

Gabriela Silva Goedert

**VERIFICAÇÃO DA INFLUÊNCIA DO TEMPO DE
VISUALIZAÇÃO E DA DIREÇÃO DO OLHAR NA
PROBABILIDADE DE OFUSCAMENTO EM AMBIENTES DE
ESCRITÓRIO**

Dissertação submetida ao
Programa de Pós-Graduação em
Engenharia Civil da Universidade
Federal de Santa Catarina para
obtenção do Grau de Mestre em
Engenharia Civil.
Orientador: Prof. PhD. Fernando
Oscar Ruttkay Pereira

Florianópolis
2017

Ficha de identificação da obra elaborada pelo autor, através do
Programa de Geração Automática da Biblioteca Universitária da UFSC.

Silva Goedert, Gabriela
VERIFICAÇÃO DA INFLUÊNCIA DO TEMPO DE
VISUALIZAÇÃO E DA DIREÇÃO DO OLHAR NA PROBABILIDADE
DE OFUSCAMENTO EM AMBIENTES DE ESCRITÓRIO / Gabriela
Silva Goedert ; orientador, Fernando Oscar Ruttkay
Pereira, 2017.
204 p.

Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de
Santa Catarina, Centro Tecnológico, Programa de Pós
Graduação em Engenharia Civil, Florianópolis, 2017.

Inclui referências.

1. Engenharia Civil. 2. Conforto Visual. 3. Eye
tracker. 4. Usuário. 5. Ofuscamento. I. Oscar
Ruttkay Pereira, Fernando. II. Universidade Federal
de Santa Catarina. Programa de Pós-Graduação em
Engenharia Civil. III. Título.

Este trabalho é dedicado aos meus queridos pais.

AGRADECIMENTOS

À minha família, Gilberto, Mônica e Matheus, pelo amor incondicional e incentivo;

Ao meu companheiro, Fernando Loeser Alvez de Souza pelo carinho e suporte;

Ao meu orientador, Fernando O. R. Pereira por compartilhar seu vasto conhecimento e sempre me apoiar;

Aos amigos do Labcon, pelos aprendizados diários;

Aos meus amigos e amigas, de Florianópolis e Tijuca, que sempre estiveram por perto;

À Mariana P. Cledes pela correção dos textos;

Ao André Puel, pelos ensinamentos no programa Matlab;

À Aline Gobbi e Merino, pela atenção e auxílio no uso dos óculos *Eye-tracker*;

Ao Núcleo de Gestão de Design (NGD) e LDU - Laboratório de Design e Usabilidade pelo empréstimo dos óculos *Eye-tracking*;

RESUMO

O conforto visual pode ser definido como a reunião das condições ambientais ideais de iluminação para a realização das tarefas com precisão, acuidade e bem-estar. Essas condições são influenciadas pela forma como o espaço interno se apropria da iluminação natural e seu dinamismo, e a forma como se relaciona com o sistema de iluminação artificial. Tendo em vista isso, um dos principais desafios do projeto de iluminação é maximizar o acesso à luz natural, com a finalidade de melhorar a qualidade interna do ambiente, e ao mesmo tempo, manter o ambiente livre de brilhos e contrastes excessivos. No entanto, quantificar e caracterizar a percepção do brilho na atividade visual ainda é um desafio nas pesquisas, principalmente por se tratar de um parâmetro subjetivo, relativo à posição ativa do ocupante. Neste contexto, esta pesquisa considera o usuário dinâmico em ambientes de trabalho, verificando a influência do tempo de visualização e da direção do olhar, na probabilidade de ofuscamento. Para obtenção dos dados, foram realizadas avaliações de conforto visual em dois ambientes experimentais, agrupando os diferentes parâmetros – brilho, contraste, trajetória do olhar ao executar tarefas e satisfação do usuário - geralmente estudados em pesquisas de forma independente. Vinte e oito participantes foram monitorados enquanto realizam as tarefas pré-definidas, consideradas básicas em ambientes de escritórios – ler no monitor, digitar, ler e escrever no papel e falar ao telefone. As movimentações do olhar dos participantes são arquivadas com o auxílio dos óculos *Eye-Tracker*, e o brilho das superfícies mapeado através da técnica *High Dynamic Range* (HDR). Cada cena visualizada foi caracterizada em função dos brilhos e contrastes, sendo correlacionada com a trajetória do olhar. Em paralelo à obtenção dos dados quantitativos, foram aplicados questionários com o intuito de aproximar a satisfação dos usuários em relação as características do campo visual que cada um foi exposto. Nos resultados sobre o padrão visual, constatou-se que ao realizar uma tarefa o usuário mantém seu olhar fixado no plano de trabalho, como por exemplo o monitor e o papel. Nos momentos em que foi solicitado uma pausa ou ao falar ao telefone, o olhar se tornou disperso, sendo que as superfícies mais procuradas variaram em função da posição de cada participante. As aberturas foram acessadas quando faziam parte do plano de fundo da tarefa, quando não exigiam uma mudança do corpo ou da cabeça para serem visualizadas ou quando não continham valores extremos de luminância. Nas posições onde nenhuma dessas situações ocorreu, as vistas externas foram visualizadas com pouca frequência e o olhar se

manteve em objetos atrativos do campo visual, geralmente localizados nos planos de fundo. Percebeu-se que dependendo da direção da visão, a influência da iluminação natural proveniente das aberturas pode ser menor ou maior, podendo interferir no processo visual, e variando os índices de ofuscamento. Concluiu-se que, mesmo com a pequena mudança do DGP central para o DGP ponderado, a grandeza de maior destaque e influência será o tempo de visualização voltado para cada direção. Este tempo é o principal responsável por interferir na tolerância das cenas perturbadoras, seja por adaptação, prolongando o tempo de visualização ou, por negação, evitando a cena com superfícies incômodas. O conteúdo da cena pode ter pouca influência direta nos cálculos dos índices, porém, está diretamente relacionada à satisfação do usuário com relação ao ambiente. O fato de 100% dos participantes perceberem a importância das janelas, e preferirem ambientes de trabalho com aberturas, direcionou para diretrizes projetuais que consideram esta fonte de luz, a trajetória do olhar e os brilhos das superfícies.

Palavra-chave: Conforto Visual, Ofuscamento, Eye-Tracker, Usuário

ABSTRACT

The visual comfort is considered as the sum of the ideal environmental conditions of illumination for tasks fulfillment with precision, acuity and well-being. These conditions are influenced by how the inner space appropriates daylight and its dynamism, and how it relates to the artificial lighting system. Therefore, one of the main challenges of lighting design is maximize access to daylight, in order to improve the internal quality of the environment, while at the same time keeping the indoor environment free of excessive glare and contrasts. However, quantifying and characterizing the perception of brightness in visual activity remains a challenge for research, mainly because it is a subjective parameter, relative to the active position of the occupant. Hence, this research considers the dynamic user in work environments, verifying the influence of the time of visualization and gaze response, in the daylight glare probability. In order to obtain the research data, visual comfort evaluations are performed in two experimental environments, grouping the different parameters - brightness, contrast, gaze responses when performing tasks and user well-being - usually studied independently. The 28 participants were monitored while performing pre-defined tasks, considered basic in office environments - read on the monitor, type, read and write on paper and talk on the phone. Occupants' gaze response were archived with the aid of Eye-Tracker glasses, and the surface brightness mapped using the High Dynamic Range (HDR) technique. Each visualized scene was characterized by the brightness and contrasts, being correlated with the participants' gaze responses. In parallel to the quantitative data, questionnaires are applied in order to approximate the satisfaction data from users with the characteristics of the visual field that each one was exposed. In the visual pattern results, was found that when performing a task the user keeps his eyes fixed on the work plane, such as the monitor and the paper. When a pause was requested or when talking on the phone, the gaze became scattered, and the most visualized surfaces varied according to the position of each participant. The windows were visually accessed when they were part of the task background, when they did not require a body or head change to be viewed or when they did not contain extreme luminance values. In the positions where none of these situations occurred, the external views through the windows were viewed infrequently and the gaze remained on attractive objects of the visual field, usually located in the background. It was observed that depending on the direction of vision, the influence of the daylight coming from the windows may be smaller or larger, interfering in the visual process, and

varying the glare indices. It was concluded that, even with the small change from the central DGP to the weighted DGP, the magnitude of greater prominence and influence would be the viewing time facing each direction. This time of visualization is the main reason for interfering in the tolerance of the disturbing scenes, either by adaptation prolonging the viewing time or by denial, avoiding the scene with uncomfortable surfaces. The content of the scene may have little direct influence on the index calculations; however, it is directly related to the user's satisfaction with the environment. The fact that 100% of participants realized the importance of windows, and preferred work environments with openings, directed to design guidelines that consider this source of light, gaze response and the surface brightness.

Keywords: Visual Comfort, Glare, Eye-Tracker, User Satisfaction

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Correntes de estudos de iluminação	32
Figura 2 - Esquema da estrutura da pesquisa	34
Figura 3 – Região Central (2°), Ergorama (30°) e Panorama (60° a 70°) da visão humana.	39
Figura 4 - Sensibilidade espectral do olho humano e espectro solar.....	40
Figura 5 - Luminância da fonte (L _s) e luminância do plano de fundo (L _b).....	42
Figura 6 - Histograma mostrando a variação dos pixels entre 0 e 255..	47
Figura 7 - Lógica desenvolvida por Rockcastle no programa Matlab para o contraste espacial.....	48
Figura 8 - Relação hipotética para o contraste espacial.....	49
Figura 9 - Visualização do contraste de duas imagens renderizadas. a) Contraste espacial 0,83% b) Contraste espacial 0,966%	49
Figura 10 – Para cada HDR usa-se o diagrama com a variação dos oito vizinhos de 1 pixel para o cálculo do Contraste Espacial Modificado (mSC).....	50
Figura 11 – Contraste espacial modificado das cenas consideradas calmas e excitantes	50
Figura 12 - Bancadas de trabalho no Center of Advanced Energy Studies, Idaho.	54
Figura 13 - Modelos <i>Eye-tracinkg</i> , SMI, Tobii, ASL, respectivamente	57
Figura 14 - Imagem conceitual do funcionamento da tecnologia eye-tracking.....	57
Figura 15 - Representação do campo visual humano. Área central, Ergorama e Panorama	59
Figura 16 – Tempo de fixação, diferenciado pelo tamanho das circunferências, para cada região em uma página de website	60
Figura 17 - Fixações mapeadas nos eixos x e y em estudos de usabilidade, os círculos em laranja são os pontos de fixação e as retas, o caminho percorrido do olho	61
Figura 18 – Mapa de calor () em site de busca, as manchas vermelhas representam maior permanência da visão sobre a área.....	62
Figura 19 – a) EyeSeeCam, b) Análise do Eye-tracking - mapa de foco na etapa de pensamento.....	65

Figura 20 - Configuração do experimento: a) participante utilizando os óculos eye-tracking; b) Câmeras de luminâncias; c) Corte 3D com layout do ambiente; d) imagem interna do ambiente	65
Figura 21 – a) EyeSeeCam é equipada com três câmeras; b) CCD Câmeras instaladas sobre a cabeça dos participantes; c) Corte mostrando a posição da câmera e a configuração do experimento	66
Figura 22 – Experimento realizado em três etapas	67
Figura 23 – Visualização 3D das direções da visão em cada fase da tarefa - a) Entrada; b) Pensamento; c) Resposta; d) Interação	67
Figura 24 - Resultados do experimento da pesquisa mostram que algum brilho em uma vista interessante pode causar atração	68
Figura 25 - Resultados do experimento da pesquisa apontam que a visão tende a evitar o brilho se este for excessivo	68
Figura 26 - Imagens HDR usadas para medir luminâncias de um escritório.	69
Figura 27 - Exemplos de aberturas da lente e a proporção do shutter speed.....	70
Figura 28 - Imagens com diferentes velocidades de exposição, imagem HDR e mapa de luminâncias.....	71
Figura 29 - Efeitos de vinheta com diferentes tamanhos de abertura de lente.....	72
Figura 30 - Síntese dos procedimentos metodológicos	76
Figura 31 - Localização da sala E01 destacada em vermelho	78
Figura 32 - Interior do ambiente experimental – Estudo de caso 01.....	79
Figura 33 - Características das aberturas e vistas externas - a) Esquadria 01 b) Esquadria 02	79
Figura 34 - Posições e objetos do procedimento – E01	80
Figura 35 - Localização da sala E02 destacada em vermelho	81
Figura 36 - Vista externa: em primeiro plano edificada e em segundo plano natural.....	81
Figura 37 - Interior do ambiente experimental – Estudo de caso 2.....	82
Figura 38 - Posições e objetos do procedimento – E02	82
Figura 39 - <i>Eye Tracker</i> SMI	84
Figura 40 – a) Divisão das áreas de interesse no campo visual b) Divisão das três direções de interesse, esquerda, central e direita, no campo visual.	85
Figura 41 - Roteiro síntese de medição HDR para cada participante em cada direção de visão	86

Figura 42 - Direções de análise, E01.....	88
Figura 43 - Direções de análise, E02.....	89
Figura 44 – Interface da avaliação do brilho no programa Aftab.....	90
Figura 45 – Interface do programa Matlab para cálculo do algoritmo mSC e imagem resultante.....	92
Figura 46 - Condições do céu: a) Céu claro; b) Céu com nuvens; c) Encoberto	95
Figura 47 - Condições do céu claro E02	96
Figura 48 – Campo visual dos participantes da Posição 01	97
Figura 49 – Campo visual dos participantes da Posição 02	97
Figura 50 – Campo visual dos participantes da Posição 03	98
Figura 51 – Campo visual dos participantes da Posição 04	99
Figura 52 – Campo visual dos participantes da Posição 05	99
Figura 53 – Campo visual dos participantes da Posição 06	100
Figura 54 - Sequência de execução e média de tempo das tarefas	102
Figura 55 - Em destaque dados do participante 02 excluídos da análise por falta de arquivamento.....	103
Figura 56 – Mapeamento da direção da visão P01 dos 6 participantes: a) Mapa de foco – HeatMap; b) Trajetória do olhar, onde cada cor representa um participante	105
Figura 57 - Porcentagens de visualização para cada área de interesse na P01 dos 6 participantes.....	106
Figura 58 - Mapeamento da direção da visão na P02 dos 6 participantes: a) Mapa de foco – HeatMap; b) Trajetória do olhar, onde cada cor representa um participante	108
Figura 59 - Porcentagens de visualização para cada área de interesse em P02 dos 6 participantes.....	109
Figura 60 - Mapeamento da direção da visão na P03 dos 5 participantes: a) Mapa de foco – HeatMap; b) Trajetória do olhar, onde cada cor representa um participante	110
Figura 61 - Porcentagens de visualização para cada área de interesse na P03 dos 5 participantes.....	111
Figura 62 - Mapeamento da direção da visão na P04 dos 6 participantes: a) Mapa de foco – HeatMap; b) Trajetória do olhar, onde cada cor representa um participante	112
Figura 63 - Porcentagens de visualização para cada área de interesse na P04 dos 6 participantes.....	113

Figura 64 - Mapeamento da direção da visão na P05 de um participante 26: a) Mapa de foco – HeatMap; b) Trajetória do olhar	115
Figura 65 - Porcentagens de visualização para cada área de interesse em E02 na P5 para o participante 26	116
Figura 66 - Mapeamento da direção da visão na P6 dos 2 participantes: a) Mapa de foco - HeatMap; b) Caminho do olhar – E02 – P06.....	117
Figura 67 - Porcentagens de visualização para cada área de interesse em E02 na P06 dos 2 participantes	118
Figura 68 - Exemplo da sequências de fotos com diferentes níveis de exposição. Posição 01, direção direita, E01	120
Figura 69 - Esquema da trajetória do olhar de todos os participantes da P01, com o DGP e o mSC de cada direção. Em destaque, as áreas contornadas do monitor, do teclado e das aberturas.....	141
Figura 70 - Esquema da trajetória do olhar de todos os participantes da P02, com o DGP e o mSC de cada direção. Em destaque, as áreas contornadas do monitor, do teclado, colagem e abertura.....	143
Figura 71 - Esquema da trajetória do olhar de todos os participantes da P03, com o DGP e o mSC de cada direção. Em destaque, as áreas contornadas do monitor, do teclado e das aberturas.....	144
Figura 72 - Esquema da trajetória do olhar de todos os participantes da P04, com o DGP e o mSC de cada direção. Em destaque, as áreas contornadas do monitor, do teclado e da abertura.....	146
Figura 73 - Esquema da trajetória do olhar de todos os participantes da P05, com o DGP e o mSC de da cada direção. Em destaque, as áreas contornadas do monitor, do teclado e da abertura.....	147
Figura 74 - Esquema da trajetória do olhar de todos os participantes da P06, com o DGP e o mSC de da cada direção. Em destaque, as áreas contornadas do monitor, do teclado e da abertura.....	148
Figura 75 - Divisão das áreas de interesse em Esquerda, Central e Direita	153

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Índices de probabilidade de ofuscamento	43
Quadro 2 - Configuração da câmera.....	71
Quadro 3 - Sequência das Tarefas.....	77
Quadro 4 - Configurações da câmera	87
Quadro 5 - Cenas de cada direção de visão, E01	88
Quadro 6 -Cenas de cada direção de visão, E02	89
Quadro 7 – Síntese do processo de coleta e tratamentos dos dados	93
Quadro 8 - Variáveis obtidas para análise dos resultados	96
Quadro 9 – Quadro resumo das condições do campo visual de cada participante	101
Quadro 10 - Mapas de cores falsas da cena com luminâncias médias mais altas para cada direção de visão em cada posição do E01. Em amarelo os maiores valores para luminâncias	125
Quadro 11 - Mapas de cores falsas da cena de cada direção de visão em cada posição do E02. Em amarelo os maiores valores para luminâncias	127
Quadro 12 - Contraste Espacial modificado para cada cena mapeada de E01 e E02, com destaque em amarelo para as cenas consideradas “excitantes”	132
Quadro 13 – Objetivos e resultados alcançados	165

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

BCD	Borderline between comfort and discomfort
BGI	British Glare Index
CIE	International Commission of illumination
CGI	CIE Glare Index
CV	Campo de visão
DGI	Daylight Glare Index
DGP	Daylight Glare Probability
E01	Estudo de caso 01
E02	Estudo de caso 02
EFI	Espaço Físico Integrado
HDR	High Dynamics Range
IES	International Engineering Society
LabCon	Laboratório de Conforto Ambiental
LabEEEE	Laboratório de Eficiência Energética em Edificações
UFSC	Universidade Federal de Santa Catarina
UGR	CIE Unified Glare Rating
VCP	Visual Comfort Probability
PAF	Percentual de área de abertura na fachada

LISTA DE SÍMBOLOS

E_v	Iluminância vertical nos olhos (lux)
L_{si}	Luminância da fonte (cd/m ²)
ω_{si}	Ângulo sólido (sr)
P_i	Índice de posição
ψ	Ângulo de deslocamento da fonte
L_b^g	Luminância do plano de fundo

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Escala de ofuscamento para DGP	44
Tabela 2 - Predição anual de probabilidade de ofuscamento para uma sala de escritório.....	45
Tabela 3 - Escala DGP	91
Tabela 4 - Dados obtidos com o rastreamento do olhar para cada participante dos dois estudos. São destacados em cinza os dados excluídos da análise.....	104
Tabela 5 - Luminâncias máximas e médias no E01. Destacados em amarelo os valores superiores à 4.000cd/m ²	123
Tabela 6 - Luminâncias máximas e médias, com e sem película. Destacadas em amarelo as luminâncias máximas e médias mais altas de cada posição no E02.....	126
Tabela 7 - Índice de Probabilidade de Ofuscamento (DGP) para cada posição, direção e hora - E01 e E02	129
Tabela 8 - Pergunta 3: “Um local de trabalho agradável deve”, em destaque as maiores porcentagens de resposta	135
Tabela 9 - Pergunta 5: “vantagens de ter uma janela no ambiente de trabalho” em destaque as maiores porcentagens de resposta	135
Tabela 10 – Pergunta 6: “desvantagens de uma janela em ambientes de trabalho”, em destaque as maiores porcentagens de resposta	136
Tabela 11 – Pergunta 11: Classificação do ofuscamento no momento das tarefas E01, em destaque as maiores porcentagens de resposta	137
Tabela 12 – Pergunta 11: Classificação do ofuscamento no momento das tarefas E02, em destaque as maiores porcentagens de resposta	137
Tabela 13 – Pergunta 12: Nível de concordância com as afirmações E01, em destaque as maiores porcentagens de resposta	138
Tabela 14 – Pergunta 12: Nível de concordância com as afirmações E02, em destaque as maiores porcentagens de resposta	139
Tabela 15- DGP e a satisfação com a aparência visual – E01 e E02... ..	150
Tabela 16 – Contraste Espacial Modificado (mSC) e a satisfação com a aparência visual – E01 e E02	151
Tabela 17 – Contraste Espacial Modificado (mSC) e a satisfação com a distribuição da luz – E01 e E02.....	152
Tabela 18 - Valores do cálculo de ponderação do DGP e do mSC pelo tempo.....	154

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	29
1.1 PROBLEMA	30
1.2 JUSTIFICATIVA	31
1.3 OBJETIVOS.....	35
1.3.1 <i>Objetivo geral</i>	35
1.3.2 <i>Objetivos específicos</i>	35
1.4 ESTRUTURA DO TRABALHO.....	35
2 REFERENCIAL TEÓRICO	37
2.1 CONFORTO VISUAL.....	37
2.1.1 <i>Introdução</i>	37
2.1.2 <i>O processo da visão e o campo visual humano</i>	38
2.1.3 <i>Ofuscamento</i>	40
2.1.3.1 <i>Índices de probabilidade de ofuscamento</i>	41
2.1.4 <i>Contraste</i>	46
2.2 NÍVEIS DE SATISFAÇÃO DO USUÁRIO	51
2.2.1 <i>Pesquisas com usuários</i>	51
2.2.2 <i>Luz natural em ambientes de trabalho</i>	52
2.2.3 <i>Contato visual com o exterior</i>	54
2.3 TÉCNICAS INOVADORAS DE MEDIÇÃO	56
2.3.1 <i>Tecnologia Eye-tracking</i>	56
2.3.1.1 <i>Estudos relacionados a diferentes áreas de</i> <i>concentração com os óculos Eye-Tracker</i>	60
2.3.1.2 <i>Estudos relacionados ao conforto visual com os óculos</i> <i>Eye-Tracker</i>	63
2.3.2 <i>A Técnica HDR</i>	69
2.4 CONSIDERAÇÕES FINAIS DO REFERENCIAL TEÓRICO	73
3 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS	75
3.1 INTRODUÇÃO	75
3.2 ESTRUTURA DO MÉTODO EMPREGADO	75
3.3 CONFIGURAÇÃO DO EXPERIMENTO.....	78
3.3.1 <i>Características dos ambientes experimentais</i>	78
3.3.2 <i>Características da amostra</i>	83
3.4 TÉCNICAS EXPERIMENTAIS PARA OS LEVANTAMENTOS DOS DADOS	83
3.4.1 <i>Tecnologia Eye-Tracking</i>	83

3.4.1.1 Tratamento dos dados obtidos com Eye-Tracker	84
3.4.2 Mapeamento das condições de luminância através da técnica HDR	85
3.4.2.1 Configurações da câmera.....	86
3.4.2.2 Posicionamento e abrangência da câmera.....	87
3.4.2.3 Agrupamento e análise das imagens HDR	89
3.4.3 Níveis de satisfação dos usuários com questionários.....	92
3.5 SÍNTESE METODOLÓGICA	93
4 ANÁLISE DOS RESULTADOS E DISCUSSÕES	95
4.1 VARIÁVEIS DOS MONITORAMENTOS E ANÁLISE DO CAMPO VISUAL	95
4.1.1 Descrição e análise do campo visual das Posições.....	96
4.2 RESULTADOS DO MAPEAMENTO DAS DIREÇÕES DE VISÃO COM EYE-TRACKER.....	102
4.2.1 Posição 01 – E01.....	104
4.2.2 Posição 02 – E01.....	108
4.2.3 Posição 03 – E01.....	110
4.2.4 Posição 04 – E01.....	112
4.2.5 Considerações sobre as atividades visuais no E01	114
4.2.6 Posição 05 – E02.....	115
4.2.7 Posição 06 – E02.....	117
4.2.8 Considerações sobre as atividades visuais no E02	119
4.3 RESULTADOS DO MAPEAMENTO DAS LUMINÂNCIAS COM A TÉCNICA HDR.....	120
4.3.1 Iluminâncias e Luminâncias das cenas	120
4.3.1.1 Considerações sobre as iluminâncias e as luminâncias das cenas.....	127
4.3.2 Índice de probabilidade de ofuscamento (DGP)	129
4.3.2.1 Considerações sobre o DGP das cenas.....	130
4.3.3 Contraste Espacial Modificado	131
4.3.3.1 Considerações sobre o Contraste Espacial Modificado (mSC) das cenas	133
4.4 RESULTADOS DOS QUESTIONÁRIOS.....	134
4.5 CRUZAMENTO DOS RESULTADOS	140
4.5.1 Trajetória do olhar, luminâncias, DGP e Contraste (mSC) correspondentes.....	140
4.5.1.1 Posição 01	140
4.5.1.2 Posição 02	142
4.5.1.3 Posição 03	143
4.5.1.4 Posição 04	145
4.5.1.5 Posição 05	146
4.5.1.6 Posição 06	147

4.5.2	<i>Dados do Questionário x Dados Experimentais</i>	148
4.5.3	<i>Ponderação do índice de probabilidade de ofuscamento (DGP) e Contraste Espacial Modificado (mSC) pelo tempo</i>	153
4.6	CONSIDERAÇÕES FINAIS DOS RESULTADOS	157
5	CONCLUSÕES E CONSIDERAÇÕES FINAIS	161
5.1	CONCLUSÕES	161
5.1.1	<i>Conclusões acerca da metodologia</i>	161
5.1.2	<i>Conclusões acerca das características da apropriação visual</i>	162
5.1.3	<i>Diretrizes Projetuais</i>	165
5.2	CONSIDERAÇÕES GERAIS	167
5.2.1	<i>Limitações da pesquisa</i>	167
5.2.2	<i>Sugestões para Pesquisas Futuras</i>	168
	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	169
	APÊNDICE A – Estudo Piloto	177
	APÊNDICE B - Questionário Avaliativo sobre o Participante	185
	APÊNDICE C - Roteiro das Tarefas de Monitoramento	187
	APÊNDICE D - Questionário Avaliativo sobre o Ambiente	189
	APÊNDICE E - Algoritmo mSC MATLAB	191
	APÊNDICE F – Sobreposição da trajetória do olhar em preto, com os mapas de cores falsas da direção central, para cada participante	Error!
	Bookmark not defined.	
	APÊNDICE G – Sobreposição da trajetória do olhar em preto, com contraste espacial modificado da direção central, para cada participante	Error! Bookmark not defined.

1 INTRODUÇÃO

Atualmente, o crescimento populacional nas cidades tem aumentado a demanda por edifícios com menores gastos energéticos e mais preocupados com os níveis de conforto. Com isto, uma série de pesquisas tem sido realizadas em busca de parâmetros de satisfação e índices de conforto de espaços internos ocupados, considerando que cerca de 90% da permanência humana acontece em lugares fechados (ANDERSEN, 2015). Com relação ao conforto visual, este pode ser considerado como a reunião das condições ambientais ideais de iluminação para a realização de tarefas com precisão, acuidade e bem-estar. Sendo assim, o processo de admissão da luz natural em um ambiente pode influenciar em todo o processo visual e, se adequado, pode melhorar o desempenho e a produtividade dos usuários ocupantes.

Um espaço iluminado naturalmente pode ser descrito como o espaço que utiliza a luz natural como fonte principal de iluminação durante o dia, para acomodar as necessidades visuais dos ocupantes (WYMELENBERG, 2008). Devido à sua intensidade, dinamismo e variação, a luz natural, se bem utilizada pode proporcionar um espaço confortável visual e termicamente, estimulando ambientalmente através da conexão com fenômenos externos, como por exemplo, as mudanças nas condições climáticas. Além disso, o aproveitamento da luz natural pode trazer inúmeros benefícios físicos, fisiológicos e psicológicos (BOYCE; HUNTER; HOWLETT, 2003). Primeiramente, a luz natural tem o potencial de melhor representar o espectro de cores, sendo mais fiel nas tonalidades e variações. Esta pode interferir fisiologicamente estimulando o sistema visual humano, produzindo vitaminas e regulando o ciclo circadiano, que consiste no ciclo biológico de aproximadamente 24 horas responsável pela regulação de diversos hormônios, tais como a melatonina e o cortisol (MARDALJEVIC, 2013).

Além dos diversos benefícios fisiológicos e de bem-estar, o uso da luz natural pode ser considerado fundamentalmente sustentável e uma estratégia de design passivo, auxiliando a maximizar a economia com energia elétrica e minimizar o pico de demanda de energia, podendo também gerar energia elétrica através do efeito fotovoltaico (WYMELENBERG, 2008). Apesar do fator econômico ser quase sempre uma boa justificativa, este não deve superar a principal razão para incluirmos espaços iluminados naturalmente em edifícios - os benefícios humanos (WYMELENBERG, 2014).

Considerando a preferência das pessoas por ambientes iluminados naturalmente do que ambientes sem aberturas (CIBSE, 2012), ressalta-se

a importância de estudos que considerem o dinamismo dessa fonte de luz e seus efeitos na resposta visual, uma vez que o conforto visual dos espaços internos de lazer e de trabalho, é umas das chaves para tornar um ambiente agradável e produtivo.

1.1 PROBLEMA

O conforto visual está relacionado com o dinamismo da luz natural, onde as principais causas de desconforto são relacionadas à incapacidade do sistema visual se adaptar às condições dinâmicas e direcionais do brilho dos componentes da cena, podendo gerar diferentes padrões comportamentais. Definir estes padrões precisamente é uma das maiores dificuldades encontradas em processos de avaliação visual de um ambiente, seja com mecanismos de simulação, quantificações de índices de ofuscamento ou em avaliações *in loco*. Além disso, um dos desafios do projeto de iluminação é maximizar o acesso à luz natural com a finalidade de melhorar a qualidade interna do ambiente, porém, ao mesmo tempo, manter o ambiente interno livre de brilhos e contrastes excessivos (KHANIE *et al*, 2015). Infelizmente, quantificar e dosar o brilho ainda é um desafio para pesquisas, principalmente por se tratar de um parâmetro subjetivo e relativo a posição ativa do ocupante. Estudos sobre o tema geralmente englobam ocupantes com olhares fixos ou com movimentações limitadas, tornando os dados levantados não condizentes com a realidade.

A preocupação em considerar um usuário dinâmico teve início recentemente com alguns estudos (JAKUBIEC; REINHART, 2011, KHANIE *et al*, 2011, 2013, 2015, VÁSQUEZ *et al*, 2016), que incluem novos parâmetros e métodos de medição e geram modelos comportamentais com relação a como o ambiente é realmente experimentado visualmente. Nestes estudos, a direção de visão é composta pela movimentação do corpo, da cabeça e dos olhos do usuário. Jakubiec e Reinhart (2011) propõem o modelo de zonas adaptativas, permitindo que os usuários mudem sua direção de visão para evitar o desconforto. Ao aplicar este conceito foi significativamente ampliada a precisão em prever o conforto dos ocupantes. KHANIE *et al* (2011, 2013, 2015), abordaram uma nova metodologia do olhar dirigido aplicada à análise do brilho. O caminho do olhar foi gravado através dos óculos *Eye-Tracker*, enquanto paralelamente foram monitoradas, através de fotos *High Dynamic Range* (HDR), as luminâncias das superfícies. Integrando essas duas informações consegue-se estimar a luz recebida pelo olho humano. Foram comparados os resultados obtidos através do

monitoramento com outras duas abordagens baseadas em olhares fixos na área de tarefa e a 45° em direção a janela. Os resultados demonstraram que há uma diferença significativa ao considerar essa mudança de direção do olhar. VÁSQUEZ *et al* (2016), também apresentaram um procedimento para inclusão do tempo e direção do olhar. Neste estudo os resultados indicaram uma redução de até 30% no *Daylight Glare Index* (DGI) total da sala com relação ao DGI estático, caso fosse considerado o tempo de permanência do olhar em cada direção.

Além da influência da direção e do tempo de permanência do olhar, outras pesquisas abordam a questão do conteúdo da cena que está sendo observada e do contato visual com o exterior. Dando continuidade à pesquisa iniciada anos antes, KHANIE *et al* (2015) aplicou a metodologia de olhar monitorado com *Eye-Tracker* nas tarefas básicas realizadas em escritório. Foi constatado que nos intervalos das tarefas, o olhar se direcionava para a vista da janela e que, ao realizar uma tarefa, o foco do olhar estava direcionado a ela. Os estudos de Tuaycharoen e Tregenza (2007), também abordam a questão da visão ao exterior, concluindo que usuários experimentam menos desconforto por ofuscamento quando estão interessados na cena que estão observando do que quando estão olhando para algo que não lhes interessa, com os mesmos níveis de luminância. Também se afirmou que, ao olhar uma cena de paisagem natural, os usuários associam a mesma a um menor desconforto por brilho, diferente de quando observam uma cena urbana (TUAYCHAROEN; TREGENZA, 2005, 2007).

Estas pesquisas englobam a percepção do usuário, porém tratam as variáveis de forma independente. Essa abordagem dificulta a comparação da relação direta da mudança de comportamento do usuário com relação ao ambiente luminoso disponível, com as tarefas realizadas e com as vistas externas. Considerar essas interdependências entre os diferentes parâmetros avaliados pode significar mudanças de tolerância ao brilho pelos usuários.

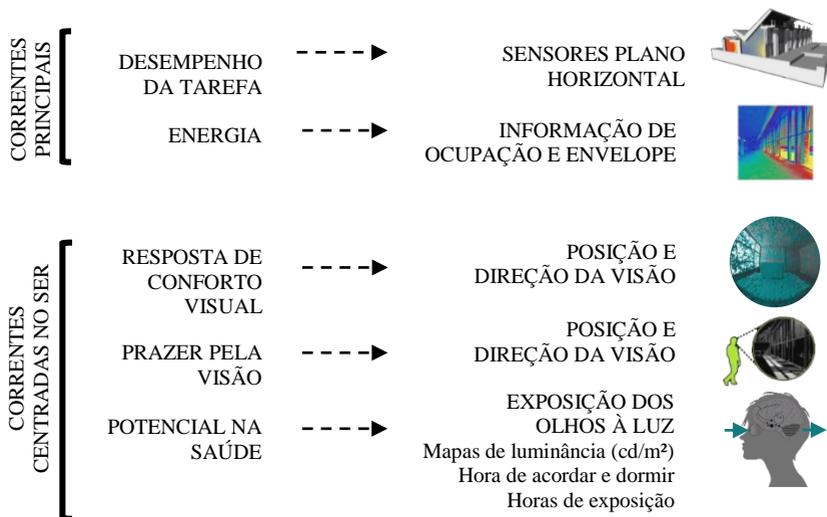
1.2 JUSTIFICATIVA

Sabe-se que a distribuição da iluminação e suas características qualitativas influenciam o desempenho das atividades desenvolvidas pelos usuários, podendo ocasionar desconforto, queda na produtividade e até mesmo danos à saúde caso não esteja adequada (LAMBERTS; DUTRA; PEREIRA, 2014). Os impactos das decisões sobre as estratégias de iluminação natural irão influenciar diretamente no alcance do conforto

visual e na satisfação do usuário (WIENOLD; CHRISTOFFERSEN, 2006).

As correntes tradicionais de estudos de iluminação se preocupam com o desempenho de tarefas em planos horizontais e com os gastos energéticos. Já as correntes mais atuais, além da simples preocupação com níveis de iluminâncias dos ambientes, estão cada vez mais voltadas para estudos centrados no ser humano e em outros parâmetros que possam influenciar em como o ambiente é experimentado visualmente. Esta mudança de percepção está relacionada com as novas descobertas da influência da luz sob o corpo humano, tanto para saúde como para produtividade, fazendo com que o foco das pesquisas esteja voltado para o usuário e não para o ambiente (Figura 1). A luz natural como tema de pesquisa passa a situar-se na interface entre os fatores psico-fisiológicos e ambientais (ANDERSEN, 2015).

Figura 1 - Correntes de estudos de iluminação



Fonte - Adaptado e traduzido de ANDERSEN, 2015.

Considerar o usuário ativo em ambientes de trabalho nas avaliações de conforto visual, e agrupar os diferentes parâmetros geralmente estudados em pesquisas de forma independente, é o principal objetivo desta pesquisa. Com o auxílio dos óculos de monitoramento *Eye-*

Tracker, serão consideradas as movimentações do olhar dos ocupantes, o tempo de permanência do olhar para determinado foco e quantas vezes este foi direcionado para determinada direção. As características das vistas dos ambientes externos, as tarefas realizadas em ambientes de escritório, o layout e os brilhos das superfícies também serão importantes elementos a serem avaliados. Por ser um assunto recente, estudado com mais frequência em pesquisas no hemisfério Norte, este estudo propõe verificar como o espaço é realmente experimentado visualmente, partindo da pergunta: qual a relevância do tempo de visualização, da direção do olhar e do conteúdo da cena, na probabilidade de ofuscamento em um ambiente de escritório?

A pesquisa encontra-se estruturada no esquema abaixo (Figura 2):

Figura 2 - Esquema da estrutura da pesquisa

AVALIAÇÃO TEMPORAL E DIRECIONAL DO OLHAR

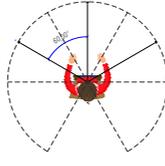
Avaliar as influências temporais e direcionais do olhar na probabilidade de ofuscamento.

CONTEXTO / PROBLEMATICA

- A RESPOSTA DE CONFORTO VISUAL É INFLUENCIADA PELO DINAMISMO DA LUZ NATURAL SENDO QUE ESTA INFLUENCIA O DINAMISMO ESPACIAL E TEMPORAL DO PROCESSO VISUAL
- OFUSCAMENTO PODE GERAR QUEDA NA PRODUTIVIDADE, FADIGA VISUAL, DORES DE CABEÇA E POR ISSO DEVE SER CONTROLADO
- A TRAJETÓRIA DO OLHAR *--- pode ser influenciada ---* → BRILHO, VISTA EXTERNA, TAREFA
- ÍNDICES DE PROBABILIDADE DE OFUSCAMENTO *--- consideram ---* → OLHARES FIXOS
- AO REALIZAR TAREFAS *-----* → OLHAR ESTÁ EM MOVIMENTO



LUZ PERCEBIDA



CAMPO VISUAL



TRAJETÓRIA DO OLHAR

INVESTIGAÇÃO / PESQUISA

- MUDANÇA DE DIREÇÃO E TEMPO DO OLHAR *--- podem influenciar ---* → PROCESSO DE RESPOSTA VISUAL
- PESQUISA CENTRADA NO SER HUMANO EM ATIVIDADE;
- ATIVIDADES DE ESCRITÓRIO REALIZADAS EM UM AMBIENTE COM CARÁTER EXPERIMENTAL;
- LEVANTAMENTO DE DADOS DO PROCESSO VISUAL COM EYE TRACKER (DIREÇÃO E TEMPO);



ANÁLISE DOS RESULTADOS

- TRAJETÓRIA DO OLHAR;
- DIREÇÃO E FOCO;
- TEMPO DE PERMANÊNCIA;
- LUMINÂNCIAS DAS SUPERFÍCIES;
- DGP AMBIENTE COM OLHAR FIXO;
- PONDERAÇÃO DO TEMPO E DA DIREÇÃO NO ÍNDICE DGP.

POSSÍVEIS RESPOSTAS

- INFLUÊNCIA DO LAYOUT E ORIENTAÇÃO DAS ABERTURAS NO PROCESSO DE RESPOSTA VISUAL;
- INFLUÊNCIA DAS VISTAS AO EXTERIOR E DOS BRILHOS DAS SUPERFÍCIES NO DIRECIONAMENTO E TEMPO DE PERMANÊNCIA DO OLHAR;
- INFLUÊNCIA DOS TIPOS DE TAREFAS NO CAMINHO DO OLHAR;
- INFLUÊNCIA DA MOVIMENTAÇÃO E TEMPO DO OLHAR NO ÍNDICE DE PROBABILIDADE DE OFUSCAMENTO (DGP).

1.3 OBJETIVOS

1.3.1 Objetivo geral

Avaliar as influências temporais de visualização, direcionais do olhar e conteúdo da cena observada na probabilidade de ofuscamento em ambientes de escritório com usuários dinâmicos.

1.3.2 Objetivos específicos

- Definir padrões de visão e apropriação visual do espaço, considerando a tarefa realizada, a visão ao exterior e o layout;
- Analisar as luminâncias das superfícies e correlacionar com a direção, com o tempo de visualização e com o conteúdo da cena;
- Incluir o usuário ativo - direção da visão - nos índices de probabilidade de ofuscamento que consideram uma direção de visão fixa.

1.4 ESTRUTURA DO TRABALHO

Esta pesquisa se divide em seis capítulos principais. Na introdução, **primeiro capítulo**, estão contidas a caracterização do problema e a justificativa da pesquisa, bem como seus objetivos gerais e específicos. No **segundo capítulo** são apresentadas as revisões bibliográficas que serviram de embasamento teórico para o desenvolvimento desta pesquisa - este capítulo aborda temas relacionados com o conforto visual, com os níveis de satisfação do usuário e com as técnicas inovadoras de medição – tecnologia *eye-tracking* e a técnica HDR. O **terceiro capítulo** contém a metodologia empregada no estudo, descrevendo a estrutura do método, as configurações dos experimentos e o uso das técnicas experimentais para medição. O **quarto capítulo** abrange os resultados dos mapeamentos com óculos Eye-Tracker, com a técnica HDR e com questionários. Inclui também, o cruzamento dos resultados obtidos. O **quinto capítulo** descreve as conclusões e as diretrizes projetuais, assim como as considerações gerais da pesquisa, com as limitações encontradas e sugestões para pesquisas futuras. Por fim, são apresentados as referências bibliográficas e os apêndices.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

Este capítulo apresenta a revisão bibliográfica utilizada como embasamento para realização da pesquisa. Aborda questões de conforto visual e ofuscamento, índices de probabilidade de ofuscamento, níveis de satisfação do usuário, luz natural em ambientes de trabalho, contato com o exterior e técnicas inovadoras para medição.

2.1 CONFORTO VISUAL

2.1.1 Introdução

O conforto visual é considerado como a reunião das condições ambientais ideais de iluminação para a realização de tarefas com precisão, acuidade e bem-estar. Considera-se em conforto visual àqueles que não necessitam de esforço e não estão expostos à riscos de prejuízos da visão enquanto realizam suas atividades (LAMBERTS; DUTRA; PEREIRA, 2014). O processo visual e, conseqüentemente, o conforto visual, pode ser influenciado pela disponibilidade de luz natural, distribuição de iluminâncias no espaço, luminâncias das superfícies, ausência de ofuscamento e contrastes adequados no campo de visão (BAKER; FANCHIOTTI; STEEMERS, 1993). Com isto, a admissão da luz em um ambiente pode influenciar na execução de tarefas e bem-estar e, se adequado, pode melhorar o desempenho e a produtividade dos usuários ocupantes. Para uma iluminação ser considerada adequada, deve-se priorizar, principalmente, a qualidade e a quantidade da luz.

As condições de iluminação de um ambiente podem ser quantificadas por algumas grandezas fotométricas, dentre elas as mais representativas são a iluminância e a luminância. A iluminância é o fluxo luminoso incidente por área (CIBSE, 2012), sendo a medida mais utilizada para descrever a distribuição de luz dentro de um espaço (JAKUBIEC *et al.*, 2016). Já a luminância é a intensidade luminosa da fonte emitida ou refletida em uma dada direção, sendo considerada a medida fotométrica do estímulo que produz a sensação de brilho (CIBSE, 2012, DAY; THEODORSON; WYMELENBERG, 2012).

Apesar da importância da luz natural para o conforto visual, a maioria dos estudos lida com controle e satisfação de luz elétrica (DAY; THEODORSON; WYMELENBERG, 2012), assim como as normas atuais mais acessadas, que disponibilizam limites desejáveis de iluminância para ambientes internos, e se baseiam em ambientes iluminados artificialmente. A NBR/CIE 8995-1 (2013) apresenta esses

limites distinguindo-os de acordo com três fatores determinantes para iluminância: idade, velocidade e precisão da tarefa, e a refletância do fundo da tarefa. De acordo com a soma desses fatores, um nível de iluminância será mais adequado. Os níveis estão separados por atividades e são descritos em lux. Com relação à luminâncias, segundo estudos de Guth (1958), o padrão admitido para o limite entre conforto e desconforto (BCD) é definido em 2844cd/m^2 . Outros estudos mais atuais (KIM *et al.*, 2009), obtiveram, com outras técnicas de medição, valores muito similares aos de Guth, onde para a linha de visão, encontrou-se uma média de 2590cd/m^2 . Apesar de amplamente aplicados e utilizados como ponto de partida para cálculos luminotécnicos, estes limites ainda são questionáveis, considerando a natureza subjetiva da percepção visual, principalmente com relação à iluminação natural.

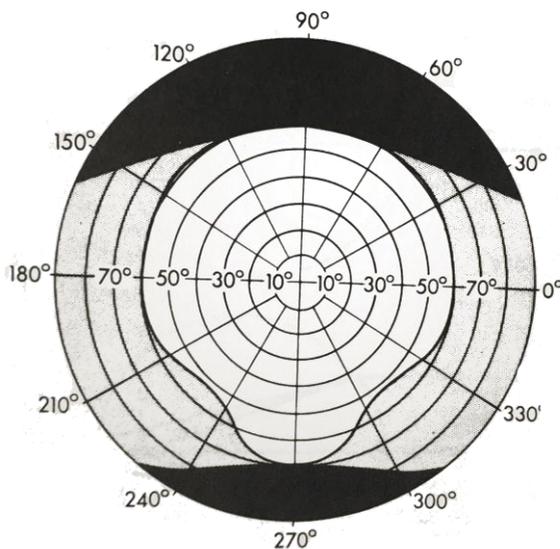
Recentemente, alguns estudos (HESCHONG, 2013) passaram a avaliar quais seriam realmente os limites mais adequados para iluminação natural e quais seriam as medidas (dinâmicas ou estáticas) que melhor representariam uma avaliação lumínica do espaço interno, tendo como objetivo análises de conforto visual mais fiéis à realidade. As medidas dinâmicas, diferente das estáticas, são baseadas em dados solares anuais externos de radiação, e consideram a quantidade e o caráter das variações diárias e sazonais da luz do dia para um determinado local (REINHART; MARDALJEVIC; ROGERS, 2006). Neste estudo, concluiu-se inicialmente que as medidas dinâmicas mais representativas seriam a Autonomia de Luz Espacial (sDA) e a Exposição Solar Anual (ASE), no entanto, estas medidas ainda se limitam a avaliar a iluminância do espaço (IES - LM83-12).

2.1.2 O processo da visão e o campo visual humano

A visão é a habilidade dos olhos de perceber a porção do espectro de radiação que é definido como luz (MOORE, 1991), e pode influenciar no processo de orientação e formação espacial. O funcionamento do olho humano se inicia a partir da entrada da luz pelos olhos através da pupila, que ajusta seu tamanho em função da quantidade de luz admitida. A córnea foca a imagem pela refração da luz e a projeta sobre a retina. A retina é considerada a parte mais sensível do olho humano à luz, e é composta por dois tipos de células: os cones e os bastonetes. Os cones estão localizados na região central, e são sensíveis às cores e aos detalhes; já os bastonetes, são responsáveis por nossa visão periférica, sendo extremamente sensíveis à luz (MOORE, 1991). O campo visual é definido como a porção do espaço percebida com a cabeça e os olhos fixos, medido

em graus (VASQUEZ, 2011), nos humanos, é binocular, sendo composto pela sobreposição das duas partes dos dois olhos, resultando num campo central maior, de aproximadamente 140° (MARDALJEVIC, 2013). Este está dividido em três diferentes regiões: a central, a ergorama e a panorama. Na literatura encontram-se algumas definições de ângulos da visão para cada região (Figura 15). Com mais frequência define-se a região central, responsável pela acuidade visual, com um ângulo de 1 e 2°. A região ergorama, que permite a percepção de profundidade e discriminação cromática, com cerca de 30°. Por fim, a região panorama, responsável por completar o campo da visão, possui forma assimétrica variando de 60° a 70° (IESNA, 2000) (Figura 3).

