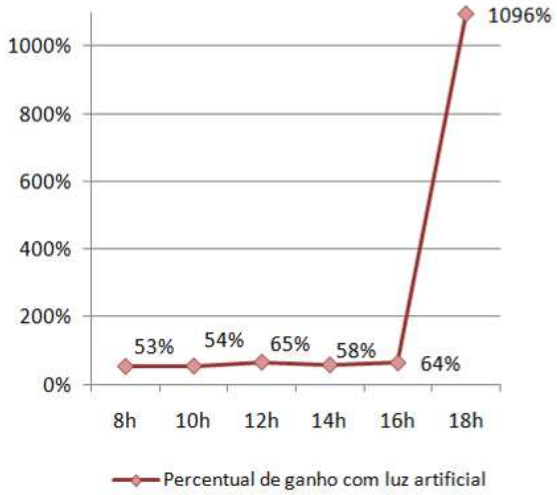
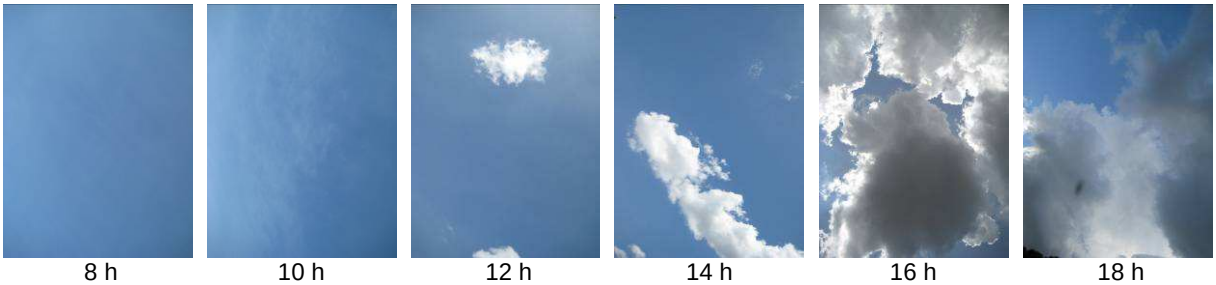



Figura 5.46 - Percentual de ganho com luz artificial, no quadro negro da Sala 06, da EEC

### 5.4.1.3. Solstício de Verão

No dia 21 de dezembro de 2009, às 17h47min, ocorreu o solstício de verão. No dia 23 de dezembro de 2009 foi realizado o terceiro dia de medições, na Escola de Engenharia Civil. A medição foi realizada durante a vigência do horário de verão brasileiro, que teve início à 0h00min de 18 de outubro de 2009 e fim à 0h00min de 21 de fevereiro de 2010. Desta forma, a medição estava uma hora adiantada em relação à hora local habitual. As medições foram realizadas utilizando o horário de verão, pois a avaliação tem como objetivo verificar o conforto do usuário, que, neste caso, estava também submetido a este horário.

Durante a manhã do dia 23, o céu permaneceu limpo e claro, tendo algumas formações bastante esparsas de nuvens somente às 12 horas; no período vespertino, houve início de formação de nuvens às 14 horas, que evoluiu ao longo da tarde, ficando mais densa, como pode ser visto nas imagens de 16 e 18 horas (Figura 5.48).

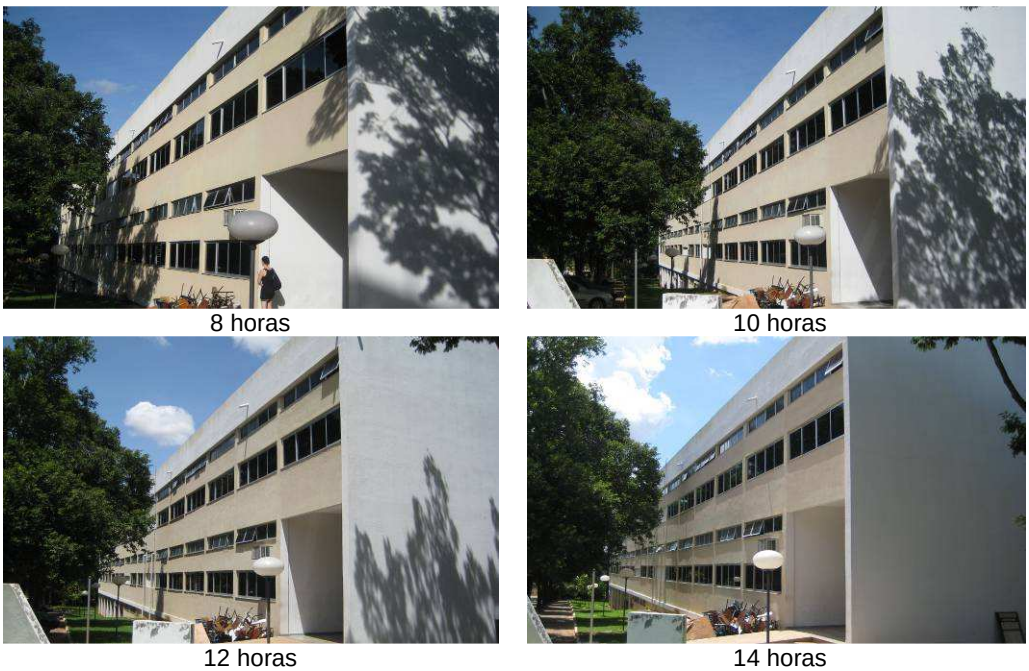


8 h 10 h 12 h 14 h 16 h 18 h

Figura 5.47 - Aspecto do céu na medição de 23/12/2009 na EEC

## A) Sala 03 EEC

No solstício de verão o sol atinge o máximo de inclinação para sul, com ângulo de 7°, em relação a fachada sul de acordo com Fernandes (2006).



8 horas 10 horas

12 horas 14 horas

Figura 5.48 - Insolação na Fachada Sul entre 8 e 14 horas

Durante esta medição foi possível notar que a fachada sul do Bloco B recebeu insolação durante todo o período da manhã, se estendendo até as 14 horas, como pode ser visualizado na Figura 5.48. Essa característica é somada a posição rotacionada da fachada para leste (13°) e propicia, assim, o sol da manhã. Nos horários de 16 e 18 horas, não foi possível verificar a ocorrência da insolação nesta fachada, devido ao tempo nebuloso.

Neste dia de medições os valores registrados foram superiores aqueles das demais, havendo inclusive presença de radiação direta nos primeiros horários da manhã devido à grande inclinação dos raios solares, como ilustra a Figura 5.49. O vidro canelado utilizado nas janelas altas por ser abaulado difunde a radiação luminosa de forma indesejada, o que causa incomodo aos usuários.

8 horas 10 horas

Figura 5.49 – Medições Sala 03 com radiação solar direta

Nota-se, também, através dos dados expostos na Figura 5.50, que o ponto A1 e A4, nas medições de 8h e 12h, e os pontos A1, A3, A4 e A6, nas medições de 14h, 16h e 18h, apresentaram níveis inferiores à média apresentada nos demais pontos da mesma linha, Isto se deve ao escurecimento gerado pelas janelas, que não permitem abertura total e barram a entrada de luz, devido à película aplicada sobre o vidro.

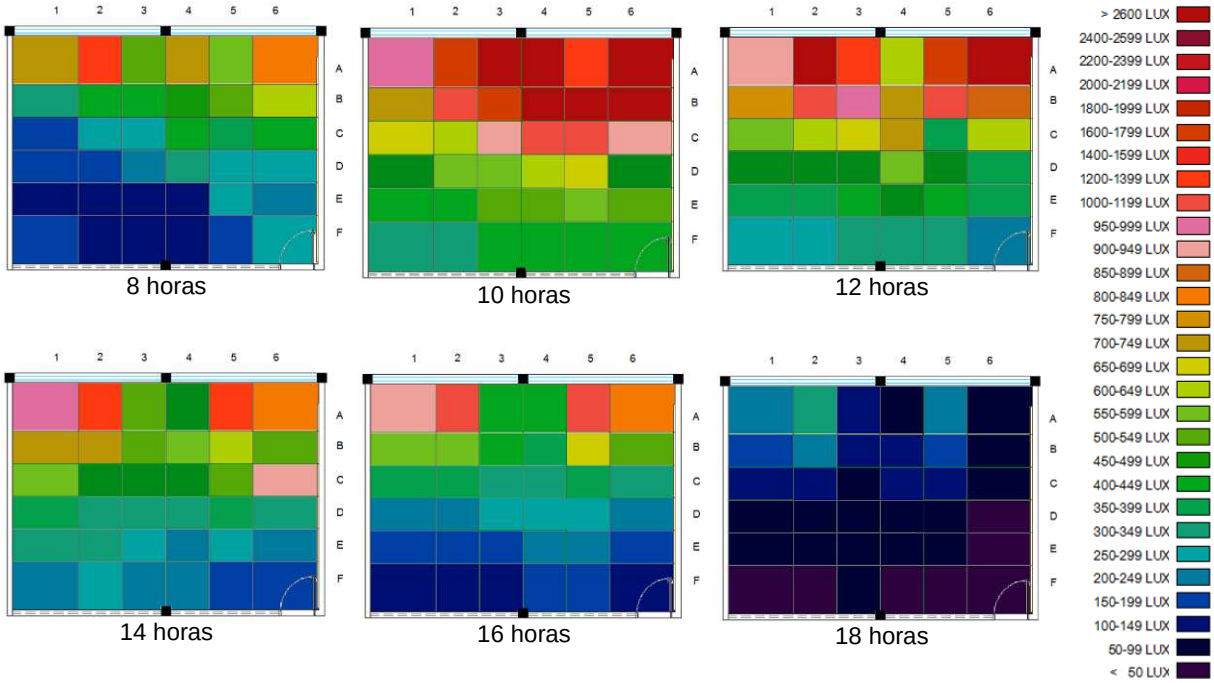



Figura 5.50 – Mapeamentos de iluminância da Sala 03 EEC, no dia 23/12/2009

Assim como nas demais medições realizadas na sala 03, os pontos com menor incidência de iluminação natural estão na linha F, por estar em mais distante das janelas. Desta forma, a iluminância ao longo dos pontos segue um padrão decrescente da linha A, até a linha F. Comparando-se as colunas 6, que é a mais próxima à posição atual do quadro negro e a 1, que seria outra posição onde poderia ser locado tal equipamento, nota-se que na parte da manhã, os valores alcançados na coluna 6 são superiores àqueles da coluna 1, e, no período da tarde, este comportamento é invertido.

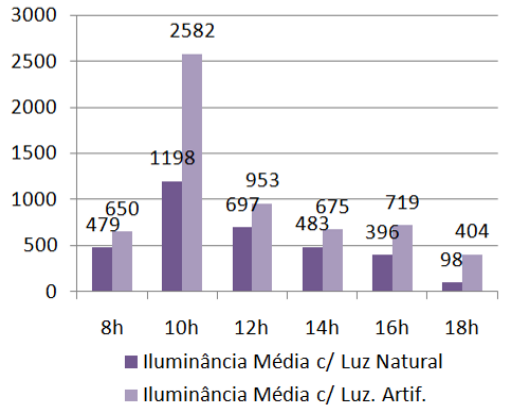



Figura 5.51 - Iluminâncias médias, no Solstício de Verão, na Sala 03 EEC

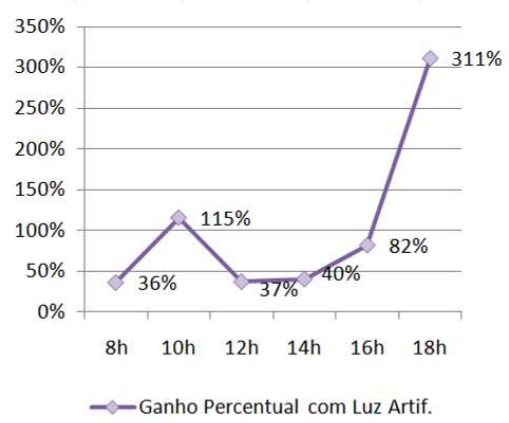



Figura 5.52 - Percentual de ganho com a luz artificial, na Sala 03 EEC

Todas as medições ao longo do dia, com exceção das 18 horas, apresentaram médias superiores a 300 lux, o que pode ser considerado como desempenho satisfatório (Figura 5.53). Os dois horários com maiores iluminâncias foram: 10 horas, com 1198 lux, que teve média bastante superior às demais, no entanto com incidência de radiação direta, que é um ponto negativo; e às 12 horas, com 697 lux, também com um ponto com radiação direta.

O ganho em percentual com luz artificial foi alto às 10 horas, porque nesse horário incidia radiação direta no ponto de medição da luz artificial. Isso gerou valores de média de iluminância artificial alta e discrepante das demais, mas, como ocorre em todas as medições, o maior percentual de ganho foi às 18 horas, pelo reduzido valor da radiação externa. Os demais ganhos variaram entre 36% e 82%.

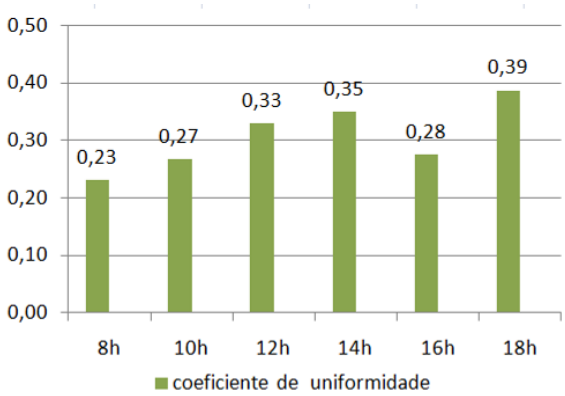



Figura 5.53 – Coeficientes de Uniformidade para Sala 03 da EEC durante o solstício de verão

Os coeficientes de uniformidade, para os variados horários ao longo do dia, apresentaram padrão diferenciado dos demais resultados, apresentando maior valor o horário de 18 horas e os menores coeficientes, nas medições de 8 e 10 horas da manhã, como é mostrado na Figura 5.55. A incidência de radiação direta aparece, mais uma vez, como influenciadora nos resultados, por gerar grande variação entre os valores de iluminância.

As médias de iluminâncias, registradas no quadro negro seguiram o mesmo padrão das médias de iluminâncias do ambiente, como é ilustrado na Figura 5.54, tendo como ápice a medição das 10 horas e, comum a todos os horários, ter o ponto A1 com maior iluminância. O ganho com a iluminação artificial seguiu o padrão inverso às médias de iluminância, tendo como menor índice 10%, às 10 horas, e maior incide de 197%, às 18 horas. Somente nos horários de 10 e 12 horas foram alcançados os 500 lux recomendados (Figura 5.55).

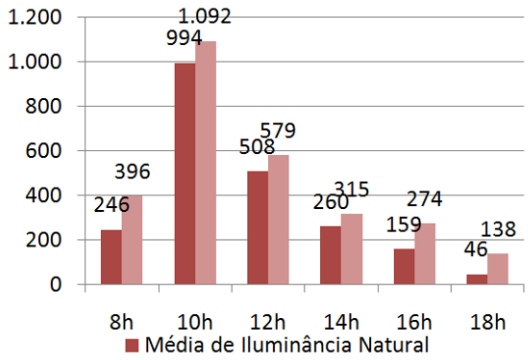



Figura 5.54 - Iluminâncias médias do quadro negro, da Sala 03, da EEC

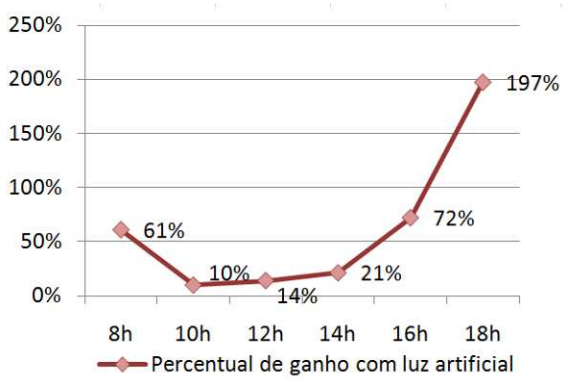



Figura 5.55 - Percentual de ganho com luz artificial, no quadro negro, da Sala 03 da EEC

## B) Sala 06 EEC

As medições na sala 06, em geral, apresentaram bons níveis de iluminação natural, como é ilustrado na Figura 5.56, mantendo, ao longo do dia, médias de iluminância superiores a 300 lux. As iluminância registradas durante a manhã, em geral, apresentam maiores valores, devido às condições do céu claro e limpo, que se manteve até as 14 horas.

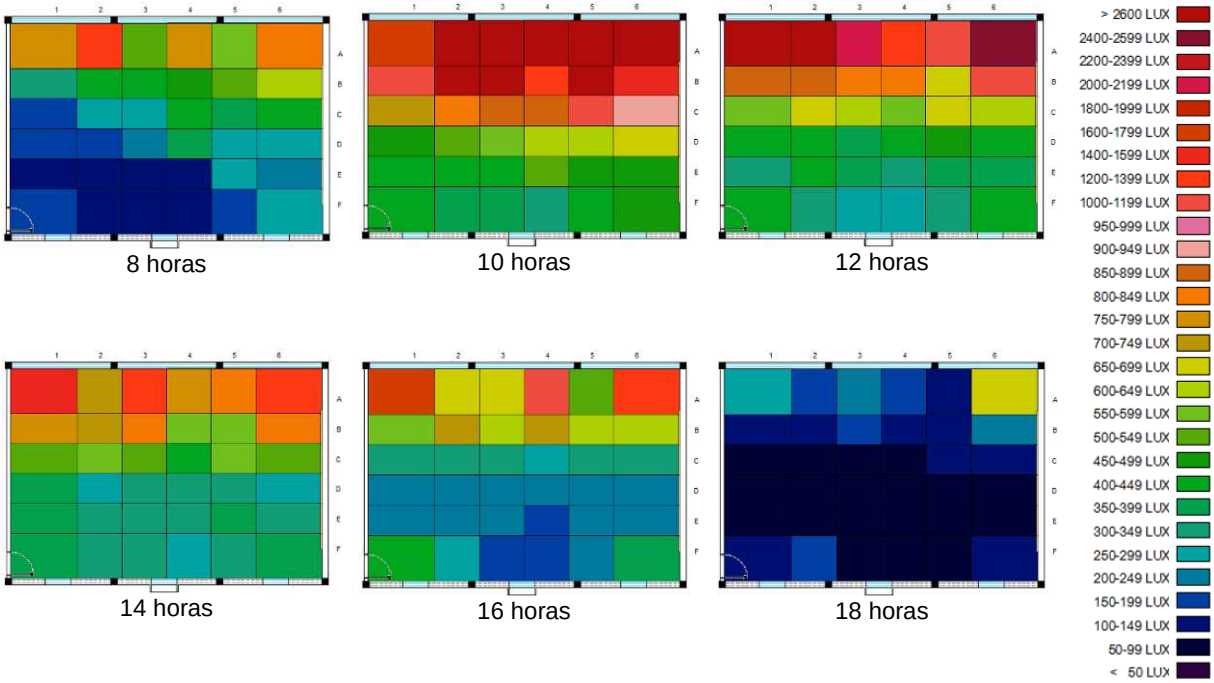



Figura 5.56 – Mapeamentos de iluminância da Sala 06 EEC no dia 23/12/2009

Houveram pontos com incidência de radiação direta, nos horários de 8 e 10 horas, que contribuem no aumento da iluminância média do ambiente, nestes horários. Grande parte desta radiação entra no ambiente por meio da janela alta, que cria uma difração dos raios solares, em função do tipo de vidro nela instalada. Na medição das 12 horas, as esquadrias superiores com vidro canelado produziram grande quantidade de reflexo que pode ser visualizado na medição das 12 horas na Figura 5.57.

8 horas

10 horas

12 horas

Figura 5.57 – Radiação direta incidente na Sala 06

Somente durante a medição de Solstício de Verão é que foram identificados estes fenômenos no ambiente como radiação direta em alguns pontos provindas através dos vidros canelados. Em geral durante as atividades desenvolvidas em sala as persianas sobre estas janelas são mantidas fechadas, para que seja evitado o desconforto por ofuscamento.

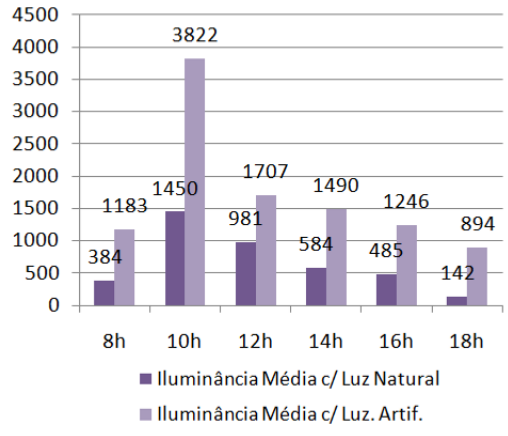



Figura 5.58 - Iluminâncias médias no Equinócio de Outono, na Sala 06 EEC

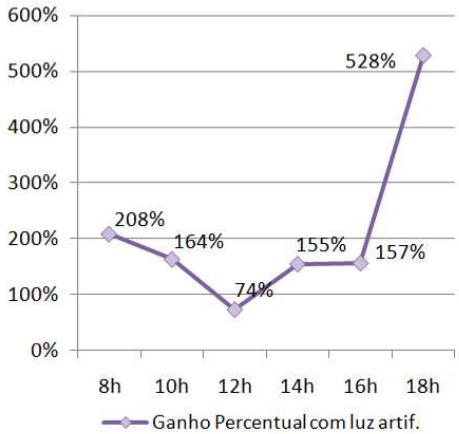



Figura 5.59 - Percentual de ganho com a luz artificial, na Sala 06 EEC

As médias de iluminância registradas seguiram padrão similar ao encontrado na sala 03. Com exceção das 18 horas, todas as demais medições apresentaram médias de iluminação natural superiores a 300 lux, como ilustra a Figura 5.58. Os ganhos com iluminação artificial variaram entre 74%, às 12 horas, e 528%, às 18 horas, como pode ser visualizado na Figura 5.59.

Apesar do bom desempenho, em valores de iluminância, a medição do solstício de verão não alcançou coeficientes de uniformidade próximos ao ideal, ficando, inclusive, em valores menores do que aqueles calculados durante o solstício de inverno, para este ambiente. O maior coeficiente de uniformidade foi de 0,46 e o menor, de 0,22, ficando os demais em torno de 0,30, como está ilustrado no gráfico, na Figura 5.60.

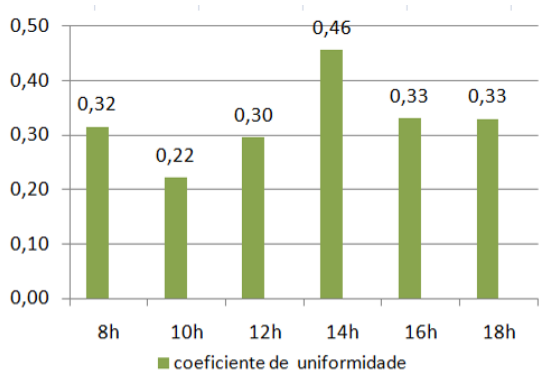



Figura 5.60 – Coeficientes de Uniformidade para Sala 06 da EEC durante o equinócio de primavera

Finalmente, em se tratando do quadro negro, registraram-se médias de iluminância que seguem o mesmo padrão daquelas calculadas para o ambiente, tendo, como pico de iluminação, o horário das 10 horas, que alcançou tal valor de iluminância em função de os pontos próximos a janela receberem radiação direta durante a manhã (Figura 5.61).

O padrão encontrado para o percentual de ganho é diferenciado dos demais apresentados até o momento. Tal comportamento deriva de fatores que envolvem incidência de radiação direta, ou seja, às 8 horas o quadro teve iluminâncias normais, o que lhe deu um ganho de 50%, aproximadamente, já, às 10 horas, os raios solares incidiram diretamente sobre os pontos da primeira coluna, no lado esquerdo do quadro, elevando, assim, tanto as médias desta medição, quanto o ganho em percentual. Na medição das 12 horas, deixa de agir sobre o equipamento tal tipo de radiação, diminuindo, assim, as médias e ganho, como é apresentado na Figura 5.62.

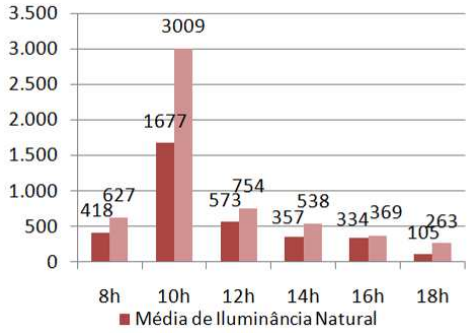



Figura 5.61 - Iluminâncias médias do quadro negro da Sala 06, da EEC

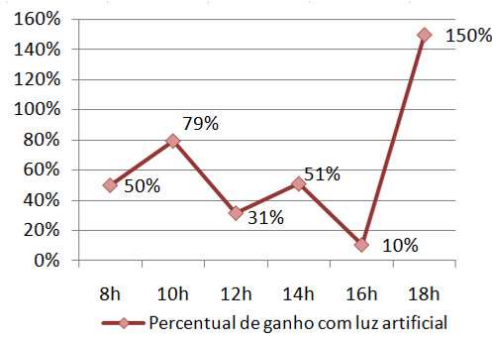
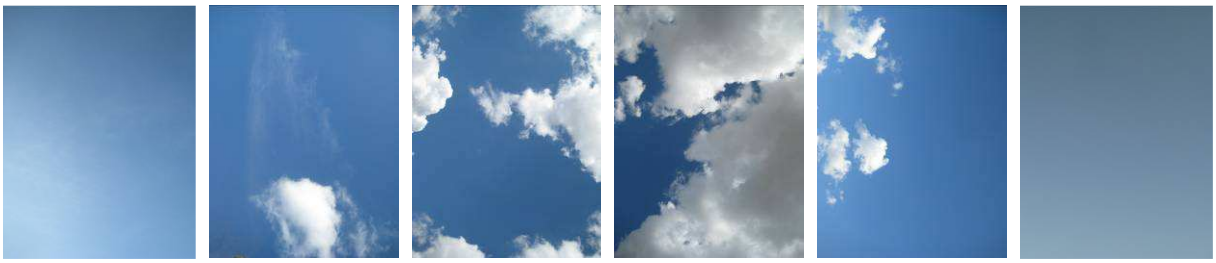



Figura 5.62 - Percentual de ganho com luz artificial, no quadro negro, da Sala 06 da EEC

Às 14 horas, novamente se tem um ganho mais elevado, pois os pontos próximos à fachada norte aumentam seus valores de iluminância. No entanto, às 16 horas o ganho volta a ser reduzido, pois os níveis de iluminação caem, em função do céu encoberto, deixando as médias de iluminação natural e artificial próximas, fecha-se com o maior percentual de ganho às 18 horas, aspecto comum à maioria das medições.

### 5.4.1.4. Equinócio de Outono

A medição de equinócio de outono, na EEC, foi realizada no dia 20 de março de 2010, data coincidente com o equinócio de outono, que ocorreu às 17h e 32min. Foi realizada durante um sábado, onde estavam em atividade somente alunos de pós-graduação.



8 h | 10 h | 12 h | 14 h | 16 h | 18 h

Figura 5.63 - Aspecto do céu na medição, de 20/03/2010, na EEC

O céu, durante a medição, se manteve claro e limpo. Às 10 horas pode-se notar a presença de algumas nuvens que aumentaram progressivamente durante os horários de 12 horas e 14 horas. Às 16 horas, boa parte da nebulosidade anteriormente detectada já havia sido dissipada, restando apenas poucas nuvens pequenas e espalhadas e, finalmente, às 18 horas o céu estava novamente limpo, porém mais escuro.

## A) Sala 03 EEC

Durante esta medição a fachada sul recebeu insolação direta somente no horário da primeira medição. Acredita-se que foi em função da pequena rotação da locação do edifício que deixa esta fachada exposta para a radiação provinda do leste.

Os níveis de iluminância registrados durante o dia 20 de março, em geral, tiveram valores inferiores àqueles levantados no solstício de verão, porém mantendo o mesmo padrão de linhas mais iluminadas próximas as janelas e valores decrescendo com o afastamento das esquadrias, como é apresentado na Figura 5.64.

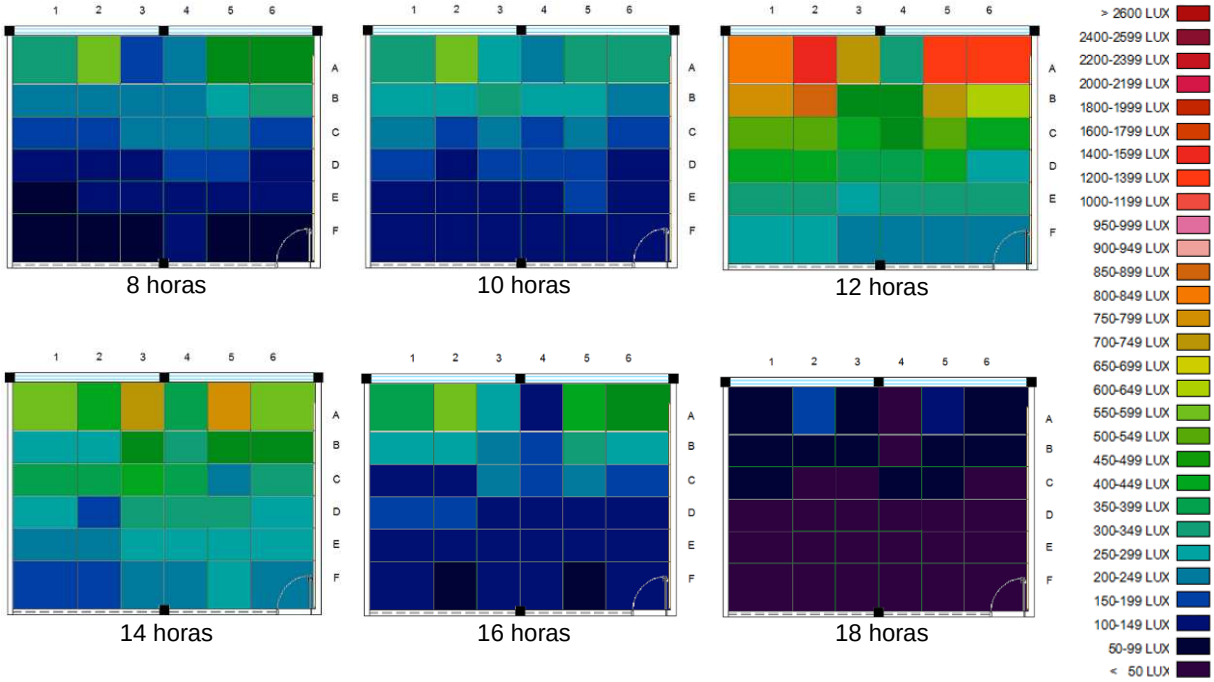



Figura 5.64 – Mapeamentos de iluminância da Sala 03 EEC no dia 20/03/2010

Com a iluminação natural somente foi ultrapassado o mínimo recomendado de 300 lux às 10 horas e às 12 horas, tendo as demais médias entre, aproximadamente, 200 lux e 54 lux, registrados na medição de 18 horas. Com as médias de iluminação artificial foi possível, em todos os horários, superar os 300 lux. A progressão das médias vai de 8 a 12 horas e, a partir de então, decaem até o nível das 18 horas. Enquanto os ganhos de iluminação fazem trajetória contrária, onde se inicia com 149% de ganho às 8 horas, o mínimo é atingido às 12 horas, com 42% e o máximo às 18 horas com 480%.

Variação similar a que se nota nas duas primeiras médias de iluminação artificial, onde ambas tem médias de iluminação natural similares; no entanto, médias de iluminância com luz artificial divergentes. Isso se deve, em alguns momentos a forma simplificada como foi executada a medição da iluminância artificial, podendo ocorrer variação no ponto de coleta

dos dados e, em outros momentos, a falha no funcionamento das luminárias. Nesta sala uma das luminárias estava com mau contato e não acendeu, mesmo com várias tentativas, na medição de 10 horas.

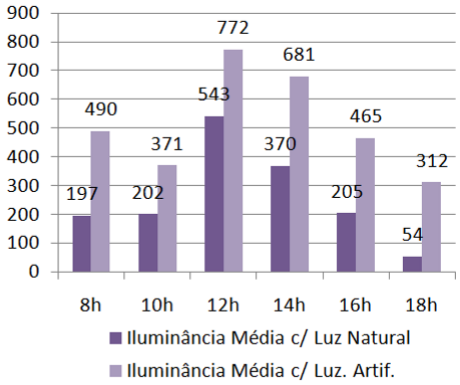



Figura 5.65 - Iluminâncias médias, no Equinócio de Outono, na Sala 03 EEC

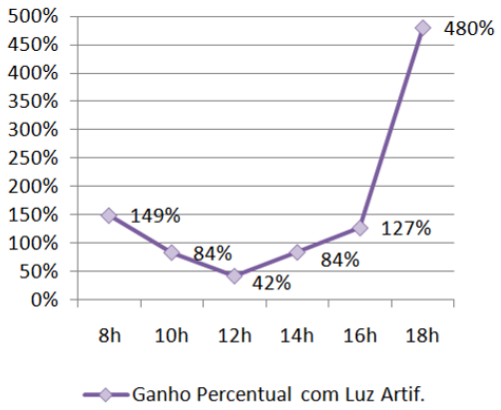



Figura 5.66 - Percentual de ganho com a luz artificial, na Sala 03 EEC

Esta medição, referente ao equinócio de outono, dentre as quatro realizadas, foi a que apresentou maiores coeficientes de uniformidade sem, no entanto ter as médias de iluminância muito baixas. Como ocorrido em outras medições, o horário com maior desempenho lumínico, às 12 horas, não coincidiu com o maior coeficiente 0,53, registrado às 14 horas. Apesar de não ser o melhor desempenho, é o segundo, com maiores médias de iluminância. O menor coeficiente registrado foi o de 0,35, às 18 horas, divergindo das demais medições, que, em geral, apresentaram às 18 horas o maior coeficiente de uniformidade.

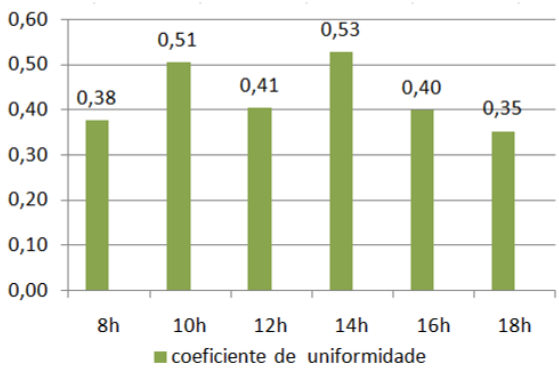



Figura 5.67 – Coeficientes de Uniformidade, para Sala 03 da EEC, durante o equinócio de outono

No quadro negro, o padrão das médias de iluminância encontradas é similar àquelas do ambiente, tendo, como maior média, às 12 horas e menor, às 18 horas, enquanto os ganho, se apresentam inversamente proporcionais a estes valores, tendo menor porcentagem as 12 horas e maior às 18 horas. Nenhum dos valores representados na Figura 5.68 alcançou o recomendado de 500 lux.

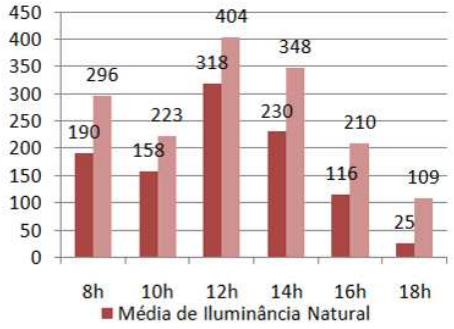



Figura 5.68 - Iluminâncias médias do quadro negro, da Sala 03 da EEC

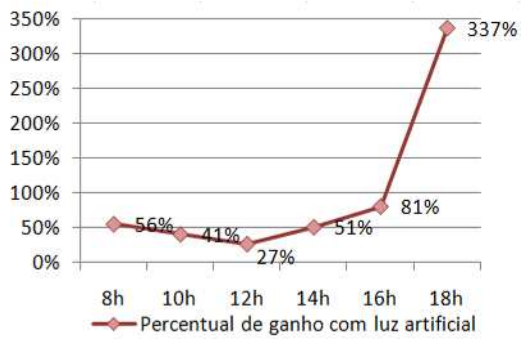



Figura 5.69 - Percentual de ganho com luz artificial, no quadro negro, da Sala 03 da EEC

## B) Sala 06 EEC

Com a incidência dos raios solares na fachada sul somente às 8 horas, o mesmo ocorrido na sala 03 foi identificado nesta sala, onde as iluminâncias registras entre 8 e 10 horas, nas primeiras linhas, foram similares e sem radiação direta no interior do ambiente, como é mostrado na Figura 5.74. Em alguns momentos do dia houve registro de radiação direta na área imediatamente próxima ao peitoril das janelas e no quadro negro, mas essa radiação não alcançou os pontos de medição do ambiente.

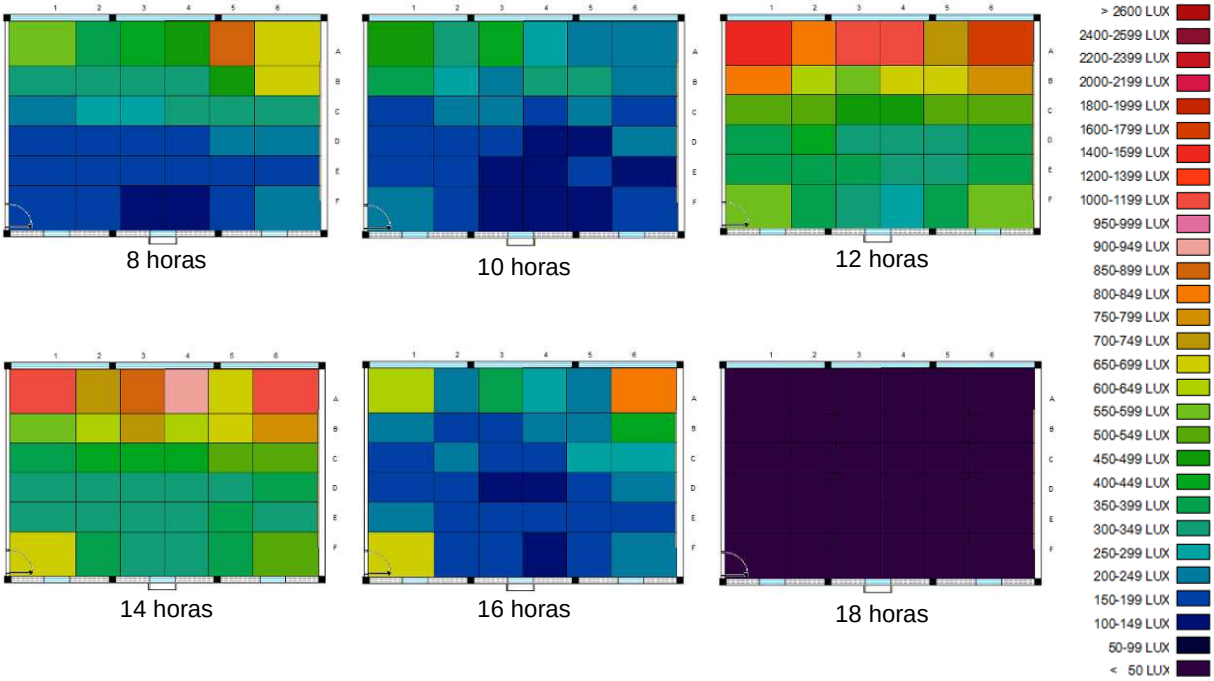



Figura 5.70 – Mapeamentos de iluminância da Sala 06 EEC, no dia 20/03/2010

As médias de iluminância com luz natural maiores que 300 lux representam 50% dos horários de medição, enquanto que, com a utilização da luz artificial, todas as medições ao longo do dia superam este valor. Apesar de certa nebulosidade no céu, nos horários de 12 e 14 horas, estes horários ainda se mantêm como os melhores desempenhos de iluminação natural ao longo do dia de medições, alcançando respectivamente, 628 e 551 lux. Os

ganhos ocorrem proporcionais as médias de iluminância, sendo menores, quanto maior as médias registradas.

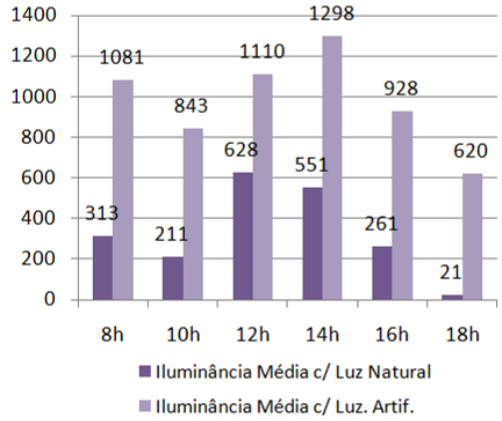



Figura 5.71 - Iluminâncias médias no Equinócio de Outono, na Sala 06 EEC

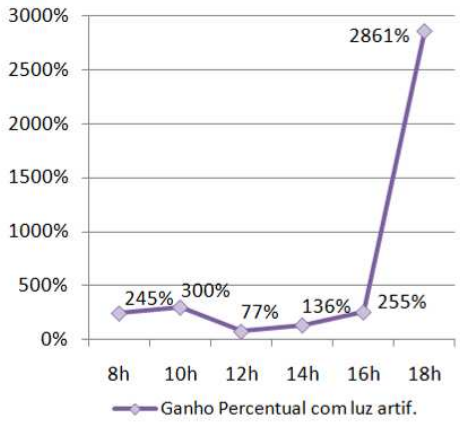



Figura 5.72 - Percentual de ganho com a luz artificial, na Sala 06 EEC

O coeficiente de uniformidade mais próximo do ideal encontrado nesta medição foi o de 0,57, às 10 horas da manhã, como é apresentado na Figura B.2. Esse horário também apresenta uma das menores médias de iluminância. Percebe-se que os melhores desempenhos relativos à iluminância não coincide com os melhores índices de uniformidade levantados, gerando, assim, um padrão inversamente proporcional às médias de iluminação, para os coeficientes de uniformidade.

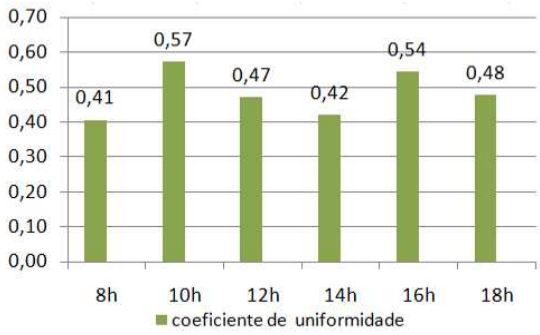



Figura 5.73 – Coeficientes de Uniformidade para Sala 06 da EEC durante o equinócio de primavera

Durante as medições no quadro negro houve a incidência de radiação direta no mesmo às 8 horas da manhã, explicando, assim, o comportamento das médias, neste horário, no gráfico da Figura 5.74, resultado que destoa dos demais.

Nos demais horários de medição não houve este fator influenciando os resultados de iluminância, que passam, então, a seguir o mesmo padrão desenvolvido pelas médias de iluminância, tendo valores mais altos nos horários de 12 horas e 14 horas e pequenos ganhos com iluminação artificial. Os maiores ganhos percentuais foram às 10 h, 16 h e 18 h,

como é apresentado na Figura B.4. Esses horários coincidem com os horários de menores desempenhos com luz natural e artificial.

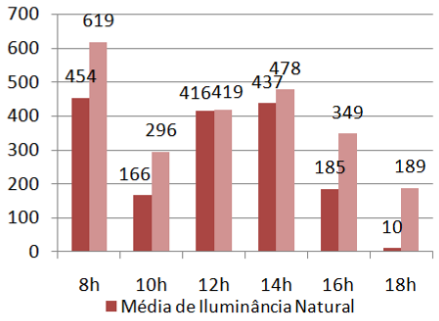



Figura 5.74 - Iluminâncias médias do quadro negro, da Sala 06 da EEC

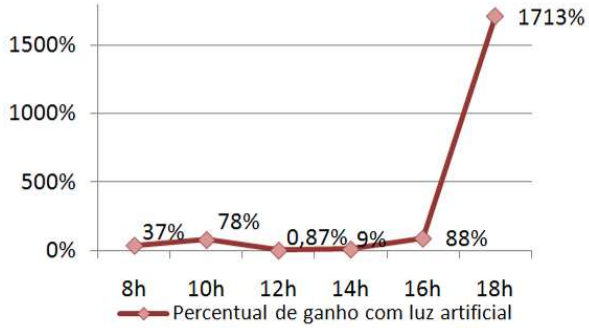



Figura 5.75 - Percentual de ganho com luz artificial, no quadro negro da Sala 06 da EEC

### 5.4.1.5. Considerações sobre o conforto lumínico nas salas analisadas

Para que se cumpra adequadamente a recomendação da norma de iluminância, tendo como mínimo 300 lux, na área de trabalho de uma sala de aula, não basta que apenas alguns pontos da sala atinjam este índice. É necessário que toda a sala tenha um bom desempenho, e para isso, o papel do coeficiente de uniformidade se destaca, pois é ele quem certificará que a média de iluminância da sala esteja adequadamente distribuída.

Nas salas de aula da Escola de Engenharia Civil, pode-se notar que no solstício de inverno, que tem os dias mais curtos e, logo, menor tempo de radiação, os resultados na sala 06 foram melhores do que os da sala 03. No entanto, ambos os resultados não foram satisfatórios, pois as médias de iluminância nas salas somente superaram 300 lux nos horários próximos ao meio dia e tiveram grande variação do coeficiente de uniformidade, ao longo da medição. Acredita-se que o resultado superior encontrado na sala 06 é, neste caso, consequência da existência de aberturas em ambas as fachadas da edificação. No entanto, esse período do ano conta com menor período de radiação o que ocasiona, em geral, desempenhos menores.

Já, próximo ao equinócio de primavera e do solstício de verão, os resultados das duas salas ficaram equiparados, no que diz respeito às médias de iluminância, tendo valores acima de 300 lux entre 8h e 16 h. Apesar disso, o coeficiente de uniformidade foi insatisfatório e bastante variado, sendo que o máximo valor encontrado não chegou a 0,5, ou seja, menor que 50% do que é considerado ideal. Nestes períodos do ano as salas são contempladas por dias mais longos e o adequado posicionamento das aberturas permitiu a maior entrada de iluminação natural.

No equinócio de outono, o desempenho da sala 03 foi superior ao da sala 06, analisando as médias de iluminância das salas. Nesta medição foram encontrados os melhores coeficientes de uniformidade, que variaram entre 0,35 e 0,57. Desta forma pode-se concluir que a orientação das esquadrias para sul trará, para o ambiente melhor desempenho, tanto em níveis de iluminância quanto em uniformidade nesse período do ano.

A partir dessas análises corrobora-se uma diretriz comum para quem projeta, que é a de que a orientação das áreas de iluminação da edificação tem papel determinante no desempenho lumínico da mesma. Para se atingir o melhor desempenho, é necessário que se analise a situação que permita que esta edificação seja contemplada pela iluminação natural, pelo maior período possível ao longo do ano.

A utilização de película fumê nas esquadrias trouxe grandes prejuízos ao desempenho da iluminação natural. Na utilização desse tipo de artifício para redução da iluminação natural, indica-se que esses não sejam fixos, para permitir que usuário controle a entrada de iluminação.

Os *brises* presentes nas esquadrias da fachada norte da EEC, são uma ótima solução para barrar a entrada de radiação direta, que gera ofuscamento no plano de trabalho e grande desconforto para os usuários. Esquadrias na fachada norte dão grande colaboração para um melhor desempenho lumínico, mas devem ser acompanhadas de dispositivos de proteção solar e não devem possuir grandes áreas.

### 5.4.2. Medições Térmicas

As medições térmicas na EEC foram realizadas por período de, aproximadamente, onze meses, em quatro pontos diferentes da escola, o que corresponde a cerca de 8220 horas de medição contínua. Para avaliação dos resultados obtidos, será considerada como zona de conforto, a faixa entre 18℃ e 29℃, para temperatu ra, e 40% a 80%, para umidade relativa do ar, valores baseados em estudos de Givoni (1992), considerando climas de países em desenvolvimento.

Na Tabela 5.1, são apresentados os valores mínimos e máximos registrados em cada ponto de medição e em cada estação do ano. Além destes são apresentados os valores médios de temperatura e, UR encontrados, para cada um dos períodos. Se observados os valores apresentados nessa tabela, nota-se que a maior diferença entre as mínimas e máximas temperaturas ocorre durante o inverno, o que indica tendência de maiores amplitudes térmicas nessa estação. A mínima temperatura registrada na área externa foi de 14,7℃,

enquanto a mínima temperatura registrada no interior das salas foi de 21,7℃, ambas no período do inverno. Já a máxima temperatura registrada na área externa foi de 34,1℃, enquanto a máxima temperatura registrada no interior das salas foi de 32,7℃, também no período do inverno.

As mínimas porcentagens de umidade relativa registradas, tanto internamente, quanto externamente ao edifício, também ocorreram durante o inverno, atingindo valores de apenas 17% de UR. Este valor está bem abaixo do limite inferior de conforto, que é de 40%.

Tabela 5.1 – Valores mínimos, máximos e médias de temperatura levantadas na EEC

| **Área Externa EEC (medidor 07) - Variações por estação do ano** | | | | | | | | | **Variações Gerais** | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | Inverno | | Primavera | | Verão | | Outono | | | Anual | |
| | T (℃) | U.R.(%) | T (℃) | U.R.(%) | T (℃) | U.R.(%) | T (℃) | U.R.(%) | | T (℃) | U.R.(%) |
| Mínimo | **14,7** | **17** | 18,9 | 30 | 21,7 | 36 | 18,9 | 23 | Mínimo | 14,7 | 17 |
| Média | 24,7 | 51 | 25,4 | 72 | 27,2 | 69 | 27,6 | 55 | Média | 26,2 | 62 |
| Máximo | **34,1** | 91 | 34,0 | **92** | 32,6 | 89 | 33,3 | 83 | Máximo | 34,1 | 92 |

| **Circulação EEC (medidor 03) - Variações por estação do ano** | | | | | | | | | **Variações Gerais** | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | Inverno | | Primavera | | Verão | | Outono | | | Anual | |
| | T (℃) | U.R.(%) | T (℃) | U.R.(%) | T (℃) | U.R.(%) | T (℃) | U.R.(%) | | T (℃) | U.R.(%) |
| Mínimo | 19,9 | **20** | 20,7 | 32 | 22,1 | 36 | **19,3** | 22 | Mínimo | 19,3 | 20 |
| Média | 26,8 | 45 | 26,1 | 68 | 26,3 | 69 | 26,7 | 55 | Média | 26,5 | 59 |
| Máximo | **33,0** | 82 | 32,6 | **91** | 32,1 | 89 | 31,6 | 83 | Máximo | 33,0 | 91 |

| **Sala 03 EEC (medidor 02) - Variações por estação do ano** | | | | | | | | | **Variações Gerais** | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | Inverno | | Primavera | | Verão | | Outono | | | Anual | |
| | T (℃) | U.R.(%) | T (℃) | U.R.(%) | T (℃) | U.R.(%) | T (℃) | U.R.(%) | | T (℃) | U.R.(%) |
| Mínimo | 21,5 | **25** | 22,9 | 38 | 23,8 | 40 | **20,2** | 27 | Mínimo | 20,2 | 25 |
| Média | 25,7 | 47 | 26,6 | 66 | 26,5 | 66 | 26,0 | 56 | Média | 26,2 | 59 |
| Máximo | **32,2** | 78 | 31,8 | **83** | 30,5 | 82 | 30,8 | 79 | Máximo | 32,2 | 83 |

| **Sala 06 EEC (medidor 08) - Variações por estação do ano** | | | | | | | | | **Variações Gerais** | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | Inverno | | Primavera | | Verão | | Outono | | | Anual | |
| | T (℃) | U.R.(%) | T (℃) | U.R.(%) | T (℃) | U.R.(%) | T (℃) | U.R.(%) | | T (℃) | U.R.(%) |
| Mínimo | 21,7 | **22** | 22,5 | 34 | 23,4 | 41 | **19,8** | 28 | Mínimo | 19,8 | 22 |
| Média | 26,3 | 45 | 26,4 | 66 | 26,1 | 68 | 25,6 | 57 | Média | 26,1 | 59 |
| Máximo | **32,7** | 75 | 32,0 | **84** | 30,1 | 83 | 30,4 | 81 | Máximo | 32,7 | 84 |

Na Figura 5.76, são mostradas as amplitudes térmicas diárias, para cada estação, registradas em cada um dos ambientes em análise. Analisando essas amplitudes térmicas diárias, bem como o amortecimento térmico da edificação, conclui-se que as maiores amplitudes, para a temperatura externa, foram registradas durante o inverno, sendo que os valores variaram entre 5,1℃ e 14,1℃. Dessa forma, a amplitude térmica média, para esse período, foi de 10,4℃. Já, para a primavera, a amplitude térmica variou entre 3,1℃ e 11,1℃, com média de 7,5℃. No verão, a grande maioria dos valores de amplitude térmica esteve abaixo de 8℃, atingindo um máximo de 8,9℃, no dia 10 de março, e um mínimo de 3,5℃. Dessa forma, para o verão a média de amplitude térmica foi de 5,3℃. No outono, a máxima amplitude térmica foi de 11,1℃ e a mínima amplitude térmica foi de 4,0℃, com

média de 6,9℃. Observa-se, assim, que a menor amplitude térmica foi registrada para o verão.

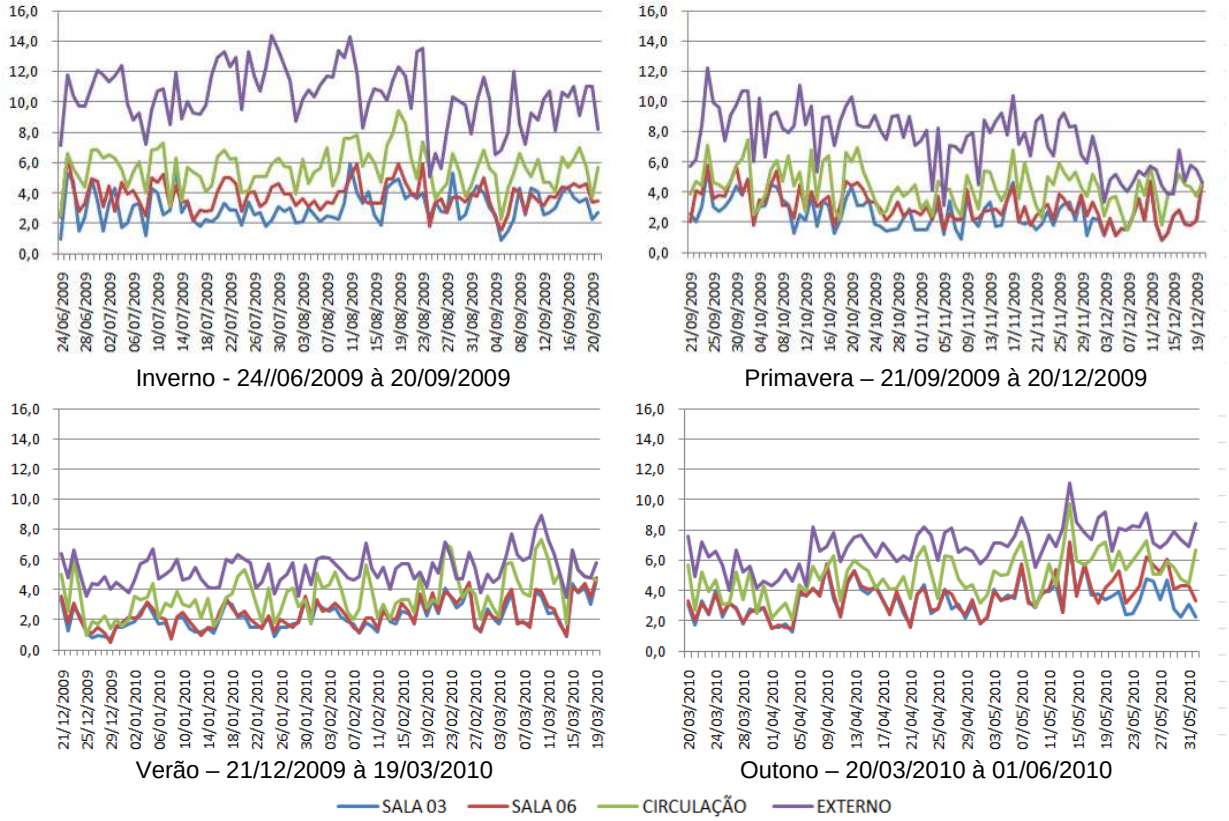



Figura 5.76 – Amplitudes térmicas diárias por estação do ano

Calculando a amplitude térmica média, em cada um dos ambientes em análise, para o período de inverno e de primavera, chega-se aos valores de 3,5℃, 3,8℃ e 5,6℃ para a sala 03, para a sala 06 e para a circulação, respectivamente. Durante o período de inverno e de primavera, a diferença entre as amplitudes térmicas médias das duas salas é maior. Este fato pode ser atribuído à insolação, pois a sala 06 possui aberturas e uma parede que compõe a fachada norte, que recebe mais incidência solar próximo ao solstício de inverno, diferente da sala 03, que não compõe a fachada norte e possui aberturas somente na fachada sul. Durante o período de verão e de outono, os valores de amplitude térmica média, nas duas salas, permanecem muito semelhantes, com valor aproximado de 2,5℃.

Comparando a amplitude térmica média das salas 03 e 06, com a amplitude térmica média do ambiente externo, nota-se que houve um amortecimento médio de 5,2℃ entre os ambientes interno e externo. O maior amortecimento, de 6,9℃, foi observado no período do inverno, enquanto o menor amortecimento, de 3,1℃, foi observado no período do verão.

Analisando individualmente a sala 03, nota-se que o maior amortecimento térmico, relativo às baixas temperaturas, foi registrado no dia 04 de julho de 2009, às 6 horas, onde no

sensor externo, foi registrado 16,6℃ e, no interior da sala foi registrado 23,9℃, isto é, amortecimento de 7,3℃. Por outro lado, o maior amortecimento para o calor foi registrado durante o outono, no dia 21 de maio de 2010, às 2 horas, onde o sensor externo registrou 28,6℃, enquanto a temperatura, no interior da sala foi de 21,7℃, isto é, amortecimento de 6,9℃.