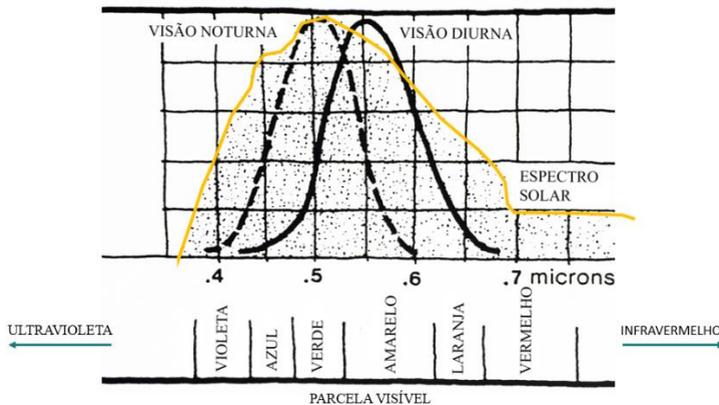
Figura 3 – Região Central (2°), Ergorama (30°) e Panorama (60° a 70°) da visão humana.



Fonte: LIGHTING HANDBOOK, 2000.

A luz natural desempenha importante papel no processo visual humano, sendo que os limites de sensibilidade do olho humano são muito similares aos limites do espectro da luz solar, tornando esta fonte de luz a mais adequada e fiel (Figura 4).

Figura 4 - Sensibilidade espectral do olho humano e espectro solar



Fonte - Traduzido e adaptado de MOORE, 1991.

2.1.3 Ofuscamento

Os principais objetivos de um bom projeto de iluminação são: primeiro, prover quantidade de luz suficiente para um desempenho visual eficiente e, segundo, assegurar um ambiente confortável e apropriado para o uso (WIENOLD; CHRISTOFFERSEN, 2006). O segundo aspecto, relacionado ao conforto visual, geralmente é influenciado por problemas com ofuscamento. O ofuscamento é uma sensação de desconforto causada pela luz direta do sol, pelo excesso de luz, pela distribuição de luminâncias no campo de visão do observador ou pelo contraste excessivo entre brilho de superfícies, onde o olho não consegue se adaptar às condições em que está sendo exposto (MARDALJEVIC, 2013, JAKUBIEC; REINHART, 2011).

A adaptação dos olhos é rígida pelas luminâncias dos elementos no campo visual, o tamanho das áreas envolvidas e a localização do observador. Os níveis de adaptação continuamente se modificam com os movimentos dos olhos (CIBSE, 2012) e com as várias condições de luminosidade a que são expostos. Geralmente, essas mudanças ocorrem suficientemente devagar garantindo a adaptação confortável do olho humano. No entanto, o desconforto visual pode ocorrer quando é requerido aos olhos uma adaptação muito brusca ou de elevada magnitude nas condições de brilho (MOORE, 1991). Sendo assim, quando os olhos são expostos a duas áreas com muita diferença de brilho (grandes contrastes), a tendência deles é adaptarem-se a uma luminância média,

tornando difícil discernir os detalhes dessas áreas. Enquanto os olhos podem se adaptar a um desses níveis de brilho sozinhos, as áreas adjacentes no campo de visão são a fonte de desconforto, reduzindo acuidade visual, que é caracterizada pela habilidade do observador em distinguir bem os detalhes (MOORE, 1991).

Existem dois tipos de ofuscamento que podem influenciar na maneira de perceber e visualizar o meio: ofuscamento inabilitador e o ofuscamento perturbador (OSTERHAUS, 2005). O primeiro é o fenômeno onde o raio de luz disperso alcança os olhos e resulta numa redução de visibilidade e desempenho visual. Este fenômeno é mais raro em edifícios e menos preocupante em projetos. O segundo tipo conduz o usuário ao desconforto, mas não necessariamente interfere na visibilidade ou desempenho visual, podendo ser resultado de superfícies muito brilhantes no campo de visão ou vistas com arredores muito escuros. O ofuscamento perturbador geralmente possui efeitos não notados imediatamente, mas pode provocar dores de cabeça, dores posturais pós trabalho, ardência nos olhos, lacrimejamento e fadiga visual (MARDALJEVIC, 2013, MOORE, 1991). Muitas vezes os dois tipos de ofuscamento são encontrados simultaneamente, tornando difícil a separação dos efeitos e a avaliação dos mesmos (OSTERHAUS, 2005). Normalmente, o desconforto por ofuscamento, é marcado por comportamentos tais como piscar, olhar para longe, proteger os olhos quando se deparam com intensidades extremas de contraste e se persistentes, podem ocasionar fadiga visual (KHANIE *et al.*, 2015). As fontes mais comuns de ofuscamento são as luminárias e as janelas, vistas diretamente ou por reflexão (CIBSE, 2012).

2.1.3.1 Índices de probabilidade de ofuscamento

Os estudos com iluminação artificial (WIENOLD; CHRISTOFFERSEN, 2006, JAKUBIEC; REINHART, 2011), descrevem o ofuscamento através da Equação 1 simplificada apresentada a seguir. A partir dela surgiram diversos índices que buscam quantificar e avaliar a probabilidade de ofuscamento:

$$\text{Ofuscamento } (G) = \sum_1^n \frac{L_s^{a1} \omega_s^{a2}}{L_b^{a3} p^{a4}} \quad (1)$$

A constante G revela a sensação subjetiva de brilho, L_s^{a1} expressa a luminância da fonte de brilho, ω_s^{a2} representa o ângulo sólido da fonte,

p^{a4} é o índice de posição e L_b^{a3} a luminância do campo de visão ou plano de fundo (Figura 5).

Figura 5 - Luminância da fonte (L_s) e luminância do plano de fundo (L_b)



Fonte - WIENOLD, 2016.

Apesar da percepção do brilho variar de usuário para usuário, foram desenvolvidos alguns índices que buscam quantificar e descrever a magnitude subjetiva deste fenômeno (CLEAR, 2012, WIENOLD; CHRISTOFFERSEN, 2006). Em sua maioria, os índices levam em consideração a intensidade da fonte emissora do brilho, que é determinada basicamente por quatro fatores físicos já mencionados na Equação 1: a luminância da fonte, o tamanho, a posição no campo de visão e adaptação do usuário (ANDERSEN, 2015, CLEAR, 2012, JAKUBIEC; REINHART, 2011, KHANIE *et al*, 2013, WIENOLD; CHRISTOFFERSEN, 2006). O Quadro 1 descreve as características e aplicações dos índices mais conhecidos: *British Glare Index* (BGI), *Daylight Glare Index* (DGI), *CIE Glare Index* (CGI), *Visual Comfort Probability* (VCP), *CIE Unified Glare Rating* (UGR), *Daylight Glare Probability* (DGP). Calcular esses índices é geralmente uma forma de prever e quantificar o acesso subjetivo ao desconforto por ofuscamento. Para nivelar os valores, os índices geralmente utilizam a escala que os descreve em ofuscamento imperceptível, perceptível, perturbador e intolerável.

Quadro 1 - Índices de probabilidade de ofuscamento

Índices	Ano	Condição da luz	Características
VCP	1925-1949	Luz artificial	Dificuldades com níveis elevados de luminâncias e fontes grandes de luz
BGI	1926-1963	Luz artificial	Dificuldades com níveis elevados de luminâncias e fontes grandes de luz Inclui a contribuição da fonte de brilho na adaptação do observador:
CGI	1979	Luz artificial	iluminância vertical direta nos olhos do observador. Fontes grandes de brilho.
DGI	1972	Luz natural	Considera grandes fontes de brilho, porém sem raios diretos de sol ou reflexões Fórmula mais simples. Considera somente o luminância do plano de fundo, sem as fontes de brilho. Não
UGR	1995, modificado 2002	Luz natural	considera raios diretos de sol. Não inclui fontes de brilho da parte inferior da visão Considera a subjetividade do usuário, pois inclui a iluminância vertical nos
DGP	2006	Luz natural	olhos do observador. Considera raios diretos do sol. O índice de posição inclui apenas 30° a partir da linha da visão.

Fonte - Baseado em JAKUBIEC; REINHART,2011; OSTERHAUS, 2005; WIENOLD; CHRISTOFFERSEN, 2006; KIM; HAN; KIM, 2009.

Jakubiec e Reinhart (2011), avaliou 5 desses índices (DGI, CGI, VCP, UGR, DGP) em 144 condições de iluminação natural em 3 espaços diferentes. A pesquisa tinha como objetivo a análise dos índices e a escolha daquele que possuísse maior capacidade de caracterizar o ambiente visual, podendo dar um suporte mais fiel às decisões de projeto. Foi encontrado que o VCP não é adequado para casos de luz natural e o índice CGI tende a demonstrar valores maiores de ofuscamento. Com relação ao DGI e o UGR, estes podem ser utilizados para avaliações de luz natural, porém somente sem os raios diretos do sol. Por fim, o DGP foi considerado o índice com resultados mais plausíveis para situações de luz natural (JAKUBIEC; REINHART, 2011).

Nos estudos de Wymelenberg (2010), também foram encontradas correlações mais consistentes do índice DGP com os dados subjetivos de preferência dos usuários (WYMELENBERG; INACINI; JOHNSON, 2010). Segundo Wienold e Christoffersen (2006), esse índice é um dos mais recentes, desenvolvido a partir de estudos com mapas de luminâncias, sendo o mais próximo da realidade do usuário por considerar a iluminância vertical nos olhos do observador.

O DGP pode ser calculado através da Equação 2:

$$DGP = 5.87 \times 10^{-5} E_v + 9.18 \times 10^{-2} \log(1 + \sum_i \frac{l_{si}^2 \omega_{si}}{E_v^{3.87} P_i^2}) + 0.16 \quad (2)$$

Onde E_v é a iluminância vertical nos olhos do observador (lux), l_{si}^2 a luminância da fonte (cd/m^2), ω_{si} o ângulo sólido (sr) e P_i a posição.

A validação dessa equação foi feita através de vários experimentos, resultando na classificação da Tabela 1:

Tabela 1 - Escala de ofuscamento para DGP

Classificação do Ofuscamento	DGP (média)	Intervalo de 95% de confiança	
		Limite inferior	Limite Superior
Imperceptível	0.33	0.314	0.352
Perceptível	0.38	0.356	0.398
Perturbador	0.42	0.39	0.448
Intolerável	0.53	0.464	0.59
Média	0.39	0.314	0.352

Fonte - Traduzido e adaptado de WIENOLD, 2016.

O cálculo do DPG pode ser simplificado pelo DGPs, onde é desconsiderada a influência individual das fontes de brilho podendo ser aplicado se não houver luz do sol direta ou reflexão especular incidente nos olhos do observador (Equação 3) (WIENOLD, 2009).

$$DGPs = 6,22 \times 10^{-5} x E_v + 0.184 \quad (3)$$

A ocorrência do desconforto por ofuscamento está sendo cada vez mais estudada e relacionada com outros fatores além daqueles incluídos tipicamente nas equações (ALTOMONTE *et al*, 2016). Os fatores adicionais que podem afetar a resposta visual e a tolerância ao ofuscamento como, por exemplo, a dificuldade das tarefas, variáveis temporais e a resposta ao brilho ao longo do dia, foram estudados por

Altomonte *et al* (2016). Sob condições laboratoriais, vinte participantes foram expostos a diferentes grupos de tarefas em quatro horários do dia, e deram votos de sensação do brilho (GSV) que foram convertidos para análise em Votos de Reposta do Brilho (GRV – IES GI). As tarefas variaram com relação à dificuldade – tamanho da fonte, contraste do fundo e contraste da fonte – e o participante era exposto a diferentes situações – ingestão de café, cansaço, e fome - a fim de levantar a influência de cada variável na mudança de percepção ao brilho ao longo do dia. Neste estudo, concluiu-se que a percepção ao brilho tende a diminuir ao longo do dia e que no intervalo entre as tarefas realizadas, a tolerância ao brilho era maior, assim como ao ingerir alimentos. Já o cansaço e a ingestão de café, possuíram efeito direto à percepção do brilho. Este e outros estudos sugerem que os parâmetros físicos e fotométricos, se considerados sozinhos, podem não ser suficientes para uma análise mais precisa do ofuscamento (ALTOMONTE *et al*, 2016). Além disso, estas medidas de probabilidade de desconforto por ofuscamento possuem limitações, pois ignoram a dependência da direção e tempo da visão, o que acaba por tornar mais difícil sua avaliação precisa (TUAYCHAROEN; TREGENZA, 2005; KHANIE *et al*, 2013; VÁSQUEZ *et al*, 2016). Jakubiec e Reinhart (2011), ao aplicar o conceito de zonas adaptativas, onde o observador mudaria sua direção de visão com a finalidade de evitar o desconforto, encontraram diferentes resultados para o índice DGP (Tabela 2). Ao englobar o usuário ativo, percebe-se uma diminuição significativa na probabilidade de ofuscamento por hora ocupada.

Tabela 2 - Predição anual de probabilidade de ofuscamento para uma sala de escritório

Ofuscamento	Porcentagem de Horas Ocupadas	
	DGP	DGP - adaptativo
Imperceptível	70.1%	94.3%
Perceptível	9.3%	3.1%
Perturbador	5.2%	0.2%
Intolerável	15.4%	2.4%

Fonte - Traduzido de JAKUBIEC; REINHART, 2011.

O ofuscamento é um fenômeno complexo que envolve o entendimento de várias variáveis, como o tempo que a fonte de brilho está presente, a relação de luminâncias da fonte e do plano de fundo e as

necessidades para as atividades visuais (BAKER; FANCHIOTTI; STEEMERS, 1993). Estimar o ofuscamento é possível através da caracterização dos aspectos subjetivos visuais e dos aspectos físicos do ambiente. Existe um consenso geral que afirma que o desconforto por ofuscamento é umas das fontes mais prevalentes de potencial de insatisfação pelos ocupantes e o principal motivo para eles manipularem as persianas (KHANIE *et al*, 2013). Por ser considerado um fenômeno essencialmente subjetivo, acaba sendo um dos aspectos mais complexos do processo de avaliação da iluminação natural, e conseqüentemente limita as formas de avaliação e leva à métodos de avaliação subjetiva (HOPKINSON, 1972, VÁSQUEZ *et al*, 2016). Com isto, apesar de existirem índices de probabilidade de ofuscamento, a falta de padronização em como medi-los e aplicá-los, ainda é considerada uma das barreiras no progresso das pesquisas (CLEAR, 2012). Estudos sobre a ponderação do tempo e direção da visão e padrões comportamentais foram e estão sendo desenvolvidos com novas metodologias, a fim de considerar o usuário ativo nos índices de probabilidade de ofuscamento (KHANIE *et al*, 2013, 2015, VÁSQUEZ *et al*, 2016), e serão aprofundados nos capítulos seguintes.

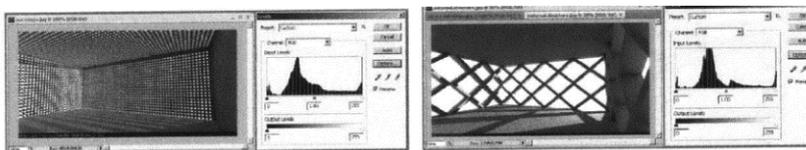
2.1.4 Contraste

A comparação do contraste entre as luminâncias de um campo de visão é considerada como uma maneira menos complicada para obter informações sobre as chances do desconforto por ofuscamento (HELLINGA, 2013). O contraste é caracterizado pela relação entre a luminância de um objeto e a luminância do entorno (LAMBERTS; DUTRA; PEREIRA, 2014). Nos espaços onde a luz natural é a fonte de luz primária, nossa percepção visual é influenciada pelo dinamismo das condições ambientais. Enquanto a posição do sol é ligada à latitude e ao tempo, o tipo de céu é sensível às variações climáticas e às condições atmosféricas, e ambas produzem diversas composições de luz e sombras (ROCKCASTLE; AMUNDADOTTIR; ANDERSEN, 2016). Essas diferenças de luz e sombra podem ser avaliadas através do contraste. Excessos de contrastes podem ser reduzidos e amenizados a partir do uso de superfícies com características similares de refletâncias, com o controle do tamanho dessas superfícies ou através da difusão da luz natural internamente e a reflexão nas superfícies das paredes e do teto (CIBSE, 2012).

Devido ao dinamismo da luz natural mencionado anteriormente, considera-se difícil a precisão da avaliação do contraste e seus efeitos.

Para quantificar o contraste foram criadas diferentes equações, conhecidas como “medidas globais”, como por exemplo, as equações de Michelson, a Raiz da média ao Quadrado (RMS) e a visualização da intensidade das cores da cena a partir de histogramas (Figura 6) (ROCKCASTLE; AMUNDADOTTIR; ANDERSEN, 2016). Essas medidas são geralmente baseadas na média das luminâncias e na variação das mesmas, e não consideram a diversidade espacial dos valores de luminância no campo visual do ocupante. Como elas não podem efetivamente prever a percepção do contraste foram criadas as “medidas de contraste locais”.

Figura 6 - Histograma mostrando a variação dos pixels entre 0 e 255



Fonte - ROCKCASTLE, 2011.

As medidas de contraste locais superam as limitações das medidas globais e quantificam o efeito da composição da cena. Nos estudos de Rockcastle (2011), foi criado o conceito de contraste espacial (SC) a partir de cenas renderizadas. Esta medida considera a diferença de luminância de um pixel e as regiões do seu entorno (ROCKCASTLE, 2011; ROCKCASTLE; AMUNDADOTTIR; ANDERSEN, 2016), sendo descrito pela Equação 4:

$$SC = \frac{1}{WH} \sum_{i=1}^W \sum_{j=1}^H \overline{\Delta p_{i,j}} \quad (4)$$

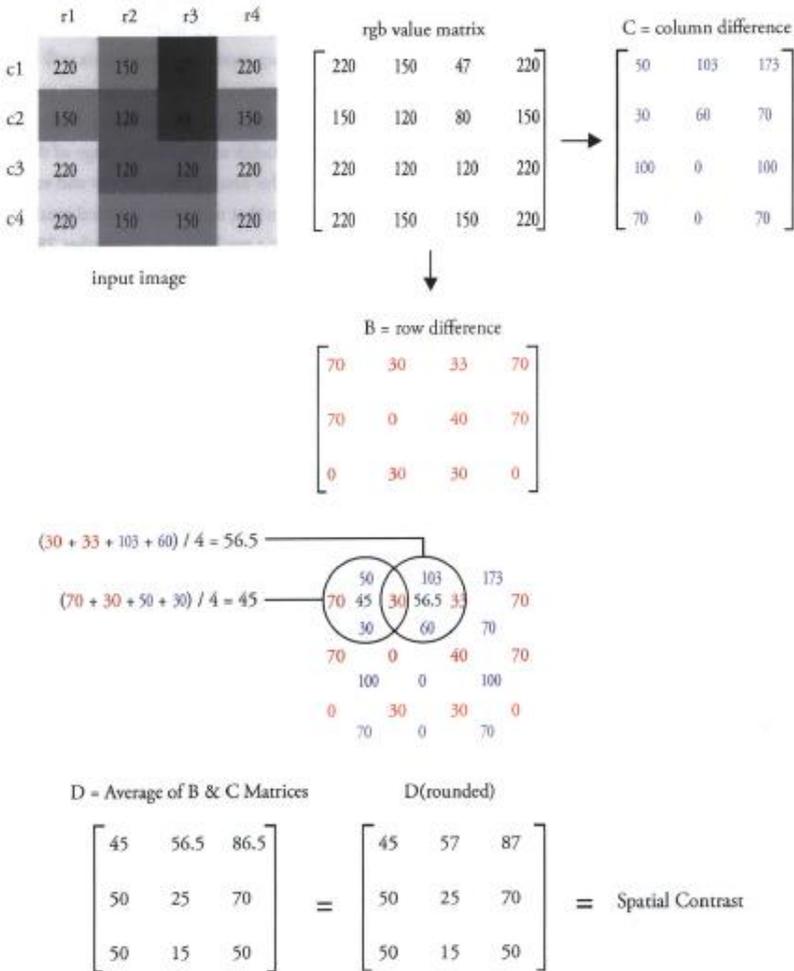
Onde $\overline{\Delta p_{i,j}}$ é a média da diferença de luminâncias entre os pixels do entorno (Equação 5), e W e H são os tamanhos da imagem.

$$\overline{\Delta p_{i,j}} = 1/4 (|p_{i,j} - p_{i+1,j}| + |p_{i,j} - p_{i-1,j}| + |p_{i,j} - p_{i,j+1}| + |p_{i,j} - p_{i,j-1}|) \quad (5)$$

Com o uso do software Matlab, que utiliza matrizes para computar um grande conjunto de dados rapidamente e eficientemente, cada imagem foi importada e convertida em duas matrizes RGB (de 0 a 255). Estas matrizes são manipuladas com o intuito de obter um valor para o contraste espacial da cena (Figura 7). Este valor pode variar de 0 a 1 e é

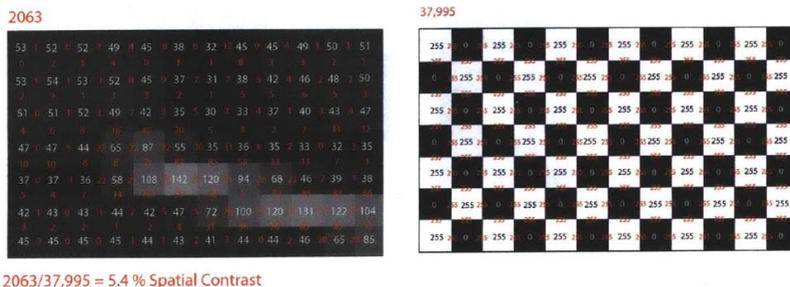
caracterizado pela divisão da matriz com valores reais pela matriz com valores máximos (Figura 8) (ROCKCASTLE, 2011). A escala do contraste espacial considerada nos primeiros estudos de Rockcastle vai de 0 a 0,33, sendo que até 0,33 o contraste é baixo, de 0,33 até 0,66 médio e a cima de 0,66 considerado alto.

Figura 7 - Lógica desenvolvida por Rockcastle no programa Matlab para o contraste espacial



Fonte - ROCKCASTLE, 2011.

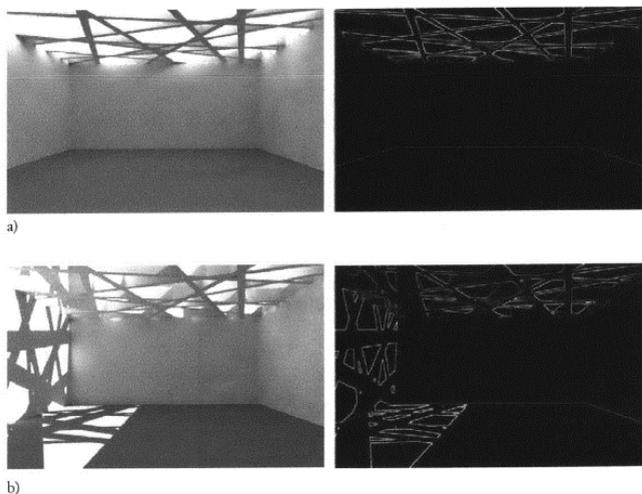
Figura 8 - Relação hipotética para o contraste espacial



Fonte - ROCKCASTLE, 2011.

A Figura 9 contém duas cenas renderizadas dos estudos de Rockcastle (2011), onde se percebe que na cena com maior contribuição de luz direta do sol o contraste espacial é maior, sendo possível visualizar as bordas que relacionam o claro e o escuro.

Figura 9 - Visualização do contraste de duas imagens renderizadas. a) Contraste espacial 0,83% b) Contraste espacial 0,966%

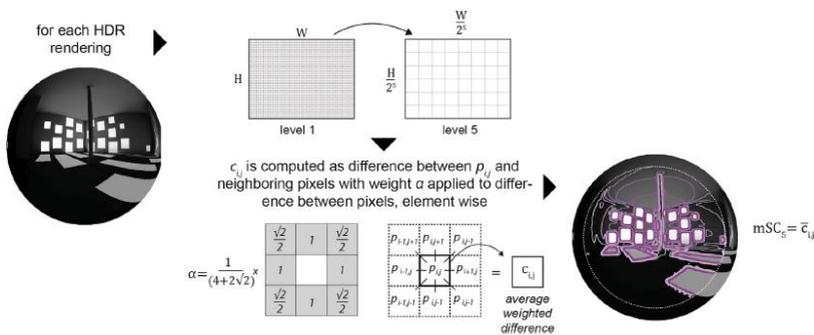


Fonte - ROCKCASTLE, 2011.

Com o avanço da pesquisa, em 2016 foi reformulado este conceito e adaptado um novo algoritmo para o Contraste Espacial Modificado. Neste caso, o cálculo do contraste considera o valor dos oito pixels do entorno de um pixel central. Realizando todas as diferenças,

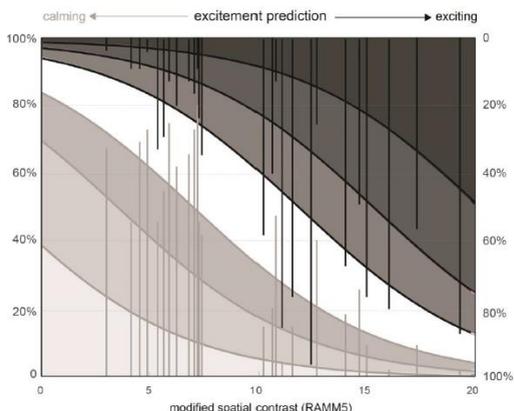
obtem-se um valor para cada pixel chamado de alpha (Figura 10). O contraste espacial modificado vai ser a média de todos os alphas de cada pixel. A subjetividade humana foi incorporada através de questionários online, onde os participantes davam votos para a composição das sete cenas das imagens renderizadas (Figura 11). Esses resultados foram correlacionados com os valores medidos para contraste, resultando na escala bipolar: de 0 até 6,95 “calmo”, de 6,95 até 11,75 “neutro” e acima de 11,75 considerado “excitante”. Essa escala considera que, ao contrário do brilho, nenhum lado do par de classificação é pior do que o outro (ROCKCASTLE; AMUNDADOTTIR; ANDERSEN, 2016).

Figura 10 – Para cada HDR usa-se o diagrama com a variação dos oito vizinhos de 1 pixel para o cálculo do Contraste Espacial Modificado (mSC)



Fonte – AMUNDADOTTIR *et al*, 2017.

Figura 11 – Contraste espacial modificado das cenas consideradas calmas e excitantes



Fonte - ROCKCASTLE; AMUNDADOTTIR; ANDERSEN, 2016.

Mesmo com muitos estudos sobre contraste, a complexidade de prever o desempenho necessita um método que possa avaliar o espaço com o tempo e em diferentes posições solares para comunicar o impacto da luz e sombra, e ainda considerar o campo visual do ocupante (ROCKCASTLE; AMUNDADOTTIR; ANDERSEN, 2016). Em Amundadottir *et al* (2017), uma nova abordagem para o acesso à iluminação natural em edifícios é introduzida, considerando os efeitos não visuais, o interesse visual e a trajetória do olhar. O método abordado permite demonstrar o impacto do espaço, do tempo e condições do céu, centrados no humano, utilizando o contraste espacial modificado para prever o interesse visual. As cenas consideradas mais excitantes foram aquelas que tinham luz solar direta e que as condições do céu também influenciam, sendo que o céu encoberto tende a ter cenas mais calmas e neutras. Este estudo permitiu observar o quanto o dinamismo da posição solar afeta as predições de interesse visual ao longo do tempo, visto que as respostas visuais evitaram grandes variações de contrastes no campo visual. A análise dos resultados permitiu identificar uma notável influência da composição espacial arquitetônica nas direções da trajetória do olhar, enquanto a hora do dia teve uma influência mínima. Isto ressalta a importância do design da fachada e do layout nas respostas do olhar. Em salas de aula, onde os ocupantes permanecem sentados realizando tarefas, deve-se priorizar a resposta da trajetória do olhar e o potencial na saúde. Por outro lado, em um átrio, onde as pessoas permanecem por menos tempo e não realizam tarefas fixas, pode-se priorizar o interesse visual (AMUNDADOTTIR *et al*, 2017).

2.2 NÍVEIS DE SATISFAÇÃO DO USUÁRIO

2.2.1 Pesquisas com usuários

A distribuição espacial da luz, principalmente em superfícies verticais, determina as atitudes comportamentais e influencia a adaptação visual, afetando o desempenho visual. A resposta subjetiva de um espaço depende mais do que a iluminância no plano da tarefa e de respostas com adjetivos como “brilhoso”, “tedioso”, “pouco iluminado” e “bem iluminado”. Sendo assim, a relação entre tarefa, e as luminâncias da parede e do teto, possuem uma forte influência na satisfação do usuário (CIBSE, 2012). Dessa forma, estudos de iluminação (HELLINGA, 2013; KHANIE *et al*, 2013, 2015; TUAYCHAROEN; TREGENZA, 2007;

ROCKCASTLE; AMUNDADOTTIR; ANDERSEN, 2016) estão cada vez mais voltados para a satisfação do usuário, buscando integrá-los às pesquisas. Apesar desses estudos lidarem com questões subjetivas de satisfação, eles acabam por gerar modelos comportamentais e resultados estatísticos que auxiliam no processo de aperfeiçoamento da avaliação dos espaços iluminados naturalmente. Para Kevin Van Den Wymelenberg *et al* (2010), previsões precisas das preferências dos ocupantes sob condições de luz irão progredir a indústria de duas maneiras significativas. Primeiro, ajudarão os designers a fazerem boas escolhas entre as possíveis soluções e, conseqüentemente, a qualidade da iluminação natural em edifícios melhorará. Em segundo lugar, essas previsões têm o potencial para impulsionar significativamente os controles de iluminação e de sombreamento, podendo aperfeiçoar estratégias de economia de energia enquanto acomodam e se adequam às preferências do usuário (WYMELENBERG; INACINI; JOHNSON, 2010)

Pesquisas experimentais semi-controladas, onde o pesquisador exerce controle sobre o tratamento que vai ser aplicado a cada elemento da amostra (BARBETTA, 2015), tendem a trazer informações próximas da realidade do ocupante mantendo o domínio do procedimento realizado. Uma das formas de aproximar os ocupantes e coletar dados subjetivos é através da aplicação de questionários avaliativos, aplicados de forma online ou física. Em Wymelenberg (2010), foram aplicados questionários físicos aos 18 participantes do experimento. A amostra foi questionada sobre as preferências e aceitação das luminâncias, dando votos classificados em: cenas “preferidas” e “perturbadoras”. Já em Rockcastle *et al* (2016), a aplicação do questionário aconteceu de forma on-line. Os participantes foram questionados sobre o contraste, a distribuição da luz, níveis de satisfação e a excitação, quando visualizados um grupo de imagens, que foram depois comparados com as medidas fotométricas de cada imagem. O grupo Heschong Mahone, conhecido por diversas publicações com guias para edificações mais eficientes, também emprega o uso de questionários para suas pesquisas.

2.2.2 Luz natural em ambientes de trabalho

Tradicionalmente, o conforto visual em ambientes de trabalho tem sido associado a níveis adequados de iluminância, porém, cada vez mais, novos estudos estão enfatizando a importância de um ambiente de trabalho mais interessante, que considere outros parâmetros, a fim de elevar a produtividade e o bem-estar dos usuários (BAKER;

FANCHIOTTI; STEEMERS 1993). A luz natural em ambientes de trabalho tem sido o fator chave para satisfação e ergonomia nestes ambientes (ANDERSEN, 2015). Esta é geralmente considerada por fazer com que as pessoas fiquem mais alertas para realizar suas tarefas, afetando a motivação, a atenção e o comportamento (OSTERHAUS, 2005). Espaços bem iluminados são geralmente percebidos pelos ocupantes como sendo melhores que os mais escuros (MARDALJEVIC, 2013).

Osterhaus *et al* (2005), realizou uma pesquisa com 250 pessoas, em 9 escritórios de Freiburg (Alemanha) e Califórnia (USA). Os resultados indicaram que 74,4% dos entrevistados preferem luz natural em seus ambientes de trabalho, tendo este valor ampliado para 82,9% quando realizadas tarefas que não envolvem o monitor do computador. A importância das janelas também foi avaliada neste estudo, com 93,5% dos usuários com preferência pela maior disponibilidade possível de área de janela (OSTERHAUS, 2005). Porém, apesar de bem avaliadas, alguns cuidados devem ser tomados com relação ao tamanho e posicionamento dessas aberturas para que as possibilidades de ofuscamento sejam superadas pelos benefícios da luz. O desconforto por ofuscamento através da luz natural em ambientes de trabalho é um problema comum em muitos escritórios, e até hoje é o tema de muitas pesquisas com a finalidade de desenvolver modelos comportamentais. Uma das ferramentas de fácil acesso para otimizar o aproveitamento da luz natural e evitar o ofuscamento é o posicionamento apropriado do *layout* interno e a utilização de anteparos reflexivos internos e/ou externos (Figura 12). Arranjar as mesas de trabalho considerando a disponibilidade de luz natural exterior e a atenção com a luz para cada tarefa executada nestes ambientes, torna-se um importante fator para criar um ambiente satisfatório de trabalho (OSTERHAUS, 2005). Se as condições ergonômicas e visuais estão inapropriadas, as atividades visuais, principalmente as que utilizam a tela do computador, podem rapidamente levar a insatisfação e queixas na dificuldade de focar, na duplicação de imagens e dores de cabeça (OSTERHAUS, 2005).

Figura 12 - Bancadas de trabalho no Center of Advanced Energy Studies, Idaho.



Fonte - MEEK, 2012.

Nos estudos de Wymelenberg *et al* (2010) para ambientes de trabalho, foram verificadas as preferências dos ocupantes e a aceitação das luminâncias através da técnica HDR. Foram aplicadas três metodologias: a primeira onde o limite da luminância foi igual a 2000cd/m^2 , a segunda onde o limite era a média de luminâncias do ambiente e a terceira onde o limite era a média de luminâncias no plano da tarefa. Os 18 participantes deram votos para cada cena sob condições de luz natural, escolhendo entre as opções “preferida” e “perturbadora”. Em seguida, as imagens HDR foram utilizadas para calcular os índices de probabilidade de ofuscamento. As cenas escolhidas como preferidas nunca excederam mais do que 10% do campo de visão com 2000cd/m^2 , porém percebeu-se que 11 entre 12 participantes preferiram a penetração do sol quando estava disponível. Isto sugere que a luz direta do sol pode ser bem-vinda se bem posicionada, elevando os níveis de satisfação visual do usuário ou quando o aquecimento é desejável (WYMELENBERG; INACINI; JOHNSON, 2010).

2.2.3 Contato visual com o exterior

Sabe-se que a luz natural proporciona diversos benefícios para o bem-estar físico e mental. Estes benefícios podem ser ampliados de acordo com a maneira como a luz é recebida e encaminhada ao espaço interno. As aberturas, além de proporcionarem a admissão da luz, podem

promover segurança e estímulo ambiental, incentivando o contato do usuário com o espaço externo e com as condições climáticas variáveis, sendo permitida uma interação com a vista que lhes é proporcionada. Todos os ocupantes de edifícios devem ter a oportunidade de relaxar e descansar, oferecida pela troca de cena e de foco. Até mesmo uma visão limitada do exterior é valiosa (CIBSE, 2012). A maioria dos benefícios para a saúde obtidos com espaços iluminados naturalmente envolvem a presença de uma vista (DAY, Julia *et al*, 2012), que melhora a avaliação e a aceitabilidade do espaço, elevando a satisfação e saúde dos usuários (KHANIE, 2013).

Neste contexto, diversos estudos (HOPKINSON, 1972, TUAYCHAROEN; TREGENZA, 2005 e 2007, HELLINGA, 2013) avaliaram a relação de satisfação do usuário ao ambiente e às vistas externas. Hellinga (2013) estudou a influência das janelas, da luz natural e da visão ao exterior, na qualidade do espaço interno, incluindo a subjetividade dos participantes com questionários. Verificou-se que a vantagem das janelas mais mencionada entre os participantes da pesquisa, foi a vista que esta pode proporcionar e em seguida o acesso a luz natural. Os participantes ressaltaram apreciarem a possibilidade de ver o céu através das aberturas. Concluiu-se que vistas externas com grande quantidade de informações são consideradas mais interessantes do que vistas contendo menos informações. As vistas horizontais, com diferentes camadas de informações foram as preferidas, incluindo elementos naturais, e a possibilidade do contato visual com a água (lagos, rios, mares) (HELLINGA, 2013).

Nos estudos de Tuaycharoen e Tregenza (2005), foram realizados experimentos laboratoriais, em um local com formato cúbico com três fontes de brilho: uma pequena fonte difusa visualizada através de uma abertura, e duas telas difusas onde imagens eram projetadas. Através de questionários, foram levantadas as cenas consideradas mais interessantes para um grupo de pessoas. Em um segundo momento, estas cenas foram projetadas com diferentes valores de brilho. Constatou-se que houve certa tolerância para as imagens que foram julgadas previamente como interessantes. Concluindo-se que usuários experimentam menos desconforto por ofuscamento quando estão interessados na cena que estão observando do que quando estão olhando para algo que não lhes interessa ou somente algo vazio, todas com os mesmos níveis de luminância.

Anos depois, o estudo de Tuaycharoen e Tregenza (2007), também foi aprofundado nesta temática. Foram realizados dois experimentos em ambientes reais, onde no primeiro deles 72 estudantes deram votos de preferência e demarcaram o nível de brilho percebido para as diferentes

cenar visualizadas através das janelas. Foram escolhidas três salas similares de um edifício que possuíam diferentes cenar externas, que variaram entre edifícios próximos a janela, cenar urbanas, cenar naturais e a janela com cortina difusa. Foi encontrado que as cenar mais interessantes e as menos interessantes eram consideradas menos brilhantes do que a cenar com a cortina difusa. E que a cenar considerada pelos participantes mais interessante, era significativamente menos brilhante do que a cenar menos interessante. No segundo experimento foram variadas as distâncias das camadas de composição da paisagem. Variou-se em uma vista natural, com distância média, com apenas uma camada, uma vista natural com três diferentes camadas, uma vista urbana, com distância média, com apenas uma camada e uma vista urbana com três diferentes camadas. Os participantes também foram questionados sobre a percepção ao brilho e sobre a preferência das cenar. Concluiu-se através dos resultados que usuários associam uma cenar natural a um menor desconforto por ofuscamento do que quando observadas cenar urbanas. Também foi encontrado que as cenar com mais camadas receberam votos menores de sensação de brilho.

2.3 TÉCNICAS INOVADORAS DE MEDIÇÃO

2.3.1 Tecnologia *Eye-tracking*

A tecnologia *eye-tracking* é o processo de medição dos movimentos dos olhos ou do caminho do olhar realizado com um dispositivo *Eye-Tracker*. Este mapeamento ocular ajuda os pesquisadores a entenderem a atenção visual e permite a obtenção de dados quantitativos mais precisos. Com esta técnica é possível detectar para onde os usuários estão olhando em um tempo definido, como eles olham e o caminho que o olho percorre (BERGSTROM; SCHALL, 2014). As primeiras técnicas de mapeamento ocular foram desenvolvidas anos atrás, e geralmente eram formadas por um conjunto de câmeras na cabeça, que detectavam o ponto no campo da visão em que o usuário estaria olhando (SCHNEIDER *et al*, 2009). Os procedimentos mais atuais, como os óculos *eye-tracking*, foram desenvolvidos a cerca de 30 anos, já com os dados extraídos arquivados aos computadores. Na última década, com o avanço tecnológico, esses equipamentos diminuíram de tamanho, reduziram seu peso, e as baterias aumentaram seu tempo de duração, o que facilitou o uso desses equipamentos em ambientes não laboratoriais, não restringindo os espaços de estudo. Atualmente há vários modelos de equipamentos disponíveis no mercado, como os modelos da SMI, Tobii, ASL (Figura

13), cada um com suas características específicas, porém muito similares em sua captura e funcionamento.

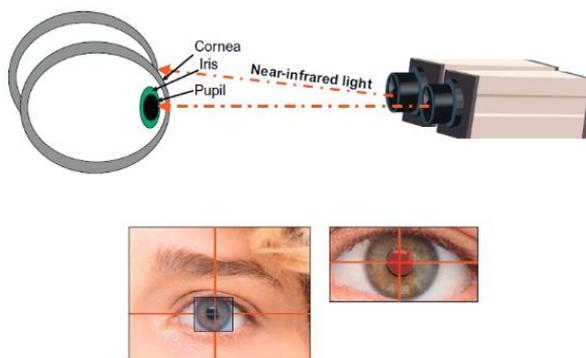
Figura 13 - Modelos *Eye-tracking*, SMI, Tobii, ASL, respectivamente



Fonte - Sites das empresas fabricantes – Disponível em: www.smivision.com, www.tobii.com, www.imotions.com

O funcionamento dos óculos *Eye-Tracker* acontece a partir da captação e arquivamento dos movimentos oculares através de câmeras especializadas integradas e microfones que conseguem captar os movimentos oculares mínimos (GOBBI *et al*, 2017). A maioria dos equipamentos *Eye-Tracker* mais modernos, utilizam um método chamado reflexão da córnea para detectar e rastrear a localização do olho à medida que se move. Este método utiliza uma fonte de luz para iluminar o olho, causando uma reflexão que é detectada por uma câmera de alta resolução. A imagem capturada pela câmera é então utilizada para identificar a reflexão da fonte de luz na córnea e na pupila, como demonstrado na Figura 14. Algoritmos avançados de processamento de imagens são utilizados para estabelecer o ponto de fixação relativo ao olho e ao estímulo (BERGSTROM; SCHALL, 2014).

Figura 14 - Imagem conceitual do funcionamento da tecnologia eye-tracking



Fonte – BERGSTROM; SCHALL, 2014.

Mesmo que nossa visão pareça extremamente estável, o olho se move constantemente a fim de ajudar a construir uma imagem completa do que está sendo visualizado. Este processo é dividido em fixações e sacadas (BERGSTROM; SCHALL, 2014), que também são arquivadas, reconhecidas e diferenciadas pelos softwares dos óculos eye-tracking. Para Salvucci e Goldberg (2000), pontos de fixações são caracterizados por uma pausa do movimento ocular sobre uma região de interesse e acontecem próximos uns dos outros, com velocidade reduzida (entre 200 e 400ms). Já as sacadas, são caracterizadas por um rápido movimento dos olhos entre as fixações e possuem velocidades maiores (SALVUCCI; GOLDBERG, 2000). Outros processos visuais são os movimentos fixacionais, as perseguições contínuas e as glissadas. Os primeiros são aqueles pequenos movimentos, como tremores que ocorrem durante uma fixação. Já a perseguição contínua é o acompanhamento dos olhos a um alvo em movimento e por fim, ao finalizar uma sacada, o olho não foca no ponto desejado, sendo necessário um movimento para corrigir a direção, denominado glissada.

O processo visual e cognitivo ocorre durante as fixações, por isso os caminhos realizados pelas sacadas são tipicamente irrelevantes para a análise dos dados, sendo importante a distinção dos dois processos (SALVUCCI; GOLDBERG, 2000). As fixações atuam na região da fóvea, também chamada de região central, e correspondem por quase metade da informação visual enviado para o nosso cérebro (BERGSTROM; SCHALL, 2014) (Figura 15). Esta parte do nosso processo de visão é altamente detalhada, fornecendo uma clareza completa do que está sendo visualizado. Os dispositivos *Eye-Trackers* somente podem seguir o que está registrado na visão central, que corresponde apenas a 8% da visão humana (BERGSTROM; SCHALL, 2014 *apud* Tobii Technology, 2010). As outras regiões, já mencionadas na seção 2.1.2, também chamadas de ergorama e panorama, são responsáveis pela percepção do entorno e de objetos em movimento, sem a definição de detalhes.

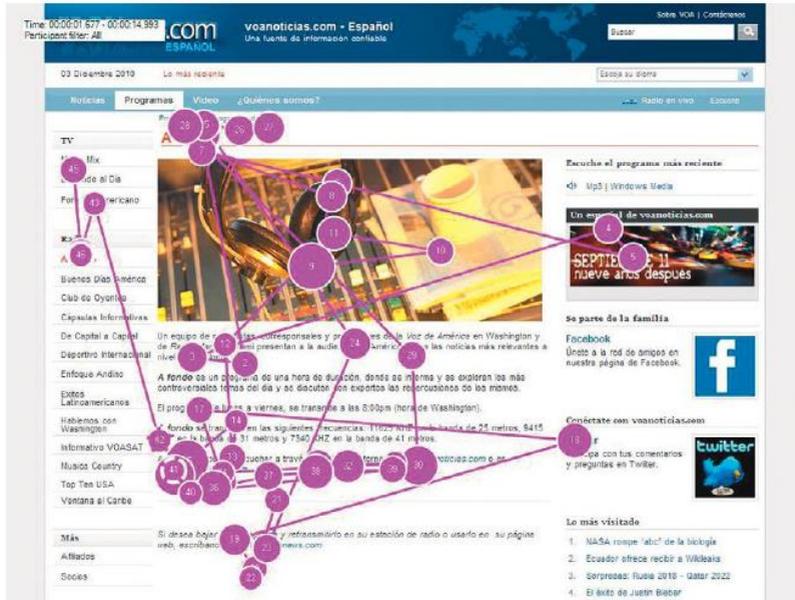
Figura 15 - Representação do campo visual humano. Área central, Ergorama e Panorama



Fonte – BERGSTROM; SCHALL, 2014.

Além do mapeamento do caminho percorrido pelo olho, os *Eye-Trackers* também podem fornecer o tempo em que cada região foi fixada (Figura 16) e dados visuais biológicos, como a dilatação das pupilas e a quantidade de vezes que o olho piscou em determinado tempo de análise. Estes dados podem ser tratados através do *software* compatível com o modelo do instrumento utilizado, possibilitando análise posterior com resultados em vídeos, gráficos e valores numéricos.

Figura 16 – Tempo de fixação, diferenciado pelo tamanho das circunferências, para cada região em uma página de website



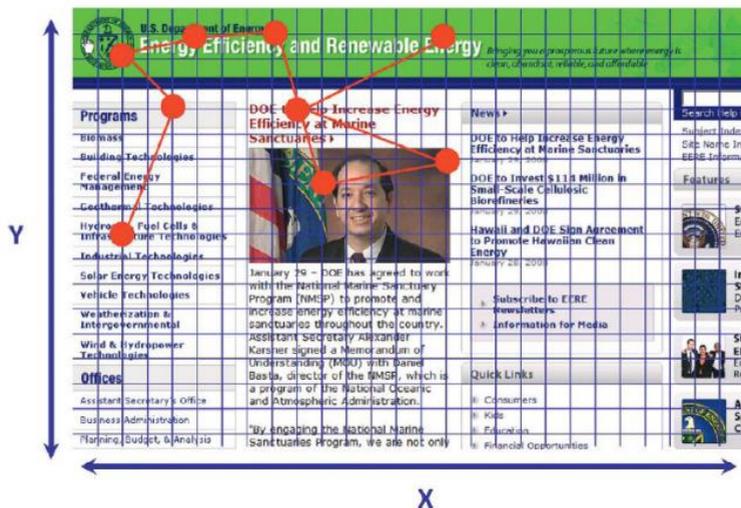
Fonte – BERGSTROM; SCHALL, 2014.

2.3.1.1 Estudos relacionados a diferentes áreas de concentração com os óculos *Eye-Tracker*

Os óculos *Eye-Tracker* estão sendo utilizados em diversos tipos de pesquisa que relacionam o sistema visual com atitudes comportamentais. Nas pesquisas com investigações experimentais com a participação de indivíduos, o *Eye-Tracker* auxilia os pesquisadores a entenderem a experiência completa do participante, mesmo em casos que os usuários não conseguem descrever o que estão sentindo (BERGSTROM; SCHALL, 2014). No campo do design é muito utilizado para leitura visual de rótulos de embalagens, posicionamento de itens em prateleiras - com o intuito de favorecer as características dos produtos e suas vendas - e em testes de usabilidade em sites (Figura 17), sempre buscando compreender a atenção visual. Sem o auxílio desta ferramenta, durante o desenvolvimento de um teste de usabilidade é possível que informações relacionadas com a satisfação do usuário não sejam percebidas (GOBBI

et al., 2017). O rastreamento ocular e a utilização dos óculos *Eye-Tracker* nestes estudos, facilitam a compreensão e o arquivamento dos dados subjetivos de satisfação.

Figura 17 - Fixações mapeadas nos eixos x e y em estudos de usabilidade, os círculos em laranja são os pontos de fixação e as retas, o caminho percorrido do olho



Fonte – BERGSTROM; SCHALL, 2014.

No estudo de Rodas *et al.* (2016), foi realizada uma investigação experimental com a finalidade de observar o comportamento dos usuários em função da configuração de websites e do tempo de escolha de links em páginas de buscas. O teste foi desenvolvido com o *software* Tobii Studio, versão 3.4.0, utilizando o *Eye-Tracker* modelo Tobii X2-60. Este foi aplicado a vinte participantes, que foram submetidos a pesquisarem sobre um determinado assunto nas páginas de busca do Google e Yahoo. Os resultados demonstraram que ao utilizar uma imagem na resposta de busca, a atenção dos participantes se voltava para ela e para os primeiros links encontrados (Figura 18), sendo que 100% dos participantes escolheram o link que continha um elemento figurativo. Constatou-se que a forma de apresentação dos resultados em um mecanismo de busca pode ser capaz de influenciar o comportamento dos participantes quanto ao processo de tomada de decisão e a consequente escolha do link (RODAS *et al.*, 2016).

Figura 18 – Mapa de calor () em site de busca, as manchas vermelhas representam maior permanência da visão sobre a área



Fonte - RODAS, 2016.

Em Drusch e Bastiena (2012), foi proposto um novo método para explicar o comportamento do usuário na Web e comparar os caminhos do olhar. Foi conduzido um experimento com 113 participantes, onde estes realizaram duas tarefas diferentes, duas vezes, em dois websites utilizando os óculos *eye-tracking* (Tobii T120 eye-tracking system, 1280x1024 Pixels). O programa Tobii Studio (v.1.3.14) foi utilizado para gerir o teste e extrair os dados. Na análise dos dados, primeiramente foram identificadas as áreas de interesse e depois a ordem em que elas foram visualizadas. Os resultados mostram que os participantes parecem ser mais coerentes quando eles desenvolvem uma tarefa diferente do que quando repetem uma mesma tarefa. Os participantes visualizaram mais de uma vez uma mesma área de interesse (AOI) quando realizaram uma tarefa diferente em um mesmo website (DRUSCH; BASTIENA, 2012).

Na medicina os óculos já foram empregados em diversos estudos que abordam as relações comportamentais, psicofisiológicas e psicocognitivas. Em Dalton *et al* (2005), dois grupos de jovens foram avaliados separadamente – o primeiro com autismo e o segundo sem – durante a realização das tarefas de discriminação facial. As atividades cerebrais foram registradas assim como o movimento dos olhos, as fixações e o diâmetro da pupila, através dos óculos *eye-tracking*. Buscou-

se a avaliar a relação da fixação do olhar - que é reduzida quando se tem indivíduos com autismo - com a anormalidade no circuito neural de afeto. Foram utilizados equipamentos do sistema *iView*, com um dispositivo remoto de rastreamento ocular (SensoMotoric Instruments), arquivando a posição da pupila durante um certo período de tempo, e com a quantidade de tempo gasto em qualquer ponto de fixação nas áreas de interesse. Os resultados do estudo apontaram para forte correlação entre o tempo de fixação e a ativação da amígdala, sugerindo uma maior resposta emocional associada à fixação do olhar no autismo (DALTON *et al*, 2005).

2.3.1.2 Estudos relacionados ao conforto visual com os óculos *Eye-Tracker*

Naturalmente tendemos a evitar o brilho piscando e/ou mudando a direção da nossa visão ou corpo, e este é um fator importante para considerarmos nas avaliações lumínicas de ambientes no campo do conforto ambiental. Muitos estudos sobre iluminação e conforto visual, inclusive os índices de probabilidade de ofuscamento (DGP, DGI, UGR), estipulam um usuário com a direção da visão fixa, direcionado para o campo de tarefa, ou consideram uma mudança estatística de posicionamento (JAKUBIEC; REINHART, 2011), mas dificilmente consideram as direções do olhar em uma exploração visual real. Os óculos *Eye-Tracker* auxiliam neste monitoramento, tornando possível considerar a direção da visão do usuário dinâmica e a mais próxima da realidade de ocupação visual do ambiente. Utilizando os dados do instrumento, a direção da visão será então a combinação da mudança de posicionamento dos olhos, cabeça e corpo (KHANIE *et al*, 2011). Levando em consideração a importância da direção da visão na avaliação do brilho e nas habilidades dos ocupantes em reagir através da adaptação, conhecer mais precisamente a direção da visão poderá fazer progredir os controles experimentais no âmbito da investigação do conforto visual (WYMELENBERG, 2014). Segundo este autor, esta ferramenta pode auxiliar no estabelecimento de um método mais eficiente para definir padrões de direção e ângulos de visão, ambos considerados nos cálculos de índices de probabilidade de ofuscamento.

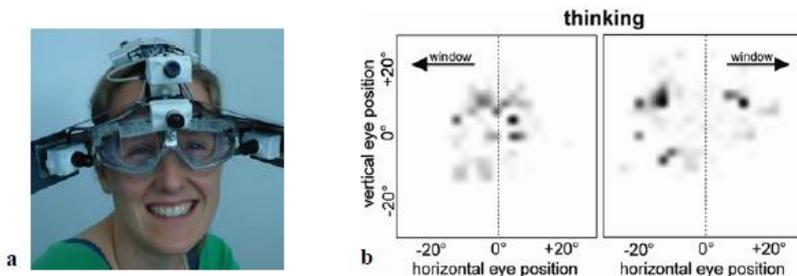
Algumas recentes pesquisas de conforto visual estão preocupadas com considerar este usuário ativo e dinâmico nos estudos de iluminação, trazendo em seus resultados, experimentações mais similares à real apropriação visual do usuário. Esta abordagem é empregada em estudos que não utilizam os óculos *Eye-Tracker*, mas que aplicam uma

metodologia similar de mapeamento da direção da visão. Em VÁSQUEZ *et al* (2016), apresentou-se um procedimento para inclusão do tempo e direção do olhar em uma sala de aula. O caminho do olhar era monitorado através de câmeras acopladas ao observador (professor), e os vídeos analisados de maneira manual, detectando pontos de fixação. Após a definição das direções de visão mais frequentes, foram tiradas fotos sequenciais com a técnica *High Dynamic Range* (HDR), e analisados no programa *Photolux* os níveis de luminância de cada cena. Neste estudo os resultados indicaram uma redução de até 30% no valor do índice *Daylight Glare Index* (DGI) total da sala com relação ao DGI estático.

Com relação ao uso dos óculos *Eye-Tracker*, por ser uma tecnologia de certa forma recente e que necessita de investimentos para adquirir os equipamentos, poucas pesquisas no campo do conforto visual estão publicadas e disponíveis para acesso. Uma sequência de estudos pioneiros, obtidos com esta técnica de medição, foram realizados pelo laboratório Suíço LIPID (*Interdisciplinary Laboratory of Performance-Integrated Design*), da escola Politécnica Federal de Lausanne. Nestas pesquisas foram englobadas as movimentações dos olhos, a permanência da direção da visão e as características das cenas observadas na percepção de conforto visual em ambientes iluminados naturalmente (KHANIE *et al*, 2011, 2013, 2015). Os óculos foram utilizados nesses estudos pelos usuários e auxiliaram na captação dos dados de movimentação dos olhos, sugerindo informações com relação ao foco e permanência do olhar na realização de tarefas e nos momentos de intervalo delas.

Khanie *et al* (2011), realizaram em seus primeiros experimentos, um estudo piloto para integrar o método *eye-tracking* à estudos de conforto visual. Investigou-se as dependências da distribuição da luz em um ambiente experimental de escritório e a direção da visão do participante (Figura 19). As tarefas – ler, responder e pensar – e as características das fachadas (penetração solar), foram alternadas a fim de obter dados sobre a relação entre o movimento dos olhos e a percepção ao brilho. Foram levantadas as características fotométricas do ambiente e escolhidos cinco participantes para o estudo. O uso da metodologia *eye-tracking* trouxe resultados mais objetivos e quantificáveis, onde concluiu-se que em um momento de pausa o participante tende a ter um movimento da visão influenciado pela fachada e mais disperso (KHANIE *et al*, 2011). Quando realizando uma tarefa de leitura ou de resposta, o movimento dos olhos varia em função da tarefa que está sendo realizada. Este tipo de estudo possibilita a análise de três variáveis, relacionando as condições de iluminação com a percepção ao brilho e o caminho do olhar.

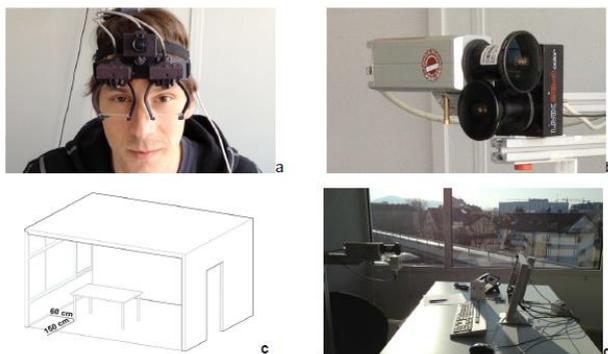
Figura 19 – a) EyeSeeCam, b) Análise do Eye-tracking - mapa de foco na etapa de pensamento



Fonte - KHANIE et al, 2011.

Em seguida, novos estudos foram realizados pelo mesmo laboratório em 2013, utilizando a tecnologia *eye-tracking* para gravar as respostas visuais quando experimentados desconfortos por brilho (Figura 20). Foram selecionados 23 participantes para realizarem três tarefas (no monitor, no papel, ao telefone) com duas direções de janelas distintas. Em paralelo foram tiradas fotos HDR para mapear as luminâncias das cenas observadas. Os resultados mostram que quando não há uma tarefa sendo desenvolvida, a direção da visão tende a ser direcionada para a janela, independente das características externas (KHANIE *et al*, 2013). Conclui-se também, que diferentes locais de realização das tarefas (monitor e papel) não influenciam significativamente na direção da visão.

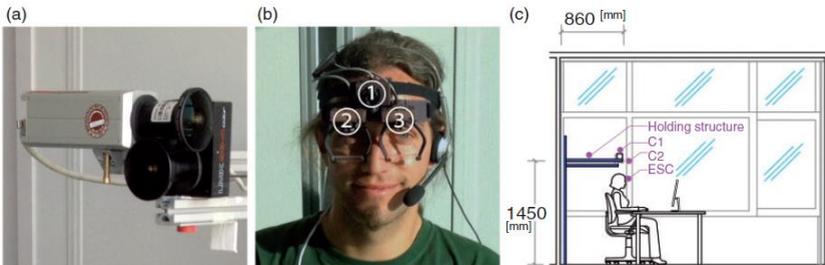
Figura 20 - Configuração do experimento: a) participante utilizando os óculos eye-tracking; b) Câmeras de luminâncias; c) Corte 3D com layout do ambiente; d) imagem interna do ambiente



Fonte - Fonte - KHANIE et al, 2013.

Após realizarem os diversos estudos pilotos já mencionados, Khanie *et al* (2015) realizou um experimento com 97 participantes voluntários. A metodologia foi similar aos estudos anteriores, sendo o caminho do olhar gravado através dos óculos *Eye-Tracker*, e paralelamente monitoradas as luminâncias das cenas, através da sequência de imagens realizadas com a técnica High Dynamic Range (HDR) (Figura 21). Integrando essas duas informações consegue-se estimar a luz recebida pelo olho humano.

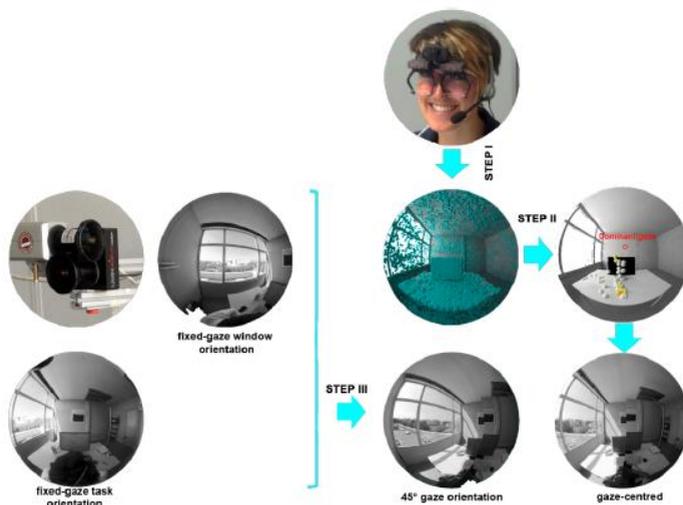
Figura 21 – a) EyeSeeCam é equipada com três câmeras; b) CCD Câmeras instaladas sobre a cabeça dos participantes; c) Corte mostrando a posição da câmera e a configuração do experimento



Fonte - KHANIE *et al*, 2015.

O experimento foi realizado em três etapas: a primeira etapa foi a medição do caminho do olhar com o auxílio dos óculos *Eye-Tracker*; em seguida foram analisados os vídeos e identificadas as direções de visão dominantes e; por último foram tiradas fotografias voltadas para as direções escolhidas, com a finalidade de levantar as luminâncias de cada cena (Figura 22). Por fim, foram comparados os resultados obtidos através do monitoramento com outras duas abordagens baseadas em olhares fixos na área de tarefa e a 45° em direção a janela.

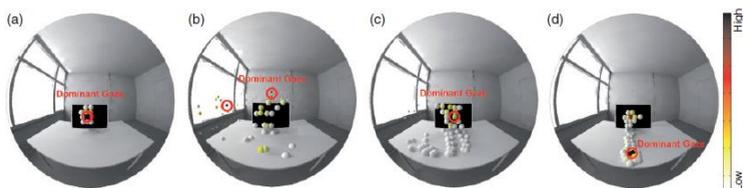
Figura 22 – Experimento realizado em três etapas



Fonte - KHANIE *et al*, 2015.

Os resultados demonstraram que há uma diferença significativa ao considerar essa mudança de direção do olhar. Foi constatado que nos intervalos das tarefas, na etapa de pensamento (fase b), o olhar se torna mais disperso e se direciona para a vista da janela, tolerando brilhos mais intensos, e que, ao realizar uma tarefa (fase a, c e d), o foco do olhar está direcionado a ela (Figura 23).

Figura 23 – Visualização 3D das direções da visão em cada fase da tarefa - a) Entrada; b) Pensamento; c) Resposta; d) Interação

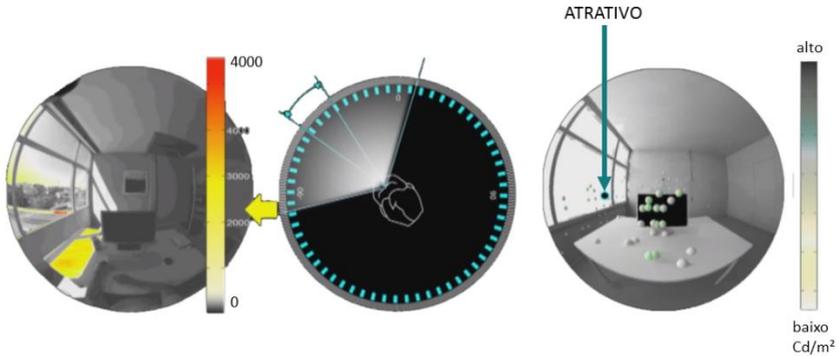


Fonte - KHANIE *et al*, 2015.

Os resultados também apontam que mesmo com algum brilho, se a vista for interessante, pode causar atração. Na Figura 24 percebe-se que parte da porção da janela foi visualizada mesmo contendo níveis médios

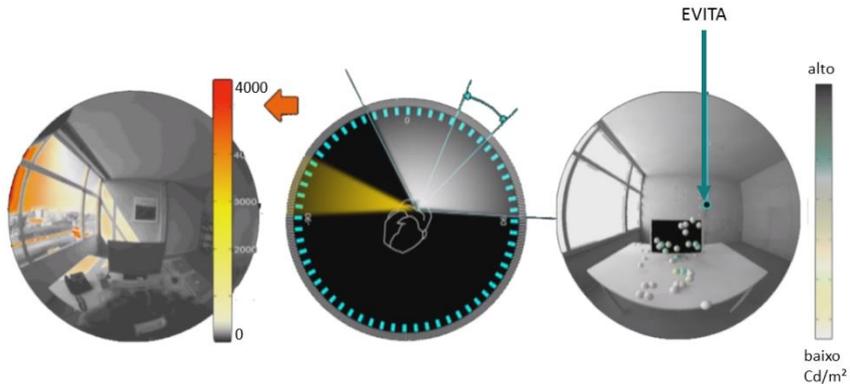
de brilho (aproximadamente 2000cd/m^2). Porém, caso esse brilho seja excessivo (valores próximos a 4000cd/m^2), a tendência visual do usuário é a de evitar a fonte e direcionar o olhar para regiões opostas a ela (Figura 25).

Figura 24 - Resultados do experimento da pesquisa mostram que algum brilho em uma vista interessante pode causar atração



Fonte - Traduzido e adaptado de ANDERSEN, 2015.

Figura 25 - Resultados do experimento da pesquisa apontam que a visão tende a evitar o brilho se este for excessivo



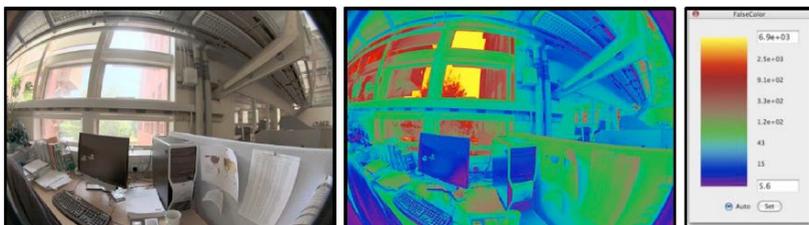
Fonte - Traduzido e adaptado ANDERSEN, 2015.

2.3.2 A Técnica HDR

As principais grandezas fotométricas – iluminâncias e luminâncias - podem ser medidas através de instrumentos e técnicas tradicionais, como a medição ponto a ponto com luxímetros e luminancímetros. Entretanto, pode-se levar muito tempo, estando propenso a erros devido as incertezas dessas medições e, os dados levantados podem ser insuficientes para uma análise de distribuição e variação de luz (INANICI, 2006). O advento da técnica HDR (High Dynamic Range) expandiu essa capacidade de medir e descrever o campo visual, e tornou-se a maneira mais compacta e barata para substituir os sensores tradicionais que são geralmente usados em avaliações e sistemas de iluminação natural (MARDALJEVIC, 2013). Através dela é possível converter os dados em mapas de luminâncias pontuais e obter resultados para índices de probabilidade de ofuscamento. Atualmente, esta técnica é muito utilizada em estudos de iluminação tornando possível a avaliação das preferências dos usuários através da correlação dos dados de brilho e comportamento, sendo uma importante ferramenta para pesquisas de análises de ofuscamento pós-ocupação (SUK, 2012).

Uma imagem HDR contém uma leitura de luminância na cena observada em cada pixel, e se realizadas com lentes “olho de peixe”, permitem visualizar e medir o equivalente ao campo visual do olho humano, proporcionando dados mais fiéis à experimentação do espaço pelo usuário (MARDALJEVIC, 2013). Em Mardaljevic (2013), exemplifica-se o uso da técnica para medir luminâncias de um escritório, onde a ocupação acontece próxima da janela e com vista para uma porção do céu (Figura 26). Através da imagem é possível verificar que as luminâncias que interagem no campo de visão do ocupante variam, e que a luminância do céu é entorno de 7000cd/m^2 .

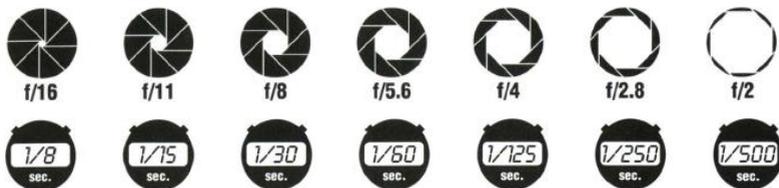
Figura 26 - Imagens HDR usadas para medir luminâncias de um escritório.



Fonte - MARDALJEVIC, 2013.

No procedimento de obtenção de uma imagem HDR, são realizadas múltiplas fotografias com diferentes níveis de exposição. Após a obtenção das imagens, estas são agrupadas em uma única imagem, onde seus pixels são proporcionais aos verdadeiros valores da cena (DEBEVEC; MALIK, 1997). Na literatura são encontradas diferentes configurações de câmeras para a captura das fotos HDR. A grande maioria fixa o raio de abertura (f), fixa a sensibilidade do sensor à luz (ISO) e varia as velocidades de captura (tempo de exposição) (Figura 27). Porém estes valores podem variar em função do estudo e do software utilizado para leitura dos dados.

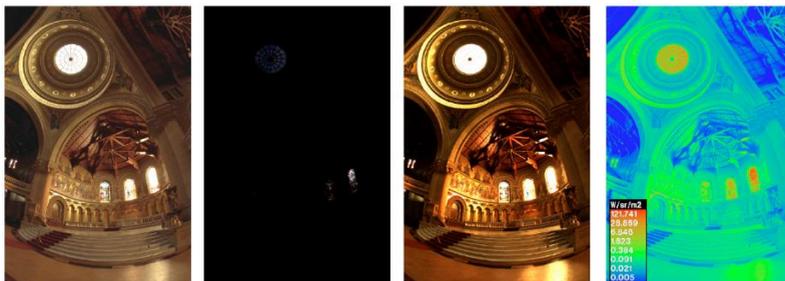
Figura 27 - Exemplos de aberturas da lente e a proporção do shutterspeed



Fonte – JAKUBIEC; INANICI, 2016.

Em Debevec e Malik (1997), foi apresentado um algoritmo para converter os dados das imagens em luminâncias por pixel, tanto para imagens de câmeras convencionais, como para imagens de câmeras digitais. Para as fotografias com câmera digital, foram fixadas as configurações da câmera em f/8, com tempos de exposição de 30 segundos a $\frac{1}{1000}$ segundos, no modo manual para que não fossem ajustados o brilho e o contraste automaticamente. Na sequência de imagens abaixo exemplifica-se as duas imagens obtidas com níveis de exposição máximo e mínimo, a imagem HDR gerada através da junção das mesmas e o mapa com os valores de luminância das superfícies da catedral (Figura 28).

Figura 28 - Imagens com diferentes velocidades de exposição, imagem HDR e mapa de luminâncias



Fonte - Debevec e Malik, 1997.

Esta técnica, utilizada como ferramenta para a criação de mapas de luminâncias, foi validada nos estudos de Inanici (2006). Foram tiradas oito imagens estáticas com câmera digital comercial, com as configurações descritas no Quadro 2. O tamanho da abertura da lente foi fixado em $f/4.0$, e foram variados os valores de velocidade de exposição entre 2 e $\frac{1}{4000}$ segundos. O pós-processamento das imagens foi realizado no programa Photosphere¹, utilizado para fusão das oito imagens em uma única imagem HDR. Após análises laboratoriais conclui-se que os valores de luminâncias para os pixels das fotos HDR, correspondem precisamente e repetidamente à quantidade física real da luminância do ambiente (INANICI, 2006).

Quadro 2 - Configuração da câmera

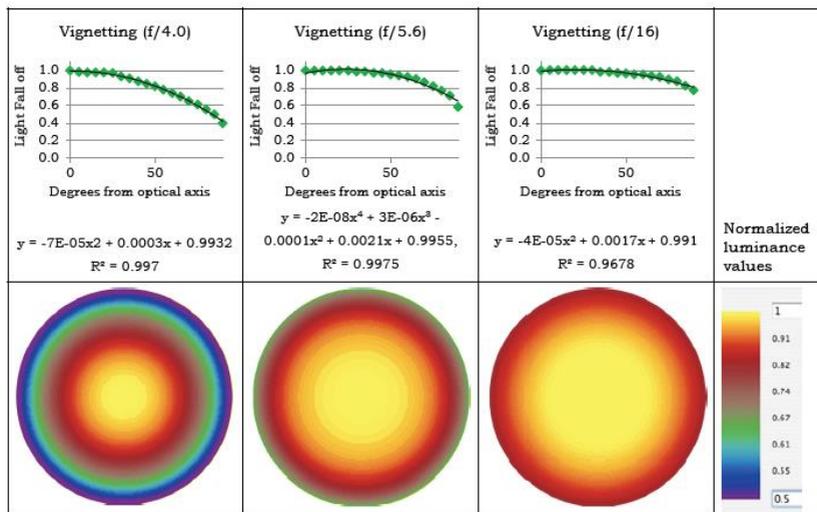
Característica	Configuração	Característica	Configuração
Balanco Branco	Luz Natural	Tamanho Imagem	2592x1944pixels
Seleção Tiro	Desligado	Sensibilidade	ISO100
Ajuste Imagem	Normal	Image Sharpening	Desligado
Controle Saturação	Normal	Lentes	Fisheye
Auto-agrupar	Desligado	Redução de ruído	Desligado

Fonte - Traduzido de Inanici, 2006.

¹ Programa para edição e análise de imagens desenvolvido por Greg Ward

Para o programa de análise Photolux², recomenda-se a utilização de ISO400, algumas fotos em $f/22$ e outras $f/5.6$, todas com diferentes velocidades de exposição. Já para o programa Aftab³ recomendam-se as configurações em ISO 100, a abertura maior que $f/5.6$ e diferentes velocidades. Contudo, Inanici (2006) cita que aberturas menores da lente podem ser usadas para reduzir o efeito de vinheta – efeito de sombreamento das bordas da imagem –principalmente enquanto a câmera é calibrada, sendo o momento que se determina as curvas de resposta da luz, conforme os graus do eixo óptico, para cada definição de abertura de lente. Percebe-se que o menor efeito vinheta é encontrado no valor $f/16$, contudo, Jakubiec e Inanici (2016), sugerem fixar o f -number em $f/11$, com a finalidade de aumentar o alcance dinâmico.

Figura 29 - Efeitos de vinheta com diferentes tamanhos de abertura de lente



Fonte - JAKUBIEC, INANICI, 2016.

A escolha desses valores pode mudar significativamente os resultados e deve ser feita paralelamente à calibração do programa de

² Programa de medição fotométrica, disponível em: <www.photolux-luminance.com>

³ Programa desenvolvido por Majid Miri e disponível em: <www.aftabsoft.net/aftab-alpha> , versão 2.1.0

análise da câmera. Segundo Wymelenberg (2014), umas das prioridades para pesquisas futuras é a padronização consistente e replicável dos métodos de captura de imagens HDR, sua calibração, e também a definição da coleta do conjunto de dados subjetivos (WYMELENBERG, 2014).

2.4 CONSIDERAÇÕES FINAIS DO REFERENCIAL TEÓRICO

A revisão bibliográfica auxilia na compreensão geral do tema e dá suporte ao conhecimento mais aprofundado de partes importantes da concepção da pesquisa. Foram apresentados conceitos gerais e descritas as técnicas que serão utilizadas na metodologia. De suma importância foram os artigos revisados referentes ao campo visual, com foco nas percepções humanas (HELLINGA, 2013, TUAYCHAROEN; TREGENZA, 2005, 2007) e nos índices de probabilidade de ofuscamento (MARDALJEVIC, 2013, JAKUBIEC; REINHART, 2011). Estes estudos possibilitaram que os futuros experimentos avaliassem de forma mais cautelosa a relação dos participantes com as aberturas e a percepção visual externa, pois levantaram importantes conclusões destas com os brilhos e o caminho do olhar. Também possibilitaram a escolha do índice de probabilidade de ofuscamento para análise do experimento, que neste caso foi o DGP.

Os experimentos de KHANIE *et al* (2011, 2013, 2015) foram referências diretas para elaboração da sequência de tarefas a serem realizadas e também para análise dos resultados conclusivos. O uso dos óculos *Eye-Tracker*, nestas pesquisas mencionadas, facilitou a captura e arquivamento dos dados, sugerindo a aplicação da mesma técnica nos experimentos deste estudo.

Os estudos com base na técnica HDR (JAKUBIEC; INANICI, 2016; DEBEVEC; MALIK, 1997; INANICI, 2006, MARDALJEVIC, 2013), foram essenciais para a definição do procedimento de captura de imagens HDR. Através deles foi possível definir as configurações ideais para câmera ao realizar as sequencias de imagem.

Percebeu-se que no geral, os estudos similares a esta pesquisa, utilizaram uma amostra de 20 a 30 participantes, direcionando a escolha do número de participantes. Os estudos do campo do design possuíam uma amostra maior, porém eram, em sua grande maioria, estudos com poucos minutos de vídeo e com tarefas mais simples de serem realizadas. A maioria das pesquisas encontradas foi realizada no hemisfério Norte, fator que foi levado em consideração nas análises dos dados e das conclusões, sendo também, um dos fatores que impulsionou o

desenvolvimento desta pesquisa. No hemisfério Sul, um dos estudos encontrado aplicado ao conforto lumínico e à preferência do usuário, foi a pesquisa de VASQUEZ *et al* (2016), onde foi abordada uma metodologia de monitoramento através de vídeos, avaliando atitudes comportamentais com relação ao ofuscamento.

Neste contexto, após a revisão bibliográfica, fica evidente que a integração das imagens de luminâncias (HDR) com os dados do *Eye-Tracker*, permitem o uso da distribuição das luminâncias centradas no caminho do olhar, obtendo-se estimativas mais precisas da luz recebida nos olhos, podendo contribuir para as análises do campo visual e do ofuscamento. Por fim, destaca-se que os brilhos das superfícies que compõe o campo visual, a duração das visualizações, os índices de probabilidade de ofuscamento e a apropriação visual pelo usuário, passam a ser importantes elementos de avaliação para os experimentos de análise do ambiente luminoso.

3 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

3.1 INTRODUÇÃO

Neste capítulo são apresentados os procedimentos metodológicos adotados para os levantamentos e para as análises dos dados desta pesquisa. A pesquisa baseia-se em abordagens qualitativa e quantitativa. Segundo Barbetta (2015), a abordagem qualitativa admite o dinamismo da inter-relação entre o usuário e seu ambiente de trabalho, possibilitando observações de apropriações reais do espaço, enquanto a abordagem quantitativa permite a correlação dos dados numéricos trazendo resultados mais informativos.

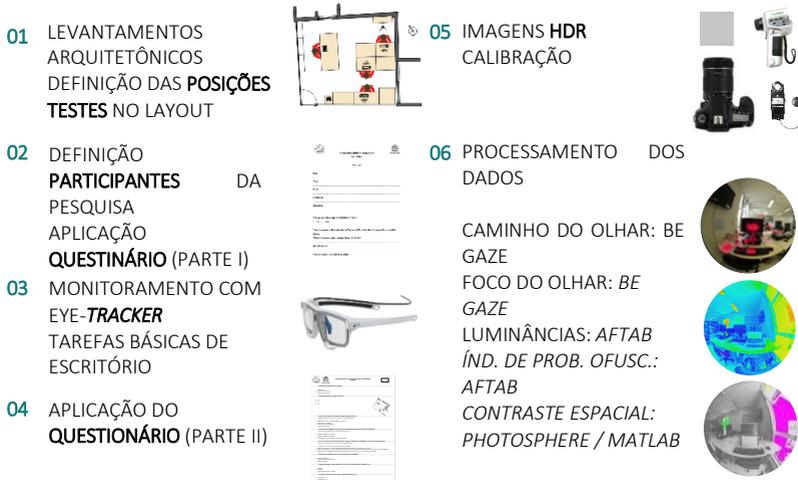
Foram realizados dois estudos de caso em ambientes de escritório, com a finalidade de investigar diferentes fenômenos dentro do contexto da vida real. Através dos estudos de caso, é possível verificar as interações dos usuários realizando tarefas básicas de escritório com as possíveis cenas visualizadas. Optou-se por realizar uma pesquisa experimental semi-controlada, onde o pesquisador exerce controle sobre o tratamento que vai ser aplicado a cada elemento da amostra (BARBETTA, 2015), com a finalidade de parcialmente dominar o tempo e a ordem das tarefas básicas de escritório. Em ambos os estudos de caso, foram medidas as condições em que os usuários são expostos nos diferentes horários do dia, avaliando a percepção visual das posições de ocupação no layout e as possíveis direções da visão. Para o levantamento dos dados quantitativos foram utilizadas duas técnicas inovadoras de medição - a técnica HDR e a tecnologia *eye-tracking*. Após o monitoramento, para o levantamento dos dados qualitativos, foram aplicados questionários com cada usuário participante, facilitando a observação de recorrências, preferências e níveis de satisfação.

3.2 ESTRUTURA DO MÉTODO EMPREGADO

O método empregado nos experimentos foi validado através de um estudo piloto realizado no ambiente do estudo de caso 01. O estudo piloto fez-se necessário primeiramente para a definição da sequência das tarefas a serem executadas e para verificação do tempo de monitoramento. Além da definição das tarefas, verificou-se também o manuseio com os óculos *Eye-Tracker*, as direções de visão para cada posição previamente definidas e o procedimento das imagens HDR. O estudo piloto encontra-se anexado de forma resumida no Apêndice A.

Após constatações e modificações na metodologia baseadas nos resultados do estudo piloto, serão adotados os procedimentos descritos na Figura 30.

Figura 30 - Síntese dos procedimentos metodológicos



01. Primeiramente foram escolhidos e caracterizados os ambientes experimentais para os estudos de caso (E01 e E02). Para cada ambiente foram definidas as posições testes no layout e as direções da visão para as imagens HDR, escolhidas em função do estudo piloto previamente realizado;
02. Foi selecionada a amostra da pesquisa, que incluiu alunos de pós-graduação, funcionários e também outros participantes que não utilizam os ambientes dos experimentos. Para cada participante foi aplicado o questionário avaliativo Parte I (Apêndice B), que reúne características físicas e pessoais, sendo estas informações necessárias para a utilização dos óculos *Eye-Tracker*.
03. Em seguida, os participantes da pesquisa foram monitorados realizando as principais tarefas de ambientes de escritório, a fim de levantar dados específicos acerca da movimentação e apropriação visual do espaço. Com a utilização dos óculos *Eye-Tracker* nos participantes, foram monitorados e arquivados dados comportamentais de direção e foco da visão. Foi definido que cada tarefa realizada é dividida em três fases (entrada, pensamento e interação), e o monitor é desligado em determinados momentos (Quadro 3). Este procedimento foi adotado de forma similar nos

estudos de Khanie *et al* (2015), sendo utilizado como referência para estas definições. O roteiro entregue aos participantes encontra-se anexado no Apêndice C.

Quadro 3 - Sequência das Tarefas

Código	Tarefas	Plano de trabalho	Fases		
			Entrada	Pensamento	Interação
1a e 1b	Leitura e escrita	Vertical - Monitor	Ler o texto e a pergunta	Desligar o monitor e refletir sobre o tema	Digitar a resposta
			Desligar o monitor		
2a e 2b	Leitura e escrita	Horizontal - Papel	Ler o texto e a pergunta	Refletir sobre o tema	Escrever a resposta
3	Falar ao telefone	-	Atender o telefone	Escutar o locutor	Falar com o locutor

04. Após a realização das tarefas foi solicitado aos participantes o preenchimento de um questionário avaliativo Parte II (Apêndice D), a fim de obter dados subjetivos e níveis de satisfação acerca da percepção visual dos participantes com relação aos ambientes e às tarefas executadas;
05. Imediatamente antes ou após de cada monitoramento, com o auxílio de uma câmera digital com lente olho de peixe, foram tiradas fotos sequenciais com diferentes níveis de exposição para cada direção de visão em cada posição;
06. Por fim, foram analisados os dados com diferentes programas computacionais. Com o auxílio do programa Aftab⁴, foram agrupadas as oito imagens de cada direção em uma única imagem HDR. Esta imagem HDR possibilitará a análise das luminâncias pontuais das superfícies e a quantificação dos índices de probabilidade de ofuscamento dos ambientes, para cada cena. As mesmas sequências de oito imagens também foram agrupadas no programa Photosphere⁵, a fim de obter imagens HDR que possam ser lidas pelo algoritmo do Contraste Espacial Modificado (mSC)

⁴ Programa desenvolvido por Majid Miri e disponível em: <www.aftabsoft.net/aftab-alpha>, versão 2.1.0

⁵ Programa desenvolvido por Greg Ward e disponibilizado ao Laboratório de Conforto Ambiental pelo PLEA em sua versão 2.0.0 para Windows.

no programa Matlab⁶. Com relação aos dados obtidos com os óculos eye-tracking, estes foram agrupados através do programa Begaze⁷, possibilitando a definição de padrões de interesse visual.

3.3 CONFIGURAÇÃO DO EXPERIMENTO

3.3.1 Características dos ambientes experimentais

Para a realização dos experimentos e o levantamento dos dados foram escolhidos dois ambientes reais localizados na Universidade Federal de Santa Catarina, em Florianópolis (latitude 27°S, longitude 48°W), Santa Catarina. Primeiramente, para o Estudo de Caso 01 (E01) foi escolhida uma sala do Laboratório de Conforto Ambiental (Figura 31).

Figura 31 - Localização da sala E01 destacada em vermelho



Fonte: Acervo Pessoal

A sala está localizada no segundo andar do edifício do Departamento de Arquitetura e Urbanismo e possui aproximadamente 25m², com pé direito igual a 3 metros (Figura 32). Orientada para Nordeste e Sudeste, o ambiente possui duas aberturas com brises externos verticais e horizontais, ambos pintados de branco. As esquadrias são compostas por uma bandeira fixa inferior, uma abertura maxim-ar e uma bandeira fixa superior, todas em alumínio pintado de branco e vidro incolor 3mm. Juntas, as duas esquadrias, totalizam aproximadamente

⁶ Programa para cálculos matemáticos desenvolvido por MathWorks. Disponível em: <www.mathworks.com/products/lct/matlab> Versão Demo R2017a, 2017

⁷ Programa disponibilizado pela SMI, acompanhado no pacote dos equipamentos dos óculos *eye-tracker*

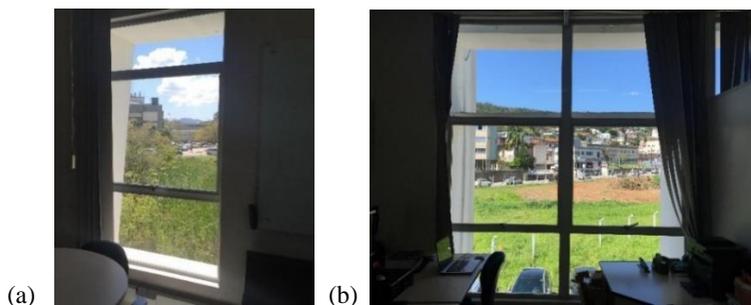
8,14m² de abertura (PAF = 28,53%), contendo na vista externa uma paisagem mista entre urbana e natural e com porção do céu visível (Figura 33a e b). O restante do ambiente possui superfícies claras que contribuem para a reflexão interna da luz, com exceção de alguns poucos mobiliários.

Figura 32 - Interior do ambiente experimental – Estudo de caso 01



Fonte: Acervo Pessoal

Figura 33 - Características das aberturas e vistas externas - a) Esquadria 01 b) Esquadria 02



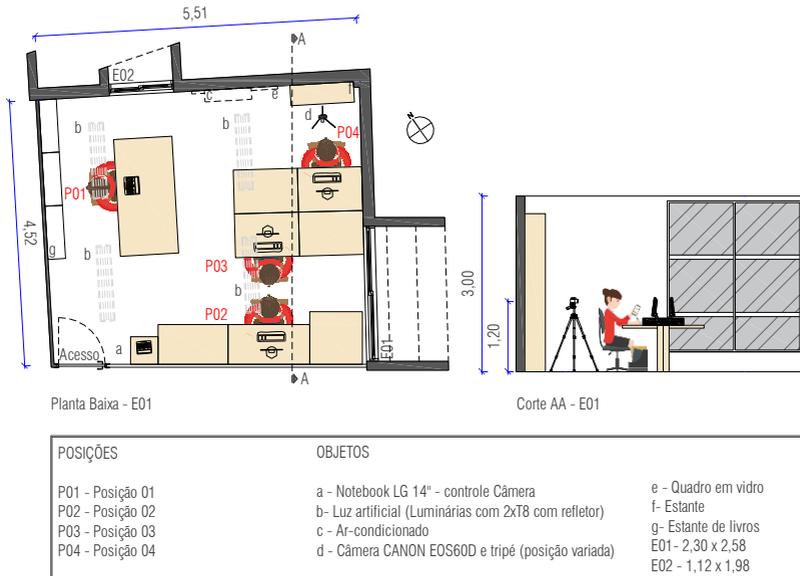
Fonte: Acervo Pessoal

Além das suas características físicas de implantação e das atividades que são realizadas neste ambiente, esta sala foi escolhida por possuir postos de trabalho que possibilitam diferentes experiências visuais, possibilitados pelo acesso à vista externa através das aberturas e outros atrativos visuais no ambiente. Outra vantagem é a facilidade de acesso ao ambiente, possibilitando um número maior de amostras.

Foram escolhidas quatro posições testes de ocupação para levantamento dos dados. Cada posição teste possui uma relação distinta com as aberturas do ambiente e com a luz natural admitida. Ao verificar estas posições no estudo piloto, percebeu-se a necessidade de deslocar a Posição 03 para a esquerda, em função da luminosidade que adentrava por trás das lentes dos óculos *Eye-Tracker*, impossibilitando a calibração

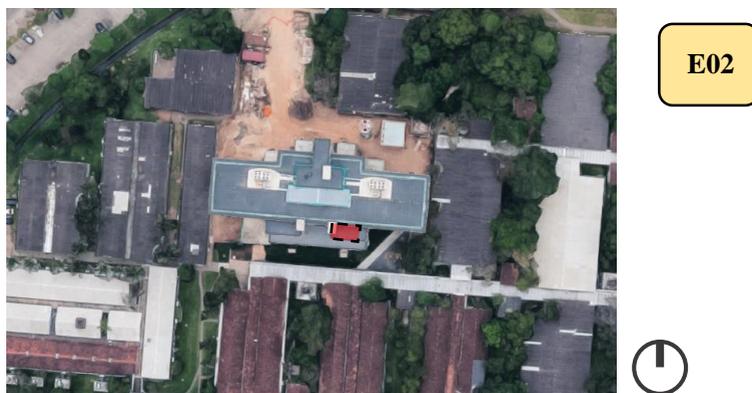
do mesmo. A Figura 34 mostra as posições testes finais e salienta, em corte, a posição do tripé na Posição 04.

Figura 34 - Posições e objetos do procedimento – E01



Para a realização do Estudo de Caso 02 (E02) escolheu-se a sala do Espaço Físico Integrado (EFI) (Figura 35). Esta escolha foi influenciada pela insatisfação dos funcionários com relação aos brilhos provenientes das aberturas sem proteção, que buscaram auxílio para melhorar o desempenho luminoso do ambiente. Além disso, a configuração de layout se difere das observadas no E01, podendo trazer resultados distintos. Neste caso, os ocupantes da sala trabalham voltados para a abertura, que configura todo o plano de fundo de trabalho (PAF = 45,37%). A visão do espaço externo é caracterizada por uma paisagem edificada em primeiro plano e natural, em segundo. (Figura 36), diferente da situação encontrada no E01, onde a paisagem é composta por diferentes planos de camadas contendo elementos naturais e edificados.

Figura 35 - Localização da sala E02 destacada em vermelho



Fonte: Google Maps

Figura 36 - Vista externa: em primeiro plano edificada e em segundo plano natural



Fonte: Acervo Pessoal

No decorrer do experimento no ambiente do E02, para minimizar o brilho da superfície da janela, foram instaladas películas fumê com 20% de transparência em toda a área de vidro da sala (Figura 37). A instalação ocorreu antes do monitoramento com os óculos *Eye-Tracker* e da obtenção das imagens HDR, reduzindo a incidência de luz no ambiente, modificando as proposições realizadas anteriormente. Mesmo com esse fato optou-se por manter o local do experimento em função do andamento

da pesquisa. Após essa alteração na configuração do pano de vidro foi observada a necessidade de utilização de luz artificial em 100% do tempo de trabalho. O restante da sala é caracterizado por possuir superfícies em tons de cinza, verde claro e concreto aparente.

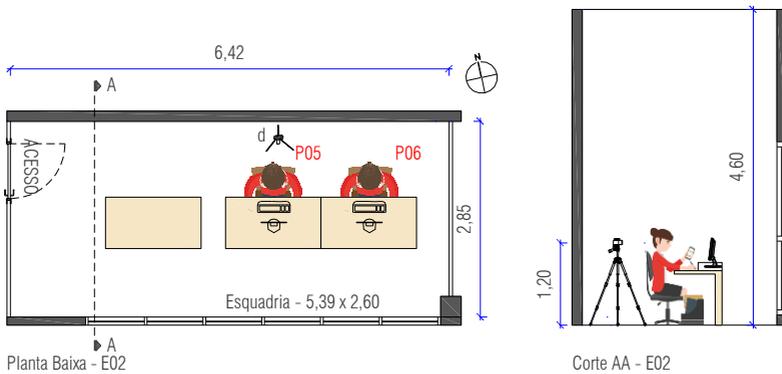
Figura 37 - Interior do ambiente experimental – Estudo de caso 2



Fonte: Acervo Pessoal

Através de observações, foram definidas as posições testes, caracterizadas por serem as atuais estações de trabalho (Figura 38).

Figura 38 - Posições e objetos do procedimento – E02



POSIÇÕES	OBJETOS
P05 - Posição 05	a - Notebook LG 14" - controle Câmera
P06 - Posição 06	b- Luz artificial (Luminárias com 2xT8 com refletor)
	c - Ar-condicionado
	d - Câmera CANON EOS60D e tripé (posição variada)

3.3.2 Características da amostra

A sala do E01 é ocupada usualmente por bolsistas e pós-graduandos do curso de Arquitetura e Urbanismo, selecionados para serem participantes dos experimentos desta pesquisa. Com a finalidade de obter um número de amostra maior, aumentando a precisão dos dados estatísticos e recorrências, foi solicitada participação de outros alunos e profissionais dispostos a auxiliar no levantamento dos dados. Ou seja, a população alvo da pesquisa, é caracterizada por jovens e adultos, que exercem ocupação similar às tarefas de escritório, sendo escolhidos sem critério de sexo ou idade, ampliando a variação dos dados coletados. O E01 contemplou uma amostra de 26 participantes, com aproximadamente seis participantes para cada posição de ocupação teste. Já no estudo de caso 02, obteve-se uma amostra de apenas três participantes, os próprios funcionários do local, em função da limitação de acesso ao ambiente. Apesar de ser considerada uma amostra pequena, optou-se pela a relevância das observações do que propriamente uma análise estatística. Todos os participantes desta pesquisa foram de caráter voluntário, totalizando uma amostra de 29 pessoas.

3.4 TÉCNICAS EXPERIMENTAIS PARA OS LEVANTAMENTOS DOS DADOS

Para o levantamento dos dados quantitativos, foram utilizadas duas técnicas inovadoras de medição. A primeira, realizada para o mapeamento dinâmico da visão, é a tecnologia *eye-tracking*, obtida através dos óculos *Eye-Tracker*. A segunda, utilizada para a caracterização das luminâncias do campo visual, é a técnica fotográfica HDR. Para o levantamento dos dados qualitativos, foram aplicados questionários avaliativos com os participantes da pesquisa.