Analisando a sala 06, nota-se que, durante o período de inverno, o maior amortecimento térmico foi registrado no dia 11 de agosto de 2009, com temperatura externa de 14,7℃ e interna de 22,5℃, ou seja, amortecimento térmico de 7,8℃. Já, para o calor, o maior amortecimento térmico foi no dia 21 de maio de 2010, às 2 horas, tendo como temperatura externa 28,6℃ e interna 21,3℃, resultando em um amortecimento térmico de 7,3℃.

A variação na amplitude térmica da circulação foi, em geral e em todas as estações do ano, mais elevada que a observada nas salas de aula. Isto se deve ao fato de que este ambiente permanece em maior comunicação com a área externa, tendo, assim, maior circulação do ar e homogeneidade com as temperaturas da área externa.

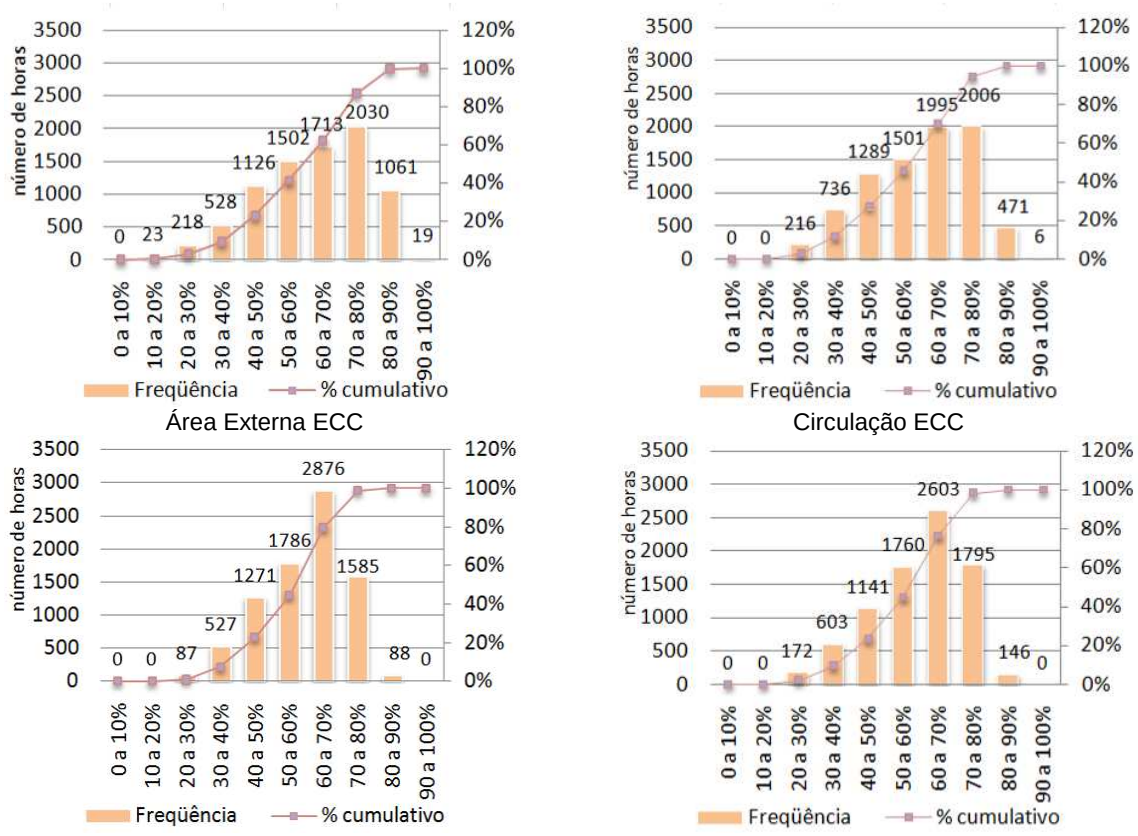
#### 5.4.2.1. Umidade Relativa

Na Figura 5.77 são apresentados os histogramas dos dados de UR, levantados durante todo o período de medições, interna e externamente à edificação. Os sensores instalados na área externa e na circulação apresentaram histogramas com valores bastante similares.

Na área externa, um total de 78% dos registros se encontra entre 40% e 80% de UR, se enquadrando-se assim na zona de conforto. Já, os registros que se encontram abaixo de 40% de UR somam um total de 9%. A mais baixa UR, com valor de 17%, foi registrada no dia 31/07/2009, no período de inverno.

Na circulação, os valores abaixo de 40% UR foram registrados em 12% dos registros, enquanto, em 83% dos registros, os valores de UR estão dentro da zona de conforto. Esse valor é praticamente igual ao observado na área externa. Além disso, os valores de UR na área externa e na circulação, são muito próximos, em praticamente todo o ano.

Na sala 03, 7% dos registros estava abaixo de 40% e somente em 1% estava acima de 80%. Assim, em 91% dos registros a UR estava dentro da zona de conforto. Já, na sala 06, a quantidade de registros em que a UR estava abaixo de 40% foi de 9%, enquanto a UR estava acima de 80% em 2% dos registros. Dessa forma, em 89% dos registros a UR estava dentro da zona de conforto. Este resultado é praticamente igual ao obtido para a sala 03.




Área Externa ECC | Circulação ECC

Sala 03 EEC | Sala 06 EEC

Figura 5.77 – Histogramas de umidade relativa do ar na EEC

A maior parte das medições com UR abaixo de 40% nas salas 03 e 06 concentraram-se no período do inverno, o que coincide com o período de seca na região Centro-Oeste. Além disso, os valores mais baixos de UR, nessas salas, foram registrados no dia 09/08/2009, à 15 horas. Esse período coincide com a época de maiores amplitudes térmica registradas nessas salas.

### 5.4.2.2. Análise Graus Hora

De modo a contribuir para a avaliação o conforto térmico dos ambientes em estudo, durante o período de medição (cerca de onze meses), foram calculados os valores de Graus-Hora. Neste caso, tomou-se, como temperaturas base para aquecimento, os valores de 15℃, 16℃, 17℃ e 18℃ e como temperaturas base para ref rigeração, os valores de 27℃, 28℃, 29℃ e 30℃. A Tabela 5.2 traz discriminados os val ores de Graus-hora, o número de horas e o Grau-médio, calculados para a área externa, para a circulação e para as salas 03 e 06. Como se pode observar, os valores de temperatura abaixo de 18℃ somente foram presentes na área externa da edificação, o que dá uma indicação sobre a eficiência da envoltória construtiva, amortecendo as baixas temperaturas e, assim, mantendo-a dentro da zona de conforto. Vale ressaltar, entretanto, que as baixas temperaturas não são comuns na região da cidade de Goiânia, fator corroborado pelos resultados, que mostram que somente

53 horas, das 8220 horas registradas, tiveram temperaturas abaixo de 18℃. Se observado o grau médio, pelos baixos valores encontrados, pode-se concluir que as mínimas atingidas não se distanciaram das temperaturas base.

Tabela 5.2 – Somatório de Graus hora para aquecimento e refrigeração, EEC

| | Área Externa | | | Circulação | | | Sala 03 | | | Sala 06 | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Temp Base | Graus-hora | N°de horas | Grau-Médio | Graus-hora | N°de horas | Grau-Médio | Graus-hora | N°de horas | Grau-Médio | Graus-hora | N°de horas | Grau-Médio |
| 15℃ | 0,6 | 2 | 0,3 | 0,0 | 0 | 0,0 | 0,0 | 0 | 0,0 | 0,0 | 0 | 0,0 |
| 16℃ | 3,5 | 3 | 1,2 | 0,0 | 0 | 0,0 | 0,0 | 0 | 0,0 | 0,0 | 0 | 0,0 |
| 17℃ | 12,0 | 16 | 0,8 | 0,0 | 0 | 0,0 | 0,0 | 0 | 0,0 | 0,0 | 0 | 0,0 |
| 18℃ | 44,6 | 53 | 0,8 | 0,0 | 0 | 0,0 | 0,0 | 0 | 0,0 | 0,0 | 0 | 0,0 |
| 27℃ | 7340,0 | 3522 | 2,1 | 4659,4 | 3065 | 1,5 | 2682,2 | 2527 | 1,1 | 2664,2 | 2328 | 1,1 |
| 28℃ | 4271,1 | 2549 | 1,7 | 2194,6 | 1786 | 1,2 | 886,5 | 1021 | 0,9 | 987,3 | 1017 | 1,0 |
| 29℃ | 2172,0 | 1580 | 1,4 | 847,5 | 904 | 0,9 | 234,6 | 318 | 0,7 | 328,1 | 339 | 1,0 |
| 30℃ | 936,3 | 871 | 1,1 | 258,1 | 312,0 | 0,8 | 48,1 | 77,0 | 0,6 | 111,0 | 114,0 | 1,0 |

Para o cálculo de refrigeração, os valores encontrados foram mais representativos, demonstrando, assim, que na região de Goiânia o desconforto é gerado, principalmente, pelas altas temperaturas. Tomando por base a temperatura de 29℃, os resultados mostram que, em cerca de 320 horas e 340 horas, por ano, seria necessária a refrigeração das salas 03 e 06, respectivamente. Isso representa cerca de 5% do tempo de uso dessas salas, ao longo do ano.

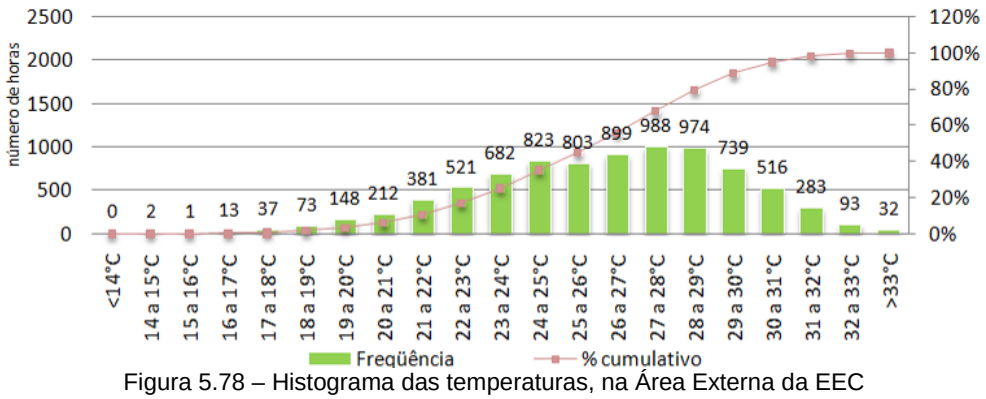



Figura 5.78 – Histograma das temperaturas, na Área Externa da EEC

A avaliação do conforto ambiental pode ser realizada mediante a análise dos histogramas de temperaturas, mostrados nas Figura 5.78 e Figura 5.79. Da Figura 5.78, que apresenta o histograma das temperaturas registradas na área externa, percebe-se que a maioria das horas (79%), fica concentrada dentro da faixa de conforto (delimitada entre 18℃ e 29℃), e aqueles que ultrapassam esta zona se concentram em sua maioria, em temperaturas acima de 29℃. A faixa de maior frequência foi entre 27℃ a 28℃ (988 horas), estando muito próxima da faixa entre 28℃ e 29℃ (974 horas).

A Figura 5.79 apresenta o histograma de temperatura para a área de circulação. Observa-se que, em 88% das horas, a temperatura está dentro da faixa de conforto, sendo que a maior

frequência de temperaturas foi entre 26℃ e 27℃. O s registros de temperatura acima de 29℃, na circulação totalizaram 967 horas, enquanto na área externa totalizaram 1663 horas, o que ilustra o papel de isolamento térmico do envoltório da edificação no abrandamento das temperaturas.

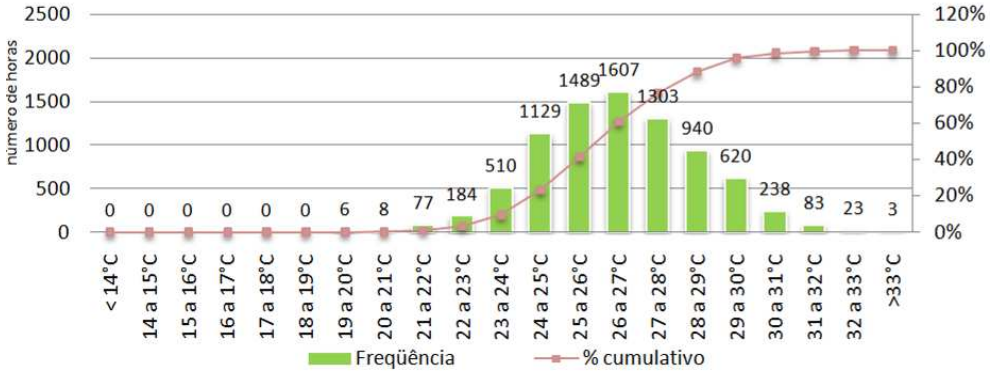



Figura 5.79 – Histograma das temperaturas na Circulação da EEC

A Figura 5.80 apresenta o histograma de temperatura, para a sala 03. Observa-se que em 95% das horas, a temperatura está dentro da faixa de conforto, sendo que a maior frequência de temperaturas também foi entre 26℃ e 27℃. Os registros de temperatura acima de 29℃, na sala 03, totalizaram 365 horas, e nquanto na circulação totalizaram 967 horas, o que demonstra um melhor desempenho térmico da sala 03, quando comparada à circulação.

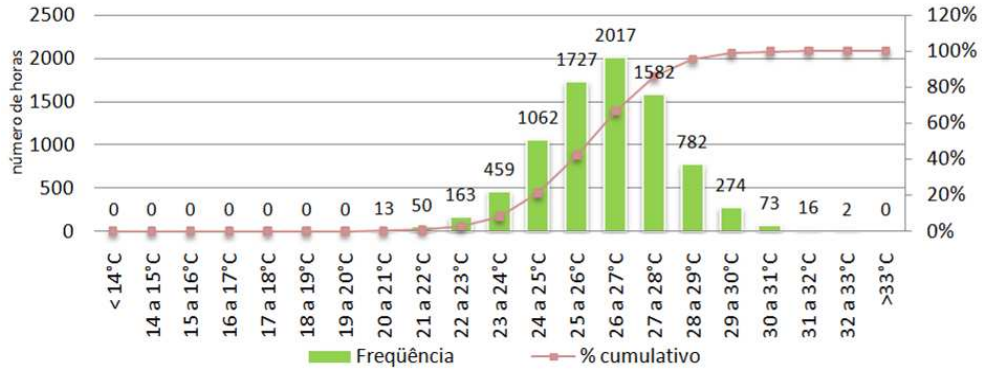



Figura 5.80 – Histograma das temperaturas, na sala 03, da EEC

A Figura 5.81 apresenta o histograma de temperatura, para a sala 06. Observa-se que, em 95% das horas, a temperatura também está dentro da faixa de conforto e que a maior frequência de temperaturas também foi entre 26℃ e 27℃. Os registros de temperatura acima de 29℃ na sala 06 totalizaram 379 horas, dif erença relativamente pequena em relação à sala 03, mas que demonstra um maior aquecimento na sala 06.

Deve-se considerar, ainda, que as medições de temperatura foram realizadas, com as salas sendo utilizadas pelos usuários, juntamente com a utilização de equipamentos e lâmpadas, e é possível que, em média, uma temperatura de até 2,8℃ seja acrescida por estas

atividades de acordo com Littler e Thomas (1984 *apud* MORELLO, 2005). Isto significa, que sem o uso da sala, o desempenho da edificação poderia atingir nível um pouco melhor, em relação ao abrandamento das altas temperaturas.

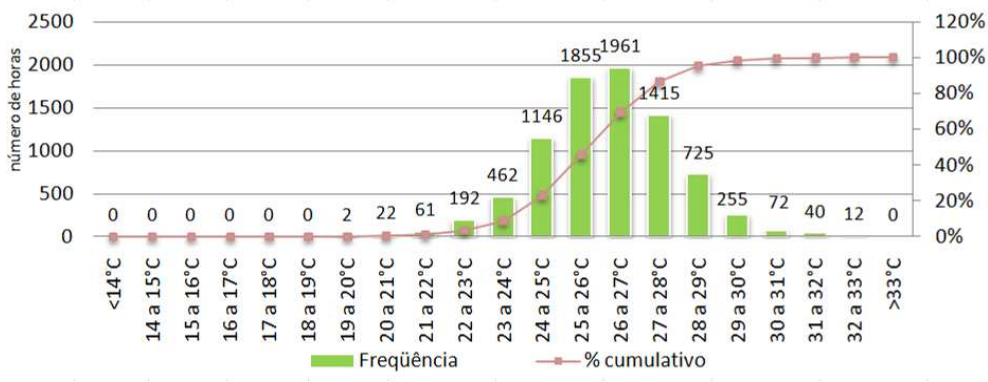
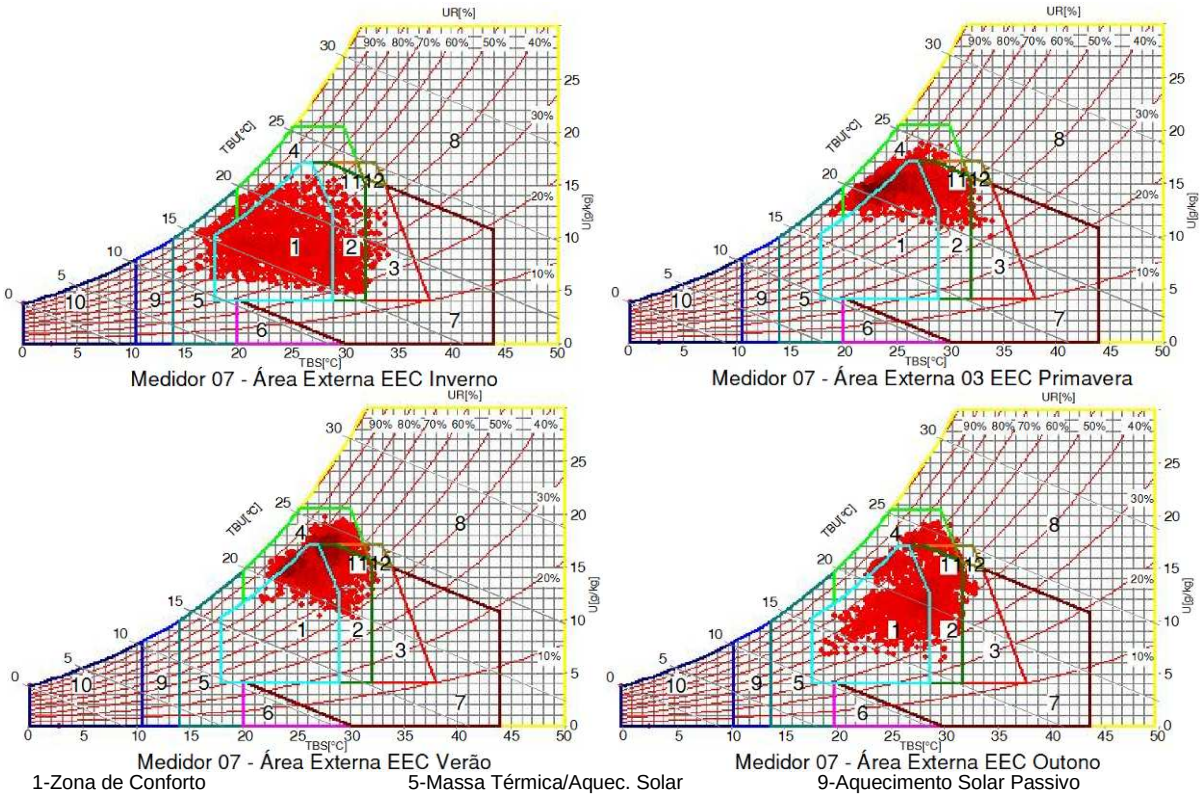



Figura 5.81 – Histograma das temperaturas, na sala 06, da EEC

### 5.4.2.3. Análise das Cartas Psicométricas

Ainda, buscando avaliar o conforto térmico dos ambientes em estudo, porém conjugando os dados de temperatura do ar e de umidade relativa, foram geradas as Cartas Psicométricas com auxílio do *software Analysis Bio*, que foi desenvolvido pelo Laboratório de Eficiência Energética em Edificações, da Universidade Federal de Santa Catarina (LabEEE, 2007). O *software*, a partir da inserção dos dados horários de temperatura do ar e umidade relativa, gera uma carta psicométrica, distribuindo tais dados nas zonas presentes nesta carta, tendo ainda, como limites da zona de conforto, as temperaturas de 18℃ e 29℃.

Na Figura 5.82 são apresentados os resultados para a área externa da escola de engenharia civil, dispostos sobre as cartas psicométricas, divididas por estações do ano. Pode-se notar uma maior variação tanto de temperaturas, quanto de umidades relativas, nos dados de inverno, ocupando a zona de conforto (zona - 1) e também ultrapassando para outras zonas (zonas 2, 3, 4 e 5). Durante o inverno, das 2148 horas registras, 1746 ficaram entre 18℃ e 29℃, tendo apenas 53, abaixo de 18℃, e 349, acima de 29℃. No entanto, observando-se a carta para esta estação, o número de pontos fora da zona de conforto se apresenta em número maior, devido à influência da umidade relativa, que contou com 138 horas com valores superiores a 80% de UR. Dessa forma, de acordo com o relatório gerado pelo *Analisys Bio*, 75,9% dos registros ficaram na zona de conforto (zona – 1), 20% ficaram na zona desconforto por calor e 4,9% ficaram na zona de desconforto por frio.



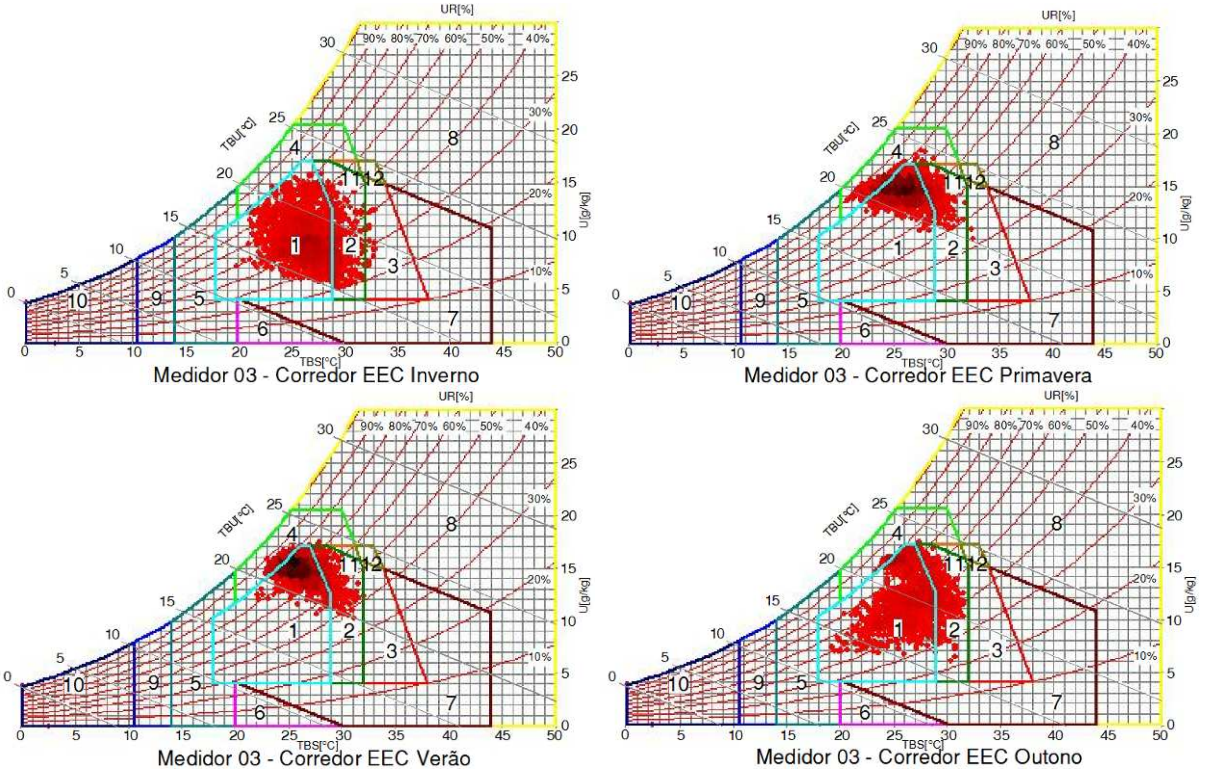

1-Zona de Conforto
2-Vent./Massa/ Resf. Evap.
3-Massa/ Resf.Evap.
4-Ventilação
5-Massa Térmica/Aquec. Solar
6-Umidificação
7-Resfriamento Evaporativo
8-Ar condicionado
9-Aquecimento Solar Passivo
10-Aquecimento Artificial
11-Ventilação/ Massa
12-Massa térmica p/ resfriamento

Figura 5.82 – Cartas Psicométricas da Área Externa EEC

Em geral, nos registros externos no período da primavera as umidades relativas foram mais altas que no inverno, e a variação sendo menor, o que manteve somente 47,8% dos registros na zona de conforto. No verão, o comportamento dos dados externos se mantém similar àquele encontrado na primavera, com somente 42,2% dos registros na zona de conforto; no entanto, com uma menor variação da temperatura e valores de UR menores que 90%. A maioria dos pontos fora da zona de conforto (zona – 1) é consequência da alta temperatura, em alguns momentos, conjugadas com altas UR e estão em sua maioria concentrados nas zonas 2, 4 e 11. Para o outono, o número de registros dentro da zona de conforto supera àqueles encontrados para primavera e verão, atingindo 55,1%. O desconforto devido ao calor totaliza 44,9% e a maioria dos pontos se concentram na zona 2. As temperaturas variam entre 18 e 34℃ e as umidade s relativas, entre 20% e 90%.

Para a circulação da EEC, apresentam-se as cartas psicométricas da Figura 5.83. Inicialmente, nota-se diferença de comportamento para o período de inverno, se comparado ao mesmo período dos dados da área externa, pois os pontos se encontram, em geral, mais concentrados. Isso indica menores variações de temperatura e umidade relativa, e, consequente, amortecimento das condições externas, pelo envoltório da edificação, o que é demonstrado pelo maior número de pontos dentro da, zona de conforto, 82,9%. Nas demais

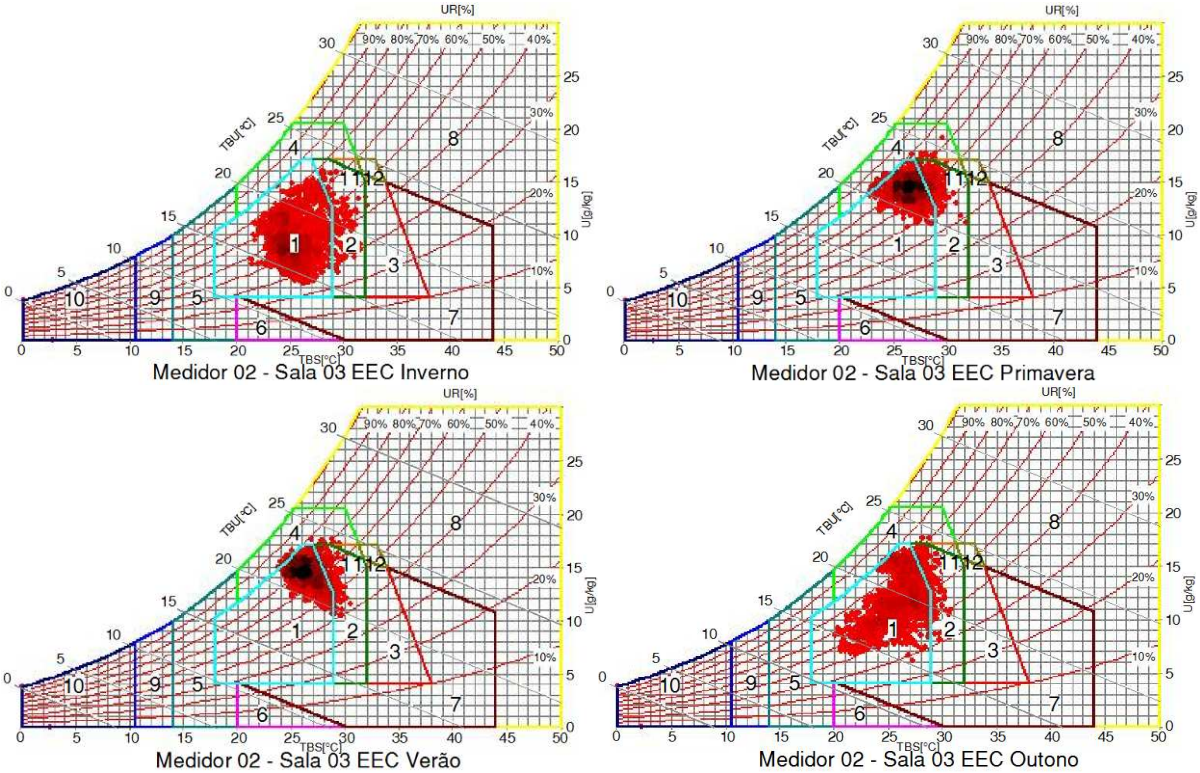
estações do ano, o total de horas desse ambiente na zona de conforto diminui, porém se mantém acima 75%.




1-Zona de Conforto
2-Vent./Massa/ Resf. Evap.
3-Massa/ Resf.Evap.
4-Ventilação
5-Massa Térmica/Aquec. Solar
6-Umidificação
7-Resfriamento Evaporativo
8-Ar condicionado
9-Aquecimento Solar Passivo
10-Aquecimento Artificial
11-Ventilação/ Massa
12-Massa térmica p/ resfriamento

Figura 5.83 – Cartas Psicométricas da Circulação, EEC

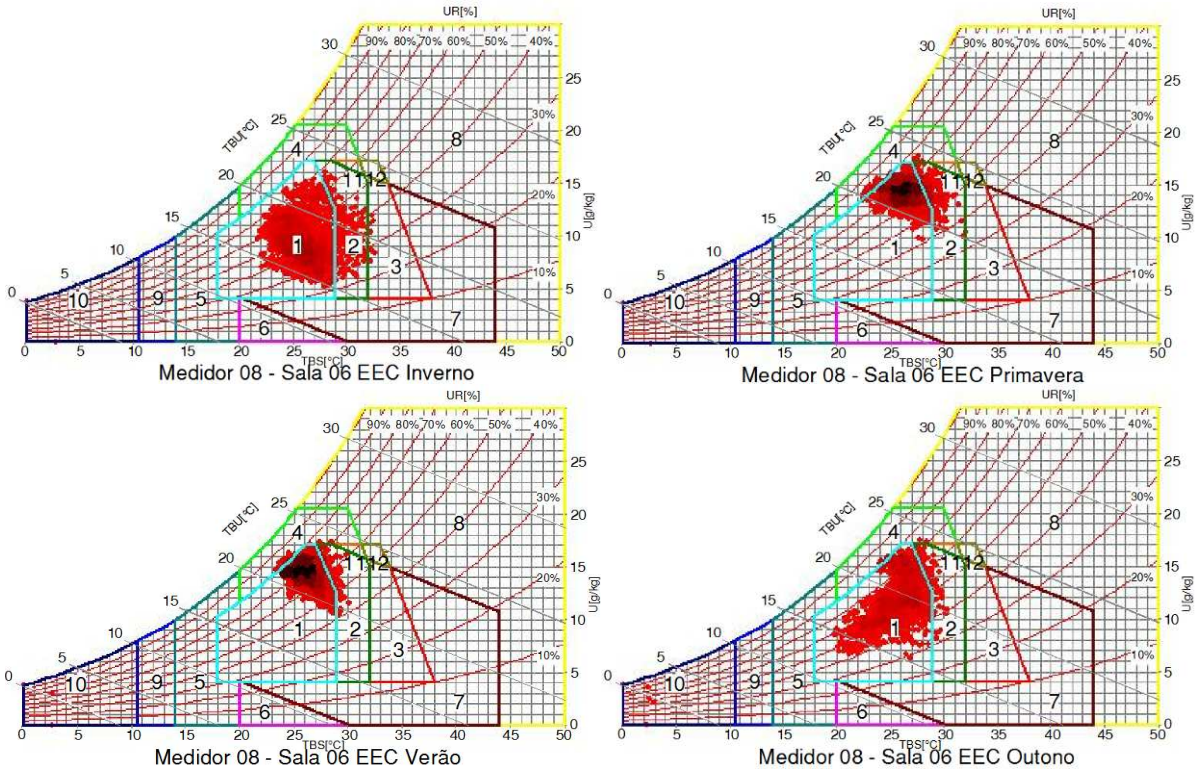
As Figura 5.84 e Figura 5.85 apresentam as cartas psicométricas geradas para as salas 03 e 06 da EEC. Ambas as salas apresentam desempenho térmico superior, ao encontrado para a área externa e para a circulação. Na sala 03, que possui aberturas somente na fachada sul, 93,3% dos registros no período de inverno estão inseridos na zona de conforto. Na primavera, o conforto prevaleceu em 85,3% dos registros, enquanto no verão o conforto prevaleceu em 88,8% dos registros. Os registros concentrados na zona de conforto, durante o outono, tiveram porcentagem próxima à do inverno com 91,4%. Em todas as estações do ano, o desconforto esteve associado ao calor e, na grande maioria dos registros, situados na zona 2. Dessa maneira, as formas de abrandamento adequadas das temperaturas para esse ambiente seriam a ventilação, massa ou resfriamento evaporativo. Em todas as estações do ano, a variação de umidade relativa e temperatura, na sala 03, foi menor que aquela registrada na circulação, demonstrando que a envoltória da edificação amorteceu os valores externos de umidade relativa e temperatura.




1-Zona de Conforto
2-Vent./Massa/ Resf. Evap.
3-Massa/ Resf.Evap.
4-Ventilação
5-Massa Térmica/Aquec. Solar
6-Umidificação
7-Resfriamento Evaporativo
8-Ar condicionado
9-Aquecimento Solar Passivo
10-Aquecimento Artificial
11-Ventilação/ Massa
12-Massa térmica p/ resfriamento

Figura 5.84 – Cartas Psicométricas da Sala 03, EEC

Na sala 06, que possui aberturas em ambas as fachadas, norte e sul, notou-se que as porcentagens de registros inseridos na zona de conforto, durante o inverno e a primavera, foram inferiores aos registrados na sala 03, com 90,4%, no inverno e 84,7%, na primavera. Acredita-se que essa redução do conforto frente ao calor, na sala, deva-se à insolação recebida na fachada norte, contribuindo para o aquecimento desta, principalmente no solstício de inverno, momento de maior angulação do sol com esta fachada. Outro fator que, possivelmente, contribuiu, é o número elevado de alunos, que ocupa frequentemente a sala 06. Durante o verão e outono os registros voltam a estar mais concentrados na zona de conforto, onde se tem 91,5% no verão e 95,2%, no outono. Nestas estações, a quantidade de registros que atendem os requisitos de conforto é semelhante ao da sala 03. Acredita-se que no solstício de verão, em função da inclinação do sol tendendo a sul, a insolação seja amenizada na fachada norte, o que propiciaria um melhor conforto térmico. A UR também é alta neste período em função do grande nível pluviométrico, e, ainda, há uma contribuição dos ventos, que tem orientação norte nestes meses, propiciando melhor ventilação natural à sala. Assim como na sala 03, em todas as estações do ano, o desconforto se deu por calor e, na grande maioria dos registros, situados na zona 2. De maneira que, as formas de atenuação adequados para esse ambiente seriam a ventilação, massa ou resfriamento evaporativo.




1-Zona de Conforto
2-Vent./Massa/ Resf. Evap.
3-Massa/ Resf.Evap.
4-Ventilação
5-Massa Térmica/Aquec. Solar
6-Umidificação
7-Resfriamento Evaporativo
8-Ar condicionado
9-Aquecimento Solar Passivo
10-Aquecimento Artificial
11-Ventilação/ Massa
12-Massa térmica p/ resfriamento

Figura 5.85 – Cartas Psicométricas da Sala 06, EEC

### 5.4.2.4. Considerações sobre o conforto térmico nas salas analisadas

Mesmo recebendo insolações diferenciadas as duas salas da EEC mantiveram, ao longo do ano, amortecimentos térmicos bem próximos. Os maiores amortecimentos foram registrados durante o inverno, o que é positivo, por esta estação apresentar as maiores amplitudes térmicas. No verão, estação onde as amplitudes são menores, também houve um amortecimento das temperaturas.

Tabela 5.3 – Resumo de conforto térmico nos ambientes da EEC: Percentuais de horas nas zonas de conforto

| Ambiente | Graus-Hora (temp) | Carta Psicométrica | Umidade Relativa |
|---|---|---|---|
| Sala 03 EEC | 98% | 89% | 91% |
| Sala 06 EEC | 95% | 90% | 89% |

A Tabela 5.3 apresenta os resultados anuais das análises realizadas, com os dados horários levantados nas salas da EEC. Somente a Carta Psicométrica trata dos dados de temperatura e UR conjugados. Com base na comparação desses resultados, nota-se que, a porcentagem de dados na zona de conforto é reduzida, quando se considera as duas

variáveis, havendo diferença de 9%, na sala 03, entre a análise Graus-Hora, e a análise por Carta Psicométrica. Nas sala 06 a diferença foi de 5%.

Dentro da faixa de conforto estabelecida para esta análise pode-se afirmar que as salas da EEC são termicamente confortáveis com base nas porcentagens de dados horários que se enquadram na zona confortável.

### 5.4.3. Medições Acústicas, EEC

A Escola de Engenharia Civil está localizada na zona central da cidade de Goiânia e tem, como principais fontes de ruído o tráfego, a movimentação de pessoas na praça universitária e os próprios usuários da edificação. O trânsito nesta região conta, principalmente, com veículos de passeio e transporte coletivo, e, mais esporadicamente, com veículos de carga. Na praça universitária existe, constantemente, a circulação de pessoas e há, também, em alguns momentos, o desenvolvimento de atividades diferenciadas, como ensaios de bandas da própria universidade e reuniões de alunos, que são fontes significativas de ruído. No entanto, elas não são constantes e acontecem com pequena freqüência. Já, o ruído provocado pelos alunos é mais presente no dia-a-dia da escola nas circulações, que acumulam grande quantidade de pessoas, e no interior das salas, com a dispersão dos alunos, durante as aulas.

Buscando identificar tais fontes de ruído, foram realizadas seis medições de nível de pressão sonora, em áreas internas e externas, na Escola de Engenharia. Os primeiros resultados apresentados tratam das análises realizadas na sala 03, onde foram realizadas três medições, que estão ilustradas na Figura 5.86.

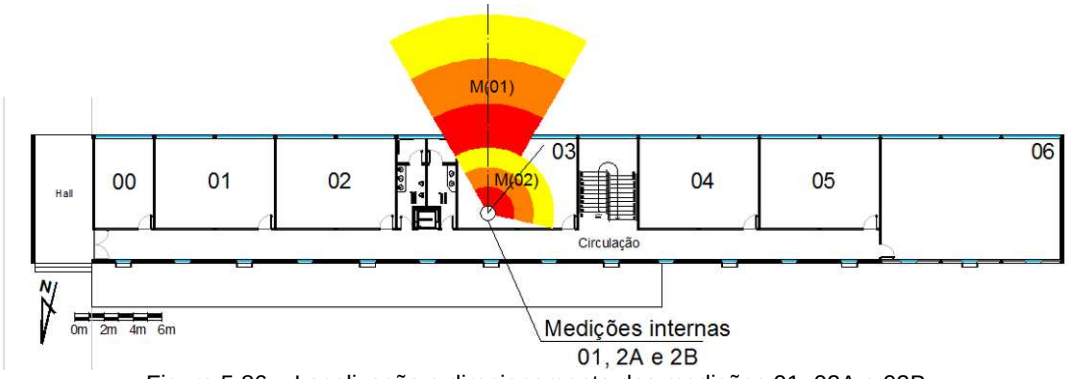



Figura 5.86 – Localização e direcionamento das medições 01, 02A e 02B

A medição 01 foi realizada às 15h e 21min, com medidor locado a 1m da parede lateral e a 2m da parede do fundo da sala e voltado para as esquadrias, que permaneceram abertas durante o tempo de medição. A medição ocorreu sem que houvesse atividade na sala de

aula, buscando registrar os ruídos de fundo. Como se nota na Figura 5.87, na medição 01 os níveis máximo e equivalente superaram os limites estabelecidos pela NBR 10152 (1987). Somente o nível mínimo teve valor dentro da margem proposta, com valor registrado de 49dB. Já, o valor encontrado para o nível de pressão equivalente demonstra que, frente aos ruídos advindos do exterior da sala, a envoltória não possui adequado desempenho para alcançar os níveis de pressão sonora de norma. A Figura 5.88 ilustra a ocorrência dos níveis de pressão sonora durante esta medição, que variaram entre 49 e 59 dB, tendo maior constância na faixa entre 52 e 53 dB, com cerca de 47% dos dados.

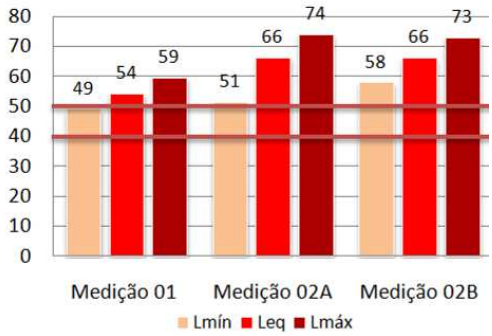



Figura 5.87 – Níveis de pressão sonora (dB), das medições realizadas na Sala 03, ECC

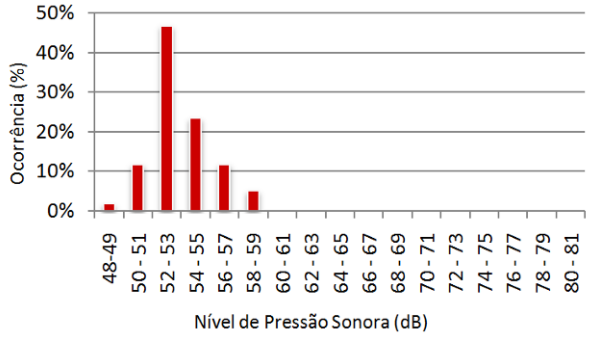
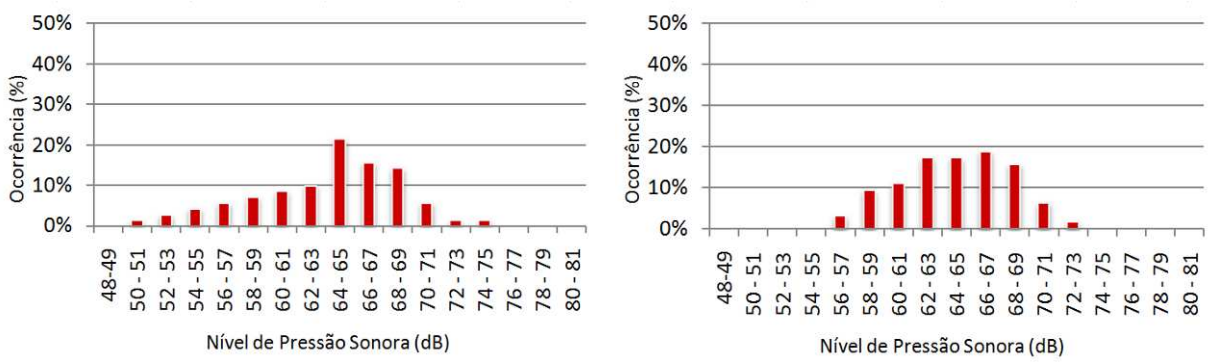



Figura 5.88 – Histograma dos níveis de pressão sonora, medição 01

As medições 2(A) e 2(B) foram realizadas às 16h e 05min e 16 e 17min, respectivamente, ambas com duração de 5 minutos e localizadas no mesmo ponto que a medição 01. No entanto, o equipamento foi direcionado a sudoeste da sala, em função do posicionamento da maioria dos presentes. Ambas as medições caracterizaram período de atividades normais na sala, sendo que, na primeira, 2(A), não havia presença do professor e a sala contava com aproximadamente 25 alunos. Na segunda (2B), a aula já transcorria normalmente. É importante considerar que a presença da voz humana, por parte do professor presente em classe, compõe o desenvolvimento das atividades escolares, contribuindo, assim, sem que haja esforço adicional, com aproximadamente 65 dB, que não devem ser considerados como ruído.

Na Figura 5.87 são apresentados os níveis de pressão destas medições, que superaram os valores encontrados na medição 01. Ambas tiveram níveis equivalentes de 66 dB, que no caso da medição 2(B), decorre da voz do professor e, sendo assim, pode ser considerado como nível característico deste ambiente. Na medição 2(A) este nível de pressão também decorre da fala, mas desta vez do comportamento natural dos alunos dispersos, com a ausência do professor. Durante a fala do professor, o ruído de fundo dos alunos fosse o levantado na medição 2(A), seria necessário um esforço maior do professor para se fazer entender.




Medição no interior da sala 03 com alunos 2(A) Medição sala 03 EEC com alunos e professor 2(B)

Figura 5.89 – Histogramas dos níveis de pressão sonora nas medições internas da EEC 2A e 2B

Na sala 06 da EEC foram realizadas duas medições, que estão representadas na Figura 5.90. A sala 06 localiza-se na extremidade do bloco e fica mais próxima aos limites da quadra da universidade, estando, assim, mais suscetível ao ruído do tráfego e àquele proveniente da praça universitária.

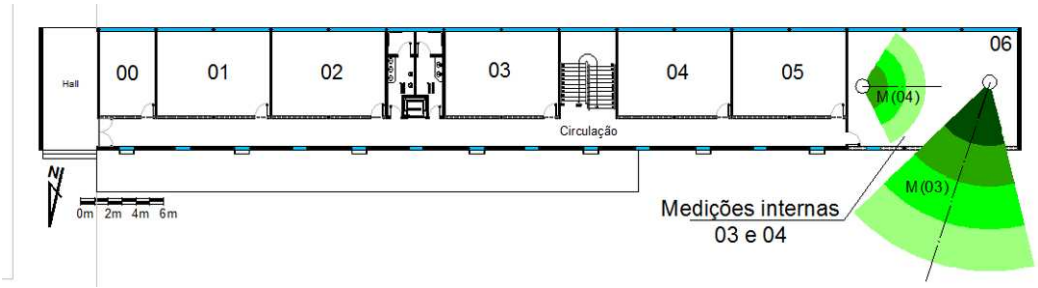



Figura 5.90 - Localização e direcionamento das medições 03 e 04

A medição 03 foi realizada com a sala sem atividades, buscando registrar a interferência dos ruídos externos. Para tanto, o equipamento foi fixado no eixo da sala e a 2 m da parede oeste e direcionado para as esquadrias da fachada norte. Como pode ser notado na Figura 5.91, mesmo com a sala de aula vazia, nenhum dos valores registrados se enquadrou dentro da faixa recomendada, variando entre 53 e 69 dB, valores mais elevados que aqueles levantados para a mesma situação de sala vazia na sala 03. O nível equivalente ficou apenas 3 dB abaixo do valor gerado pela voz humana, o que provavelmente prejudicará a audibilidade da voz do professor. Na Figura 5.92 são apresentadas as ocorrências, por faixa de nível de pressão registradas para a medição 03, tendo como variação mais presente 60 a 61 dB com 24% dos dados.

Na medição 04 o equipamento ficou localizado no centro da sala de aula a 1,5 m da parede leste, direcionado ao eixo do quadro negro fixado na parede oeste. Durante a medição contou-se com a presença de 37 alunos e o professor. Nesta sala não houve oportunidade de se realizar registro de dados contando somente com os alunos em classe como foi feito na sala 03.

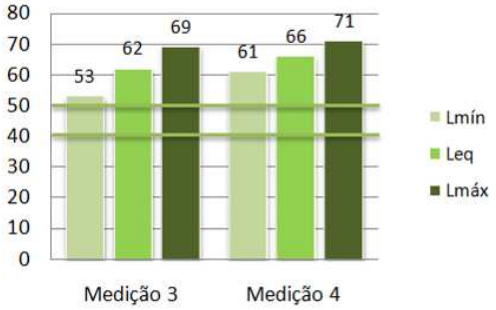



Figura 5.91 - Níveis de pressão sonora das medições realizadas na Sala 06 ECC

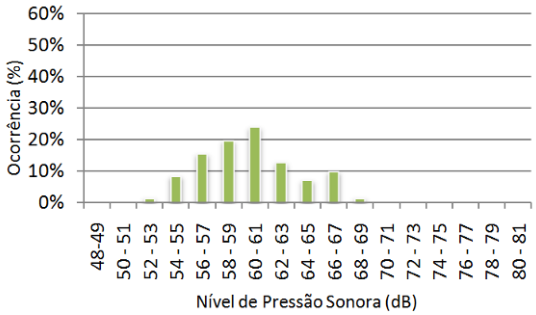



Figura 5.92 - Histogramas dos níveis de pressão sonora na medição 03 interna

Como apresenta a Figura 5.91, os níveis registrados durante o desenvolvimento de atividades na sala variaram entre 61 e 71 dB, estando todos acima do valor recomendado por norma. No entanto, como foi descrito antes, há de se considerar a voz do professor como aproximadamente 65 dB, valor apenas 1 dB menor que o nível equivalente encontrado para esta medição de 66 dB. Pode-se, assim, considerar o resultado aceitável para este tipo de atividade. A maior ocorrência de níveis de pressão foi entre 66 e 67 dB como pode ser visualizado na Figura 5.93.

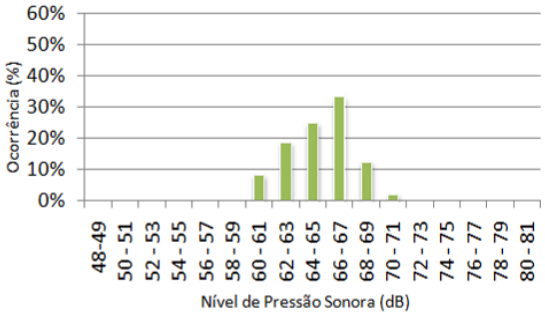



Figura 5.93 – Histogramas dos níveis de pressão sonora nas medições internas da EEC, 03 e 04

O fator mais preocupante, nesta analise é a proximidades entre os níveis equivalentes encontrados para a sala vazia, 62 dB, e aquele encontrado para sala em atividade de 66 dB, ou seja, diferença de apenas 4 dB, o que pode levar alunos sentados a maior distância do professor a terem dificuldades para ouvir.

Finalmente, são apresentados os dados levantados no exterior da edificação. Neste caso, o equipamento foi locado a 15m da via e a 32m da edificação e direcionado perpendicularmente ao limite da via, como ilustra a Figura 5.94. A medição foi realizada às 17h e 40min, horário de alto fluxo de veículos e, provavelmente, que mais gera incomodo no interior da edificação.

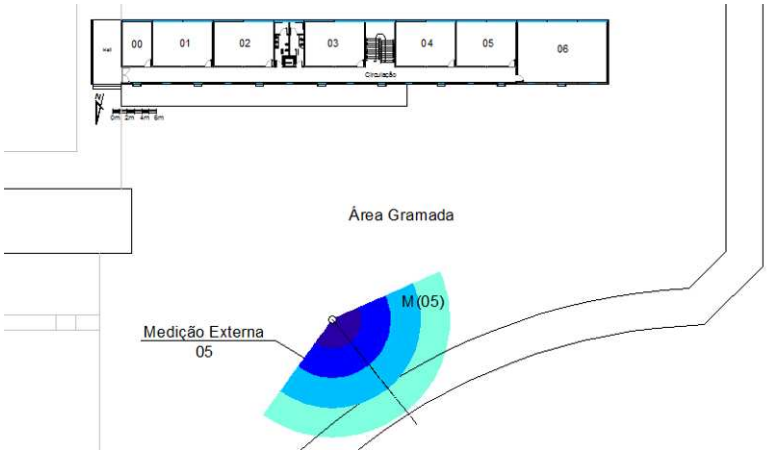



Figura 5.94 - Localização e direcionamento da medição 05

Todos os níveis levantados, durante esta medição, superaram tanto o nível considerado de conforto, quanto o nível aceitável de ruído, como pode ser visualizado na Figura 5.95. Foram registrados valores de até 80 dB, nível bastante alto que, em frequências baixas, como 50 Hz, ou muito altas, como 30000 Hz, estará inserida no limiar da dor de acordo com Szokolay (1980).

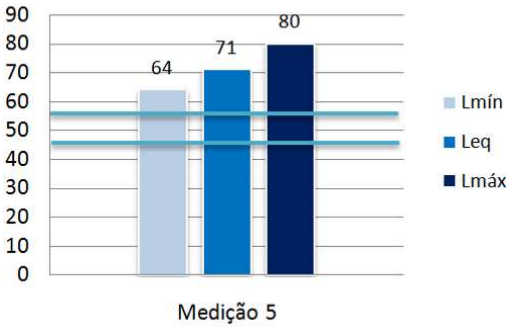



Figura 5.95 - Níveis de pressão sonora da medição 5, realizada na área externa da ECC

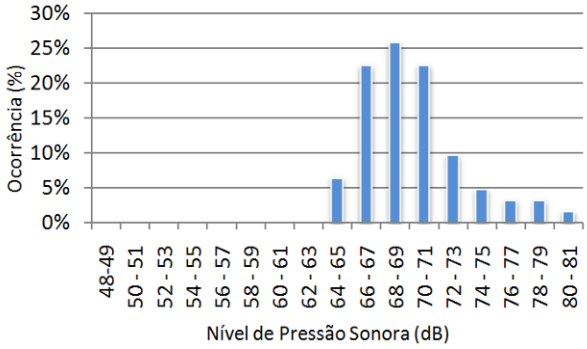



Figura 5.96 - Histogramas dos níveis de pressão sonora, na medição externa da EEC, 05

O nível equivalente registrado foi de 71 dB, ou seja, uma diferença de 17 dB, em relação ao nível equivalente levantado no interior da sala 03, que foi de 54 dB, e diferença de 9 dB, para o nível equivalente encontrado na sala 06, que foi de 62 dB. Isso demonstra que a sala 06 é prejudicada pela proximidade com a via, se comparada a outra sala em, aproximadamente, 8dB. No entanto, mesmo com tal proximidade a envoltória construtiva desempenha uma boa redução do ruído.

### 5.4.3.1. Considerações sobre o conforto acústico nas salas analisadas

Constatou-se, através das medições realizadas, que a edificação não garante adequado nível de pressão sonora no interior das salas de aula, para que o aluno esteja confortável. O ruído de fundo, advindo do tráfego, é muito intenso e não encontra barreiras até a edificação.

A sala 06, por estar mais próxima às vias, possui, sem nenhuma atividade, níveis de ruído de fundo que superam o máximo aceitável pela NBR 10152 (ABNT, 1997). Essa característica interfere diretamente no desenvolvimento das atividades nesta sala, exigindo mais esforço de professor e alunos para falar e ouvir com clareza. A sala 03, por estar um pouco mais afastada da extremidade do bloco, já apresenta os níveis de ruído de fundo menores, se comparados aos da sala 06, mas que também superam o máximo aceitável.

### 5.4.4. Satisfação do Usuário da EEC

Neste item são apresentados os resultados obtidos com as avaliações de percepção do usuário, das salas 03 e 06, da EEC.

A primeira aplicação do questionário na sala 03, durante o inverno, foi realizada nos dias 08/09/2009, 09/09/2009 e 11/09/2009 e foram obtidos 121 questionários respondidos de uma amostra com 123 questionários. A segunda aplicação, durante a primavera, obteve 101 questionários respondidos e foi realizada nos dias 24/11/2009 e 25/11/2009. A aplicação de verão ocorreu nos dias 02/03/2010, 03/03/2010 e 06/03/2010 e acumulou 122 questionários respondidos. A quarta e última aplicação reuniu 126 questionários respondidos para o outono, que foram aplicados nos dias 26/05/2010 e 27/05/2010, fechando, assim, o ciclo de quatro aplicações.

A primeira aplicação na sala 06 ocorreu nos dias 08/09/2009, 09/09/2009 e 11/09/2009 durante o inverno, e foram obtidos 142 questionários respondidos, de uma amostra com 136 questionários. A segunda aplicação, durante a primavera, obteve 115 questionários respondidos e foi realizada nos dias 24/11/2009, 25/11/2009 e 28/11/2009. A aplicação de verão ocorreu nos dias 02/03/2010, 03/03/2010 e 06/03/2010 e acumulou 139 questionários respondidos. Na última aplicação foram conseguidos 108 questionários respondidos, para o outono, que foram aplicados nos dias 02/06/2010, 03/06/2010 e 04/06/2010, fechando, assim, o ciclo de quatro aplicações.

A Figura 5.97 traz os gráficos relativos às respostas das questões 1 e 4, que tratam de temperatura (Tabela 3.5), e são apresentadas as porcentagens de usuários que descreveram como confortável ou desconfortável a sala 03 em relação à sensação térmica.

Na questão 01, que avalia a temperatura ambiente da sala, a maioria dos usuários considerou a sala 03 como desconfortável, nas três primeiras avaliações, com índices de 67%, 76% e 74%, respectivamente, para inverno, primavera e verão. Foram consideradas como desconforto as respostas: muito quente, quente, frio e muito frio. Em todos os casos, o

desconforto gerado foi por calor. Nota-se que os valores mais altos de insatisfação foram durante a primavera e verão, estações de temperaturas mais altas. Os resultados de inverno e outono já apresentaram valores de insatisfação menores. No outono a maioria das percepções caracterizou a sala como confortável.

Para a questão 02, relativa à satisfação quanto a ventilação natural foi feita uma média dos valores encontrados em cada um dos quatro questionários aplicados. Foi constatado que a maioria dos usuários está satisfeito com a ventilação natural da sala 03, com 58%. Foram consideradas como confortável as respostas: ótima, boa e satisfatória.