3.4.1 Tecnologia *Eye-Tracking*

Para a obtenção dos dados da trajetória da visão foi utilizada a técnica de rastreamento do olhar com os óculos *Eye-Tracker*. Estes óculos possibilitam o arquivamento dos dados da visão do usuário, permitindo a extração das informações temporais, de foco e da trajetória do olhar percorrida. O instrumento utilizado para monitorar a direção da visão foram os óculos *Eye Gaze Tracker* da SensoMotoric Instruments (SMI)

(Figura 39), cedido pelo Núcleo de Gestão de Design (NGD) e LDU - Laboratório de Design e Usabilidade.

Figura 39 - *Eye Tracker* SMI



Fonte: SMI. Disponível em: www.smivision.com

Para utilização correta do equipamento e obtenção de dados precisos, foram necessárias algumas etapas. Primeiramente, foi necessário verificar se os participantes possuíam alguma deficiência visual, a fim de avaliar a necessidade de acoplar lentes corretivas aos óculos. Estas lentes corretivas fazem parte do equipamento, e possibilitam a correção de hipermetropia e miopia para aqueles participantes que não poderão usar seus próprios óculos. Após esta verificação e antes do monitoramento de cada usuário, foi necessário realizar a calibração do ponto focal dos olhos. São escolhidos três diferentes pontos do campo de visão para que o usuário permaneça olhando e, a partir destes, é feita a regulagem de precisão do instrumento. Após a calibragem, o instrumento está pronto para iniciar as gravações de toda a atenção visual. A fim de facilitar o manuseio do equipamento no momento das realizações das tarefas, são conectados os óculos ao celular disponibilizado, onde são armazenadas todas as informações de cada participante.

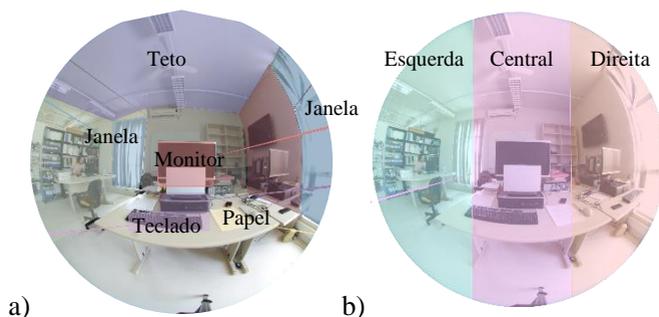
3.4.1.1 Tratamento dos dados obtidos com *Eye-Tracker*

O *Eye-Tracker* da SMI disponibiliza dois programas para a coleta e análise dos dados: *Iview ETG versão 2.6* e *Be Gaze versão 3.6*, respectivamente. Este último possibilita a criação de diferentes mapas, tais como: o caminho traçado pelo olho, manchas de pontos focais e gráficos de áreas de interesse pré-definidas. Através da análise dos vídeos gravados com os óculos *Eye-Tracker* foi possível identificar para quais direções a visão foi mais frequentemente dirigida, para onde o olho focou por mais tempo, e quais as principais áreas de interesse visualizadas.

Os dados obtidos com os óculos *Eye-Tracker*, foram diferenciados em função dos processos visuais (fixações e sacadas), distinguindo e definindo o foco e a duração do olhar para determinada superfície através do software *Be gaze*. A partir de uma imagem de referência do campo

visual central, foi realizada a sobreposição do caminho do olhar de cada participante de uma mesma posição teste. Em seguida, ainda no software Be Gaze, foram demarcadas para a direção central de cada posição, as seguintes áreas de interesse: tela do monitor (plano vertical), teclado, folha de papel, bancada de trabalho (plano horizontal), plano de fundo, aberturas, paredes laterais e teto (Figura 40a). Em um segundo momento, foram demarcadas também na imagem de referência central, as áreas de interesse por direção: esquerda, central e direita (Figura 40b). Através da demarcação das áreas de interesse, foi possível obter dados numéricos estatísticos de recorrências visuais, com a finalidade de caracterizar o percurso da visão e encontrar as direções de visão dominantes para cada posição em cada tarefa e correlacionar com os dados de luminâncias obtidos através das imagens HDR.

Figura 40 – a) Divisão das áreas de interesse no campo visual b) Divisão das três direções de interesse, esquerda, central e direita, no campo visual.



3.4.2 Mapeamento das condições de luminância através da técnica HDR

Para o mapeamento das luminâncias das superfícies do campo da visão, foi empregada a técnica *High Dynamic Range* (HDR). Esta técnica foi escolhida em função da precisão dos dados levantados, com a possibilidade de descrever as luminâncias do campo visual de forma mais rápida e com menos erros. Priorizou-se o uso da técnica HDR ao uso de simulação computacional, por acreditar que nesta última há dificuldades na reprodução de uma cena real com todos os elementos de composição.

Na realização das sequências de fotos foi utilizada a câmera Canon_EOS60D com lente olho de peixe (EX Sigma - Circular Fisheye

4.5mm1 - 2.8), disponível no Laboratório de Conforto Ambiental (LabCon). Normalmente, uma lente “olho de peixe” é considerada por abranger por inteiro o campo de visão do olho humano (KHANIE, 2015).

A iluminação artificial sempre que possível foi mantida desligada e a câmera foi posicionada nas posições testes, na altura dos olhos dos participantes sentados (aproximadamente 1,20m do piso), assegurando a análise do campo visual e experimentação do brilho experimentada pelo ocupante. A fim de evitar movimentações indevidas e para regular a altura desejada, foi utilizado um tripé. O roteiro síntese de medição está apresentado na Figura 41.

Figura 41 - Roteiro síntese de medição HDR para cada participante em cada direção de visão



3.4.2.1 Configurações da câmera

As configurações da câmera foram gerenciadas pelo programa da CANON EOS60D EOS Utility 2.14.20^a 8 e devem ser:

- A sensibilidade do sensor foi ISO 100;
- O valor do tamanho de abertura da lente (f-stop), que controla a quantidade de luz que passa pelas lentes, deve ser fixado. Quanto maior o f, menor a abertura da lente e menor a quantidade de luz que penetra e quanto maior a abertura menor o campo de visão nítido. Além disso, quanto maior o f, maior o efeito indesejável de vinheta nas fotos. Com isto foi fixado em f/11, com a

⁸ Programa disponível em: <www.usa.canon.com>

finalidade de aumentar o alcance dinâmico e reduzir o alargamento da lente.

- O tempo de exposição (shutter speed) foi variado inicialmente nas seguintes proporções: $\frac{1}{2}$, $\frac{1}{8}$, $\frac{1}{30}$, $\frac{1}{60}$, $\frac{1}{125}$, $\frac{1}{250}$, $\frac{1}{1000}$, $\frac{1}{4000}$, porém, dependeram da luminosidade de cada cena. Os valores foram readequados para cada situação, atentando para que a opção $\frac{1}{2}$ não ficasse totalmente branca, e para que a opção $\frac{1}{4000}$ não ficasse totalmente preta. Variar a velocidade é mais confiável do que variar o tamanho de abertura da lente na mudança dos valores de exposição (INANICI, 2006).
- Foi selecionada a opção C da câmera, previamente configurada com balanceamento branco para luz natural e foco automático. O balanceamento branco para luz natural é especialmente importante para que possam ser alcançadas transições consistentes de cor no espaço (INANICI, 2006);
- As imagens foram exportadas em dois formatos: RAW (.CR2) e JPG, em função de necessidades no pós processamento.

As configurações da câmera estão sintetizadas no Quadro 4:

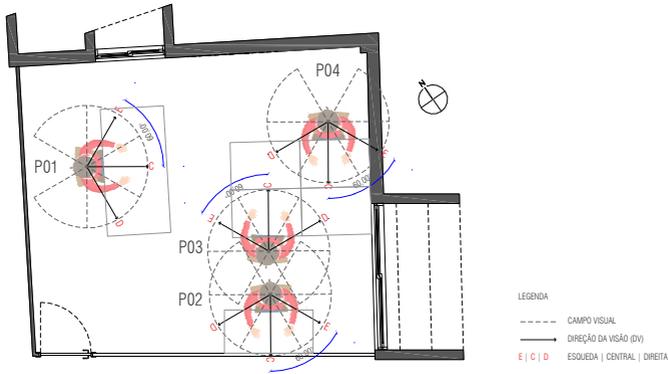
Quadro 4 - Configurações da câmera

Característica	Configuração	Característica	Configuração
Balanço Branco	Luz Natural	Tamanho Imagem	3456 x 2304pixels
Foco	Automático	Sensibilidade	ISO100
f-stop	f/11	Lentes	Fisheye
Shutter Speed	Variável	Formato	RAW e JPG

3.4.2.2 Posicionamento e abrangência da câmera

Para o E01, a posição da câmera variou em função das direções de visão previamente definidas na etapa do estudo piloto. Com isto, cada posição teve três direções de análise, definidas com um ângulo de 60° a partir da direção perpendicular ao plano de tarefa (Figura 42). Para cada direção de visão foram realizadas as sequencias de imagens imediatamente antes ou após o monitoramento com os óculos *Eye-Tracker*.

Figura 42 - Direções de análise, E01



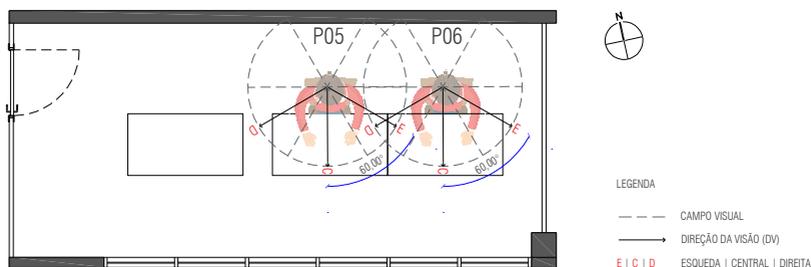
As cenas observadas em cada direção estão organizadas no Quadro 5.

Quadro 5 - Cenas de cada direção de visão, E01

POSIÇÕES	DIREÇÕES		
	Esquerda (E)	Central (C)	Direita (D)
<p>P01</p>			
<p>P02</p>			
<p>P03</p>			
<p>P04</p>			

Com relação ao E02, a variação das direções da visão aconteceu de forma semelhante, com um ângulo de 60° a partir da direção perpendicular ao plano de tarefa (Figura 43), resultando em cenas para a direção central, direita e esquerda para as duas posições testes de análise (Quadro 6).

Figura 43 - Direções de análise, E02



Quadro 6 -Cenas de cada direção de visão, E02

POSIÇÕES	DIREÇÕES		
	Esquerda (E)	Central (C)	Direita (D)
<p>P05</p>			
<p>P06</p>			

3.4.2.3 Agrupamento e análise das imagens HDR

A combinação das oito imagens (formato .CR2) de cada direção de visão em uma única imagem HDR foi realizada através do programa Aftab, bem como a leitura dos dados de índices de ofuscamento, mapas de cores falsas e luminâncias pontuais das cenas (Figura 44). Para a calibração da câmera neste programa, foi medida a luminância de uma superfície neutra (papel cinza) com o instrumento luminômetro (Minolta LS110) e também a iluminância (Luxímetro Minolta T-10) no

plano vertical na lente na câmera, imediatamente antes e depois de cada sequência de fotos. Com a média das luminâncias, foi alterado o valor da luminância do pixel de referência, ajustando as informações para a lente caracterizada. Este procedimento foi repetido em cada início de monitoramento, em cada direção de visão analisada, para cada participante.

O Aftab foi escolhido pois possibilita o cálculo direto do índice DGP, índice selecionado para análise comparativa. O DPG é o índice mais próximo da realidade do usuário, pois considera em sua fórmula a iluminância vertical nos olhos do observador, sendo validado por diversos estudos comparativos (JAKUBIEC, 2011 e WYMELENBERG, 2010).

Figura 44 – Interface da avaliação do brilho no programa Aftab



A escala utilizada pelo programa Aftab para este índice é baseada no programa Evalglare⁹ e encontra-se descrita no Tabela 3.

Tabela 3 - Escala DGP

	Imperceptível	Perceptível	Perturbador	Intolerável
DGP	<0.3	0.3 - 0.35	0.35 – 0.4	>0.45

Depois de obtidos os valores de DGP para cada cena, a fim de considerar o observador dinâmico no cálculo do índice de probabilidade de ofuscamento, foi realizada uma média ponderada em função do tempo de permanência do olhar (Equação 6) (VASQUEZ, 2016), para cada direção de visão. Esse tempo foi extraído dos dados obtidos com os óculos *Eye-tracker* para as áreas de interesse definidas já mencionadas.

$$DGP_{px} = (DGP_{ave} * \%t_{dv1}) + (DGP_{avc} + \%t_{dv2}) + (DGP_{avd} + \%t_{dv3}) \quad (6)$$

Onde, DGP_{px} é o índice de probabilidade de ofuscamento ponderado para determinado participante e posição; DGP_{avx} é o índice de probabilidade de ofuscamento para a cena de direção x (esquerda, central, direita); e a $\%t_{dvx}$ é a porcentagem de tempo em que se olhou para a direção de cena x.

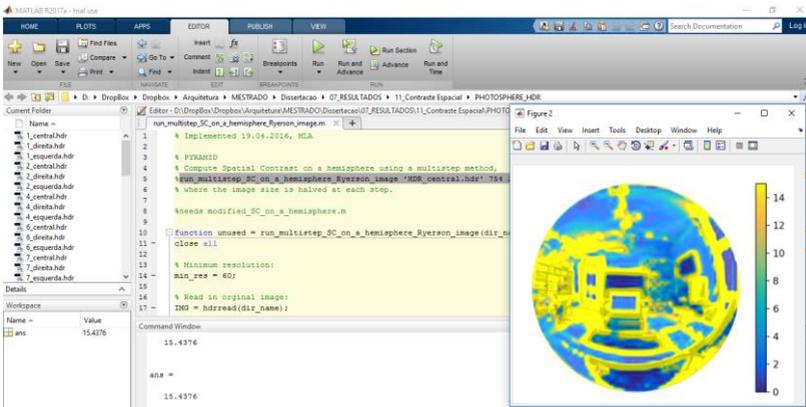
Para levantar um maior número de informações acerca do desempenho luminoso dos ambientes, e analisar qual deles mais se correlaciona aos níveis de satisfação dos usuários participantes, foi aplicado o conceito de Contraste Espacial Modificado (mSC). De acordo com os estudos de Rockcastle, que envolvem os níveis subjetivos do usuário, quando o mSC é menor do que 6.95, a métrica prediz uma resposta “calma”. O valor de mSC entre 6.95 e 11.75 indica uma resposta neutra e valores maiores que 11.75, considera-se como excitante. Para obter a classificação do mSC para as diferentes cenas desta pesquisa, cada sequência de oito imagens (formato .JPG), foi manipulada no Programa Photosphere, agrupando-as em uma imagem HDR que considera a curva de resposta do olho humano. Com isto, cada imagem HDR foi rodada no algoritmo (Apêndice E) desenvolvido por Rockcastle (2017) e adaptado para o tamanho da imagem HDR obtido por André Puel¹⁰. Este algoritmo

⁹ Ferramenta baseada no Radiance, desenvolvido por Wienold, J. Christoffersen, J., 2006

¹⁰ Formado em Ciência da Computação pela UFSC, Mestre em Computação Gráfica.

resultou em um valor para o mSC e em uma imagem com escala de cores que representa este valor, sendo executado no programa Matlab (Figura 45). A ponderação do valor de cada cena pelo tempo de visualização realizada para o DGP, também foi realizada para o mSC.

Figura 45 – Interface do programa Matlab para cálculo do algoritmo mSC e imagem resultante



3.4.3 Níveis de satisfação dos usuários com questionários

Com a finalidade de coletar dados subjetivos dos participantes da pesquisa, foram aplicados questionários avaliativos. A primeira parte do questionário, realizada antes dos monitoramentos, continha perguntas de cunho pessoal, como por exemplo a idade, formação e o uso de óculos ou lentes de contato. Já a segunda parte, realizada após o monitoramento, visa identificar preferências gerais de ambientes de trabalho e percepções vivenciadas no momento da execução de cada tarefa.

O questionário foi baseado em três modelos utilizados em estudos de conforto visual (Boyce, 1996, Heschong, 2011 e Wymelenberg, 2010), contendo modificações de acordo com as necessidades de obtenção dos dados desta pesquisa. Para adequação das perguntas e correção do uso de termos específicos, foi realizado um estudo piloto com 6 pessoas relacionadas à área de estudo do Conforto Ambiental e mais 6 pessoas leigas no assunto. Os questionários aplicados encontram-se anexados no Apêndice B e D. A correlação dos resultados dos questionários com os

dados obtidos através das técnicas de medição, serão realizadas através de gráficos com o programa Tableau¹¹.

3.5 SÍNTESE METODOLÓGICA

A metodologia apresentada foi composta por várias etapas com diferentes procedimentos, visando obter todas as informações necessárias para correlação dos dados. Estas etapas possuem peculiaridades que tornam o experimento complexo, necessitando a manipulação e conhecimento de diferentes programas computacionais. Algumas decisões implicam em limitações necessárias. Manter a sequência de fotos HDR imediatamente antes ou após o monitoramento das tarefas para captar exatamente o contexto luminoso que o usuário estava sendo exposto, por exemplo, limitou as direções da câmera em três direções de visão. Apesar disso, as imagens HDR irão gerar dados mais precisos do contexto luminoso, para relacionar-se com os dados subjetivos. Devido à variedade das tarefas executadas, o tempo de vídeo coletado e a importância de cada comportamento subjetivo dos participantes, a amostra deste estudo também foi limitada.

Em suma, os dados são obtidos e tratados, respectivamente nos procedimentos e programas listados no Quadro 7:

Quadro 7 – Síntese do processo de coleta e tratamentos dos dados

Dados	Procedimento/Equipamentos	Programas
Luminância	Fotos HDR Luminômetro	Aftab/ Tableau
Iluminância vertical nos olhos	Luxímetro	Aftab/ Tableau
Subjetivos do usuário	Questionários	Tableau
Tempo e direção do olhar	Eye-tracker	Iview/ Be Gaze
Contraste Espacial	Fotos HDR/Algoritmo mSC	Photosphere/Matlab

¹¹ Programa de análise de dados e plotagem gráfica, versão 10. Disponível em: <www.tableau.com>

4 ANÁLISE DOS RESULTADOS E DISCUSSÕES

Neste capítulo são expostos os resultados obtidos através da aplicação da metodologia proposta. Os resultados serão analisados de acordo com as três principais fontes de dados: mapeamento das direções da visão através dos óculos *Eye-Tracker*, mapeamento das luminâncias através da técnica HDR e os níveis de satisfação através dos questionários, descritos todos de forma separada. Na sequência, esses resultados são cruzados, a fim de verificar a influência de cada variável sobre o comportamento do participante e os índices finais de ofuscamento. Por fim, são feitas as considerações finais dos resultados.

4.1 VARIÁVEIS DOS MONITORAMENTOS E ANÁLISE DO CAMPO VISUAL

O E01 foi realizado no mês de fevereiro, no período da manhã e da tarde. Os horários dos monitoramentos foram escolhidos em função da necessidade do tempo de adaptação visual dos participantes dentro do ambiente, tempo de calibração do equipamento com cada usuário, execução das tarefas e disponibilidade dos participantes. As condições do céu foram variadas em dias de céu aberto (Figura 46a), dias de céu com nuvens (Figura 46b) e dias encobertos (Figura 46c).

Figura 46 - Condições do céu: a) Céu claro; b) Céu com nuvens; c) Encoberto



Para o estudo de caso 02, devido ao número restrito de participantes, o experimento aconteceu em apenas um dia de medição, também no mês de fevereiro, com céu claro (Figura 47). Neste caso, foi escolhido o período da manhã para realização dos monitoramentos em função da implantação da sala, onde, neste período, há maior contribuição da luz natural.

Figura 47 - Condições do céu claro E02



Neste contexto, encontra-se exposto no Quadro 8 a lista de variáveis incluídas na análise dos dados obtidos.

Quadro 8 - Variáveis obtidas para análise dos resultados

Estudo de Caso	Posição	Direção	Céu	Horário	Luz	Cortinas	Porta
E01	P01	Central, Direita, Esquerda	Céu com nuvens	Das 9hrs às 16 :30	OFF	Abertas	Fechada Opaca
	P02	Central, Direita, Esquerda	Céu com nuvens / Claro	Das 8hrs às 15:30	OFF	Abertas	Fechada Opaca
	P03	Central, Direita, Esquerda	Céu claro	Das 14hrs às 17	OFF	Entreabertas	Fechada Opaca
	P04	Central, Direita, Esquerda	Céu com nuvens/ Encoberto	Das 10:30 às 16hrs	OFF /ON	Abertas	Fechada Opaca
E02	P05	Central, Direita, Esquerda	Céu claro	9:00	ON	Com películas 20%	Fechada Vidro
	P06	Central, Direita, Esquerda	Céu claro	9:30 às 10hrs	ON	Com películas 20%	Fechada Vidro

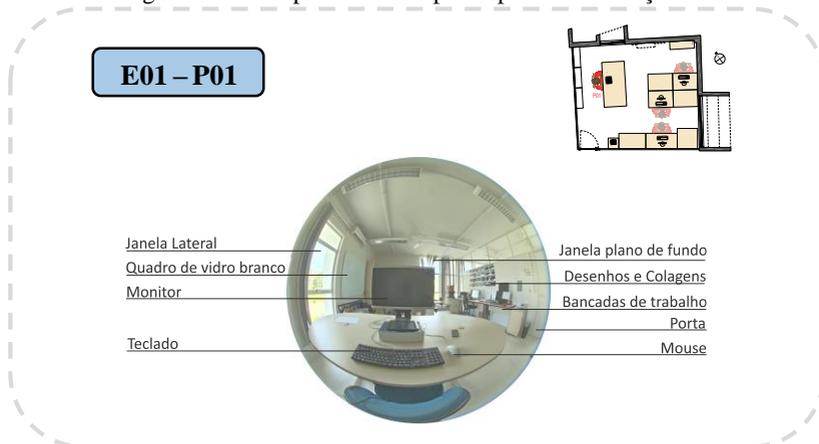
4.1.1 Descrição e análise do campo visual das Posições

Nesta seção serão caracterizados os campos visuais que cada participante teve acesso no momento dos monitoramentos. Essas informações auxiliarão na compreensão dos resultados exibidos nas seções seguintes, facilitando o entendimento do contexto visual a que cada participante foi exposto. Esta análise foi baseada na visualização dos vídeos coletados, das fotos retiradas nos locais e de anotações realizadas, onde primeiramente são descritos os campos visuais comuns a todos os participantes e em um segundo momento, são organizadas em um quadro, as características específicas de cada horário e participante.

Os participantes que ocuparam a Posição 01 (Figura 48), possuíam no plano de fundo das tarefas uma abertura frontal e outra lateral, além de outras informações visuais, como por exemplo, um quadro branco, outras bancadas de trabalho e colagens na parede. As duas aberturas eram de fácil acesso visual, e continham na vista externa uma paisagem mista

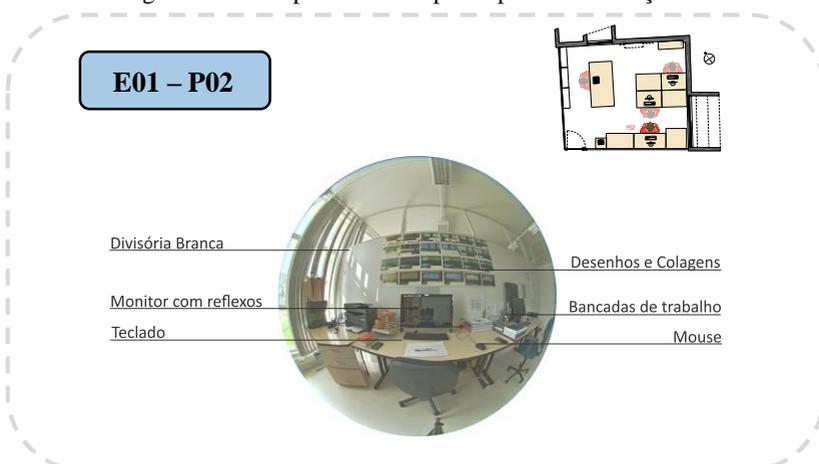
entre urbana e natural, com diferentes camadas. A porção do céu era visível assim como objetos em movimento (automóveis).

Figura 48 – Campo visual dos participantes da Posição 01



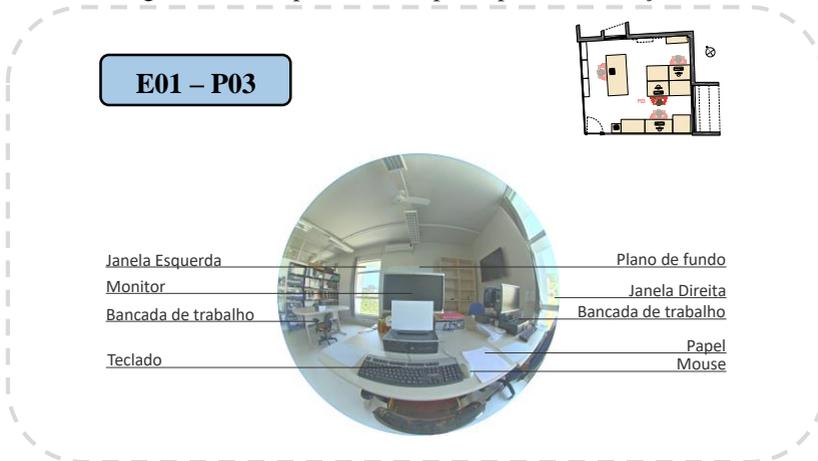
A Posição 02 (Figura 49) era caracterizada por um cenário bem diferente da Posição 01, onde o campo de visão frontal dos participantes era conformado por uma parede de superfície clara, com desenhos e colagens. Ao variar a direção da visão para a esquerda, com corpo ou cabeça, o participante poderia ter acesso ao exterior através da janela. Movimentando-se para a direita, o participante visualizaria a porta do ambiente fechada. Uma das peculiaridades desta posição era o posicionamento da segunda abertura atrás do ocupante, o que acabava por influenciar na visibilidade da tela do monitor.

Figura 49 – Campo visual dos participantes da Posição 02



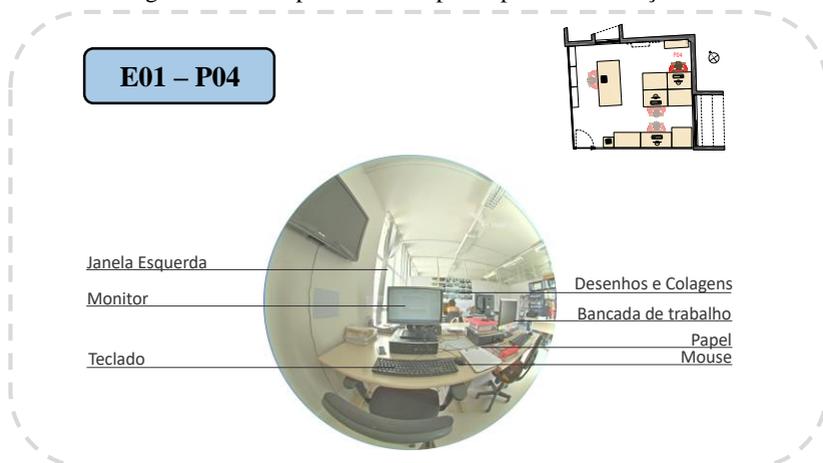
A Posição 03 (Figura 50) possuía uma ocupação similar à encontrada na Posição 01, ou seja, com uma janela frontal e outra lateral, sendo a principal diferença a relação de tamanho entre elas. Os participantes que permaneceram na Posição 03, tiveram como maior parte do plano de fundo da tarefa, uma parede com superfície clara, com poucas informações (quadro branco, e estante vazia) e uma abertura com menor dimensão no canto esquerdo. Na lateral direita, deslocando a cabeça ou o corpo, os participantes também poderiam acessar a vista externa. Uma porção do céu era visível a partir das duas aberturas, além de elementos da natureza e edificações.

Figura 50 – Campo visual dos participantes da Posição 03



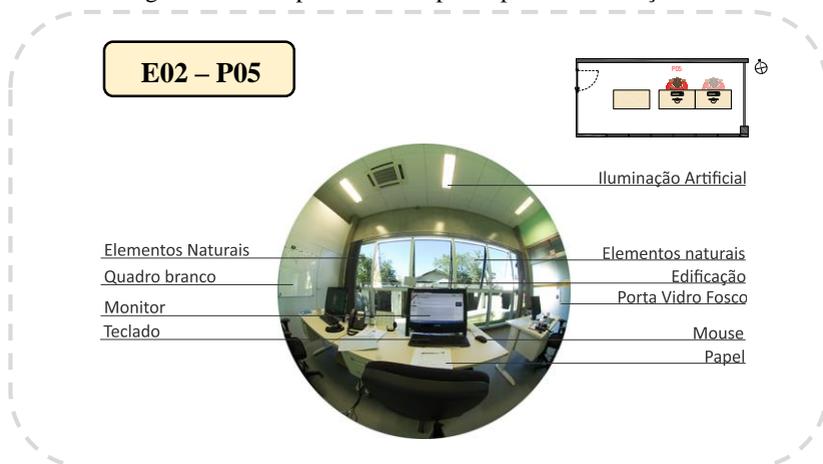
A Posição 04 (Figura 51) encontrava-se em um canto da sala, com menor contribuição da iluminação natural. O plano de fundo das tarefas era conformado por uma parede distante, com superfície clara, com desenhos e colagens. A partir desta posição, poderiam ser visualizadas as outras bancadas de trabalho e a porta de acesso ao ambiente. Com relação a visão ao exterior, esta era possibilitada pela abertura à esquerda dos participantes. Uma pequena porção do céu e da paisagem natural e urbana era visível, assim como o brise externo pintado de branco.

Figura 51 – Campo visual dos participantes da Posição 04



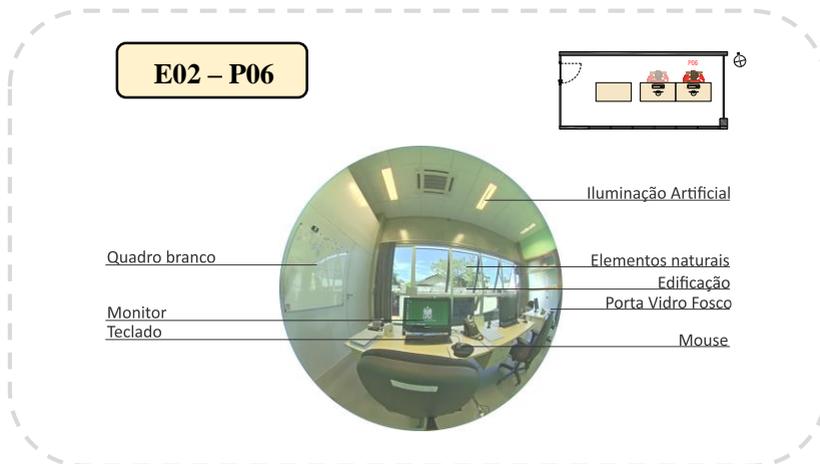
No E02, na Posição 05 (Figura 52), a configuração do layout utilizado sugere uma relação direta do participante com a área externa visualizada através da janela. Conformando todo o plano de fundo da tarefa, a abertura possibilitava a visualização de pessoas se deslocando, um edifício em más condições de manutenção, elementos da natureza e partes do céu. Películas protetoras foram instaladas nos vidros, influenciando nos brilhos do campo visual.

Figura 52 – Campo visual dos participantes da Posição 05



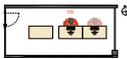
As características do campo visual nas quais os participantes da Posição 06 (Figura 53) foram expostos, são muito similares às relações observadas na P05. A posição no layout do ambiente é semelhante, porém, a P06 aproxima-se da parede lateral. A porção visível da paisagem também se altera, sendo que são visualizados menos elementos da natureza a partir desta posição.

Figura 53 – Campo visual dos participantes da Posição 06



Algumas características dos ambientes, principalmente sobre as condições luminosas, se alteraram no decorrer dos monitoramentos, em função dos diferentes horários e de mudanças nas condições do céu. O Quadro 9 organiza, para cada participante, algumas informações consideradas relevantes para os resultados apresentados na sequência.

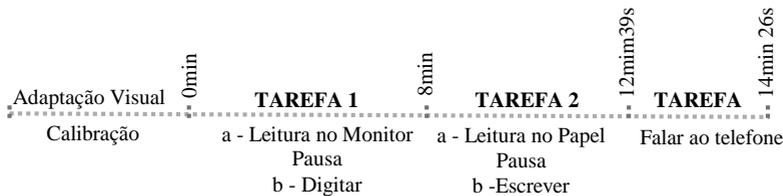
Quadro 9 – Quadro resumo das condições do campo visual de cada participante

Posição	Localização	Hora HDR	Participante	Características Relevantes	Condições do céu
P01		9:00	13	Raios diretos do sol dentro do ambiente, provenientes das duas aberturas. Na direção esquerda, refletido no piso e na direção à direita, refletido nas divisórias verticais.	Claro com nuvens
			14	Raios diretos de sol em uma menor porção, tanto no piso, à esquerda, como na divisória à direita.	
		10:45	15	Raios diretos de sol somente na divisória ao fundo direito.	
		16:30	18	Superfícies com brilho refletido, aparentemente mais confortável visualizar a vista externa através das janelas.	
		16:30	19	Superfícies com brilho refletido, aparentemente mais confortável visualizar a vista externa através das janelas.	
P02		8:40	7	Raios diretos de sol na divisória da direção esquerda, e tela do monitor com reflexos.	Claro com nuvens
			8	Sem raios diretos do sol, somente brilho refletido na divisória e no teto.	
			9	Sem raios diretos do sol, somente brilho refletido na divisória e no teto.	
		11:20	10	Reflexo intenso da janela na tela do monitor nas direções central e esquerda. Vista externa aparentemente mais confortável de ser visualizada.	
		15:30	11	As condições do céu se alteraram, permanecendo aberto. O brilho refletido é intensificado nas divisórias à esquerda. Na tela do monitor, o reflexo da janela também se intensificou.	Claro
P03		14:12	1	Sem raios diretos de sol, brilho mais intenso na direção à direita.	Claro
			3	Brilho com menor intensidade refletido no piso da abertura.	Claro
		16:00	4	Menor porção de brilho no teto, aparentemente mais fácil de visualizar o exterior.	
			5	Ambiente mais escurecido, sem brilhos intensos, aparentemente mais homogêneo.	
		17:40	6	Ambiente mais escurecido, sem brilhos intensos, aparentemente mais homogêneo.	
P04		10:23	20	Sem raios diretos de sol. O ambiente estava bem iluminado e as luzes estavam apagadas;	Claro com nuvens
			21	O brilho refletido das superfícies brancas reduziu.	
		14:20	22	Aparentemente o ambiente tornou-se mais escuro, em função do horário, e as luzes artificiais foram ligadas.	Encoberto
			23	Luz se mantém acesa e os brilhos refletidos se concentram nesta fonte de luz.	
		16:00	24	A luz se mantém acesa, e as condições são muito similares às do participante anterior.	
P05		8:50	26	Ambiente com a luz acesa desde o início da manhã. O brilho refletido mais intenso acontece na porta de vidro fosca à direita. Muitas pessoas passam caminhando na área externa. A cobertura branca do edifício externo à direita, reflete consideravelmente a luz do sol.	Claro
			10:05	27	A luz acesa reflete na porção superior da viga, no quadro branco de vidro e na parede pintada de verde claro com tinta brilho. Pessoas continuam circulando pela área externa. A cobertura branca do edifício externo à direita, continua refletindo intensamente a luz do sol.
28	A luz acesa reflete na porção superior da viga, no quadro branco de vidro e na parede pintada de verde claro com tinta brilho. Pessoas continuam circulando pela área externa. A cobertura branca do edifício externo à direita, continua refletindo intensamente a luz do sol.				

4.2 RESULTADOS DO MAPEAMENTO DAS DIREÇÕES DE VISÃO COM *EYE-TRACKER*

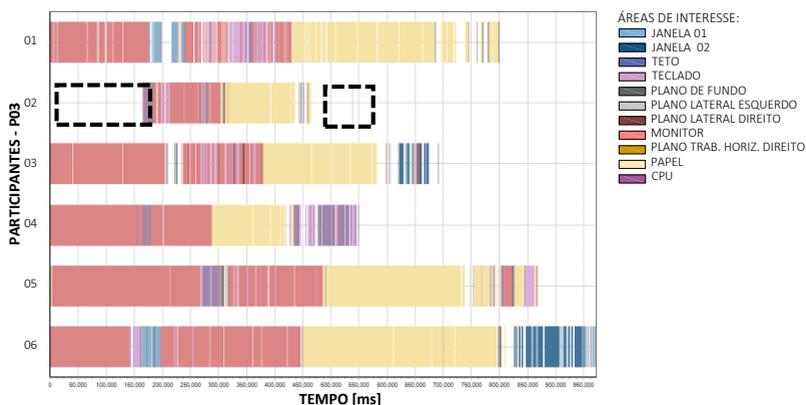
A utilização dos óculos *Eye-Tracker* nos dois estudos de caso proporcionou a coleta de 6 horas e 50 minutos de vídeo para serem analisados. Os monitoramentos duraram, em média, 14 minutos para cada participante, não sendo computado o tempo de calibração e adaptação visual (Figura 54). Destaca-se a Tarefa 1, com ênfase nas etapas a e b, pelo maior tempo gasto para realização por parte dos participantes.

Figura 54 - Sequência de execução e média de tempo das tarefas



Alguns dados obtidos com esta ferramenta foram eliminados da análise dos resultados por apresentarem erros no arquivamento das informações ou por falhas no processo de execução das tarefas. Essas exclusões são comuns em estudos experimentais com usuários, principalmente por se tratar de um experimento semi-controlado. O participante número 2 obteve apenas 85,99% da sua visão arquivada (Figura 55), sendo que grande parte dos 15% que não foram arquivados, representavam a Tarefa 1a de leitura no monitor. Ressalta-se que foi escolhido utilizar somente os dados que apresentaram mais de 90% de arquivamento, sendo que este valor é influenciado pela forma como o participante olhava para o campo de visão através dos óculos. Houve casos em que os participantes olharam pelos cantos, fora da película dos óculos, impossibilitando o arquivamento das informações. O participante 17 também teve seus dados retirados da análise por não completar as tarefas propostas. Por fim, não foi possível realizar a calibração dos óculos no participante 29 por motivos não identificados. Os três casos de exclusão se deram no E01, que apresentava inicialmente 26 participantes. No E02 todos os dados foram incluídos na análise.

Figura 55 - Em destaque dados do participante 02 excluídos da análise por falta de arquivamento



A Tabela 4 relaciona os dados numéricos de cada participante para os estudos de caso 01 e 02, contendo os minutos de vídeo, a quantidade de fixações e sacadas, número de piscadas e as porcentagens de captação do rastreamento dos olhos pelos óculos *Eye-Tracker*. Os participantes destacados em vermelho foram aqueles já mencionados, descartados da análise (participantes 2, 17 e 29).

Tabela 4 - Dados obtidos com o rastreamento do olhar para cada participante dos dois estudos. São destacados em cinza os dados excluídos da análise

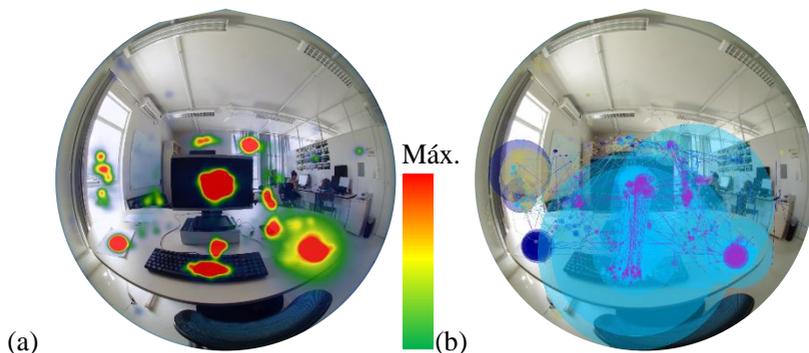
Estudo de Caso	Partic.	Posição	Minutos de vídeo	Nº de amostras	Nº de Sacadas	Nº de Fixações	Nº de Piscadas	% de alcance e dos olhos
01	1	P03	14:38	52938	1115	1623	397	91.7
01	2	P03	09:05	32872	683	749	13	85.9
01	3	P03	11:39	42133	1528	1777	222	92.3
01	4	P03	09:23	33964	1372	1493	107	97.9
01	5	P03	14:48	53527	2105	2223	114	99.6
01	6	P03	16:27	59528	1682	1920	188	99.1
01	7	P02	17:35	63610	2250	2678	249	99.6
01	8	P02	08:39	31280	1022	1319	273	95.6
01	9	P02	12:14	44251	1578	1866	277	95.3
01	10	P02	16:50	60849	2345	2656	289	96.1
01	11	P02	14:26	52243	1667	2099	425	96.3
01	12	P02	11:49	42744	1910	2127	198	99.7
01	13	P01	12:39	45745	1600	1926	266	96.8
01	14	P01	08:33	30949	939	1159	193	90.3
01	15	P01	21:10	76552	2678	3046	324	97.5
01	16	P01	18:06	65437	2077	2325	208	99.3
01	17	P01	12:09	43946	1593	1731	133	98.5
01	18	P01	34:01	123002	4674	5060	366	98.4
01	19	P01	11:01	39837	1443	1751	276	97.1
01	20	P04	12:40	45818	1881	2053	153	95.6
01	21	P04	11:14	40623	1547	1909	319	95.8
01	22	P04	11:32	41753	1882	1956	73	99.0
01	23	P04	18:59	68680	2413	2747	333	96.7
01	24	P04	21:55	79251	3310	3615	198	99.6
01	25	P04	14:57	54054	2571	2736	164	98.6
02	26	P05	16:49	60814	2591	2831	206	99.1
02	27	P06	15:00	54241	2318	2528	168	99.2
02	28	P06	12:36	45558	1426	1633	151	98.6
01	29				Não calibrou			

4.2.1 Posição 01 – E01

O padrão visual deste grupo contemplou diferentes áreas do campo visual, sendo concentrado nas direções centrais e direita. No mapa de foco, que em vermelho destaca as áreas que concentram o maior volume de fixações visuais (Figura 56a), pode-se observar a permanência da visão nos planos das tarefas e no plano de fundo. Através do mapa da trajetória do olhar (Figura 56b), onde cada cor representa a trajetória do olhar de um participante, e os tamanhos das circunferências são diferenciados de acordo com o número de vezes da visualização de cada região, também se pode verificar que, apesar do olhar ser dinâmico e se apropriar de

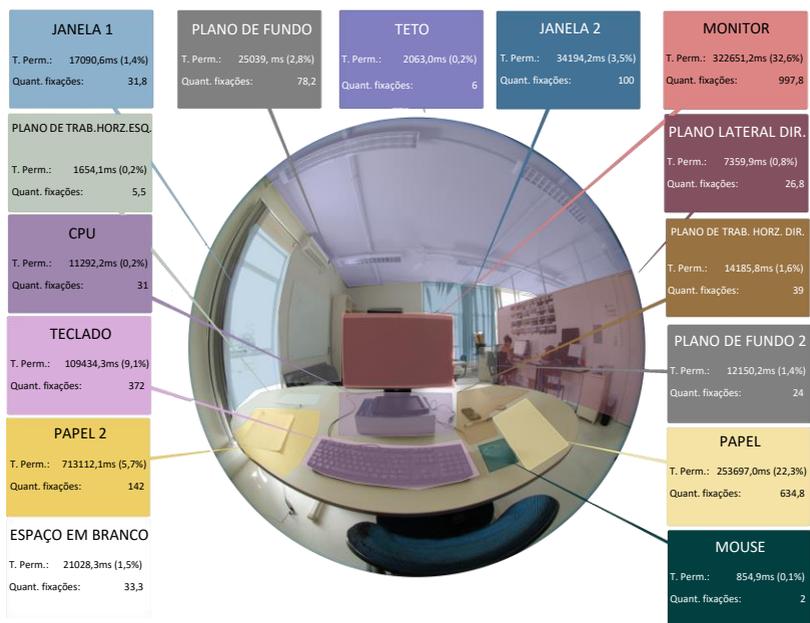
diferentes espaços da sala, a visão se manteve para as regiões das tarefas e seu entorno.

Figura 56 – Mapeamento da direção da visão P01 dos 6 participantes: a) Mapa de foco – HeatMap; b) Trajetória do olhar, onde cada cor representa um participante



A frequência de visualização para as regiões central e direita é confirmada através da divisão em áreas de interesse no campo de visão do participante. A Figura 57 demarca essas áreas e apresenta informações sobre as porcentagens de fixações de todos os participantes para cada uma delas. Nota-se que as áreas de interesse mais visualizadas foram: o monitor com 32,6%; a folha de papel com 22,3% à direita e 5,7% à esquerda; o teclado com 9,1% e; a janela frontal com 3,2%. As outras áreas obtiveram uma porcentagem menor do que 2% de visualização do tempo total dos monitoramentos. Este comportamento era esperado, já que as áreas mais visualizadas foram os planos comuns de trabalho das tarefas desenvolvidas. A janela frontal, representada pela cor azul escura, apesar de mais distante, foi mais visualizada do que a janela lateral, representada pela cor azul clara. Aparentemente, esta visualização ocorreu com maior frequência pelo fato da janela frontal fazer parte do plano de fundo das tarefas realizadas no monitor e não necessitar deslocamento da cabeça ou do corpo para ser visualizada. A quantidade de fixações, que demonstra o número de vezes que as respectivas regiões foram fixadas, também está informada nos retângulos de cada área de interesse na figura abaixo:

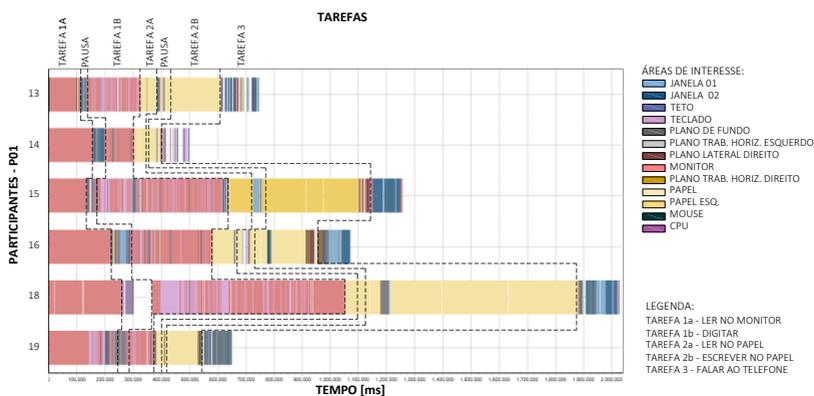
Figura 57 - Porcentagens de visualização para cada área de interesse na P01 dos 6 participantes



Através das análises dos vídeos de cada participante e do Gráfico 1, foi possível obter detalhes comportamentais e detalhes da visualização de cada área de interesse, para cada momento de realização das tarefas. Ao executarem a Tarefa 1a, caracterizada por ser o momento de leitura no monitor do computador, os participantes permaneceram com a visão voltada para o plano de trabalho (monitor) durante quase 100% do tempo. Salvo o participante 19, que teve sua visão dispersa durante a leitura e visualizou a janela frontal. Em seguida, no momento da pausa, todos os participantes se comportaram de maneira semelhante, ou seja, com a visão mais dispersa voltada para planos não comuns de tarefa. Interessante observar que as janelas foram as superfícies mais visualizadas neste momento. Ao iniciar a Tarefa 1b (responder uma pergunta digitando), a visão dos participantes se alternou entre teclado e monitor, facilmente percebida pelas cores coral e roxa do gráfico abaixo. Em seguida, ao realizar a Tarefa 2a, leitura no papel, a direção da visão dos participantes novamente se voltou para a superfície de trabalho, neste caso, o papel. Nesta fase destaca-se a atitude de um dos participantes (14) em orientar para a vertical a folha com o texto a ser lido e de um segundo participante

(15) mudar a posição horizontal da folha da direita para a esquerda, mais próxima da abertura lateral. Em seguida foi solicitado um segundo momento de pausa, que neste caso foi caracterizado pela visão mantida no campo de trabalho anterior: a folha de papel. A maioria dos participantes da Posição 01 r leram o texto proposto e ficaram pouco dispersos nesta pausa, onde apenas o participante 15 olhou para a janela lateral esquerda. A causa provável para tal comportamento aparenta ter relação com a ansiedade em responder algo correto e a facilidade de contato visual com o texto impresso. Ao executar a Tarefa 2b os participantes continuaram com a visão voltada para o plano do papel, e em alguns momentos onde pararam de escrever para refletir, a visão se tornou um pouco mais dispersa e o plano de fundo foi visualizado. Por fim, realizou-se a Tarefa 3, onde ao falar ao telefone, o padrão de visão dos participantes se tornou irregular. Nesta fase, as janelas e os planos de fundo foram as áreas mais visualizadas, sendo que estas áreas eram alternadas e não focadas por muito tempo. Os participantes 16 e 18 preferiram visualizar a janela da lateral esquerda e os demais, a janela frontal.

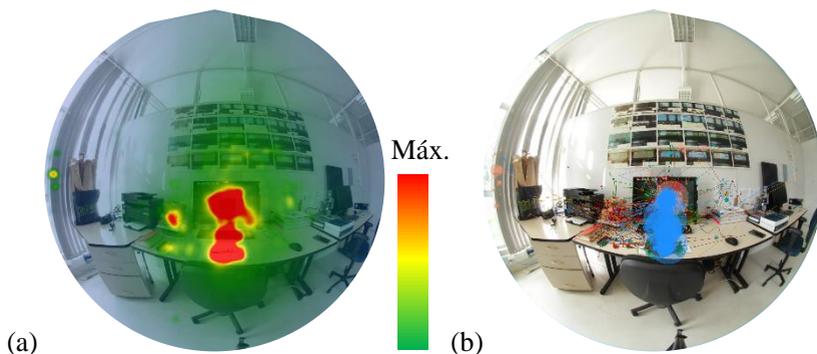
Gráfico 1 - Sequência de visualização das áreas de interesse de cada participante na P01 pelo tempo de duração das tarefas



4.2.2 Posição 02 – E01

Devido às características desta posição já mencionadas na seção 4.1.1, o padrão de visão conformado pelo grupo em análise foi mais fixo nos planos de tarefa do que disperso pelo restante do ambiente, inclusive nos momentos de pausa. Através da Figura 58a e b, é possível identificar que o mapa de foco e o mapa do caminho do olhar, contém manchas que se concentram na direção central e nos planos das tarefas (monitor, teclado e papel). Uma pequena porção das manchas verdes (menor volume de fixação) também é encontrada nas figuras coladas na superfície da parede, que de certa forma chamaram a atenção e participaram de algum momento cognitivo ou de relaxamento visual dos participantes.

Figura 58 - Mapeamento da direção da visão na P02 dos 6 participantes: a) Mapa de foco – HeatMap; b) Trajetória do olhar, onde cada cor representa um participante



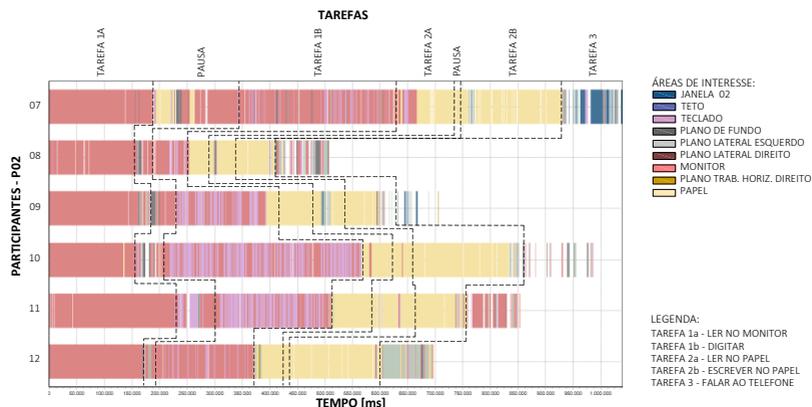
Através da Figura 59, podem ser visualizados os polígonos referentes às áreas de interesse desta posição. Verifica-se a permanência da visão para os planos de tarefa de cada atividade: monitor (43,4%); papel (26,2%) e; teclado (6,9%). O restante do ambiente foi pouco explorado pelos participantes tendo as demais áreas valores menores do que 2% do tempo de visualização. Acredita-se que, pelo fato da visualização para outras áreas do ambiente exigir um deslocamento maior da visão ou de partes do corpo, esta não ocorreu com a mesma intensidade do que nas outras posições.

Figura 59 - Porcentagens de visualização para cada área de interesse em P02 dos 6 participantes



O Gráfico 2, assim como o Gráfico 1, separa em cores, cada área de interesse visualizada em cada etapa da execução das tarefas. A sequência de visualização deste grupo amostral, ocorre através da visualização dos planos de trabalho, incluindo os momentos de pausa, onde os participantes continuaram fixando o olhar no monitor, no teclado ou no papel. Mesmo na Tarefa 3 (falar ao telefone), os participantes da Posição 02, em sua maioria, mantiveram a visão próxima dos planos de trabalho, como o plano lateral esquerdo, o monitor e o plano de fundo. Apenas o participante 7 teve a direção do seu corpo modificada e preferiu observar a vista externa à janela neste momento.

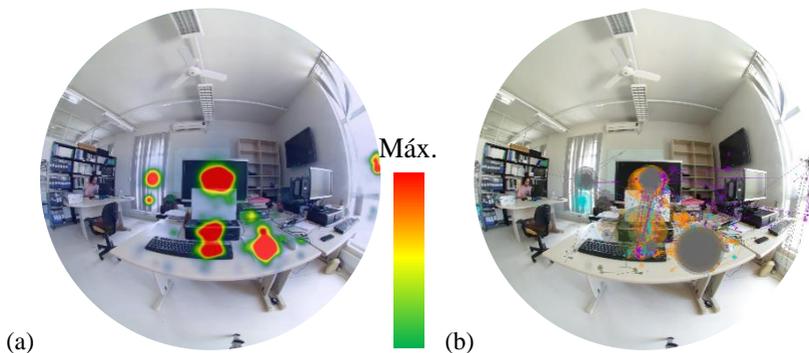
Gráfico 2 - Sequência de visualização das áreas de interesse de cada participante P02 pelo tempo de duração das tarefas



4.2.3 Posição 03 – E01

Os participantes da Posição 03 mantiveram o foco da visão direcionado para os planos de trabalho centrais (monitor, teclado e papel) (Figura 60a). Mesmo necessitando de uma maior movimentação para a visualização da janela à direita do participante, a visão se voltou algumas vezes para ela e para a área externa. A janela esquerda também foi fixada, sendo que esta fazia parte do plano de fundo esquerdo das tarefas. A Figura 60b detalha a trajetória do olhar percorrida por cada participante, evidenciando as visualizações para a janela frontal e lateral.

Figura 60 - Mapeamento da direção da visão na P03 dos 5 participantes: a) Mapa de foco – HeatMap; b) Trajetória do olhar, onde cada cor representa um participante



Observa-se na Figura 61 que o monitor foi visualizado 39% do tempo, a CPU 3,8%, o papel 29,9% e o teclado 4,1%, mantendo as proporções de frequência de ocorrência das outras posições. As janelas 01 e 02 e suas vistas externas foram visualizadas 1,3% e 1,9% respectivamente, mostrando que, depois dos planos das tarefa, essas duas regiões foram as que mais provocaram interesse na visão dos participantes. Apesar disso, a visualização das janelas não foi comum a todos os participantes. No Gráfico 3 pode ser observado que os participantes 1, 3 e 6 foram os que mantiveram, com maior frequência, a visão voltada para as janelas nos momentos de pausa e ao falar ao telefone. Sendo que o participante 6 é o maior responsável pela porcentagem de visualização da janela 2 à direita. O participante 4, ao realizar as pausas e ao falar ao telefone, manteve sua visão fixa à CPU e ao teclado, assim como o participante 5, que também se limitou aos planos de trabalho, mesmo quando não estava realizando uma tarefa específica.

Figura 61 - Porcentagens de visualização para cada área de interesse na P03 dos 5 participantes

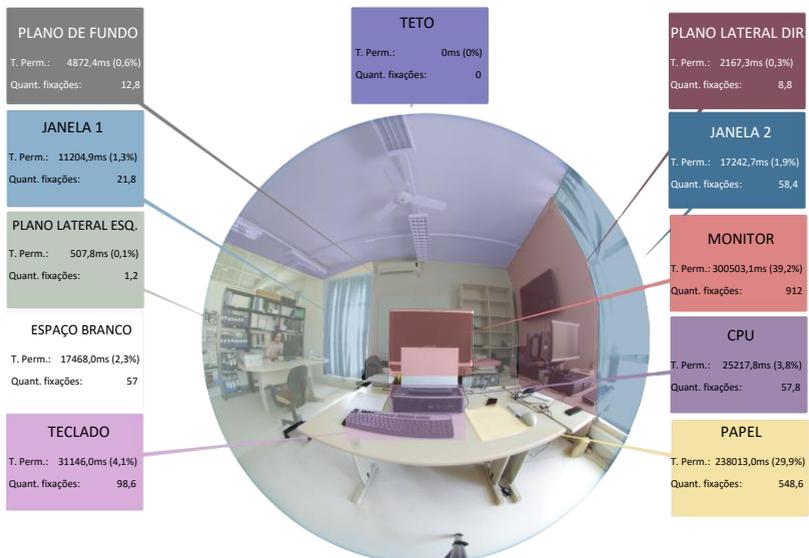
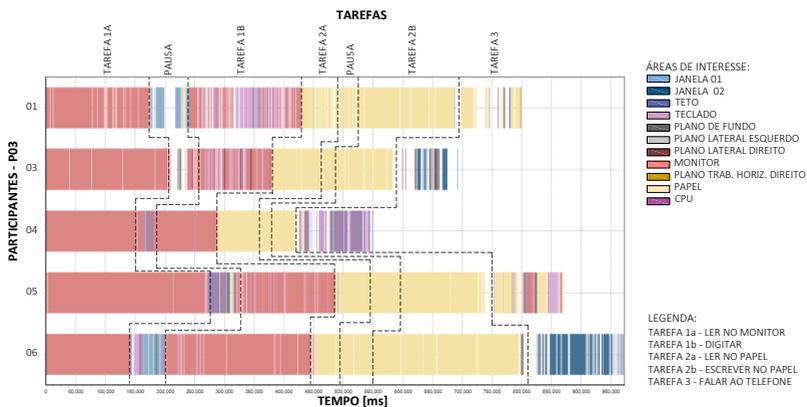


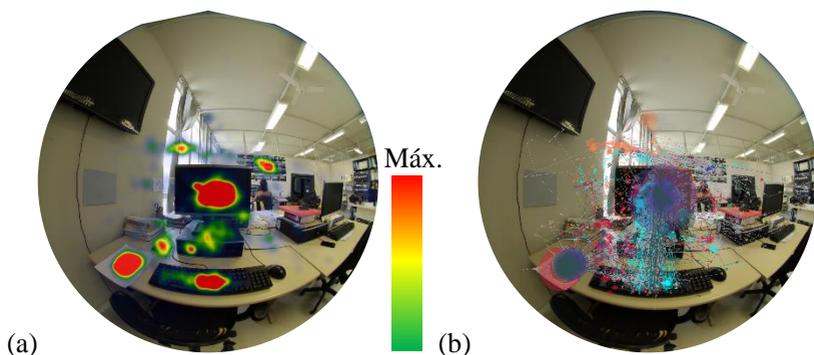
Gráfico 3 - Sequência de visualização das áreas de interesse de cada participante P03 pelo tempo de duração das tarefas



4.2.4 Posição 04 – E01

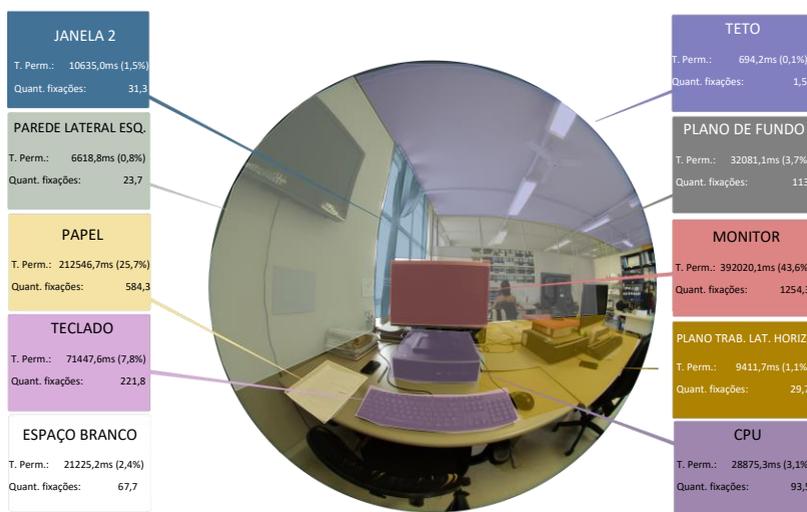
Como era esperado, na Posição 04 os participantes também mantiveram a direção da visão voltada para as superfícies de trabalho (monitor, papel, teclado), e se apropriaram visualmente das gravuras coladas na parede do plano de fundo (Figura 62a). O restante da sala foi pouco visualizado pelos participantes, sendo que em alguns casos as regiões da janela e da porta foram visualizadas (Figura 62b).

Figura 62 - Mapeamento da direção da visão na P04 dos 6 participantes: a) Mapa de foco – HeatMap; b) Trajetória do olhar, onde cada cor representa um participante



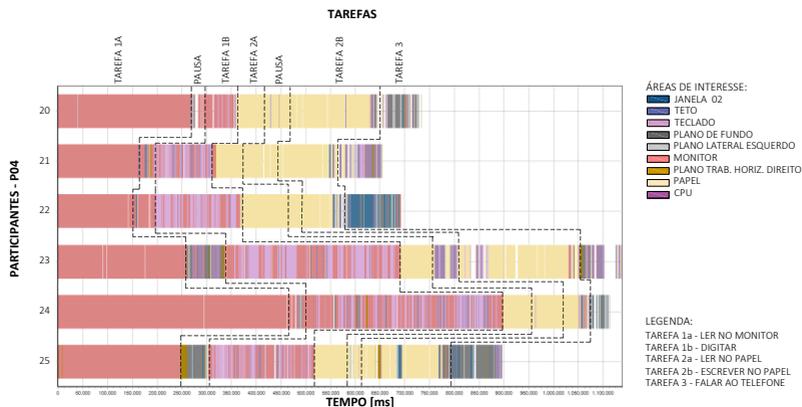
Com relação às porcentagens de visualização das áreas de interesse (Figura 63), a Posição 04 teve 43,6% da visão dos participantes voltada para o monitor, 25,7% para o plano do papel, 7,8% para o teclado e 3,1% para a CPU. Interessante observar que a região do plano de fundo com as gravuras foi a área mais visualizada (3,7%), depois das áreas mencionadas como plano de tarefa. A visão foi pouco direcionada para a janela (1,5%), sendo mais constante sua visualização pelo participante 22.

Figura 63 - Porcentagens de visualização para cada área de interesse na P04 dos 6 participantes



O participantes direcionaram a visão para o monitor durante toda a realização da Tarefa 1. Mesmo no momento da primeira pausa a visão ficou pouco dispersa, variando entre monitor (participantes 20,21, 22 e 24) e plano de fundo (participantes 23 e 25), sem visualizações frequentes do plano da janela. Ao digitar (Tarefa 1b), a direção da visão variou entre a fixação das áreas do monitor e do teclado. Durante a execução das três fases da Tarefa 2, a visão se voltou para o plano do papel, mesmo nos momentos de pausa. Enquanto falavam ao telefone, os participantes fixaram por mais tempo o plano de fundo e o teclado, sendo que o participante 22 foi o único que manteve a visão voltada para a janela 02.

Gráfico 4 - Sequência de visualização das áreas de interesse de cada participante P04 pelo tempo



4.2.5 Considerações sobre as atividades visuais no E01

As atividades visuais dos participantes do E01 foram marcadas por fixações nos planos mais comuns das tarefas. O monitor, o papel e o teclado foram, em todas as posições, as superfícies mais visualizadas e fixadas. Porém, além dessas superfícies, os participantes buscaram outros pontos do campo visual para fixar a visão, onde cada posição apresentou dados distintos. Os participantes da Posição 01 foram os que mais visualizaram o teclado e as janelas 01 e 02. Lembrando que a relação dos participantes com as aberturas era maior do que em outras posições. A janela 01 era localizada à esquerda do usuário tendo sido mais visualizada pelos participantes 16 e 18, no período da primeira pausa. O restante dos participantes preferiu visualizar a janela 02, que fazia parte do plano de fundo da tarefa.

Os participantes da Posição 02, junto com os participantes da Posição 04, foram os que mais olharam para o monitor (43% do tempo). Nota-se que, na Posição 02, a relação dos participantes com o restante do ambiente era bem limitada, tendo nesta, a menor interação com a janela (0,6%). Com relação à Posição 04, a visualização do exterior através da janela 02 era realizada através de uma pequena porção, sendo que os participantes preferiram, com maior frequência, visualizar o plano de fundo (3,7%).

Os participantes da Posição 03 foram os que mais olharam para o papel e para a CPU, e os que menos se interessaram pela visualização do plano de fundo. O céu estava claro, e os participantes (1, 3 e 5) preferiram

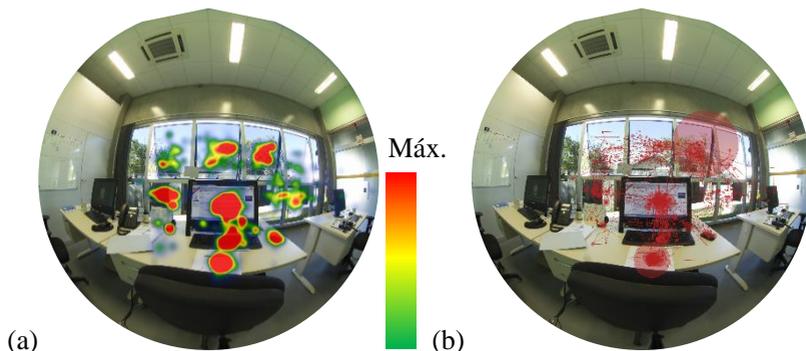
visualizar a janela 02, que não fazia parte do plano de fundo das tarefas e exigia um deslocamento do corpo ou cabeça.

Algo comum entre todas as posições foi a preferência dos participantes em continuar visualizando o plano do papel na segunda pausa solicitada. A maior dispersão aconteceu ao falar ao telefone, onde não haviam planos de tarefa ou uma atividade específica. No momento para reflexão após a leitura do texto da Tarefa 1a, em função da exigência de desligar o monitor e não possibilitar uma nova leitura do texto, a visão também tornou-se mais dispersa.

4.2.6 Posição 05 – E02

Devido à disposição interna do ambiente, a relação do participante com a abertura era acentuada na Posição 05, fazendo com que o participante mantivesse a visão voltada para os planos de tarefa de forma menos fixa. O mapa do foco (Figura 64a) e o mapa da trajetória do olhar (Figura 64b) demonstram as porções que foram fixadas com maior frequência e permitem identificar que a porção da área externa mais visualizada foi próxima dos elementos da natureza, localizados acima da edificação externa.

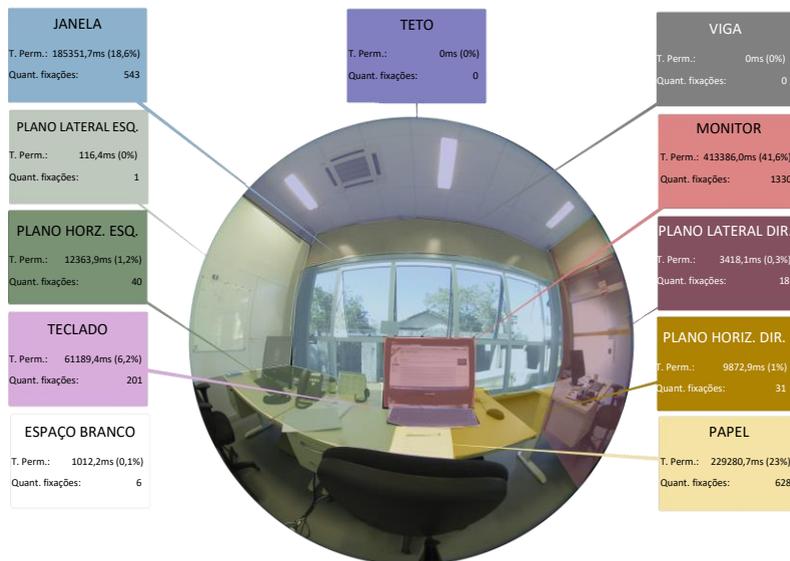
Figura 64 - Mapeamento da direção da visão na P05 de um participante 26: a) Mapa de foco – HeatMap; b) Trajetória do olhar



Observa-se na Figura 65 que a superfície da janela teve grande participação na porcentagem de visualização das áreas de interesse. Totalizando 18,6%, a vista através das janelas foi acessada no decorrer de todas as tarefas. Através da análise dos vídeos, nota-se que muitas vezes

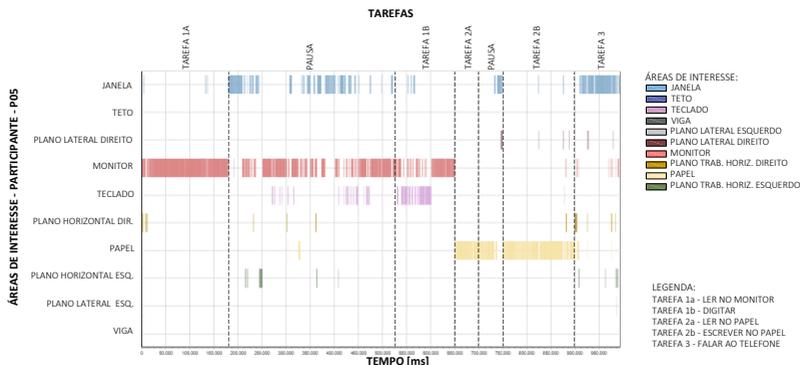
a vista foi direcionada para o exterior em função das movimentações de pedestres, onde o participante teve a atenção voltada para tal situação.

Figura 65 - Porcentagens de visualização para cada área de interesse em E02 na P5 para o participante 26



Foi observado neste caso, que independente da realização das tarefas, a visão se voltou para a superfície da janela, diferente de outras situações onde a visão se voltava para esta região somente nos momentos de pausa (Gráfico 5). A representação do Gráfico 5 encontra-se distinta dos demais, em função de possuir dados de apenas 1 participante, sendo possível separar o eixo esquerdo em áreas de interesse. Sabe-se que a amostra é pequena e que devem ser consideradas as características subjetivas do participante, como por exemplo a atenção visual e os níveis de concentração. Porém, junto desses dados podem ser verificados os resultados da trajetória do olhar da Posição 06, já que a relação do participante com o ambiente acontece de forma muito similar. Ressalta-se aqui, que os participantes não foram agrupados em uma mesma posição de análise para os monitoramentos, pois optou-se por mantê-los nos seus postos usuais de trabalho.

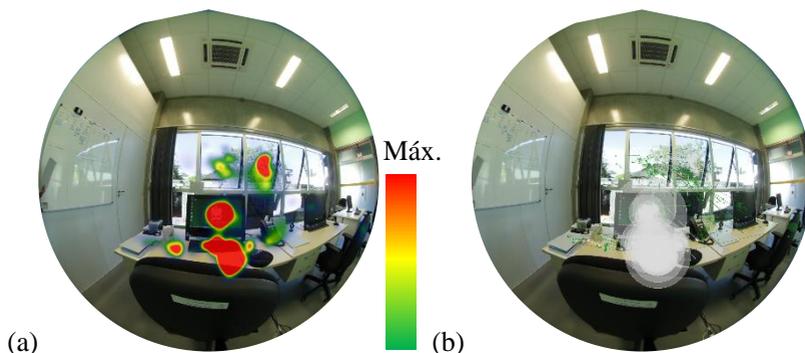
Gráfico 5 - Sequência de visualização das áreas de interesse em E02 na P05 pelo tempo de duração das tarefas



4.2.7 Posição 06 – E02

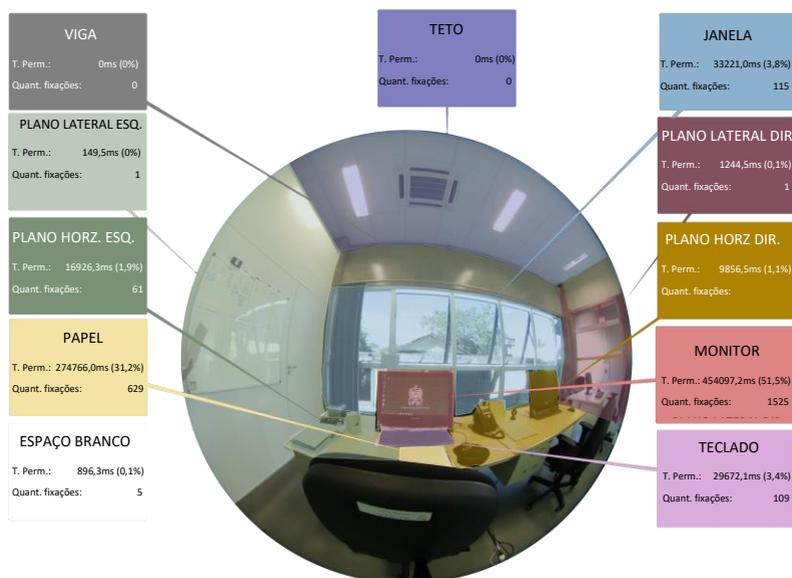
As características do campo visual no qual os participantes da Posição 06 foram expostos, são muito similares às relações observadas na P05. Contrariando suposições, o mapa de foco (Figura 66a) e o mapa da trajetória do olhar (Figura 66b), demonstram que não foi seguido o padrão visual da Posição 05 do participante 26. Apesar das regiões da paisagem externa mais visualizadas serem também as que continham os elementos naturais (árvores), estas foram visualizadas com menor frequência do que na posição anterior, tendo a visão fixa nos planos de tarefa.

Figura 66 - Mapeamento da direção da visão na P6 dos 2 participantes: a) Mapa de foco - HeatMap; b) Caminho do olhar – E02 – P06



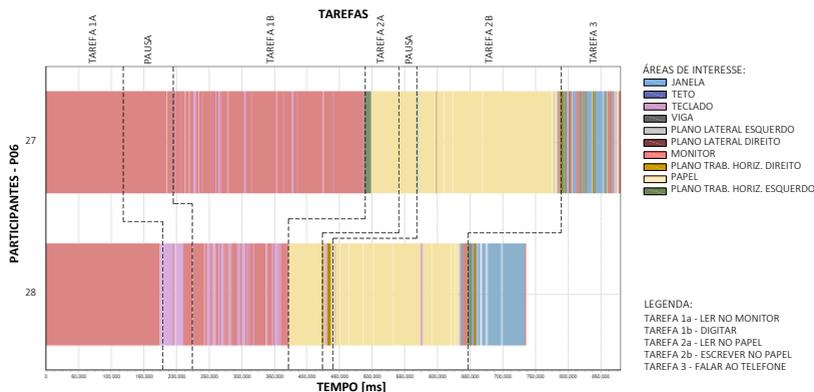
Observa-se na Figura 67 que a visualização das áreas externas através da superfície da janela foi bem menor (3,8%) que na P05 (18,6%), enquanto o monitor (51,5%), o papel (31,2%) e o teclado (3,4%) representam as áreas de interesse com maior percentual de tempo de visualização. Este fato pode ser causado pelo deslocamento necessário para visualização de toda a janela. Enquanto na P05 a direção central era composta pela abertura em todo seu plano de fundo, na P06, em função do deslocamento à esquerda do ambiente, a parede lateral esquerda comparece no campo visual central com maior ênfase. Além disso, os participantes desta posição aparentaram estarem mais atentos e focados na realização das tarefas solicitadas.

Figura 67 - Porcentagens de visualização para cada área de interesse em E02 na P06 dos 2 participantes



Verifica-se no Gráfico 6 a sequência de visualização de cada área de interesse, para os dois participantes analisados. A abertura frontal foi visualizada, porém concentrada nos momentos em que falavam ao telefone (Tarefa 3), sendo que o participante 27 se apropriou visualmente de forma mais irregular, intercalando as diferentes regiões. Nos momentos de pausa, a direção da visão permaneceu voltada para o plano de tarefa anterior, sendo que na segunda pausa, os participantes leram novamente o texto solicitado na Tarefa 2a.

Gráfico 6 - Sequência de visualização das áreas de interesse de cada participante em E02 na P06 pelo tempo de duração das tarefas



4.2.8 Considerações sobre as atividades visuais no E02

As atividades visuais das duas posições do E02, foram bem distintas umas das outras. Deve-se ressaltar que na Posição 05, o monitoramento aconteceu em apenas um participante, diminuindo as chances de recorrências, porém não a importância de cada atitude comportamental. Este participante foi o que mais visualizou a janela (18,6%), que contemplava todo o plano de fundo da tarefa. Em todas as tarefas, em algum momento, a visão se voltou ao exterior, com maior ênfase na primeira pausa e ao falar ao telefone. Ressalta-se aqui, que por opção do participante, o tempo da primeira pausa foi maior do que o comum, se comparado com os outros monitoramentos. Este fato ampliou a possibilidade de apropriação visual do ambiente.

No caso dos participantes da Posição 06, mesmo com a abertura também presente em todo o plano de fundo das tarefas, preferiu-se visualizá-la somente no momento da Tarefa 3, ao falar ao telefone. No entanto, a porcentagem de visualização da janela (3,8%) ainda foi maior do que a encontrada nos participantes do E01. Em todos os monitoramentos do E02, as luzes estavam acessas e as cortinas abertas.

4.3 RESULTADOS DO MAPEAMENTO DAS LUMINÂNCIAS COM A TÉCNICA HDR

4.3.1 Iluminâncias e Luminâncias das cenas

Nesta seção serão analisados os dados obtidos através da técnica HDR, onde as seqüências de fotos foram tiradas imediatamente antes ou após a realização das tarefas de cada participante. Em alguns casos, devido à proximidade do término das tarefas com o início da realização das tarefas do participante seguinte, agruparam-se algumas seqüências, reduzindo o tempo de operação da câmera. A Figura 68 exemplifica uma das seqüências de imagens, tirada para a direção da direita, na Posição 01 do E01.

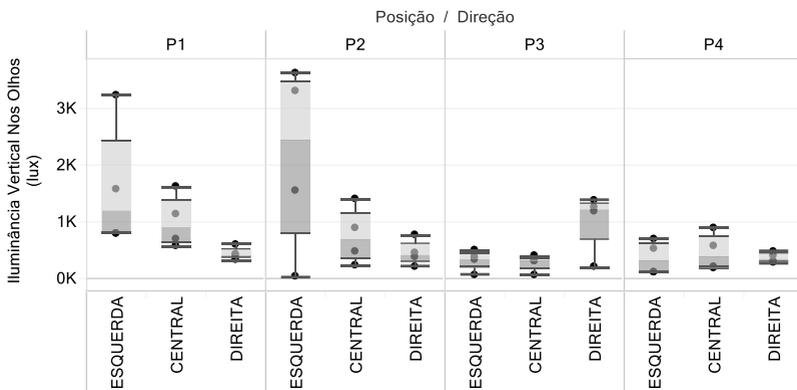
Figura 68 - Exemplo da seqüências de fotos com diferentes níveis de exposição. Posição 01, direção direita, E01



Para o E01, totalizaram-se 384 fotos, onde agrupadas, geraram 48 imagens HDR para serem analisadas. Já para E02, as imagens ficaram limitadas ao pequeno número de amostras de participantes, totalizando 48 fotos, que geraram 6 imagens HDR.

No Gráfico 7, encontram-se organizados os valores das iluminâncias verticais nos olhos (lux) para cada direção de visão do E01. Os maiores valores (até 3.500lux) e as maiores variações, são encontrados para P01 e P02 na direção voltada para a esquerda. Essa direção, nas duas posições, é caracterizada por estar mais próxima das aberturas, tornando a contribuição da luz natural na iluminância, mais elevada. As outras posições contemplaram valores até 1.500lux, com pequena variação entre as direções. A Posição 04 foi a que apresentou os valores mais baixos para iluminância vertical nos olhos, variando entre 100 e 900lux.

Gráfico 7 - Variação da iluminância vertical nos olhos – E01



Com relação ao E02, Posições 05 e 06, os valores estão plotados no Gráfico 8. Neste caso, através de uma regra de 3 simples, considerando a transmissão luminosa dos vidros com e sem película (20% e 88% respectivamente), foram estimados quais seriam os valores para a situação anterior do ambiente luminoso, sem as películas nos vidros. As medições com película apresentaram as iluminâncias ao redor de 200 e 400lux, mesmo com a iluminação artificial ligada. Já para a situação calculada, sem película, obteve-se valores entre 1.200 e 2.000lux. No horário da medição da P05 (08h:50), destaca-se o valor estimado sem película igual a 2.000lux, para a direção da visão à direita. Por outro lado, para o horário de medição da P06 (10h), a direção central destacou-se com relação as demais.

Gráfico 8 - Iluminância vertical nos olhos com e sem película estimada – E02



Legenda:

- Iluminância vertical nos olhos (película 20%)
- Iluminância vertical nos olhos (sem película)

Esses valores são importantes para a análise dos ambientes, porém não suficientes para prever os níveis de satisfação dos ocupantes realizando as tarefas. Estudos relacionados ao conforto visual estão cada vez mais relacionando às questões subjetivas de preferência, com os valores das luminâncias e contrastes das cenas do ambiente. Com isto, aprofundou-se a análise do campo visual a partir das luminâncias que compõe cada cena, lembrando que estas são afetadas pelas condições da fonte de luz, como por exemplo as condições do céu visível através das aberturas. A Tabela 5 apresenta as luminâncias máximas e médias obtidas através dos mapas de cores falsas das imagens HDR, para cada posição e direção do E01. Em amarelo estão destacados os valores que excedem 2844cd/m^2 (BCD). Os valores para luminância média são mais elevados (aproximadamente 800cd/m^2) para as Posições 01 e 02 na direção esquerda, porém não considerados extremos. O restante das posições permaneceu com médias relativamente baixas, ao redor 200cd/m^2 .

Tabela 5 - Luminâncias máximas e médias no E01. Destacados em amarelo os valores superiores à 4.000cd/m²

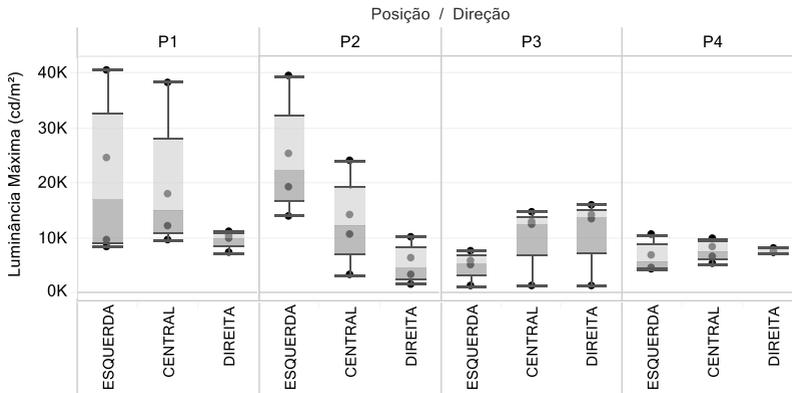
POSIÇÃO	LOCALIZAÇÃO	PARTICIPANTES	HORA	DIREÇÃO	LUMINÂNCIA MÁXIMA (cd/m ²)	LUMINÂNCIA MÉDIA (cd/m ²)
P01		13 e 14	9:00	CENTRAL	38206	470*
				DIREITA	11083	150*
				ESQUERDA	40473	734*
		15 e 16	10:45	CENTRAL	17825	355
				DIREITA	9661	103
				ESQUERDA	24588	331
		17 e 18	15:30	CENTRAL	9437	200
				DIREITA	7212	94
				ESQUERDA	8357	170
19	16:30	CENTRAL	12139	182		
		DIREITA	10247	85		
		ESQUERDA	9580	158		
P02		7	8:40	CENTRAL	23934	510*
				DIREITA	10140	181
				ESQUERDA	25268	804
		8 e 9	9:40	CENTRAL	14120	326
				DIREITA	6246	124
				ESQUERDA	39408	884*
		10	11:20	CENTRAL	10492	166
				DIREITA	3137	252*
				ESQUERDA	19274	418
11 e 12	15:30	CENTRAL	3101	72		
		DIREITA	1513	62		
		ESQUERDA	13864	209		
P03		1	14:12	CENTRAL	12281	148*
				DIREITA	14060	282*
				ESQUERDA	7606	113*
		2 e 3	15:00	CENTRAL	12790	112
				DIREITA	13212	239
				ESQUERDA	5657	86
		4 e 5	16:00	CENTRAL	14629	122
				DIREITA	15897	276
				ESQUERDA	4956	72
6	17:40	CENTRAL	1173	18		
		DIREITA	1188	42		
		ESQUERDA	1157	15		
P04		20	10:23	CENTRAL	9703	205*
				DIREITA	7665	134
				ESQUERDA	10480	184*
		21	11:30	CENTRAL	6585	138
				DIREITA	8071	157*
				ESQUERDA	6863	134
		22 e 23	14:20	CENTRAL	8354	58
				DIREITA	7299	92
				ESQUERDA	4560	31
24 e 25	16:00	CENTRAL	5110	54		
		DIREITA	7167	90		
		ESQUERDA	4127	34		

Escala de cores: a partir de 2844 cd/m² mais amarelo

* marcados com asterisco os maiores valores para cada direção

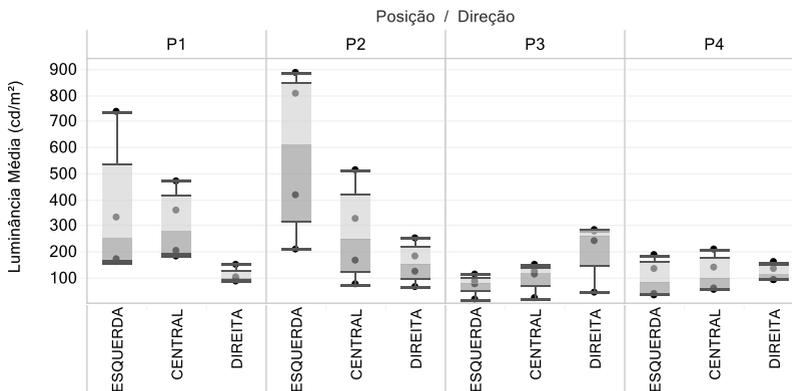
O Gráfico 9 facilita a compreensão da variação das luminâncias máximas, ocorrida em cada posição e direção. Observa-se que os maiores valores, na P01 e P02, nas direções esquerda e central, são fortemente influenciados pelo brilho que provém das aberturas, pelo horário matutino da medição e pela porção da paisagem visualizada. Apesar das outras posições também se relacionarem com as aberturas, a porção do céu visível é menor e o brilho proveniente desta não influenciou de maneira tão direta. Lembrando que a P03, por exemplo, também tinha condições de céu aberto.

Gráfico 9 - Variação de luminâncias máximas em cada posição e direção – E01



Como as luminâncias máximas são valores pontuais referentes à fonte de luz, optou-se por utilizar como referência as luminâncias médias do ambiente para cada direção (Gráfico 10). As posições P01 e P02, continuam se destacando, com ênfase para P02 à esquerda, que apresenta os maiores valores. Essas posições, influenciadas pelo brilho que provém das aberturas, possuem as demais superfícies do ambiente como elementos refletoras de luz, alcançando brilhos nas paredes, divisória e tetos mais elevados no período da manhã.

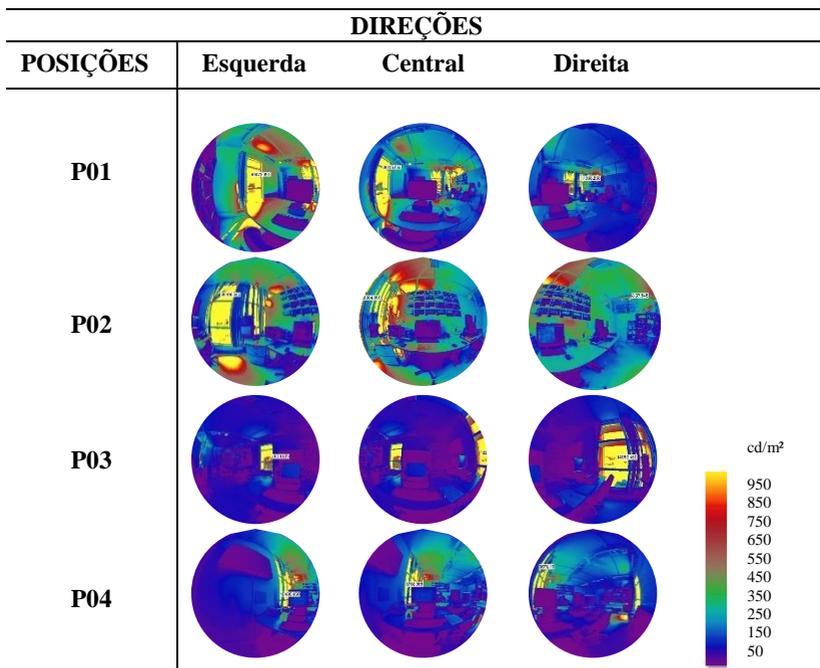
Gráfico 10 - Variação luminâncias médias em cada posição e direção – E01



Foram selecionados os mapas de cores falsas das cenas com as maiores médias de luminância, para serem expostos no Quadro 10. Como já mencionado, as áreas com maior brilho são as aberturas ou as áreas próximas delas. A reflexão do teto branco e das divisórias claras, alcançaram valores ao redor de 850cd /m². Porções mais afastadas das

aberturas ficaram com valores ao redor de 400cd/m^2 e os planos comuns de tarefa (monitor, teclado e papel) mantiveram-se com valores entre 50 e 150cd/m^2 . Na seção 4.5.1 serão identificadas com mais profundidade as luminâncias pontuais de acordo com a trajetória do olhar de cada participante.

Quadro 10 - Mapas de cores falsas da cena com luminâncias médias mais altas para cada direção de visão em cada posição do E01. Em amarelo os maiores valores para luminâncias



Para o Estudo de Caso 02, da mesma forma que foram estimadas as iluminâncias para a situação sem película, calculou-se as luminâncias considerando um vidro sem película com 88% de transmissão. A Tabela 6 contém estes valores reais e estimados das luminâncias máximas e médias para cada direção e posição.

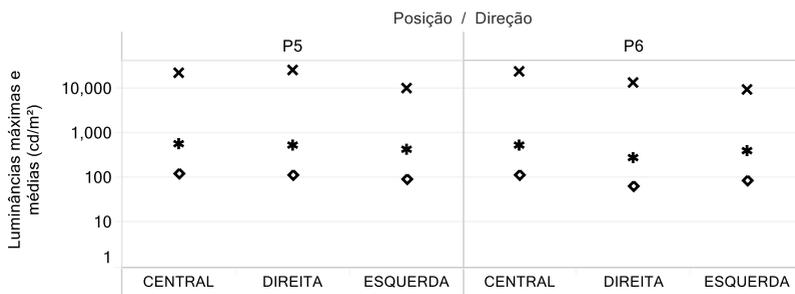
Tabela 6 - Luminâncias máximas e médias, com e sem película. Destacadas em amarelo as luminâncias máximas e médias mais altas de cada posição no E02

POSIÇÃO	Partc.	HDR hora	DIREÇÃO	LUMINÂNCIA MÁXIMA (película 20%) (cd/m ²)	LUMINÂNCIA MÉDIA (película 20%) (cd/m ²)	LUMINÂNCIA MÉDIA (estimado sem película) (cd/m ²)
P05	26	8:50	CENTRAL	22773	129	568
			DIREITA	25733	118	519
			ESQUERDA	9990	95	422
P06	27 e 28	10:05	CENTRAL	23854	120	529
			DIREITA	13185	65	285
			ESQUERDA	9149	90	396

*Escala de cores: a partir de 2000 cd/m² amarelo

Através do Gráfico 11 é possível perceber que a média das luminâncias é bem menor que a luminância máxima, sugerindo que o ambiente do E02 possua regiões com contraste acentuado que pode provocar desconforto ao usuário, sendo este tema verificado na seção 4.3.3. Os valores para luminâncias médias, caso não houvesse películas nas janelas, seriam superiores (ao redor de 900cd/m²) aos medidos no local (ao redor de 100 cd/m²).

Gráfico 11 - Variação de luminâncias máximas e médias, com e sem película, em cada posição e direção – E02



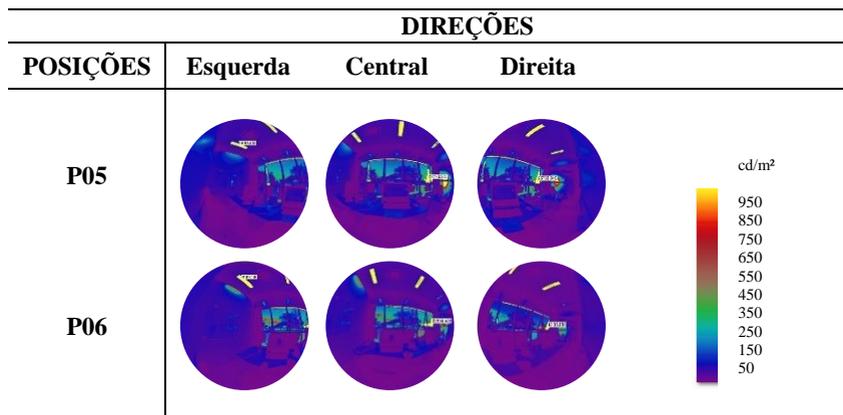
Legenda:

- ✕ LUMINÂNCIA MÁXIMA (película 20%)
- * LUMINÂNCIA MÉDIA (sem película)
- ♦ LUMINÂNCIA MÉDIA (película 20%)

O Quadro 11 reúne os mapas de cores falsas para as três direções de visão de cada posição do E02. O ambiente não possui grandes fontes de brilho (com exceção das luminárias), sendo que a película aplicada nos vidros, faz com que o plano da janela fique com valores ao redor de 300 cd/m². Nas imagens da direção central e direita, a janela aberta em perspectiva permite visualizar parte do céu sem a influência da película.

Nesta região, estão os valores mais elevados para luminância (acima de 10.000cd/m^2), sugerindo que, caso os vidros não possuíssem películas, o ambiente seria exposto a uma fonte de brilho considerável (porção do céu visível e reflexo da cobertura branca do edifício), em todo o plano de fundo das tarefas. O restante do ambiente possui luminâncias pontuais próximas a 100cd/m^2 , facilmente visualizadas pelas cores roxa e azul na escala ao lado das imagens.

Quadro 11 - Mapas de cores falsas da cena de cada direção de visão em cada posição do E02. Em amarelo os maiores valores para luminâncias



4.3.1.1 Considerações sobre as iluminâncias e as luminâncias das cenas

As luminâncias das cenas variaram de acordo com os horários dos monitoramentos e as condições do céu. Os maiores valores se concentraram nos horários do período da manhã, em função da orientação dos ambientes.