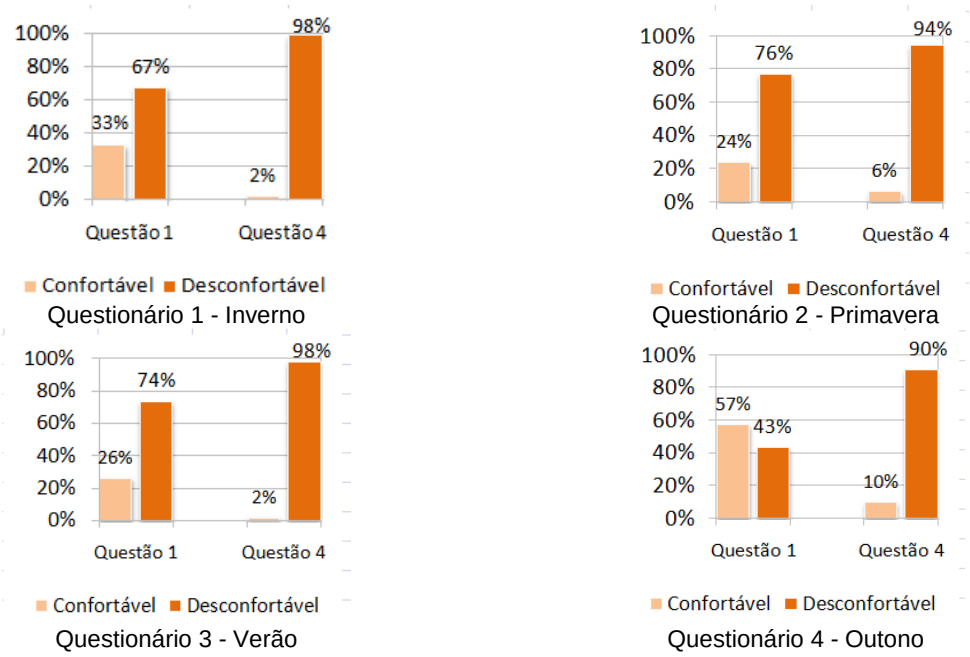



Figura 5.97 – Respostas relativas às questões 1 e 4 da sala 03

Esses resultados, entretanto, se contrapõe ao levantado com a questão 04, que trata da percepção do usuário, acerca da necessidade de utilização de ventiladores, no ambiente, o que revelou que a grande maioria dos usuários considera indispensável a utilização do ventilador. Isso significa que apesar do usuário afirmar que a sala é confortável, na verdade ele a considera desconfortável ou então é impelido ao uso do ventilador, simplesmente pela sua presença no ambiente.

Quando questionados com relação ao incômodo causado pelo ventilador, em todas as estações, cerca de 60% dos entrevistados afirmou não se sentir incomodado. A maioria, cerca de 90%, em todas as estações, dos que se declararam incomodados pelo ventilador, atribui o incômodo ao ruído produzido por este.

Os resultados encontrados para a questão 01, na sala 06, foram similares ao descrito para a sala 03, onde somente durante o outono a sala foi considerada confortável, com relação à

temperatura. Nas demais estações, a de maior desconforto com relação à percepção dos usuários foi a primavera, como pode ser observado na Figura 5.98. Na questão 02, 68% dos usuários da sala 06 se mostraram satisfeitos com a ventilação natural, resultado foi superior ao encontrado na sala 03, o que provavelmente é influenciado pelo efeito da ventilação cruzada neste ambiente. As maiores satisfações registradas foram durante o inverno e outono. Em oposição aos resultados das questões 01 e 02, na questão 04 os usuários consideram necessária a utilização do ventilador para que a sala esteja confortável (o menor índice de utilização do ventilador foi obtido no período do Outono). Em todas as estações, aproximadamente 55% dos usuários consideram que o ventilador não gera incômodo.

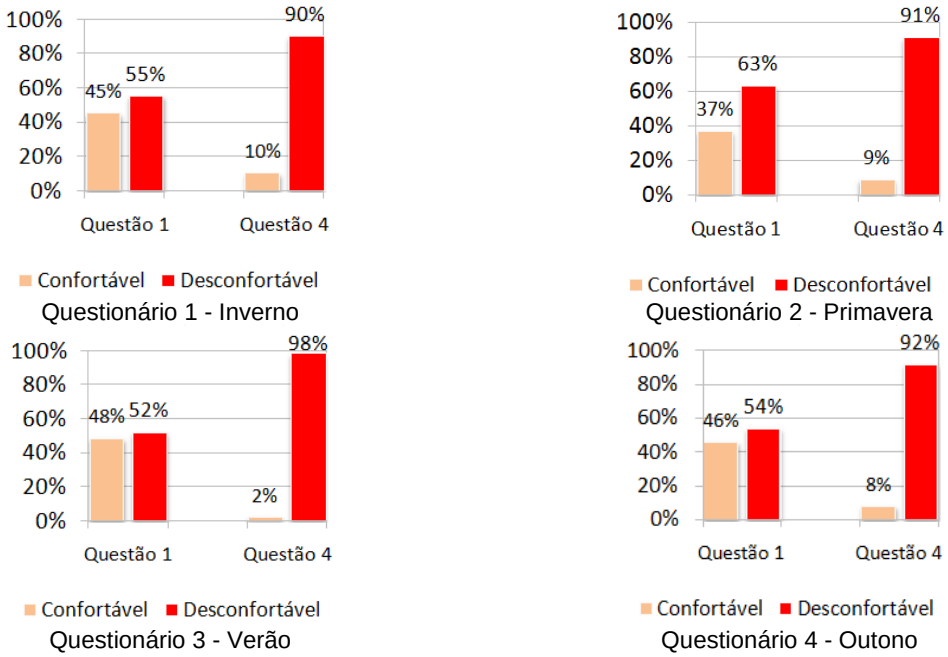



Figura 5.98 – Respostas relativas às questões 1 e 4, da sala 06

As carteiras na sala 03 foram, ao longo das três primeiras estações, despadronizadas, com variados modelos e materiais. No final do mês de março foram substituídas por modelos com armação metálica, assento e encosto plástico na cor vermelha e braço em fórmica. Na sala 06, desde o inicio das avaliações as carteiras eram padronizadas, seguindo o mesmo modelo descrito na sala 03, porém na cor verde. As Figura 5.99 e 100 apresentam os resultados, quanto à impressão dos usuários relativa às carteiras escolares, nas salas 03 e 06. Em ambas as salas as carteiras são consideradas confortáveis pela maioria dos usuários.

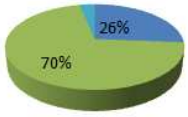



Figura 5.99 – Respostas da questão 03 relativas a sala 03 da EEC

Figura 5.100 – Respostas da questão 03 relativas a sala 06 da EEC

Na Figura 5.101 são apresentadas as porcentagens de satisfação e insatisfação dos usuários, que foram obtidas a partir das questões 07 e 11. A sala 03 foi classificada, por estes, como confortável, em relação à iluminação natural em todas as estações do ano, de acordo com os resultados da questão 07 com índices que variaram de 62 a 76% dos usuários. Essa informação foi corroborada na questão 8, onde, a maioria dos usuários considerou que a quantidade e distribuição das janelas na sala 03 é satisfatória, boa ou ótima.

Para a iluminação artificial da sala 03 a aprovação foi ainda superior, com índices de 91% dos usuários satisfeitos, de acordo com as respostas da questão 09. Estas respostas são corroboradas pelos resultados da questão 11, que apresentou a necessidade sentida pelos usuários da luz artificial, para desenvolver, com acuidade suas atividades.

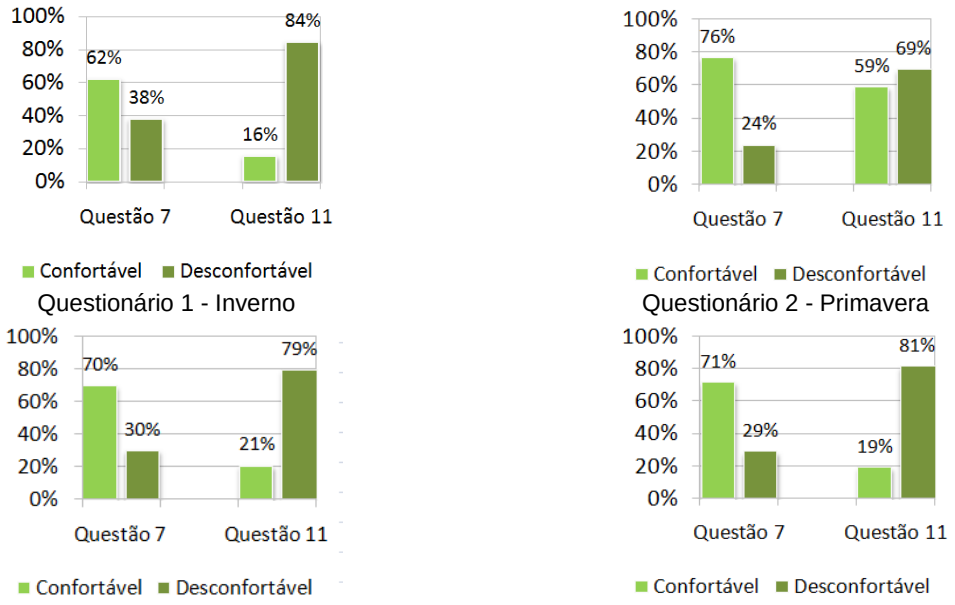



Figura 5.101 - Respostas relativas às questões 7 e 11, a respeito da iluminação da sala 03

Em todas as estações, a maioria dos usuários apontou que é sempre necessária a utilização de luz artificial. A segunda opinião mais freqüente foi que, quase sempre é necessária, estas e as demais opiniões estão representadas na Figura 5.102 e como se observa somente na medição de inverno houve opiniões de que nunca é necessário utilizar iluminação artificial.

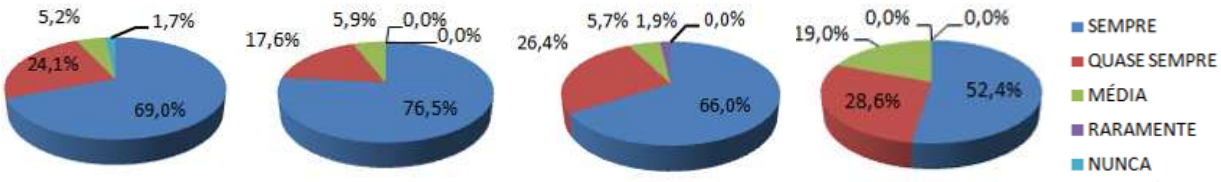



Figura 5.102 – Respostas da questão 10 relativa a utilização de luz artificial na sala 03

Em nenhuma das estações a maioria dos entrevistados considerou que a instalação de película tenha sido prejudicial à iluminação, o que fez com que a maioria das respostas na questão 13, em relação ao prejuízo causado pela película, tenha sido nenhum. Na questão 14, que tratou das cores das carteiras, verificou-se que em todas as estações, a percepção mais frequente foi de que ela colabora no conforto visual. Em alguns questionários foram colocadas observações a este respeito, comentando que a cor branca é visualmente mais confortável para se apoiar materiais de leitura, se comparada a cores escuras, como era o caso de algumas carteiras na sala 03, antes da troca, que tinham o braço marrom escuro.

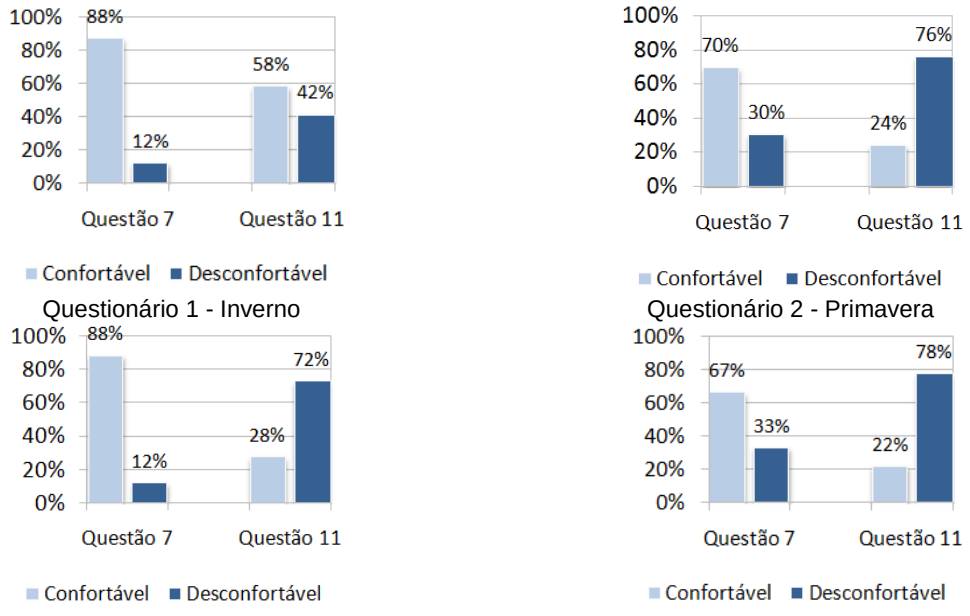



Figura 5.103 - Respostas relativas as questões 7 e 11, a respeito da iluminação da sala 06

Na sala 06, os resultados levantados nas questões 07, 08 e 09 foram similares, àqueles encontrados na sala 03, com a maior parte das opiniões dos usuários satisfeitos com a iluminação natural. Na questão 08, 84% dos usuários se mostraram satisfeitos com a distribuição e quantidade de janelas na sala. Na questão 09, que tratou da iluminação artificial, as respostas também foram positivas, com 93% das pessoas satisfeitas com a iluminação artificial.

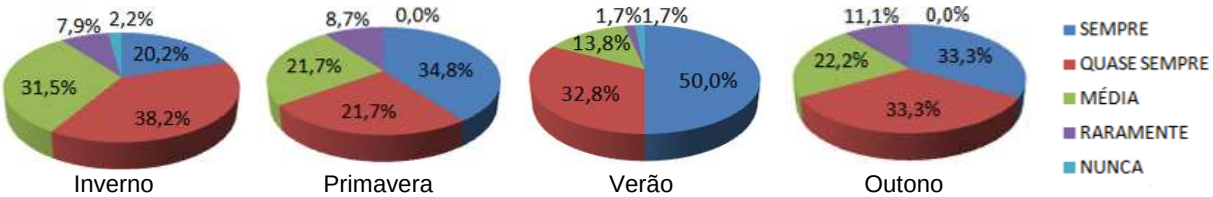



Figura 5.104 - Respostas da questão 10 relativa a utilização de luz artificial na sala 06

Em se tratando da utilização da luz artificial, as respostas mais obtidas na sala 06 variaram, em sua maioria, entre mediana necessidade de utilização à constante necessidade de utilização de luz artificial, como pode ser visualizado na Figura 5.104. Isso também

demonstra que, na percepção dos usuários somente a luz natural não propicia a condição de conforto para o desenvolvimento das atividades.

Em todas as estações, a maioria dos entrevistados também considerou que a instalação de película não foi prejudicial à iluminação, resultado confirmado pelas respostas da questão 13 em que a maioria afirmou não ter havido prejuízo na iluminação, devido à instalação da película. As respostas em relação às cores das carteiras foram similares àquelas levantadas na sala 03, onde, em todas as estações mais de 60% das respostas acusaram que as cores das carteiras facilitam a leitura sobre elas.

Com relação à percepção do conforto acústico das salas, quando os usuários foram questionados a respeito dos ventiladores, a grande maioria afirmou não se sentir incomodado por estes. Porém, a minoria que afirmou se incomodar com o equipamento, atribuiu tal fator ao ruído produzido pelo mesmo.

Na questão 15, os usuários foram novamente questionados a respeito dos ventiladores e, contrário ao levantado anteriormente, a maioria afirmou que o ruído do ventilador prejudica a audição da voz do professor, ou seja, gera um desconforto acústico no ambiente. Os resultados estão ilustrados na Figura 5.105.

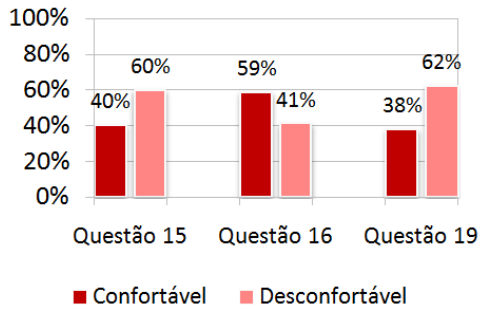



Figura 5.105 - Respostas relativas as questões 15, 16 e 19, a respeito da acústica da sala 03

Além do desconforto gerado pelo ruído do ventilador, também foi relatado, pelos usuários, por meio da questão 16, que os ruídos externos também geram incômodo, já que a porcentagem de pessoas insatisfeitas com o isolamento da sala em relação aos ruídos externos, foi bastante significativa, como pode ser visualizado na Figura 5.105.

De forma unânime, todos os resultados ao questionamento que trata das fontes de ruído na questão 17, apontaram, como maiores geradores de ruído, os próprios alunos da instituição, nas áreas externas à sala de aula. Em segundo lugar, vem o tráfego de veículos nos arredores da escola.

Em todos os questionários, tanto da sala 03, quanto da sala 06, foi apontado pelos usuários, que é necessário que se fechem portas e janelas para se ouvir com clareza as aulas, o que demonstra percepção de desconforto acústico. Entretanto, quando se pergunta, na questão 20, acerca da frequência da necessidade desta ação, fechar portas e janelas para poder se ouvir, a maioria das respostas, obtidas na sala 03, não afirmou ser sempre necessário, como pode ser visualizado na Figura 5.106. A Figura 5.107 mostra os resultados obtidos na sala 06, para a questão 20, que são similares aos da sala 03. Não foram registradas, em nenhuma das salas, referências nos questionários acerca de reflexões de som neste ambiente.

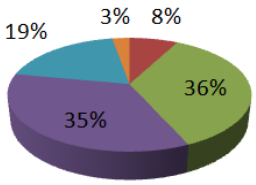



Figura 5.106 - Resposta da questão 20, da sala 03, relativa ao fechamento das esquadrias, para boa audição

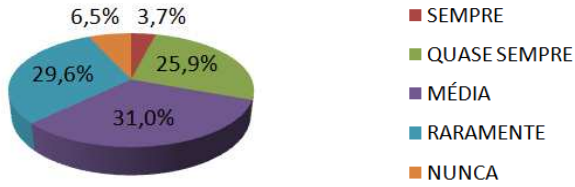



Figura 5.107 - Respostas da questão 20 da sala 06 relativa ao fechamento das esquadrias para boa audição

Na sala 06, similar ao resultado encontrado para sala 03, as respostas indicaram que o ventilador causa desconforto pelo ruído gerado, como está ilustrado na Figura 5.108. Cerca de 69% dos usuários afirmaram não ouvir com clareza, com o equipamento em uso. Nos resultados referentes aos ruídos externos, os usuários afirmaram que ele causa grande incomodo; porém, nesta sala, foi identificado que a fonte de ruído mais presente é o tráfego de veículos, o índice levantado para esta opção foi de 70%.

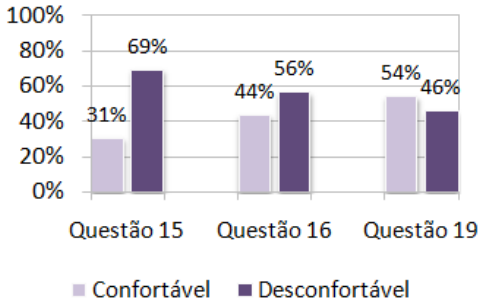



Figura 5.108 - Respostas relativas as questões 15, 16 e 19 a respeito da iluminação da sala 06

### 5.4.4.1. Considerações sobre a satisfação do usuário nas salas analisadas

Foi notado que houve uma variação das respostas dos usuários ao longo do ano. No entanto, são, em geral, pequenas variações que mantém resultados similares. Identificou-se através dos dados de percepção do usuário, dois pontos críticos principais na EEC: o incomodo gerado pelo ruído e o desconforto térmico das salas.

Em geral, a maioria dos usuários, tanto da sala 03, quanto da sala 06, classificou os ambientes analisados como desconfortáveis em relação à temperatura, sendo que, a maioria das respostas aponta que esse desconforto é gerado por calor. O outro ponto apontado pelos usuários é a qualidade acústica da edificação, que não apresenta satisfatório desempenho, frente ao ruído presente no local.

# CAPÍTULO 6
# DESCRIÇÃO E ANÁLISE DOS DADOS FAV

## 6.1. SALAS DA FACULDADE DE ARTES VISUAIS

Neste capítulo são descritas as medições realizadas na sala 01 e na sala 03 da Faculdade de Artes Visuais. Optou-se por apresentá-las juntas, por haver uma quantidade relevante de informações comuns a estas salas, pois as medições lumínicas, acústicas e térmicas de ambas foram realizadas sob as mesmas condições.

### 6.1.1. Medições Lumínicas

Neste item serão apresentados os resultados obtidos em cada uma das quatro medições lumínicas, realizadas na Faculdade de Artes Visuais, na sala 01 e na sala 03.

#### 6.1.1.1. Solstício de Inverno

As medições de solstício de inverno, na FAV, foram realizadas no dia 26 de julho de 2009. Também ocorreu durante o período de aula, onde, em alguns horários, haviam atividades nas salas 01 e 03. No dia 26 de junho de 2009 teve-se durante toda a manhã, céu limpo e claro, mas o mesmo não ocorreu no período vespertino, que apresentou nebulosidade aumentando progressivamente, do começo da tarde para o final desta, tornando o céu um pouco mais escuro, como pode ser visualizado na Figura 6.1.

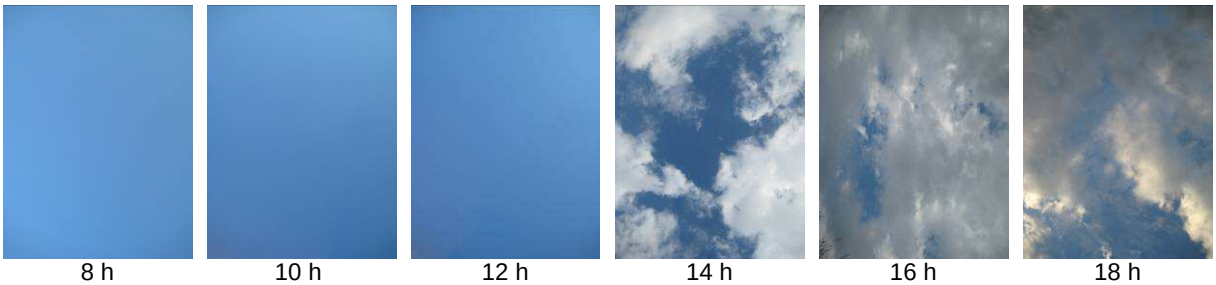


Figura 6.1 – Aspecto do céu durante a medição do solstício de inverno na FAV em 26/06/2009

As salas da FAV possuem alguns aspectos diferenciais, que devem ser destacados. Primeiramente, algumas superfícies que compõe o interior das salas são menos reflexivas, como o teto, laje em concreto aparente, e o peitoril das janelas, em tijolo maciço, também

aparente. As janelas, que se encontram na fachada norte, contam com *brise* fixo, que avança 2m da fachada, em duas camadas, como pode ser visualizado na Figura 6.2. Também, como proteção para as janelas, foram instaladas cortinas de tecido, divididas em quatro folhas, fixas a um trilho. Não é possível a abertura total destas, durante o desenvolvimento das atividades em sala, pois pelo menos uma folha irá obstruir a entrada de luz.

Figura 6.2 – *Brises Soleil* na fachada norte da FAV

## A) Sala 01 FAV

Existe, hoje, implantada, paralela ao bloco da FAV, uma passarela de pedestres coberta, como pode ser visualizado na Figura 6.3. Acredita-se que tal elemento influencia, principalmente, a iluminação natural da sala 01, no período matutino, pois esta faz uma curva até o acesso do bloco, através da cantina, e acaba trabalhando como uma barreira física ao sol da manhã, onde a inclinação dos raios solares é maior, limitando, assim, a insolação, em relação à única fonte de iluminação natural da sala 01 a fachada norte.

Figura 6.3 – Locação da passarela próxima a FAV

Também, pelo fato de possuir janelas somente na fachada norte, pode-se notar um comportamento similar, nos diversos horário de medição, em relação à iluminância, onde se tem as linhas mais próximas à parede com níveis maiores de iluminância, decrescendo no sentido das linhas mais distantes.

Os maiores níveis de iluminância, na sala 01, foram, registrados às 14 horas. No entanto, se observados todos os dados deste horário, os níveis mais altos de iluminamento permanecem somente nas duas primeiras linhas A e B, e nota-se uma sensível queda nos valores, nas demais linhas (Figura 6.4). Apesar de, na medição das 12 horas, os valores registrados terem sido menores que os das 14 horas, nota-se que a queda da iluminância, ao se afastar das janelas, ocorre de forma mais suave do que as 14 horas, o que dá, a esta medição a maior média de iluminância ao longo do dia.

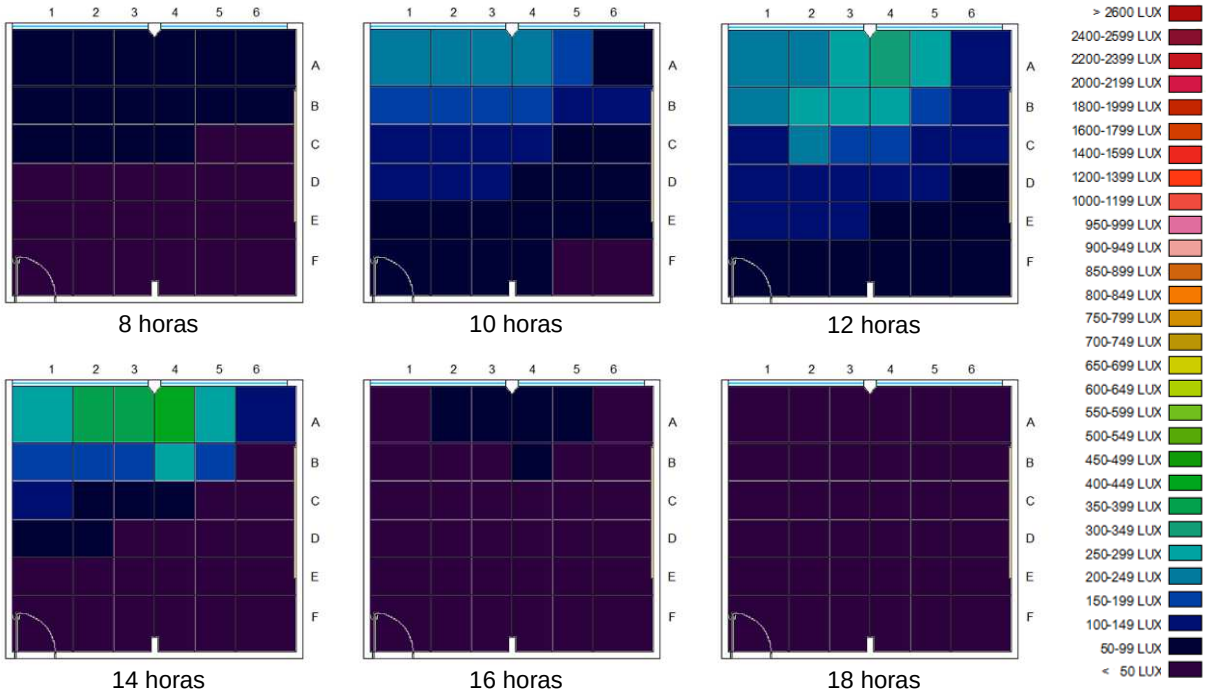



Figura 6.4 – Mapeamentos de iluminância da Sala 01 da FAV no dia 26/06/2009

A medição das 16 horas foi bastante influenciada pela nebulosidade do céu, neste momento, o que levou ao registro de níveis menores de iluminância. Diferente do ocorrido no dia anterior, na EEC, em que havia pouca nebulosidade de forma esparsa, na FAV a nebulosidade foi mais densa, escurecendo consideravelmente o céu. Tal nebulosidade se manteve constante, até a medição das 18 horas.

Durante todo o dia de medições relativas ao solstício de inverno foram poucos os dados levantados com iluminação natural que superaram o mínimo recomendado de 300 lux. Às 12 horas, somente um ponto (A4) alcançou 306 lux, e às 14 horas, registrou-se três pontos superando os 300 lux. No entanto, tais resultados não possibilitaram que a média de iluminância alcançasse também o mínimo recomendado.

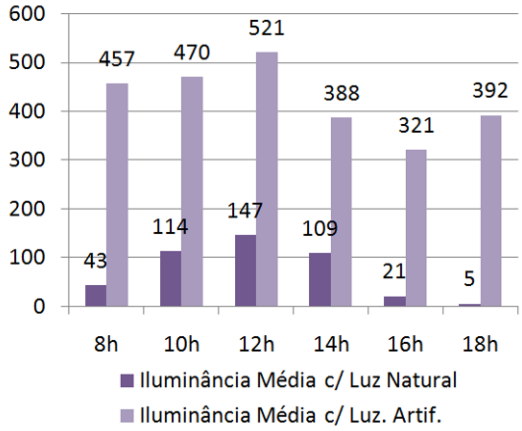



Figura 6.5 - Iluminâncias médias no Solstício de Inverno na Sala 01 FAV

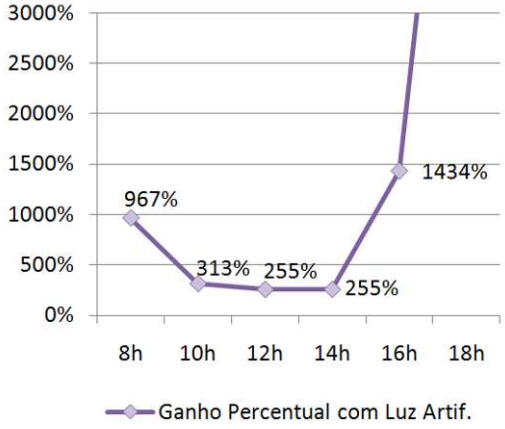



Figura 6.6 - Percentual de ganho com luz artificial em relação à luz natural

A Figura 6.5 traz o gráfico com as médias de iluminância registradas na sala 01. Como se pode notar, os maiores índices encontrados com a luz natural foram entre 10 e 14 horas, onde as condições climáticas e físicas foram mais propícias, tendo o céu claro, e sol com menor inclinação dos raios, permitindo, assim, maior iluminação da sala; no entanto não alcançando o mínimo necessário para o conforto do usuário. Acredita-se que os baixos índices encontrados na medição de 8 horas se devem, principalmente, à intensidade da radiação externa e à orientação solar da edificação, em relação ao nascente, por estar 17° inclinado a partir do norte, em direção ao oeste. Assim, o próprio edifício acaba barrando a chegada dos raios solares. No entanto, os resultados obtidos às 16 horas também foram baixos, com média de 21 lux, acredita-se que por conseqüência da nebulosidade do céu, no momento da medição havendo inclusive rápidas pancadas de chuva. E finalmente, a menor média obtida foi às 18 horas, com 5 lux, tendo, como contribuições para tal resultado a nebulosidade, o fator de proximidade com o solstício de inverno (tendo, assim, dias mais curtos e por do sol ocorrendo mais cedo). Somente com a utilização da iluminação artificial foi possível registrar médias superiores a 300 lux, médias estas que variaram entre 321 a 521 lux.

Durante as medições com luz artificial notou-se que algumas luminárias estavam com falhas elétricas, o que explica o resultado da média com luz artificial, às 18 horas, superar o valor da média às 16 horas, pois quando realizada a medição às 16 horas, três lâmpadas, por mau contato não acenderam. No entanto, durante a medição das 18 horas, voltaram a funcionar normalmente. Seguindo o mesmo padrão, porém em proporção inversa, o percentual de ganho, ilustrado na Figura 6.6, teve seus menores valores às 12 horas e o maior às 18 horas, por se tratar de um horário considerado como com ausência de luz natural.

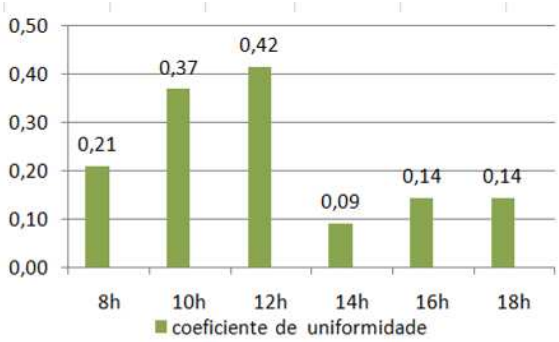



Figura 6.7 – Coeficiente de Uniformidade da Sala 01 FAV durante a medição do solstício de inverno

Os coeficientes de uniformidade encontrados para a sala 01 ficaram bastante aquém do ideal, tendo os maiores valores atingidos às 12 horas e coincidentes com as maiores médias de iluminância, também registradas neste mesmo horário. Na Figura 6.7, no período vespertino, pôde-se notar uma queda nos valores dos coeficientes de uniformidade, fato conseqüente da variação do tempo, tendo momentos com o sol encoberto, seguidos de outros, com maiores níveis de radiação, o que gerou variação e diferenciação notável entre os níveis de iluminância, em cada um dos pontos levantados. Tentou-se repetir esta medição em outro dia, buscando uma tarde sem nebulosidade. No entanto, ao longo de toda a semana choveu no final das tardes, tendo, assim, céu nebuloso, no período vespertino.

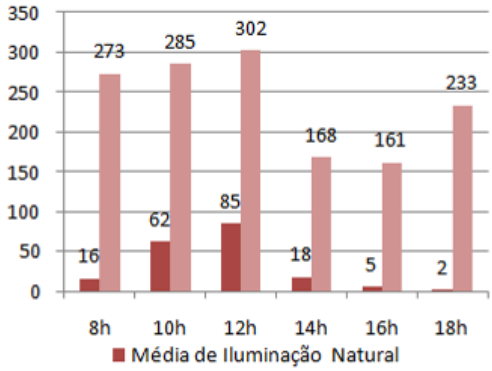



Figura 6.8 - Iluminâncias médias do quadro negro, da Sala 01, da FAV

Figura 6.9 - Percentual de ganho com luz artificial, no quadro negro, da Sala 01 da FAV

Assim como as médias de iluminância da sala, o quadro negro teve seu maior índice registrado às 12 horas, tanto para luz natural, quanto artificial, e seguiu o mesmo padrão de iluminâncias, ao longo do dia daquelas registradas para a sala de aula. Dos cinco pontos levantados no quadro negro, o que apresentou, em todas as medições, menor iluminância foi o inferior esquerdo, mais próximo à janela, no entanto sombreado por um armário. As maiores iluminâncias foram registradas nos pontos superiores do quadro negro, também com o ponto superior esquerdo sombreado pelo armário. Sendo assim, os ganhos de iluminação também seguem, para o quadro, o mesmo padrão da sala, nos percentuais de ganho da sala. Em geral são percentuais bastante elevados, em função dos baixos níveis de iluminação natural.

## B) Sala 03 FAV

Assim como na sala 01 da FAV, a sala 03 também sofre influência da passarela, ilustrada na Figura 6.10. No entanto, não tanto quanto a sala 01, durante o período da manhã. Durante a medição de 8 horas os níveis de iluminância levantados na sala 03 foram maiores, alcançando o dobro dos valores registrados, no mesmo horário, para a Sala 01. A passarela tem seu ponto de maior proximidade do edifício onde esta faz ligação com o mesmo e, à medida que vai avançando no sentido oeste, ela vai se distanciando do bloco. Notou-se, ainda, que passarela, por ser pintada na cor branca, gera grande reflexão da radiação solar, como pode ser visualizado na Figura 6.11, através da janela da Sala 03, o que também pode influenciar na medições lumínicas das salas.

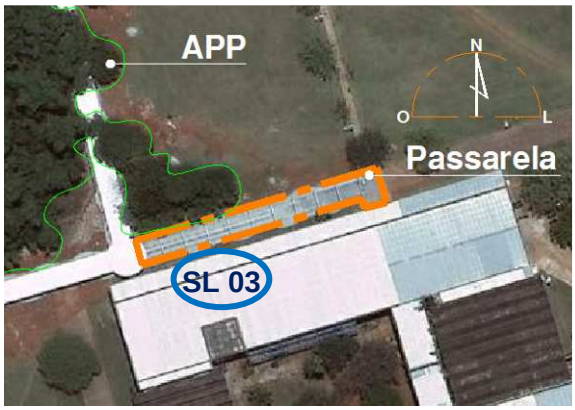


Figura 6.10 – Locação da passarela próxima a FAV

Figura 6.11 – Sala 03 FAV

Ao longo das medições da manhã (8 e 10 horas), pode-se observar que, em geral, os dados de iluminância levantados na sala 03 superaram aqueles registrados na sala 01, inclusive registrando-se, às 10 horas, valores superiores a 300 lux, em três pontos da sala 03 (Figura 6.12). Na medição das 12 horas, os valores ficam mais equiparados, por se tratar de horário com sol a pino e ambas as salas estarem protegidas pelos brises horizontais, acima das janelas.

Durante o período da tarde havia a possibilidade da massa de vegetação (Área de Preservação Permanente – APP na Figura 6.10), localizada à noroeste da FAV, influenciar nas medições, diminuindo, assim, os níveis de iluminância no interior da sala. No entanto, não foi o que se constatou estar acontecendo, pois as iluminâncias mais altas, registradas ao longo do dia, ocorreram na medição das 14 horas, onde, com exceção do ponto A1, a linha A toda teve mais de 300 lux. Às 16 horas, houve uma queda considerável nos níveis de iluminância, mas que se deve, não ao sombreamento pela vegetação, e sim à densa nebulosidade celeste presente neste horário, que se manteve até o final da tarde.

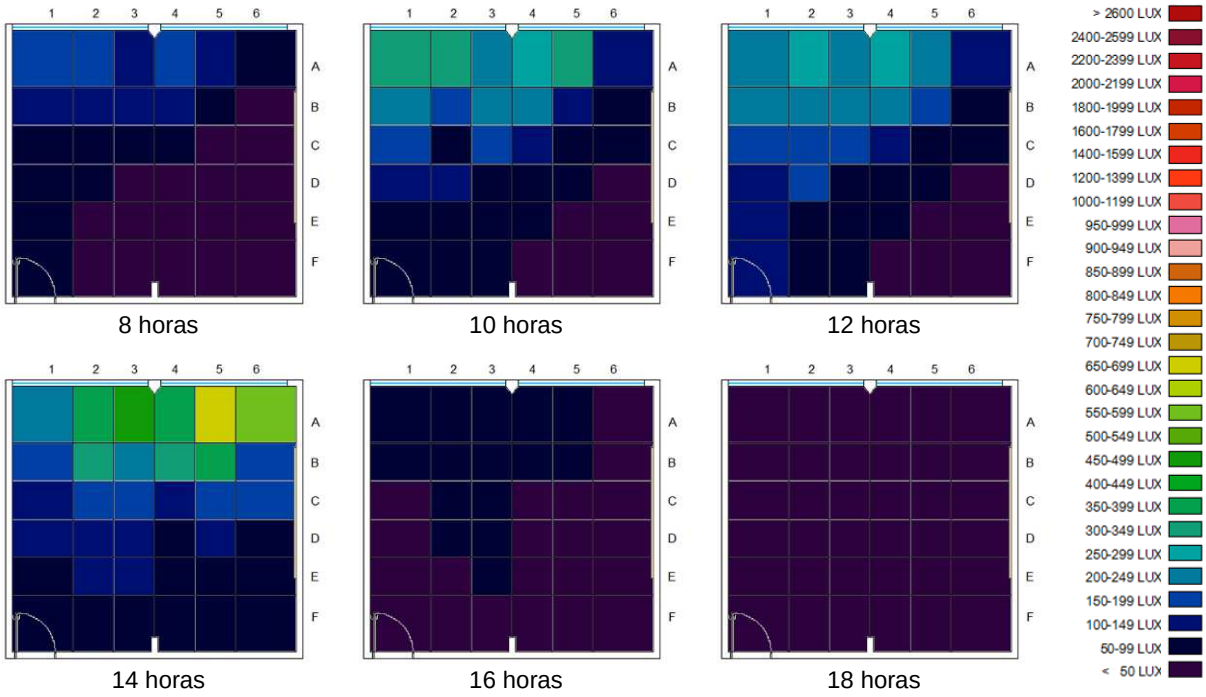



Figura 6.12 – Mapeamentos de iluminância da Sala 03 FAV no dia 26/06/2009

Apesar de ter sido registrado um melhor desempenho na sala 03 FAV, se comparada à sala 01, os resultados quanto à iluminância ainda não foram satisfatórios. Nenhuma das médias calculadas para iluminação artificial conseguiu superar o mínimo de 300 lux. Mesmo com bons valores medidos próximos as janelas, à medida que os pontos vão se afastando destas, a iluminância sofre grandes quedas, chegando, na última linha, a representar ¼ da iluminância da primeira linha.

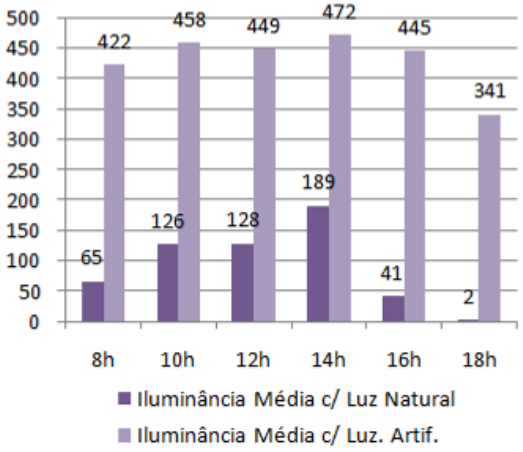



Figura 6.13 – Iluminâncias Médias da Sala 03 da FAV para o solstício de inverno

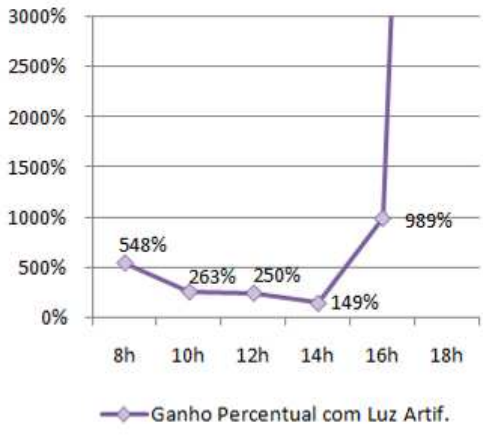



Figura 6.14 – Percentual de ganho da iluminação artificial em relação a natural

A Figura 6.13 traz um gráfico demonstrando a evolução das médias de iluminância, ao longo do dia, durante a medição do solstício de inverno. O mesmo padrão pode ser reconhecido para os dois tipos de iluminação, natural e artificial, onde se tem os menores valores no início da manhã (8 horas) e do meio até o fim da tarde. O baixo resultado das 8 horas da

manhã se deve, tanto à baixa intensidade de radiação externa quanto à orientação da edificação, inclinada em relação ao norte, agindo assim, como barreira ao sol nascente. Já, os resultados da tarde certamente tiveram influencia da nebulosidade externa, preponderante às 16 horas e, também, por de se tratar de um dia mais curto, o que faz o horário de 18 horas contar com menor quantidade de iluminação natural.

As maiores médias registradas foram às 14 horas, momento em que o sol ainda tem pouca inclinação. No entanto, já se direcionando a oeste, o que demonstra que pouco influenciou na iluminação natural a massa verde próxima ao edifício. A pouca inclinação do sol, neste horário faz com que os brises atuem protegendo, assim, a sala da entrada de radiação direta. Contudo faz, também, com que a passarela localizada à frente da edificação produza uma sombra menor e não influa, através de sombreamento, na iluminação da sala 03.

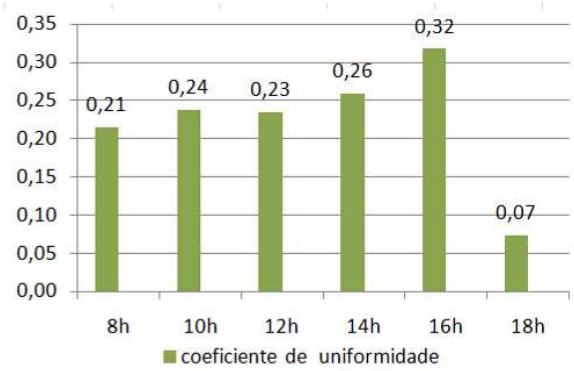



Figura 6.15 – Coeficiente de Uniformidade da Sala 03 FAV durante a medição do solstício de inverno

Para que se tenha, na sala 03, conforto visual para desempenhar as atividades, de acordo com a NBR 5413 (ABNT, 1992) seria necessária a utilização permanente da luz artificial, pois, somente com este artifício foi possível se superar o mínimo de 300 lux, nas médias das medições.

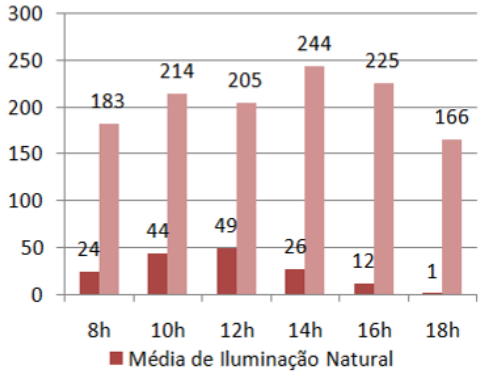



Figura 6.16 – Iluminâncias médias do quadro negro da Sala 03, da FAV

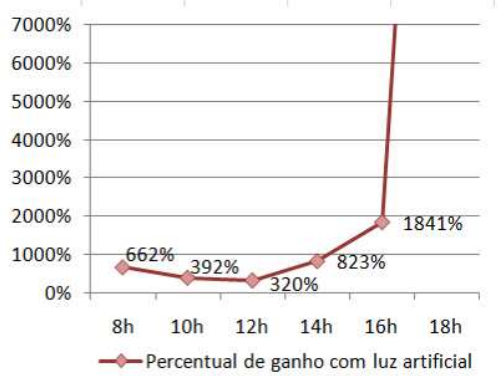



Figura 6.17 - Percentual de ganho com luz artificial, no quadro negro da Sala 03, da FAV

O maior coeficiente de uniformidade registrado foi às 16 horas, horário de um do piores desempenhos registrados ao longo do dia. O que ocorre na sala 03 é que os pontos que registram níveis mais altos de iluminância são próximos às janelas e, em horários com sol de pouca inclinação, o que faz com que a luminosidade, caia significativamente, naqueles pontos que se distanciam da fachada norte, levando, assim, à baixa uniformidade. Como pode ser observado na Figura 6.15, em nenhum momento do dia foi alcançado um coeficiente de uniformidade que possa ser considerado satisfatório.

Valores também não satisfatórios foram os encontrados na avaliação do quadro negro, com as médias ilustradas no gráfico da Figura 6.16, onde nem com luz natural, ou com luz artificial, encontrou-se valores que se igualassem ou superassem o mínimo recomendado de 500 lux em tal equipamento. A maior média registrada para luz natural foi às 12 horas. Em todos os pontos medidos no quadro negro os valores registrados ficam abaixo de 100 lux em qualquer um dos horários. Importante ressaltar, ainda, que o ponto A3, que fica no canto inferior esquerdo do quadro próximo à janela, escurecido pela sombra produzida pelo armário, é, em todos os horários, o menor registro de iluminância. As baixas médias, também com iluminação artificial, devem-se ao fato de as luminárias neste edifício estarem fixadas dentro dos nichos das lajes. Estes nichos barram parte da dispersão da iluminação artificial, como ilustra a Figura 6.18.

Figura 6.18 – Instalação das luminárias, nos nichos da laje do edifício da FAV

### 6.1.1.2. Equinócio de Primavera

Na data de 22 de setembro de 2009 ocorreu o segundo dia de medições nas salas da FAV, dia em que ocorreu o equinócio de primavera deste ano.

8 h 10 h 12 h 14 h 16 h 18 h

Figura 6.19– Aspecto do céu durante a medição do solstício de inverno na FAV em 22/09/2009

Às 8 horas da manhã o aspecto do céu já era bastante fechado por nuvens mais finas e menos densas. Com o passar das horas, a característica das nuvens mudou, assumindo forma mais densa, seguindo assim pelo restante do dia, bastante nebuloso, com céu escuro e totalmente encoberto, também com a presença de chuva de pequena e média duração.

## A) Sala 01 FAV

Mesmo com o tempo nebuloso, os valores de iluminância encontrados foram, em maioria, superiores àqueles levantados no solstício de inverno, principalmente nas medições da manhã. A sala sofre grande influência do sombreamento gerado pelo *brise* fixo externo, que exerce uma boa atividade de proteção quando existe possibilidade de radiação direta nas esquadrias. No entanto, quando os níveis de radiação externa estão mais baixos, ou com tempo nublado como foi caso nesta medição, o brise atua como barreira, impedindo que a iluminação entre na sala, como pode ser visualizado na Figura 6.20. Apesar da barreira imposta pelo brise, os resultados levantados no equinócio de primavera mostram que, nesse período a sala tem melhor desempenho lumínico, se comparada ao solstício de inverno. Isso ocorre devido ao tempo insolação na primavera, que é superior ao do inverno (dias mais curtos) e, também, da trajetória solar, nesse período, que é menos inclinada do que no solstício de inverno. Acredita-se que este fator faz com que a sombra produzida pela passarela seja menos ampla e, assim, interfira menos na radiação natural, não sombreando as aberturas das salas.

Medição 10 horas Medição 16 horas

Figura 6.20 – Sala 03, com iluminação natural

Durante o período vespertino nota-se uma queda considerável nos valores de iluminância, que, em parte, decorrem do aspecto mais encoberto que compunha o céu. Somente nas medições feitas durante a manhã foram levantadas iluminâncias superiores a 300 lux, ocorrendo de forma concentrada somente nas linhas A e B, como é mostrado na Figura 6.21.

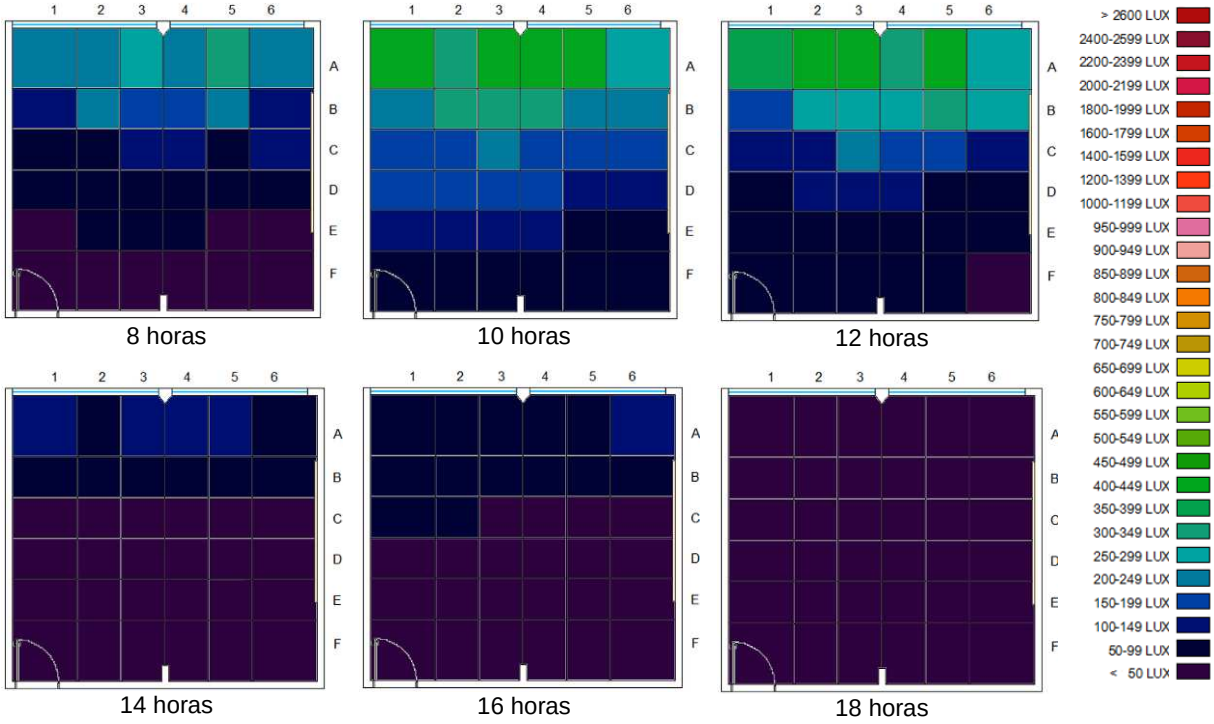



Figura 6.21 – Mapeamentos de iluminância da Sala 01 da FAV, no dia 22/09/2009

Nenhuma das médias calculadas supera o mínimo de 300 lux, sendo em alguns momentos, cerca de 15% deste valor (Figura 6.22). A maior média, alcançada foi no horário de 10 horas, com 195 lux, seguida pela de 12 horas, com 177 lux. Somente com a adição da luz artificial foram alcançados níveis satisfatórios de iluminação, tendo, assim, todas as médias acima de 400 lux. Isto gera, para tais medições, valores altos de ganho com a iluminação artificial, a partir de 189%, como é ilustrado na Figura 6.23. O maior percentual de ganho foi na medição de 18 horas, com valor de 9780%, pois a média registrada para esse horário foi muito baixa.

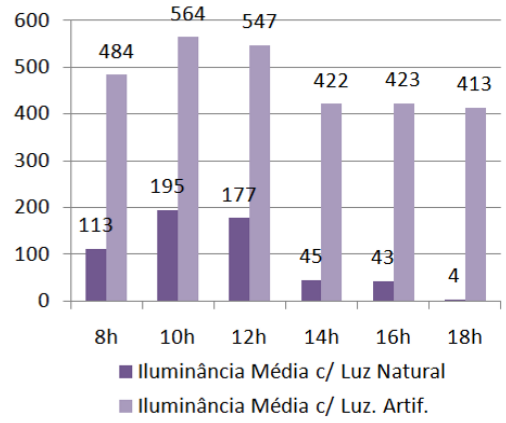



Figura 6.22 - Iluminâncias médias, no Equinócio de Primavera, na Sala 01 FAV

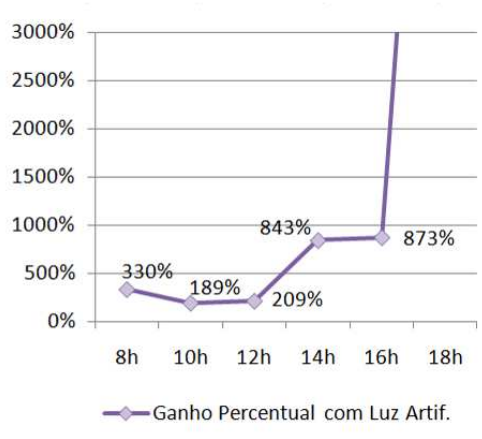



Figura 6.23 - Percentual de ganho com a luz artificial, na Sala 01 FAV

Os coeficientes de uniformidades foram baixos, distantes do ideal, e menores que os valores do solstício de inverno (Figura 6.24). No entanto, são mais similares entre si. A medição das

10 horas apresentou melhor média de iluminância e, também, melhor coeficiente de uniformidade.

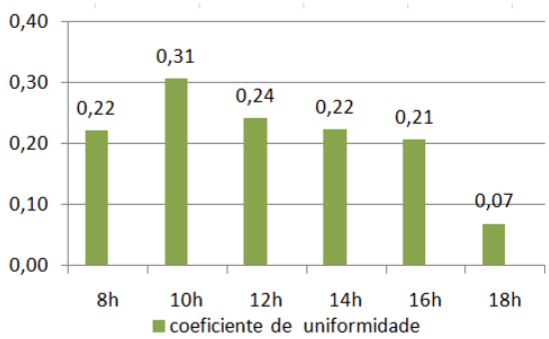



Figura 6.24 – Coeficientes de Uniformidade, para Sala 01, da FAV, durante o equinócio de primavera

As iluminâncias medidas no quadro negro também tiveram valores baixos, tendo como menores índices os pontos próximos às janelas, em função da barreira física, formada pelo armário que sombreia parte do quadro. Isso ocorreu, tanto em relação à luz natural, quanto à luz artificial.

As primeiras luminárias da sala paralelas ao quadro negro estão instaladas a 80 cm deste. No entanto, o desempenho lumínico, mesmo com a luz artificial acionada, continua baixo. Muito da iluminação gerada artificialmente reflete nos detalhes da laje, já que a luminária é instalada dentro destes nichos. Essa situação diminui o ângulo de abrangência da luminária como ilustra a Figura 6.25.

Figura 6.25 – Quadro da Sala 01, com iluminação artificial

## B) Sala 03 FAV

Assim como na sala 01, os índices de iluminância registrados na sala 03, durante a manhã, superam os valores da medição do solstício de inverno, alcançando os maiores níveis no horário de 10 horas, como representa a Figura 6.26.

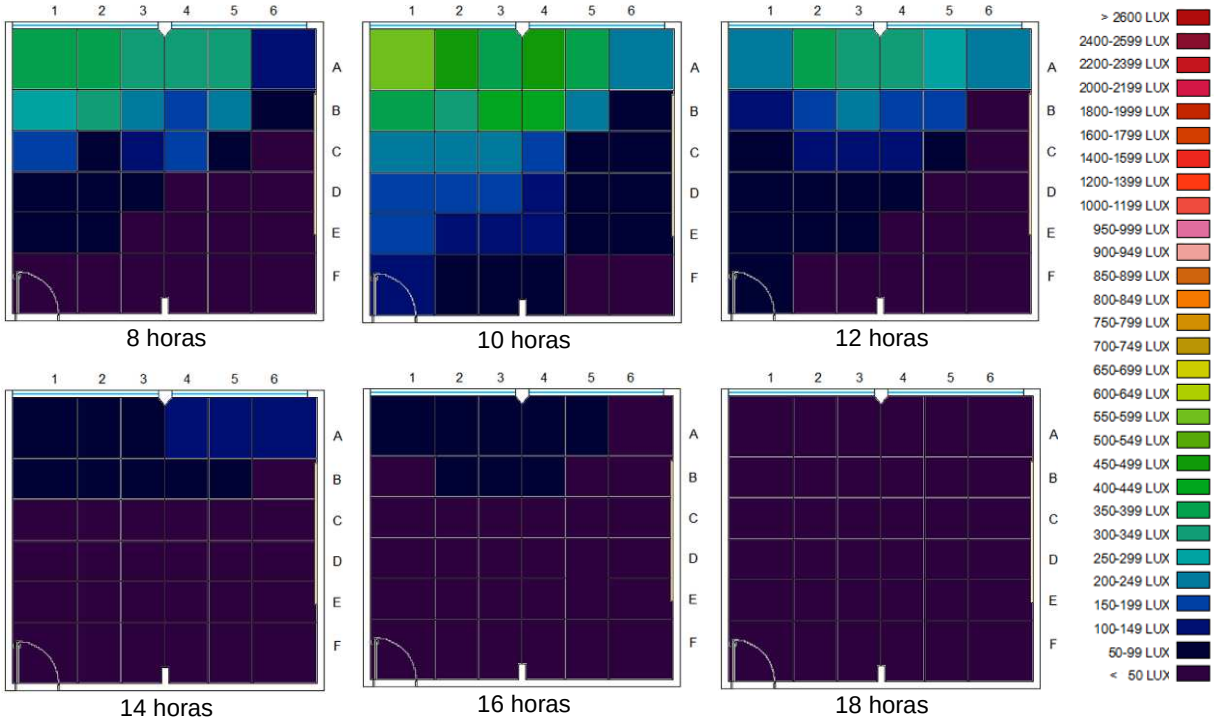



Figura 6.26 – Mapeamentos de iluminância da Sala 03 da FAV, no dia 22/09/2009

Durante a tarde as iluminâncias registradas foram menores, pois se tinha menor nível de radiação externa, em função do tempo nublado e chuvoso, que fez com que as médias com luz natural da sala, entre 14 e 18 horas, fossem baixas. O gráfico na Figura 6.27 traz as médias de iluminância, ao longo do dia, para sala 03. A maior média para iluminação natural obtida para este dia de medição, às 10 horas da manhã, foi de 194 lux, o que pode ser considerado um valor baixo principalmente por representar o melhor desempenho ao longo dia desta sala. Deste horário em diante os valores decrescem, até as 18 horas.