No E01, a Posição 01 foi a que apresentou maior diferença entre as luminâncias máximas e médias, em seguida a Posição 02. A luminância do monitor na maioria das posições variou entre 10 e 100cd/m^2 , desligado e ligado respectivamente. No entanto, na Posição 02 o reflexo da janela 01, posicionada atrás do participante, era intenso, chegando a valores iguais a 500cd/m^2 na tela do monitor. No plano do papel as luminâncias variaram, em sua maioria, entre 20 e 300cd/m^2 . O participante 15 da Posição 01 foi o único a trocar de posição o papel, deixando-o mais próximo da abertura e resultando em uma superfície com 500cd/m^2 . Nas

Posições 02 e 04, os participantes não possuíam contato direto com a superfície brilhante da janela 01. Os participantes da Posição 01, no entanto, foram os que mais foram expostos ao brilho proveniente desta abertura. Com relação a janela 02, todos os participantes tinham acesso a visão do exterior através desta abertura, que variou as luminâncias entre 300 (Posição 04) e 28.000cd/m² (partes do céu, Posição 1). Contudo, os participantes das Posições 02 e 03 necessitavam modificar o corpo ou a cabeça para visualizar a paisagem através desta abertura. Nessas posições, a luminância variou entre 800 e 15.000cd/m² para P02 e entre 100 e 4000cd/m² para P03. Com relação a superfície do teclado, na maioria das posições os valores para luminância variaram até 10cd/m². A P02 foi a única posição que atingiu 30cd/m² nesta superfície. A Posição 04 foi a que apresentou, de maneira geral, os menores valores para luminância.

No E02, as películas fizeram com que a superfície da janela apresentasse luminâncias entorno de 250 e 500cd/m². Este valor mais elevado ocorreu na segunda medição, às 10h. A porção externa visível, sem a influência da película, foi mais intensa na P06, chegando a 23.600cd/m² na superfície da cobertura branca do edifício externo. As superfícies internas, como o plano papel e do monitor, variaram ao redor de 50 e 100cd/m².

4.3.2 Índice de probabilidade de ofuscamento (DGP)

Os valores para o DGP de cada cena também foram obtidos através da análise das imagens HDR, no programa Aftab. A Tabela 7 reúne os valores encontrados tanto para o E01 como para o E02, para cada horário de monitoramento, permitindo verificar que o DGP varia de acordo com a direção do observador. Para o E01, no decorrer do dia, a probabilidade de ofuscamento se reduz, tendo os maiores valores para os períodos da manhã das 8h às 11h. A Posição 02, esquerda, foi a única a apresentar o DGP classificado como perturbador nos horários das 08h:40 e 09h:40, assim como a Posição 01, esquerda, foi a única a apresentar DGP perceptível na maioria dos horários.

Tabela 7 - Índice de Probabilidade de Ofuscamento (DGP) para cada posição, direção e hora - E01 e E02

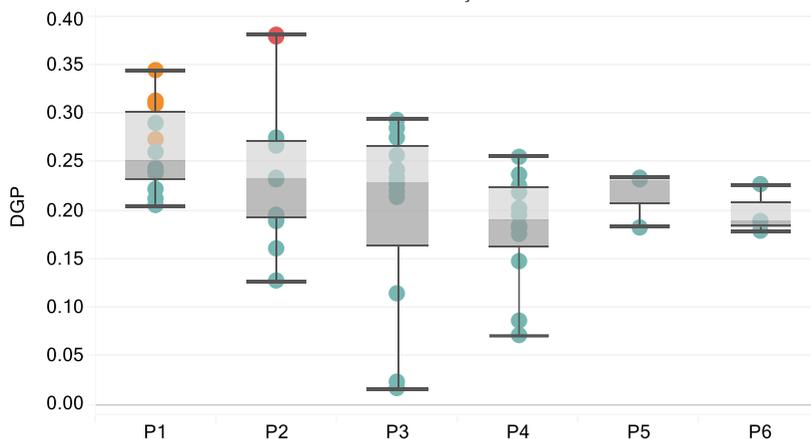
ESTUDO DE CASO	POSIÇÃO	HORA	DIREÇÃO		
			ESQUERDA	CENTRAL	DIREITA
E01	P01	9:00		○	○
		10:45	□	○	○
		15:45	○	○	○
		16:30	□	○	○
	P02	8:40		○	○
		9:40	+	○	○
		11:20	○	○	○
		15:30	○	○	○
	P03	14:12	○	○	○
		15:00	○	○	○
		16:00	○	○	○
		17:40	○	○	○
	P04	10:23	○	○	○
		11:15	○	○	○
		14:25	○	○	○
		16:00	○	○	○
E02	P05	8:50	○	○	○
	P06	10:05	○	○	○
			0.10 0.20 0.30	0.10 0.20 0.30	0.10 0.20 0.30
			DGP	DGP	DGP

LEGENDA: ○ IMPERCEPTÍVEL (<0.3) □ PERCEPTÍVEL (0.3 - 0.35) + PERTURBADOR (0.35 - 0.4)

O Gráfico 12 permite visualizar de forma mais clara, a variação dos valores do DGP de uma mesma posição, agrupando todas as direções. Ressalta-se que apesar da P01 e da P02 compreenderem os maiores valores para DGP, a P03 apresentou a maior variação, mesmo com os

valores ainda abrangendo a classificação “imperceptível”. O menor valor, responsável por essa variação, acontece no período da tarde, às 17h:40, onde a contribuição da iluminação natural, mesmo com o horário de verão, é menor. Em P04, mesmo com a iluminação artificial ligada, a probabilidade de ofuscamento é baixa, lembrando que esta posição estava em uma extremidade, com menor relação com as aberturas. As outras posições tiveram pequenas variações e valores menores para o DGP.

Gráfico 12 - Variação do DGP para cada posição – E01 e E02
POSIÇÃO



Legenda:

IMPERCEPTÍVEL (<0.3) PERCEPTÍVEL (0.3 - 0.35) PERTURBADOR (0.35 - 0.4)

4.3.2.1 Considerações sobre o DGP das cenas

O cálculo do DGP para cada cena permitiu identificar quais posições e direções trariam algum desconforto aos usuários. Foi verificado que, de maneira geral, os ambientes apresentaram valores para ofuscamento com a classificação imperceptível. As Posições 01 e 02, que já haviam apresentado os maiores valores para iluminância vertical nos olhos e também para as luminâncias, continuaram se destacando com os maiores valores para o índice DGP. Estas foram as únicas a apresentarem as classificações “perceptível” e “perturbador”, no entanto, somente para a direção da esquerda. Nesta direção, nas duas posições, a presença da fonte de brilho das aberturas era intensa, assim como o brilho refletido proveniente dos brises brancos externos.

Ressalta-se que o índice DGP pode muitas vezes mascarar pontos onde o ofuscamento poderia ser considerado perturbador, uma vez que o mesmo é calculado considerando uma cena por inteiro. A P02 na direção central, por exemplo, a partir das 11h, teve o reflexo da janela intensificado na tela do monitor, principal plano de trabalho. Este reflexo pode causar insatisfações pontuais que devem ser consideradas. Na maioria dos casos no decorrer do dia, o DGP diminuiu, com exceção da P03, que teve um pequeno acréscimo na direção da direita. As Posições P05 e P06 do ambiente do E02, certamente teriam índices elevados para o DGP caso não fossem instaladas as películas.

4.3.3 Contraste Espacial Modificado

Para avaliar o contraste das cenas em que os participantes foram expostos, foi aplicado o algoritmo do Contraste Espacial Modificado (mSC) (Seção 2.1.4 Página 28). Importante lembrar que este conceito parte de um estudo com imagens renderizadas, sem entorno e sem ocupação de mobiliários internos, sendo parcialmente adaptado para este caso, onde tem-se imagens HDR de ambientes reais. O Quadro 12 contém os valores obtidos para cada cena, para cada horário e posição, assim como a classificação do mSC resultante, representada em cores. Os dados dos participantes 24, 25 e 26 central, foram excluídos desta análise por conterem possíveis inconsistências na leitura das características das imagens.

Nas P01, P04 e P05, nenhuma das cenas resultou em uma classificação “excitante”. Esta situação era prevista para P04 pois, aparentemente, era uma posição que apresentava um ambiente homogêneo e pela condição do céu estar encoberto. Já para a P05, certamente estes resultados não se repetiriam se não fossem aplicadas as películas protetoras, já que o plano da janela seria responsável por uma intensa luz refletida nas superfícies internas. A P01, uma das poucas posições (P01 e P02) onde o raio de sol direto adentrou o ambiente, chamou a atenção por não conter cenas com valores para mSC acima de 11,75, consideradas “excitantes”. Aparentemente, apesar de conter brilhos intensos em pequenas porções, o ambiente estava com a iluminação bem distribuída e com poucas linhas de contraste entre claro e escuro. Nas P02 e P03 obteve-se cenas com as três classificações, sendo que as cenas “excitantes” ocorreram no período da tarde com céu claro, onde o brilho refletido nas superfícies internas era intenso. Por fim, na P06, obteve-se cenas “neutras” e “excitantes”, que ocorreram com condição de céu claro no período da manhã.

Quadro 12 - Contraste Espacial modificado para cada cena mapeada de E01 e E02, com destaque em amarelo para as cenas consideradas “excitantes”

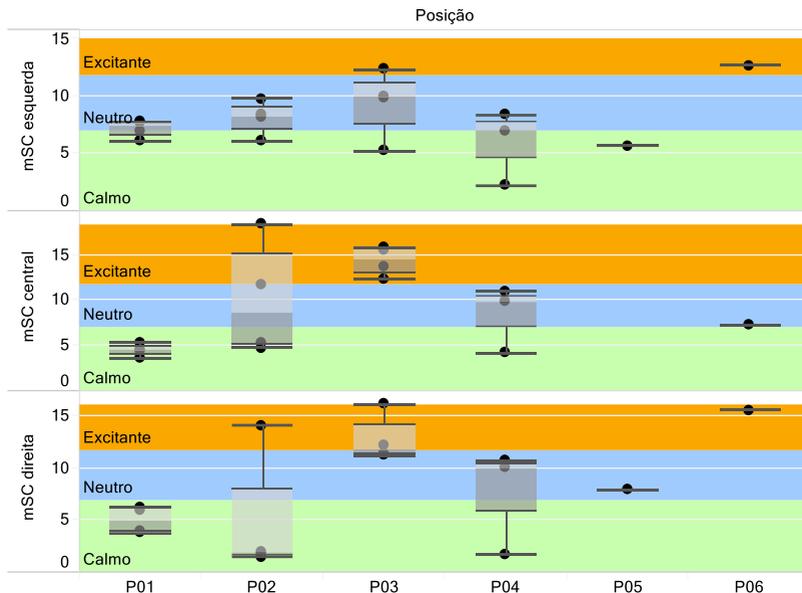
POSIÇÃO	PARTICIPANTE	HORA	Condição do céu	mSC esquerda	mSC central	mSC direita
P01	13	9:00	Claro com nuvens	7.66	3.51	3.96
P01	14	9:00	Claro com nuvens	7.66	3.51	3.96
P01	15	10:45	Claro com nuvens	6.9	5.3	3.76
P01	16	10:45	Claro com nuvens	6.9	5.3	3.76
P01	18	15:45	Claro com nuvens	7.7	4.29	6.2
P01	19	16:30	Claro com nuvens	6.03	4.43	5.89
P02	7	8:40	Claro com nuvens	9.68	5.3	1.99
P02	8	9:40	Claro com nuvens	8.07	4.71	1.42
P02	9	9:40	Claro com nuvens	8.07	4.71	1.42
P02	10	11:20	Claro com nuvens	8.31	11.73	1.71
P02	11	15:30	Claro	6.06	18.34	14.06
P02	12	15:30	Claro	6.06	18.34	14.06
P03	1	14:12	Claro	5.22	15.43	12.13
P03	3	15:00	Claro	12.3	15.77	11.18
P03	4	16:00	Claro	9.89	13.62	16.09
P03	5	16:00	Claro	9.89	13.62	16.09
P03	6	17:40	Claro	9.75	12.29	11.31
P04	20	10:23	Claro com nuvens	2.21	9.78	10
P04	21	11:15	Claro com nuvens	6.96	4.19	10.67
P04	22	14:25	Encoberto	8.31	10.98	1.71
P04	23	14:25	Encoberto	8.31	10.98	1.71
P04	24	16:00	Encoberto	Excluídos da análise		
P04	25	16:00	Encoberto	Excluídos da análise		
P05	26	8:50	Claro	5.63	Excluído da análise	7.9
P06	27	10:05	Claro	12.62	7.21	15.52
P06	28	10:05	Claro	12.62	7.21	15.52

Classificação:

Calmo Neutro Excitante

Os valores plotados no Gráfico 13, permitem identificar as variações ocorridas para cada direção de visão de cada posição. A avaliação do contraste acontece de forma distinta da distribuição de luminâncias. A P01 e a P04, concentra a classificação do mSC no intervalo entre “calmo” e “neutro”. A P02 é a posição com maior variação entre as direções, variando entre as classificações “calmo”, “neutro” e “excitante”. Por outro lado, a P03 foi a posição que apresentou os maiores valores para mSC. Como a P05 e a P06 tiveram somente uma medição, os valores aparecem isolados. Destacam-se as direções direita e esquerda da P06, que apresentam os maiores valores, considerados excitantes.

Gráfico 13 – Variação do Contraste Espacial Modificado para direção de visão em cada posição em E01 e E02



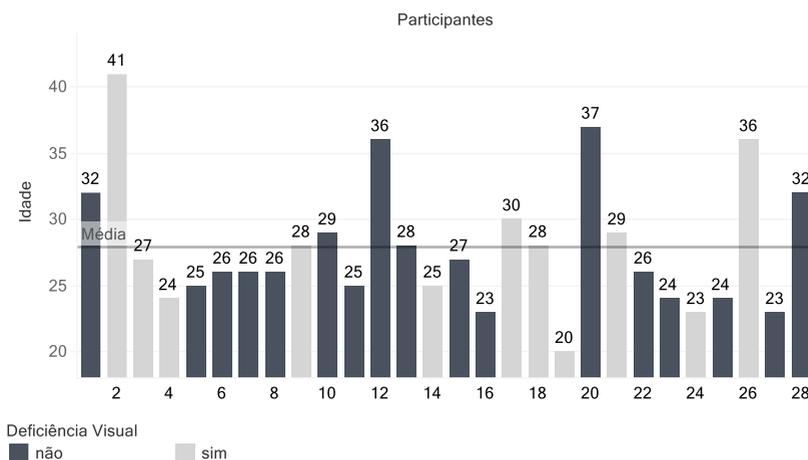
4.3.3.1 Considerações sobre o Contraste Espacial Modificado (mSC) das cenas

Os maiores valores para o Contraste Espacial Modificado (mSC) das cenas, não foram necessariamente referentes às cenas com os maiores valores para o DGP. Nos cálculos dos índices e nos valores das luminâncias, destacam-se as posições P01 e P02. No entanto, para o mSC as posições de destaque foram a P03, a P02 e a P06, contendo valores na escala “excitante”. Esta escala sugere interpretações com relação aos benefícios de uma cena “excitante”, “neutra” ou “calma”. De certa forma, o contraste avalia a distribuição da luz e sombras, caracterizando os ambientes da P01, P04 e P05 como mais calmos que os demais.

4.4 RESULTADOS DOS QUESTIONÁRIOS

Nesta seção serão expostos os resultados das duas partes dos questionários aplicados. A parte 1 dos questionários permitiu agrupar as características pessoais do grupo amostral, que era composto por participantes com média de idade igual a 27 anos (Gráfico 14). No total, 11 participantes apresentaram alguma deficiência visual, porém, apenas um deles não utilizava lentes de contato, sendo necessário acoplar as lentes corretivas nos óculos *Eye-Tracker*. Apenas 17,85% dos participantes não possuíam ensino superior completo. Ressalta-se que 13, dos 28 participantes, já frequentavam os ambientes que ocuparam no monitoramento.

Gráfico 14 - Variação da idade dos participantes e ocorrência de deficiência visual – E01



Através do Questionário Parte 2, pode-se obter dados de satisfação dos participantes, onde estes responderam perguntas sobre as condições preferenciais para ambientes de trabalho (Grupo A: questões 3, 4, 5, 6 e 7) e sobre as características do ambiente a que foram expostos no momento da realização das tarefas (Grupo B2: questões 8, 9, 10, 11, 12).

Para o Grupo A de respostas, optou-se por agrupar os resultados dos participantes dos dois estudos de caso. A Pergunta 3, que solicitava ao participante marcar as três opções mais importantes (sendo a 1 a mais importante) para considerar um local de trabalho agradável, constatou que 50% dos participantes consideram a primeira opção mais importante

“apresentar nível de iluminação suficiente para realizar a tarefa”, e 35% “apresentar janelas”. A segunda situação mais importante (39%) foi “apresentar janelas” e com 32% “estar livre de ofuscamentos”. Por fim, a terceira prioridade foi “estar livre de ofuscamento” marcada por 57% dos participantes. “Estar livre de sombras” foi a opção menos marcada para os três níveis de importância (Tabela 8). Esta informação sugere que, ao responderem questões sobre o ambiente, os participantes preocupam-se com a distribuição da luz e o acesso às aberturas e seu conteúdo.

Tabela 8 - Pergunta 3: “Um local de trabalho agradável deve”, em destaque as maiores porcentagens de resposta

	Estar livre de ofuscamento (brilhos excessivos)	Estar livre de sombras	Apresentar nível de iluminação suficiente para realizar a tarefa	Apresentar janelas
% de prioridade 1	10.71	3.57	50	35.71
% de prioridade 2	32.14	0	28.57	39.28
% de prioridade 3	57.14	3.57	17.85	21.42

A Pergunta 4 questionava os participantes sobre a importância das janelas em ambientes de trabalho, onde 78,57% dos participantes consideraram muito importante a presença de janelas em ambientes de trabalho e o restante (21,43%) considerou moderadamente importante. Em seguida, na Pergunta 5, foi possível saber quais eram as principais vantagens das aberturas, consideradas pelos participantes. Constatou-se que 35,71% consideraram mais importante “possibilitar a entrada de luz”, e que 28,67% consideraram como terceira prioridade a “possibilidade de descansar a visão” (Tabela 9).

Tabela 9 - Pergunta 5: “vantagens de ter uma janela no ambiente de trabalho” em destaque as maiores porcentagens de resposta

	Permite saber a hora do dia	Permite o calor entrar	Deixa ver o que está acontecendo lá fora	Permite ventilação natural	Faz a sala parecer mais espaçosa	Possibilita entrada de luz	Possibilita descansar a visão
% de prioridade 1	3.57	0	14.28	25	7.14	35.71	14.28
% de prioridade 2	14.28	0	14.28	21.42	3.27	39.28	7.14
% de prioridade 3	17.85	0	10.71	17.85	10.71	14.28	28.57

Na Pergunta 6 foi solicitado aos participantes para que marcassem as 3 opções mais importantes sobre as desvantagens de uma janela no ambiente de trabalho. Verificou-se que 57,14% considerou a principal desvantagem “causar ofuscamento”. Em seguida, com 35,14%, “deixar entrar muito calor no verão” e por último (35,71%) deixar entrar muito ar

frio no inverno (Tabela 10). Importante destacar a preocupação dos participantes com os brilhos excessivos e as causas de ofuscamento, possivelmente determinando atitudes comportamentais.

Tabela 10 – Pergunta 6: “desvantagens de uma janela em ambientes de trabalho”, em destaque as maiores porcentagens de resposta

	Deixar entrar muito calor no verão	Causa ofuscamento	Deixa entrar muito ar frio no inverno	Permite muita luz do sol
% de 1	28.57	57.14	3.57	10.71
% de 2	32.14	28.57	10.71	28.57
% de 3	28.57	10.71	35.71	25

Para finalizar as respostas do Grupo A de perguntas, foi questionado aos participantes qual a preferência sobre a paisagem visualizada através das janelas. A paisagem mista entre urbana e natural foi a preferida do grupo amostral com 60,71%, e a grande maioria restante (39%), preferiu paisagens somente naturais.

No Grupo B de perguntas, as respostas foram separadas de acordo com cada estudo de caso, considerando que os ambientes são distintos em suas características físicas e luminosas. Questionou-se os participantes sobre qual seria o principal motivo para fecharem as cortinas (Pergunta 8), sendo constatado que no E01, 44% dos participantes fechariam as janelas por apresentarem muita luz – maioria dos participantes da P03 e P04 - e outros 44% não fechariam as janelas. Apenas 8% alegaram que fechariam as janelas por mais privacidade. Já no E02, 66,6% não fechariam as cortinas e 33,3% fechariam para poderem se concentrarem melhor nas atividades.

A Pergunta 9 era referente às características da vista externa observada pelos participantes. No E01, 76% consideraram a vista externa como mista entre urbana e natural e o restante como sendo somente urbana. No E02, 66% consideraram a vista externa como sendo mista entre urbana e natural e 33% como sendo urbana. Ainda com relação à vista externa, na Pergunta 10, foi questionado sobre a satisfação com relação ao que estava sendo observado. No E01, 48% consideraram a vista satisfatória e 44% como sendo agradável. No E02, 100% dos participantes consideraram a vista desagradável, provavelmente pela proximidade do edifício frontal e suas más condições de conservação.

Foi então solicitado aos participantes a classificação do ofuscamento no momento da realização de cada tarefa (Pergunta 11). Os votos de resposta para o brilho eram indicados para cada atividade: ler no monitor; digitar; ler e escrever no papel; falar ao telefone. A escala utilizada era: “imperceptível”, “perceptível” (tolerável por 1 dia); “perturbador” (tolerável por 15, 30 minutos) e; “intolerável” (Tabela 11).

De uma maneira geral, a maioria das respostas no E01, considerou o momento de realização das tarefas com ofuscamento imperceptível, apesar de, na questão anterior, 44% dos participantes perceberem a necessidade de fechar as cortinas por apresentar muita luz. As insatisfações com relação ao ofuscamento apareceram com maior frequência nas Posições 01 e 02.

Tabela 11 – Pergunta 11: Classificação do ofuscamento no momento das tarefas E01, em destaque as maiores porcentagens de resposta

	Ofuscamento (% de participantes)			
	Imperceptível	Notado (Tolerável por 1 dia)	Perturbador (Tolerável por 15, 30 minutos)	Intolerável
Leitura no Monitor	60	32	8	0
Leitura e escrita no papel	96	4		
Digitando	72	24	4	0
Ao telefone	92	8	0	0

Para o E02, ao realizar a tarefa de escrever no papel, 66,66% dos participantes consideraram o ofuscamento como “notado”. No restante das tarefas, cada participante deu um voto de ofuscamento diferente, enfatizando o alto nível de subjetividade da sensibilidade e percepção visual (Tabela 12).

Tabela 12 – Pergunta 11: Classificação do ofuscamento no momento das tarefas E02, em destaque as maiores porcentagens de resposta

	Ofuscamento (% de participantes)			
	Imperceptível	Notado (tolerável por 1 dia)	Perturbador (tolerável por 15, 30 minutos)	Intolerável
Leitura no Monitor	33.33	33.33	33.33	0
Leitura e escrita no papel	33.33	33.33	33.33	0
Digitando	33.33	33.33	33.33	0
Escrevendo	33.33	66.66	0	0

Por fim, a Pergunta 12 avaliava o nível de concordância com relação à cada afirmação realizada sobre o ambiente a que foram expostos. No E01, a grande maioria dos votos foram positivos com relação ao ambiente, exceto na última afirmação, “ a luz está bem distribuída”, em que o nível de discordância foi maior, igual a 36% (Tabela 13). Na pergunta 12a, apenas a P02 e a P05, obtiveram um voto de discordância com relação à satisfação com a aparência visual do ambiente. A Pergunta 12b, que avaliava a satisfação com relação ao brilho refletido das paredes e janelas, teve a maioria dos 20% dos votos de discordância nas Posições 01 e 02. Sendo que a Posição 04 não apresentou nenhum voto contrário. Em seguida, na Pergunta 12c, cada posição teve pelo menos um voto de discordância com relação a satisfação com a

quantidade de luz para trabalhar no computador. A P03 foi a única que não apresentou insatisfações, e a P01 e a P02 foram as únicas a apresentaram dois votos de discordância. Na Pergunta 12d, a satisfação com relação a quantidade de luz para ler e escrever foi menor nos participantes da Posição 04. Os demais participantes, das outras posições, estavam satisfeitos para realizarem esta tarefa. A pergunta 12e, que questionava os participantes sobre a legibilidade da tela do monitor, teve a maioria dos votos de discordância para os participantes localizados na P02 e na P01. E por fim, a pergunta 12f afirmava que a luz estava bem distribuída. Dois participantes de cada posição (P01, P02 e P03) e três participantes da P04 deram votos contrários, sendo os mais insatisfeitos com a distribuição da luz nos ambientes. De uma maneira geral, o fato da maioria concordar com as afirmações e de caracterizarem o ofuscamento como “imperceptível” na questão anterior, demonstra que grande parte dos usuários sentiam-se satisfeitos com a maneira como o ambiente se comportava com relação à iluminação no momento da realização das tarefas.

Tabela 13 – Pergunta 12: Nível de concordância com as afirmações E01, em destaque as maiores porcentagens de resposta

	Nível de concordância (% de participantes)				
	Discordo totalmente	Discordo	Neutro	Concordo	Concordo totalmente
a - Estou satisfeito com a aparência visual deste escritório	0	4	28	48	20
b - Estou satisfeito com o brilho refletido das paredes e janelas	0	20	12	40	28
c - Estou satisfeito com a quantidade de luz para trabalhar no computador	0	20	20	48	12
d - Estou satisfeito com a quantidade de luz para ler e escrever no papel	0	8	16	44	32
e - A tela do computador é legível e não possui reflexos	0	20	12	56	16
f - A luz está bem distribuída	0	36	24	28	12

Para o E02, devido ao número reduzido de amostras (três), várias afirmações tiveram respostas entre “discordo”, “neutro” e “concordo”. Ressalta-se o fato dos participantes discordarem do ambiente luminoso, principalmente com relação ao brilho das superfícies, à quantidade de luz para trabalhar no computador e à distribuição da luz (Tabela 14).

Tabela 14 – Pergunta 12: Nível de concordância com as afirmações E02, em destaque as maiores porcentagens de resposta

Nível de concordância (% de participantes)					
	Discordo totalmente	Discordo	Neutro	Concordo	Concordo totalmente
a - Estou satisfeito com a aparência visual deste escritório		33.33	33.33	33.33	
b - Estou satisfeito com o brilho refletido das paredes e janelas		66.66			33.33
c - Estou satisfeito com a quantidade de luz para trabalhar no computador		66.66			33.33
d - Estou satisfeito com a quantidade de luz para ler e escrever no papel		33.33	33.33		33.33
e - A tela do computador é legível e não possui reflexos		33.33	33.33	33.33	
f - A luz está bem distribuída		66.66			33.33

4.5 CRUZAMENTO DOS RESULTADOS

4.5.1 Trajetória do olhar, luminâncias, DGP e Contraste (mSC) correspondentes

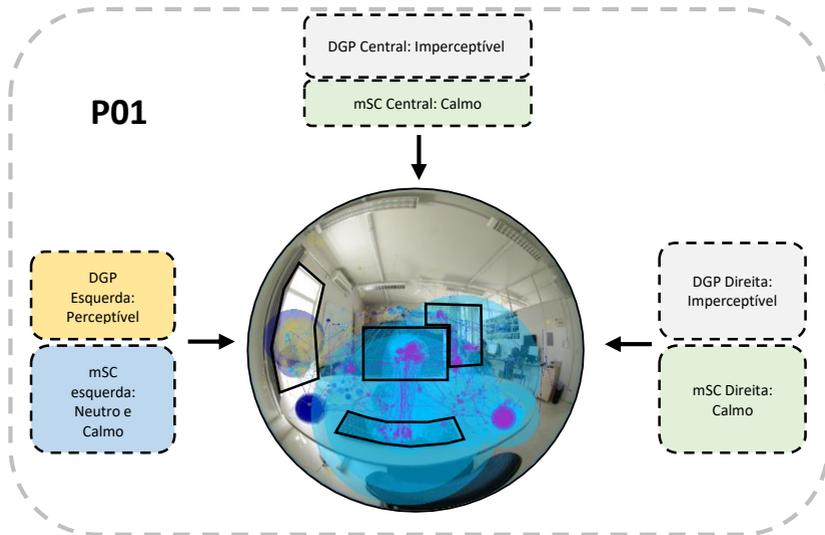
Para a análise da trajetória do olhar simultânea às luminâncias do campo visual, foram selecionados os mapas de cores falsas da direção central de todos os monitoramentos e a partir destes, foram sobrepostas as trajetórias do olhar de cada participante correspondente. Optou-se pela escolha da direção central, por esta conter grande parte das informações das outras duas direções e também por se tratar da mesma base utilizada na marcação da trajetória do olhar no programa *Be Gaze*¹². Os mapas de cores falsas, sobrepostos com a trajetória do olhar, estão expostas no Apêndice F, permitindo identificar as luminâncias das regiões visualizadas por cada participante e o DGP central, no momento de cada monitoramento. Do ponto de vista do Contraste Espacial Modificado (mSC), as sobreposições também foram realizadas para a resultante central, reunidas no Apêndice G. Assim como foi identificado nos resultados da Seção 4.2, as áreas correspondentes à execução das tarefas foram as mais visualizadas. Na maioria dos casos essas regiões continham valores baixos de luminâncias (150cd/m²) se comparados com os valores do entorno e contrastes pontuais “calmos” (mSC = entre 0 a 4). Os dados cruzados mais relevantes de cada participante serão apresentados a seguir, separados de acordo com cada posição.

4.5.1.1 Posição 01

A apropriação visual a partir da Posição 01 foi uma das mais variadas. Esta posição obteve valores para o DGP da direção central e direita na escala “imperceptível” e para a direção da esquerda, “perceptível”. No geral, as aberturas foram as maiores fontes de contraste, com mSC maior para a direção esquerda, porém as cenas estavam de certa forma homogêneas, tendo os demais valores de mSC entre “calmo” e “neutro” (Figura 69).

¹² A compra do equipamento Eye-Tracker SMI, inclui o programa de análise Be Gaze versão 3.6

Figura 69 - Esquema da trajetória do olhar de todos os participantes da P01, com o DGP e o mSC de cada direção. Em destaque, as áreas contornadas do monitor, do teclado e das aberturas



Nos momentos de pausa e ao falar ao telefone, o participante 13 desta posição, evitou a superfície da janela 01 à esquerda, aparentemente pela proximidade do observador com esta região, que permitia a visualização de grande parte do céu (luminâncias acima de 16.000 cd/m^2) e pelo brilho excessivo refletido nos brises brancos externos (acima de 10.000 cd/m^2). Esta direção apresentou o maior DGP ($\text{DGP}_{\text{Pesq}} = 0,34$) para a posição, valor considerado como “perceptível”. O participante 14, exposto às mesmas condições do participante 13, também preferiu visualizar com maior frequência a janela 02 frontal. Esta superfície continha valores mais baixos para luminâncias, entre 1.500 cd/m^2 e 5.000 cd/m^2 . Os dois participantes (13 e 14) foram expostos à cena com a maior média de luminância para a Posição 01 central, porém o mSC de toda a cena foi considerado “calmo” ($\text{mSC} = 3,51$) e o DGP central “imperceptível”. O participante 15, apesar de ser monitorado às 10h:45, onde o brilho das superfícies da janela 01 abaixou, também preferiu visualizar com maior frequência a janela 02 frontal. O DGP para a esquerda ainda era considerado “perceptível” igual a 0,31.

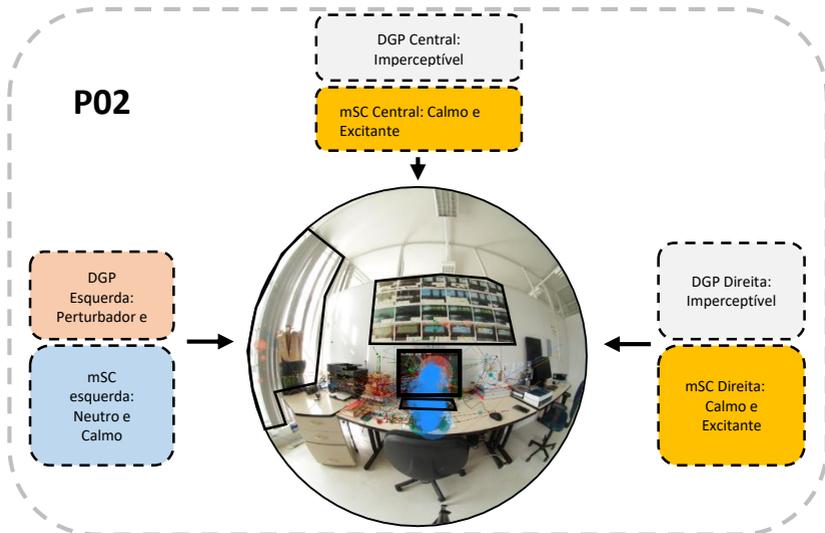
O participante 16, distinguindo-se dos demais, preferiu acessar a vista externa através da janela 1 à esquerda com maior frequência. O brilho desta superfície era menos intenso, entre 905 cd/m^2 na porção edificada e natural, e 5.000 cd/m^2 na porção do céu, porém o DGP

esquerdo ainda era considerado “perceptível” (DGP=0,31). Neste caso, o valor do mSC era considerado “calmo”. O participante 18, monitorado no período da tarde, variou a visualização da vista externa através das duas aberturas. A partir deste monitoramento o DGP para a direção da esquerda foi classificado como “imperceptível” e o mSC manteve-se “neutro”. Em seguida, no monitoramento do participante 19, às 16:30, o DGP para a direção esquerda voltou a subir para 0,3 considerado “perceptível”. Esta mudança fez com que este participante 19 preferisse acessar a vista externa somente pela janela 2 frontal. Com relação ao contraste espacial, este permaneceu na classificação “calmo”.

4.5.1.2 Posição 02

Com relação a Posição 02 (Figura 70), o participante 7 foi o único que deslocou o seu corpo para visualizar a paisagem externa pela janela 02 à esquerda, realizando o movimento enquanto falava ao telefone (rever Gráfico 2). A cena à qual ele foi exposto, apresentou os maiores valores de brilhos medidos nesta posição. Mesmo com valores elevados para luminância (acima de 6.000cd/m^2), a direção da visão se voltou para a abertura atraída pelo descanso, pela paisagem distante ou pela curiosidade. O horário do monitoramento deste participante também foi caracterizado por possuir, para a direção esquerda, o maior valor (ainda na classificação “neutra”) para mSC e um dos maiores valores para o DGP, igual a 0,37, considerado “perturbador”. Os participantes 8 e 9 também estavam expostos a uma cena com DGP na direção da esquerda “perturbador”, no entanto preferiram não visualizar a vista externa. Estes mantiveram o olhar voltado para os planos de trabalho (ao redor de 150cd/m^2) e para as colagens nas paredes (luminância ao redor de 40cd/m^2). Esta posição, no horário do monitoramento dos participantes 7, 8 e 9, foi uma das poucas que apresentou valores próximos a 450cd/m^2 no plano do papel.

Figura 70 - Esquema da trajetória do olhar de todos os participantes da P02, com o DGP e o mSC de cada direção. Em destaque, as áreas contornadas do monitor, do teclado, colagem e abertura



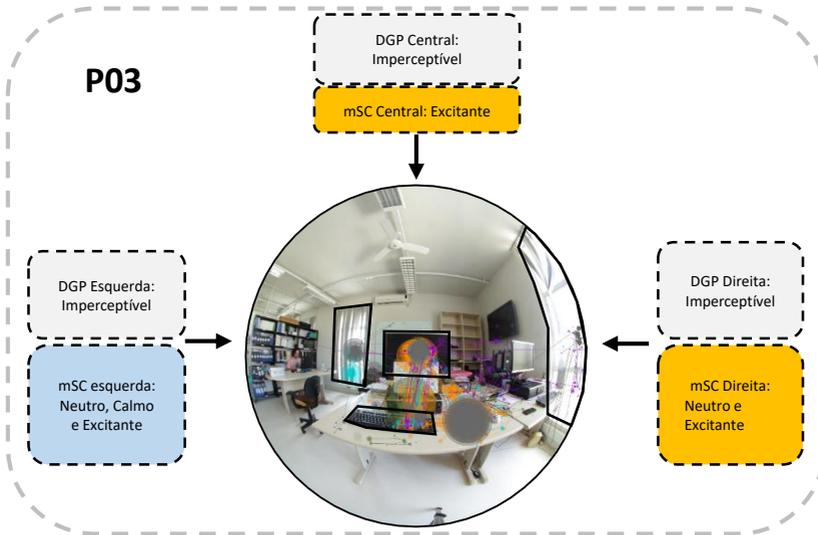
A configuração do ambiente no momento do monitoramento do participante 10, apresentou DGP esquerdo igual a 0,26, “imperceptível”, e mSC “neutro”, contudo, este preferiu visualizar apenas os planos de trabalho da região central, que continham luminâncias baixas e o DGP igual a 0,19. Os participantes 11 e 12, apesar de estarem expostos a cenas com DGP menores em todas as direções (ao redor de 0,16 e 0,23), foram os únicos desta posição a estarem expostos a cenas com contraste “excitante”, tanto para a direção central (mSC=18) como para a direção da direita (mSC=14). Todavia, estes visualizaram a cena central com bastante frequência e evitaram a direção à direita, possivelmente por falta de atrativos. Este valor elevado para o mSC, certamente é proveniente da relação de muito brilho da abertura detrás e lateral, com o restante do ambiente escurecido.

4.5.1.3 Posição 03

A trajetória do olhar dos participantes da Posição 03 foi marcada pela visualização dos planos de trabalho, geralmente com superfícies com luminâncias baixas, ao redor de 100 cd/m². Os monitoramentos foram todos realizados no período da tarde, onde o brilho da superfície da janela

01 permaneceu sempre maior do que o proveniente da janela 02. Os valores para mSC para a direção central, foram todos “excitantes”, no entanto esta direção compreendia os principais planos de tarefa, e foi visualizada por todos. A maioria das cenas para a direção da direita também foram consideradas “excitantes”, aparentemente pelo grande contraste entre o brilho das aberturas e o restante do ambiente, podendo explicar a falta de interesse dos participantes em se apropriarem visualmente de todo o ambiente. Apesar disso, o DGP ficou classificado como “imperceptível” em todas as cenas (Figura 71).

Figura 71 - Esquema da trajetória do olhar de todos os participantes da P03, com o DGP e o mSC de cada direção. Em destaque, as áreas contornadas do monitor, do teclado e das aberturas



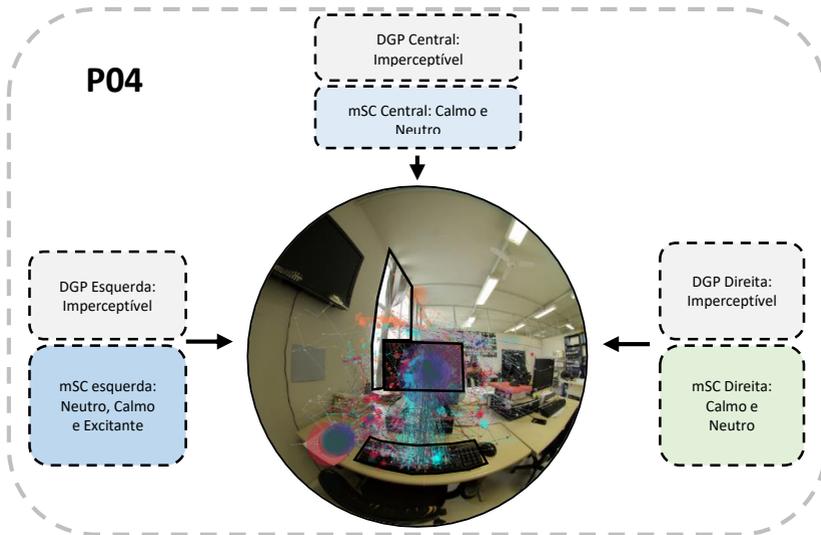
O participante 1 foi exposto a cena central com maior média de luminância. Apesar de visualizar a janela 01 à esquerda, superfície com luminâncias ao redor de 1.000 e 5.000cd/m², mSC “calmo” (mSC=5.22) e DGP igual a 0,25 (imperceptível), esta situação se limitou à fase da primeira pausa, após a leitura no monitor. O restante da trajetória do olhar deste participante é caracterizado pela visualização das superfícies do plano de tarefa que correspondem a valores baixos de luminâncias (entre 100 e 50 cd/m²). Os demais participantes evitaram a superfície da janela 01 à esquerda, com exceção do participante 6, onde neste caso as luminâncias eram mais baixas, ao redor de 200cd/m² e o mSC neutro. Com relação a janela 02, à direita, esta também foi evitada pela maioria

dos participantes com exceção dos participantes 3 e 6. As medições desses dois participantes para a direção da direita, foram as únicas a apresentarem os valores para mSC “neutro”, enquanto as demais eram “excitantes”.

4.5.1.4 Posição 04

A Posição 04 foi caracterizada por possuir todos os valores para o mSC entre “calmo” e “neutro”, com exceção da direção à esquerda no momento dos monitoramentos dos participantes 24 e 25. O DGP desta posição se manteve na escala “imperceptível” para todas as direções e horários (Figura 72). A apropriação visual dos participantes foi configurada pelas tarefas que estavam sendo realizadas e pelo plano de fundo do monitor. A vista externa era parcialmente visível, sendo que os brises, nos momentos dos monitoramentos dos participantes 20 e 21, possuíam brilhos elevados (acima de 3.000 cd/m^2) e aparentemente por estes motivos, a janela foi pouco visualizada. O participante 20 preferiu visualizar o plano de fundo, direção central com mSC “neutro”, e o participante 21 fixou a visão com maior frequência para a região do monitor (mSC “calmo”). A iluminação artificial ainda estava desligada, e as diferenças de brilho entre estas superfícies era acentuado. A partir do participante 22, os brilhos das superfícies da janela caíram para aproximadamente 300 cd/m^2 , e a luz artificial foi ligada, sendo que a paisagem através da abertura foi visualizada por este participante com maior frequência. Mesmo com estas condições, os participantes 23, 24 e 25 preferiram não visualizar a paisagem, mas sim visualizar o plano de fundo, na região das colagens. Todos esses objetos visualizados e seus entornos, possuíam luminâncias ao redor de 150 cd/m^2 . O contraste espacial do momento dos monitoramentos dos participantes 24 e 25 tornaram-se “excitantes” para a direção da esquerda, sendo um dos possíveis motivos da falta de interesse para esta direção.

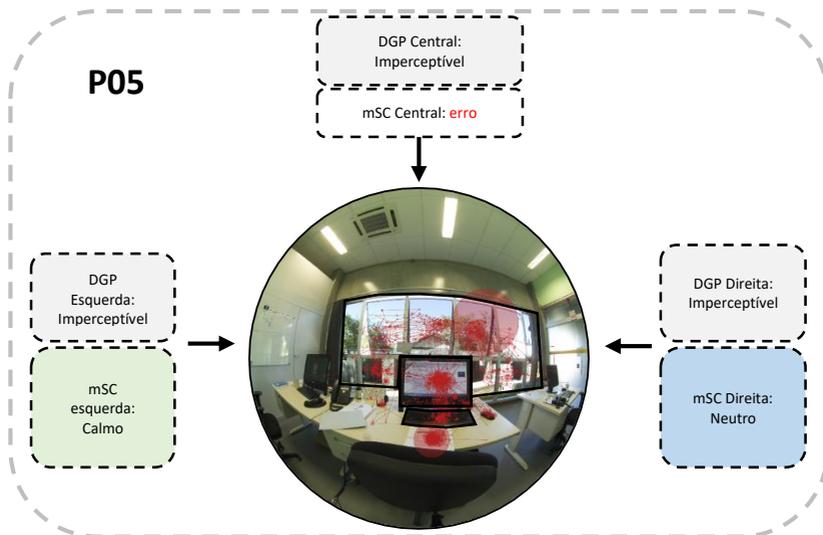
Figura 72 - Esquema da trajetória do olhar de todos os participantes da P04, com o DGP e o mSC de cada direção. Em destaque, as áreas contornadas do monitor, do teclado e da abertura



4.5.1.5 Posição 05

O participante 26 que ocupou a Posição 05 do E02 teve a sua trajetória do olhar dispersa, se apropriando visualmente de quase todo o plano de fundo das tarefas, conformado pela abertura. O DGP das três direções avaliadas ficou classificado como “imperceptível”, sendo maior para direção central (DGP=0,23) (Figura 73). A janela foi visualizada em vários momentos, principalmente na região ocupada pelas árvores ou por pessoas em movimento. A superfície da abertura, em decorrência das películas, apresentou valores para luminância próximos de 200 cd/m² e as cenas resultaram em valores para o mSC entre “calmo” e “neutro”. A região da janela aberta, que possibilitava a visão direta do céu e parte da cobertura branca de um edifício, apresentava os maiores valores para as luminâncias (acima de 6.000cd/m²) e não foi visualizada pelos participantes. Esta trajetória do olhar e os resultados para o E02, certamente seriam diferentes caso o estudo tivesse sido realizado antes da aplicação das películas aos vidros. Em conversa com os ocupantes da sala, todos levantaram problemas com os brilhos e reflexões excessivas, na situação anterior da sala.

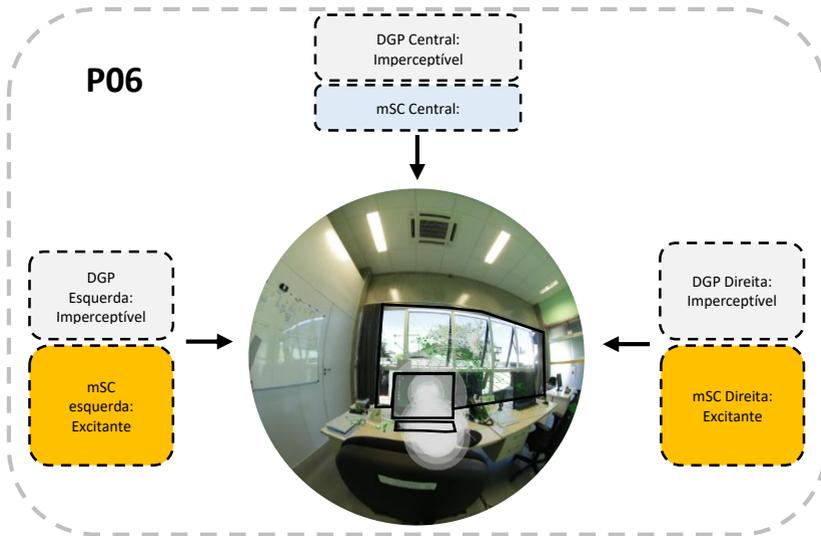
Figura 73 - Esquema da trajetória do olhar de todos os participantes da P05, com o DGP e o mSC de da cada direção. Em destaque, as áreas contornadas do monitor, do teclado e da abertura



4.5.1.6 Posição 06

Para a Posição 06 (Figura 74), em decorrência do horário do monitoramento (10h), a superfície da janela apresentou valores mais elevados para as luminâncias, ao redor de 500cd/m^2 . Os participantes 27 e 28 visualizaram algumas vezes a porção de natureza visível, porém focaram sua visão às regiões dos planos de tarefa, que estavam limitados à luminâncias relativamente baixas (50 a 150cd/m^2). Para a avaliação do contraste, a superfície da abertura foi caracterizada por conter as principais linhas de referência entre claro e escuro, sendo que as direções esquerda e direita obtiveram os maiores valores para mSC (mSC entre 12 e 15, considerado “excitante”) e foram as direções menos visualizadas. Nesta posição o DGP das cenas se manteve na escala “imperceptível”, com maior valor para a direção central (DGP = 0,22).

Figura 74 - Esquema da trajetória do olhar de todos os participantes da P06, com o DGP e o mSC de da cada direção. Em destaque, as áreas contornadas do monitor, do teclado e da abertura

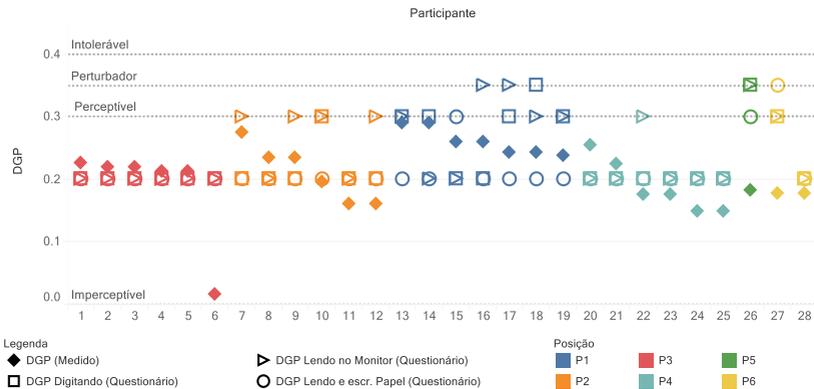


4.5.2 Dados do Questionário x Dados Experimentais

Para aproximar os dados medidos experimentalmente e os níveis de satisfação coletados através dos questionários, realizou-se comparações diretas entre essas duas informações. A Pergunta 11 do questionário, interrogava os participantes sobre a classificação do ofuscamento no momento da realização das tarefas. O Gráfico 15 correlaciona os votos de resposta para o brilho no momento das Tarefas 1 e 2, com os resultados do DGP da direção central de cada posição. Optou-se pelo uso do DGP da direção central em função da maior permanência de visualização para esta direção da visão ao realizarem as tarefas analisadas. No caso da Tarefa 1a, leitura no monitor, o voto de resposta para o brilho dos participantes a partir dos questionários foi em 60,71% dos casos maior que o DGP medido. Sendo que 9 participantes consideraram o ofuscamento “perceptível” e três, “perturbador”, enquanto o DGP medido era “imperceptível”. Para a Tarefa 1b, digitando, o voto de resposta para o brilho foi em 57,1% dos casos maior que o DGP medido. Dessa porcentagem, cinco votos foram “perceptíveis” e dois “perturbadores”. Por fim, para a Tarefa 2, leitura e escrita no papel, o voto de resposta para o brilho foi em 42,8% dos casos maior que o DGP. Sendo

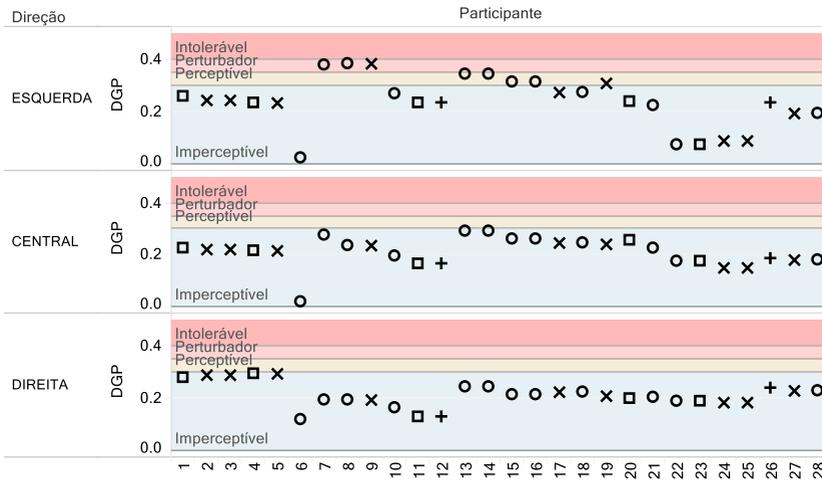
que dois votos foram classificados como “perceptíveis” e um voto “perturbador”. Aparentemente, os dados subjetivos foram mais sensíveis ao brilho do que os medidos, mesmo ficando, 73,8% dos casos, na mesma região “imperceptível” da escala. A Tarefa 3, falar ao telefone, não foi incluída nesta análise, pois considerou-se que a trajetória do olhar não estava fixa em apenas uma direção.

Gráfico 15 - DGP medido para a direção central e DGP do questionário para o momento de leitura no monitor, digitando e escrevendo no papel – E01 e E02



A Pergunta 12a questionava os participantes sobre a aparência visual do ambiente. Na Tabela 15, foram relacionados os dados do DGP medido de cada cena e a resposta dos usuários. Aparentemente, os dois casos que discordaram da aparência visual (participante 12 da P02 e o 26 da P05), estão com DGP na escala “imperceptível”. O restante dos participantes concordou ou ficou neutro com o aspecto do ambiente e teve os resultados para DGP, em sua maioria, imperceptíveis. Mesmo os participantes 7,8 e 9, da Posição 02, que foram expostos a cenas com DGP “perturbador” para a direção esquerda, ficaram satisfeitos com o aspecto do ambiente.

Tabela 15- DGP e a satisfação com a aparência visual – E01 e E02

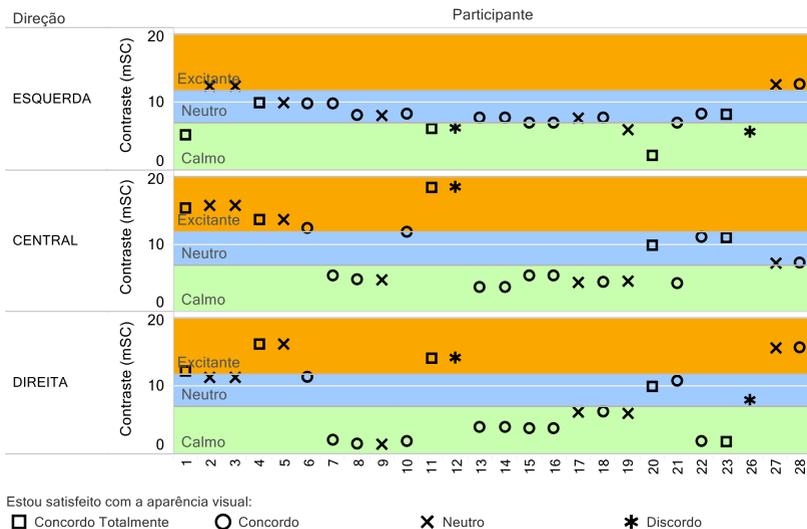


Estou satisfeito com a aparência visual:

- Concordo Totalmente
- Concordo
- × Neutro
- + Discordo

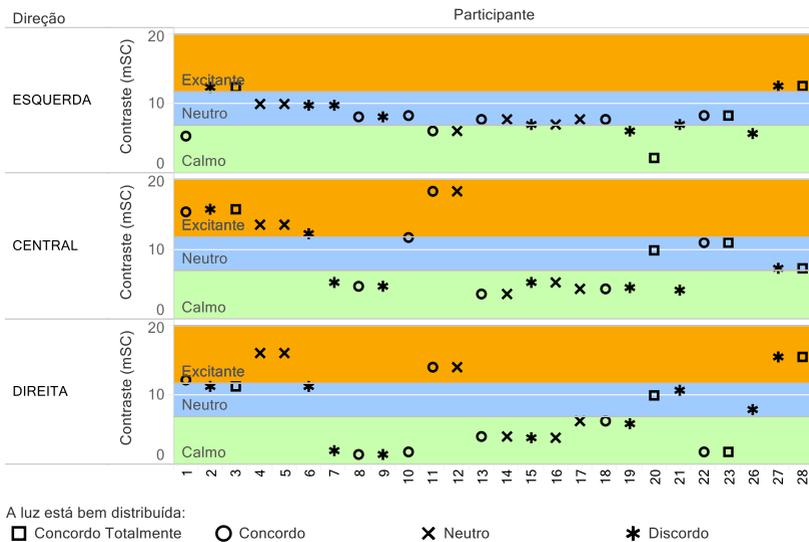
Além da relação da aparência visual com o DGP medido, relacionou-se os votos dos questionários da Pergunta 12a com os dados do Contraste Espacial Modificado (mSC) (Tabela 16). Aparentemente, os resultados do grupo amostral não mostraram uma relação direta entre os dois parâmetros. O participante 12, da Posição 02, foi exposto a uma cena calma (direção esquerda) e duas cenas excitantes (central e direita), e discordou do aspecto do ambiente. Já o participante 26, foi exposto somente a cenas “calmas” e “neutras”, e também discordou da aparência do ambiente. Os participantes da P03 foram os mais expostos a cenas excitantes, no entanto concordaram ou ficaram neutros com relação a aparência visual do ambiente.

Tabela 16 – Contraste Espacial Modificado (mSC) e a satisfação com a aparência visual – E01 e E02



Optou-se por relacionar estes mesmos dados do mSC com a satisfação do usuário sobre a distribuição da luz (Tabela 17). Neste caso, o nível de discordância foi maior (26 votos), tendo pelo menos dois votos de insatisfação para cada posição. A maioria dos votos de discordância foram dados para cenas consideradas “neutras” nas direções esquerda e direita, e para cenas “calmas” na direção central. No entanto, a maioria dos votos (33) respondeu positivamente à aparência visual do ambiente. Para a direção central, a preferência foi para cenas consideradas “excitantes”, no entanto para a direção da direita preferiu-se cenas “calmas” e da esquerda cenas “neutras”. O restante dos votos (18) ficaram na classificação “neutra”.

Tabela 17 – Contraste Espacial Modificado (mSC) e a satisfação com a distribuição da luz – E01 e E02



4.5.3 Ponderação do índice de probabilidade de ofuscamento (DGP) e Contraste Espacial Modificado (mSC) pelo tempo

Para calcular o DGP e o mSC ponderados pelo tempo foi necessário separar a imagem base da direção central em três áreas de interesse: esquerda, central e direita. Através da separação dessas regiões, pode-se obter as porcentagens de tempo de visualização para cada uma delas, para cada participante. A Figura 75 exemplifica a divisão das áreas para o participante 5. Para todos os participantes foi considerada como região central, a área do entorno próximo ao monitor e seu plano de fundo. As bordas caracterizaram as regiões direita e esquerda.

Figura 75 - Divisão das áreas de interesse em Esquerda, Central e Direita



Em seguida, substituí-se os valores do DGP de cada direção na Equação 6, e foram somados os produtos do DGP e da porcentagem de tempo de cada direção, resultando no DGP ponderado (Equação 6). Na sequência, a mesma equação foi aplicada ao mSC, onde substituí-se os valores do DGP pelos valores de mSC de cada direção, resultando no mSC ponderado.

$$DGP_{px} = (DGP_{ave} * \%t_{dv1}) + (DGP_{avc} + \%t_{dv2}) + (DGP_{avd} + \%t_{dv3}) \quad (6)$$

Onde, DGP_{px} é o índice de probabilidade de ofuscamento ponderado para determinado participante e posição; DGP_{dvx} é o índice de probabilidade de ofuscamento para a cena de direção x (esquerda, central,

direita); e a $\%t_{dvx}$ é a porcentagem de tempo em que se olhou para a direção de cena x.

A Tabela 18 apresenta os valores utilizados para o cálculo e os valores finais para o DGP e para o mSC ponderados, para cada participante. Todos os valores para o DGP central ficaram abaixo de 0,3, considerado “imperceptível”, sendo que esta característica foi mantida para os valores do DGP ponderado. Ao verificar a porcentagem de tempo de visualização para cada direção, observa-se que 100% dos participantes visualizaram por mais tempo a direção central e que para 50% dos participantes, o menor tempo de visualização acontece para a direção que contém o maior índice de DGP (não necessariamente perturbador). O restante do grupo amostral se comportou de maneira diferente, onde 34,6% dos casos visualizaram por menos tempo a cena com menor DGP e 15,4% visualizaram por menos tempo a cena com DGP intermediário. Com relação ao mSC, os participantes visualizaram por mais tempo a direção central, que possuía em 38,5% dos casos, cenas consideradas “calmas” e em 26%, cenas “excitantes”. A segunda direção mais visualizada, que variou entre a direita e a esquerda, foram em 42% cenas “calmas” e em 24% cenas “neutras”.

Tabela 18 - Valores do cálculo de ponderação do DGP e do mSC pelo tempo

Posição	Participante	DGP esquerda	DGP central	DGP direita	% tempo esquerda	% tempo central	% tempo direita	mSC esquerda	mSC central	mSC direita	DGP ponderado	mSC ponderado
P01	13	0.34	0.29	0.24	0.13	54.44	45.43	7.66	3.51	3.96	0.26	3.68
	14	0.34	0.29	0.24	0.27	80.00	19.73	7.66	3.51	3.96	0.28	3.54
	15	0.31	0.25	0.21	38.78	58.78	2.43	6.90	5.30	3.76	0.27	5.28
	16	0.31	0.25	0.21	8.34	60.19	31.47	6.90	5.30	3.76	0.24	5.25
	18	0.27	0.24	0.22	0.11	83.52	16.38	7.70	4.29	6.2	0.23	4.58
	19	0.30	0.23	0.20	0.80	73.20	26.00	6.03	4.43	5.89	0.22	4.52
P02	7	0.37	0.27	0.19	5.76	94.24	0.00	9.68	5.30	1.99	0.28	5.26
	8	0.38	0.23	0.18	0.76	97.22	2.03	8.07	4.71	1.42	0.23	4.76
	9	0.38	0.23	0.18	2.47	96.62	0.01	8.07	4.71	1.42	0.23	4.72
	10	0.26	0.19	0.16	0.50	99.50	0.00	8.31	11.73	1.71	0.19	11.69
	11	0.23	0.16	0.12	0.70	99.19	0.12	6.06	18.34	14.06	0.16	17.87
P03	12	0.23	0.16	0.12	3.53	95.72	0.75	6.06	18.34	14.06	0.16	16.37
	1	0.25	0.22	0.27	4.02	93.10	2.87	5.22	15.43	12.13	0.22	14.75
	3	0.24	0.22	0.28	0.13	93.71	6.16	12.3	15.77	11.18	0.22	14.31
	4	0.23	0.21	0.29	0.00	99.35	0.65	9.89	13.62	16.09	0.21	14.08
	5	0.23	0.21	0.29	0.00	97.31	2.69	9.89	13.62	16.09	0.21	14.02
	6	0.02	0.01	0.11	3.63	87.17	9.19	9.75	12.29	11.31	0.02	12.01
P04	20	0.23	0.25	0.19	40.63	58.01	1.35	2.21	9.78	10.00	0.24	6.70
	21	0.21	0.22	0.20	38.86	60.67	0.46	6.96	4.19	10.67	0.22	5.29
	22	0.07	0.17	0.18	28.51	71.38	0.10	8.31	10.98	1.71	0.14	10.20
	23	0.07	0.17	0.18	25.00	73.89	1.11	8.31	10.98	1.71	0.14	10.20
	24	0.08	0.14	0.18	14.66	84.60	0.74	15.07	erro	6.47	0.13	Erro
P05	25	0.08	0.14	0.18	26.64	66.81	6.55	15.07	erro	6.47	0.13	Erro
	26	0.18	0.23	0.23	0.43	96.02	3.55	5.63	erro	7.90	0.23	Erro
	27	0.17	0.22	0.18	0.32	97.87	1.81	12.62	7.21	15.52	0.22	7.37
P06	28	0.17	0.22	0.18	0.00	99.68	0.32	12.62	7.21	15.52	0.22	7.23

mSC:

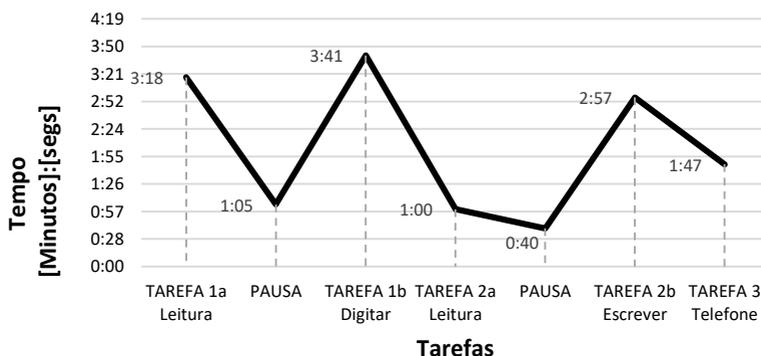
Calmo Neutro Excitante

DGP:

Imperceptível Perceptível Perturbador

São diversos fatores, que podem influenciar a decisão de permanência da visão para determinada direção como, por exemplo, os atrativos que contém no ambiente e o acesso a vista externa, atitudes que podem ser conscientes e inconscientes por parte do usuário. Além disso, em decorrência do tempo de execução da Tarefa 1 (leitura e digitação no monitor) ser maior (Gráfico 16), a porcentagem da direção da visão mais frequente foi para a região central, que era composta pelos planos de trabalho.

Gráfico 16 – Média de tempo de execução das tarefas



O tempo de visualização influenciou os valores finais de DGP e mSC ponderados, que em sua grande maioria ficaram próximos do valor encontrado para região central (Gráfico 17 e 18). Caso o tempo das tarefas tivesse sido limitado de forma igual, a porcentagem das áreas visualizadas para as direções esquerda e direita, seriam mais influentes. Essa limitação de tempo foi proposta no procedimento teórico (2 minutos para cada tarefa), porém dificilmente foi considerado pelos participantes, em função das suas necessidades cognitivas. Preferiu-se intervir o mínimo possível no momento dos monitoramentos, resultando em tempos de execução distintos um dos outros. Mesmo com a pequena mudança do DGP central para o DGP ponderado, e do mSC central para o mSC ponderado, pode-se afirmar que as características das demais cenas influenciam de forma direta no cálculo, porém, a grandeza de maior destaque e influência será o tempo de visualização voltado para cada uma delas.

Gráfico 17 - Variação do índice DGP para cada direção e DGP ponderado

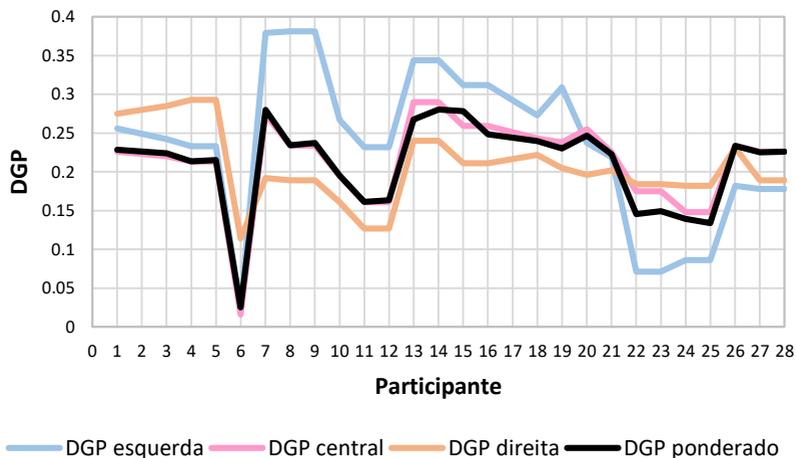
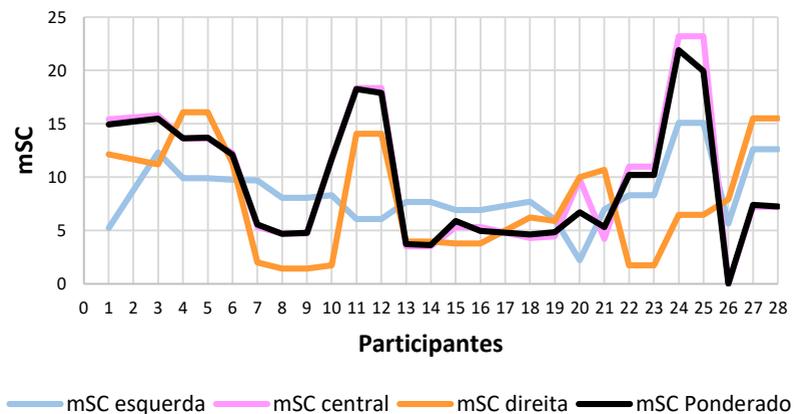


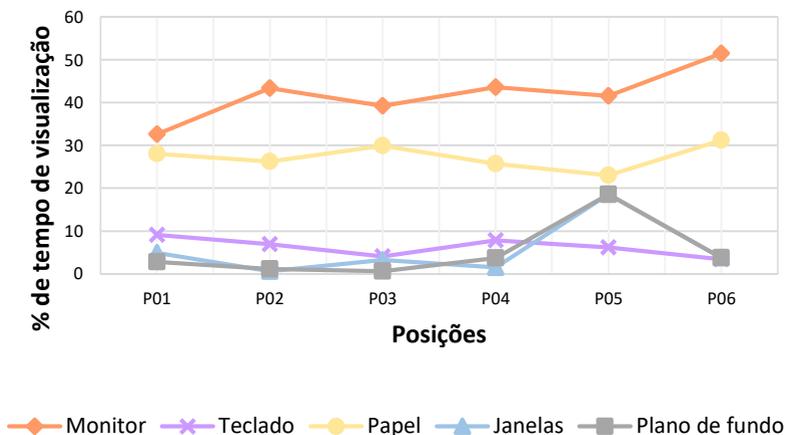
Gráfico 18 - Variação do mSC para cada direção e mSC ponderado



4.6 CONSIDERAÇÕES FINAIS DOS RESULTADOS

Embora o processo visual seja dinâmico, os resultados encontrados auxiliam na elaboração de padrões visuais em ambientes de escritórios. Apesar das diferenças das posições e das condições do céu se modificarem, os monitoramentos puderam ser agrupados de acordo com as principais recorrências. De uma maneira geral, o monitor foi o elemento mais visualizado de todas as cenas e o plano de papel o segundo, sendo ambos pertencentes à direção da visão central (Gráfico 19). Esta porcentagem de visualização é significativamente maior, devido ao tempo de duração das tarefas realizadas nestes planos de trabalho. As janelas e os planos de fundo das tarefas, apesar de serem visualizados com menor frequência, foram os elementos mais procurados no campo da visão dos participantes ao realizarem momentos de pausa, reflexão ou ao falar ao telefone. Nestes momentos, verificou-se que a tolerância dos participantes com relação aos brilhos ou contraste excessivos se ampliava. O descanso e os atrativos que a vista externa proporciona, foram os prováveis responsáveis para que os participantes buscassem estas vistas, mesmo com níveis elevados de luminância. Porém, quando foi necessário um deslocamento maior do corpo ou da cabeça para visualização, a procura por uma paisagem através das aberturas foi reduzida.

Gráfico 19 – Porcentagem de visualização para os cinco principais elementos do campo visual para cada posição



O participante da Posição 05 foi o que mais visualizou a superfície da janela, em segundo, ficaram os participantes da P01, que tinham acesso facilitado às duas aberturas. Por outro lado, os participantes da P02 foram os que menos visualizaram a paisagem através das aberturas, aparentemente por necessitar maior deslocamento do corpo ou da cabeça para visualização, e também pelo ofuscamento causado pelos brises brancos. Apesar disto, os participantes da P02, em sua maioria, optaram por não fechar as cortinas, porém consideraram a vista satisfatória. Os participantes da P06, diferente da P05, visualizaram a superfície da janela com menor frequência, mesmo estando diretamente expostos a esta. Todos os participantes da E02 consideraram a vista desagradável, fato que pode ter influenciado na apropriação visual.

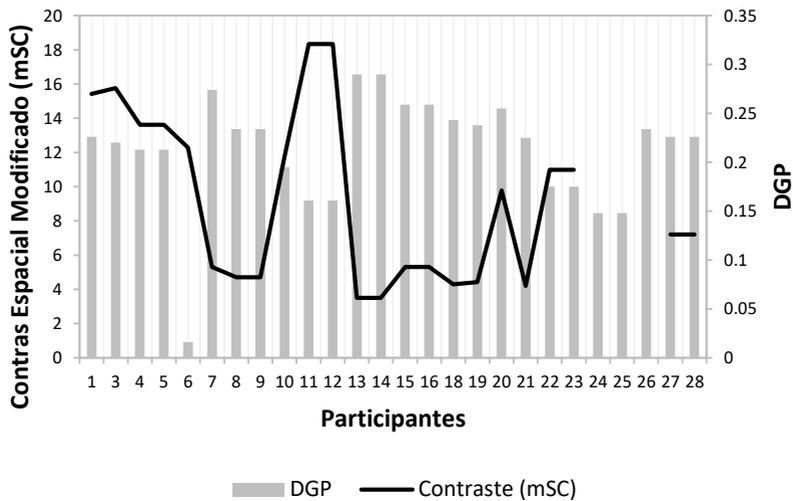
Os participantes da Posição 03 e 02 foram os que menos visualizaram o plano de fundo. No caso da P03, provavelmente devido ao contraste proporcionado pela abertura frontal e pela falta de atrativos visuais, e no caso da P02 em função da proximidade da superfície da parede com a visão do participante. No E01 foi a Posição 04 teve o maior tempo de visualização para o plano de fundo, lembrando que neste continham as colagens e desenhos na parede. Este descanso, proporcionado pela visão de algo interessante e distante, permite trabalhar os músculos oculares e o relaxamento.

Apesar dos participantes da P01 serem os que mais votaram para situações de ofuscamento notado e perturbador, a maioria deles concordou com a aparência visual do ambiente. Dois reclamaram do brilho das janelas e da quantidade de luz para trabalhar no computador e também foram responsáveis pelos votos de discordância com a legibilidade da tela do monitor. Além dos participantes da P01, os principais a discordarem com a nitidez da tela do monitor, foram os participantes da P02, que possuíam em suas costas uma abertura, responsável pelos brilhos excessivos e reflexos. Os participantes da P04 discordaram do ambiente com relação à quantidade de luz para trabalhar no computador e para escrever no papel, assim como com a afirmativa que a luz estava bem distribuída. Estes também foram os únicos, do ambiente E01, a considerarem a vista desagradável, provavelmente pela falta de acesso ao exterior a partir desta posição.

Percebeu-se que a relação do DGP com o mSC não é direta e linear. Em algumas cenas onde o DGP era menor, o contraste tornou-se mais excitante, assim como em cenas onde o DGP era maior, o contraste ficou entre “calmo”, “neutro” e “excitante” (Gráfico 20). Para pesquisas futuras, sugere-se o estudo comparativo do índice de probabilidade de

ofuscamento com o mSC resultante de cenas simuladas, podendo avaliar a relação desses dois parâmetros mais diretamente.

Gráfico 20 – Variação do DGP e do Contraste Espacial Modificado



5 CONCLUSÕES E CONSIDERAÇÕES FINAIS

Neste capítulo são apresentadas as conclusões obtidas através dos experimentos e da análise dos resultados, bem como as limitações encontradas no desenvolvimento desta pesquisa e sugestões para estudos futuros.

5.1 CONCLUSÕES

Os ambientes de escritórios são tradicionalmente associados à necessidade de apresentarem níveis apropriados de iluminância, no entanto, cada vez mais percebe-se a importância de outros parâmetros estarem adequados, em busca de satisfação e produtividade do usuário. A distribuição dos brilhos no espaço interno e externo, a possibilidade da visualização de uma paisagem através de aberturas e atrativos no campo visual, são alguns fatores que se bem empregados, podem elevar a qualidade do espaço. Além disso, a luz natural em ambientes de trabalho tem sido o fator chave para satisfação e ergonomia nestes ambientes. O dinamismo da visão do usuário envolve questões subjetivas, e pode influenciar na apropriação visual, na adaptação do sistema visual e nos níveis de tolerância com relação aos brilhos.

Analisar a influência da direção da visão, o tempo de permanência de visualização, avaliar a probabilidade de ofuscamento, e a inclusão da percepção do usuário foram os principais objetivos da pesquisa. Com os dados levantados pretende-se contribuir às análises de campo visual com padrões de visão e apropriação do espaço pelo usuário dinâmico, e também nas disposições de layout e projetos de ambientes de escritório.

5.1.1 Conclusões acerca da metodologia

A metodologia empregada foi complexa, porém, ao incluir determinadas etapas obtiveram-se dados mais confiáveis e a possibilidade de expandir os resultados. O fato dos experimentos acontecerem em ambientes reais, aproximou os resultados da realidade dinâmica e permitiu a correlação destes com a satisfação dos participantes. Os ambientes foram escolhidos em função das diferentes possibilidades de campo visual e relação com as aberturas, apresentando os equipamentos tradicionais de ambientes de escritório. Como se tratava de ambientes reais, a convivência com a rotina diária dos usuários era indispensável e a dinâmica dos espaços foi mantida ao máximo, o que influenciou na preparação dos monitoramentos.

A inclusão da tecnologia *eye-tracking* neste estudo permitiu caracterizar a direção da visão como a mudança da posição dos olhos, da cabeça e do corpo, fazendo com que os dados extraídos da mudança de direção, permanência e visualização fossem mais precisos e confiáveis. Os vídeos coletados foram analisados separadamente, gerando dados extensos, onde apenas alguns foram selecionados para a análise final dos resultados. A marcação da trajetória do olhar sobreposta a uma imagem referencial, foi realizada de maneira manual no programa *Be Gaze*, para os 28 participantes.

O emprego da técnica HDR, com a sequência de fotos agrupadas no programa Aftab, permitiu obter o mapeamento das luminâncias mais preciso e rápido, além de especificar o DGP de cada cena. A partir das mesmas imagens, porém tratadas no programa Photosphere, foi possível rodar o algoritmo no programa Matlab, obtendo valores para o Contraste Espacial Modificado (mSC). Esta análise foi dificultada pela complexidade das informações das imagens reais.

Os questionários facilitaram a coleta dos dados subjetivos, porém no decorrer das análises sentiu-se a necessidade de envolver outros temas nas perguntas, como a questão do contraste. O número de participantes, apesar de pequeno, foi suficiente para obter recorrências, possibilitando o cuidado em perceber detalhes das atitudes comportamentais de cada participante. Apesar da determinação da ordem das tarefas a serem executadas ter sido de extrema importância, sentiu-se a necessidade de maior delimitação do tempo de execução para cada uma. Optou-se por não intervir durante a execução das tarefas, porém o fato de cada participante levar um determinado tempo para executá-las, resultou em possibilidades diferentes de apropriação visual.

5.1.2 Conclusões acerca das características da apropriação visual

A apropriação visual do grupo amostral variou principalmente conforme as tarefas executadas. Aquelas que continham um plano de trabalho fixo, como o monitor, o papel e o teclado, tiveram a direção da visão voltada para os mesmos. Nos momentos de pausa e reflexão, a visão se tornou dispersa, e a vista externa, visualizada através das aberturas, e o plano de fundo, foram os elementos mais procurados no campo da visão. Ao falar ao telefone, grande parte dos participantes fixou diferentes áreas do campo visual, apropriando-se da vista externa e de elementos atrativos do ambiente, como as colagens nas paredes. Nestes momentos, verificou-se que a tolerância dos participantes com relação aos brilhos ou contrastes excessivos, se ampliava. O descanso e os atrativos que a vista externa

proporciona, foram os prováveis responsáveis para que os participantes buscassem estas vistas, mesmo com níveis elevados de luminância. Porém, o acesso a paisagem não foi comum a todos os participantes. Determinadas posições de ocupação exigiam um deslocamento maior do corpo ou da cabeça para o acesso a paisagem através das aberturas, o que reduziu a frequência de visualização. No entanto, na Posição 03, alguns participantes preferiram ter o seu corpo deslocado para visualizar a vista externa através da janela 2, tendo acesso à paisagem externa com valores menores de luminância dos que os provenientes da janela 1, localizada no plano de fundo. No geral, as superfícies mais visualizadas eram compostas por níveis de luminâncias relativamente baixos, porém, ao acessar a vista externa, muitos participantes foram expostos a níveis elevados de luminância (acima de 10.000cd/m^2). Aparentemente, esses níveis elevados de luminância foram tolerados por alguns participantes, no entanto, em alguns casos em que eram extremos, foram evitados.

Foi possível identificar que a posição de análise 02 foi a que mais gerou insatisfações por parte dos participantes. Esta posição também foi responsável pelos maiores valores do DGP e por cenas consideradas excitantes no mSC. A proximidade com a abertura lateral esquerda, os reflexos dos brises externos pintados de branco, a pequena distância entre o participante e a parede frontal, e a localização da segunda abertura atrás do participante, são aspectos importantes do layout que certamente levaram às insatisfações com a legibilidade da tela e com a aparência visual do ambiente nesta posição. As Posições 05 e 06, onde a janela conformava todo o plano de fundo, também apresentou insatisfações com relação à privacidade e concentração. Neste caso, por causa das películas, a insatisfação com os níveis elevados de luminância foi limitada. Entretanto, a luz artificial permanece ligada neste ambiente durante todos os horários, sem aproveitar a capacidade da iluminação natural. Os dados subjetivos, obtidos através da aplicação de questionários, foram aparentemente mais sensíveis ao brilho do que os dados medidos. Os maiores valores para o DGP foram das direções voltadas para as aberturas, no período da manhã.

A inclusão do usuário dinâmico, com a finalidade de considerar as diferentes direções da visão, foi essencial para perceber a real apropriação do campo visual de cada participante, permitindo também, responder à pergunta de pesquisa: “Qual relevância do tempo de visualização e da direção do olhar na probabilidade de ofuscamento em um ambiente de escritório?”. Ao realizar a ponderação do índice DGP, conclui-se que o tempo de visualização foi a grandeza de maior influência, estando diretamente ligado ao tipo de tarefa executada. O tempo de visualização

pode ser responsável tanto por regular os níveis de tolerância com relação ao brilho, como ser suficiente para uma adaptação, onde as superfícies deixam de ser incômodas. O fato do maior tempo de visualização de uma cena não ser necessariamente para a cena com menor DGP, aponta para discussões com relação ao modelo adaptativo, criado por Jakubiec e Reinhart (2011). Neste modelo, apesar de incluir a direção da visão do usuário como dinâmica, considerou-se que a maior preponderância da visão seria para a direção com menor índice de probabilidade de ofuscamento. Neste experimento, com este grupo amostral, esta situação não ocorreu. As cenas mais visualizadas foram as centrais, onde muitas vezes foram classificadas com DGP maior do que as cenas laterais, sendo que esta permanência foi influenciada pelo tipo de tarefa executada. O mSC ponderado também foi influenciado pelo tempo de visualização da região central. Ressalta-se que as cenas excitantes foram apreciadas pela maioria dos participantes. Com relação ao conteúdo da cena, apesar de pouca influência direta nos cálculos dos índices de ofuscamento, está diretamente relacionada à satisfação e bem-estar do usuário com relação ao ambiente.

Os objetivos, com seus respectivos procedimentos metodológicos e os principais resultados alcançados, estão organizados no Quadro 15:

Quadro 13 – Objetivos e resultados alcançados

OBJETIVOS ESPECÍFICOS	MÉTODO	RESULTADOS
Definir padrões de visão e apropriação visual do espaço, considerando a tarefa realizada, a visão ao exterior e o layout;	Monitoramento com óculos <i>Eye-Tracker</i> , aplicação de questionários	A visão tende a estar voltada para a direção que compreende o plano da tarefa. As aberturas e outros elementos do plano de fundo foram procurados nos momentos de reflexão e ao falar no telefone, porém, com maior frequência quando tinham acesso facilitado.
Analisar as luminâncias das superfícies e correlacionar com a direção, com o tempo de visualização e com o conteúdo da cena;	Imagens HDR, <i>Eye-Tracker</i>	Como era esperado, as aberturas e seu entorno, foram as superfícies que apresentaram as maiores luminâncias. Apesar disto, aparentemente, a tolerância dos participantes se amplia ao visualizar uma cena externa.
Incluir o usuário ativo – direção da visão – nos índices de probabilidade de ofuscamento que consideram uma direção de visão fixa.	Cálculo matemático ponderação da equação índice DGP	A ponderação realizada mostra que a principal grandeza de impacto no cálculo é o tempo de visualização. Como a direção mais visualizada foi a direção central, o DGP ponderado tornou-se mais próximo deste valor.
OBJETIVO GERAL - Avaliar as influências temporais de visualização, direcionais do olhar e conteúdo da cena observada na probabilidade de ofuscamento em ambientes de escritório com usuários dinâmicos		

5.1.3 Diretrizes Projetuais

Assim como outros estudos similares, esta pesquisa, seus resultados e conclusões são direcionados a três grupos principais de interesse: o primeiro, composto pelos arquitetos e engenheiros interessados em projetar edifícios de escritórios com maior desempenho lumínico e satisfação dos usuários; o segundo, é o grupo de clientes dispostos a exigir a qualidade interna dos seus espaços de trabalho, visando o bem-estar de seus trabalhadores e a produtividade e; em terceiro, pesquisadores que buscam o desenvolvimento acadêmico, gerando novos conhecimentos e descobertas. De certa forma, as maiores contribuições são com relação a organização de layout e sobre a forma como a luz se distribui no espaço interno. Verifica-se a importância das aberturas para o descanso e relaxamento dos olhos, porém aponta-se para a necessidade de controle do brilho das cenas e das informações que são obtidas através delas. As porções mais brilhantes, geralmente acompanhadas da visualização de parte do céu, os reflexos em partes do edifício ou do entorno e a necessidade de privacidade ou concentração em uma tarefa, fazem com que seja importante o uso de elementos

controlados pelos usuários e/ou anteparos reflexivos internos e externos. O fato de 100% dos participantes perceberem a importância das janelas, e preferirem ambientes de trabalho com aberturas, pode direcionar diretrizes projetuais que consideram esta fonte de luz, a subjetividade e a apropriação visual dos espaços. Porém, da maneira como as aberturas estavam dispostas em algumas posições do estudo, estas foram menos apropriadas pela visão dos participantes. As posições no layout que tiveram maior interação com as aberturas, foram as que apresentaram as aberturas como plano de fundo ou que possuíam paisagens externas com menores valores de luminância.

Sugere-se posicionar as aberturas próximas das bancadas de trabalho, de forma a contribuir para a iluminação, evitando situações como na Posição 04, onde os níveis eram baixos e houveram insatisfações. Deve-se evitar, também, o caso da Posição 02, com abertura nas costas dos usuários, pois esta aumentou consideravelmente o reflexo na tela do monitor, dificultando a leitura. A maior atenção deve ser dada para a iluminação dos planos das tarefas, já que a permanência sobre estes é maior. Porém, ressalta-se a importância de pensar tanto nos planos verticais como horizontais. Incluir atrativos pontuais para a visão, dando possibilidades de descanso e relaxamento aos usuários também é um fator importante para elevar a satisfação. A qualidade da vista externa é um dos elementos de difícil controle, porém a utilização de elementos da natureza pode auxiliar na aparência visual do ambiente.

Tendo em vista os dados levantados seguem abaixo diretrizes projetuais que podem ser aplicadas a ambientes de escritório:

- Organizar as aberturas de acordo com a sua função (ver e iluminar), pode ampliar o bem-estar dos usuários: definir aberturas superiores para a entrada de luz, tendo o teto como elemento reflexivo e distribuidor da luz e; definir aberturas na altura dos olhos dos usuários sentados, para que seja possível a visualização da paisagem externa;

- Limitar a visualização do céu, fonte de maior brilho, com o tamanho das aberturas/ou anteparos internos e externos;

- As características das regiões na altura dos olhos dos ocupantes sentados devem ser escolhidas com cuidado, pois foram as áreas mais acessadas visualmente. Nesta altura, sugere-se atrativos pontuais e materiais não refletores de luz;

- Evitar aberturas atrás dos usuários ocupantes, pois o brilho que provém destas fontes de iluminação natural pode interferir na visualização da tela do monitor, que foi considerado o plano de trabalho mais utilizado;

- O controle gradual dos circuitos da iluminação artificial a partir da iluminação natural que provém das aberturas;
- Evitar postos de trabalho que contenham em todo o plano de fundo das tarefas, aberturas do piso ao teto, sem proteções. Além do brilho intensificado, evita-se desconcentração e falta de privacidade.

5.2 CONSIDERAÇÕES GERAIS

5.2.1. Limitações da pesquisa

No decorrer da pesquisa algumas limitações metodológicas e outras da realidade experimental, influenciaram no andamento da pesquisa e na análise dos resultados. Estas limitações estão expostas a seguir:

Com relação ao *Eye-Tracker*:

- O número das amostras foi reduzido em função do tempo de análise dos vídeos obtidos através da ferramenta de monitoramento Eye-tracker;
- Houve partes que os óculos eye-tracking não gravaram o rastreamento do olhar, e também partes em que os participantes olharam pelas bordas da lente, onde os óculos não captaram as informações;
- O tempo para análise dos vídeos foi prolongado em função da falta de determinação de tempo máximo para execução de cada tarefa.

Com relação à Técnica HDR:

- O número de direções foi estipulado em somente três direções para que facilitasse as fotografias e para que fossem realizadas de forma simultânea à realização das tarefas;
- O tempo para coletar as imagens HDR era relativamente alto, resultando em agrupamentos.

Com relação ao Espaço Físico:

- Os ambientes dos experimentos foram reais, contendo a rotina diária da sala;
- Na sala do E02 foram instaladas películas no meio do processo, reduzindo os valores elevados que eram esperados para análise comparativa.

5.2.2 Sugestões para Pesquisas Futuras

A partir deste estudo, sugerem-se temas para pesquisas futuras, que podem complementar os resultados obtidos e continuar as análises realizadas:

- A metodologia pode ser aplicada a outros ambientes, com diferentes características e disposições no layout e com um número de amostras maior;
- A análise do Contraste Espacial Modificado pode ser realizada de maneira mais aprofundada, com adaptação do conceito para imagens reais, não renderizadas;
- Os óculos permitem além da inclusão da direção da visão, extrair dados fisiológicos do usuário, como por exemplo a dilatação das pupilas e o número de piscadas. Estes dados podem ser o caminho para futuras pesquisas que relacionam os efeitos do campo visual nas reações comportamentais de adaptação do observador. Esta tecnologia abre portas para a inclusão de novos parâmetros e métodos de medição em pesquisas.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABNT NBR/CIE 8995-1. Iluminação de Ambientes de Trabalho. Parte 1 - Interior.2013

AFTAB Alpha 2.1.0. Software por Majid Miri e Elmia Ashtari. Outubro de 2015. Stockholm, Sweden. Disponível em: <www.aftabsoft.net/>. Acesso em: 10 de agosto de 2016.

ALTOMONTE, Sergio; KENT, Michael; TREGENZA, Peter; WILSON, Robin. **Task Difficulty, Temporal Variables and Glare Response**. Conference Paper. PLEA, 32nd International Conference on Passive and Low Energy Architecture. Cities, Buildings, People - Towards Regenerative Environments, pp. 304-310, Los Angeles, 2016.

AMUNDADOTTIR, Maria L.; ROCKCASTLE, Siobhan; KHANIE, Mandana Sarey; ANDERSEN, Marilyne. **A human-centric approach to assess daylight in buildings for nonvisual health potential, visual interest and gaze behavior**. Building and Environment 113, 2017, p. 5-21

ANDERSEN, Marilyne. **Building Occupants in the spotlight**. Daylight and Architecture Magazine by Velux Group - Daylight as a driver of change. Issue 24, 2015. p. 67-71

ANDERSEN, Marilyne. **Daylight Symposium presentation - VELUX**. Londres, 2015. Disponível em: <<http://thedaylightsite.com/symposium/2015-2/presentations/>>. Acesso em: 25 de agosto de 2016

ANDERSEN, Marilyne. **Unweaving the human response in daylight design**. Building and Environment, volume 91, Setembro de 2015. p. 101-117

BARBETTA, Pedro Alberto. **Estatística aplicada às ciências sociais**. Editora UFSC, 9ª edição revisada. Florianópolis, 2015.

BAKER, N.; FANCHIOTTI, A; STEEMERS K.. **Daylighting in architecture. A European Reference Book**. Published for the commission by - James & James. London, 1993.

BERGSTROM, Jennifer Romano; SCHALL, Andrew Jonathan. **Eye tracking in user experience design**. Elsevier, 225 Wyman Street, Waltham, MA 02451, USA, 2014.

BOYCE, Peter; HUNTER, Claudia; HOWLETT, Owen. **The benefits of daylight through windows**. Lighting Research Center, Rensselaer Polytechnic Institute. Setembro, 2003.

BOYCE, P. R.; EKLUND, N. H.. **An Evaluation of Office Lighting Options**. Rensselaer Polytechnic Institute. Troy, New York, 1996

CIBSE. **The SLL Code for Lighting**. London, Julho, 2012.

CLEAR, RD. **Discomfort glare: What do we actually know?** Lawrence Berkeley National Laboratory, Berkeley, CA, USA. Lighting Research Technology. 2012, p. 1-18.

DAY, Julia; THEODORSON, Judy; WYMELENBERG, Van Den. **Understanding controls, behaviors and satisfaction in the daylit perimeter office: A daylight design case study**. Interior Design Educators Council, Journal of Interior Design, Volume 37, Issue, 1, 2012. p. 17-34.

DEBEVEC, Paul E.; MALIK, Jitendra. **Recovering High Dynamic Range Radiance Maps from Photographs**. SIGGRAPH'97, Proceedings of the 24th annual conference on Computer graphics and interactive techniques, New York, 1997, p. 369-378.

DIVA for RHINO 3.0. Disponível em: <<http://www.solemma.net/DIVA-for-Rhino/DIVA-for-Rhino.html>>. Acesso em: 26 de junho de 2016.

DALTON, K.M.; NACEWICZ, B.M.; JOHNSTONE, T.; SCHAEFER, H.S.; GERNSBACHER, M.A.; GOLDSMITH, H.H.; ALEXANDER, A.L.; DAVIDSON, R.J. **Gaze fixation and the neural circuitry of face processing in autism**. Nature Neuroscience. Volume 8, Issue 4, April 2005, p. 519-526

DRUSCH, Gautier Druscha; BASTIENA, J. M. Christian. **Analyzing Web pages visual scanpaths: between and within tasks variability**. France. Work 41 (2012) p.1559-1566

FOTIOS, S. Research Note: Uncertainty in subjective evaluation of discomfort glare. *Lighting Research Technology*, Vol.47, 2015. p. 379-383.

GOBBI, A. G.; CATECATI, T.; MERINO, E. A. D.; MERINO, G. S. A. D.; FERREIRA, M. G. **Uso do Eye Tracking para medição da satisfação para testes de usabilidade em Interfaces Web.** 16 ° ERGODESIGN/USICH. Blucher, Florianópolis, 2017.

GUTH, SK. **Light and comfort.** *Indust Med Surg* 1958;27:570–4.

HELLINGA, H. I. Daylight and View: The Influence of Windows on the Visual Quality of Indoor Spaces. Tese de Doutorado, 2013. 353 p.

HESCHONG MAHONE GROUP. **Office daylighting potential. Task 3 of the PIER Daylighting Plus Research Program.** Public Interest Energy Research (PIER) Program Final project report. Janeiro, 2013

HOPKINSON, R.G. **Glare from daylighting in buildings.** *Applied Ergonomics*, 1972, volume 3.4, p. 206-215.

IES LM 83-12. Approved Method. IES Spatial Daylight autonomy (sDA) and annual sunlight exposure (ASE). The daylight Metrics Committee, Outubro, 2012.

IESNA – Illuminating Engineering Society of North America. **Lighting Handbook: Reference and application.** 9th ed. New York, 2000.

INANICI, M. Evaluation of high dynamic range photography as a luminance data acquisition system. *Lighting Research Technology*. 38,2, 2006. p. 123-136.

JAKUBIEC, J. Alstan; INANICI, Mehlika, WYMELENBERG, Kevin G. Van Den, MAHIC, Alen. **Improving the Accuracy of Measurements in Daylit Interior Scenes Using High Dynamic Range Photography.** Conference Paper, PLEA. Los Angeles, Julho, 2016. p. 665-672.

JAKUBIEC, J. Alstan; INANICI, Mehlika. **Introduction to high dynamic range photography**. Conference presentation, PLEA. Los Angeles, Julho, 2016.

JAKUBIEC, J. Alstan; REINHART, Christoph. **The “adaptive zone” – a concept for assessing glare throughout daylight spaces**. Proceedings of Building Simulation. 12th Conference of International Buildings Performance Simulation Association, Sydney, 14-16 Novembro, 2011. p. 2178-2185.