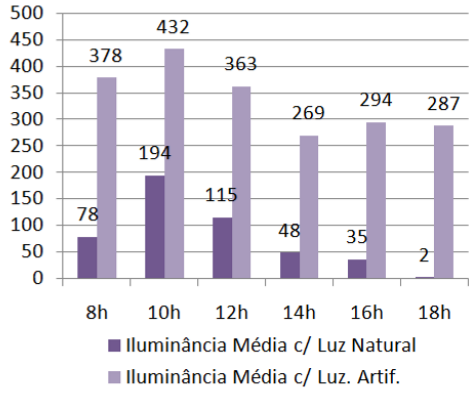



Figura 6.27 - Iluminâncias médias, no equinócio de primavera, na Sala 03 FAV

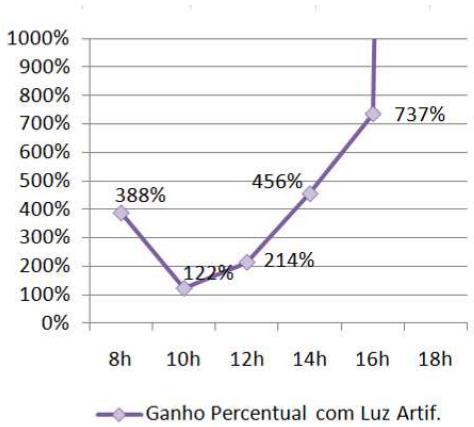



Figura 6.28 - Percentual de ganho com a luz artificial, na Sala 03 FAV

Para as médias de iluminação artificial, a maior média obtida é, também às 10 horas. Logo abaixo desta tem-se as medições de 8 e 12 horas, todas com valores maiores que 300 lux,

Em seqüência, estão as médias as médias de 14, 16 e 18 horas, que são similares entre si e inferiores a 300 lux. Em razão das médias de iluminação estarem com valores baixos, os ganho com iluminação artificial foram grandes, com porcentagens que partem de 127%, até 13608%, com padrão inversamente proporcional as iluminâncias médias com luz natural, como demonstra a Figura 6.28.

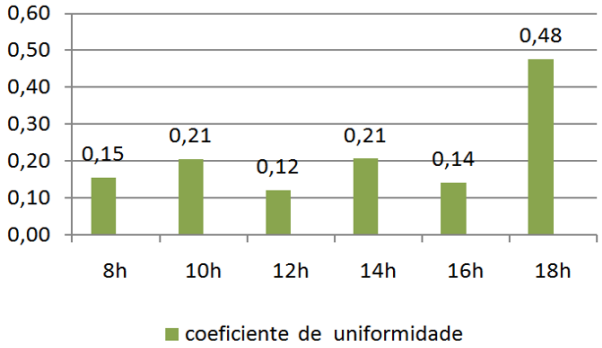



Figura 6.29 – Coeficientes de Uniformidade para Sala 03 da FAV durante o equinócio de primavera

Os coeficientes de uniformidade também foram baixos com a maioria variando entre 0,12 e 0,21 (ver Figura 6.29) fatores bem distantes do ideal de uniformidade para a sala de aula. O único coeficiente que teve valor mais elevado foi às 18 horas. No entanto, neste horário praticamente não havia incidência de iluminação natural no ambiente.

As iluminâncias médias registradas nas medições do quadro negro também não alcançaram valores maiores que 500 lux, nem mesmo com a adição da luz artificial. Assim como na sala 01, os pontos com menores iluminâncias foram os do lado esquerdo, próximos à janela, por estarem, em parte sombreados pelo armário ali localizado (Figura 6.25 mostra esse armário, a esquerda do quadro negro). O padrão destas médias é o mesmo caracterizado para as médias do ambiente, como pode ser visualizado na Figura 6.30, apresentando também altas porcentagens de ganho com a luz artificial. Com exceção das 8 e 10 horas da manhã, os demais horários tiveram ganhos superiores a 1000% como pode ser visualizado na Figura 6.31.

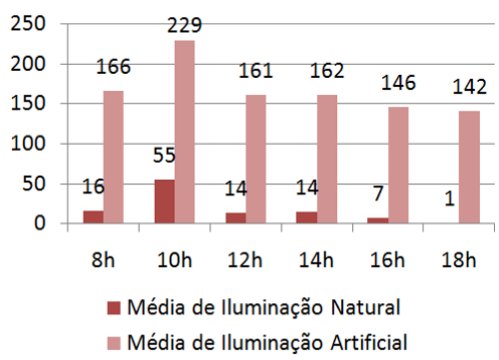



Figura 6.30 - Iluminâncias médias do quadro negro, da Sala 03 da FAV

Figura 6.31 - Percentual de ganho com luz artificial, no quadro negro da Sala 03 da FAV

### 6.1.1.3. Solstício de Verão

As medições de verão foram realizadas no dia 22 de dezembro de 2009, um dia após o solstício do mês de dezembro. Esta medição foi realizada utilizando-se o horário de verão brasileiro, que vigorava na data.

8 h 10 h 12 h 14 h 16 h 18 h

Figura 6.32– Aspecto do céu durante a medição do solstício de inverno, na FAV, em 22/12/2009

O céu, inicialmente, estava encoberto escuro e com bastante nebulosidade, que foi regredindo, lentamente, entre 10, 12 e 14 horas, quando já apresentava aspecto mais limpo, apesar da presença de algumas nuvens (Figura 6.32). A medição de 16 horas contou com céu claro, com nuvens densas, mas em pouca quantidade e, finalmente, às 18 horas o céu ainda permanecia claro, mas com nuvens maiores e mais escuras.

### A) Sala 01 FAV

Devido ao início da manhã apresentando céu bastante nublado, com baixo nível de radiação externa, os resultados levantados durante a medição de 8 horas resultaram em baixos valores de iluminância, variando entre 9 e 76 lux. Houve um significativo aumento das iluminâncias registradas, às 10 horas, conjugada com a melhora do tempo progressivamente ao longo do dia. A partir da medição de 12 horas, com o céu relativamente limpo os resultados levantados alcançaram iluminâncias mais satisfatórias. No entanto somente poucos pontos da sala superaram o valor de 300 lux, como é ilustrado na Figura 6.33.

Por se tratar do solstício de verão, com o dia mais longo, e também em horário de verão, com relógios uma hora adiantados, a medição de 18 horas apresentou níveis de iluminância mais altos que os habituais das demais medições, conseguindo gerar uma média de mais de 100 lux para este horário. Apesar de alguns bons valores de iluminância distribuídos na sala, não foi possível, em nenhum dos horários, alcançar iluminância média satisfatória, o que faz necessária a utilização de luz artificial, durante todo o dia. Na Figura 6.34 constam as iluminâncias médias ocorridas durante a medição do solstício de inverno. Nota-se que o pico de iluminação natural acorre às 12 horas, momento em que, geralmente, são

encerradas as atividades em sala. As maiores iluminâncias médias ficaram concentradas entre 12 e 16 horas, e a menor foi na medição de 8 horas.

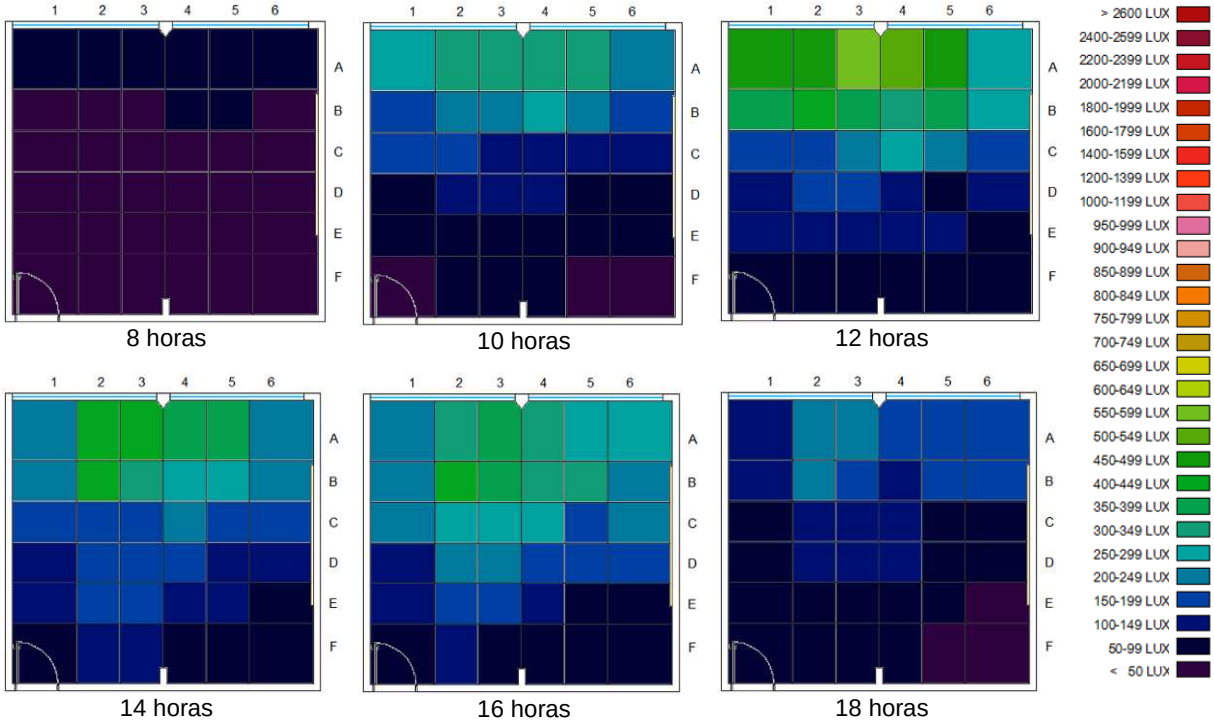



Figura 6.33 – Mapeamentos de iluminância da Sala 01 da FAV no dia 22/12/2009

A maior média de iluminação natural não foi em horário coincidente com maior média de iluminação artificial (Figura 6.34). Acredita-se que essa variação decorre do fato de as medições de iluminação natural e artificial não ocorrem simultaneamente, de maneira que podem ocorrer variações nas iluminâncias registradas. Essa média foi à única discrepante do padrão seguido pelas demais, porém a diferença entre ela e as médias de 14 h e 16 horas foi pequena. Os ganhos com a iluminação artificial apresentaram comportamento inversamente proporcional ao das iluminâncias médias, tendo os maiores valores no início da manhã e final da tarde e os menores valores as 12 e 16 horas (Figura 6.38).

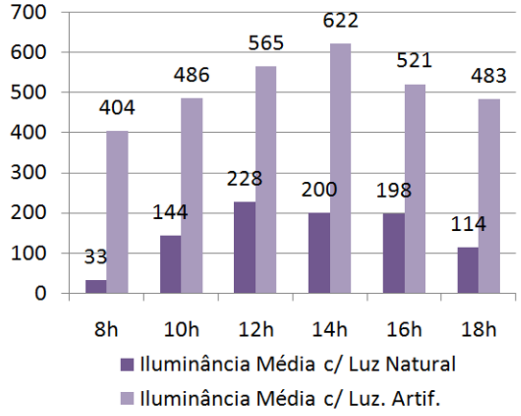



Figura 6.34 - Iluminâncias médias, no solstício de verão, na Sala 01 FAV

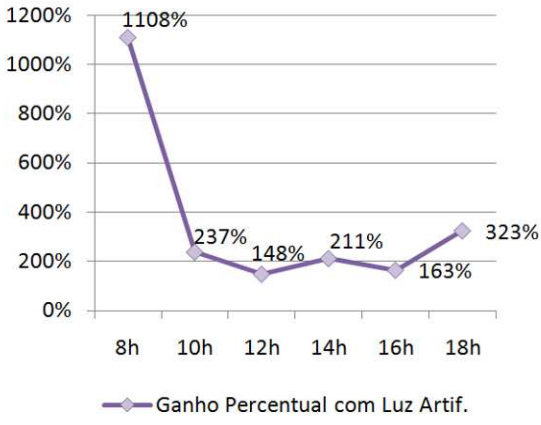



Figura 6.35 - Percentual de ganho com a luz artificial, na Sala 01 FAV

Apesar da média mais elevada alcançada pela medição de 18 horas, se comparada com os demais dias de medição, no mesmo horário, este manteve-se, ainda, como momento com maior uniformidade da iluminação no ambiente, alcançando o índice de 0,39, que ainda é baixo em relação ao ideal, mas entre os valores encontrados para esta data é o maior, como pode-se visualizar na Figura 6.36. Entre os demais coeficientes nenhum apresentou boa característica de uniformidade mantendo-se entre 0,23 e 0,32.

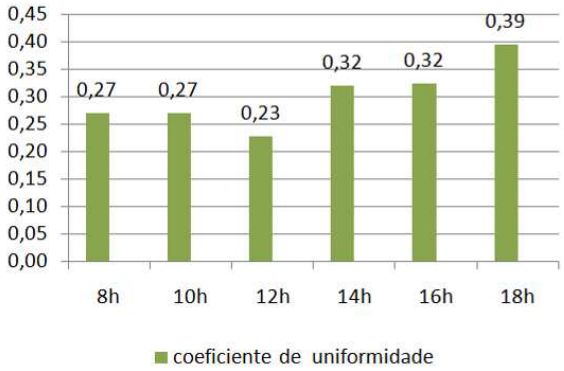



Figura 6.36 – Coeficientes de Uniformidade para Sala 01 da FAV durante o solstício de verão

O padrão encontrado para a iluminância média registrada no quadro negro, é similar ao das médias do ambiente. Em nenhum horário foram alcançados os 500 lux, recomendados pela Norma, mesmo com as altas porcentagens de ganho com iluminação artificial, nos variados horários, como pode ser visualizado nos gráficos da Figura 6.37 e Figura 6.38.

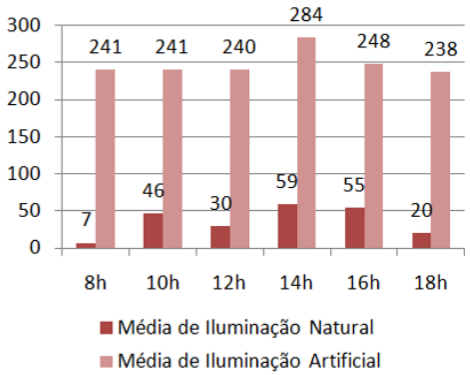



Figura 6.37 - Iluminâncias médias do quadro negro da Sala 01 da FAV

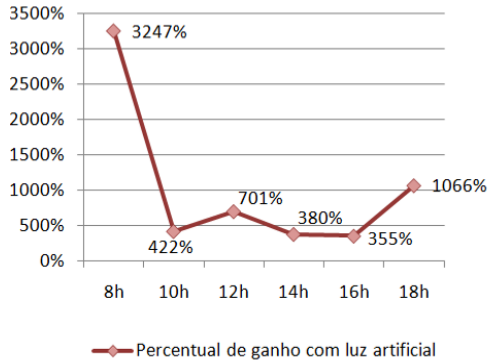



Figura 6.38 - Percentual de ganho com luz artificial no quadro negro da Sala 01 da FAV

## B) Sala 03 FAV

Assim como na Sala 01, durante a manhã, onde o tempo estava encoberto, os níveis de iluminância registrados nas medições de 8 e 10 horas foram inferiores aos da medição no equinócio de primavera, por se contar com menor nível de radiação externa e, também, pelo fato das esquadrias serem todas na fachada norte, levemente inclinadas a oeste,

recebendo, assim, menor insolação no solstício de verão, durante a manhã, devido à inclinação da trajetória do sol para sul.

Figura 6.39 – Panorâmica da Fachada Norte, em 26/06/2009, às 12 horas – Solstício de Inverno

Figura 6.40 – Panorâmica da Fachada Norte, em 22/12/2009, às 12 horas – Solstício de Verão

A Figura 6.39 e Figura 6.40 mostram a diferença de insolação na fachada norte, onde, no solstício de inverno, recebia insolação direta, com o sol inclinado a norte, fator que pode ser constatado pelas sombras dos brises na fachada, enquanto, no solstício de verão, não há presença de sombras na fachada norte, que indiquem a inclinação do sol a esta orientação, somente as árvores produzem sombra no chão, as quais indicam que o sol está a pino e, provavelmente, levemente inclinado a sul.

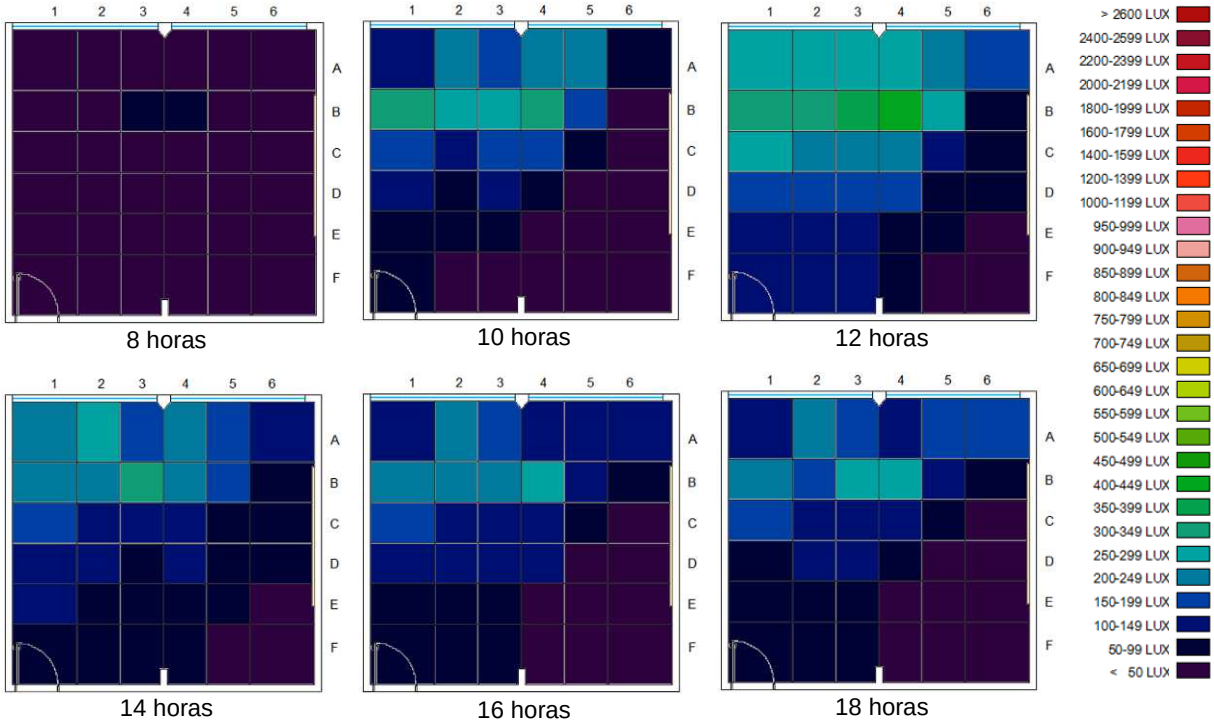



Figura 6.41 – Mapeamentos de iluminância da Sala 03 da FAV no dia 22/12/2009

As iluminâncias na parte da manhã foram inferiores aquelas do equinócio de primavera. A partir do meio dia foram registradas iluminâncias mais altas. No entanto, ainda essas iluminâncias são insatisfatórias, pois os pontos que superam 300 lux são poucos e somente presentes em três das seis medições (10, 12 e 14 horas), como é apresentado na Figura 6.41.

As iluminâncias médias calculadas somente alcançaram níveis satisfatórios com a utilização da luz artificial, variando, assim, entre 309 lux, no início da manhã, e 429 lux, às 12 horas. As maiores médias com iluminação natural atingiram, aproximadamente, 50% da iluminância mínima necessária e tiveram, como melhor desempenho o horário de 12 horas e o menor resultado às 8 horas, como ilustra o gráfico da Figura 6.42.

Em decorrência das baixas iluminâncias médias com luz natural, os ganhos com luz artificial foram relativamente grandes, partindo de 154%, ao meio dia, e chegando até 1539%, às 8 horas da manhã, de acordo com o gráfico da Figura 6.43

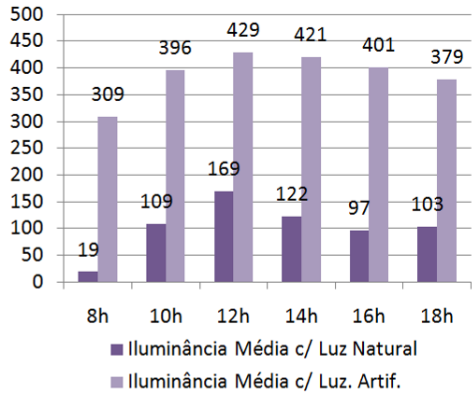



Figura 6.42 - Iluminâncias médias no solstício de verão na Sala 03 FAV

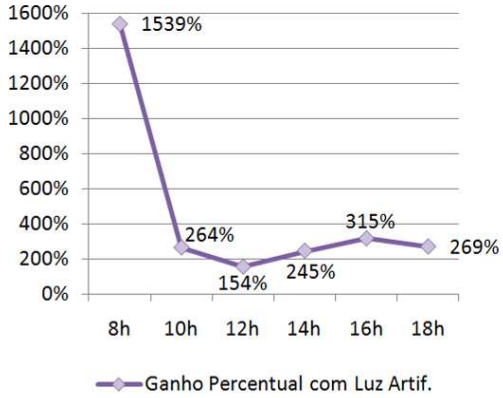



Figura 6.43 - Percentual de ganho com a luz artificial na Sala 03 FAV

Assim como as iluminâncias médias, os coeficientes de uniformidade encontrados também foram baixos variando, entre 0,10, às 16 horas, segundo menor valor de iluminância média com luz natural, e 0,30, às 14 horas, segunda maior média de iluminância com luz natural (Figura 6.44).

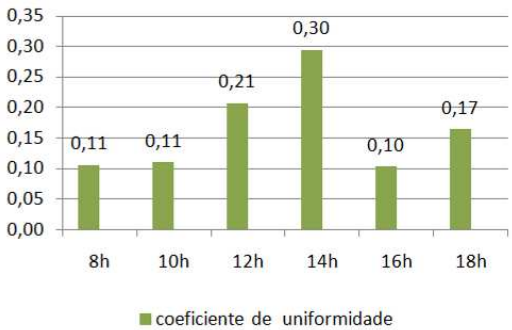



Figura 6.44 – Coeficientes de Uniformidade para Sala 03 da FAV durante o solstício de verão

No quadro negro, as iluminâncias médias com luz natural e artificial também ficaram abaixo do recomendado pela norma, alcançando o máximo de 173 lux, ao meio dia, com luz artificial, horário de encerramento das atividades, para o intervalo de almoço. Como acorreu nos demais dias de medições neste ambiente, os pontos do lado esquerdo do quadro negro, próximos a janela, apresentaram menores valores do que os do lado oposto, em função de sombreamento provocado pelo armário ali localizado.

Com iluminância natural, a maior média alcançada foi de 57 lux, aproximadamente 1/10 do necessário para uma boa visibilidade do quadro negro, pelos alunos. Desta forma, os ganhos com a iluminação artificial foram altos, variando entre 195% e 3357%, e mesmo assim, não chegando a 500 lux.

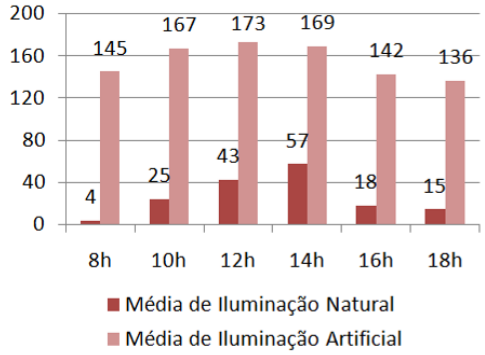



Figura 6.45 - Iluminâncias médias do quadro negro, da Sala 03, da FAV

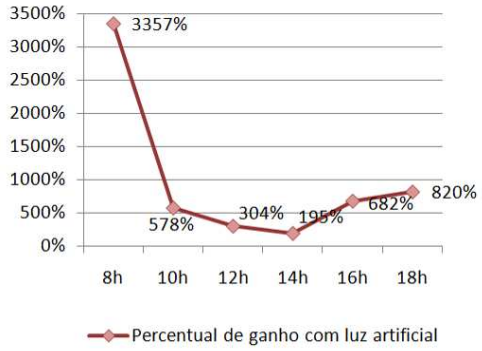



Figura 6.46 - Percentual de ganho com luz artificial, no quadro negro da Sala 03, da FAV

## 6.1.1.4. Equinócio de Outono

A medição de outono foi à última realizada na FAV e, ocorreu na data de 17 de março de 2010, três dias antes do equinócio, que ocorreu em 20 de março de 2010.

8 h 10 h 12 h 14 h 16 h 18 h

Figura 6.47 – Aspecto do céu durante a medição do solstício de inverno, na FAV, em 17/03/2010

O céu se manteve encoberto durante a manhã, com nuvens pouco densas nos horários de 8h e 10h, mas que encobriam todo o céu, e com nuvens mais densas às 12h, apesar de espalhadas, como pode ser visto na Figura 6.47. Este mesmo padrão foi mantido até as 14 horas. Entre 16 e 18 horas surgiram nuvens mais escuras, ocorrendo algumas chuvas rápidas, próximas à medição de 18 horas.

## A) Sala 01 FAV

Os resultados relativos à medição da sala 01, no equinócio de outono, apresentaram valores menores de iluminâncias, se comparadas às medições do solstício de verão, como é ilustrado na Figura 6.48.

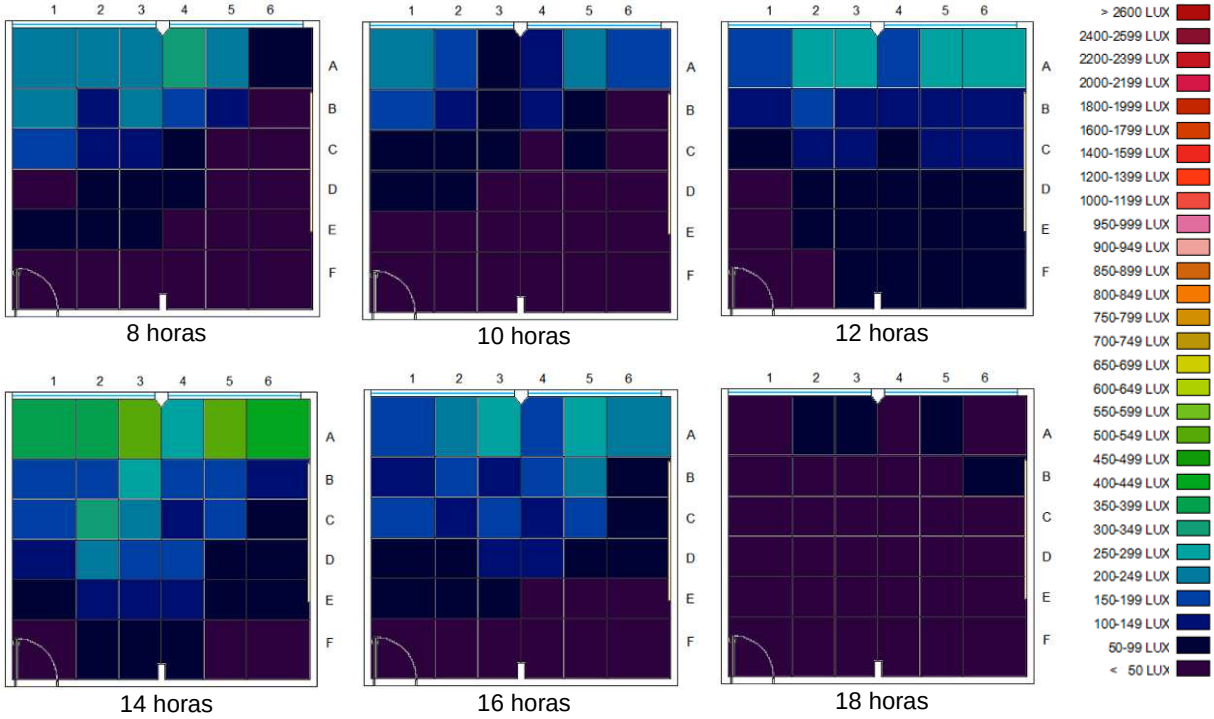



Figura 6.48 – Mapeamentos de iluminância da Sala 01 da FAV no dia 17/03/2010

Somente com a utilização de luz artificial foi possível obter iluminâncias médias satisfatórias para a sala, pois as médias obtidas somente com luz natural tiveram valores variando entre 19 lux, às 18 horas, e 180 lux, às 14 horas.

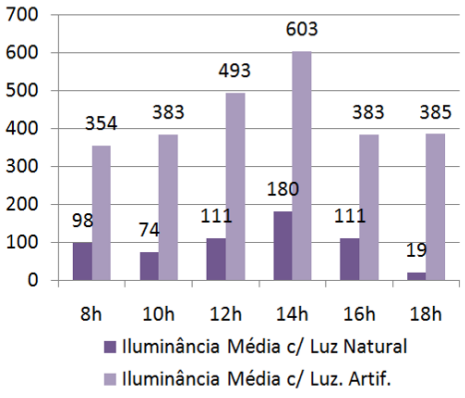



Figura 6.49 - Iluminâncias médias no Equinócio de Outono na Sala 01 FAV

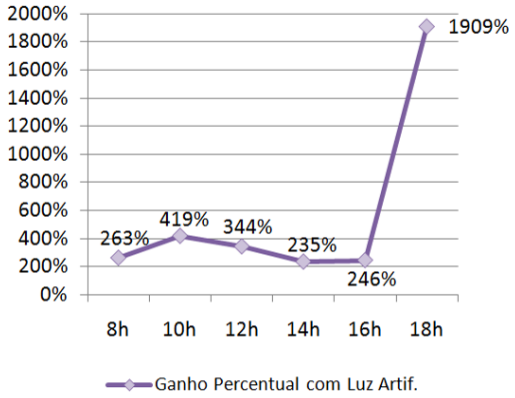



Figura 6.50 - Percentual de ganho com a luz artificial na Sala 01 FAV

Padrão semelhante pode ser observado nas iluminâncias médias, com e sem luz artificial, em geral crescente até as 14 horas e decrescente deste horário em diante, de acordo com a

Figura 6.49, de forma que os ganhos com a iluminação artificial seguem com proporção inversa o padrão das médias. As porcentagens de ganho, para este dia de medição, foram altas, variando entre 246% e 1909%, em função das baixas médias de iluminância registradas na sala.

A uniformidade de iluminação teve baixos coeficientes, variando entre 0,09 e 0,32, valores distantes do ideal. No gráfico da Figura 6.51 estão ilustrados os coeficientes de uniformidade da sala 01, durante a medição de equinócio de outono.

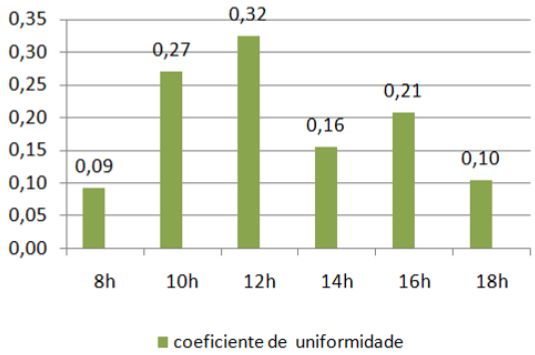



Figura 6.51 – Coeficientes de Uniformidade, para Sala 01 da FAV durante o equinócio de outono

As iluminâncias registradas no quadro negro tiveram, como momento com maior média, tanto para iluminação natural, quanto para artificial, a medição de 12 horas diferente do ocorrido no ambiente, que teve maior média às 14 horas. No entanto nenhum dos valores distribuídos na Figura 6.52 superou 500 lux, o mínimo recomendado pela norma para esse equipamento, tendo a maioria das médias com iluminação artificial representando em torno de 50% deste valor.

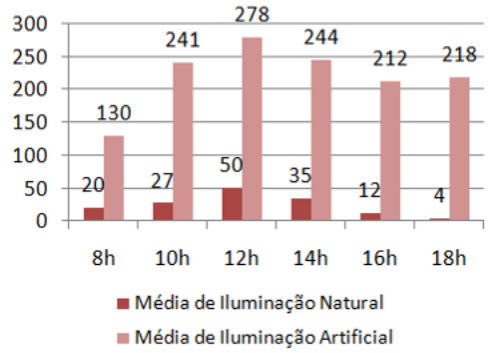



Figura 6.52 - Iluminâncias médias do quadro negro, da Sala 01, da FAV

Figura 6.53 - Percentual de ganho com luz artificial, no quadro negro da Sala 01 da FAV

Nas médias de iluminação natural os valores são ainda menores, e o padrão de sombreamento nos pontos à esquerda do quadro negro, observado ao longo das medições, também se mantém durante o equinócio de outono, como ilustra a Figura 6.54.

Figura 6.54 – Sala 01 durante medição das 16 horas

## B) Sala 03 FAV

Os resultados obtidos para o inicio da manhã e o final da tarde apresentaram os menores valores, variando, desde iluminâncias praticamente nulas, como 1 ou 2 lux, até 270 lux, na medição de 8 horas. As demais medições, ao longo do dia, também não apresentaram resultados satisfatórios, apesar de maiores que os dois horários inicialmente citados, pois foram registradas grandes variação ao longo da sala, com alguns pontos com iluminâncias muito pequenas e outros com valores acima de 300 lux, que estariam cumprindo o mínimo recomendado.

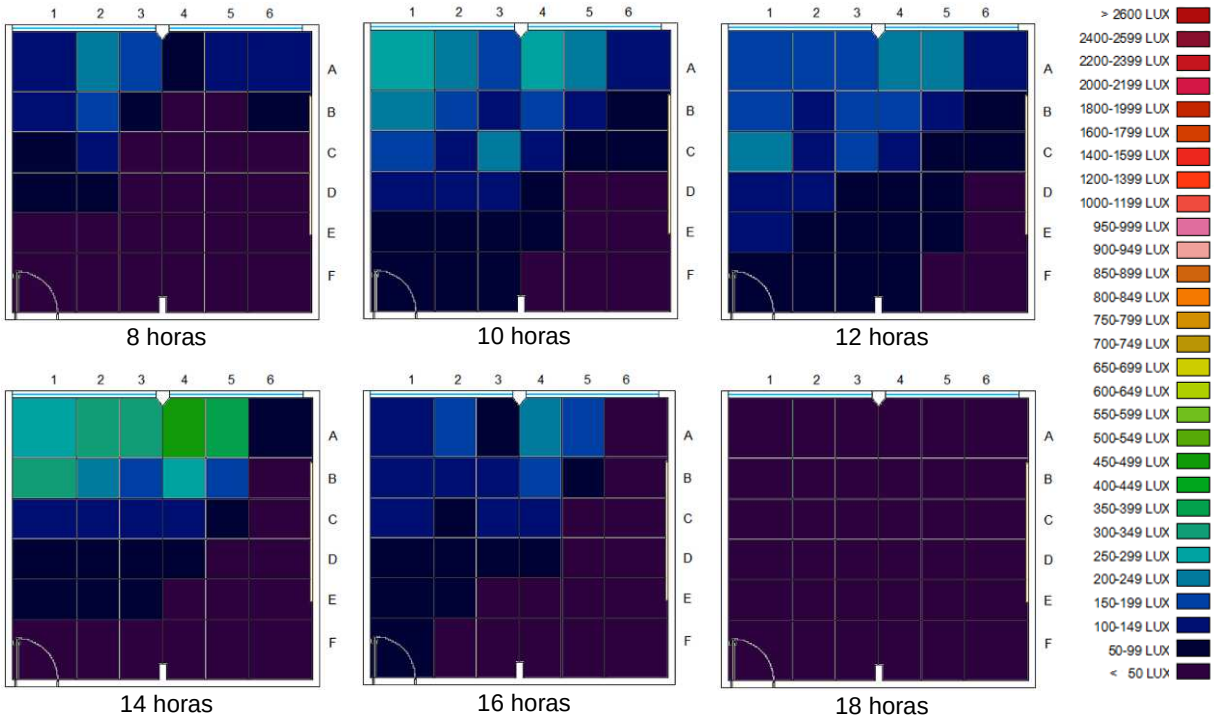



Figura 6.55 – Mapeamentos de iluminância da Sala 03 da FAV no dia 17/03/2010

As médias encontradas com iluminação natural variaram entre 13 lux, às 18 horas e 125 lux, às 14 horas, seguindo padrão similar, ao da sala 01 nesta mesma medição. Os ganhos com

a iluminação artificial seguem padrão similar onde a menor média está às 18 horas, com 291 lux, e maior às 12 horas, com 390 lux, como ilustra a Figura 6.56.

Somente com o auxilio da iluminação artificial foi possível se atingir o mínimo para propiciar conforto visual ao usuário, com exceção do horário de 18 horas, que não alcançou 300 lux, mas ficou bem próximo a isto. A Figura 6.57 apresenta os ganhos, em percentual, com a utilização de luzes artificiais, e possui valores altos, que variam entre 186% e 2211%.

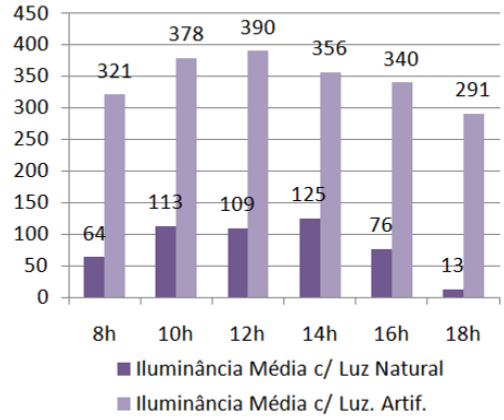



Figura 6.56 - Iluminâncias médias, no Equinócio de Outono, na Sala 03 FAV

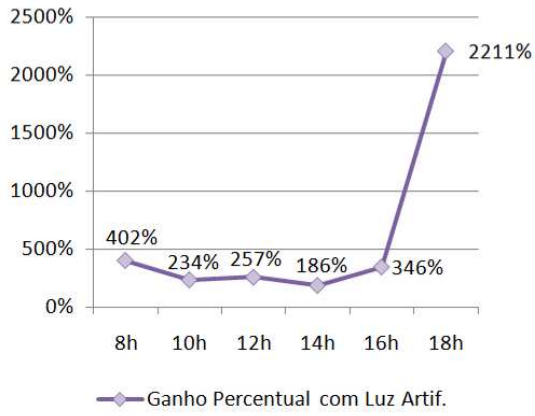



Figura 6.57 - Percentual de ganho com a luz artificial, na Sala 03 FAV

Em função da grande variação nos níveis de iluminância na sala, em um mesmo horário os coeficientes de uniformidade chegam a valores baixos, não se aproximando, em nenhum momento, de uma uniformidade ideal, como pode ser visualizado na Figura 6.58, que apresenta graficamente as variações deste fator ao longo do dia.

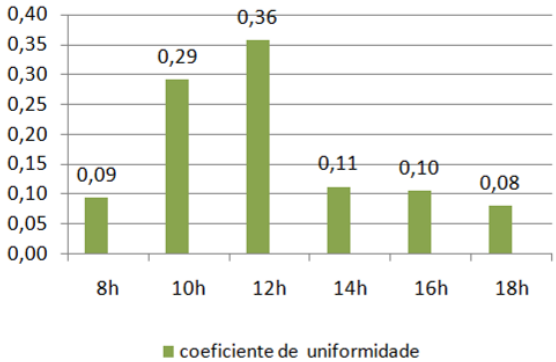



Figura 6.58 – Coeficientes de Uniformidade para Sala 03 da FAV, durante o equinócio de primavera

Assim como ocorreu nas demais medições, as iluminâncias médias levantadas para o quadro negro tenderam a seguir padrão similar àquele encontrado para o ambiente. Onde se teve, como pico, no gráfico da Figura 6.59, o horário de 12 horas e mínima, no horário de 18 horas. Nenhuma das médias, sejam elas com iluminação natural ou artificial, alcançou o mínimo recomendado de 500 lux, chegando ao máximo a 35% deste valor, com 180 lux.

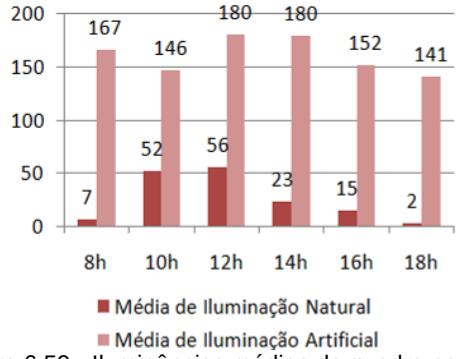



Figura 6.59 - Iluminâncias médias do quadro negro, da Sala 03 da FAV

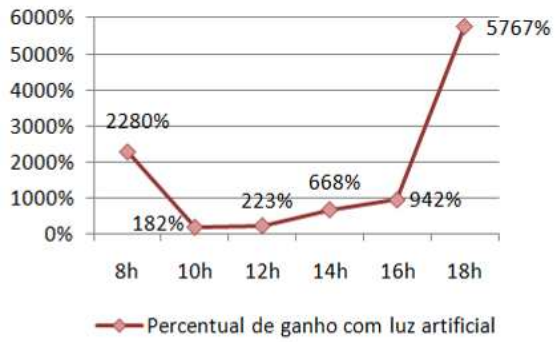



Figura 6.60 - Percentual de ganho com luz artificial, no quadro negro, da Sala 03 da FAV

### 6.1.1.5. Considerações sobre o conforto lumínico nas salas analisadas

Para que seja cumprida a recomendação da NBR 5413 (ABNT, 1992), não basta, apenas que alguns pontos tenham iluminâncias satisfatória; é necessário que toda a sala tenha bom desempenho e para isso também será crucial um adequado coeficiente de uniformidade. No entanto, o que é percebido nas salas, da FAV é que, por haver somente uma fonte de iluminação natural, o lado da sala oposto as janelas, em todas as medições, ficou bastante prejudicado, registrando níveis de iluminância muito baixos.

Para ambas as salas das FAV, os resultados das medições são próximos, e, em nenhuma medição, alcançaram resultado satisfatório somente com a iluminação natural. Essas salas têm sua iluminação natural barrada, em parte pelo brise fixo, acima das janelas, e também sofrem sombreamento da passarela de pedestre, externa ao edifício, principalmente durante o inverno. As superfícies internas também são escuras e pouco reflexivas, não colaborando, assim, na melhoria do desempenho lumínico

A grande variação dos níveis de iluminância, ao longo dos 36 pontos das salas, leva a um decréscimo nos coeficientes de uniformidade, que, para essas salas, em nenhum momento, foram superiores a 50% do ideal.

O quadro negro é outro elemento que tem problema, quanto à sua iluminação, pois, nem mesmo com a utilização da luz artificial, foi possível alcançar 500 lux nos pontos desse. A iluminação artificial nessas salas também tem problemas pela forma como é instalada. A máxima média registrada com luz artificial, no quadro negro, foi de 302 lux, para sala 01, no inverno, e 244 lux, para sala 03, no verão. O quadro negro sofre sombreamento de um móvel nas duas salas, que fica em frente à esquadria.

## 6.1.2. Medições Térmicas FAV

O período de medições térmicas na Faculdade de Artes Visuais, foi de pouco mais de onze meses, o que corresponde a 8220 horas de medição. Para avaliação dos resultados obtidos, será considerada, como zona de conforto, a faixa entre 18℃ e 29℃, para temperatura, e 40% a 80%, para umidade relativa do ar, valores baseados em estudos de Givoni (1992), considerando climas de países em desenvolvimento.

São apresentados, na Tabela 6.1, os valores de máximos, mínimos e a média de temperatura e umidade relativa, encontrados para cada estação do ano. Estes dados, divididos por medidor. A maior diferença entre máxima e mínima de temperatura foi observada durante o outono, o que pode ser um indicativo da presença de maiores amplitudes térmicas nesta estação.

Tabela 6.1 - Valores mínimos, máximos e médias de temperatura levantadas na FAV

Variações por estação do ano - Área Externa FAV (medidor 04)

| | Inverno | | Primavera | | Verão | | Outuno | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | T (℃) | U.R.(%) | T (℃) | U.R.(%) | T (℃) | U.R.(%) | T (℃) | U.R.(%) |
| Mínimo | 14,5 | **19** | 19,4 | 27 | 20,1 | 28 | **13,8** | 21 |
| Média | 24,2 | 53 | 26,1 | 70 | 26,2 | 71 | 24,4 | 64 |
| Máximo | 37,1 | 89 | **42,0** | 91 | 37,4 | **95** | 37,2 | 89 |

Variações Gerais

| | Anual | |
|---|---|---|
| | T (℃) | U.R.(%) |
| Mínimo | 13,8 | 19 |
| Média | 25,3 | 64 |
| Máximo | 42,0 | 95 |

**Variações por estação do ano - Área Externa FAV (medidor 01)**

| | Inverno | | Primavera | | Verão | | Outuno | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | T (℃) | U.R.(%) | T (℃) | U.R.(%) | T (℃) | U.R.(%) | T (℃) | U.R.(%) |
| Mínimo | - | - | 21,5 | 49 | 21,1 | 40 | **15,3** | **28** |
| Média | - | - | 24,2 | 76 | 25,3 | 72 | 23,9 | 65 |
| Máximo | - | - | 29,2 | 87 | **31,2** | 87 | 29,2 | **87** |

**Variações Gerais**

| | Anual | |
|---|---|---|
| | T (℃) | U.R.(%) |
| Mínimo | 15,3 | 28 |
| Média | 24,6 | 70 |
| Máximo | 31,2 | 87 |

**Variações por estação do ano - Sala 01 FAV (medidor 06)**

| | Inverno | | Primavera | | Verão | | Outuno | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | T (℃) | U.R.(%) | T (℃) | U.R.(%) | T (℃) | U.R.(%) | T (℃) | U.R.(%) |
| Mínimo | **23,7** | **28** | 24,2 | 48 | 24,6 | 57 | 23,8 | 35 |
| Média | 26,0 | 48 | 26,7 | 66 | 26,2 | 69 | 26,5 | 59 |
| Máximo | 30,3 | 70 | 29,4 | 75 | 29,4 | **78** | **31,0** | 76 |

**Variações Gerais**

| | Anual | |
|---|---|---|
| | T (℃) | U.R.(%) |
| Mínimo | 23,7 | 28 |
| Média | 26,3 | 61 |
| Máximo | 31,0 | 78 |

**Variações por estação do ano - Sala 03 FAV (medidor 05)**

| | Inverno | | Primavera | | Verão | | Outuno | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | T (℃) | U.R.(%) | T (℃) | U.R.(%) | T (℃) | U.R.(%) | T (℃) | U.R.(%) |
| Mínimo | **21,5** | **31** | 24,1 | 51 | 24,5 | 56 | 22,6 | 37 |
| Média | 25,7 | 50 | 26,3 | 68 | 26,0 | 70 | 26,0 | 61 |
| Máximo | **30,0** | 72 | 29,7 | **80** | 28,7 | 79 | 29,8 | 79 |

**Variações Gerais**

| | Anual | |
|---|---|---|
| | T (℃) | U.R.(%) |
| Mínimo | 21,5 | 31 |
| Média | 26,0 | 62 |
| Máximo | 30,0 | 80 |

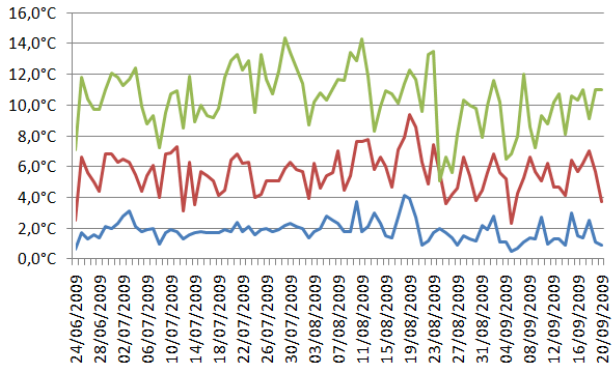
A mínima temperatura encontrada na área externa durante o período de medições na FAV foi de 13,8℃, enquanto a mínima, no interior das s alas, foi de 21,5℃, estando a primeira, no período de outono, e a segunda, no período de inverno. Já, a máxima temperatura registrada na área externa foi de 42℃, na primaver a, enquanto no interior das salas, a máxima foi de 31,0℃, no outono. Os mínimos valores de UR registrados, tanto na área

externa, quanto no interior das salas, ocorreram no inverno, com 19% e 28% respectivamente, ambos abaixo do mínimo recomendado de 40%.

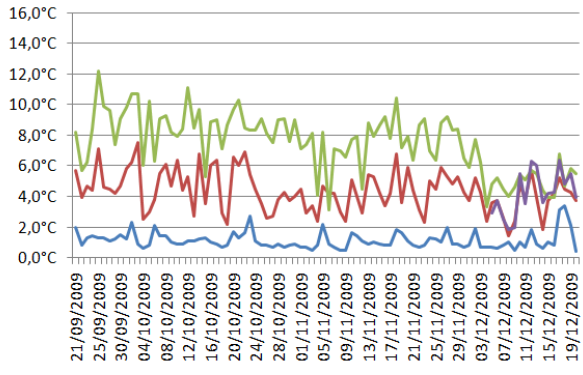
No medidor 01 não foram realizadas medições durante o inverno e somente uma parte a primavera, foi cadastrada, apesar de estar, também, localizado na área externa, os dados levantados tiveram variações, em relação àqueles levantados no medidor 04, onde as mínimas temperaturas, em geral, foram superiores e as máximas, bastante inferiores àquelas encontradas no medidor 04. Como exemplo, apresenta-se a diferença entre as máximas registradas nos dois medidores que no verão, foi de 6,2℃, e no outono, foi de 8℃. Acredita-se que tal diferença pode ser influenciada pela localização de implantação do medidor, onde o medidor 01 foi instalado em local mais protegido e com pé direito menor do que o local onde ficou o medidor 04, que tem pé direito duplo, permitindo maior exposição às intempéries.

Na sala 03, o comportamento dos dados foi um pouco diferenciado do encontrado na sala 01. Em geral, as temperaturas da sala 03 foram menores e as umidades relativas maiores. Ao longo do ano variaram entre 21,5℃ e 30℃ e 31% e 80%, respectivamente. A mínima temperatura ocorreu no inverno no dia 22/07/2009, às 14 horas, enquanto, externamente, eram marcados 28,9℃. Houve, assim, um amortecimento térmico de 7,4℃. A máxima temperatura também foi durante o inverno, no dia 15/09/2009, às 15 horas, enquanto o registro externo era de 32,1℃, a máxima do dia, no medidor externo ocorreu às 13 horas, o que indica um atraso térmico de 2 horas e o amortecimento foi de 2,1℃. Outro valor extremo que ocorreu durante o inverno foi a mínima de UR, no dia 14/08/2009 às 17 horas. O mês de agosto esta entre aqueles com baixos índices pluviométricos. Já a máxima de UR ocorreu no dia 09/12/2009, às 8 horas, durante o verão, estação com grande intensidade de chuvas.

Na Figura 6.61 são apresentadas as amplitudes térmicas diárias para cada estação, registradas em cada um dos ambientes em análise.




Inverno - 24//06/2009 à 20/09/2009




Primavera – 21/09/2009 à 20/12/2009

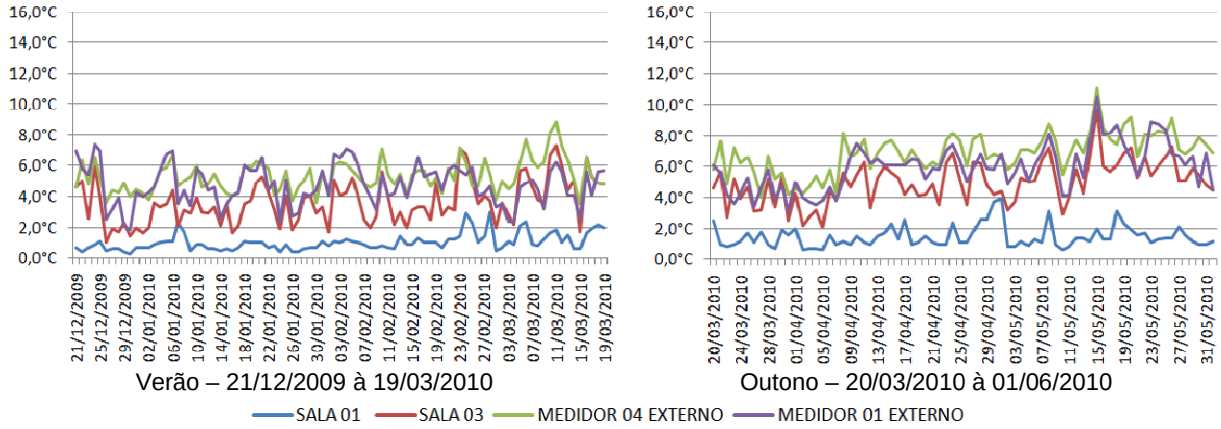



Figura 6.61 – Amplitudes térmicas diárias, por estação do ano

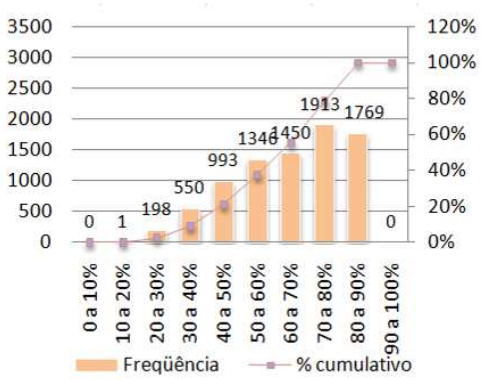
Analisando essas amplitudes térmicas diárias, bem como o amortecimento térmico da edificação, conclui-se que as maiores amplitudes, para a temperatura externa (medidor 04) foram registradas durante o inverno, sendo que os valores variaram entre 5,1℃ e 14℃. Dessa forma, a amplitude térmica média para esse período foi de 10,2℃. Já para a primavera, a amplitude térmica variou entre 3,1℃ e 12,5℃, com média de 7,8℃. No verão, a grande maioria dos valores de amplitude térmica esteve abaixo de 8℃, atingindo um máximo de 8,8℃, no dia 10 de março, e um mínimo de 3,3℃, no dia 06/11. Para o verão a média de amplitude térmica foi de 5,5℃. No outono, a máxima amplitude térmica foi de 12℃ e a mínima amplitude térmica foi de 4,2℃, com média de 7,1℃.

A amplitude térmica média, em cada um dos ambientes analisados, para o período de inverno, é de 1,8℃ e 5,6℃, para a primavera 1,1℃ e 4,4℃, para o verão 1,0℃ e 3,6℃, para outono é de 1,5℃ e 5,0℃, respectivamente, para a sala 01 e para a sala 03. Durante o período de inverno e outono, a diferença entre as amplitudes térmicas médias das duas salas é maior. Esta diferença, entre as amplitudes térmicas das duas salas, pode ser consequência da circulação de ar, pois a sala 03 possui aberturas para norte e sua porta voltada ao hall aberto, permitindo, assim, maior circulação do ar e variação das temperaturas e, também, em função de a sala 03 ser mais utilizada que a sala 01.

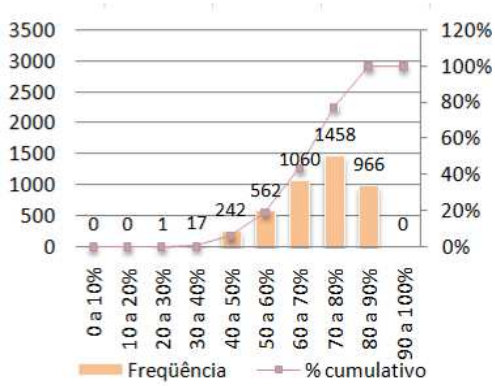
Comparando a amplitude térmica média das salas 01 e 03, com a amplitude térmica média do ambiente externo, nota-se que houve um amortecimento médio de 6,2℃, na sala 01, e 3,0℃, na sala 03, entre os ambientes interno e externo. O maior amortecimento, de 8,6℃ foi observado no período do inverno, na sala 01, enquanto o menor amortecimento, de 1,7℃, foi observado no período do verão, na sala 03.

### 6.1.2.1. Umidade Relativa

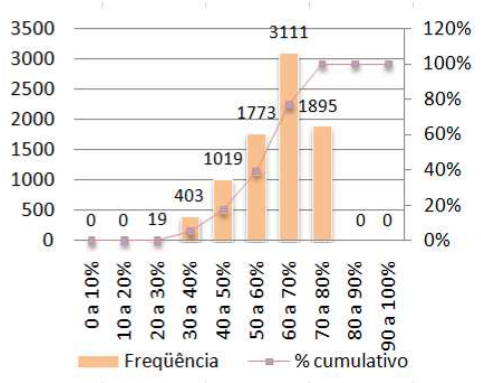
Na Figura 6.62 são apresentados os histogramas de umidade relativa registrada para cada um dos pontos de medição da FAV. Para o medidor 04, externo, que registrou todo o período de medições, um total de 76% das horas registradas teve UR entre 40% e 80%, enquadrando-se, assim, na zona de conforto. Já os registros que se encontram abaixo de 40% de UR somam um total de 9%. A mais baixa UR, com valor de 19%, foi registrada no dia 31/07/2009, no período de inverno.



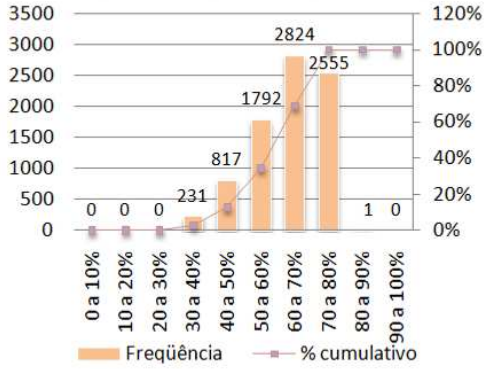

Área Externa Medidor 04 FAV




Área Externa Medidor 01 FAV




Sala 01 FAV




Sala 03 FAV

Figura 6.62 – Histogramas de umidade relativa do ar da FAV

Na sala 01, os valores abaixo de 40% UR foram registrados em 5% dos registros, enquanto, em 94% dos registros, os valores de UR estão dentro da zona de conforto. Na sala 03, 97% dos dados de UR estão dentro da zona de conforto e apenas 2% dos registros estão abaixo de 40% UR. Os resultados das duas salas são praticamente iguais.

Apesar de poucas, as medições com UR abaixo de 40%, nas salas 01 e 03, concentraram-se no período do inverno, o que coincide com o período de seca na região Centro-Oeste. Além disso, os valores mais baixos de UR, nessas salas, foram registrados no dia 18/08/2009, às 17 horas. Esse período coincide com a época de maiores amplitudes térmica registradas nessas salas.

### 6.1.2.2. Análise Graus hora

Tomando como base, para aquecimento, as temperaturas de 15℃, 16℃, 17℃ e 18℃ e, para refrigeração, 27℃, 28℃, 29℃ e 30℃, foram c alculados os somatórios de graus-hora, o número de horas e o grau médio, para cada um dos sensores instalados na FAV, como está discriminado na Tabela 6.2. Somente nos sensores das áreas externas foram detectadas temperaturas inferiores a 18℃.

Tabela 6.2 - Somatório de Graus hora para aquecimento e refrigeração, EEC

| | Medidor 04 Externo | | | Medidor 01 Externo | | | Sala 01 | | | Sala 03 | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Temp Base | Graus-hora | N° de horas | Grau-Médio | Graus-hora | N° de horas | Grau-Médio | Graus-hora | N° de horas | Grau-Médio | Graus-hora | N° de horas | Grau-Médio |
| 15℃ | 6,7 | 11 | 0,6 | 0,0 | 0 | 0,0 | 0,0 | 0 | 0,0 | 0,0 | 0 | 0,0 |
| 16℃ | 29,2 | 34 | 0,9 | 1,0 | 2 | 0,5 | 0,0 | 0 | 0,0 | 0,0 | 0 | 0,0 |
| 17℃ | 90,7 | 85 | 1,1 | 7,7 | 14 | 0,6 | 0,0 | 0 | 0,0 | 0,0 | 0 | 0,0 |
| 18℃ | 229,3 | 188 | 1,2 | 17,6 | 32 | 0,6 | 0,0 | 0 | 0,0 | 0,0 | 0 | 0,0 |
| 27℃ | 7980,3 | 2540 | 3,1 | 698,0 | 635 | 1,1 | 1068,3 | 1806 | 0,6 | 643,3 | 1031 | 0,6 |
| 28℃ | 5655,3 | 1990 | 2,8 | 228,9 | 280 | 0,8 | 146,5 | 270 | 0,5 | 100,9 | 184 | 0,5 |
| 29℃ | 3876,5 | 1503 | 2,6 | 56,1 | 80 | 0,7 | 21,5 | 38 | 0,6 | 8,7 | 22 | 0,4 |
| 30℃ | 2501,1 | 1128 | 2,2 | 8,6 | 21 | 0,4 | 3,2 | 7 | 0,5 | 0,0 | 0 | 0,0 |

O comportamento encontrado para as temperaturas de refrigeração apresentou número elevado de horas com temperaturas superando as bases pré-estipuladas. No medidor 04, deve-se destacar a grande quantidade de horas em que foram registradas temperaturas acima de 29℃, fato que não se repete no medidor 01 , que contou apenas com 80 horas com temperaturas maiores de 29℃. Os valores foram ainda menores para os sensores da sala 01, que contou somente com 38 horas acima de 29℃, e sala 03, que contou somente com 22 horas acima de 29℃. Os dados encontrados pa ra a sala 01 demonstram que este ambiente apresenta maior necessidade de refrigeração, pois teve os somatórios de graus-hora cerca de 40% maiores do que aqueles encontrados para sala 03. Ou seja, esta última teve um melhor amortecimento térmico. No entanto, em ambas as salas, a quantidade de horas com temperaturas acima de 29℃ foi pouco sign ificativo, tendo em vista o total de 8220 horas de registro. Acredita-se que a localização da sala 03 na planta do edifício, com a porta de entrada diretamente ligada a um hall aberto, permite que esta sala tenha maior circulação de ar, o que pode ter contribuído na redução das altas temperaturas. Os valores de grau-médio do medidor 04 variaram entre 2,2 e 3,1, sendo reduzidos, no interior das salas, para valores inferiores à 0,6 e para valores abaixo de 1,1, para o sensor 01. Isso demonstra que as temperaturas externas tiveram maior ocorrência de altos valores e que houve um considerável amortecimento térmico desempenhado pela edificação.

A avaliação do conforto ambiental da FAV pode ser realizada mediante a análise dos histogramas de temperaturas, mostrados na Figura 6.63 e Figura 6.64. A Figura 6.63

apresenta os dados do medidor 04, onde se nota uma maior distribuição das horas ao longo das faixas de temperatura, tendo, como maior constância, a variação de 22℃ à 24℃. Das 8220 horas de registro, 78% estavam dentro da zona de conforto, ou seja, 6432 horas.

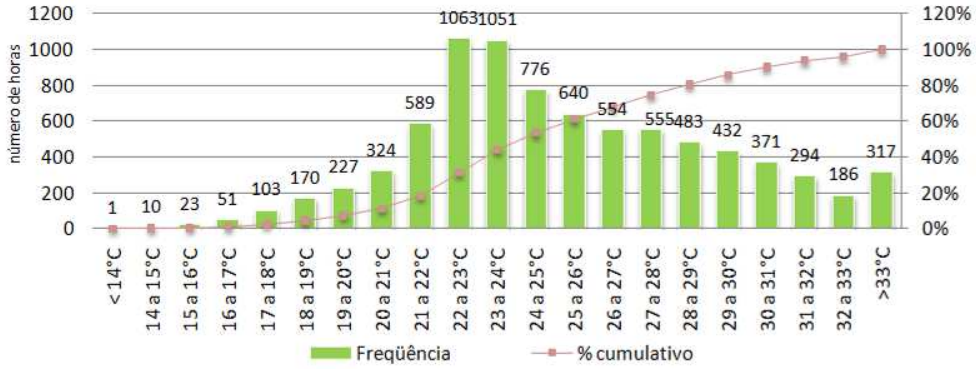



Figura 6.63 – Histograma de temperaturas da Área Externa, Medidor 4, FAV

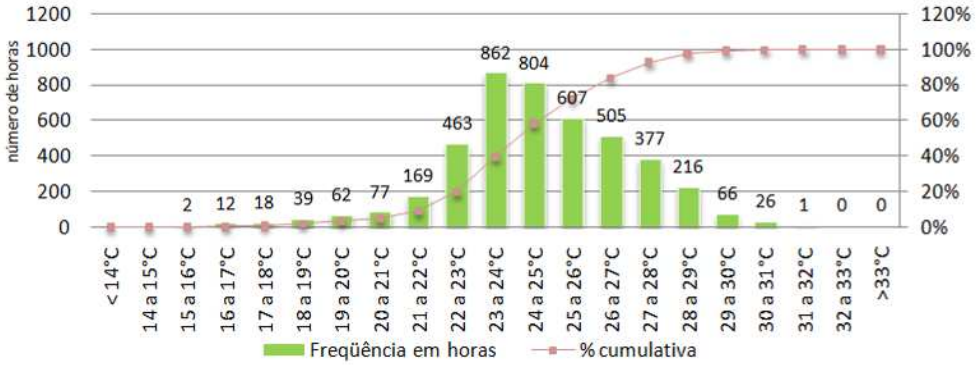



Figura 6.64 – Histograma de temperaturas da Área Externa, Medidor 1, FAV

O período de registro do medidor 01, ilustrado na Figura 6.64, foi menor e o local de fixação do sensor ofereceu maior proteção. Acredita-se que, em função destes fatores, o comportamento se mostrou de forma diferenciada do encontrado no medidor 04, apresentando uma variação menor de temperaturas, com maior constância na faixa de 23℃ à 25℃. Neste caso, houve maior porcentagem de regi stros na zona de conforto, chegando a 97% dos registros.

A distribuição das horas levantadas no interior da sala 01, ao longo das variações de temperatura, teve faixa de abrangência entre 23℃ e 32℃, como se pode visualizar na Figura 6.65. Não houve registros com temperaturas abaixo do limite mínimo de conforto. A maior quantidade de horas teve temperaturas variando entre 26℃ e 27℃, e, apesar da média das temperaturas ter sido mais elevada, 99% dos dados ficaram dentro da zona de conforto.

Na Figura 6.66 estão descritas as horas de medição da sala 03. Assim como na sala 01, a maior frequência de temperaturas foi entre 26℃ e 2 7℃. A sala 03 não apresentou registros

abaixo de 22℃. Assim como na sala 01, 99% das hora s registradas na sala 03 se inseriram na zona de conforto.

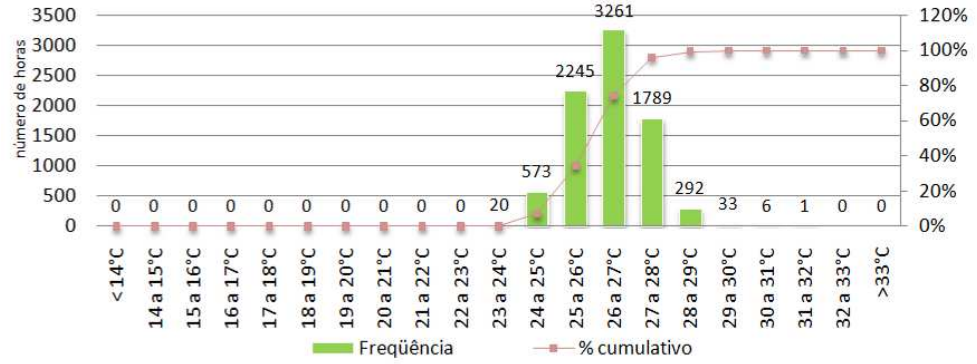



Figura 6.65 – Histograma de temperaturas da Sala 01, FAV

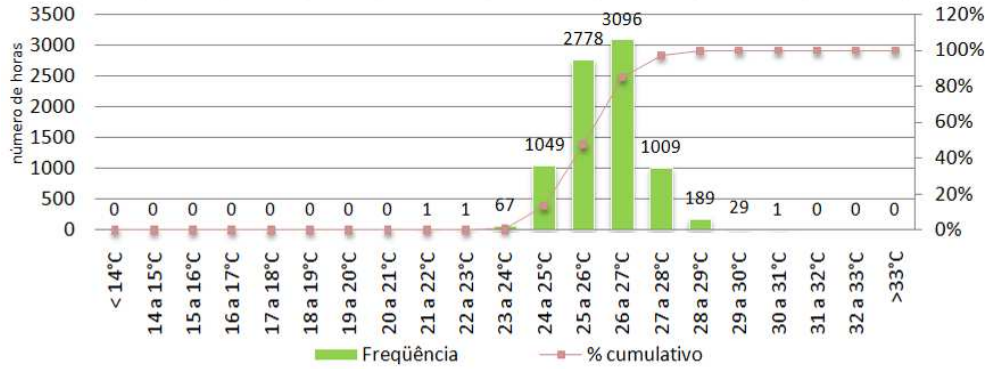



Figura 6.66 – Histograma de temperaturas da Sala 03, FAV

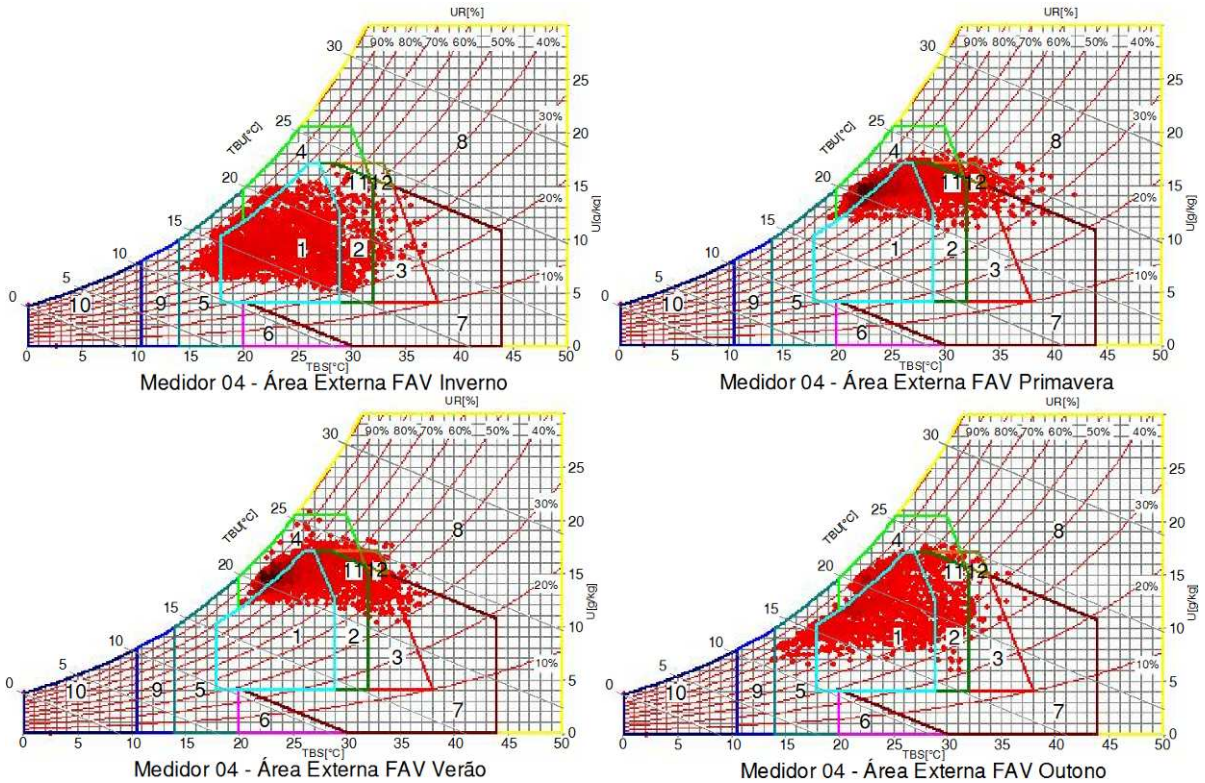
Como as medições de temperatura foram realizadas durante as atividades dos usuários e com a utilização de equipamentos, pode haver um aquecimento de, em média, 2,8℃ por estas atividades, de acordo com Littler e Thomas (1984 apud MORELLO, 2005). Ou seja, sem as atividades, as temperaturas poderiam ser um pouco menores. No entanto, há de se considerar, ainda, que a sala 01, em geral, possuiu menos atividades do que a sala 03 e, mesmo assim, as temperaturas da primeira foram levemente maiores que aquelas da sala 03.

### 6.1.2.3. Análise das Cartas Psicométricas

Com auxílio do *software Analysis Bio*, que foi desenvolvido pelo Laboratório de Eficiência Energética em Edificações, da Universidade Federal de Santa Catarina, foram geradas cartas psicométricas, que estão dividas por estação, para cada um dos sensores instalados na FAV (LabEEE, 2007).

A Figura 6.67 apresenta os resultados referentes ao medidor 04, externo. Nota-se com clareza que durante o inverno e outono, os pontos encontram-se mais distribuídos em decorrência das umidades relativas mais baixas e da variação de amplitude das

temperaturas do ar. De acordo com o relatório gerado pelo *software Analisys Bio*, para o inverno, 75,7% dos dados do medidor 04 ficaram dentro da zona de conforto. A zona de desconforto se concentrou na zona 2, que recomenda ventilação, inércia e resfriamento evaporativo, onde ficaram concentrados 11% dos dados. Foi também registrado desconforto para o frio, com 6,8% dos dados, na zona 5, que indica inércia térmica e aquecimento solar.



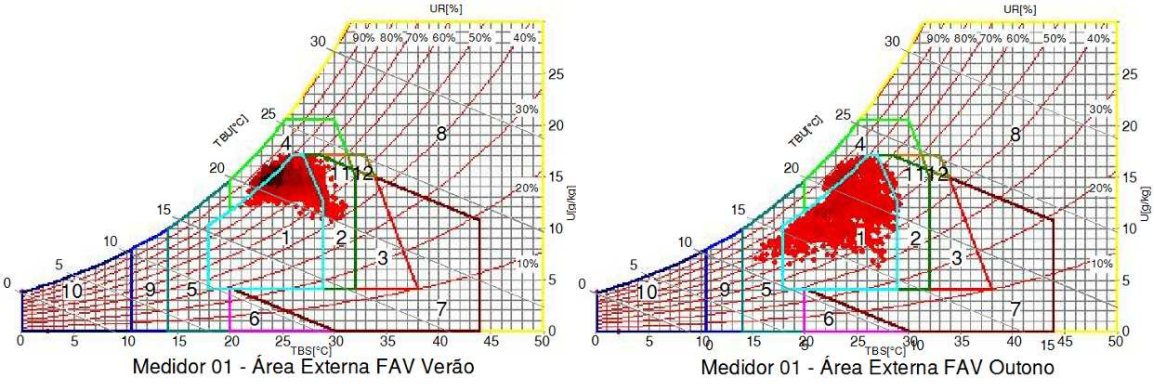

1-Zona de Conforto
2-Vent./Massa/ Resf. Evap.
3-Massa/ Resf.Evap.
4-Ventilação
5-Massa Térmica/Aquec. Solar
6-Umidificação
7-Resfriamento Evaporativo
8-Ar condicionado
9-Aquecimento Solar Passivo
10-Aquecimento Artificial
11-Ventilação/ Massa
12-Massa térmica p/ resfriamento

Figura 6.67 – Cartas Psicométricas do medidor 04, externo, FAV

Para a primavera o comportamento foi diferenciado, com os dados distribuídos em menor quantidade de zonas. Somente 39,8% dos dados ficaram na zona de conforto; o restante se enquadrou em desconforto por calor. Comportamento similar foi mantido durante o verão, tendo somente 35,9% de dados na zona de conforto e o restante, 64,1%, na zona de desconforto por calor. Já, no outono, o padrão encontrado foi diferenciado, com maior quantidade de horas na zona de conforto (63,6%) e menor quantidade de horas na zona de desconforto ao calor (31,1%) e na zona de desconforto ao frio (5,4%).

A Figura 6.68 traz as cartas com os dados do medidor 01, que não fez registros durante o inverno e grande parte da primavera. Por isso são apresentados somente os dados do verão e outono. Se comparado aos dados do medidor 04, nota-se que os dados se encontram mais concentrados. Neste caso, 67,5% dos dados do verão ficaram na zona de conforto, enquanto os demais 32,5% se dividiram na zona 4, com 24%, e na zona 2, com 8,5%. Já no

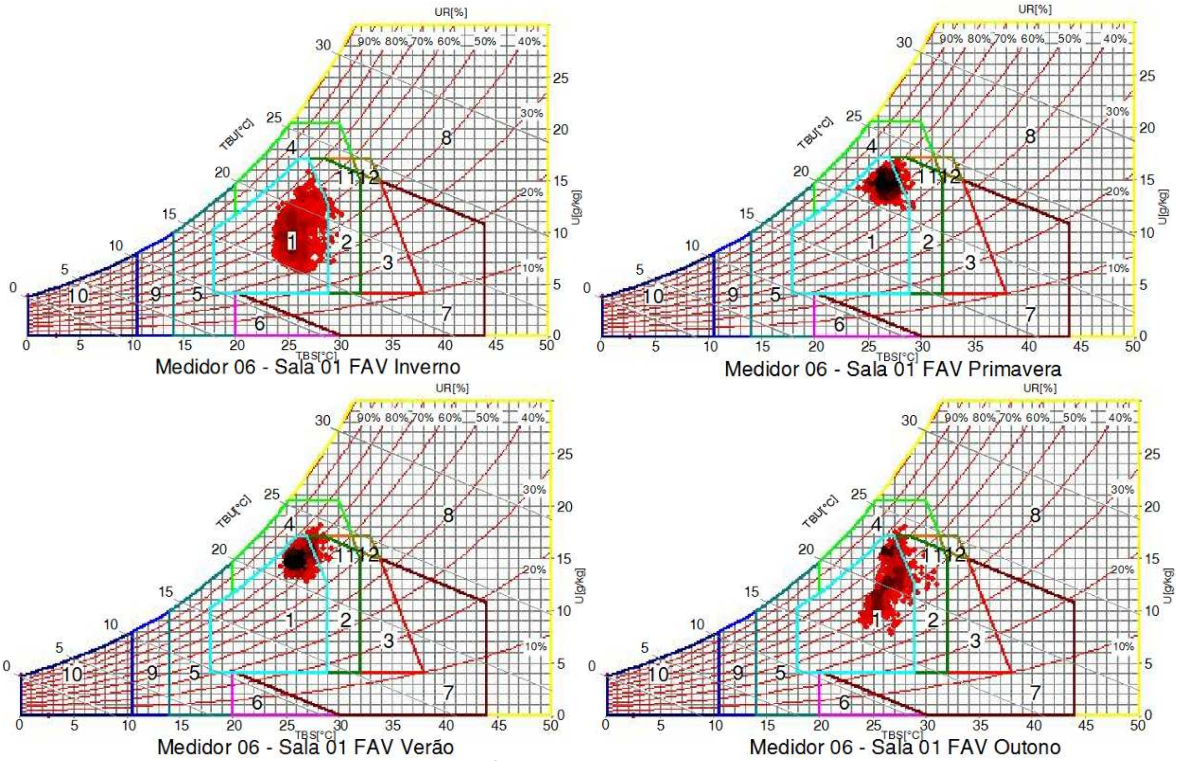
outono, o nível de dados na zona de conforto foi superior, atingindo 85,1%, enquanto o desconforto ocorreu tanto para frio (1,86% dos dados na zona 5), quanto para o calor (13% dos dados subdivididos em zona 4 e zona 2).




1-Zona de Conforto
2-Vent./Massa/ Resf. Evap.
3-Massa/ Resf.Evap.
4-Ventilação
5-Massa Térmica/Aquec. Solar
6-Umidificação
7-Resfriamento Evaporativo
8-Ar condicionado
9-Aquecimento Solar Passivo
10-Aquecimento Artificial
11-Ventilação/ Massa
12-Massa térmica p/ resfriamento

Figura 6.68 – Cartas Psicométricas do medidor 01 externo FAV

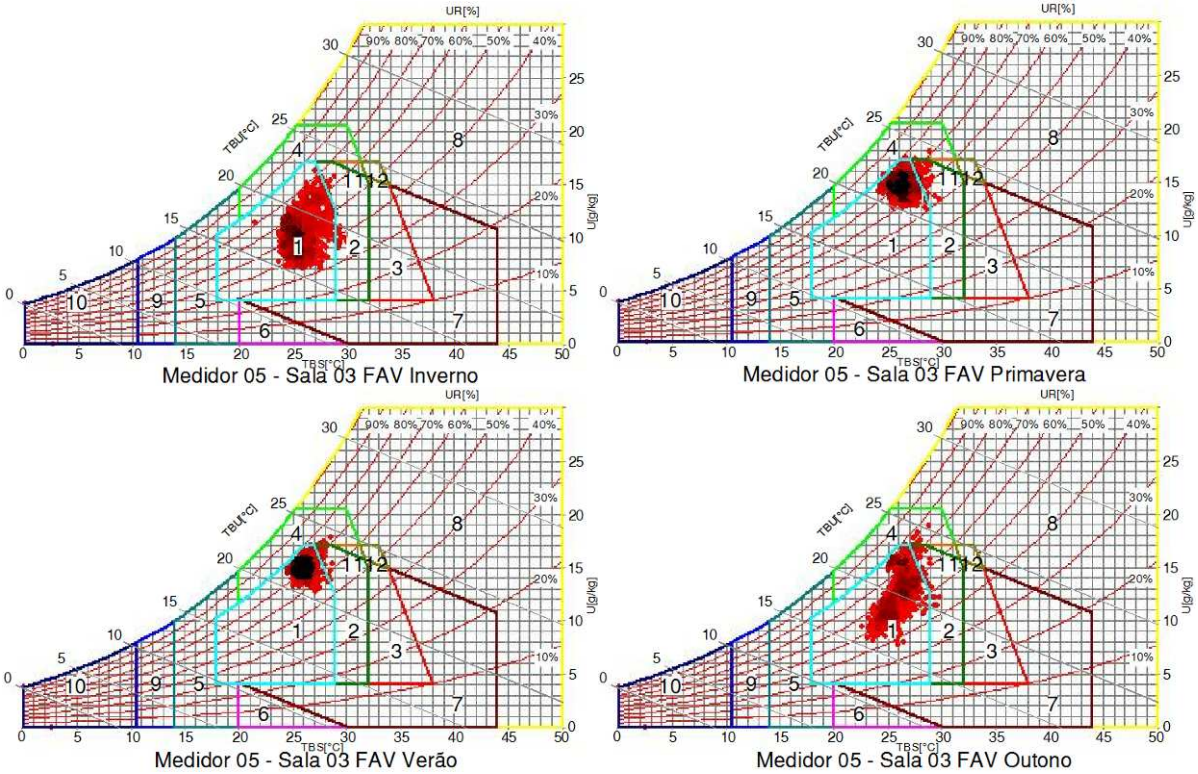
Na Figura 6.69 e na Figura 6.70 são apresentados os dados levantados no interior das salas de aula. Primeiro são apresentadas as cartas da sala 01, de onde se nota o grande agrupamento dos dados dentro da zona de conforto, o que demonstra que os níveis de conforto encontrados são superiores aos níveis encontrados na área externa da edificação.




1-Zona de Conforto
2-Vent./Massa/ Resf. Evap.
3-Massa/ Resf.Evap.
4-Ventilação
5-Massa Térmica/Aquec. Solar
6-Umidificação
7-Resfriamento Evaporativo
8-Ar condicionado
9-Aquecimento Solar Passivo
10-Aquecimento Artificial
11-Ventilação/ Massa
12-Massa térmica p/ resfriamento

Figura 6.69 – Cartas Psicométricas, medidor 06, da sala 01, FAV

O período do inverno apresenta a mancha mais ampla, se comparada às demais estações e, também, à maior porcentagem de conforto registrada para este ambiente, com 98,7% resultado bastante satisfatório. Os dados de desconforto foram de apenas 1,3% e relativos somente ao calor (zona 2). A porcentagem de conforto durante a primavera foi menor, com 96,3%, mas também satisfatória, assim como no inverno. O desconforto registrado foi somente por calor, com os dados inseridos na zona 2, que recomenda ventilação, inércia e resfriamento evaporativo. No verão, a porcentagem de conforto teve uma pequena queda totalizando 95,7% dos registros. O desconforto se deu por calor, com maior parte dos dados concentrados na zona 2 (3,6%). Durante o outono, os dados ficaram mais dispersos, principalmente pela queda da umidade relativa, e manteve-se a porcentagem de conforto similar à encontrada no verão, isto é, 95,3%, na zona de conforto e 4,7% de desconforto concentrada na zona 2.




1-Zona de Conforto
2-Vent./Massa/ Resf. Evap.
3-Massa/ Resf.Evap.
4-Ventilação
5-Massa Térmica/Aquec. Solar
6-Umidificação
7-Resfriamento Evaporativo
8-Ar condicionado
9-Aquecimento Solar Passivo
10-Aquecimento Artificial
11-Ventilação/ Massa
12-Massa térmica p/ resfriamento

Figura 6.70 – Cartas Psicométricas do medidor 05 sala 03 FAV

A quantidade de dados inseridos na zona de conforto, na sala 03, foi ainda superior àqueles levantados na sala 01. Acredita-se, que, em parte, por influência da melhor ventilação presente nesta sala. No inverno, 99% dos dados estão na condição de conforto, tendo somente 1% de desconforto inserido na zona 2. Já, durante a primavera, a quantidade de dados na zona de conforto tem uma leve queda para 96,6%, índice também satisfatório, com 3,4% de desconforto por calor, com dados concentrados na zona 2. O verão é onde se

encontram mais concentrados os dados. Ou seja, com menores variações. E a porcentagem de conforto é de 98,1%, ou seja, 1,9% dos dados não estão nesta zona, em função do calor. E, durante o outono, os dados voltam a ter maiores variações, onde aqueles que não apresentam condições de conforto se concentram na zona 2 e o total de conforto para esta estação atinge 97,2% dos registros.

### 6.1.2.4. Considerações sobre o conforto térmico nas salas analisadas

Apesar de as salas 01 e 03 possuírem orientação solar semelhante, o comportamento térmico destas apresentou variações. Os maiores amortecimentos registrados para a sala 01 em geral foram duas vezes maiores que aqueles levantados na sala 03. A sala 03 fica mais exposta à radiação solar oeste, que a sala 01 e, também, tem maior utilização. Acredita-se que esse fatores possam ter influenciado no resultados divergentes entre elas.

Os maiores amortecimentos térmicos, para ambas, foram registrados no inverno: 8,6℃ e 4,8℃, para sala 01 e sala 03, respectivamente, o q ue é positivo, por esta estação possuir as maiores amplitudes térmicas. No verão, estação onde as amplitudes são menores, também houve um amortecimento das temperaturas, no entanto, relativamente menor, se comparado com o resultado de inverno, 4,3℃ e 1,7℃.

Na Tabela 5.3 são apresentados os resultados anuais das análises realizadas com os dados horários levantados, nas salas da FAV. Somente a análise da Carta Psicométrica trata dos dados de temperatura e UR conjugados. Com base na comparação desses resultados, nota-se que, a porcentagem de dados na zona de conforto é reduzida, quando se considera as duas variáveis, havendo diferença de 3%, na sala 01, entre a análise Graus-Hora, para a análise por Carta Psicométrica, e de 1%, na sala 03.

Tabela 6.3 – Resumo de conforto térmico nos ambientes da FAV: Percentuais de horas nas zonas de conforto

| Ambiente | Graus-Hora (temp) | Carta Psicométrica | Umidade Relativa |
|---|---|---|---|
| Sala 01 FAV | 99% | 96% | 94% |
| Sala 03 FAV | 99% | 98% | 97% |

Apesar de proporcionar menor amortecimento térmico das condições externas a sala 03, concentra maior quantidade de dados na zona de conforto, se comparada à sala 01.

Dentro da faixa de conforto estabelecida para esta análise, pode-se afirmar que as salas da FAV são termicamente confortáveis, com base nas porcentagens de dados horários, que se enquadram na zona confortável.

Para se obter melhor conforto térmico para o usuário, a conjugação dos dados de temperatura e umidade relativa é importante, afinal, um valor extremo de qualquer uma dessas duas variáveis causará desconforto. Por isso acredita-se que a análise por carta psicométrica é a que se aproxima mais da realidade percebida pelo usuário.

### 6.1.3. Medições Acústicas FAV

A Faculdade de Artes Visuais, apesar de inserida no meio urbano, não conta com algumas fontes sonoras comuns a este, como o tráfego rodoviário, pois fica localizada dentro do Campus Samambaia, local que possuí pouco trânsito, com circulação mais esparsa de carros de passeio. Desta maneira, as fontes ruidosas, que mais contribuem no local, são os elementos naturais, como movimentação das árvores pelo vento e a circulação de pessoas, usuários da escola. Para melhor caracterizar os níveis de pressão sonora ali presentes, foram realizadas medições, no interior e exterior da FAV. As primeiras medições apresentadas caracterizam os sons internos das salas 01 e 03.

A medição 01 foi realizada às 15h 40min, com a sala 01 vazia, buscando-se registrar os ruídos externos, tais como aqueles advindos da cantina, que fica ao lado desta sala, e também os demais ruídos do entorno. Para tanto, o medidor foi locado no centro da sala, a 1,5 m da parede que faz divisa com a cantina, e direcionado para as janelas da fachada norte (Figura 6.71). A medição 04 foi realizada às 16h e 12min na sala 03, caracterizando as atividades desenvolvidas em sala, com a presença de 9 alunos e 1 professor. O medidor foi locado no fundo da sala, a 2 m da porta, e direcionado diagonalmente, para a frente da sala (Figura 6.71).

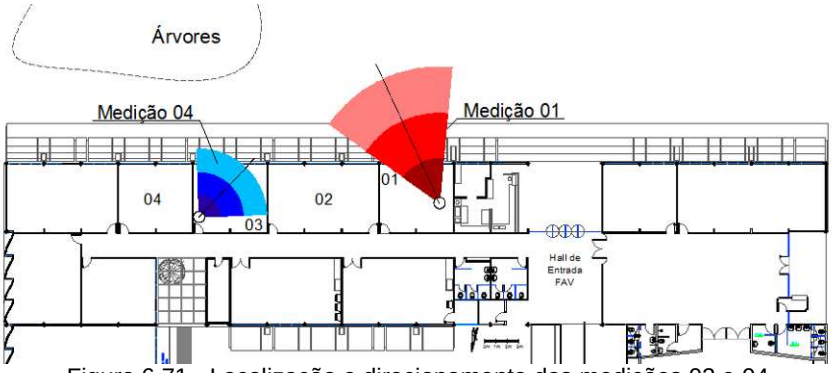



Figura 6.71 - Localização e direcionamento das medições 02 e 04

Na primeira medição, na sala 01, foram levantados níveis de pressão sonora que variaram entre 50 e 67 dB, tendo como nível equivalente 58 dB (Figura 6.72). Neste caso, somente o nível mínimo se inseriu na faixa recomendada pela NBR 10152 (1987).

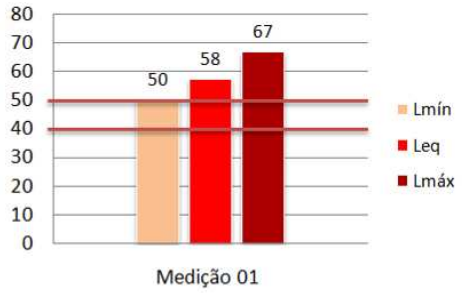



Figura 6.72 – Níveis de pressão sonora em dB da medição 01 da FAV (sala 01)

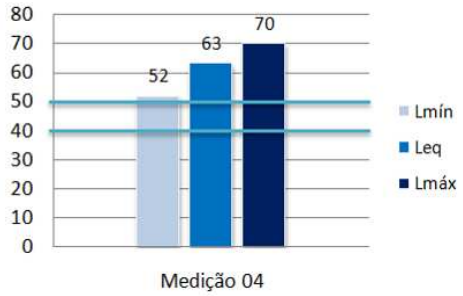
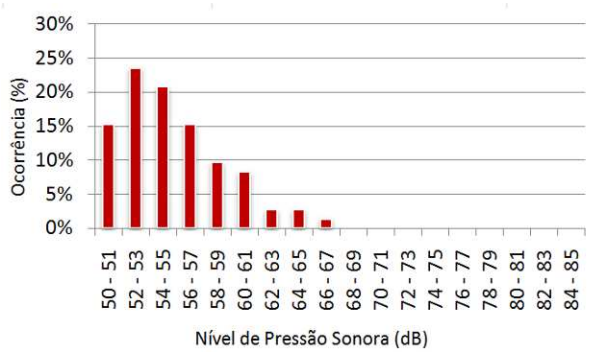
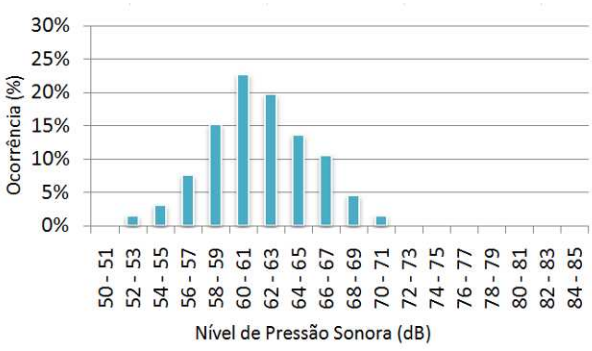



Figura 6.73 – Níveis de pressão sonora em dB da medição 04 da FAV (sala 03)

Os valores registrados na medição 04, no interior da sala 03, foram maiores que aqueles encontrados na medição 01, variando entre 52 e 70 dB e tendo como nível equivalente 63 dB. Nesta medição, o nível mínimo superou o recomendado. No entanto, deve-se recordar que em função da atividade desempenhada durante a medição tal resultado pode ser considerado satisfatório, visto que a fala do professor produziria, em média 65 dB de pressão sonora, e o nível equivalente apurado ficou em 63 dB (Figura 6.73). A diferença registrada entre os níveis equivalentes para sala vazia e sala com alunos foi de 5 dB, e o comportamento das ocorrências, por faixa de nível de pressão sonora, que estão ilustradas nos histogramas da Figura 6.74, apresentaram-se bastante diferenciados. Na medição 04, da sala 03, a maior quantidade de valores registrados ficou entre 52 e 53 dB. Já, na medição nesta mesma sala realizada com alunos, as maiores concentrações foram entre 58 e 65 dB, com destaque para a faixa de 60 a 61 dB com mais de 20% dos dados.




Medição interna na sala 01 FAV sem alunos (01)




Medição interna na sala 03 FAV com alunos (03)

Figura 6.74 - Histogramas dos níveis de pressão sonora nas medições internas da FAV 01 e 03

Após a medição no interior da sala 01, foi realizada a medição 02, às 15h e 47min, na área da lanchonete da escola. Durante o procedimento haviam cerca de 30 pessoas no local. Nesta medição, buscou-se caracterizar o ruído emitido, tanto pelos usuários da lanchonete, quanto pelos equipamentos desta, que está localizada ao lado da sala 01. A medição 03 foi realizada nas proximidades da reserva ambiental, buscando captar os ruídos gerados pelo vento, árvores e pequenos animais que vivem ali. Ela foi realizada às 16 h, com duração de 5min e com o equipamento localizado a 14 m da edificação e a 15 m da área de preservação, sob algumas árvores, como ilustrado na Figura 6.75.

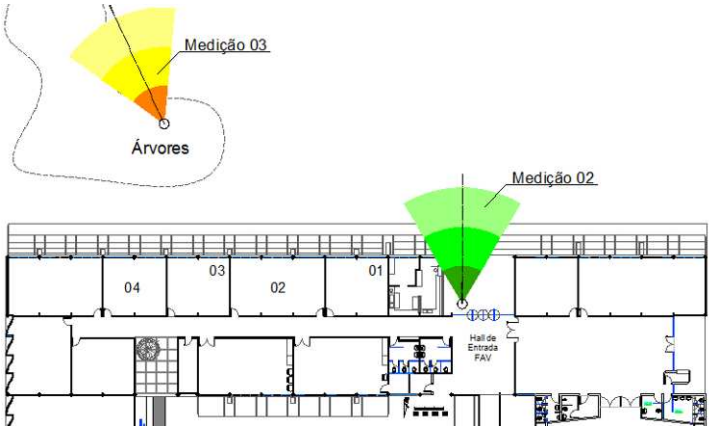



Figura 6.75 – Localização e direcionamento das medições 02 e 04

Os níveis levantados na medição 02, na lanchonete da escola, alcançaram os maiores valores levantados na FAV, com o nível mínimo registrado de 64 dB e o máximo de 84 dB. O nível equivalente encontrado foi bastante alto, com 74 dB, como pode ser visualizado na Figura 6.76. Se analisado o nível equivalente encontrado na cantina e aquele levantado no interior da sala 01 vazia, nota-se, que mesmo com a proximidade entre os dois ambientes a envoltória construtiva proporcionou um bom isolamento destes ruídos externos, no interior da sala de aula, que teve seu nível equivalente de 58 dB, ou seja, 16 dB a menos. As medições foram realizadas com sete minutos de diferença, de forma que as características da ocupação na lanchonete, no momento das avaliações, foram similares.

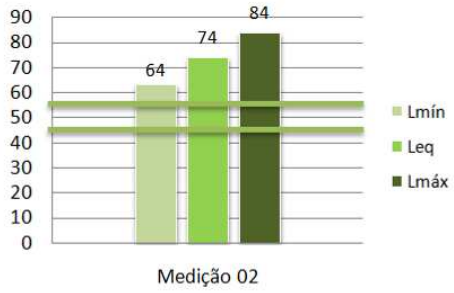



Figura 6.76 – Níveis de pressão sonora, em dB, da medição 02, da FAV (lanchonete)

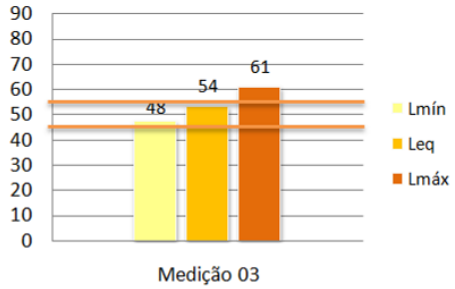
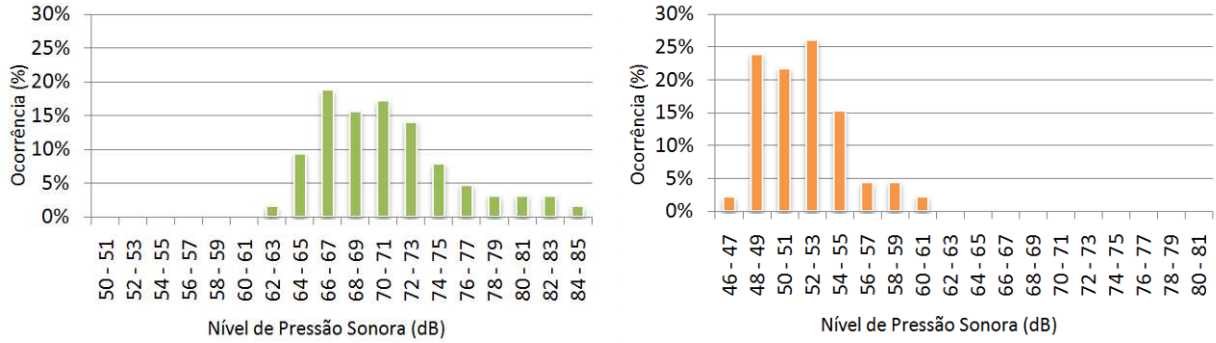



Figura 6.77 – Níveis de pressão sonora, em dB, da medição 03, da FAV (mata externa FAV)

Já, os níveis de pressão sonora levantados na área externa, durante a medição 03, foram mais amenos, de maneira que, tanto o nível mínimo, quanto o nível equivalente ficaram abaixo do nível sonoro aceitável, recomendado para áreas de circulação de escolas (48 dB e 54 dB, respectivamente). Somente o nível máximo superou este limite, com 61 dB (Figura 6.77). Se observado o histograma desta medição, na Figura 6.78, nota-se que a porcentagem de níveis acima de 55 dB, registrados ao longo da medição, foi pequena, já que as maiores concentrações se deram entre 28 e 55 dB, com destaque para a faixa entre 52 e 53 dB.




Medição na área da cantina da FAV (02) Medição próxima à mata externa FAV (03)

Figura 6.78 - Histogramas dos níveis de pressão sonora nas medições 02 e 03, da FAV

O comportamento dos registros da medição 02, da FAV, apresenta-se bastante diferenciado dos descritos para a medição 03, pois todos os níveis sonoros registrados foram superiores ao máximo valor encontrado na medição 03. Como ilustrado no histograma da Figura 6.78, a maior concentração se deu entre 66 e 73 dB, com destaque para a faixa entre 66 e 67dB, que concentrou pouco menos de 20% dos dados. Os níveis acima de 73 dB apresentaram concentrações menores que 5% dos dados.

#### 6.1.3.1. Considerações sobre o conforto acústico nas salas analisadas

Pode-se perceber, pelos resultados levantados, que a maior fonte geradora de ruído da FAV são os próprios usuários concentrados nas áreas comuns da edificação. A Área de Preservação, que fica próxima ao edifício, tem a grande maioria de seus níveis de pressão sonora dentro da faixa recomendada.

A sala 01 é atualmente a mais prejudicada pelos ruídos gerados na lanchonete da FAV, que fica ao lado desta. Com as janelas abertas os níveis de pressão registrados nestas salas superam, em sua maioria, o que a NBR 10152 (ABNT, 1997) recomenda. Já, a sala 03 está localizada mais distante deste ambiente e, desta forma, sofre menos interferências desses ruídos. O ruído que gera incômodo na sala 03 é advindo da reflexão do som, que ocorre na passarela de pedestres e da concentração de alunos na circulação e pátio interno do edifício.

### 6.1.4. Satisfação do Usuário FAV

Na sala 01 foram coletados, durante o inverno, 32 questionários; na primavera, 27 questionários; no verão, 30 questionários e no outono, 29 questionários. As seis primeiras questões descritas na Tabela 3.6 trataram de aspectos relativos ao conforto térmico do usuário.

Os resultados obtidos com as questões 1 e 4 são apresentados na Figura 6.79, onde são apresentadas as porcentagens de usuários que descreveram como confortável ou desconfortável a sala 01, em relação à sensação térmica. Iniciando pela questão 01, nota-se que, ao longo das estações, a opinião dos usuários em relação ao conforto térmico da sala variou. No inverno, 94% consideraram a sala quente e logo desconfortável. Já, na primavera, a sala foi considerada como confortável, apesar da pouca diferença entre os valores. No verão, voltou a ser considerada como desconfortável, com 63% das opiniões declarando a sala quente e muito quente. Já, no outono, as respostas foram igualmente divididas entre confortável e desconfortável.

Considerando a ventilação natural, na questão 02, 56% dos usuários entrevistados se mostraram satisfeitos com a ventilação natural da sala 01. Resultado que se contrapõe ao averiguado na questão 1, pois, a maioria dos usuários afirmou se sentir desconfortável com a temperatura ambiente da sala, logo, a ventilação natural não estaria satisfatória.

A resposta da questão 04 mostra que, em todas as estações do ano, a utilização de ventiladores é considerada indispensável (Figura 6.79). No que diz respeito ao incômodo gerado por este equipamento, na questão 05, cerca de 70% das pessoas afirmaram não sentir nenhum tipo de incômodo.

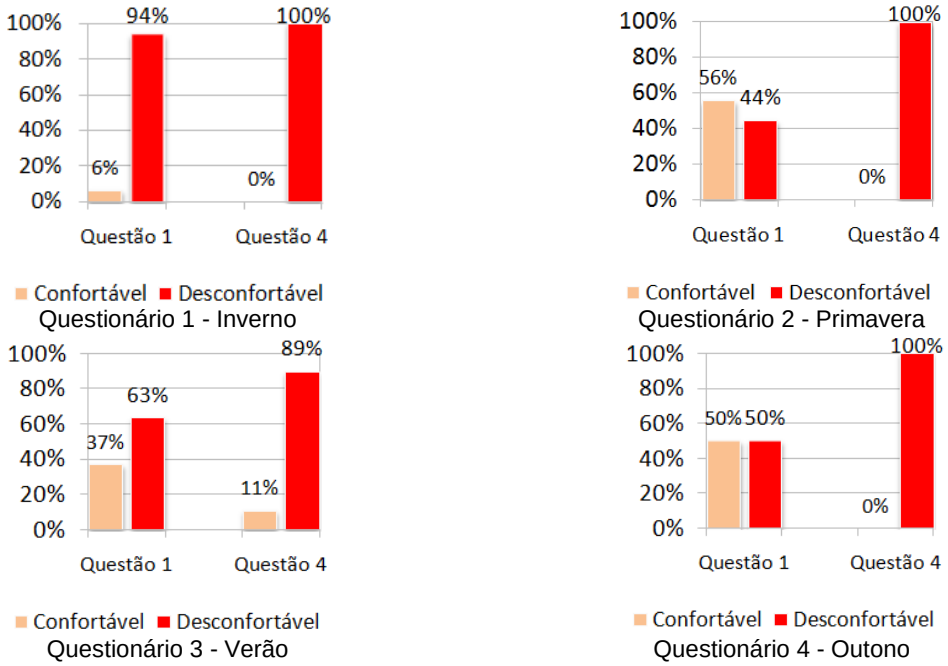



Figura 6.79 – Respostas relativas às questões 1 e 4 da sala 01 da FAV

A sala 03 foi mais bem avaliada, com relação ao conforto térmico, na primavera e no outono (Figura 6.80), satisfação confirmada, também, aprovação da ventilação natural, na questão 2, que foi classificada como confortável, por 70% dos entrevistados. No inverno e no verão, as temperaturas da sala 03 não foram consideradas confortáveis, em função do calor, sendo

que os usuários insatisfeitos descreveram a sala como quente ou muito quente. Ainda, segundo os usuários, foi constatada a necessidade de utilização constante do ventilador, o que põe em dúvida a satisfação com relação à ventilação natural. Apesar de ser considerado indispensável, alguns usuários se mostraram incomodados com o ventilador, em função do ruído que este equipamento produz.

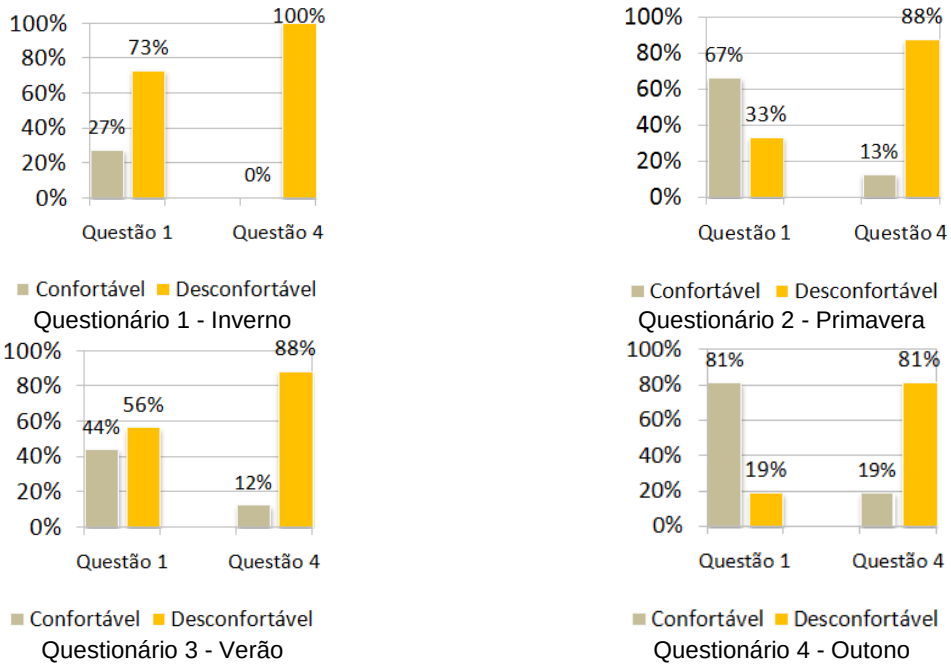



Figura 6.80 – Respostas relativas as questões 1, 2 e 4 da sala 03

As carteiras, na sala 01, tiveram aprovação em relação ao conforto térmico, pela maioria dos usuários, como ilustra a Figura 6.81. As opiniões, na sala 03, também foram similares, classificando as carteiras como confortáveis, pela maioria das respostas (Figura 6.82).

Figura 6.81 – Respostas da questão 03 relativas a sala 01 da FAV

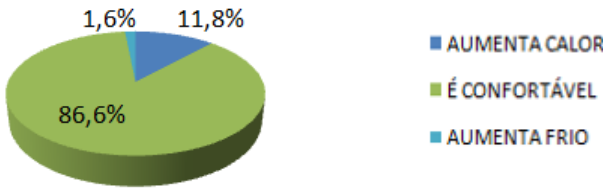



Figura 6.82 – Respostas da questão 03, relativas a sala 03, da FAV

Os resultados referentes às questões 07 e 11, referentes à avaliação do conforto lumínico, são apresentados na Figura 6.83. Em todas as estações do ano, a iluminação natural da sala de aula 01 foi considerada satisfatória, pela maioria dos usuários, que, também classificaram a distribuição e quantidade de janelas, em resposta a questão 08, como satisfatória, em sua maioria. A iluminação artificial também foi classificada como confortável, com índice médio de 94% de aprovação.

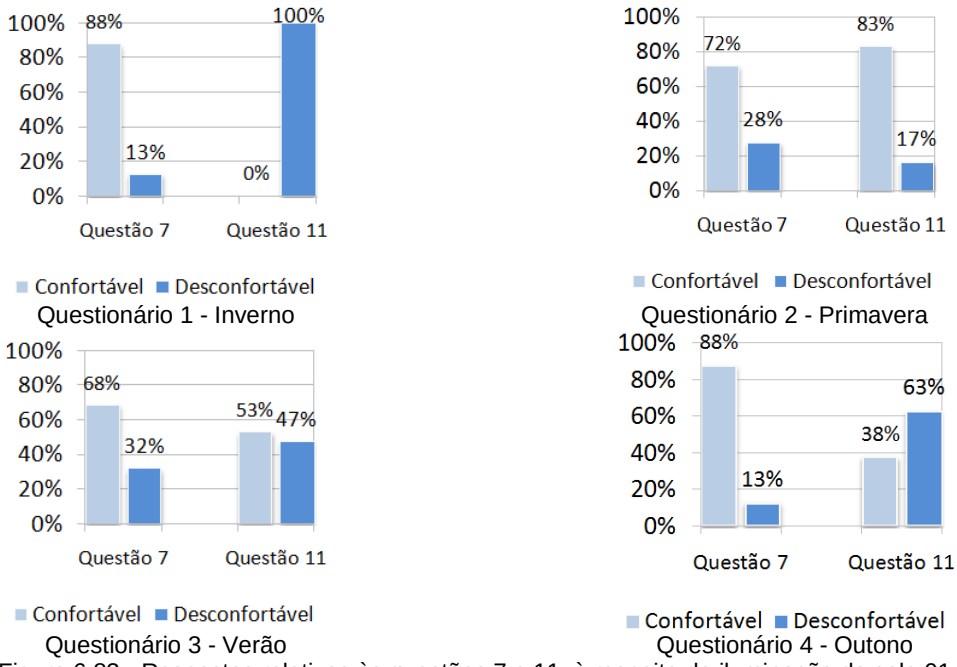



Figura 6.83 - Respostas relativas às questões 7 e 11, à respeito da iluminação da sala 01

Na questão 11 foi perguntado aos usuários a respeito do conforto para se desenvolver atividades, somente com a luz natural, tendo sido obtida maioria de respostas como negativa, para o questionário de inverno e de outono, enquanto para a primavera e o verão a maioria das respostas foi positiva. Apesar disso, na questão 10, a maioria dos usuários apontou como frequente a necessidade do uso da luz artificial.

Foram, ainda, elaboradas questões a respeito da passarela de pedestres, localizada paralela à edificação e que acredita-se atuar como uma espécie de barreira à luz natural, sobre as janelas das salas 01 e 03. No entanto, a percepção dos usuários apontou o contrário, para ambas as salas, afirmando, majoritariamente, em todas as estações, que tal elemento não trouxe prejuízos à iluminação. Da mesma forma, com relação à forma como foram instaladas as luminárias, a maioria dos usuários, tanto da sala 01, quanto da sala 03, afirmou que não trouxe prejuízos ao desempenho da luz artificial.

Na sala 03, os usuários se mostraram insatisfeitos com a iluminação natural, em algumas estações do ano (Figura 6.84). No entanto, no inverno, somente 32% declararam estar confortáveis com a luz natural. Em relação a ao conforto para realizar atividades somente com luz natural, em todas as estações do ano, a maioria dos usuários, afirmou não se sentir confortável nessa situação. Apesar disto, em todas as estações, a quantidade de janelas e distribuição das mesmas foi, na maioria das respostas, avaliada como satisfatória.

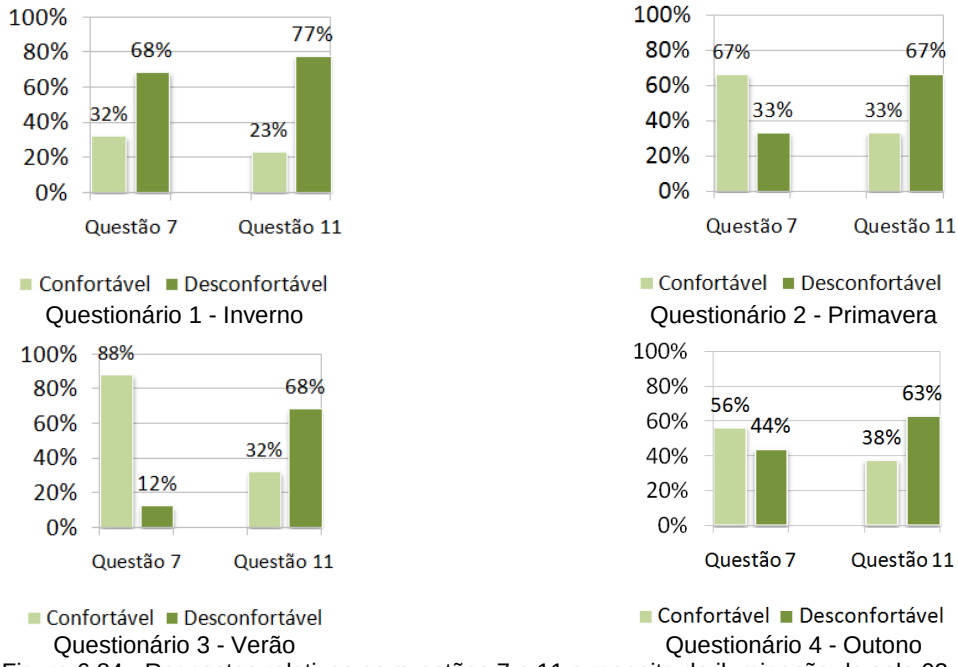



Figura 6.84 - Respostas relativas as questões 7 e 11 a respeito da iluminação da sala 03

Na questão 09, a iluminação artificial foi definida pela maioria dos usuários como confortável. No questionamento 10, que trata da freqüência de sua utilização, foi definido, pela maioria dos usuários, que é sempre necessária a utilização das luzes artificiais (Figura 6.85).

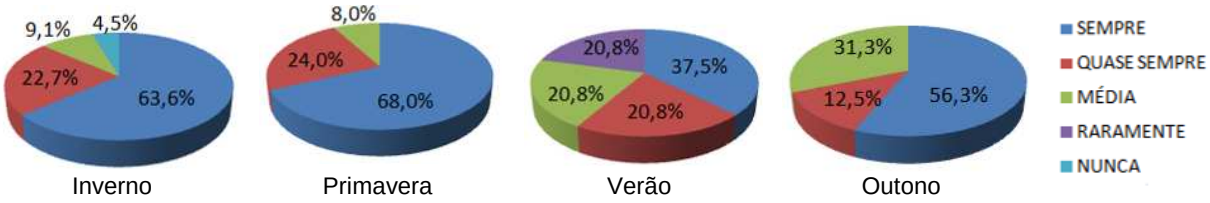



Figura 6.85 - Respostas da questão 10 relativa a utilização de luz artificial na sala 03

Nos gráficos da Figura 6.84 são, ainda, apresentados resultados obtidos para a questão 11, onde a maioria dos usuários, em todas as estações, afirmam não conseguir desenvolver com clareza as atividades, sem a utilização da luz artificial.