KHANIE, M.S.; JIA Yiyuan; WIENOLD J.; ANDERSEN M. **A sensitivity analysis on glare detection parameters**. Conference Paper, BS 2015: 14th International Conference of the International Building Performance Simulation Association, Hyderabad, December 7-9, 2015

KHANIE, M.S.; STOOL J.; EINHAUSER W.; WIENOLD J.; ANDERSEN M. **Gaze-driven approach for estimating luminance values in the field of view for discomfort glare assessments**. Conference Paper. 28th CIE Session., Manchester, UK, June 29 - 4 July, 2015.

KHANIE, M.S.; STOOL, J.; MENDE, S.; WIENOLD, J.; EINHAUSER, W.; Andersen, M. Investigation of gaze patterns in daylight workplaces: using eye-tracking methods to objectify view direction as a function of lighting conditions. Proceedings of CIE Centenary Conference "Towards a New Century of Light", p. 250-259, Vienna, Austria - CIE Central Bureau, 2013

KHANIE, M.S.; ANDERSEN, M.; HART, B.M't.; STOLL, J.; EINHAUSER, W. **Integration of Eye-tracking Methods in Visual Comfort Assessments**. Conference Paper, CISBAT 11 - CleanTech for Sustainable Buildings - From Nano to Urban Scale, Lausanne, Switzerland, September, 2011.

KHANIE, M.S.; STOLL J.; MENDE, S.; WIENOLD, J.; EINHAUSER, W. **Uncovering relationships between view direction patterns and glare perception in a daylight workspace**. Conference Paper, LUXEUROPA, Krakow, Poland, September, 2013

KIM, Wonwoo; HAN, Hyunjoo; KIM, Jeong Tai. The position index of glare source at the borderline between comfort and discomfort (BCD) in the whole visual field. *Building and environment* 44, 1017-1023. 2009

LAMBERTS, Roberto; DUTRA, Luciano; PEREIRA, Fernando O.R.. **Eficiência Energética na Arquitetura**. 3º edição. Eletrobras/Procel. Rio de Janeiro, 2014.

MARDALJEVIC, J. **Daylight, Indoor Illumination, and Human Behaviour**. *Sustainable Built Environments*. New York, 2013. p. 69-111.

MATLAB. Desenvolvido por Mathworks. Disponível em: <<https://www.mathworks.com/product/ltc/matlab.html>> Versão Demo: R2017a, 2017.

MEEK, C. M.; WYMELENBERG, Kevin G. Van Den. **Daylight design in the Pacific Northwest**. 2012. 192 p.

MOORE, F. **Concepts and practice of architectural daylighting**. New York - Van Nostrand Reinhold, 1991. 304 p.

OSTERHAUS, Werner K. E.. Discomfort glare assessment and prevention for daylight applications in office environments. *Solar Energy*, volume 79, Issue 2, agosto, 2005. p.140-158.

PHOTOLUX. **Manual do software Photolux**. Disponível em: <<http://www.photolux-luminance.com>>. Acesso em: 29 de setembro de 2016.

PHOTOSPHERE versão 2.0.0. Desenvolvido por Greg Ward e Leta Eydelberg. 2014. Disponível em: <www.anywhere.com>

REINHART, Christoph F.; MARDALJEVIC, John; ROGERS, Zack. **Dynamic Daylight Performance Metrics for Sustainable Building Design**. *LEUKOS: The Journal of the Illuminating Engineering Society of North America*, volume 3, número 01, Julho 2006. p. 7 – 31.

RODAS, Cecilio Merlotti; BORSETTI, Silvana Aparecida; VIDOTTI, Gregorio Vidotti,

MONTEIRO; Silvana Drumond. Interface de busca do google e yahoo: a experiência do usuário sob o olhar do eye tracking. Inf. & Soc. -Est., João Pessoa, v.26, n.2, 2016. p. 37-50.

ROCKCASTLE, S.. **Daylight Variability and Contrast-Driven Architectural Effect**. Master Thesis. Massachusetts Tecnology. Junho, 2011.

ROCKCASTLE, S.; AMUNDADOTTIR, ML.; ANDERSEN, M. **Contrast measures for predicting perceptual effects of daylight in architectural renderings**. Lighting Research and Technology, 15 de abril, 2016. 26 p.

SALVUCCI, Dario D.; GOLDBERG, Joseph H. **Identifying Fixations and Saccades in Eye-tracking Protocols**. Proceedings of the eye tracking Research and Applications Symposium, New York, 2000. p. 71-78.

SCHNEIDER, Erich; VILLGRATTNER, ThomaS; VOCKEROTH, Johannes; BARTL, Klaus; KOHLBECHER, Stefan; BARDINS, Stanislavs; ULBRICH, Heinz; BRANDTA, Thomas. **EyeSeeCam: An Eye Movement–Driven Head Camera for the Examination of Natural Visual Exploration**. Basic and Clinical Aspects of Vertigo and Dizziness: Ann. N.Y. Acad. Sci. 1164: 461–467 (2009). Doi: 10.1111/j.1749-6632.2009.03858.x C _ 2009 New York Academy of Sciences.

SUK, Jae Yong; SCHILER, Marc. Investigation of Evalglare Software, Daylight Glare Probability and High Dynamic Range Imaging for Daylight Glare Analysis. Lighting Research and Technology, volume 45, número 4, Julho, 2012. p. 450-463.

VÁSQUEZ, N. G.; PEREIRA, F. O. R.; MORAES, L. N.; PIRES, M. O. **Proposta de um procedimento alternativo para avaliar o ofuscamento: uma abordagem temporal da direção da visão**. Ambiente Construído, Porto Alegre, v.16, n.1. p. 143-161, janeiro/março 2016.

VÁSQUEZ, Natalia Giraldo. Ensaio de caracterização dos campos visuais de crianças em salas de aula: identificação dos componentes

arquitetônicos de maior influência. Dissertação de Mestrado. Florianópolis, 2011. 207 p.

TABLEAU. **Software de gráficos.** Disponível em: <<http://www.tableau.com/pt-br>>. Acesso em: 05 de agosto de 2016.

TURNER, Jayson; BULLING, Andreas; GELLERSEN, Hans. **Extending the Visual Field of a Head-Mounted Eye Tracker for Pervasive Eye-Based Interaction.** ETRA, Santa Barbara, CA, 2012. p. 269-272.

TUAYCHAROEN, N.; TREGENZA, P. **Discomfort Glare from Interesting Images.** Lighting Research and Technology, v. 37, n. 4. p. 329-341, Agosto, 2005.

TUAYCHAROEN, N.; TREGENZA, P. **View and Discomfort Glare from Windows.** Lighting Research and Technology, v. 39, n. 2. p. 185-200, 2007.

WIENOLD, Jan; CHRISTOFFERSEN, Jens. Evaluation methods and development of a new glare prediction model for daylight environments with the use of CCD cameras. Energy and buildings, volume 38, Issue 7, Julho, 2006. p. 743-757.

WIENOLD, Jan. **Dynamic Daylight Glare Evaluation.** Eleventh International IBPSA Conference. Glasgow, Scotland, Julho, 2009. p. 944-951.

WIENOLD, Jan. **Daylight Glare analyses and metrics.** International Conference Workshop, 2013. Disponível em: < https://www.radiance-online.org/community/workshops/2013-golden-co/wienold_glare_rad_ws2013.pdf >. Acesso em: 24 de outubro de 2016

WYMELENBERG, Kevin G. Van Den. **Daylight dialect.** Archit Light. 2008. p. 28-29

WYMELENBERG, Kevin G. Van Den. **Visual comfort, discomfort glare, and occupant fenestration control: Developing a research agenda.** LEUKOS - The Journal of the Illuminating Engineering Society of North America, volume 10, issue 4, 2014. p. 207-221.

WYMELENBERG, Kevin G. Van Den; INACINI, Mehlika; JOHNSON, Peter. **The effect of luminance distribution patterns on occupant preference in a daylit office environment.** LEUKOS - The Journal of the Illuminating Engineering Society of North America, volume 7, issue 2, Outubro, 2010. p.103-122

APÊNDICE A – Estudo Piloto

Para verificar como e quais tarefas de escritório seriam monitoradas nos ambientes experimentais, optou-se por realizar um estudo piloto. Este estudo encontra-se de forma resumida neste apêndice, com a finalidade de registrar e caracterizar as escolhas e procedimentos adotados para esta pesquisa. O estudo piloto também teve como objetivo averiguar o procedimento das fotos HDR, o manuseio com óculos *eye tracker*, verificar a abordagem através de questionários com os usuários participantes e as direções de visão mais frequentes de cada posição. O estudo piloto foi realizado no ambiente do estudo de caso 01, no dia 11 de outubro de 2016. O céu se encontrava encoberto (Figura 1).

Figura 1 - Condições do céu encoberto, 11 de outubro de 2016



O monitoramento foi realizado com 6 usuários participantes nas quatro posições pré-estabelecidas, destacadas na Figura 2. Os monitoramentos das posições 02 e 03 foram feitos com dois participantes cada. Para cada posição de ocupação foram definidas algumas direções de visões, consideradas as mais habituais, para serem, inicialmente, a direção de foco da câmera para as imagens HDR (Figura 3). Essas direções foram certificadas depois da análise dos dados dos óculos *Eye Tracker*.

Figura 2 - Posicionamento dos participantes do estudo piloto

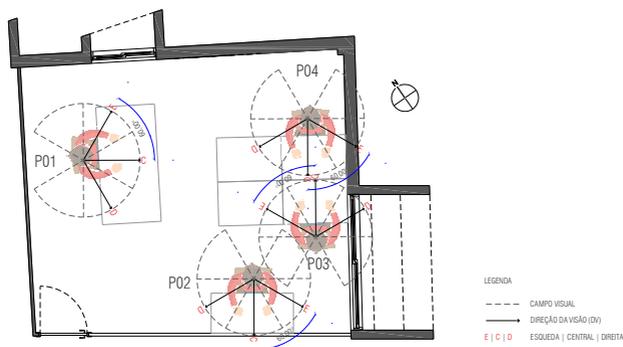
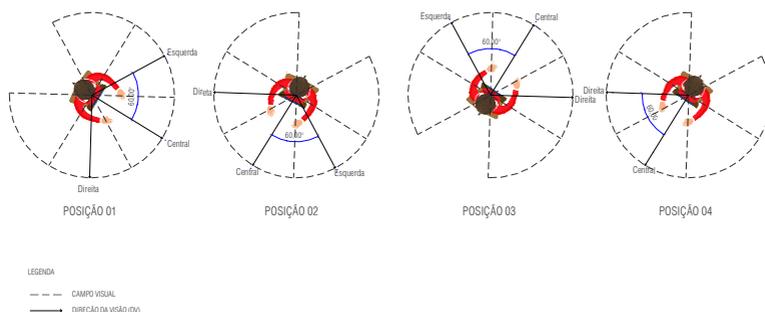


Figura 3 - Direções de visão para cada posição



Os monitoramentos foram iniciados com o ajuste da cadeira, verificação da altura da tela do monitor e com uma breve explicação ao participante sobre as atividades que seriam realizadas. Foram realizadas as 4 principais tarefas de escritório - leitura no monitor, digitação, leitura e escrita no papel e atendimento ao telefone, sendo entregue ao participante o material pertinente à tarefa solicitada.

Para cada participante realizou-se então, a seguinte sequência de levantamento dos dados:

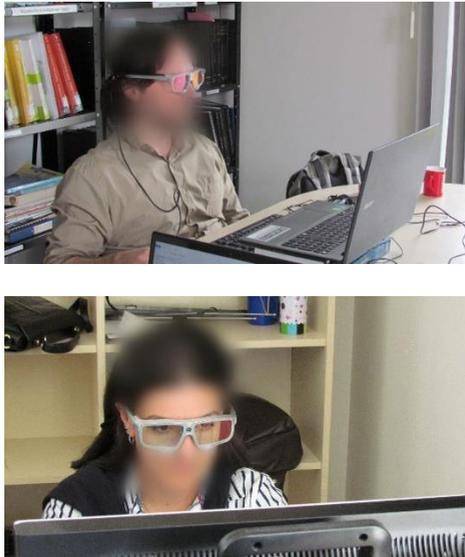
1. Aplicação do “Questionário avaliativo usuário”
2. Explicação das tarefas a serem realizadas;
3. Calibração dos óculos *Eye tracker*;
4. Realização das tarefas –
5. Aplicação do questionário avaliativo do ambiente

6. 1º Calibração HDR (luminância do papel cinza e iluminância vertical na lente);
7. 8 fotos para a direção de visão 1;
8. 2º Calibração HDR (luminância do papel cinza e iluminância vertical na lente);
9. Repetir as etapas 6,7 e 8 para cada direção de visão de cada posição;

RESULTADOS ESTUDO PILOTO

Os monitoramentos com os óculos *Eye Tracker* duraram em média, para cada usuário, 11 minutos, contando o tempo de calibração do instrumento e a execução das 4 tarefas propostas (Figura 4). Os usuários já se encontravam no ambiente, permitindo a adaptação visual prévia às condições de iluminação da sala. Segundo entrevista com os participantes, o uso do equipamento não atrapalhou na execução das tarefas.

Figura 4 - Participantes do Estudo Piloto com os óculos *Eye Tracker*



Através do software BeGaze foram exportados dois tipos de resultados dos monitoramentos. O primeiro, o caminho traçado pelo olho (Figura 5), que possibilita a avaliação de quais direções foram

visualizados, e o segundo, *HeatMap*, que permite a avaliação de quais regiões do campo de visão foram focadas por mais tempo (Figura 6).

Figura 5 -Exemplo do vídeo “caminho traçado pelo olho” Posição 02 – Be Gaze

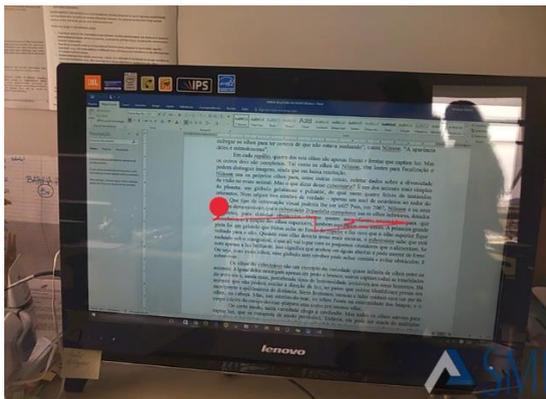
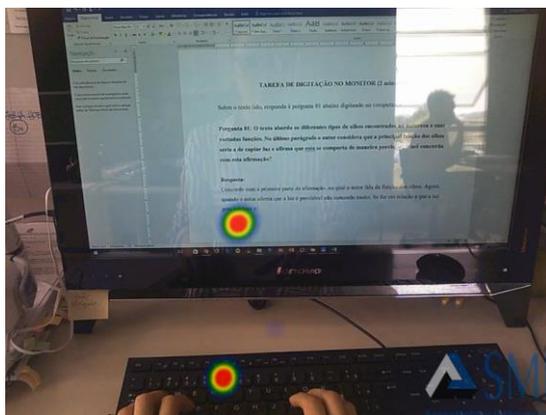


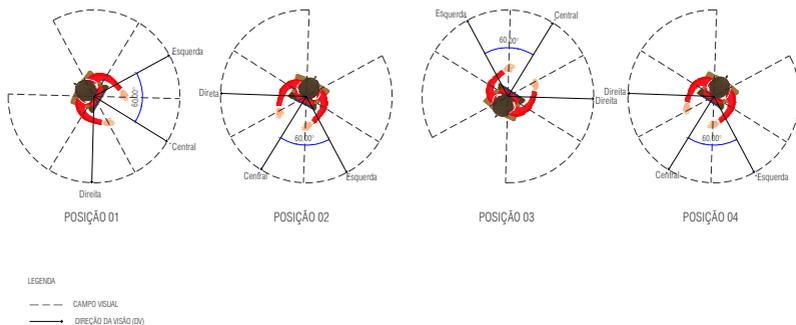
Figura 6 -Exemplo do “Mapa de foco” Posição 02– Be Gaze



Através do *HeatMap*, pode-se verificar as direções de visão mais usuais neste experimento, possibilitando análise comparativa com as direções pré-definidas para as imagens HDR. Foram considerados os períodos de fixações, para análise do caminho do olhar, já que as sacadas pouco participam do processo cognitivo (SALVUCCI, 2000). Para a posição 01, 02 e 03, foram confirmadas as direções de visão pré-estabelecidas. Já para a posição 04 foram confirmadas as duas direções de visão, uma perpendicular ao plano de tarefa e outra na direção da porta, e verificada a necessidade de adicionar uma terceira voltada para a parede

(Figura 7). Com isto, cada posição obteve três direções de visão, definidas com um ângulo de 60° a partir da direção perpendicular ao plano de tarefa.

Figura 7 - Direções de visão para as imagens HDR



Os primeiros monitoramentos com os óculos *Eye Tracker* ocorreram na posição 4 e em seguida na posição 1, nas quais foram realizadas as sequências de imagens das direções de visão para a montagem das fotos HDR. Como o tempo gasto com o procedimento foi maior do que o esperado, para as posições 2 e 3 não foram realizadas as sequências de imagens, verificando a necessidade de ajuste da metodologia. As fotos foram realizadas no período da tarde, às 13h40min para a posição 4, e às 14h20min para a posição 1. Nas duas situações a luz artificial estava desligada.

Devido a movimentações de pessoas na cena da foto e algumas dificuldades de calibração, optou-se por repetir o procedimento da sequência de imagens. Escolheu-se uma das posições (3) para aferir o processo de calibração. Realizou-se então, uma nova sequência de fotos no dia 21 de outubro, às 9:30 da manhã, com condição do céu encoberto similar ao dia do monitoramento (Figura 8).

Figura 8 - Condição de céu encoberto no dia 21 de outubro de 2016



Optou-se por exportar as imagens no formato .RAW para que as propriedades das fotos não fossem alteradas como no processamento do formato .JPEG e para que as altas luminâncias fossem lidas pelo software Aftab.

AJUSTES METODOLÓGICOS

Através do estudo piloto foram obtidos alguns direcionamentos para a pesquisa, sendo possível o ajuste de alguns procedimentos metodológicos. Primeiramente foi adicionada, por recorrência, uma nova direção de visão na posição 04. Também foram feitos ajustes no procedimento de tirada de fotos HDR. Após cada monitoramento com os óculos *eye tracker*, eram feitas as sequências de fotos para cada direção de visão. Este imediatismo fez com que o experimento durasse um tempo maior do que o esperado e, em função da quantidade de pessoas na sala, que as fotos ficassem com movimentações indesejáveis. Com isto, foi proposto que a sala, no momento do monitoramento, seja usada apenas pelo participante que esteja sendo monitorado. Após realizar as tarefas, o participante irá retirar-se da sala para que sejam feitas as fotos HDR o mais imediato possível do momento de monitoramento. Será proposto que sejam agrupados os monitoramentos de uma mesma posição num mesmo dia para, caso as mudanças nas condições do céu sejam pequenas, sejam retiradas menores quantidades de sequências de imagens HDR.

Com relação às configurações das fotos HDR, os níveis de velocidade de exposição previamente escolhidos não foram adequados para a situação daquele momento da sala. Foi ajustado no início do experimento para os seguintes valores: 4s, 1s, 1/2s, 1/8s, 1/30, 1/60, 1/250, 1/1000. E em um segundo momento para os valores: 1/2s, 1/8s, 1/30, 1/60, 1/250, 1/1000, 1/4000, 1/8000. Sabe-se que estes valores

irão variar em função da luminosidade fornecida pela cena, sendo escolhidos de acordo com a variação de exposição.

Os participantes do estudo piloto consideraram as tarefas realizadas bem representativas de ambiente de escritório. Contudo, sugeriram a troca do texto lido para algum com mais fácil leitura, assim como as perguntas referentes a ele. Devido à concentração constante do olhar para a tela do computador durante a realização das tarefas, foi alterado o procedimento adotado. Neste novo procedimento cada tarefa realizada foi dividida em 3 fases (Entrada, pensamento e interação), e o monitor deverá ser desligado em determinados momentos (Quadro 1). Este procedimento foi adotado de forma similar por Khanie *et al*, 2015, sendo esta pesquisa utilizada como apoio para estas definições. A duração média de cada tarefa será de 3 minutos, incluindo as 3 fases propostas, totalizando, em média, 9 minutos de monitoramento por participante.

Quadro 1 - Sequência das Tarefas

Tarefas (3min cada)	Fases (1min cada)		
	Entrada	Pensamento	Interação
Leitura e escrita no monitor	Ler o texto e a pergunta	Desligar o monitor e	Digitar a resposta
		refletir sobre o tema	
Desligar o monitor			
Leitura e escrita no papel	Ler a pergunta	Refletir sobre a pergunta	Escrever a resposta
Falar ao Telefone	Atender o telefone	Escutar o locutor	Falar com o locutor

Segundo participantes do experimento e outros colaboradores, o questionário continha algumas questões repetitivas e que ampliavam muito as possibilidades de resposta. Para análise estatística esta situação iria diminuir a precisão dos resultados. Fez-se as alterações necessárias dos questionários para a continuidade da pesquisa. Com relação aos dados obtidos com os óculos *eye tracker*, verificou-se a necessidade de conhecimento mais aprofundado do software Begaze para ajuste prévio dos parâmetros de monitoramento, simplificando a obtenção dos dados e os resultados estatísticos dos vídeos gravados.

APÊNDICE B - Questionário Avaliativo sobre o Participante

Data

.....

Nome

.....

Idade

.....

Formação / Ocupação

.....

Você possui algum tipo de deficiência Visual? () Sim () Não

Caso a resposta a cima seja sim, defina sua deficiência visual e responda as questões abaixo:

Miopia, hipermetropia, astigmatismo, daltônico, foto sensível?

.....

Quantos graus?

.....

Você usa óculos ou lente de contato?

.....

.....
Assinatura de consentimento de participação da pesquisa e divulgação dos resultados

APÊNDICE C - Roteiro das Tarefas de Monitoramento

Desde já obrigada pela sua participação no acúmulo de dados desta pesquisa. Para que sejam levantados os dados necessários será seguido o roteiro de atividades apresentado abaixo. Serão desenvolvidas 3 tarefas básicas de escritório, sendo que cada uma foi dividida em 3 fases: entrada, pensamento e interação (Quando 1). As tarefas devem ser realizadas com a finalidade de recriar um ambiente de escritório, sendo os movimentos os mais naturais possíveis, sem limitações de pausas. Lembrando que o conteúdo das respostas não se faz importante, mas sim, a apropriação visual do espaço.

Quadro 1 - Sequência das Tarefas

Tarefas	Fases		
	Entrada	Pensamento	Interação
1 - Leitura e escrita no monitor	Ler o texto e a pergunta	Desligar o monitor e refletir sobre o tema	Digitar a resposta
	Desligar o monitor		
2 - Leitura e escrita no papel	Ler a pergunta	Refletir sobre a pergunta	Escrever a resposta
	Esperar o telefone tocar		
3 - Telefonar	Atender o telefone	Escutar o locutor	Falar com o locutor

1 - A **primeira tarefa** será a leitura do texto apresentado na tela do computador. Após a leitura desligue o monitor e reflita sobre o texto lido. Em seguida ligue novamente o monitor e digite a resposta para a pergunta 01;

Desligue o monitor novamente e siga para a segunda tarefa:

2 – Na **segunda tarefa** o participante irá ler um outro texto e uma nova pergunta, agora em uma folha de papel, e em seguida irá refletir sobre o tema. Após refletir sobre o tema, o participante responderá à pergunta escrevendo na folha de papel;

3 - A **terceira tarefa**, consiste em uma conversa por telefone. Quando o telefone tocar, o participante deve atendê-lo e conversar com o locutor.

Após o término das atividades será solicitado ao participante o preenchimento do **questionário avaliativo** sobre as condições de iluminação deste ambiente com relação ao desenvolvimento das tarefas realizadas.

APÊNDICE D - Questionário Avaliativo sobre o Ambiente

		QUESTIONÁRIO AVALIATIVO USUÁRIO E AMBIENTE PARTE II	Dia: Hora: Nº:
1. Quais são as condições do céu agora?			
<input type="checkbox"/> Encoberto <input type="checkbox"/> Aberto com nuvens <input type="checkbox"/> Aberto sem nuvens			
2. Qual o lugar que você ocupa nesta sala?			
<input type="checkbox"/> 1 <input type="checkbox"/> 2 <input type="checkbox"/> 3 <input type="checkbox"/> 4			
			
3. Para você considerar um local de trabalho agradável ele deve:			
<i>(marque de 1 a 3, sendo 1 mais importante)</i> <input type="checkbox"/> Estar livre de ofuscamento (brilhos excessivos) <input type="checkbox"/> Estar livre de sombras <input type="checkbox"/> Apresentar nível de iluminação suficiente para realizar a tarefa <input type="checkbox"/> Apresentar janelas			
4. O quanto é importante para você ter uma janela no seu trabalho?			
<i>(marque com um X somente uma das respostas)</i> <input type="checkbox"/> Muito importante <input type="checkbox"/> Moderadamente importante <input type="checkbox"/> Não é importante			
5. Marque as 3 opções mais importantes para você, sobre as vantagens de ter uma janela no ambiente de trabalho.			
<i>(marque de 1 a 3, sendo 1 mais importante)</i> <input type="checkbox"/> Permite saber a hora do dia <input type="checkbox"/> Permite o calor entrar <input type="checkbox"/> Deixa você ver o que está acontecendo lá fora <input type="checkbox"/> Permite ventilação natural <input type="checkbox"/> Faz a sala parecer mais espaçosa <input type="checkbox"/> Possibilita entrada de luz <input type="checkbox"/> Possibilita descansar a visão			
6. Marque as 3 opções mais importantes para você, sobre as desvantagens de ter uma janela no ambiente de trabalho.			
<i>(marque de 1 a 3, sendo 1 mais importante)</i> <input type="checkbox"/> Deixa entrar muito calor no verão <input type="checkbox"/> Causa ofuscamento (brilhos excessivos) <input type="checkbox"/> Deixa entrar muito ar frio no inverno <input type="checkbox"/> Permite muita luz do sol			
7. Qual tipo de paisagem você prefere visualizar pela janela em um ambiente de trabalho?			
<i>(marque com um X somente uma das respostas)</i> <input type="checkbox"/> Urbana <input type="checkbox"/> Natural <input type="checkbox"/> Mista entre urbana e natural			

8. Por que você fecharia as cortinas neste ambiente de trabalho?*(marque com um X somente uma das respostas)*

- Muita luz
 Aumentar a concentração na atividade
 Privacidade
 Não fecharia

9. Qual das seguintes opções melhor descreve a vista externa da janela próxima a você neste momento?*(marque com um X somente uma das respostas)*

- Urbana
 Natural
 Mista entre urbana e natural

10. Como você considera a vista externa da janela próxima a você neste momento?*(marque com um X somente uma das respostas)*

- Agradável
 Desagradável
 Satisfatória

11. Classifique o ofuscamento (brilhos excessivos) percebido no momento da realização das tarefas desta pesquisa:

	Imperceptível	Notado (tolerável por 1 dia)	Perturbador (tolerável por 15, 30 minutos)	Intolerável
Leitura no monitor				
Leitura e escrita no papel				
Digitando				
Ao telefone				

12. Responda às questões abaixo de acordo com o nível de concordância sobre a afirmação:

	Discordo Totalmente	Discordo	Neutro	Concordo	Concordo Totalmente
Estou satisfeito como a aparência visual deste escritório					
Estou satisfeito com o brilho refletido das paredes e janelas					
Estou satisfeito com a quantidade de luz para trabalhar no computador					
Estou satisfeito com a quantidade de luz para ler e escrever no papel					
A tela do computador é legível e não possui reflexos					
A luz está bem distribuída					

OBRIGADA PELA SUA PARTICIPAÇÃO

Mestranda. Arq. Gabriela Silva Goedert

Fonte: Modelo traduzido e adaptado de BOYCE (1996), HESCHONG (2011) e Wymelenberg (2010)

APÊNDICE E - Algoritmo mSC MATLAB

```

Contraste Espacial Modificado
% Implemented 19.04.2016, MLA

% PYRAMID
% Compute Spatial Contrast on a hemisphere using a multistep method,
%run_multistep_SC_on_a_hemisphere_Ryerson_image
'HDR_central.hdr' 754 205 1954 1954
% where the image size is halved at each step.

%needs modified_SC_on_a_hemisphere.m

function          unused          =
run_multistep_SC_on_a_hemisphere_Ryerson_image(dir_name,  offx,
offy, lenx, leny)
close all

% Minimum resolution:
min_res = 60;

% Read in original image:
IMG = hdrread(dir_name);
offy = str2num(offy)+1;
offx = str2num(offx)+1;
lenx = str2num(lenx)+1;
leny = str2num(leny)+1;
IMG = IMG(offy:offy+leny,offx:offx+lenx,:);
imshow(IMG);

IMG_step1 = flipud(double(rgb2gray(IMG)))*255;
IMG_step1 = imresize(IMG_step1, [1200, 1200]);
[N1,M1] = size(IMG_step1);

% Half the image size until min_res:
step_count = 1;
N_half = ceil(N1/2); %height
M_half = ceil(M1/2); % width
while (N_half > min_res)
    step_count = step_count + 1;

```

```

eval(['IMG_step' num2str(step_count) ' = nan(N_half,M_half);'])
% eval(['IMG_step' num2str(step_count) ' = imresize(IMG_step'
num2str(step_count-1) ', 0.5, "bilinear");'])
eval(['IMG_step' num2str(step_count) ' = imresize(IMG_step'
num2str(step_count-1) ', 0.5);'])

% Reduce image size for next step:
N_half = ceil(N_half/2);
M_half = ceil(M_half/2);
end
% Compute spatial contrast:
for istep=1:step_count
eval(['each = IMG_step' num2str(istep) ';'])
% Apply a black mask to remove corners of fisheye:
mask = insertShape(ones(size(each, 1), size(each, 2), 3), 'FilledCircle',
[size(each, 1)/2 size(each, 1)/2 size(each, 1)/2], 'Color', 'black', 'Opacity',
1);
mask = mask(:,:,1);
each(mask==1) = NaN;
eval(['SC_step' num2str(istep) ' = '
modified_SC_on_a_hemisphere(each);'])
eval(['IMG_step' num2str(istep) ' = each;'])
end
%%
SC = round(SC_step5);

% Count non-nans:
Np = sum(sum(~isnan(SC)));
sum_SC = squeeze(sum(sum(SC(~isnan(SC)))));
modified_SC = sum_SC/Np
unused = modified_SC
%% EXAMPLE PLOT
% Overlay SC_step3 on IMG_step1

% addpath freezeColors
%
% Set contour levels:
zlevs = 10;

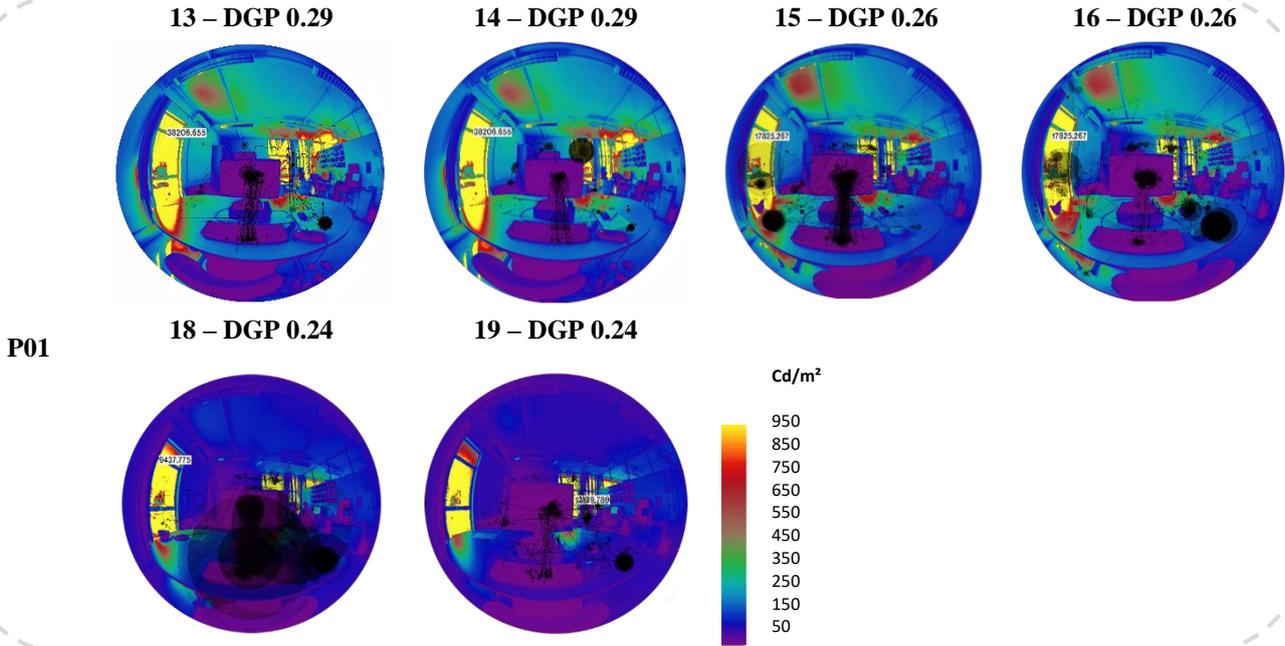
% Resize image for overlay:
SC_resized = imresize(SC_step5,ceil(N1/(N_half*2)));

```

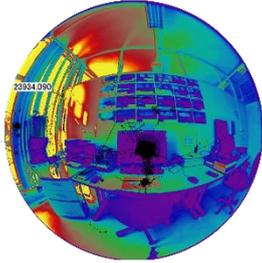
```
imshow(SC_step5/255.0);  
  
figure; hold on;  
colormap gray  
h1 = pcolor(IMG_step1);  
set(h1,'LineStyle','none')  
  
contour(SC_resized,zlevs,'Color','m','LineWidth',2)  
axis off  
axis square  
end
```


APÊNDICE F – Sobreposição da trajetória do olhar em preto, com os mapas de cores falsas da direção central, para cada participante

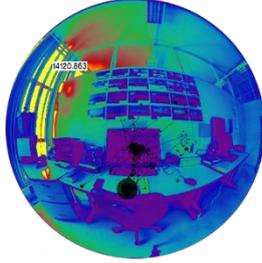
Participantes



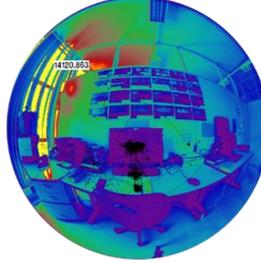
7 – DGP 0.27



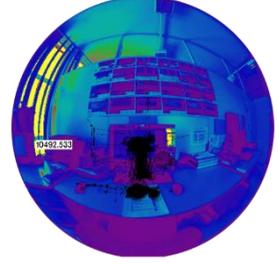
8 – DGP 0.23



9 – DGP 0.23



10 – DGP 0.19

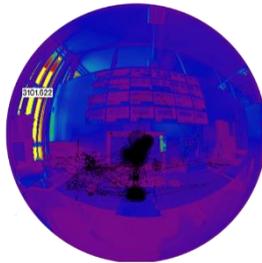


P02

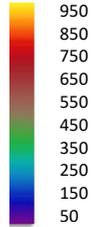
11 – DGP 0.16



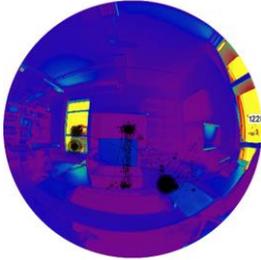
12 – DGP 0.16



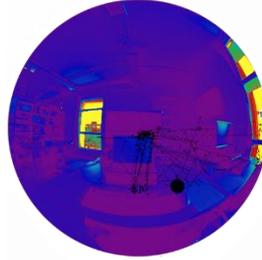
Cd/m²



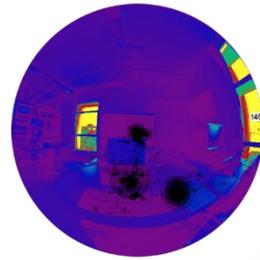
1 - DGP 0.23



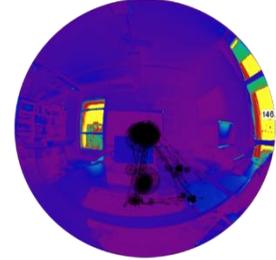
3 - DGP 0.22



4 - DGP 0.21

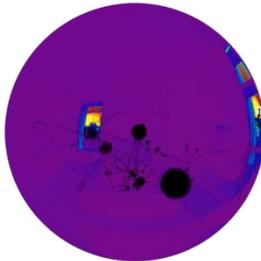


5 - DGP 0.21

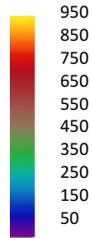


P03

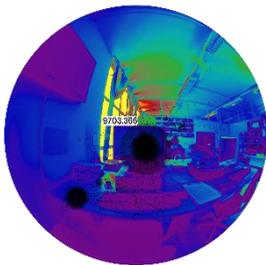
6 - DGP 0.02



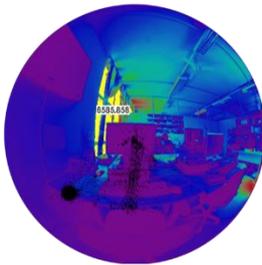
Cd/m²



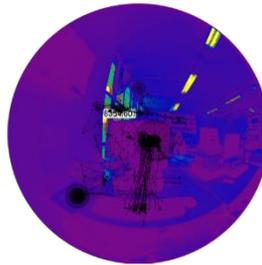
20 – DGP 0.26



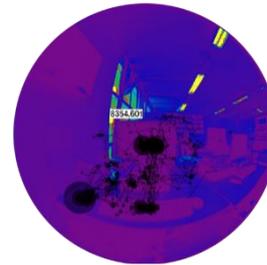
21 – DGP 0.22



22 – DGP 0.18

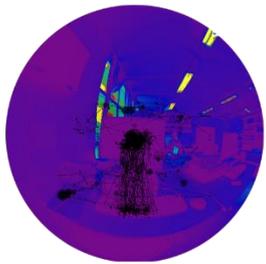


23 – DGP 0.18

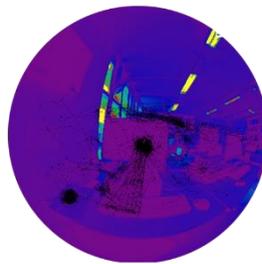


P04

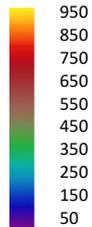
24 – DGP 0.15



25 – DGP 0.15

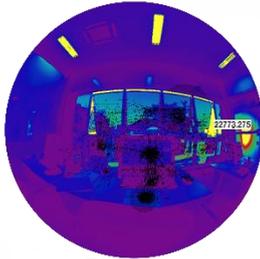


Cd/m²



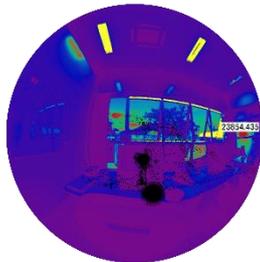
26 – DG 0.23

P05

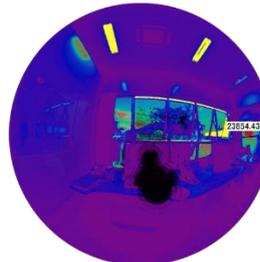


27 – DGP 0.23

P06



28 – DGP 0.23

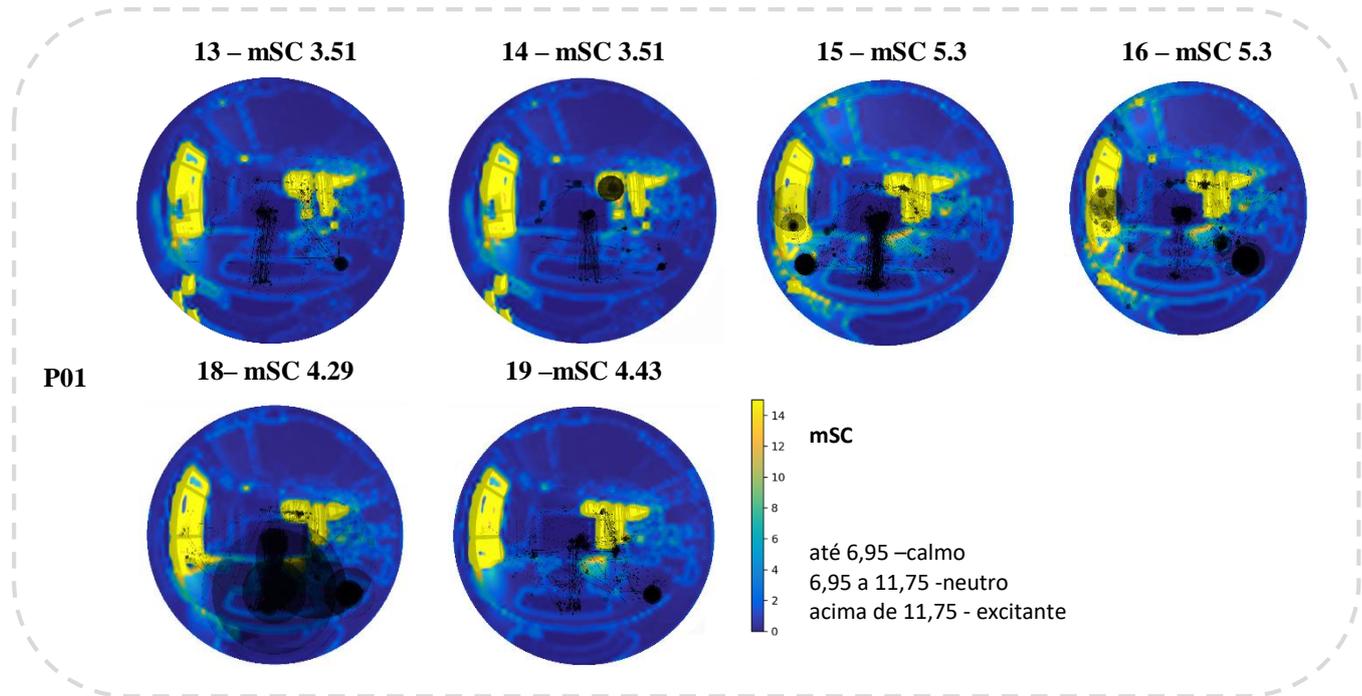


Cd/m²

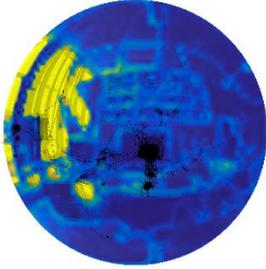


APÊNDICE G – Sobreposição da trajetória do olhar em preto, com contraste espacial modificado da direção central, para cada participante

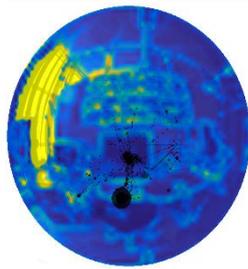
Participantes



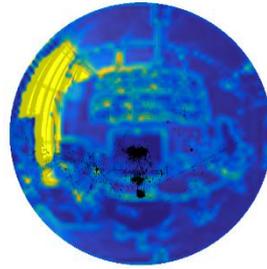
7 – mSC 5.3



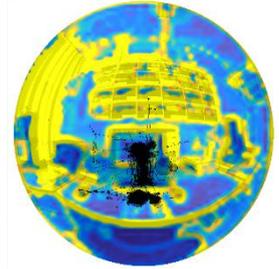
8 – mSC 4.71



9 – mSC 4.71

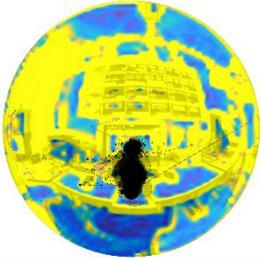


10 – mSC 11.73

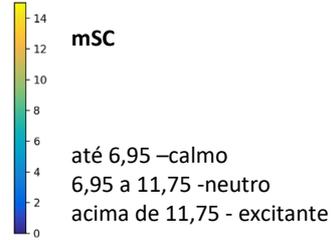
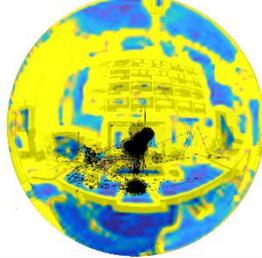


P02

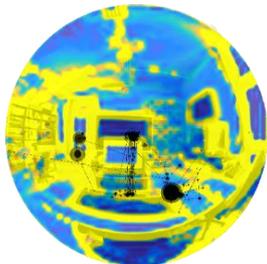
11 – mSC 18.34



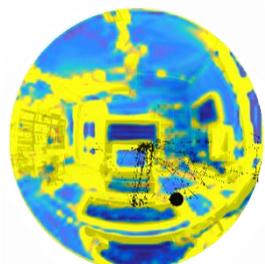
12 – mSC 18.34



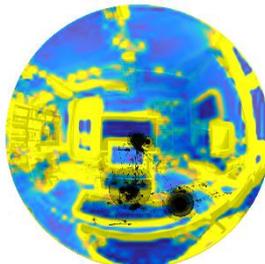
1 – mSC 15.43



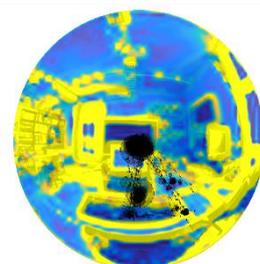
3 – mSC 15.77



4 – mSC 13.62

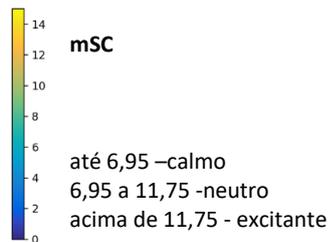
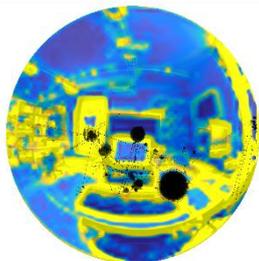


5 – mSC 13.62



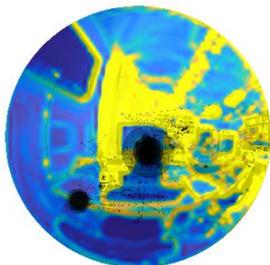
P03

6 – mSC 12.29

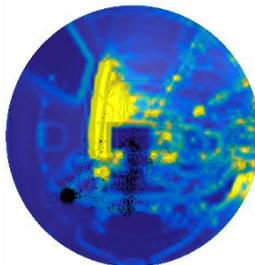


P04

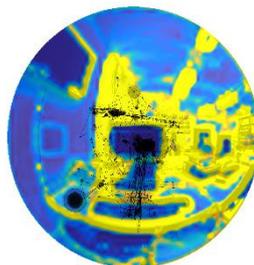
20 – mSC 9.78



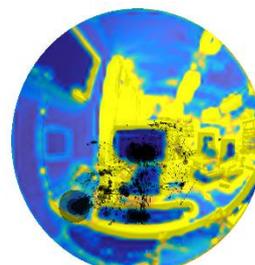
21 – mSC 4.19



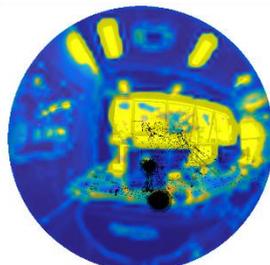
22 – mSC 10.98



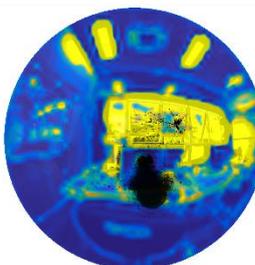
23 – mSC 10.98



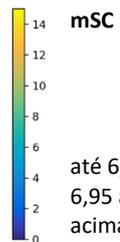
27 – mSC 7.21



28 – mSC 7.21



P06



mSC

até 6,95 –calmo
6,95 a 11,75 - neutro
acima de 11,75 - excitante