Na questão 15, na qual os usuários foram questionados com relação à clareza de audição, ao estarem posicionados no fundo da sala de aula, a maioria das respostas coletadas, tanto na sala 01, quanto na sala 03, confirmaram que era possível, sim, ouvir o professor, com clareza. Na questão 16, acerca dos ventiladores utilizados nas salas de aula, os resultados mostraram que, de fato, eles são percebidos pelos usuários, como fonte de ruído. Além disso, a maioria dos usuários declarou que não conseguia ouvir com clareza se o ventilador estiver ligado (Figura 6.86).

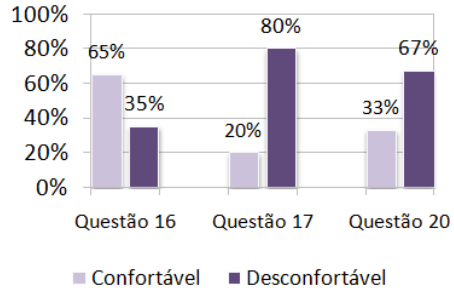



Figura 6.86 - Respostas relativas as questões 16, 17 e 20, a respeito da acústica da sala 01

Além do desconforto gerado pelo ruído do ventilador, também foi relatado pelos usuários, por meio da questão 17, que existe um desconforto gerado por ruídos externos. Em geral, a causa mais apontada pelos entrevistados, como origem de tais ruídos, foram os próprios alunos que circulam no entorno da sala de aula. Também foi relatado pelos usuários que só é possível se ouvir com clareza, ao professor, se fechadas porta e janelas. Quanto à presença de eco, nenhum usuário disse reconhecer tal manifestação nas salas de aula.

Na sala 03, assim como ocorreu na sala 01, a maioria dos alunos respondeu que é possível ter clareza de audição, mesmo do fundo da sala de aula. Quanto ao ruído gerado pelo ventilador, no inverno e primavera, foi considerado pela maioria dos usuários como incômodo; no entanto, não nas outras duas estações do ano (Figura 6.87).

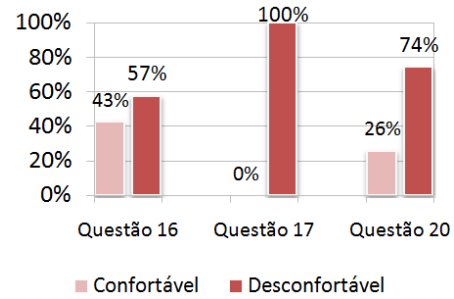



Figura 6.87 - Respostas relativas as questões 16, 17 e 20 a respeito da acústica da sala 03

Existe um desconforto em função dos ruídos na sala 03 como é apontado pelos usuários na questão 17. Nota-se, na questão 18, que o ruído externo é percebido como principal causa de desconforto, nesta sala, seguido pelo ruído do ventilador interno. Assim como na sala 01, foi apontado, como maior gerador de ruído, os alunos da instituição que circulam no entorno da sala. A maioria dos usuários afirmou não conhecer a presença de reflexões de som no interior da sala 03.

Na sala 03, assim como na sala 01, a maioria dos usuários considerou necessário fechar as portas e janelas do ambiente, para se ter boa audição. Como ilustrado na Figura 6.87, a frequência indicada pela maioria das respostas é de que, sempre ou quase sempre, é necessário que se feche completamente a sala para isolar ruídos externos.

#### 6.1.4.1. Considerações sobre a satisfação do usuário nas salas analisadas

Através dos resultados obtidos com os questionários, identificaram-se alguns dos pontos mais críticos indicados pelos alunos. No bloco das questões relativas a conforto térmico, a grande maioria das respostas avaliou que as salas da FAV não são confortáveis, e pode-se identificar, ainda, que o incômodo dos alunos é gerado pelas altas temperaturas.

Já no bloco das questões de iluminação, a maioria se manifestou como satisfeito com a iluminação natural e artificial existente nas salas de aula. No entanto, através de observação no local, percebeu-se que é muito incomum que as aulas sejam ministras, sem que a luz artificial esteja em funcionamento, a não ser nos casos onde é utilizado o projetor de imagens. Porém, a maioria dos alunos não se mostrou insatisfeito com o conforto lumínico.

O mesmo não ocorre para o conforto acústico, que mostra que grande parte dos usuários se sentindo incomodados com os ruídos presentes na edificação que, em muitos casos, são advindos dos próprios alunos.

# CAPÍTULO 7
# COMPARAÇÃO ENTRE OS DADOS TÉCNICOS E OS DADOS PERCEPTIVOS DOS USUÁRIOS

A percepção do usuário, em relação ao conforto da edificação, em alguns aspectos, sofre variação ao longo do ano, talvez influenciada pelo clima, que também está em constante modificação e que acaba por alterar o ambiente. Para tentar estabelecer uma relação entre estes aspectos, neste capítulo são comparados, por meio de porcentagens, os dados técnicos levantados por meio das medições lumínicas, térmicas e acústicas, que ficaram inseridos na zona de conforto, com os dados perceptivos advindos do julgamento feito pelos usuários dos edifícios da EEC e FAV.

## 7.1. CONFORTO LUMÍNICO

De forma geral, os resultados de iluminação encontrados para as salas de aula da EEC foram melhores, se comparados aos resultados das salas de aula da FAV. No entanto, em alguns momentos, as salas da EEC apresentaram focos de radiação direta no interior do ambiente, como foi visto anteriormente no item 5.4. Esta incidência de radiação direta não ocorreu, em nenhum momento, nas salas de aula da FAV. No entanto, estas salas tiveram níveis de iluminância da luz natural menores, os quais foram influenciados, provavelmente, pelo grande sombreamento produzido pelo *brise soleil* fixo, acima das esquadrias da sala, pela pouca refletividade do ambiente, que tem cores mais escuras e absortivas, e também pela área efetiva de iluminação da esquadria estar reduzida em função dos montantes e outros elementos opacos que a compõe (ver a descrição detalhada dos materiais, tanto das esquadrias quanto de revestimento interno das salas, no capítulo 4, que trata da caracterização das edificações). Aqui, são retomados alguns aspectos referentes às esquadrias utilizadas nas salas de aula e sua contribuição para os níveis de iluminação natural nestes ambientes.

O código de edificações da cidade de Goiânia prevê que ambientes de permanência prolongada devem possuir, como área de iluminação e ventilação, 1/7 da área de piso do ambiente, ou seja, 14% é o mínimo exigido. Na concepção de um projeto, essa regulamentação considera a área da esquadria como área de iluminação e ventilação. No entanto, é fato que nem sempre a área da esquadria irá representar a área real de

iluminação e ventilação. Isso somente ocorreria se não houvesse nenhum componente opaco na esquadria e se esta também tivesse abertura total. Com base nesta informação, foram calculadas as áreas totais das aberturas e, em seguida, sua área efetiva, que permite entrada de luz natural e sua área de abertura, que permite a ventilação natural, como mostrado na Tabela 7.1.

Tabela 7.1 – Análise das áreas das esquadrias

| | Área do Piso (m²) | Exigência do Código de Edificações | | | Área Total das Aberturas | | | Área Efetiva de Iluminação | | | Área Efetiva de Ventilação | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | m² | % | | m² | % | | m² | % | | m² | % |
| EEC | | | | | | | | | | | | | |
| Sala 03 | 49,71 | 1/7 | 7,1 | 14 | 1/4 | 12,48 | 25 | 1/5 | 9,46 | 19 | 1/7 | 7,6 | 15 |
| Sala 06 | 101,47 | 1/7 | 14,5 | 14 | 1/5 | 21,42 | 21 | 1/6 | 16,4 | 16 | 1/7 | 14,1 | 13 |
| FAV | | | | | | | | | | | | | |
| Sala 01 | 39,18 | 1/7 | 5,6 | 14 | 1/4 | 9,45 | 24 | 1/6 | 6,21 | 16 | 1/7 | 6,0 | 15 |
| Sala 03 | 39,18 | 1/7 | 5,6 | 14 | 1/4 | 9,45 | 24 | 1/6 | 6,21 | 16 | 1/7 | 6,0 | 15 |

Constata-se dessa tabela que, tanto a área total das aberturas, quanto a área efetiva de iluminação cumprem satisfatoriamente o estabelecido pelo código de edificações, mas é interessante destacar que, da área total da abertura, para sua área efetiva, ocorre uma perda considerável. Nas salas da EEC, a perda na área de iluminação é de, aproximadamente, 24% e 25% para as salas 03 e 06, respectivamente. Ali, as esquadrias utilizadas são mais leves e esbeltas. Já, na FAV, essa perda é de 34%, aproximadamente, por ser uma esquadria com composição física mais robusta. A área efetiva de ventilação somente ficou abaixo do mínimo exigido na sala 06, com 14,1 m², enquanto o exigido é de 14,5 m².

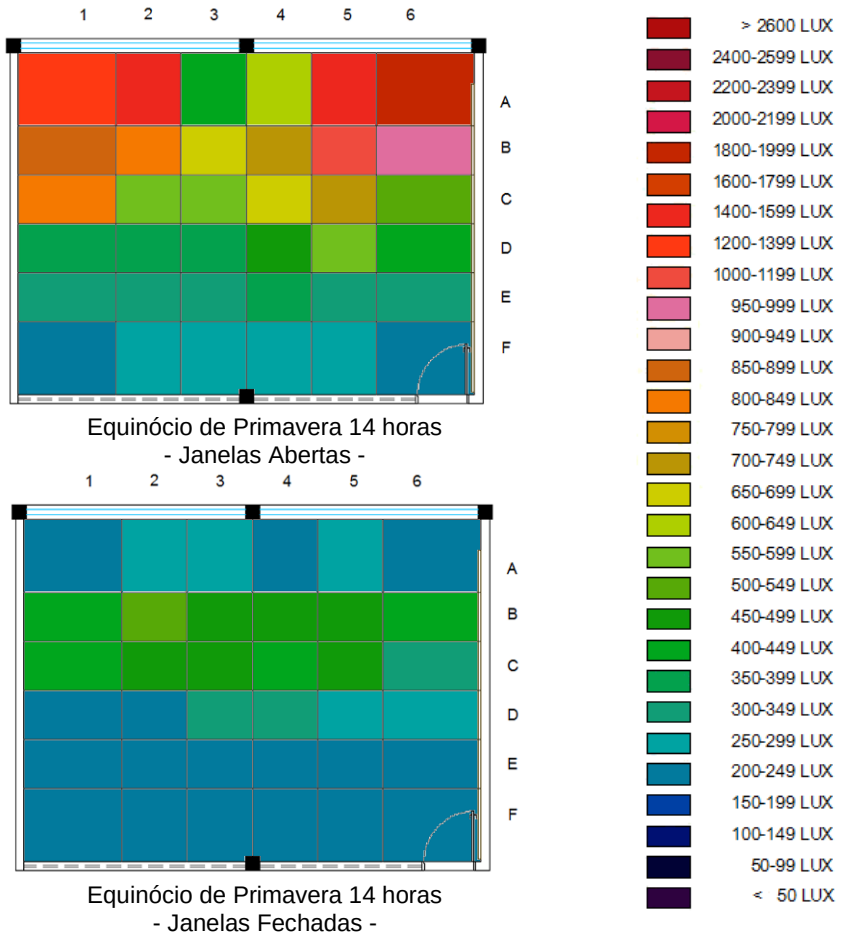
Tabela 7.2 - Relação em porcentagem entre área de parede e área de iluminação

| | Parede da fachada Sul | | | Parede fachada Norte | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | Área efetiva de iluminação | Área da Parede | $A_{ilum}/A_{parede}$ | Área efetiva de iluminação | Área da Parede | $A_{ilum}/A_{parede}$ |
| EEC | | | | | | |
| Sala 03 | 9,49 m² | 31,62 m² | 30% | - | - | - |
| Sala 06 | 14,23 m² | 47,53 m² | 30% | 2,17 m² | 47,53 m² | 5% |
| FAV | | | | | | |
| Sala 01 | - | - | - | 6,21 m² | 20,80 m² | 29% |
| Sala 03 | - | - | - | 6,21 m² | 20,80 m² | 29% |

A sala 06 da EEC é a única entre as avaliadas que possuí janelas, tanto na fachada norte, quanto na fachada sul. Essas aberturas são de dois tipos: as baixas são quadradas, pequenas, com 95 cm de lado (J4) e as altas são opacas, em alumínio, e não permitem a entrada de iluminação, como na fachada sul (J3), conforme mostrado na Tabela 4.2. A sala 03, da EEC, possui janelas translúcidas, que permitem a entrada de iluminação somente na fachada sul. As salas da FAV têm um único tipo de esquadria que, em ambas as salas 01 e 03, são voltadas para norte. A Tabela 7.2 apresenta a relação entre a área da parede, onde

a esquadria está inserida, e sua área efetiva de iluminação. Tem-se, assim, o quanto em porcentagem da área da parede é ocupada por área de iluminação.

Nas salas da EEC, a fachada sul possui cerca de 30% da área da parede ocupada por área de iluminação, enquanto, na fachada norte da sala 06, somente 5% da área de parede é ocupada por esquadrias. A sala 03 não possui esquadrias na fachada norte. Nas salas da FAV, a situação é diferenciada, pois as paredes das salas compõem a fachada norte e 29% da área destas é ocupada por área de iluminação. As salas estudadas não possuem paredes compondo a fachada sul. Apesar da porcentagem de iluminação efetiva, em relação à área de parede, nas duas edificações, ser próxima, os índices de iluminância registrados apresentaram valores diferentes. Isso se deve ao fato da orientação das aberturas ser diferente, nos dois edifícios, e das características e elementos arquitetônicos.




Equinócio de Primavera 14 horas
- Janelas Abertas -

Equinócio de Primavera 14 horas
- Janelas Fechadas -

Figura 7.1 – Medição na Sala 03, com janelas abertas, e fechadas às 14 horas do dia 22/09/2009

Notou-se com clareza, na FAV, que o *brises* tem influência sobre o desempenho lumínico, sombreando consideravelmente a sala. O pé direito das salas da FAV é baixo e o teto, escuro, as cores internas da sala são muito absortivas (cinza do concreto aparente, laranja do tijolo aparente) e prejudicam a reflexão da luz. Esses ambientes possuem, ainda, cortinas totalmente opacas, que não permitem abertura total, sendo assim, mesmo quando abertas

barram parte da iluminação natural. Já, no caso da EEC, as paredes são claras, o que propicia a reflexão da luz, o pé direito é também mais alto. No entanto, as janelas possuem película fumê, que mesmo com as janelas abertas, traz prejuízos à iluminação natural. A Figura 7.1 ilustra uma medição, no mesmo horário, com janelas abertas e fechadas. Nela fica clara a perda da iluminação natural com a película fumê, principalmente nas áreas mais próximas as janelas, com cerca de 80% de redução da iluminação nessas áreas.

Os resultados isolados de iluminância nas quatro salas analisadas já foram apresentados. Aqui pretende-se comparar os resultados e, para tanto, são apresentados mapeamentos trabalhados em escala de cores que permitem uma melhor visualização das intensidades luminosas no interior das salas. Estes dispositivos gráficos estão agrupados por medição, ou seja, solstício de inverno, equinócio de primavera, solstício de verão e equinócio de outono (Figura 7.2 a Figura 7.5).

Em todas as medições, o desempenho da iluminação natural, nas salas de aula da FAV, foram inferiores aos levantados nas salas da EEC. No solstício de inverno, em todas as salas, as medições de 8 e 18 horas apresentaram níveis inferiores a 200 lux. Além disso, nas salas da FAV, os índices de iluminância decaem mais cedo no interior da sala, como pode ser visualizado na Figura 7.2. Mesmo em alguns momentos, onde a radiação externa registrada na FAV foi superior à da EEC, nota-se desempenho inferior, no interior da sala. Nas medições de primavera e de outono, o comportamento é similar, com os resultados da EEC superiores aos da FAV, como ilustram as Figura 7.3 e Figura 7.5.

Os resultados do verão apresentaram os melhores índices de iluminância, que contou com a contribuição do dia ser mais longo, neste período. Isso fica evidente nos resultados da medição de 18 horas, que apresentaram, para ambas as edificações, níveis maiores de iluminância que os obtidos para o inverno (Figura 7.4). No entanto, isso não foi suficiente para melhorar os resultados do início da manhã, nas salas da FAV. Nas salas da EEC, houve a contribuição da inclinação a sul da trajetória solar, o que propicia a entrada de luz nesta fachada. Isso, entretanto, não ocorre nas salas da FAV, que apresentam as esquadrias voltadas a norte. Dessa forma, mesmo sendo esta a estação do ano de maior iluminância natural nas salas da FAV, o seu desempenho lumínico ainda fica abaixo do mínimo recomendado pela NBR 5413.

Juntamente com o mapeamento de iluminância das salas, estão descritas as temperaturas, no momento de cada uma das medições, e a radiação externa registrada na sombra. É importante observar que, em várias ocasiões, a radiação externa registrada na sombra, para as salas da FAV, foi maior que a registrada para as salas da EEC. Mesmo assim, as salas

da FAV apresentaram desempenho lumínico bem inferior à das salas da EEC. Nota-se, ainda, que as maiores temperaturas ocorreram durante a primavera. Durante o verão, momento em que foram registrados os melhores desempenhos lumínicos da EEC, as temperaturas registradas foram mais amenas. No caso da FAV, em ambos os equinócios, as temperaturas registradas foram mais altas, chegando a 28℃, em alguns momentos do dia, o que está de acordo com a maior radiação externa registrada nesses momentos. Nota-se, neste momento, o grande conflito que ocorre em relação as soluções para conforto térmico e lumínico.

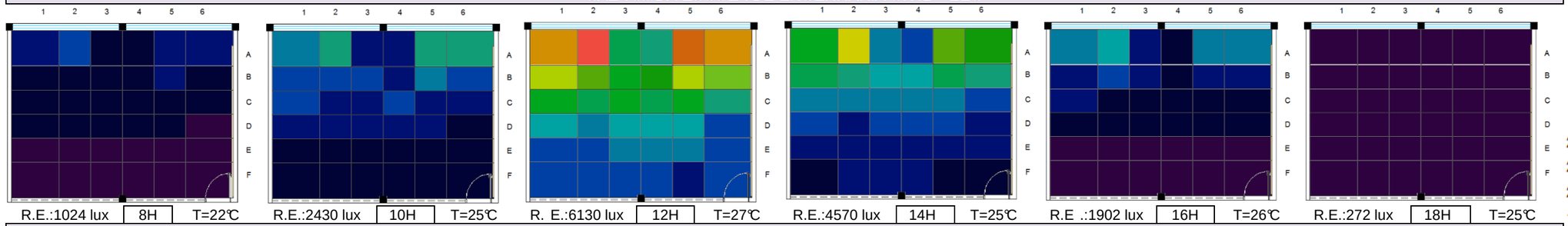
Observou-se, neste trabalho, que os dispositivos de proteção solar, que buscam melhorar a qualidade térmica das edificações, interferem, em alguns casos prejudicialmente, no conforto lumínico, como no caso da FAV. Acredita-se, assim, que para alcançar melhores resultados seja necessário buscar alternativas diferenciadas. Para o conforto térmico, deve-se trabalhar com a inércia térmica dos materiais, sistemas geotérmicos de climatização também são uma alternativa interessante, e deve-se manter a utilização de proteções solares, *brises*, priorizando os dispositivos menos robustos, e quando possível, que tenham mobilidade. Já, para o conforto lumínico, as esquadrias voltadas a sul podem ser maiores e menos protegidas, mas é importante que se tenha área de iluminação em pelo menos duas laterais da sala, para que os pontos mais distantes das janelas não fiquem prejudicados. Uma solução bastante interessante, para o conforto lumínico, é a utilização de zenitais, que, em geral, não prejudicam o conforto térmico e são grandes contribuintes para a iluminação natural.

Para se estabelecer uma relação entre os dados técnicos levantados e a percepção dos usuários, foram quantificados, por meio de porcentagem, os resultados de iluminância natural que se inserem na zona predeterminada de conforto lumínico (capítulo 5). Também foi calculada a porcentagem de pessoas satisfeitas com a iluminação natural das salas.

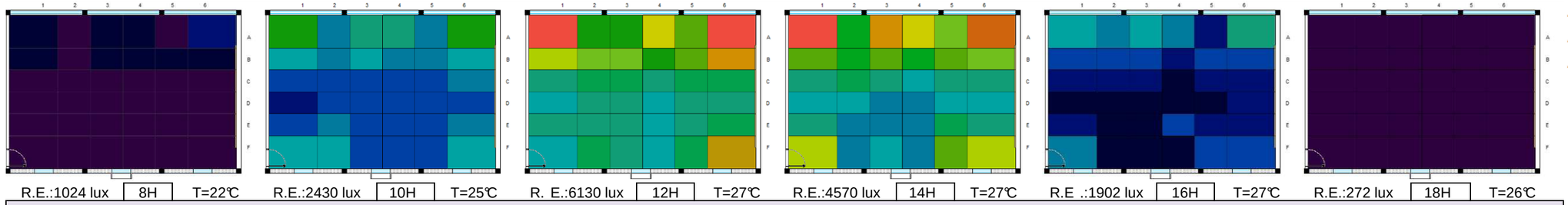
Para calcular a porcentagem dos dados técnicos inseridos na zona de conforto, isto é, acima de 300 lux, foram considerados, ponto a ponto, os 36 levantamentos realizados na sala, em cada um dos horários, nas quatro estações do ano. Isto é, para se avaliar o desempenho no inverno, por exemplo, foram somados todos os pontos da sala, ao longo do dia, que apresentaram iluminância natural acima de 300 lux. Em seguida, esse valor foi dividido pelo total de medições realizada na sala. A partir dessa metodologia, observa-se que o melhor desempenho para a sala 03 (Figura 7.6) foi alcançado na primavera e no verão, como observa-se nas Figura 7.3 e Figura 7.4.

RESULTADOS DAS MEDIÇÕES LUMÍNICAS NO SOLSTÍCIO DE INVERNO

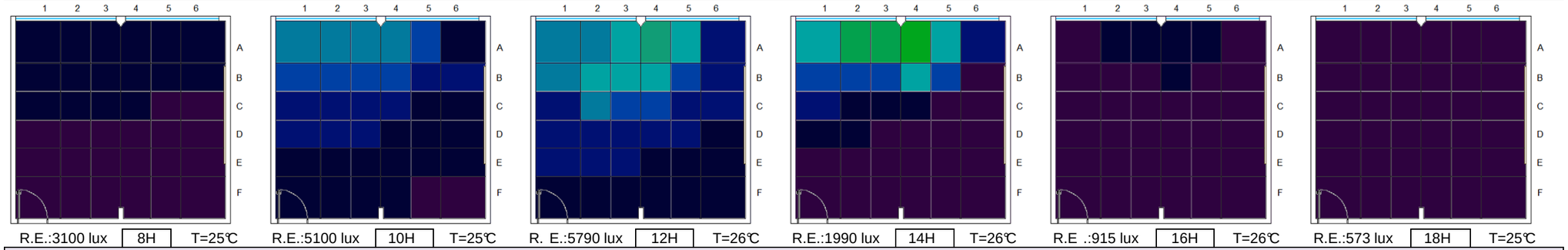
SALA 03 DA ESCOLA DE ENGENHARIA CIVIL – EEC



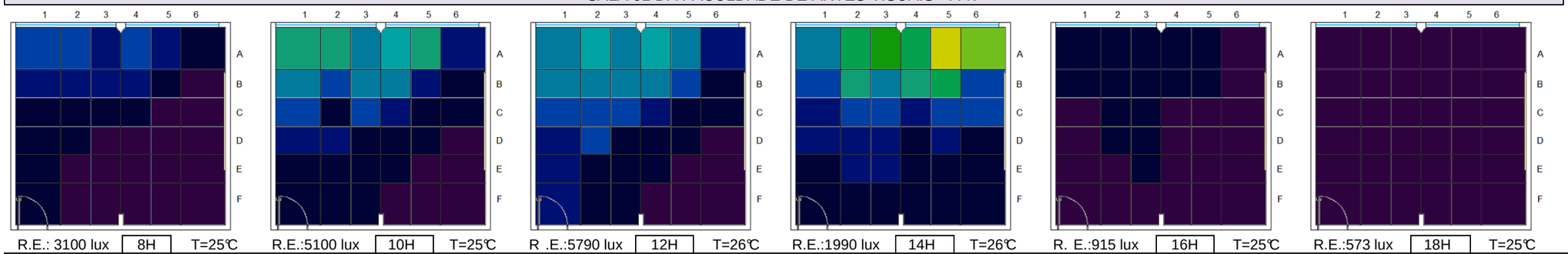

SALA 06 DA ESCOLA DE ENGENHARIA CIVIL - EEC




SALA 01 DA FACULDADE DE ARTES VISUAIS - FAV




SALA 01 DA FACULDADE DE ARTES VISUAIS - FAV



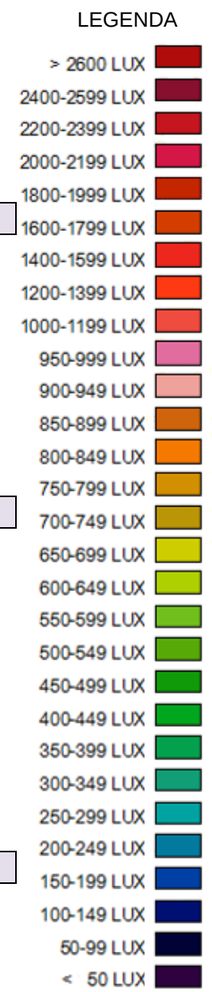




Figura 7.2 – Medições lumínicas das salas da EEC e FAV durante o solstício de inverno

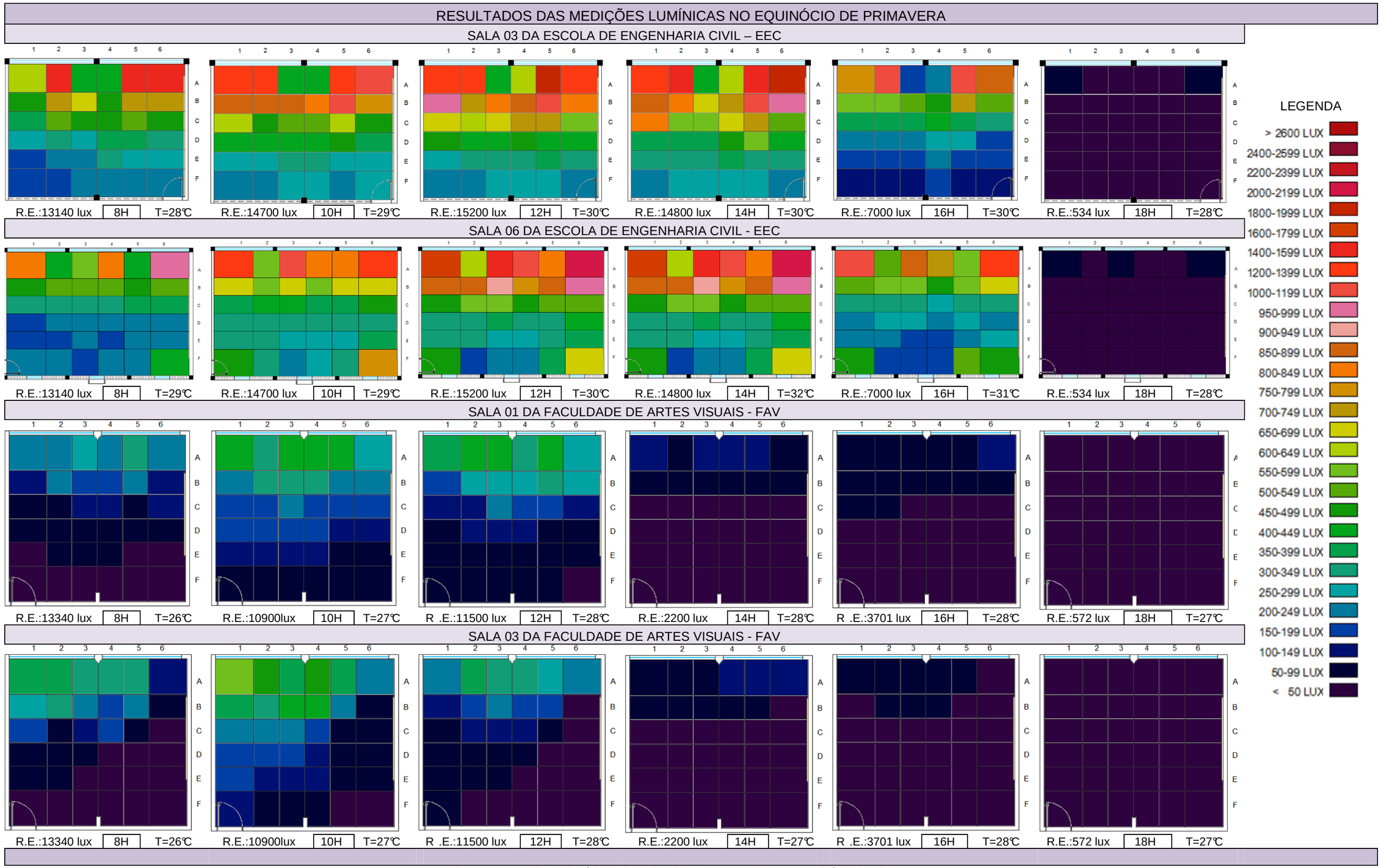



Figura 7.3 – Medições lumínicas das salas da EEC e FAV durante o equinócio de primavera

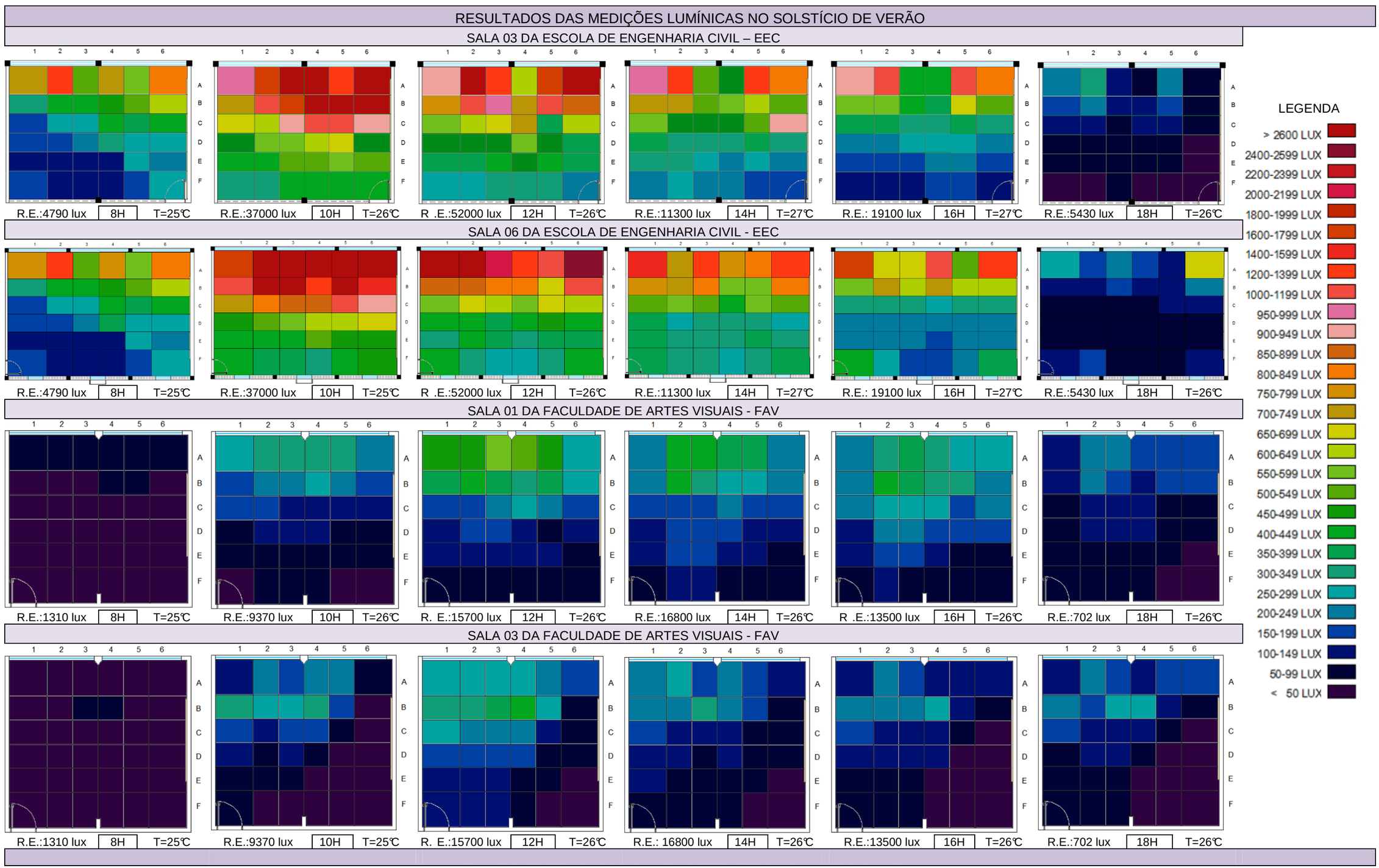



Figura 7.4 – Medições lumínicas das salas da EEC e FAV durante o solstício de verão

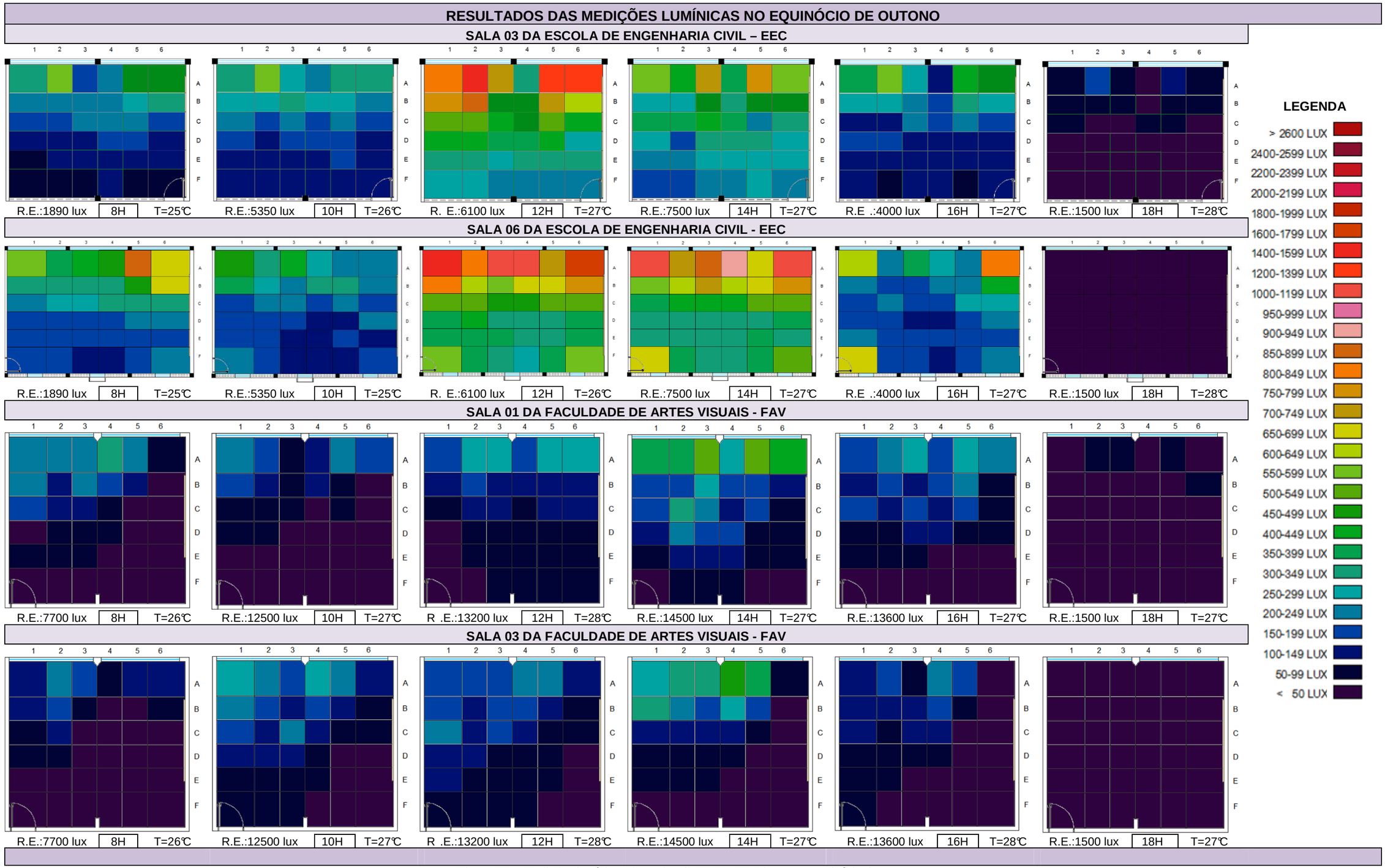
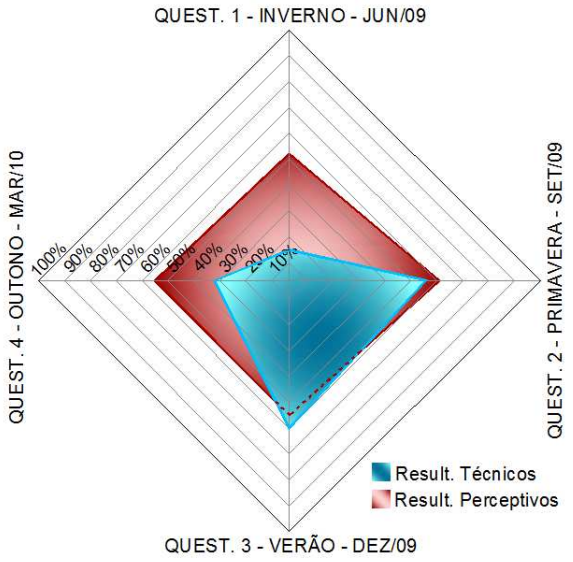



Figura 7.5 – Medições lumínicas das salas da EEC e FAV durante o equinócio de outono

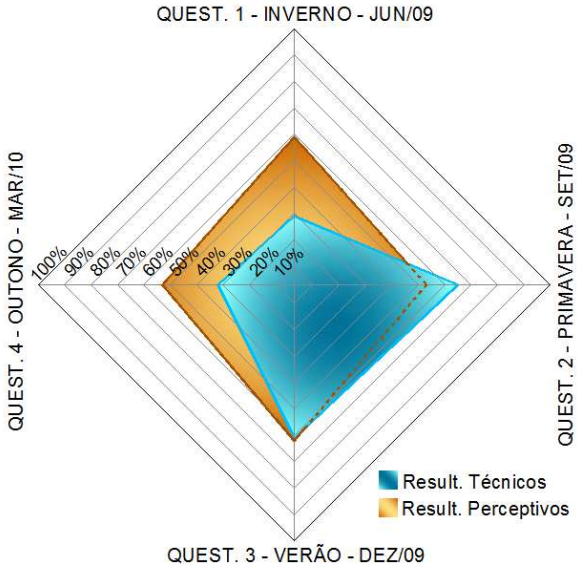
SALA 03 - ESCOLA DE ENGENHARIA CIVIL




(A)

Resultados Lumínicos utilizando porcentagem de **pontos de medição** inseridos na zona de conforto

SALA 06 - ESCOLA DE ENGENHARIA CIVIL




(B)

Resultados Lumínicos utilizando porcentagem de **pontos de medição** inseridos na zona de conforto

Figura 7.6– Gráficos comparativos entre percepção do usuário e dados técnicos de iluminação natural das salas da EEC

Na Figura 7.6, observa-se que os dados perceptivos da sala 03 apresentaram resultados semelhantes nos quatro questionários aplicados, variando de 50% a 55% de usuários satisfeitos (Percentuais calculados com base nas respostas das questões de 7 a 11). Esse percentual se aproxima do observado nos dados técnicos apenas na primavera e no verão, sendo que, nos demais períodos do ano, o percentual de usuários satisfeitos, obtido dos questionários, foi bem maior que o obtido dos dados técnicos (55% no outono e 51% no inverno). Desse resultado pode-se inferir que as mudanças nos aspectos de conforto lumínico, ao longo do ano, em função da variação climática não são facilmente percebidas pelo usuário. Isso provavelmente ocorre porque o usuário, ao responder o questionário, tem um conceito pré-formado a respeito da sala de aula, haja vista que, na análise individual dos dados dos questionários, notou-se, com frequência, respostas se contrapondo. Isto é, o usuário afirmava que a iluminação natural era satisfatória, ao mesmo tempo em que admitia não conseguir desenvolver suas atividades com conforto, sem a utilização da luz artificial.

Para se calcular os percentuais da sala 06 da EEC, foi seguida a mesma metodologia descrita para a sala 03. Neste caso, foi obtida uma variação um pouco maior na porcentagem de pessoas satisfeitas, ao longo dos quatro questionários aplicados. No inverno 60% dos usuários se disseram satisfeitos com a iluminação natural, apesar de esta estação, registrar os menores índices de iluminância (30% de conforto), enquanto, no verão, 61% dos usuários se mostraram satisfeitos com a iluminação natural, porcentagem condizente com os dados técnicos obtidos para esta estação (60%). Na primavera e no outono, os resultados perceptivos também foram similares, com 53% e 52% de satisfeitos,

respectivamente. Entretanto, os dados técnicos mostraram um melhor desempenho na primavera (67%) e um pior resultado no outono (34%).

A comparação entre os resultados técnicos e perceptivos para as salas da FAV são mostrados na Figura 7.7. Os resultados do levantamento técnico demonstram os baixos níveis de iluminância natural registrados nas salas da FAV, deixando visualmente claro o contraste com os resultados das salas da EEC. Apesar disso, a satisfação dos usuários com a iluminação natural, nas salas da FAV, se mantém em níveis similares aos levantados nas salas da EEC. Entretanto, da mesma forma que ocorreu nas salas da EEC, na FAV também foram constatadas respostas que se contrapõe, afirmando satisfação com a luz natural e considerando como indispensável a utilização de luz artificial. Estas respostas sofrem variação em função da influência do tipo de atividade desenvolvida em sala.

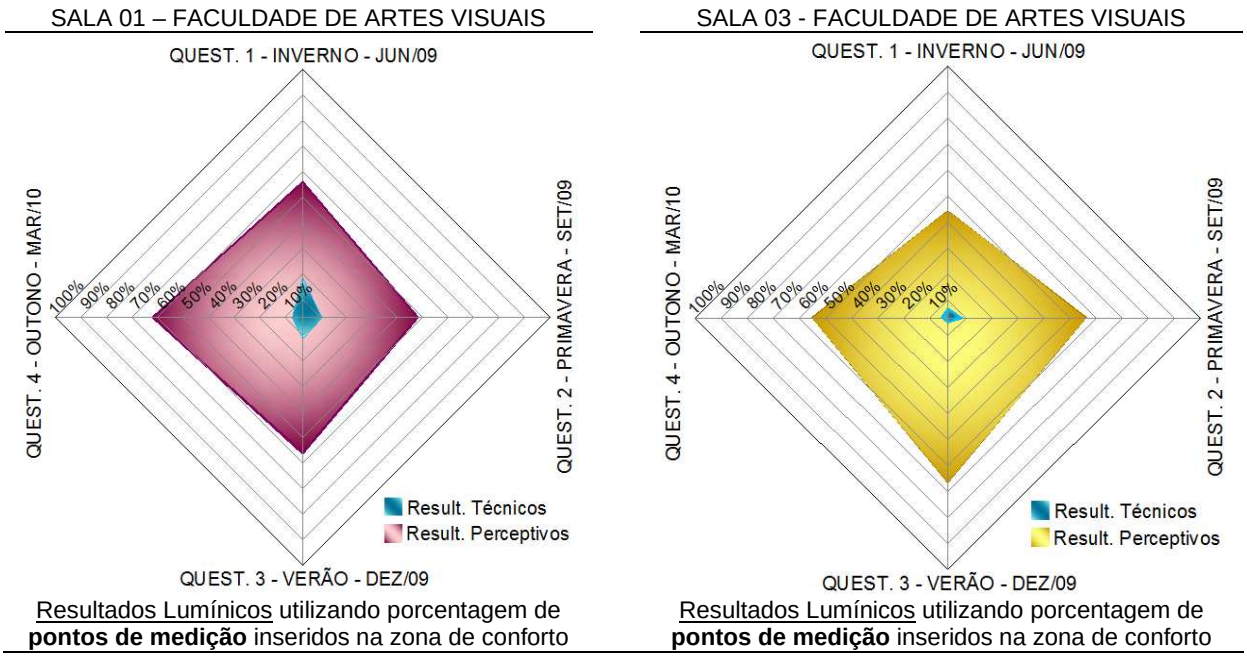


Figura 7.7 - Gráficos comparativos entre percepções do usuário e dados técnicos de iluminação natural, da sala 01 e sala 03, da FAV

Na sala 01, os níveis de desempenho lumínico foram um pouco superiores aos da sala 03, apresentando entre 8% e 20% dos registros maiores que 300 lux. Na sala 03, a maior porcentagem de registros dentro da área de conforto (maior que 300 lux) foi de apenas 8% na primavera. No entanto, em ambas as salas, a maioria dos usuários se mostrou satisfeito com a iluminação natural. Por exemplo, na sala 01, a maior satisfação foi registrada no outono, com um nível de 61% de satisfação. Nas demais estações, os resultados variaram entre 49% e 58% (Figura 7.7a). A sala 03 apresentou a maior satisfação dos entrevistados, no verão, com 68%, e teve os demais resultados variando entre 45% e 55% (Figura 7.7b)

## 7.2. CONFORTO TÉRMICO

Na análise dos resultados do conforto térmico, a metodologia empregada foi diferente da análise do conforto lumínico. Inicialmente, são apresentados gráficos, que contém o comportamento da temperatura ambiente na semana em que foram aplicados os questionários, em cada uma das salas. Esse intervalo de tempo foi escolhido por se considerar que possam ter maior influência sobre as opiniões dos usuários, como uma forma de memória recente. Sendo assim, a semana 1 identificada na legenda da Figura 7.8 e Figura 7.9 corresponde à semana de aplicação do primeiro questionário, a semana 2, ao segundo questionário, e, assim, sucessivamente.

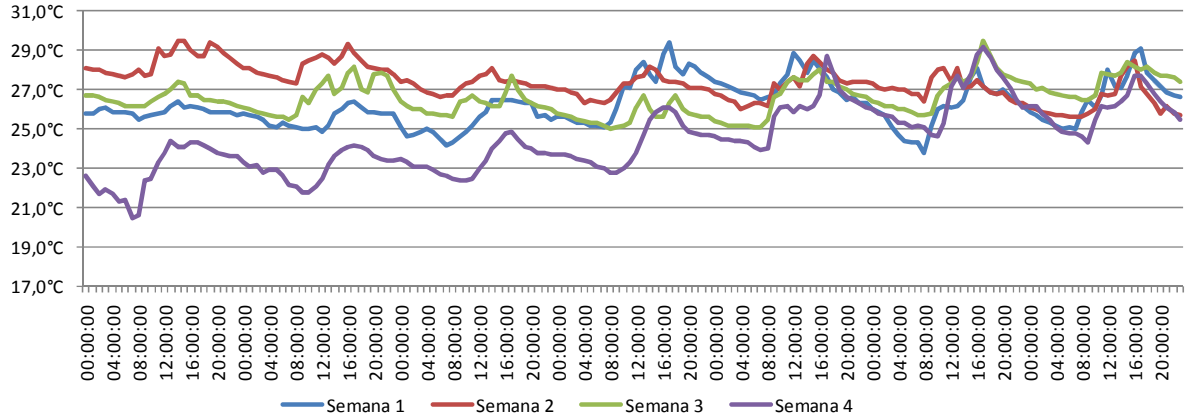



Figura 7.8 – Comportamento das temperaturas, na semana de aplicação dos questionários – Sala 03 EEC

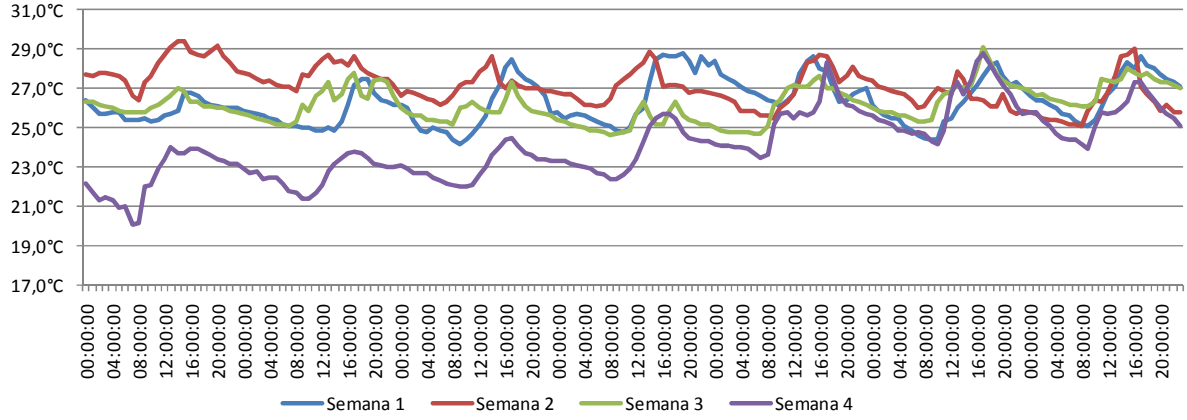



Figura 7.9 – Comportamento das temperaturas, na semana de aplicação dos questionários – Sala 06 EEC

Nas salas da EEC, as variações de temperatura, ao longo da semana, foram maiores, como está ilustrado na Figura 7.8 e Figura 7.9, com menores temperaturas no início da semana 4, durante o outono, e maiores temperaturas na semana 2, durante a primavera.

Nas salas da FAV, as temperaturas registradas na sala 03 variaram mais que as temperaturas registradas na sala 01. As menores temperaturas na sala 01 foram registradas durante a semana do outono (semana 4), enquanto as mais altas se concentraram na primeira metade da semana de primavera (semana 2) e na segunda metade da semana de

verão (semana 3), como pode ser visualizado na Figura 7.10. Na sala 03, as menores temperaturas foram registradas na semana de outono (semana 4), enquanto as maiores temperaturas prevaleceram na semana de primavera.

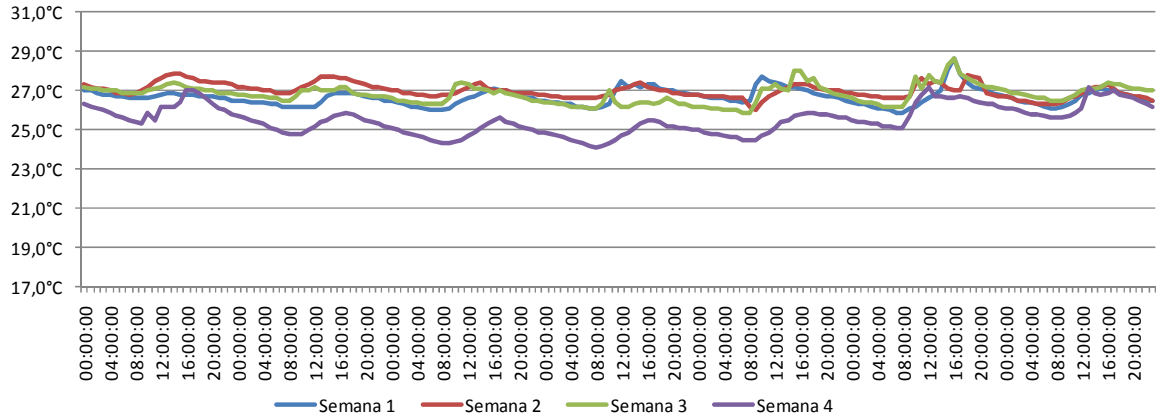



Figura 7.10 – Comportamento das temperaturas, na semana de aplicação dos questionários – Sala 01 FAV

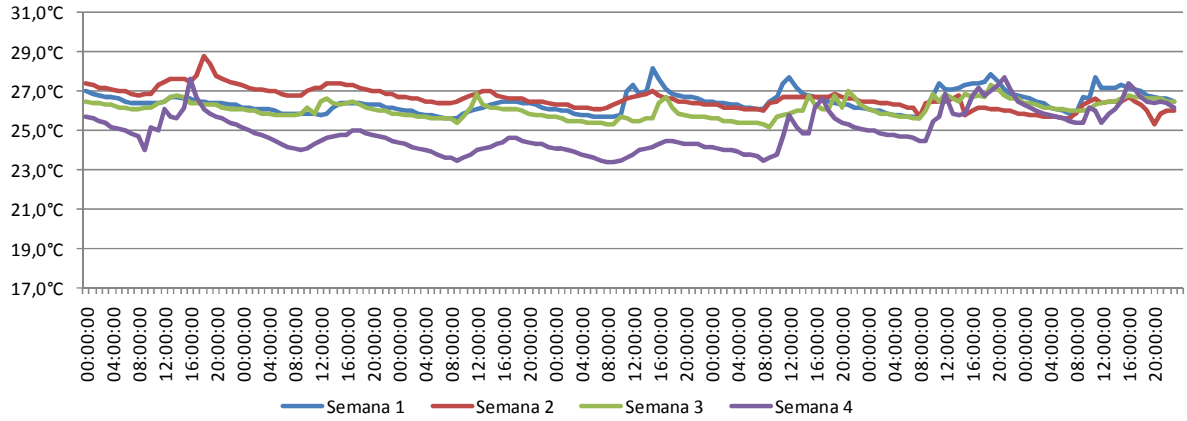
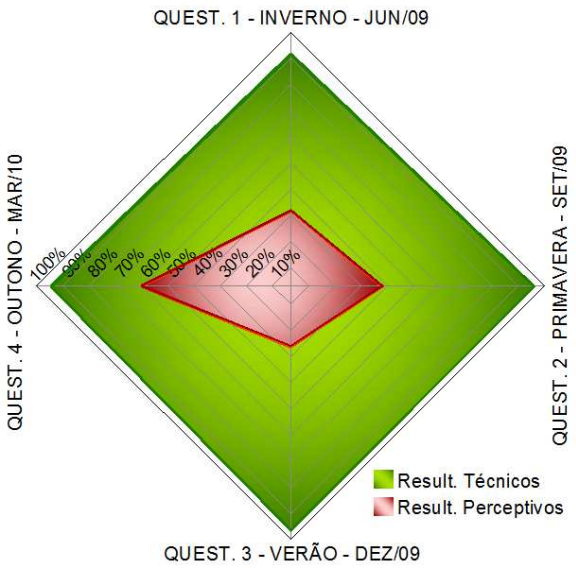



Figura 7.11 – Comportamento das temperaturas, na semana de aplicação dos questionários – Sala 03 FAV

Para se determinar a porcentagem de satisfação, do ponto de vista técnico, foi adotado o intervalo de temperatura de 18℃ a 29℃. Dessa form a, foi quantificada a quantidade de horas, durante a semana, em que a temperatura estava neste intervalo, sendo este valor dividido pelo total de horas em que houve registros. Os resultados mostram uma grande diferença entre os dados técnicos e os dados perceptivos, como pode ser notado na Figura 7.12(A) referente à sala 03, da EEC. As temperaturas consideradas na zona de conforto atingiram mais de 90% do total, em todas as estações do ano, enquanto a satisfação dos usuários apresentou níveis mais baixos, variando entre 28% e 60%. Apesar da grande maioria dos dados estarem inseridos na zona de conforto, sabe-se que, em geral, as temperaturas do outono, e inverno atingem valores menores e que, especificamente, na semana de aplicação do questionário de outono, as temperaturas da sala estavam mais amenas, o que pode ser fator influenciador da maior quantidade de pessoas satisfeitas com a temperatura da sala nesta estação.

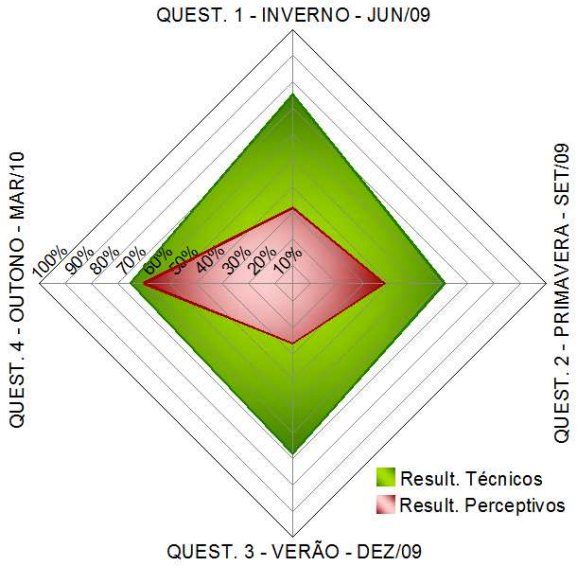
Em função da grande diferença entre os dados técnicos e dados perceptivos, quando utilizada como zona de conforto a variação de 18℃ a 29℃, foi adotada uma zona de conforto menor, entre 18℃ e 27℃, pois sabe-se que o desconforto gerado nas salas é em função do calor. Os resultados foram novamente confrontados com a percepção dos usuários, e o resultado final é ilustrado na Figura 7.12(B). Esta limitação da zona de conforto fez com que as porcentagens dos dados técnicos e perceptivos ficassem mais próximas. No entanto, a satisfação dos usuários ainda foi bem menor. Esta grande insatisfação dos usuários, com relação às temperaturas, pode indicar que, mesmo habituados ao clima mais quente, estes usuários não toleram tão bem temperaturas altas, pois a satisfação aumentou quanto à estação de outono, que ofereceu temperaturas mais amenas (60% dos usuários satisfeitos), e diminuiu quando houve temperatura e umidade relativa mais alta, durante a primavera e o verão.

SALA 03 – ESCOLA DE ENGENHARIA CIVIL




(A)

Resultados Térmicos adotando como zona de conforto a margem entre **18℃ e 29℃**




(B)

Resultados Térmicos adotando como zona de conforto a margem entre **18℃ e 27℃**

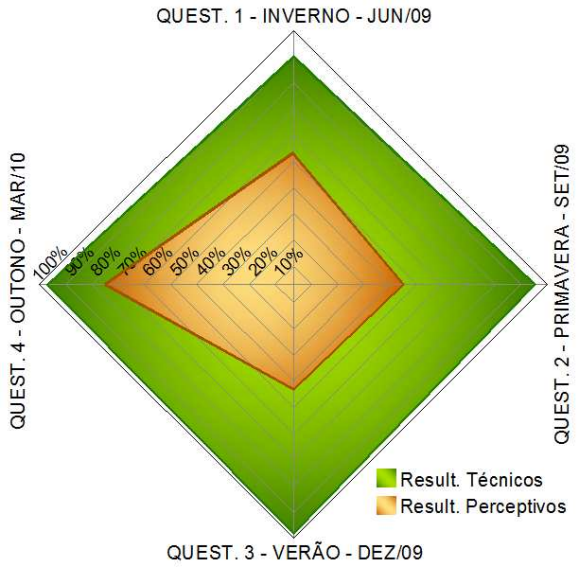
Figura 7.12 - Gráficos comparativos entre percepções do usuário e dados técnicos de temperatura da sala 03 da EEC

Na sala 06 da EEC, a porcentagem de usuários satisfeitos foi superior à registrada na sala 03, mas, ainda assim, não se equiparou à porcentagem de dados inseridos na zona de conforto, entre 18℃ e 29℃, mais de 90% em todas a s estações, como pode ser visualizado na Figura 7.13(A). Acredita-se que o nível mais alto de satisfação se deve, tanto à maior amplitude da sala, quanto ao efeito produzido pela ventilação cruzada, existente na mesma.

Da mesma forma que ocorreu na sala 03, na sala 06 o maior índice de satisfação se deu no outono, com 75% dos usuários, seguido por 52% dos usuários satisfeitos no inverno, 45% e 43% na primavera e verão, respectivamente. Se reduzido o valor máximo de temperatura

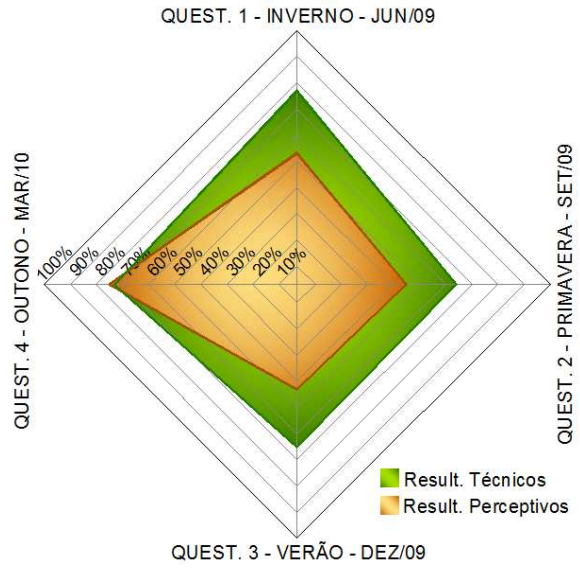
considerado como confortável, de 29℃ para 27℃, os valores técnicos ficam mais próximos dos perceptivos, como pode ser visualizado na Figura 7.13(B). Nota-se, assim, que o comportamento dos dados perceptivos e técnicos das duas salas da EEC, apesar de ter diferenças de valores, segue o mesmo padrão, tanto na temperatura, quanto na impressão dos usuários das duas salas.

SALA 06 – ESCOLA DE ENGENHARIA CIVIL




(A)

Resultados Térmicos adotando como zona de conforto a margem entre **18℃ e 29℃**




(B)

Resultados Térmicos adotando como zona de conforto a margem entre **18℃ e 27℃**

Figura 7.13 - Gráficos comparativos entre percepções do usuário e dados técnicos de temperatura da sala 06 da EEC

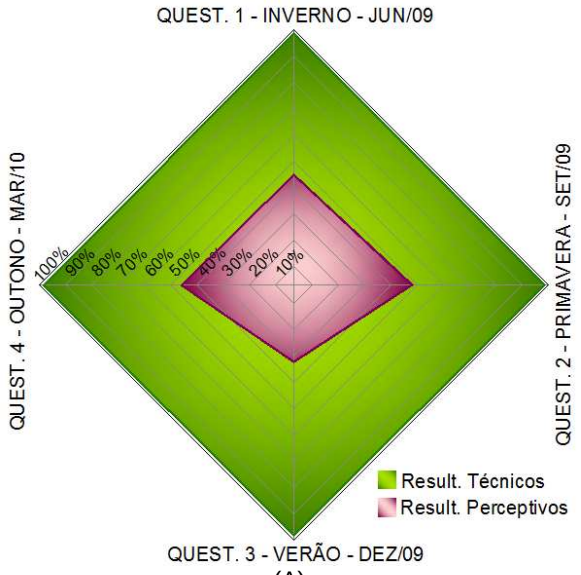
Na FAV, apesar de a maioria das temperaturas do interior das salas estarem inserida na zona de conforto, estas, em geral, são temperaturas mais altas que aquelas levantadas na EEC e, também, com menor variação dos valores, ou seja, se mantém mais constantes, ao longo dos dias. A Figura 7.14 apresenta o resultado das comparações dos dados técnicos e perceptivos da sala 01.

Assim como ocorreu na EEC, os usuários da FAV se mostraram menos satisfeitos com o conforto térmico das salas de aula, que o registrado pelos dados técnicos, tendo para a sala 01, no inverno, primavera e verão aproximadamente 45% dos usuários satisfeitos e, no verão, somente 32%. Da mesma forma, o distanciamento entre os dados técnicos considerados confortáveis e os resultados perceptivos também foi grande, quando se considera a temperatura máxima de 29℃. Quando essa temperatura é reduzida para 27℃, os valores ainda permanecem distantes, porém mais próximos do que na situação anterior (Figura 7.14).

Na sala 03 da FAV, os usuários se mostraram um pouco mais satisfeitos com as condições de conforto térmico oferecidas pela edificação, apresentando índices de satisfação entre

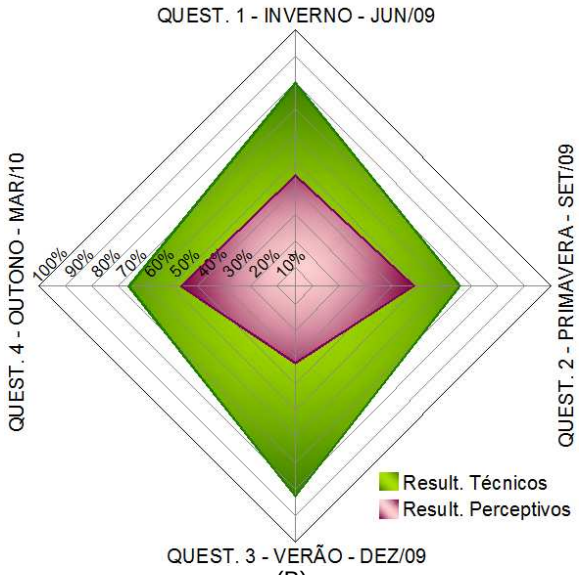
40% no outono e 60% na primavera, como ilustra a Figura 7.15. No entanto, estes valores ainda não alcançam a satisfação levantada pelos dados técnicos.

SALA 01 – FACULDADE DE ARTES VISUAIS




(A)

Resultados Térmicos adotando como zona de conforto a margem entre **18℃ e 29℃**

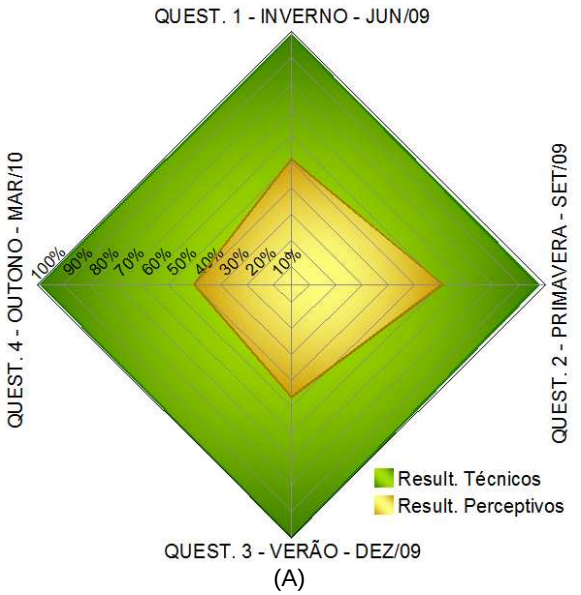



(B)

Resultados Térmicos adotando como zona de conforto a margem entre **18℃ e 27℃**

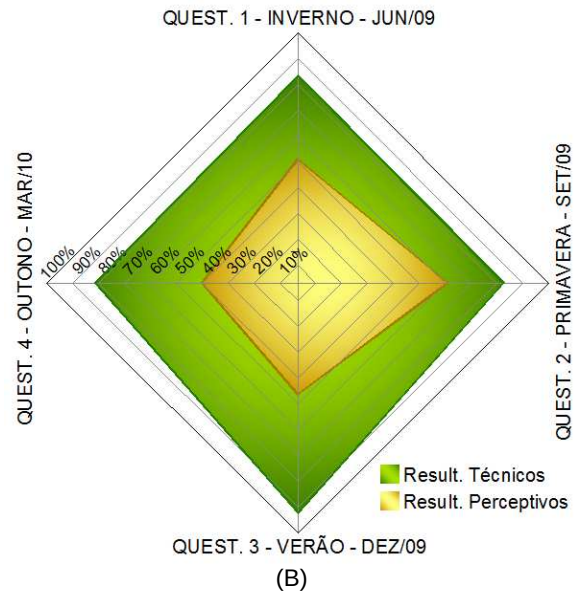
Figura 7.14 - Gráficos comparativos entre percepções do usuário e dados técnicos de temperatura da sala 01 da FAV

SALA 03 – FACULDADE DE ARTES VISUAIS




(A)

Resultados Térmicos adotando como zona de conforto a margem entre **18℃ e 29℃**




(B)

Resultados Térmicos adotando como zona de conforto a margem entre **18℃ e 27℃**

Figura 7.15 - Gráficos comparativos entre percepções do usuário e dados técnicos de temperatura da sala 01 da FAV

Assim como na sala 01, se limitado a 29℃, a máxima temperatura, na sala 03 a grande maioria dos dados fica inserida na zona de conforto, como pode ser notado na Figura 7.15(A). Já com o limite fixado em 27℃, estas porcentagens são reduzidas, porém com níveis de conforto ainda superiores aos encontrados para a sala 01. Acredita-se que a

ventilação existente na sala 03 tem melhor desempenho que a sala 01, em função de essa sala possuir sua porta abrindo para um hall, ligado diretamente ao exterior da edificação, o que propicia maior circulação do ar e é, provavelmente, a razão das maiores variações de temperaturas registradas nessa sala.

## 7.3. CONFORTO ACÚSTICO

Como não foi possível realizar as medições acústicas, ao longo de todas as estações do ano, foi feita uma média dos resultados obtidos por meio dos questionários, em ambas as edificações, e estas médias são comparadas aos resultados técnicos, obtidos com a sala em atividade normal. Foi considerado, como limite de pressão sonora, o valor de 65 dB, que representa o nível emitido pela voz humana, no caso o professor em classe. Dessa forma, o percentual técnico de satisfação foi definido pela relação entre a quantidade de leituras inferiores ao valor limite adotado e a quantidade total de leituras. Já, para os dados perceptivos, o percentual de satisfação foi calculado a partir da quantidade de respostas positivas às questões 15, 16, 18,19 e 20, do questionário aplicado (item 3.3.6).

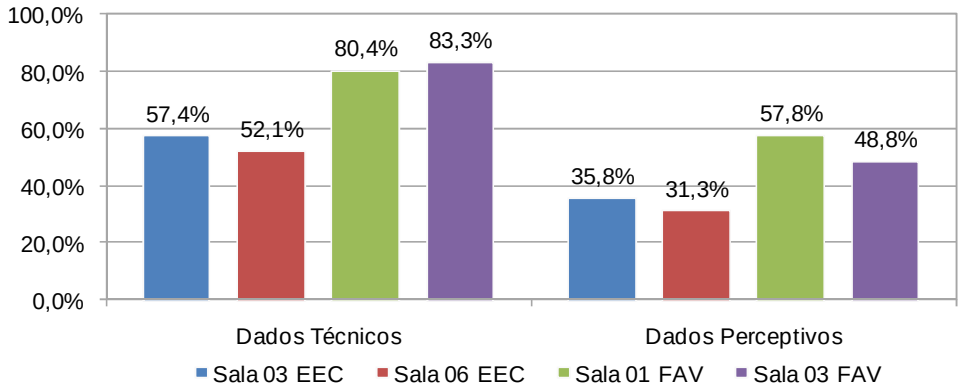



Figura 7.16 - Gráficos comparativos entre percepções do usuário e dados técnicos de acústica

Dentro destas limitações, têm-se os resultados ilustrados na Figura 7.16, onde nota-se que, nas salas de aula da EEC, tanto os dados técnicos, quanto os dados perceptivos apresentaram níveis de satisfação inferiores aos da FAV. Isto se deve ao fato de a EEC estar em contato com grande quantidade de ruído advindo, principalmente, do tráfego de veículos na praça universitária, e que gera um perceptível incômodo para os usuários das salas, que manifestaram somente 35% e 30% de satisfação, para as salas 03 e 06. Este desconforto é acentuado, principalmente, se as janelas estiverem abertas, o que ocorre, na maioria do tempo devido às temperaturas que geram desconforto por calor, criando, assim, a necessidade de a sensação térmica ser abrandada pela ventilação natural.

O contexto da FAV é totalmente diferenciado, pois ali não são presentes grandes fontes geradoras de ruídos. Geralmente, o que existe é proveniente das próprias atividades da escola, como aulas ao ar livre e concentração de alunos nos corredores, e áreas de recreação como lanchonetes e pátios. Estas características são refletidas nos dados técnicos, como pode ser visualizado na Figura 7.16. Cerca de 80% dos dados está abaixo de 65 dB. No entanto, os usuários apresentaram algumas reclamações em relação aos ruídos da cantina e das áreas de circulação.

# CAPÍTULO 8
# CONCLUSÕES

Neste capítulo são apresentadas as conclusões e algumas considerações finais acerca dos resultados obtidos com a avaliação, que foi desenvolvida nas edificações da Escola de Engenharia Civil e da Faculdade de Artes Visuais, da UFG.

## 8.1. CONCLUSÕES

Com a análise dos resultados, pode-se perceber que ambas as edificações possuem deficiências de desempenho ambiental, em muito acentuadas por elementos arquitetônicos que influem de forma positiva, em uma área de conforto, e negativa, em outra.

A discussão dos resultados obtidos, durante a pesquisa, será subdividida em quatro pontos de análise, para que sejam apresentados com maior clareza.

### 8.1.1. Influência dos elementos arquitetônicos no conforto lumínico

Com base nos resultados obtidos, descritos anteriormente, pôde-se identificar comportamentos, tanto favoráveis ao desempenho, quanto desfavoráveis, de alguns elementos arquitetônicos que compõem as edificações.

Em nenhuma das edificações se encontrou, em todas as medições realizadas ao longo de um dia, médias de iluminância que atinjam o mínimo recomendado pela NBR 5413 (ABNT, 1992), apesar de as aberturas cumprirem o mínimo requerido pelo código de edificações da cidade de Goiânia. Acredita-se que esses resultados são decorrentes de diferentes aspectos, para cada uma das edificações. Neste contexto, podem ser citados, primeiramente, os brises horizontais fixos, existentes na fachada norte da Faculdade de Artes Visuais, que desempenham bem a função de proteger as esquadrias da radiação solar direta, o que, provavelmente contribui, para menor variação das temperaturas no interior das salas de aula, porém este mesmo elemento, por possuir grandes dimensões e não possuir mobilidade, gera uma perda no desempenho, que a iluminação natural poderia alcançar nestes ambientes.

Na Escola de Engenharia Civil, as esquadrias voltadas para a fachada norte também se utilizam de *brises* fixos; no entanto, estes acontecem no perímetro da abertura e acredita-se

que desempenham adequadamente a função de proteção solar, sem grandes interferências na iluminância natural da sala 06 e no corredor. Contudo, os brises desta fachada parecem ter sido concebidos como elementos estéticos, por estarem dispostos alternadamente nas janelas. Acredita-se que a sua utilização, em todas as janelas da fachada norte, colaboraria para redução da intensidade de radiação direta que permeia os ambientes da EEC. Essa edificação possui ainda película fumê, aplicada sobre os vidros das janelas baixas, essa solução arquitetônica prejudica a iluminação natural nas salas, estando as janelas abertas ou fechadas e gera perdas, principalmente, nas áreas próximas às janelas, de até 80%. Esse elemento também não permite o controle, por parte do usuário, da entrada de iluminação.

Os maiores coeficiente de uniformidade calculados foram na sala 06 da EEC. O valor mais próximo de 1 foi 0,59, registrado nessa sala, no período de inverno, às 10 horas. Essa média maior dos coeficientes de uniformidade, na sala 06, acontece em decorrência da distribuição das esquadrias. Essa é a única sala que possui janelas com área de iluminação em ambas as fachadas, o que permite entrada de luz pelas duas extremidades da sala, deixando, assim, a iluminação natural mais homogênea na área do ambiente. Na sala 03 a iluminação natural fica mais prejudicada, quanto mais distante da janela fica o ponto. Como só há janelas na fachada sul, a extremidade norte da sala fica mais escura. Este comportamento reduz o coeficiente de uniformidade da sala. Em ambas as salas da FAV, os coeficientes de uniformidade encontrados foram inferiores aos das salas da EEC. Isso ocorre por um agravante presente nesses ambientes, que é o sombreamento gerado pelo brise e pela passarela externa. Com as esquadrias somente na face norte das salas, a extremidade sul apresenta valores muito inferiores. Essa grande variação é refletida nos baixos coeficientes de uniformidade.

Os níveis de iluminância nos quadros negros, de ambas as edificações, não foram satisfatórios, pois tiveram valores com iluminação natural abaixo do recomendado pela NBR 5413 (ABNT, 1992). No caso da FAV, já seria uma melhoria nessa iluminação se o armário que fica entre o quadro e a janela fosse trocado de local, pois esse mobiliário barra, quase que totalmente, a entrada da luz natural nesse ponto. Nas salas da EEC, a primeira folha das janelas, que fica mais próxima ao quadro, possui película totalmente opaca que barra qualquer entrada de luz e prejudica os resultados de iluminância do quadro negro. No entanto, acredita-se que, mesmo com a desobstrução da passagem da luz natural, os níveis de iluminância no quadro negro não atingiriam os 500 lux, somente com iluminação natural.

### 8.1.2. Desempenho térmico das edificações

Com relação ao conforto térmico, foi observado que na FAV, mesmo que tecnicamente as salas estejam dentro da zona de conforto, o desempenho térmico é julgado como insatisfatório pela maioria dos usuários dos ambientes. Acredita-se que a dissipação do ar quente, neste ambiente, torna-se mais difícil pela falta de circulação de ar, devido à existência de janelas somente em uma lateral da sala. Se comparada, as temperaturas que estão na zona de conforto da FAV, com as da EEC, nota-se que a FAV conta com mais horas inseridas na zona de conforto, mas que a média de temperatura dessas horas é mais alta que a média encontrada na EEC. Os resultados técnicos de graus horas mostram que na FAV, considerando o limite superior da zona de conforto (29℃), seria necessária a refrigeração do ambiente por 38 horas, na sala 01, e por 22 horas, na sala 03. Essa análise mostra como o *brise* fixo, existente na fachada norte da FAV, presta bom auxilio ao desempenho térmico dessa edificação. Já, na EEC os resultados mostram que seriam necessárias mais horas de refrigeração na sala 03, 318 horas, e na sala 06, 339 horas, sendo a sala 06 um pouco mais quente, pela contribuição de calor recebida na parede da fachada norte.

A FAV apresenta, durante o inverno, maior amortecimento das temperaturas externas na sala 01. Esse período é o que tem as altas amplitudes. O amortecimento da sala 01 no inverno foi de 8,9℃, comparado a 6,9℃, nas salas da EEC; porém, o amortecimento da sala 03 não é tão eficiente, tendo valor inferior ao das salas da EEC, com 4,8℃. Acredita-se que essa diferença de desempenho entre as duas salas da FAV, ocorre em função do posicionamento das mesmas ao longo da edificação. A sala 03 fica mais a oeste do bloco e recebe mais insolação ao longo do dia se comparada a sala 01, que está mais a leste do bloco. A sala 01 permanece por mais tempo fechada, pois tem menor quantidade de aulas ao longo da semana e recebe, ainda, sombreamento extra, pelo ângulo de 90° que a passarela faz nesse ponto.

### 8.1.3. Influências exercidas sobre o conforto acústico

A forma como estão distribuídos os ambientes na FAV, com a lanchonete da escola localizada ao lado da sala 01, gera problemas acústicos, originados pelo ruído das atividades de recreação dos alunos. Na sala 03, apesar de mais distante, os alunos também se declaram incomodados por estes ruídos. Acredita-se que a passarela de pedestres pode atuar, neste caso, como propagadora dos ruídos, pois, sua cobertura é metálica e côncava e através da observação no local foi possível perceber a amplitude que os sons chegam

abaixo dela. A readequação desta organização dos ambientes, afastando a área recreativa das salas de aula, pode ser uma solução para esta fonte de ruído, bem como a escolha de material menos reflexivo para execução das passarelas. Na EEC, a fonte geradora de ruídos é bem mais complexa, por se tratar do tráfego urbano, que mesmo com certo distanciamento, existente atualmente da edificação para a via ruidosa, não propicia o conforto acústico necessário às salas de aula, principalmente para a sala 06. Poderia se propor, para essa situação, a substituição do cercamento externo por um muro, que atuaria, assim, como uma barreira acústica. Outra solução seria a instalação de esquadrias acústicas, com vidro duplo e vedadas; no entanto, essa solução iria requerer que as esquadrias permanecessem fechadas, o que prejudica o conforto térmico.

### 8.1.4. Correlação entre dados técnicos e qualitativos

Em ambas as escolas, a maior insatisfação por parte dos usuários foi o desconforto gerado pelo calor, fator que demonstra que estes usuários toleram e convivem com o clima local, que apresenta valores altos de temperaturas, porém não se adaptaram confortavelmente a tais condições.

Por meio dos parâmetros técnicos de conforto térmico levantados nas duas edificações, poderia se considerar, que em algumas situações, os ambientes analisados atendem aos requisitos de conforto térmico. Porém, quando se questionou aos usuários, a maioria das respostas obtidas mostrou um direcionamento contrário, ou seja, uma insatisfação para com o ambiente que se mostrou tecnicamente confortável. Foi notada, também, o quadro inverso, ou seja, situações em que o ambiente não se enquadra dentro dos parâmetros técnicos do conforto lumínico, porém a percepção dos usuários se mostra como apresentado (oferecendo conforto).

Os usuários em mais de um confronto entre dados técnicos e perceptivos expuseram opiniões não condizentes com o que foi levantado tecnicamente, como no caso da iluminação na FAV. Nesse caso, ela é tecnicamente insatisfatória, mas confortável do ponto de vista dos usuários. Ou então, na avaliação do conforto térmico, que deteve grande maioria dos dados inseridos na faixa de 18℃ à 29℃ , porém os usuários, em sua maioria, se mostraram insatisfeitos com as condições térmicas. Quando reduzido esse limite máximo de 29℃ para 27℃, limite para países desenvolvidos (Givone, 1992), os dados técnicos e perceptivos se tornam mais próximos.

## 8.2. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O edifício trabalha como um grande sistema, inter-relacionando uma diversidade de variáveis, que necessitam estar em harmonia para se obter um bom funcionamento e para que haja, por parte dos usuários, uma apropriação destes espaços. Os desempenhos térmico, acústico ou lumínico são suscetíveis às condicionantes e variáveis, que, por vezes, se mostram subjetivas, principalmente no que tange às análises perceptivas ou qualitativas. Entre os fatores que agem sobre o edifício, a maneira como acontece a apropriação dos espaços da edificação pelos usuários, por vezes alterando as formas de ocupação previstas na concepção do projeto, é uma influência para o desempenho da edificação, inclusive nos aspectos inerentes ao conforto ambiental.

Na FAV com o objetivo de se melhorar o desempenho lumínico das salas, recomenda-se a utilização de *brises* móveis e em menores dimensões, ou, ainda, a composição diferenciada das esquadrias para orientação solar norte, que permitisse a utilização de outra tipologia de *brise*. Se mantidas estas tipologias de janelas, a orientação solar deve ser diferenciada, para se melhorar esta relação entre desempenho térmico e lumínico nas salas da FAV. A mudança das cores internas das salas, para tons mais claros e reflexivos, também pode colaborar na melhoria dos níveis de iluminação natural. Já, com relação às películas existente na EEC, uma alternativa seria a substituição por cortinas, ou outro elemento que dê uma solução mais flexível, permitindo, quando necessário, utilizar todo o potencial da iluminação natural ou barrar a entrada desta. Soluções arquitetônicas que permitam a utilização de iluminação zenital, também são um bom artifício para melhorar o desempenho lumínico. Esse tipo de iluminação, de acordo com a bibliografia, quando adequadamente planejado, oferece altos níveis de iluminância e contribui na melhoria do coeficiente de uniformidade, sem interferir significativamente no conforto térmico.

Para o conforto térmico, acredita-se que a existência de janelas altas, na outra lateral das salas de aula da FAV, possibilitaria maior circulação do ar no interior das salas e uma redução na média das temperaturas. Também seria uma alternativa, a avaliação custo-benefício de se trabalhar um sistema de resfriamento geotérmico, afinal a temperatura da terra é praticamente constante ao longo de todo o ano, mesmo quando o ar apresenta valores mais elevados, como ocorre no clima da cidade de Goiânia, na maior parte do tempo. Seria uma alternativa interessante, também para a EEC, visto que os seus usuários também se mostram insatisfeitos com o conforto térmico das salas.

E no que diz respeito ao conforto acústico, uma possível solução seria a implantação de barreiras acústicas, buscando reduzir este ruído. Um maior isolamento da sala necessitaria

ser completo, incluindo as aberturas que permaneceriam fechadas, gerando, assim, um conflito com o bom desempenho da ventilação natural.

## 8.3. RECOMENDAÇÕES PARA FUTUROS TRABALHOS

Tendo consciência da complexidade envolvida ao se tentar contemplar o conforto ambiental de forma técnica conjugada aos aspectos subjetivos da avaliação da percepção dos usuários, prevê-se que é necessário abranger outros pontos de discussão ou ainda aprofundar aqueles expostos no presente estudo. Desta maneira, julgou-se necessário sugerir algumas recomendações para futuros trabalhos:

- Confrontar dados térmicos do período de ocupação da escola com aqueles do ambiente sem utilização, em situação climática semelhante, buscando identificar os ganhos térmicos gerados pela utilização das salas de aula.

- Na realização de questionários com respostas objetivas, buscar um grupo focal, no qual os usuários possam ser diretamente entrevistados pelo pesquisador, o qual poderá, assim, identificar com maior clareza e aprofundar o entendimento das percepções destes usuários, evitando assim as contradições comuns nas respostas dos questionários não assistidos.

- Em relação ao desempenho lumínico, realizar análises relativas às variáveis do Fator de luz diurna das salas de aula. Seria interessante coletar dados relativos à luminância, para se identificar ofuscamentos.

- Aprofundar as análises acústicas das edificações, envolvendo análise das freqüências dos ruídos e da reverberação no ambiente.

# REFERÊNCIAS

ABNT: ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 5382:** Verificação de iluminância de Interiores. Rio de Janeiro, 1985.

_____. **NBR 5413**: Iluminância de Interiores. Rio de Janeiro, 1992.

_____. **NBR 10151**: Acústica - Avaliação do ruído em áreas habitadas, visando o conforto da comunidade – Procedimento. Rio de Janeiro, 2000.

_____. **NBR 10152**: Níveis de ruído para conforto acústico. Rio de Janeiro, 1987.

_____. **NBR 15215-1**: Iluminação Natural – parte 1: Conceitos básicos e definições. Rio de Janeiro, 2005.

_____. **NBR 15215-2:** Iluminação Natural – parte 2: Procedimento de cálculo para a estimativa da disponibilidade de luz natural. Rio de Janeiro, 2005.

_____. **NBR 15215-3:** Iluminação Natural – parte 3: Procedimento de cálculo para a determinação da iluminação natural em ambientes internos. Rio de Janeiro, 2005.

_____. **NBR 15215-4:** Iluminação Natural – parte 4: Verificação experimental das condições de iluminação interna de edificações: Método de medição. Rio de Janeiro, 2005.

_____. **NBR 15220-1:** Desempenho térmico de edificações – parte 1: Definições, símbolos e unidades. Rio de Janeiro, 2005, 8 p.

_____. **NBR 15220-2:** Desempenho térmico de edificações – parte 2: Métodos de cálculo da transmitância térmica, da capacidade térmica, do atraso térmico e do fator solar de elementos e componentes de edificações. Rio de Janeiro, 2005, 34 p.

_____. **NBR 15220-3:** Desempenho térmico de edificações – parte 3: Zoneamento bioclimático brasileiro e diretrizes construtivas para habitações unifamiliares de interesse social. Rio de Janeiro, 2005, 30 p.

_____. **NBR 15220-4:** Desempenho térmico de edificações – parte 4: Medição da resistência térmica e da condutividade térmica pelo princípio da placa quente protegida. Rio de Janeiro, 2005, 10 p.

_____. **NBR 15220-5:** Desempenho térmico de edificações – parte 5: Medição da resistência térmica e da condutividade térmica pelo método fluximétrico. Rio de Janeiro, 2005, 10 p.

_____. **NBR 15575-1:** Edifícios habitacionais de até cinco pavimentos – Desempenho. parte 1: Requisitos gerais. Rio de Janeiro, 2010, 58 p.

_____. **NBR 15575-2:** Edifícios habitacionais de até cinco pavimentos – Desempenho. parte 2: Requisitos para os sistemas estruturais. Rio de Janeiro, 2010, 35 p.

_____. **NBR 15575-3:** Edifícios habitacionais de até cinco pavimentos – Desempenho. parte 3: Requisitos para os sistemas de pisos internos. Rio de Janeiro, 2010, 39 p.

_____. **NBR 15575-4:** Edifícios habitacionais de até cinco pavimentos – Desempenho. parte 4: Sistemas de vedações verticais externas e internas. Rio de Janeiro, 2010, 53 p.

_____. **NBR 15575-5:** Edifícios habitacionais de até cinco pavimentos – Desempenho. parte 5: Requisitos para sistemas de coberturas. Rio de Janeiro, 2010, 55 p.

ABIKO, A. K.; ORNSTEIN, S. W.: Inserção urbana e avaliação pós-ocupação (APO) da habitação de interesse social. **Coletânea HABITARE/FINEP**, Campinas, v. 1, 373 p. 2002.

ADRIAZOLA, M. K. O.: **Avaliação do desempenho térmico de salas de aula do CEFET – PR, unidade de Curitiba**. 2002. 193 p. Dissertação (Mestrado em Tecnologia) – Programa de Pós-graduação em Tecnologia, Centro Federal de Educação Tecnológica do Paraná, Curitiba, 2002.

ADRIAZOLA, M. K. O.; KRÜGER, E. L.; TAKEDA, N. I.: Avaliação de desempenho térmico em escolas emergenciais da região de Curitiba. *In*: CONFERÊNCIA LATINO-AMERICANA DE CONSTRUÇÃO SUSTENTÁVEL E ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO – ENTAC, 2004, São Paulo. **Anais...** São Paulo, 2004. 8 p.

ADRIAZOLA, M. K. O.; KRÜGER, E. L.: Avaliação de desempenho térmico de salas de aula do CEFET – PR . *In*: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO – ENTAC, 2002, Foz do Iguaçu. **Anais...** Foz do Iguaçu, 2002. 8 p.

ALVES F. J.: **Influência da composição do tráfego sobre o ruído gerado por rodovias.** Florianópolis: Universidade Federal de Santa Catarina, 1997.

AMORIM, C. N. D. Iluminação Natural e Eficiência Energética – Parte I: Estratégias de Projeto para uma arquitetura sustentável. **Periódico eletrônico em Arquitetura e Urbanismo Paranoá**, Brasília, Vol.4, 2002.

ANDRADE, S. F.: **Estudo de estratégias bioclimáticas em Florianópolis**. 1996. 135 p. Dissertação (Mestrado em Arquitetura e Urbanismo) – Programa de Pós-graduação em Arquitetura e Urbanismo, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 1996.

ARAÚJO, V. M. D.: Aplicação de método de simulação do desempenho térmico de edificações. **Boletim Técnico do Departamento de Engenharia de Construção Civil**. Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 1998. 20 p.

AZEVEDO, G. A. N.: **Arquitetura escolar e educação: um modelo conceitual de abordagem interacionista.** 2002. 236 p. Tese (Doutorado em Engenharia de Produção) – Programa de Pós-graduação em Engenharia, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2002.

AZEVEDO, G. A. N.; BECK, L. M.; CASTRO, I. S.; FERREIRA C. S. C.; MARQUES, F. M.; SANTOS, C. M. L.: Avaliação pós-ocupação em ambiente destinado à educação infantil: uma abordagem multimétodos. *In*: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA NO AMBIENTE CONSTRUÍDO – ENTAC, 2006, Florianópolis. **Anais...** Florianópolis, 2006. 10 p.

AZEVEDO, G. A. M.: Adequação e eficiência de sistemas construtivos na produção da arquitetura escolar do Rio de Janeiro. *In*: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO: QUALIDADE NO PROCESSO CONSTRUTIVO – ENTAC, 1998, Florianópolis. **Anais...** Florianópolis, 1998. 5 p.

BECKER, R.; GOLDBERG, I.; PACIUK, M. Improving energy performance of school buildings while ensuring indoor air quality ventilation. **Building and Environment**, Lausanne, v 42, n.9, p. 3261-3276, s.d.

BERNARDI, N.; KOWALTOWSKI, D. C. C. K.: Avaliação da interferência comportamental do usuário para a melhoria do conforto ambiental em espaços escolares: estudo de caso em Campinas – SP. *In*: ENCONTRO NACIONAL E ENCONTRO LATINO AMERICANO SOBRE CONFORTO NO AMBIENTE CONSTRUÍDO – ENCAC, 2001, São Pedro. **Anais...** São Pedro, 2001. 8 p.

BERTOLI, S. R.; FILHO, F. B.; KOWALTOWSKI, D. C. C. K.; LABAKI, L. C.; PINA, S. A. M. G.; RUSCHEL, R. C.: Melhoria do conforto ambiental em edificações escolares na região de Campinas. *In*: ENCONTRO NACIONAL DE CONFORTO NO AMBIENTE CONSTRUÍDO E

ENCONTRO LATINO AMERICANO DE CONFORTO NO AMBIENTE CONSTRUÍDO – ENCAC, 1999, Fortaleza. **Anais...** Fortaleza, 1999. 9 p.

BERTOLI, S. R.; URA, A. M.: A acústica das salas de aula das escolas da rede estadual de Campinas – SP. *In*: ENCONTRO DO SOBRAC, 1998, Florianópolis. **Anais...** Florianópolis, 1998. 4 p.

BISTAFA, S. Conscientização para o problema do ruído nas instalações hidráulicas prediais. **Revista Acústica e Vibrações**, vol.9, p. 5-17, 1991.

BONIN, L. C.; CERQUEIRA, E. A.; SATTLER, M. A.: Análise do conforto ambiental em edificação escolar. **Sitientibus**, Feira de Santana, n. 28, p. 77-90, 2003.

CAMARGO, M. B. P.; LANIA, D. G.; MORAES, J. F. L.; ROLIM, G. S.: Classificação climática de Köppen e de Thornthwaite e sua aplicabilidade na determinação de zonas agroclimáticas para o estado de São Paulo. **Bragantia**, Campinas, v. 66, n. 4, p. 711-720, 2007.

CERQUEIRA, E. A.: **Análise da intervenção ambiental de baixo custo em escola da rede pública de Feira de Santana**. 2001. 164 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Programa de Pós-graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2001.

CHENG, L. Y.; HARRIS, A. L. N. C.: A inferência nebulosa aplicada à análise de dados na avaliação pós-ocupação. *In*: ENCONTRO NACIONAL DE CONFORTO NO AMBIENTE CONSTRUÍDO E ENCONTRO LATINO AMERICANO DE CONFORTO NO AMBIENTE CONSTRUÍDO – ENCAC, 1999, Fortaleza. **Anais...** Fortaleza, 1999. 8 p.

COUTINHO, A. S; COUTINHO, E. F; SILVA, E. C. S; SILVA, L. B. **Avaliação de conforto ambiental em uma escola municipal em João Pessoa. João Pessoa**: Centro de Tecnologia e Departamento de engenharia e produção – PROBEX, s.d. Artigo.

DUARTE, E. A. C.: **Estudo do isolamento acústico das paredes de vedação da moradia brasileira ao longo da história**: parte 1. 2005. 56 p. Dissertação (Mestrado em Arquitetura e Urbanismo) – Programa de Pós-graduação em Arquitetura e Urbanismo, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2005.

DUARTE, E. A. C.: **Estudo do isolamento acústico das paredes de vedação da moradia brasileira ao longo da história**: parte 2. 2005. 43 p. Dissertação (Mestrado em Arquitetura e Urbanismo) – Programa de Pós-graduação em Arquitetura e Urbanismo, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2005.

DUARTE, E. A. C.; RODRIGUES, K. B.; VIVEIROS, E. B.: Acústica arquitetônica no imaginário popular. *In*: ENCONTRO NACIONAL E LATINO AMERICANO DE CONFORTO NO AMBIENTE CONSTRUÍDO – ENCAC, 2007, Ouro Preto. **Anais...** Ouro Preto, 2007. 9 p.

ELALI, G. A.: A APO como subsídio para a elaboração de normas para pré-escolas em Natal - RN. *In*: NUTAU, 2002, São Paulo. **Anais...** São Paulo, 2002. 11 p.

ELETRIC POWER RESEARCH INSTITUTE. **Advanced lighting guidelines**. Washington: California Energy Commission. U. S. Departamente of energy, 1993.

FANGER, P. O.: **Thermal Confort: analysis and applications in environmental engineering**. New York: McGraw-Hill, 1972.

FÁVERO, M. L. A.: A universidade no Brasil: das origens à reforma universitária de 1968. **Educar**, Curitiba, n. 28, p. 17-36, 2006.

FERNANDES, A. M. C. P. **Clima, Homem e Arquitetura**. Goiânia: Editora Trilhas Urbanas, 2006.

FERREIRA, F. C.: **Procedimento de avaliação de conforto ambiental e eficiência energética aplicado a um caso típico da rede estadual de escolas públicas de Minas**

**Gerais**. 2006. 258 p. Dissertação (Mestrado em Arquitetura e Urbanismo) – Programa de Pós-graduação em Arquitetura e Urbanismo, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2006.

FIGUEIREDO, T.; LOSSO, M. A.; VIVEIROS, E. B.: **Avaliação físico construtiva de escolas estaduais catarinenses visando o conforto acústico**. Florianópolis: Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil / Universidade Federal de Santa Catarina, 2003. 8 p.

FRITSH, R. C.: **Avaliação do ruído urbano**: o caso da área central de Passo Fundo. 2006. 182 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia) – Programa de Pós-graduação em Engenharia, Universidade de Passo Fundo, Passo Fundo, 2006.

FROTA, A. B.; SCHIFFER, S. R. **Manual de Conforto Térmico**. 3 ed. São Paulo: Studio Nobel, 2001.

GHISI, E.; LAMBERTS, R.: Influência das características reflexivas da luminária e da refletância das paredes na potência instalada em sistemas de iluminação. *In*: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO: QUALIDADE NO PROCESSO CONSTRUTIVO – ENTAC, 1998, Florianópolis. **Anais...** Florianópolis, 1998. 9 p.

GHISI, E.; LAMBERTS, R.: **Avaliação das condições de iluminação natural nas salas de aula da Universidade Federal de Santa Catarina**. Florianópolis: Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil / Universidade Federal de Santa Catarina, 2003. 6 p.

GIGLIO, T. G. F.; BARBOSA, M. J.: Aplicação de métodos de avaliação do desempenho térmico para analisar painéis de vedação em madeira. **Ambiente Construído**, Porto Alegre, v. 6, n. 3, p. 91-103, 2006. ISSN 1415-8876.

GIVONI, B. **Climate considerations in building and urban design**. New York: Van Nostrand Reinhold, 1997.

GOMES, C. H. G.: **Análise dos níveis de conforto térmico em um edifício de escritórios na cidade de Maringá**. 2003. 129 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Programa de Pós-graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2003.

GOULART, S. V. G.: **Dados climáticos para projeto e avaliação energética de edificações para 14 cidades brasileiras.** 2. Ed. Florianópolis: Núcleo de Pesquisa em Construção/UFSC, 1998. 345 p.

GRAÇA, V. A. C.; KOWALTOWSKI, D. C. C. K.: Metodologia de avaliação de conforto ambiental de projetos escolares usando o conceito de otimização multicritério. **Ambiente Construído**, Porto Alegre, v. 4, n. 3, p. 19-35, 2004.

HÖPPE, P. Comfort Requirements in Indoor Climate. **Energy and Buildings**. Lausanne, v.11, n. 1-3, p. 249-257, 1988.

JIANG, T. Can Noise levels at school gymnasia cause hearing loss: A case study of a physical education teacher. *In*: NOISECON. 1997. The Pennsylvania State University Park.

KOTTEK, M.; RUBEL, F.: Observed and projected climate shifts 1901-2100 depicted by world maps of the Köppen-Geiger climate classification. **Meteorol. Z**. Vienna, Austria, University of Veterinary Medicine of Vienna, n. 19, p. 135-141, 2010.

KRÜGER, E. L.; LAROCA, C.: Thermal performance evaluation of a low-cost housing prototype made with plywood panels in Southern Brazil. **Applied Energy**. 2009. 12 p.

LAMBERTS, R.: **Eficiência energética na arquitetura.** 1. Ed. São Paulo: PW, 1997. 192 p.

LAMBERTS, R; XAVIER, A. **Apostila de Conforto Térmico e Stress Térmico**. Florianópolis: Laboratório de Eficiência Energética em Edificações/ Universidade Federal de Santa Catarina, 2002.

LAMBERTS, R.; PAPST, A. L.: Uma metodologia para especificar e avaliar o desempenho térmico de edificações residenciais unifamiliares, aplicada a Londrina – PR. **Ambiente Construído**, Porto Alegre, v. 2, n. 1, p. 15-28, 2002. ISSN 1415-8876.

LAMBERTS, R.; PAPST, A. L.: Desempenho térmico de 3 edificações residenciais em Florianópolis – SC. *In*: ENCONTRO NACIONAL DE CONFORTO NO AMBIENTE CONSTRUÍDO E ENCONTRO LATINO AMERICANO DE CONFORTO NO AMBIENTE CONSTRUÍDO – ENCAC, 1999, Fortaleza. **Anais...** Fortaleza, 1999. 8 p.

LEÃO, M.: **Desempenho térmico em habitações populares para regiões de clima tropical**: estudo de caso em Cuiabá – MT. 2006. 120 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Programa de Pós-graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal de Mato Grosso, Cuiabá, 2006.

LEITE, B. C. C.: **Análise do desempenho de edifícios de escritórios automatizados através da avaliação pós-ocupação**. 1997. 401 p. Dissertação (Mestrado em Arquitetura e Urbanismo) – Programa de Pós-graduação em Arquitetura e Urbanismo, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1997.

LIBOS, P. R. R.: **Estudo das condições térmicas e lumínicas em três habitações unifamiliares no Conjunto Habitacional Grande Morada da Serra – Cuiabá - MT**. 2007. 139 p. Dissertação (Mestrado em Física e Meio Ambiente) – Programa de Pós-graduação em Física e Meio Ambiente, Universidade Federal de Mato Grosso, Cuiabá, 2007.

LOSSO, M. A. F.: **Qualidade acústica de edificações escolares em Santa Catarina**: avaliação e elaboração de diretrizes para projeto e implantação. 2003. 168 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Programa de Pós-graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2003.

LOSSO, M.; VIVEIROS, E. B.: Gesso acartonado e isolamento acústico: teoria versus prática no Brasil. *In*: CONFERÊNCIA LATINO-AMERICANA DE CONSTRUÇÃO SUSTENTÁVEL E ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO – ENTAC, 2004, São Paulo. **Anais...** São Paulo, 2004. 12 p.

MARTINS, C. A.; MILEO, A. P. S.; ORNSTEIN, S. W.: Avaliação Pós-ocupação (APO) e a arquitetura escolar na grande São Paulo: parâmetros para a qualidade de projeto. *In*: NUTAU, 1996, São Paulo. **Anais...** São Paulo, 1996. 6 p.

MATOS, M.: **Simulação computacional do desempenho térmico de residências em Florianópolis utilizando a ventilação natural**. 2007. 109 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Programa de Pós-graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2007.

MENDONÇA, A. D. A.: **Memória e espaço: arquitetura, história e universidade. A experiência da UFG (1960 – 1991).** 2004. 47 p. Monografia (Especialização em História) – Programa de Pós-graduação em História, Universidade Federal de Goiás, Goiânia, 2004.

MOREIRA, N. S.: **Espaços educativos para a escola de ensino médio: proposta para as escolas do estado de São Paulo**. 2005. 350 p. Tese (Doutorado em Arquitetura e Urbanismo) – Programa de Pós-graduação em Arquitetura e Urbanismo, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2005.

MORELLO, A.: **Avaliação do comportamento térmico do Protótipo Habitacional Alvorada**. 2005. 180 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Programa de Pós-graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2005.

NUNES, M. F. O. **Avaliação de Percepção do Ruído Aeronáutico em Escolas**. 2005. Tese (Doutorado em Engenharia Civil) – Programa de Pós-graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2005.

ORNSTEIN, S.; ROMERO, M. **Avaliação pós-ocupação do ambiente construído**. São Paulo: Studio Nobel, 1992.

PEREIRA, F. O. R; SOUZA, M. B. **Apostila de conforto ambiental – iluminação**. Florianópolis: Programa de Pós Graduação em Arquitetura e Urbanismo/ Universidade Federal de Santa Catarina, 2000.

PIETROBON, C. E.: **Luz e calor no ambiente construído escolar e o sombreamento arbóreo: conflito ou compromisso com a conservação de energia?.** 1999. 554 p. Tese (Doutorado em Engenharia de Produção) – Programa de Pós-graduação em Engenharia de Produção, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 1999.

RIVERO, R.: **Arquitetura e clima: acondicionamento térmico natural**. Tradução José Miguel Aroztegui. Porto Alegre: D.C. Luzzatto Editores: Ed. da Universidade, UFRGS, 1985.

ROMÉRO, M. A.; VIANNA, N. S.: Procedimentos metodológicos para a avaliação pós-ocupação em conjuntos habitacionais de baixa renda com ênfase no conforto ambiental. **Ambiente Construído**, Porto Alegre, v. 2, n. 3, p. 71-84, 2002. ISSN 1415-8876.

SCHMID, C.; THIBAULT, L.: **Classroom Acoustics – Success through Partnering between a Scientific Society and the U. S. Government**. *In*: Proceedings of International Congress on Acoustics, 17. Rome, 2001.

SZOKOLAY, S.V. **Environmental science handbook**. Lancaster: The Construcion Press, 1980.

VIANNA, N. S.: Análise crítica do ensino de conforto ambiental nas escolas de arquitetura. *In*: ENCONTRO NACIONAL E ENCONTRO LATINO AMERICANO SOBRE CONFORTO NO AMBIENTE CONSTRUÍDO – ENCAC, 2001, São Pedro. **Anais...** São Pedro, 2001. 7 p.

XAVIER, A. A. P.: **Condições de conforto térmico para estudantes de 2º grau na região de Florianópolis**. 1999. 209 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Programa de Pós-graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 1999.

WESTPHAL, F. S.: Atendimento aos requisitos de desempenho térmico e lumínico no projeto de arquitetura. *In*: FÓRUM ASBEA E ENCONTRO REGIONAL, 2010, São Paulo. **Anais...** São Paulo, 2010. 40 p.

# APÊNDICE A – TABELAS DAS ILUMINÂNCIAS DAS SALAS DA EEC

Tabela A.1 Dados de iluminância levantados na Sala 03 EEC no dia 25/06/2009

| Medição 8h - 25/06/2009 | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
| A | 112 | 158 | 77 | 57 | 149 | 130 |
| B | 93 | 78 | 81 | 62 | 105 | 98 |
| C | 87 | 70 | 86 | 72 | 74 | 57 |
| D | 58 | 50 | 52 | 63 | 64 | 47 |
| E | 38 | 37 | 39 | 48 | 48 | 37 |
| F | 32 | 34 | 39 | 43 | 41 | 33 |
| Iluminância Média (lux) | | | | | | 69 |

| Medição 10h - 25/06/2009 | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
| A | 244 | 337 | 138 | 131 | 327 | 321 |
| B | 195 | 198 | 173 | 145 | 246 | 188 |
| C | 165 | 144 | 145 | 156 | 141 | 129 |
| D | 125 | 114 | 123 | 134 | 133 | 93 |
| E | 87 | 77 | 89 | 96 | 95 | 74 |
| F | 74 | 73 | 74 | 92 | 79 | 72 |
| Iluminância Média (lux) | | | | | | 148 |

| Medição 12h - 25/06/2009 | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
| A | 731 | 1080 | 365 | 302 | 868 | 793 |
| B | 620 | 522 | 449 | 461 | 606 | 550 |
| C | 416 | 368 | 409 | 373 | 410 | 318 |
| D | 280 | 245 | 276 | 289 | 270 | 196 |
| E | 196 | 171 | 216 | 228 | 207 | 167 |
| F | 164 | 178 | 193 | 179 | 132 | 160 |
| Iluminância Média (lux) | | | | | | 382 |

| Medição 14h - 25/06/2009 | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
| A | 440 | 650 | 219 | 187 | 522 | 477 |
| B | 373 | 314 | 270 | 277 | 364 | 331 |
| C | 249 | 220 | 245 | 223 | 246 | 191 |
| D | 168 | 147 | 165 | 173 | 162 | 117 |
| E | 117 | 102 | 129 | 136 | 124 | 100 |
| F | 98 | 106 | 115 | 107 | 79 | 96 |
| Iluminância Média (lux) | | | | | | 229 |

| Medição 16h - 25/06/2009 | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
| A | 203 | 265 | 118 | 99 | 235 | 209 |
| B | 140 | 164 | 118 | 96 | 147 | 131 |
| C | 106 | 94 | 98 | 99 | 96 | 89 |
| D | 78 | 54 | 83 | 80 | 85 | 69 |
| E | 49 | 45 | 48 | 47 | 43 | 53 |
| F | 36 | 42 | 43 | 49 | 42 | 35 |
| Iluminância Média (lux) | | | | | | 100 |

| Medição 18h - 25/06/2009 | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
| A | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
| B | 6 | 7 | 5 | 4 | 6 | 8 |
| C | 5 | 7 | 4 | 3 | 6 | 4 |
| D | 2 | 3 | 2 | 1 | 2 | 3 |
| E | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| F | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| Iluminância Média (lux) | | | | | | 3 |

Tabela A.2 – Dados de iluminância levantados na Sala 06 EEC no dia 25/06/2009

| Medição 8h - 25/06/2009 | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
| A | 96 | 36 | 74 | 67 | 47 | 145 |
| B | 50 | 43 | 59 | 50 | 50 | 72 |
| C | 23 | 30 | 33 | 28 | 39 | 40 |
| D | 21 | 23 | 21 | 20 | 19 | 28 |
| E | 20 | 23 | 22 | 18 | 21 | 26 |
| F | 26 | 28 | 18 | 16 | 24 | 35 |
| Iluminância Média (lux) | | | | | | 42,1 |

| Medição 10h - 25/06/2009 | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
| A | 470 | 229 | 335 | 312 | 214 | 476 |
| B | 267 | 237 | 268 | 233 | 236 | 280 |
| C | 171 | 184 | 194 | 157 | 189 | 210 |
| D | 142 | 174 | 178 | 162 | 160 | 194 |
| E | 180 | 204 | 182 | 158 | 193 | 225 |
| F | 272 | 279 | 169 | 169 | 196 | 297 |
| Iluminância Média (lux) | | | | | | 242,4 |

| Medição 12h - 25/06/2009 | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
| A | 1070 | 452 | 459 | 671 | 507 | 1044 |
| B | 600 | 593 | 565 | 497 | 528 | 775 |
| C | 342 | 367 | 353 | 306 | 358 | 384 |
| D | 296 | 311 | 312 | 290 | 324 | 333 |
| E | 336 | 334 | 310 | 295 | 345 | 385 |
| F | 657 | 479 | 303 | 290 | 362 | 720 |
| Iluminância Média (lux) | | | | | | 498,0 |

| Medição 14h - 25/06/2009 | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
| A | 1060 | 395 | 753 | 660 | 570 | 885 |
| B | 535 | 418 | 511 | 401 | 549 | 561 |
| C | 315 | 352 | 309 | 274 | 339 | 328 |
| D | 255 | 259 | 240 | 242 | 259 | 265 |
| E | 303 | 225 | 237 | 234 | 394 | 309 |
| F | 622 | 245 | 279 | 219 | 540 | 610 |
| Iluminância Média (lux) | | | | | | 452,8 |

| Medição 16h - 25/06/2009 | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
| A | 285 | 120 | 259 | 206 | 148 | 313 |
| B | 179 | 166 | 182 | 145 | 162 | 191 |
| C | 114 | 119 | 120 | 95 | 102 | 122 |
| D | 90 | 94 | 92 | 84 | 92 | 105 |
| E | 105 | 85 | 58 | 170 | 134 | 117 |
| F | 234 | 89 | 92 | 84 | 913 | 157 |
| Iluminância Média (lux) | | | | | | 174,0 |

| Medição 18h - 25/06/2009 | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
| A | 25 | 12 | 25 | 22 | 18 | 35 |
| B | 18 | 10 | 9 | 11 | 11 | 12 |
| C | 10 | 7 | 6 | 9 | 8 | 7 |
| D | 6 | 5 | 6 | 6 | 5 | 6 |
| E | 10 | 8 | 6 | 14 | 8 | 5 |
| F | 20 | 12 | 11 | 8 | 10 | 9 |
| Iluminância Média (lux) | | | | | | 12,6 |

Tabela A.3 - Dados de iluminância levantados na Sala 03 EEC no dia 19/09/2009

| Medição 8h -19/09/2009 | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
| A | 600 | 1358 | 315 | 300 | 1260 | 1542 |
| B | 478 | 782 | 684 | 485 | 776 | 734 |
| C | 384 | 530 | 466 | 468 | 525 | 477 |
| D | 264 | 321 | 276 | 373 | 341 | 335 |
| E | 185 | 234 | 245 | 317 | 278 | 268 |
| F | 152 | 198 | 200 | 241 | 217 | 234 |
| Iluminância Média (lux) | | | | | | 482 |

| Medição 10h -19/09/2009 | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
| A | 1298 | 1385 | 360 | 441 | 1343 | 1056 |
| B | 877 | 875 | 851 | 825 | 982 | 794 |
| C | 632 | 481 | 502 | 515 | 607 | 489 |
| D | 415 | 412 | 406 | 422 | 450 | 371 |
| E | 292 | 284 | 324 | 328 | 298 | 279 |
| F | 237 | 236 | 272 | 299 | 245 | 261 |
| Iluminância Média (lux) | | | | | | 573 |

| Medição 12h -19/09/2009 | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
| A | 1450 | 1390 | 412 | 605 | 1940 | 1370 |
| B | 945 | 770 | 830 | 870 | 1120 | 842 |
| C | 685 | 600 | 680 | 780 | 745 | 578 |
| D | 450 | 420 | 400 | 480 | 500 | 420 |
| E | 260 | 328 | 320 | 348 | 350 | 320 |
| F | 200 | 229 | 260 | 280 | 265 | 240 |
| Iluminância Média (lux) | | | | | | 647 |

| Medição 14h -19/09/2009 | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
| A | 1209 | 1464 | 441 | 605 | 1591 | 1865 |
| B | 880 | 817 | 689 | 751 | 1038 | 985 |
| C | 846 | 579 | 567 | 692 | 734 | 532 |
| D | 396 | 375 | 350 | 467 | 580 | 409 |
| E | 301 | 339 | 327 | 395 | 341 | 314 |
| F | 233 | 260 | 251 | 280 | 273 | 245 |
| Iluminância Média (lux) | | | | | | 648 |

| Medição 16h -19/09/2009 | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
| A | 779 | 1031 | 196 | 219 | 1043 | 891 |
| B | 584 | 572 | 543 | 493 | 709 | 542 |
| C | 393 | 391 | 385 | 411 | 393 | 329 |
| D | 209 | 222 | 235 | 282 | 267 | 183 |
| E | 162 | 179 | 168 | 206 | 187 | 158 |
| F | 115 | 118 | 148 | 158 | 144 | 141 |
| Iluminância Média (lux) | | | | | | 376 |

| Medição 18h -19/09/2009 | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
| A | 50 | 45 | 13 | 13 | 53 | 48 |
| B | 35 | 29 | 23 | 27 | 38 | 31 |
| C | 25 | 20 | 19 | 23 | 21 | 18 |
| D | 15 | 13 | 14 | 14 | 14 | 12 |
| E | 10 | 9 | 8 | 12 | 12 | 9 |
| F | 7 | 8 | 9 | 9 | 8 | 8 |
| Iluminância Média (lux) | | | | | | 21 |

Tabela A.4 - Dados de iluminância levantados na Sala 06 EEC no dia 19/09/2009

| Medição 8h - 19/09/2009 | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
| A | 802 | 440 | 590 | 820 | 430 | 980 |
| B | 493 | 527 | 510 | 548 | 490 | 520 |
| C | 334 | 321 | 330 | 320 | 395 | 375 |
| D | 192 | 217 | 240 | 236 | 232 | 260 |
| E | 175 | 170 | 232 | 180 | 245 | 270 |
| F | 230 | 280 | 280 | 200 | 235 | 440 |
| Iluminância Média (lux) | | | | | | 399 |

| Medição 10h - 19/09/2009 | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
| A | 1270 | 554 | 1005 | 811 | 824 | 1358 |
| B | 670 | 552 | 693 | 528 | 651 | 670 |
| C | 389 | 418 | 409 | 375 | 393 | 451 |
| D | 320 | 321 | 320 | 305 | 309 | 337 |
| E | 322 | 330 | 280 | 270 | 290 | 383 |
| F | 440 | 327 | 245 | 266 | 318 | 782 |
| Iluminância Média (lux) | | | | | | 550 |

| Medição 12h - 19/09/2009 | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
| A | 1700 | 643 | 1460 | 1010 | 834 | 2180 |
| B | 870 | 890 | 935 | 790 | 895 | 955 |
| C | 497 | 560 | 580 | 470 | 540 | 550 |
| D | 346 | 345 | 360 | 330 | 340 | 403 |
| E | 327 | 324 | 293 | 272 | 344 | 383 |
| F | 495 | 186 | 236 | 206 | 364 | 680 |
| Iluminância Média (lux) | | | | | | 685 |

| Medição 14h - 19/09/2009 | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
| A | 1273 | 694 | 1193 | 818 | 809 | 1466 |
| B | 625 | 691 | 900 | 640 | 324 | 799 |
| C | 485 | 586 | 613 | 484 | 617 | 490 |
| D | 393 | 414 | 366 | 348 | 275 | 384 |
| E | 390 | 366 | 381 | 364 | 400 | 414 |
| F | 497 | 244 | 222 | 200 | 319 | 515 |
| Iluminância Média (lux) | | | | | | 590 |

| Medição 16h - 19/09/2009 | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
| A | 1144 | 541 | 865 | 717 | 564 | 1290 |
| B | 545 | 568 | 598 | 473 | 563 | 680 |
| C | 307 | 350 | 343 | 297 | 319 | 331 |
| D | 245 | 258 | 263 | 228 | 252 | 235 |
| E | 239 | 237 | 192 | 199 | 241 | 262 |
| F | 478 | 190 | 198 | 171 | 517 | 450 |
| Iluminância Média (lux) | | | | | | 466 |

| Medição 18h - 19/09/2009 | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
| A | 86 | 37 | 72 | 49 | 49 | 84 |
| B | 34 | 43 | 44 | 34 | 38 | 36 |
| C | 20 | 21 | 20 | 24 | 24 | 26 |
| D | 17 | 15 | 17 | 16 | 15 | 17 |
| E | 18 | 17 | 15 | 14 | 17 | 18 |
| F | 40 | 14 | 14 | 12 | 23 | 35 |
| Iluminância Média (lux) | | | | | | 33 |

Tabela A.5 - Dados de iluminância levantados na Sala 03 EEC no dia 23/12/2009

Medição 8h - 23/12/2009

| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
|---|---|---|---|---|---|---|
| A | 403 | 1068 | 2280 | 232 | 671 | 2470 |
| B | 341 | 586 | 523 | 354 | 536 | 405 |
| C | 240 | 297 | 379 | 413 | 487 | 479 |
| D | 175 | 208 | 235 | 300 | 518 | 268 |
| E | 134 | 148 | 175 | 216 | 232 | 227 |
| F | 111 | 125 | 165 | 181 | 185 | 171 |
| Iluminância Média (lux) | | | | | | 479 |

Medição 10h - 23/12/2009

| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
|---|---|---|---|---|---|---|
| A | 950 | 1690 | 2730 | 2740 | 1350 | 3740 |
| B | 720 | 1080 | 1680 | 3490 | 4320 | 4060 |
| C | 653 | 718 | 943 | 1098 | 1073 | 918 |
| D | 476 | 558 | 552 | 643 | 682 | 597 |
| E | 413 | 443 | 516 | 543 | 559 | 509 |
| F | 321 | 340 | 402 | 412 | 410 | 405 |
| Iluminância Média (lux) | | | | | | 1198 |

Medição 12h - 23/12/2009

| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
|---|---|---|---|---|---|---|
| A | 915 | 2680 | 1392 | 626 | 1785 | 1231 |
| B | 790 | 1050 | 958 | 734 | 1007 | 875 |
| C | 568 | 648 | 675 | 728 | 577 | 628 |
| D | 410 | 432 | 444 | 552 | 474 | 391 |
| E | 354 | 390 | 425 | 450 | 437 | 357 |
| F | 285 | 290 | 333 | 312 | 332 | 230 |
| Iluminância Média (lux) | | | | | | 697 |

Medição 14h - 23/12/2009

| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
|---|---|---|---|---|---|---|
| A | 987 | 1218 | 537 | 475 | 1250 | 835 |
| B | 740 | 735 | 532 | 562 | 603 | 505 |
| C | 554 | 499 | 458 | 480 | 513 | 440 |
| D | 382 | 334 | 333 | 348 | 384 | 347 |
| E | 306 | 320 | 276 | 243 | 257 | 211 |
| F | 243 | 250 | 215 | 208 | 189 | 169 |
| Iluminância Média (lux) | | | | | | 483 |

Medição 16h - 23/12/2009

| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
|---|---|---|---|---|---|---|
| A | 900 | 1057 | 440 | 420 | 1179 | 828 |
| B | 580 | 580 | 413 | 380 | 675 | 470 |
| C | 579 | 351 | 330 | 317 | 376 | 310 |
| D | 242 | 240 | 250 | 298 | 291 | 219 |
| E | 177 | 168 | 188 | 206 | 209 | 184 |
| F | 126 | 109 | 138 | 161 | 156 | 140 |
| Iluminância Média (lux) | | | | | | 396 |

Medição 18h - 23/12/2009

| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
|---|---|---|---|---|---|---|
| A | 225 | 334 | 132 | 58 | 215 | 95 |
| B | 182 | 215 | 115 | 100 | 153 | 89 |
| C | 120 | 105 | 91 | 107 | 101 | 73 |
| D | 80 | 57 | 60 | 68 | 75 | 48 |
| E | 55 | 56 | 60 | 60 | 54 | 45 |
| F | 44 | 42 | 53 | 49 | 38 | 42 |
| Iluminância Média (lux) | | | | | | 98 |

Pontos com radiação direta

Tabela A.6 - Dados de iluminância levantados na Sala 06 EEC no dia 23/12/2009

Medição 8h - 23/12/2009

| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
|---|---|---|---|---|---|---|
| A | 768 | 1359 | 530 | 760 | 584 | 845 |
| B | 308 | 410 | 407 | 470 | 503 | 628 |
| C | 180 | 253 | 298 | 407 | 391 | 446 |
| D | 164 | 173 | 210 | 350 | 289 | 266 |
| E | 121 | 148 | 140 | 140 | 250 | 220 |
| F | 190 | 145 | 134 | 133 | 190 | 290 |
| Iluminância Média (lux) | | | | | | 384 |

Medição 10h - 23/12/2009

| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
|---|---|---|---|---|---|---|
| A | 1660 | 5450 | 4270 | 4300 | 3290 | 3290 |
| B | 1080 | 3120 | 3610 | 1340 | 4340 | 1540 |
| C | 725 | 808 | 859 | 851 | 1034 | 944 |
| D | 489 | 525 | 565 | 601 | 618 | 663 |
| E | 419 | 403 | 405 | 510 | 480 | 461 |
| F | 442 | 381 | 373 | 322 | 446 | 499 |
| Iluminância Média (lux) | | | | | | 1450 |

Medição 12h - 23/12/2009

| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
|---|---|---|---|---|---|---|
| A | 3600 | 5460 | 2120 | 1280 | 1037 | 2450 |
| B | 857 | 890 | 820 | 815 | 675 | 1055 |
| C | 572 | 663 | 620 | 590 | 653 | 640 |
| D | 440 | 442 | 360 | 430 | 450 | 435 |
| E | 327 | 407 | 363 | 340 | 381 | 380 |
| F | 400 | 324 | 295 | 290 | 330 | 407 |
| Iluminância Média (lux) | | | | | | 981 |

Medição 14h - 23/12/2009

| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
|---|---|---|---|---|---|---|
| A | 1428 | 736 | 1341 | 768 | 704 | 1392 |
| B | 753 | 743 | 830 | 595 | 570 | 802 |
| C | 511 | 586 | 511 | 404 | 570 | 540 |
| D | 375 | 281 | 336 | 340 | 301 | 285 |
| E | 365 | 347 | 326 | 302 | 351 | 349 |
| F | 385 | 310 | 301 | 267 | 355 | 387 |
| Iluminância Média (lux) | | | | | | 584 |

Medição 16h - 23/12/2009

| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
|---|---|---|---|---|---|---|
| A | 1615 | 683 | 661 | 1125 | 545 | 1265 |
| B | 553 | 735 | 620 | 748 | 610 | 618 |
| C | 315 | 320 | 345 | 295 | 343 | 335 |
| D | 228 | 221 | 233 | 218 | 220 | 205 |
| E | 218 | 205 | 203 | 170 | 244 | 209 |
| F | 408 | 271 | 193 | 161 | 233 | 366 |
| Iluminância Média (lux) | | | | | | 485 |

Medição 18h - 23/12/2009

| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
|---|---|---|---|---|---|---|
| A | 253 | 160 | 240 | 186 | 124 | 665 |
| B | 102 | 105 | 154 | 127 | 140 | 214 |
| C | 74 | 86 | 99 | 97 | 103 | 105 |
| D | 66 | 71 | 83 | 54 | 97 | 83 |
| E | 52 | 47 | 54 | 60 | 76 | 85 |
| F | 140 | 186 | 70 | 74 | 98 | 118 |
| Iluminância Média (lux) | | | | | | 142 |

Pontos com radiação direta

Tabela A.7 - Dados de iluminância levantados na Sala 03 EEC no dia 20/03/2010

| Medição 8h - 20/03/2010 | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
| A | 310 | 563 | 267 | 190 | 463 | 497 |
| B | 226 | 225 | 218 | 207 | 290 | 339 |
| C | 169 | 160 | 103 | 206 | 203 | 155 |
| D | 126 | 120 | 130 | 163 | 151 | 130 |
| E | 95 | 105 | 117 | 140 | 142 | 109 |
| F | 79 | 87 | 74 | 101 | 96 | 82 |
| Iluminância Média (lux) | | | | | | 197 |

| Medição 10h - 20/03/2010 | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
| A | 330 | 540 | 289 | 212 | 330 | 300 |
| B | 270 | 290 | 318 | 284 | 285 | 240 |
| C | 208 | 197 | 230 | 149 | 200 | 162 |
| D | 167 | 140 | 180 | 170 | 170 | 127 |
| E | 121 | 116 | 140 | 130 | 150 | 110 |
| F | 102 | 115 | 120 | 113 | 120 | 102 |
| Iluminância Média (lux) | | | | | | 202 |

| Medição 12h - 20/03/2010 | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
| A | 846 | 1463 | 747 | 340 | 1247 | 1391 |
| B | 751 | 894 | 628 | 492 | 708 | 620 |
| C | 546 | 507 | 439 | 464 | 538 | 420 |
| D | 424 | 410 | 362 | 380 | 440 | 374 |
| E | 320 | 328 | 287 | 318 | 320 | 380 |
| F | 266 | 278 | 248 | 220 | 236 | 230 |
| Iluminância Média (lux) | | | | | | 543 |

| Medição 14h - 20/03/2010 | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
| A | 590 | 430 | 709 | 362 | 759 | 570 |
| B | 550 | 540 | 455 | 320 | 495 | 455 |
| C | 361 | 320 | 437 | 379 | 400 | 315 |
| D | 287 | 280 | 333 | 306 | 330 | 270 |
| E | 246 | 240 | 257 | 277 | 290 | 250 |
| F | 195 | 197 | 205 | 240 | 280 | 235 |
| Iluminância Média (lux) | | | | | | 370 |

| Medição 16h - 20/03/2010 | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
| A | 375 | 578 | 256 | 142 | 415 | 465 |
| B | 251 | 283 | 244 | 165 | 341 | 263 |
| C | 121 | 115 | 201 | 172 | 220 | 182 |
| D | 173 | 181 | 137 | 128 | 139 | 136 |
| E | 131 | 139 | 117 | 125 | 118 | 142 |
| F | 101 | 82 | 110 | 124 | 96 | 130 |
| Iluminância Média (lux) | | | | | | 205 |

| Medição 18h - 20/03/2010 | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
| A | 94 | 152 | 85 | 35 | 118 | 107 |
| B | 87 | 90 | 63 | 46 | 93 | 81 |
| C | 54 | 41 | 42 | 58 | 54 | 41 |
| D | 36 | 34 | 36 | 41 | 38 | 36 |
| E | 28 | 29 | 30 | 37 | 32 | 31 |
| F | 19 | 23 | 21 | 30 | 25 | 24 |
| Iluminância Média (lux) | | | | | | 54 |

Tabela A.8 - Dados de iluminância levantados na Sala 06 EEC no dia 20/03/2010

| Medição 8h - 20/03/2010 | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
| A | 570 | 370 | 423 | 480 | 870 | 697 |
| B | 310 | 320 | 336 | 345 | 455 | 649 |
| C | 238 | 266 | 284 | 301 | 320 | 309 |
| D | 190 | 170 | 169 | 185 | 210 | 213 |
| E | 176 | 184 | 170 | 167 | 179 | 180 |
| F | 195 | 190 | 127 | 145 | 152 | 200 |
| Iluminância Média (lux) | | | | | | 312 |

| Medição 10h - 20/03/2010 | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
| A | 498 | 309 | 409 | 250 | 216 | 222 |
| B | 377 | 253 | 230 | 300 | 328 | 145 |
| C | 181 | 202 | 203 | 183 | 217 | 183 |
| D | 153 | 158 | 153 | 135 | 130 | 155 |
| E | 131 | 159 | 148 | 136 | 150 | 121 |
| F | 200 | 153 | 128 | 132 | 124 | 190 |
| Iluminância Média (lux) | | | | | | 211 |

| Medição 12h - 20/03/2010 | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
| A | 1516 | 801 | 1064 | 1021 | 743 | 1695 |
| B | 802 | 642 | 561 | 675 | 661 | 761 |
| C | 509 | 514 | 483 | 474 | 502 | 510 |
| D | 397 | 419 | 334 | 312 | 338 | 387 |
| E | 360 | 378 | 351 | 310 | 304 | 369 |
| F | 588 | 373 | 309 | 296 | 399 | 576 |
| Iluminância Média (lux) | | | | | | 628 |

| Medição 14h - 20/03/2010 | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
| A | 1135 | 749 | 989 | 912 | 670 | 1151 |
| B | 572 | 618 | 749 | 625 | 651 | 768 |
| C | 378 | 407 | 444 | 430 | 520 | 460 |
| D | 314 | 314 | 327 | 302 | 323 | 231 |
| E | 324 | 344 | 316 | 275 | 358 | 346 |
| F | 664 | 374 | 307 | 315 | 389 | 534 |
| Iluminância Média (lux) | | | | | | 551 |

| Medição 16h - 20/03/2010 | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
| A | 618 | 215 | 375 | 279 | 202 | 805 |
| B | 230 | 195 | 164 | 207 | 201 | 415 |
| C | 193 | 201 | 177 | 171 | 250 | 254 |
| D | 192 | 181 | 145 | 149 | 180 | 211 |
| E | 217 | 192 | 176 | 163 | 187 | 182 |
| F | 318 | 187 | 162 | 142 | 185 | 215 |
| Iluminância Média (lux) | | | | | | 261 |

| Medição 18h - 20/03/2010 | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
| A | 45 | 20 | 48 | 32 | 26 | 35 |
| B | 26 | 23 | 33 | 21 | 22 | 36 |
| C | 12 | 20 | 21 | 15 | 19 | 19 |
| D | 13 | 13 | 14 | 10 | 13 | 11 |
| E | 32 | 12 | 13 | 11 | 13 | 14 |
| F | 14 | 12 | 11 | 10 | 17 | 15 |
| Iluminância Média (lux) | | | | | | 21 |

# APÊNDICE B – GRÁFICOS DE TEMPERATURA E UR DA EEC

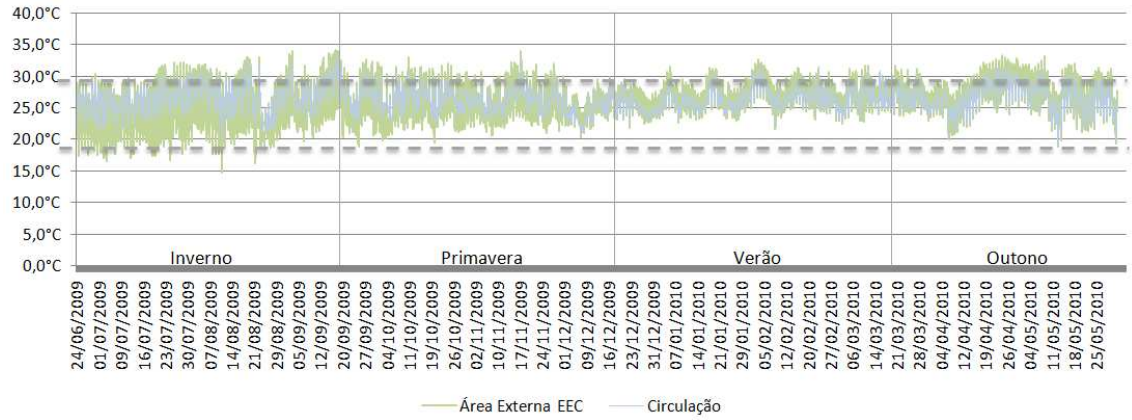



Figura B.1 – Gráfico de temperaturas do ar registradas nos sensores da área externa e circulação da EEC

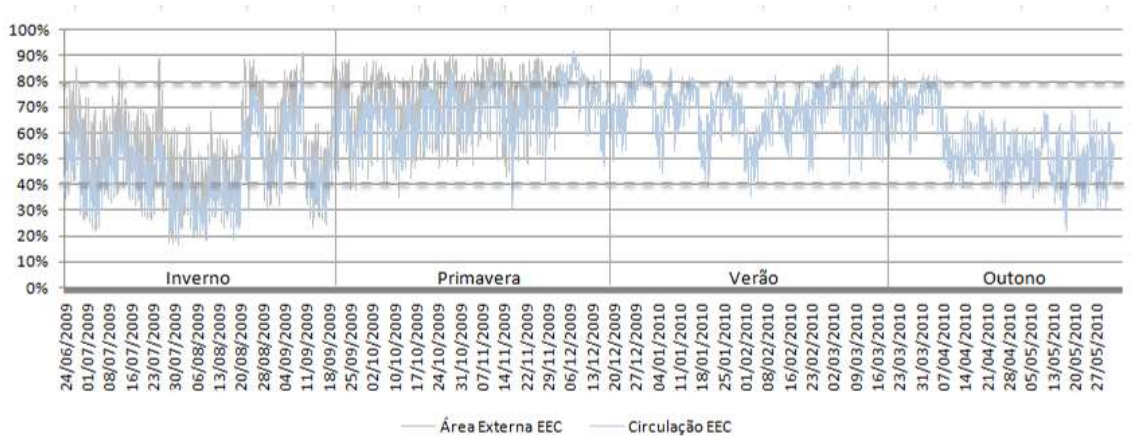



Figura B.2 - Gráfico de umidade relativa ar registrada nos sensores da área externa e circulação da EEC

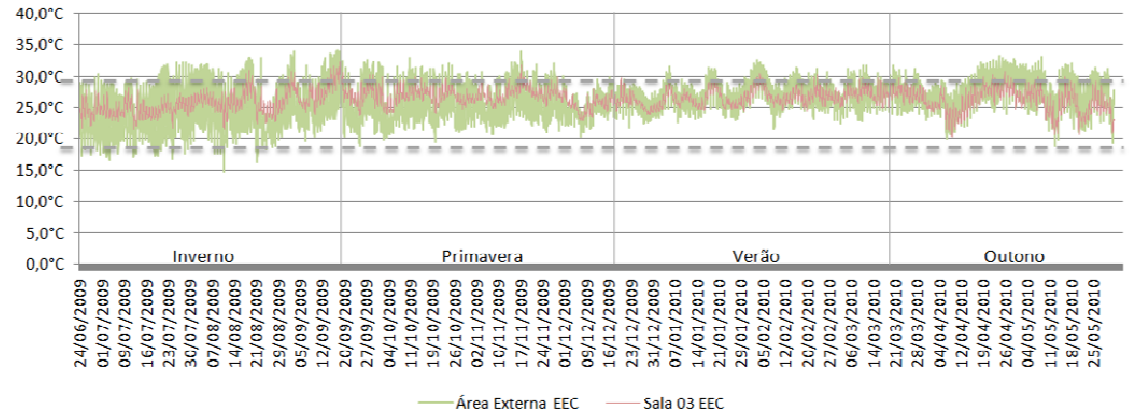



Figura B.3 - Gráfico de temperaturas do ar registradas nos sensores da área externa e sala 03 da EEC

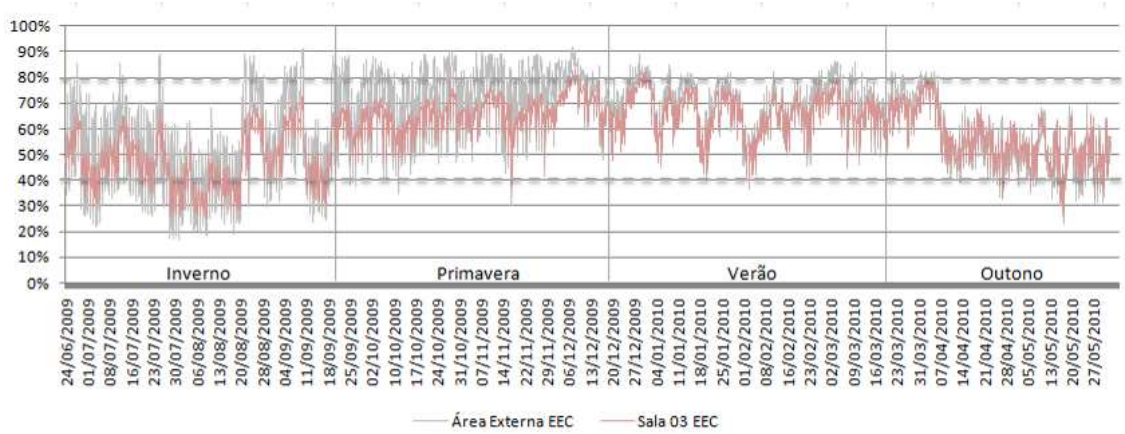



Figura B.4 - Gráfico de umidade relativa ar registrada nos sensores da área externa e sala 03 da EEC

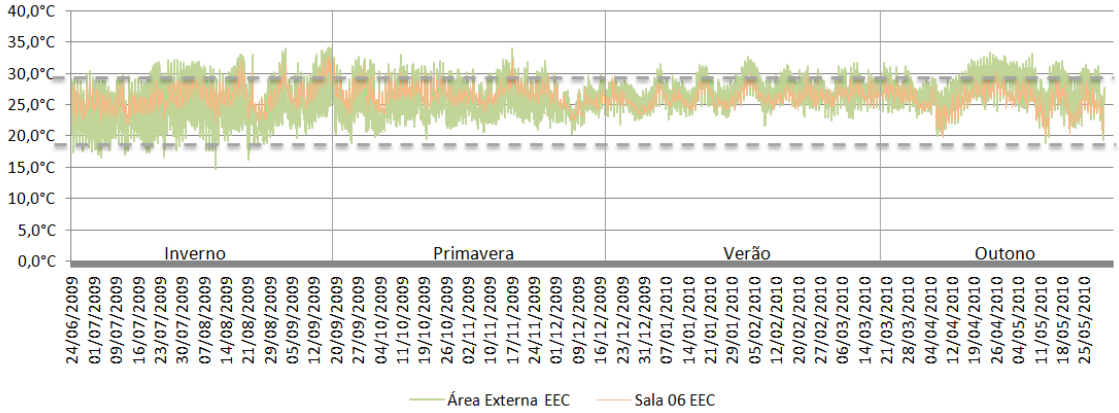



Figura B.5 - Gráfico de temperaturas do ar registradas nos sensores da área externa e sala 06 da EEC

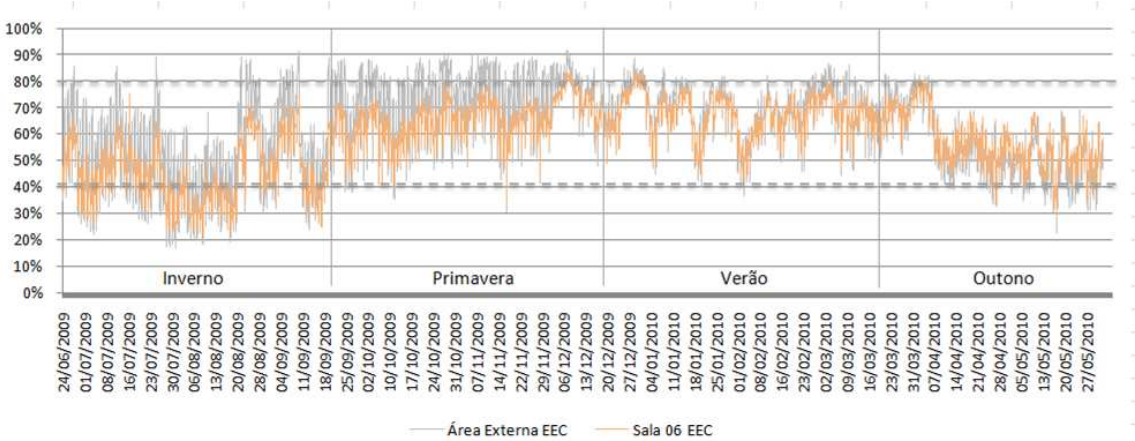



Figura B.6 - Gráfico de umidade relativa ar registrada nos sensores da área externa e sala 06 da EEC

# APÊNDICE C – TABELAS DAS ILUMINÂNCIAS DAS SALAS DA FAV

Tabela C.1 - Dados de iluminância levantados na Sala 01 FAV no dia 26/06/2009

| Medição 8h - 26/06/2009 | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
| A | 64 | 65 | 83 | 76 | 84 | 63 |
| B | 73 | 76 | 60 | 34 | 76 | 54 |
| C | 54 | 82 | 63 | 31 | 34 | 33 |
| D | 44 | 49 | 32 | 17 | 31 | 22 |
| E | 31 | 37 | 34 | 19 | 17 | 16 |
| F | 11 | 18 | 32 | 16 | 9 | 14 |
| Iluminância Média (lux) | | | | | | 43 |

| Medição 10h - 26/06/2009 | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
| A | 215 | 229 | 225 | 234 | 184 | 74 |
| B | 159 | 187 | 191 | 158 | 108 | 120 |
| C | 132 | 147 | 138 | 102 | 98 | 66 |
| D | 137 | 109 | 103 | 92 | 70 | 61 |
| E | 91 | 82 | 75 | 70 | 65 | 56 |
| F | 59 | 68 | 72 | 57 | 45 | 42 |
| Iluminância Média (lux) | | | | | | 114 |

| Medição 12h - 26/06/2009 | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
| A | 223 | 223 | 264 | 306 | 252 | 124 |
| B | 249 | 261 | 278 | 258 | 191 | 147 |
| C | 121 | 207 | 173 | 152 | 129 | 102 |
| D | 105 | 122 | 127 | 135 | 106 | 92 |
| E | 114 | 100 | 128 | 75 | 82 | 62 |
| F | 99 | 79 | 94 | 76 | 62 | 61 |
| Iluminância Média (lux) | | | | | | 147 |

| Medição 14h - 26/06/2009 | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
| A | 247 | 355 | 384 | 401 | 295 | 114 |
| B | 158 | 181 | 181 | 257 | 156 | 17 |
| C | 113 | 81 | 75 | 99 | 35 | 16 |
| D | 79 | 66 | 61 | 48 | 22 | 13 |
| E | 47 | 46 | 43 | 30 | 18 | 13 |
| F | 52 | 35 | 35 | 22 | 17 | 10 |
| Iluminância Média (lux) | | | | | | 109 |

| Medição 16h - 26/06/2009 | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
| A | 32 | 38 | 40 | 64 | 28 | 13 |
| B | 48 | 40 | 46 | 50 | 33 | 4 |
| C | 28 | 27 | 33 | 32 | 8 | 5 |
| D | 26 | 21 | 19 | 13 | 6 | 4 |
| E | 22 | 12 | 12 | 8 | 5 | 3 |
| F | 17 | 13 | 10 | 6 | 3 | 3 |
| Iluminância Média (lux) | | | | | | 21 |

| Medição 18h - 26/06/2009 | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
| A | 7 | 10 | 11 | 11 | 11 | 5 |
| B | 7 | 10 | 8 | 6 | 10 | 6 |
| C | 4 | 7 | 7 | 5 | 4 | 6 |
| D | 4 | 4 | 6 | 4 | 4 | 4 |
| E | 3 | 3 | 3 | 4 | 3 | 3 |
| F | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 |
| Iluminância Média (lux) | | | | | | 5 |

Tabela C.2 - Dados de iluminância levantados na Sala 03 FAV no dia 26/06/2009

| Medição 8h - 26/06/2009 | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
| A | 163 | 157 | 129 | 151 | 132 | 52 |
| B | 128 | 109 | 116 | 125 | 56 | 22 |
| C | 69 | 62 | 70 | 53 | 27 | 21 |
| D | 68 | 52 | 47 | 35 | 23 | 21 |
| E | 72 | 34 | 38 | 23 | 19 | 15 |
| F | 59 | 48 | 33 | 18 | 19 | 14 |
| Iluminância Média (lux) | | | | | | 65 |

| Medição 10h - 26/06/2009 | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
| A | 303 | 320 | 242 | 261 | 310 | 115 |
| B | 246 | 185 | 227 | 235 | 125 | 90 |
| C | 150 | 92 | 152 | 102 | 73 | 54 |
| D | 125 | 101 | 86 | 75 | 52 | 46 |
| E | 95 | 89 | 69 | 54 | 40 | 30 |
| F | 76 | 60 | 60 | 40 | 38 | 30 |
| Iluminância Média (lux) | | | | | | 126 |

| Medição 12h - 26/06/2009 | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
| A | 232 | 251 | 246 | 298 | 235 | 119 |
| B | 255 | 205 | 239 | 221 | 184 | 80 |
| C | 156 | 170 | 177 | 113 | 69 | 58 |
| D | 146 | 151 | 92 | 78 | 53 | 43 |
| E | 113 | 70 | 71 | 54 | 45 | 33 |
| F | 107 | 71 | 65 | 40 | 36 | 30 |
| Iluminância Média (lux) | | | | | | 128 |

| Medição 14h - 26/06/2009 | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
| A | 201 | 371 | 487 | 382 | 687 | 551 |
| B | 169 | 310 | 225 | 307 | 351 | 181 |
| C | 112 | 176 | 156 | 131 | 198 | 180 |
| D | 103 | 125 | 140 | 77 | 108 | 88 |
| E | 61 | 110 | 108 | 71 | 66 | 58 |
| F | 53 | 69 | 78 | 55 | 49 | 52 |
| Iluminância Média (lux) | | | | | | 189 |

| Medição 16h - 26/06/2009 | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
| A | 67 | 71 | 62 | 70 | 61 | 31 |
| B | 62 | 67 | 67 | 54 | 84 | 30 |
| C | 30 | 44 | 60 | 42 | 40 | 40 |
| D | 30 | 55 | 50 | 44 | 40 | 32 |
| E | 25 | 43 | 50 | 13 | 16 | 24 |
| F | 13 | 25 | 32 | 15 | 18 | 20 |
| Iluminância Média (lux) | | | | | | 41 |

| Medição 18h - 26/06/2009 | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
| A | 3 | 4 | 5 | 6 | 5 | 2 |
| B | 2 | 3 | 3 | 3 | 3 | 2 |
| C | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 |
| D | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| E | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| F | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| Iluminância Média (lux) | | | | | | 2 |

Tabela C.3- Dados de iluminância levantados na Sala 01 FAV no dia 22/09/2009

| Medição 8h - 22/09/2009 | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
| A | 210 | 230 | 254 | 238 | 314 | 220 |
| B | 110 | 205 | 160 | 180 | 200 | 120 |
| C | 64 | 94 | 135 | 104 | 94 | 115 |
| D | 55 | 87 | 195 | 87 | 67 | 50 |
| E | 27 | 52 | 50 | 60 | 43 | 40 |
| F | 25 | 35 | 34 | 30 | 30 | 26 |
| Iluminância Média (lux) | | | | | | 113 |

| Medição 10h - 22/09/2009 | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
| A | 450 | 322 | 407 | 400 | 490 | 265 |
| B | 237 | 339 | 304 | 343 | 270 | 200 |
| C | 168 | 176 | 200 | 175 | 140 | 150 |
| D | 153 | 180 | 158 | 156 | 105 | 104 |
| E | 110 | 124 | 110 | 104 | 85 | 73 |
| F | 72 | 84 | 93 | 75 | 60 | 60 |
| Iluminância Média (lux) | | | | | | 195 |

| Medição 12h - 22/09/2009 | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
| A | 360 | 431 | 414 | 324 | 445 | 275 |
| B | 170 | 290 | 290 | 250 | 314 | 268 |
| C | 140 | 102 | 205 | 190 | 170 | 145 |
| D | 86 | 100 | 145 | 117 | 94 | 116 |
| E | 68 | 75 | 118 | 80 | 65 | 72 |
| F | 72 | 61 | 64 | 60 | 57 | 43 |
| Iluminância Média (lux) | | | | | | 177 |

| Medição 14h - 22/09/2009 | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
| A | 100 | 87 | 125 | 100 | 125 | 87 |
| B | 57 | 56 | 66 | 72 | 76 | 58 |
| C | 35 | 37 | 40 | 30 | 32 | 30 |
| D | 25 | 20 | 28 | 29 | 27 | 22 |
| E | 14 | 20 | 23 | 18 | 15 | 12 |
| F | 19 | 13 | 17 | 12 | 13 | 10 |
| Iluminância Média (lux) | | | | | | 45 |

| Medição 16h - 22/09/2009 | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
| A | 63 | 83 | 83 | 87 | 97 | 103 |
| B | 54 | 61 | 56 | 50 | 73 | 50 |
| C | 56 | 91 | 41 | 38 | 31 | 33 |
| D | 34 | 52 | 32 | 32 | 22 | 26 |
| E | 18 | 16 | 20 | 17 | 16 | 15 |
| F | 19 | 15 | 19 | 15 | 9 | 11 |
| Iluminância Média (lux) | | | | | | 43 |

| Medição 18h - 22/09/2009 | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
| A | 7 | 8 | 8 | 8 | 7 | 5 |
| B | 6 | 7 | 6 | 6 | 6 | 5 |
| C | 4 | 5 | 4 | 4 | 4 | 5 |
| D | 4 | 4 | 4 | 3 | 3 | 3 |
| E | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 |
| F | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 |
| Iluminância Média (lux) | | | | | | 4 |

Tabela C.4 - Dados de iluminância levantados na Sala 03 FAV no dia 22/09/2009

| Medição 8h - 22/09/2009 | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
| A | 56 | 76 | 81 | 64 | 40 | 104 |
| B | 250 | 303 | 218 | 142 | 277 | 60 |
| C | 153 | 98 | 109 | 152 | 71 | 26 |
| D | 70 | 64 | 69 | 40 | 28 | 20 |
| E | 63 | 65 | 51 | 37 | 20 | 12 |
| F | 52 | 35 | 43 | 22 | 17 | 13 |
| Iluminância Média (lux) | | | | | | 78 |

| Medição 10h - 22/09/2009 | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
| A | 506 | 315 | 370 | 490 | 370 | 220 |
| B | 380 | 220 | 435 | 406 | 220 | 85 |
| C | 270 | 183 | 228 | 180 | 93 | 65 |
| D | 192 | 140 | 165 | 104 | 75 | 65 |
| E | 150 | 91 | 150 | 110 | 85 | 62 |
| F | 115 | 91 | 95 | 65 | 40 | 40 |
| Iluminância Média (lux) | | | | | | 194 |

| Medição 12h - 22/09/2009 | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
| A | 240 | 398 | 307 | 349 | 258 | 220 |
| B | 130 | 194 | 220 | 199 | 158 | 37 |
| C | 90 | 120 | 125 | 110 | 72 | 30 |
| D | 76 | 86 | 85 | 71 | 45 | 27 |
| E | 52 | 54 | 61 | 35 | 19 | 14 |
| F | 50 | 40 | 26 | 25 | 20 | 14 |
| Iluminância Média (lux) | | | | | | 115 |

| Medição 14h - 22/09/2009 | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
| A | 74 | 96 | 95 | 120 | 126 | 116 |
| B | 80 | 101 | 105 | 90 | 70 | 23 |
| C | 42 | 42 | 37 | 40 | 33 | 24 |
| D | 32 | 45 | 40 | 27 | 20 | 15 |
| E | 24 | 23 | 18 | 16 | 12 | 10 |
| F | 24 | 21 | 25 | 15 | 15 | 12 |
| Iluminância Média (lux) | | | | | | 48 |

| Medição 16h - 22/09/2009 | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
| A | 60 | 86 | 83 | 95 | 80 | 42 |
| B | 45 | 64 | 72 | 56 | 42 | 13 |
| C | 40 | 38 | 46 | 27 | 18 | 9 |
| D | 24 | 38 | 28 | 24 | 16 | 9 |
| E | 34 | 31 | 18 | 15 | 8 | 5 |
| F | 29 | 22 | 20 | 10 | 9 | 5 |
| Iluminância Média (lux) | | | | | | 35 |

| Medição 18h - 22/09/2009 | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
| A | 5 | 4 | 5 | 4 | 3 | 2 |
| B | 4 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 |
| C | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 |
| D | 1 | 1 | 2 | 2 | 1 | 1 |
| E | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| F | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| Iluminância Média (lux) | | | | | | 2 |

Tabela C.5 - Dados de iluminância levantados na Sala 01 FAV no dia 22/12/2009

| Medição 8h - 22/12/2009 | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
| A | 64 | 76 | 67 | 66 | 68 | 52 |
| B | 40 | 50 | 46 | 55 | 52 | 40 |
| C | 27 | 42 | 32 | 34 | 24 | 28 |
| D | 23 | 30 | 28 | 23 | 17 | 21 |
| E | 20 | 26 | 22 | 21 | 16 | 15 |
| F | 9 | 16 | 13 | 11 | 12 | 10 |
| Iluminância Média (lux) | | | | | | 33 |

| Medição 10h - 22/12/2009 | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
| A | 219 | 323 | 355 | 312 | 305 | 216 |
| B | 173 | 235 | 229 | 270 | 240 | 190 |
| C | 172 | 170 | 146 | 145 | 108 | 108 |
| D | 90 | 130 | 106 | 105 | 70 | 65 |
| E | 75 | 90 | 79 | 70 | 60 | 59 |
| F | 40 | 71 | 54 | 51 | 40 | 39 |
| Iluminância Média (lux) | | | | | | 144 |

| Medição 12h - 22/12/2009 | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
| A | 473 | 490 | 580 | 515 | 460 | 280 |
| B | 360 | 440 | 385 | 390 | 368 | 250 |
| C | 155 | 270 | 235 | 250 | 210 | 175 |
| D | 135 | 190 | 180 | 140 | 90 | 112 |
| E | 117 | 143 | 122 | 114 | 103 | 80 |
| F | 65 | 80 | 80 | 70 | 70 | 52 |
| Iluminância Média (lux) | | | | | | 228 |

| Medição 14h - 22/12/2009 | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
| A | 236 | 410 | 433 | 378 | 361 | 249 |
| B | 201 | 435 | 329 | 252 | 285 | 225 |
| C | 145 | 157 | 172 | 227 | 167 | 203 |
| D | 241 | 235 | 173 | 152 | 130 | 150 |
| E | 147 | 172 | 165 | 138 | 113 | 85 |
| F | 87 | 103 | 109 | 89 | 96 | 64 |
| Iluminância Média (lux) | | | | | | 200 |

| Medição 16h - 22/12/2009 | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
| A | 242 | 343 | 367 | 315 | 275 | 280 |
| B | 201 | 400 | 351 | 326 | 320 | 230 |
| C | 200 | 279 | 261 | 254 | 197 | 230 |
| D | 132 | 230 | 218 | 190 | 170 | 152 |
| E | 105 | 153 | 179 | 108 | 86 | 85 |
| F | 78 | 103 | 95 | 75 | 76 | 64 |
| Iluminância Média (lux) | | | | | | 198 |

| Medição 18h - 22/12/2009 | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
| A | 135 | 218 | 230 | 180 | 193 | 185 |
| B | 120 | 201 | 191 | 148 | 178 | 171 |
| C | 85 | 140 | 130 | 120 | 92 | 93 |
| D | 72 | 125 | 115 | 105 | 73 | 80 |
| E | 75 | 92 | 89 | 75 | 60 | 50 |
| F | 56 | 61 | 70 | 60 | 48 | 45 |
| Iluminância Média (lux) | | | | | | 114 |

Tabela C.6 - Dados de iluminância levantados na Sala 03 FAV no dia 22/12/2009

| Medição 8h - 22/12/2009 | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
| A | 37 | 37 | 27 | 24 | 28 | 18 |
| B | 47 | 40 | 50 | 51 | 33 | 7 |
| C | 33 | 29 | 28 | 27 | 13 | 3 |
| D | 26 | 17 | 17 | 13 | 5 | 2 |
| E | 12 | 13 | 14 | 7 | 3 | 3 |
| F | 10 | 10 | 8 | 4 | 3 | 3 |
| Iluminância Média (lux) | | | | | | 19 |

| Medição 10h - 22/12/2009 | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
| A | 112 | 218 | 170 | 221 | 212 | 97 |
| B | 303 | 270 | 285 | 355 | 160 | 35 |
| C | 186 | 147 | 183 | 164 | 53 | 18 |
| D | 130 | 92 | 89 | 89 | 34 | 17 |
| E | 88 | 56 | 42 | 42 | 24 | 12 |
| F | 66 | 52 | 26 | 26 | 16 | 13 |
| Iluminância Média (lux) | | | | | | 109 |

| Medição 12h - 22/12/2009 | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
| A | 260 | 290 | 275 | 280 | 230 | 153 |
| B | 345 | 325 | 385 | 440 | 252 | 79 |
| C | 290 | 210 | 219 | 238 | 134 | 51 |
| D | 180 | 176 | 160 | 180 | 81 | 50 |
| E | 135 | 107 | 103 | 80 | 54 | 36 |
| F | 109 | 125 | 101 | 68 | 48 | 35 |
| Iluminância Média (lux) | | | | | | 169 |

| Medição 14h - 22/12/2009 | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
| A | 201 | 252 | 171 | 212 | 188 | 142 |
| B | 201 | 212 | 312 | 228 | 175 | 73 |
| C | 170 | 128 | 112 | 104 | 90 | 58 |
| D | 114 | 143 | 78 | 115 | 69 | 46 |
| E | 105 | 92 | 95 | 71 | 53 | 41 |
| F | 79 | 99 | 72 | 63 | 49 | 36 |
| Iluminância Média (lux) | | | | | | 122 |

| Medição 16h - 22/12/2009 | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
| A | 100 | 215 | 162 | 140 | 135 | 110 |
| B | 220 | 206 | 223 | 267 | 148 | 68 |
| C | 175 | 125 | 130 | 115 | 58 | 20 |
| D | 120 | 100 | 121 | 101 | 37 | 17 |
| E | 65 | 74 | 65 | 43 | 20 | 10 |
| F | 50 | 70 | 60 | 35 | 15 | 10 |
| Iluminância Média (lux) | | | | | | 97 |

| Medição 18h - 22/12/2009 | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
| A | 110 | 205 | 170 | 140 | 171 | 150 |
| B | 208 | 196 | 260 | 258 | 118 | 64 |
| C | 195 | 138 | 123 | 108 | 50 | 34 |
| D | 75 | 118 | 101 | 84 | 40 | 25 |
| E | 78 | 91 | 64 | 40 | 26 | 17 |
| F | 86 | 91 | 68 | 36 | 25 | 19 |
| Iluminância Média (lux) | | | | | | 103 |

Tabela C.7 - Dados de iluminância levantados na Sala 01 FAV no dia 17/03/2010

| Medição 8h - 17/03/2010 | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
| A | 224 | 230 | 215 | 346 | 225 | 55 |
| B | 250 | 133 | 238 | 157 | 110 | 22 |
| C | 170 | 127 | 103 | 97 | 41 | 27 |
| D | 130 | 70 | 56 | 53 | 27 | 19 |
| E | 68 | 63 | 52 | 28 | 17 | 12 |
| F | 30 | 34 | 23 | 13 | 12 | 9 |
| Iluminância Média (lux) | | | | | | 98 |

| Medição 10h - 17/03/2010 | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
| A | 213 | 183 | 91 | 120 | 200 | 160 |
| B | 174 | 130 | 86 | 117 | 92 | 33 |
| C | 83 | 80 | 68 | 45 | 64 | 24 |
| D | 64 | 52 | 40 | 26 | 35 | 30 |
| E | 40 | 36 | 20 | 22 | 24 | 23 |
| F | 28 | 25 | 24 | 21 | 22 | 21 |
| Iluminância Média (lux) | | | | | | 74 |

| Medição 12h - 17/03/2010 | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
| A | 178 | 255 | 255 | 147 | 259 | 251 |
| B | 132 | 152 | 145 | 143 | 129 | 124 |
| C | 72 | 133 | 114 | 66 | 113 | 111 |
| D | 46 | 59 | 71 | 56 | 65 | 59 |
| E | 56 | 59 | 83 | 82 | 79 | 60 |
| F | 36 | 49 | 66 | 54 | 62 | 54 |
| Iluminância Média (lux) | | | | | | 111 |

| Medição 14h - 17/03/2010 | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
| A | 375 | 390 | 530 | 270 | 520 | 430 |
| B | 180 | 167 | 264 | 160 | 170 | 130 |
| C | 189 | 228 | 245 | 120 | 160 | 73 |
| D | 132 | 225 | 167 | 150 | 96 | 82 |
| E | 60 | 140 | 112 | 118 | 99 | 53 |
| F | 44 | 52 | 54 | 54 | 47 | 28 |
| Iluminância Média (lux) | | | | | | 180 |

| Medição 16h - 17/03/2010 | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
| A | 166 | 214 | 255 | 177 | 260 | 240 |
| B | 140 | 187 | 145 | 161 | 207 | 94 |
| C | 90 | 123 | 150 | 112 | 168 | 88 |
| D | 51 | 89 | 108 | 100 | 90 | 71 |
| E | 70 | 60 | 76 | 42 | 44 | 37 |
| F | 43 | 35 | 37 | 25 | 24 | 23 |
| Iluminância Média (lux) | | | | | | 111 |

| Medição 18h - 17/03/2010 | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
| A | 40 | 65 | 54 | 29 | 56 | 30 |
| B | 28 | 22 | 28 | 18 | 18 | 14 |
| C | 19 | 28 | 21 | 23 | 22 | 12 |
| D | 15 | 18 | 15 | 12 | 7 | 7 |
| E | 8 | 10 | 8 | 8 | 7 | 4 |
| F | 6 | 5 | 6 | 5 | 5 | 2 |
| Iluminância Média (lux) | | | | | | 19 |

Tabela C.8 - Dados de iluminância levantados na Sala 03 FAV no dia 17/03/2010

| Medição 8h - 17/03/2010 | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
| A | 270 | 203 | 76 | 79 | 114 | 101 |
| B | 130 | 155 | 60 | 47 | 48 | 82 |
| C | 95 | 108 | 47 | 12 | 33 | 30 |
| D | 65 | 60 | 45 | 13 | 18 | 10 |
| E | 43 | 43 | 23 | 13 | 17 | 15 |
| F | 21 | 26 | 10 | 11 | 9 | 6 |
| Iluminância Média (lux) | | | | | | 64 |

| Medição 10h - 17/03/2010 | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
| A | 250 | 224 | 174 | 291 | 239 | 106 |
| B | 207 | 192 | 128 | 196 | 100 | 52 |
| C | 149 | 145 | 201 | 115 | 53 | 57 |
| D | 129 | 128 | 109 | 56 | 42 | 39 |
| E | 80 | 88 | 69 | 51 | 40 | 38 |
| F | 70 | 56 | 56 | 45 | 35 | 33 |
| Iluminância Média (lux) | | | | | | 113 |

| Medição 12h - 17/03/2010 | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
| A | 168 | 178 | 156 | 204 | 203 | 98 |
| B | 171 | 124 | 174 | 172 | 105 | 59 |
| C | 201 | 133 | 152 | 108 | 83 | 65 |
| D | 129 | 121 | 100 | 85 | 60 | 49 |
| E | 108 | 77 | 109 | 72 | 61 | 44 |
| F | 90 | 90 | 65 | 56 | 42 | 39 |
| Iluminância Média (lux) | | | | | | 109 |

| Medição 14h - 17/03/2010 | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
| A | 260 | 310 | 312 | 454 | 384 | 92 |
| B | 304 | 234 | 184 | 264 | 170 | 30 |
| C | 140 | 131 | 139 | 130 | 80 | 31 |
| D | 86 | 84 | 90 | 63 | 34 | 21 |
| E | 81 | 94 | 51 | 20 | 20 | 19 |
| F | 37 | 43 | 23 | 18 | 18 | 14 |
| Iluminância Média (lux) | | | | | | 125 |

| Medição 16h - 17/03/2010 | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
| A | 140 | 170 | 90 | 240 | 163 | 40 |
| B | 137 | 143 | 138 | 159 | 78 | 26 |
| C | 120 | 99 | 115 | 109 | 34 | 35 |
| D | 99 | 80 | 53 | 65 | 30 | 26 |
| E | 78 | 64 | 48 | 27 | 20 | 16 |
| F | 54 | 39 | 28 | 11 | 11 | 8 |
| Iluminância Média (lux) | | | | | | 76 |

| Medição 18h - 17/03/2010 | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
| A | 110 | 21 | 18 | 22 | 24 | 5 |
| B | 15 | 17 | 8 | 17 | 8 | 3 |
| C | 11 | 10 | 11 | 7 | 3 | 1 |
| D | 8 | 8 | 10 | 6 | 2 | 2 |
| E | 8 | 5 | 5 | 3 | 2 | 2 |
| F | 7 | 4 | 3 | 2 | 1 | 1 |
| Iluminância Média (lux) | | | | | | 13 |

# APÊNDICE D – GRÁFICOS DE TEMPERATURA E UR DA FAV

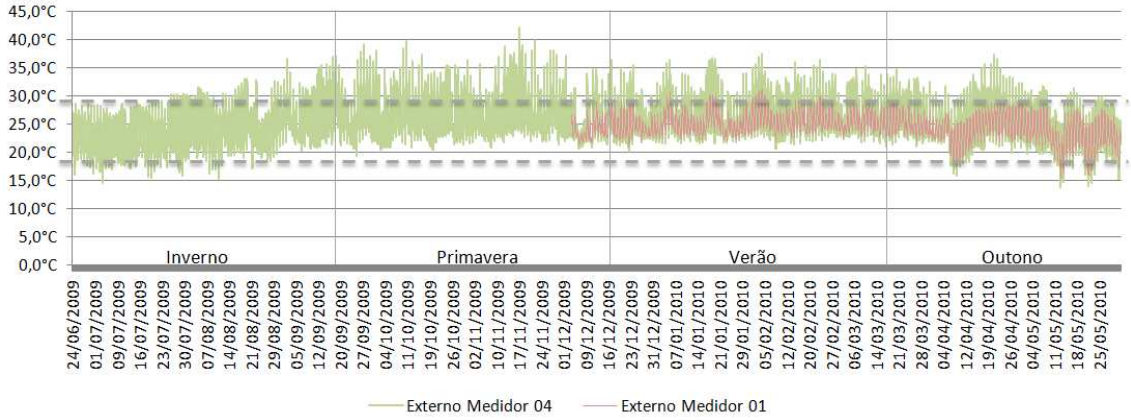



Figura D.1 - Gráfico de temperaturas do ar registradas nos sensores da área externa FAV

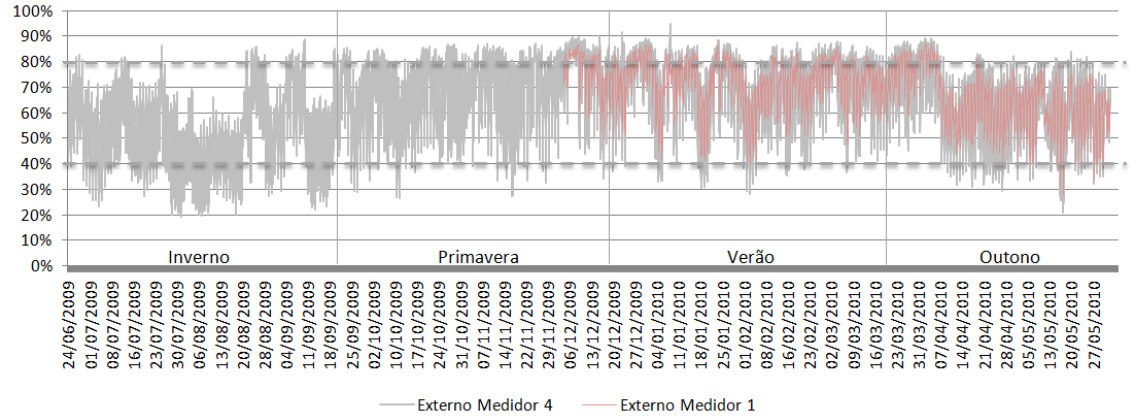



Figura D.2 – Gráfico de umidades relativas dos sensores externos FAV

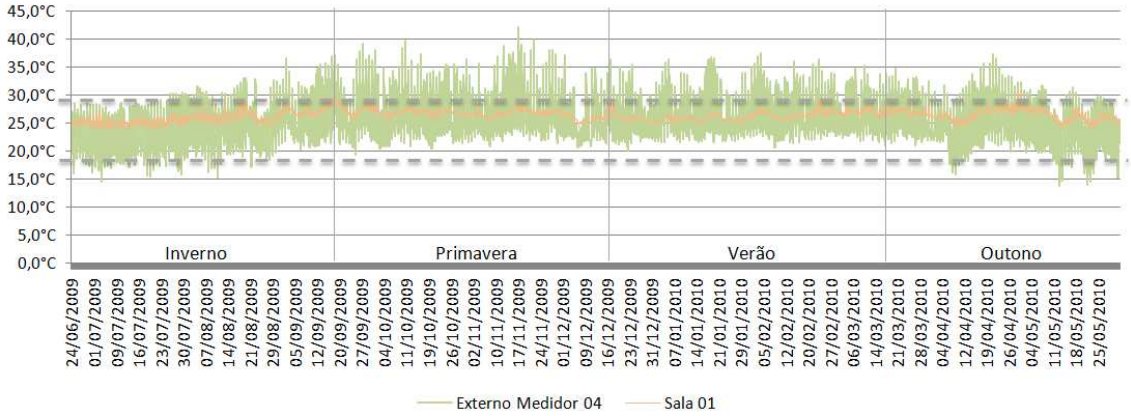



Figura D.3 – Gráfico de temperaturas do ar registradas nos sensores da área externa e sala 01 FAV

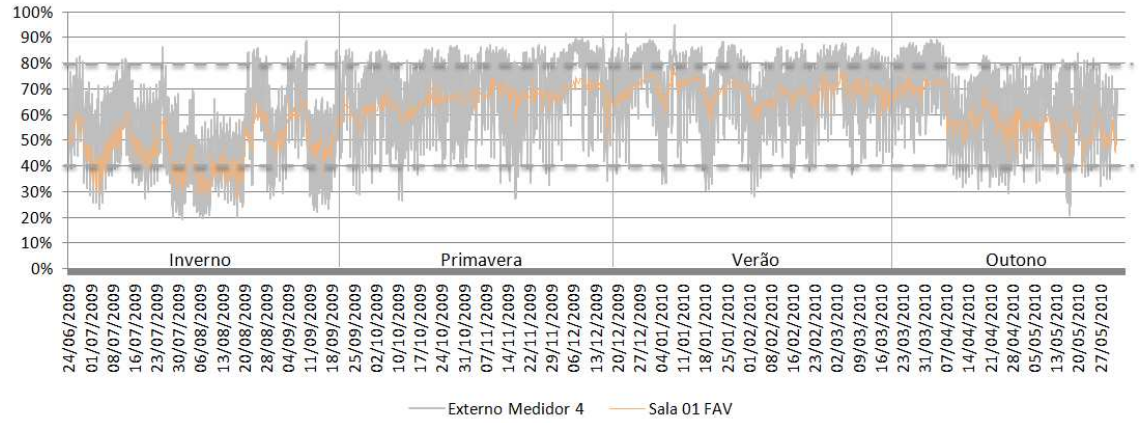



Figura D.4 – Gráfico de umidades relativas dos sensores externo e sala 01 FAV

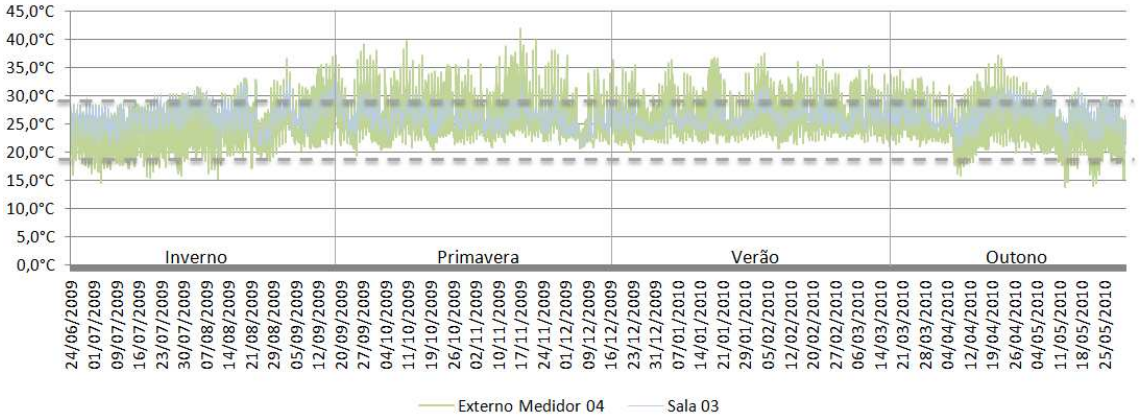



Figura D.5 – Gráfico de temperaturas do ar registradas nos sensores da área externa e sala 03 FAV

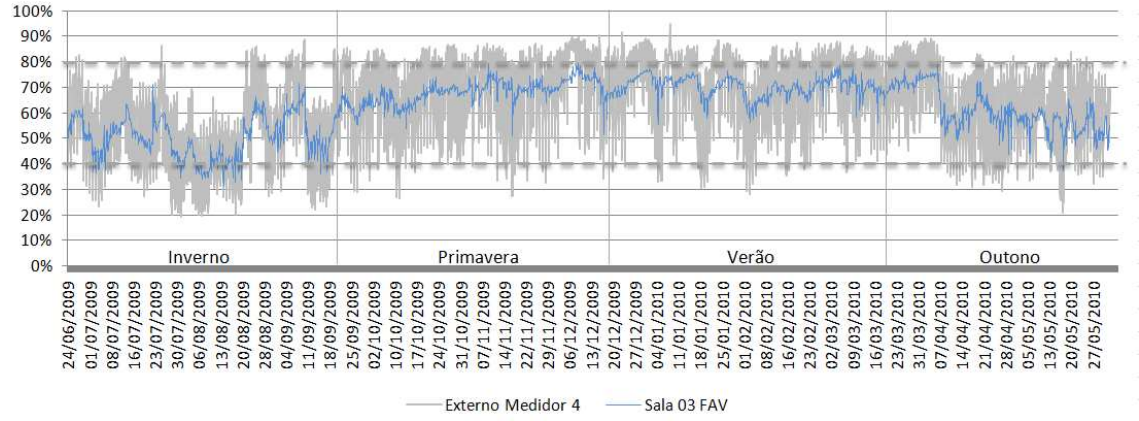



Figura D.6 – Gráfico de umidades relativas dos sensores externo e sala 03 FAV