

Universidade do Minho
Escola de Engenharia

João Guterres

Avaliação da Influência da Iluminação no Desempenho Cognitivo
dos Alunos dos laboratórios da Faculdade de Engenharia de Hera
(UNTL)

Tese de Mestrado
Mestrado em Engenharia Humana

Trabalho efetuado sob a orientação do
Prof. Doutor Néilson Bruno Martins Marques da Costa

Dezembro 2016

DECLARAÇÃO

Nome: João Guterres

Endereço eletrónico: jguterres377@gmail.com

Telefone: +351937793149

Número do Bilhete de Identidade: C0042363 (Timor Leste)

Título da dissertação: Avaliação da Influência da Iluminação no Desempenho Cognitivo dos Alunos dos laboratórios da Faculdade de Engenharia de Hera (UNTL)

Orientador(es): Prof. Doutor Néilson Bruno Martins Marques da Costa

Ano de conclusão: 2016

Designação do Mestrado: Mestrado em Engenharia Humana (MEH)

Nos exemplares das teses de mestrado ou de outros trabalhos entregues para prestação de provas públicas nas universidades ou outros estabelecimentos de ensino e dos quais é obrigatoriamente enviado um exemplar para depósito legal na Biblioteca Nacional e, pelo menos, outro para a biblioteca da universidade respetiva, deve constar uma das seguintes declarações:

1. É AUTORIZADA A REPRODUÇÃO INTEGRAL DESTA DISSERTAÇÃO APENAS PARA EFEITOS DE INVESTIGAÇÃO, MEDIANTE DECLARAÇÃO ESCRITA DO INTERESSADO, QUE A TAL SE COMPROMETE.

Universidade do Minho, ___/___/_____

Assinatura:

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus, à minha família e ao meu País de Timor Leste, através da especial cooperação entre a UNTL e a Universidade do Minho, toda a colaboração e compreensão prestada e sentida durante estes anos, que me permitiu cumprir mais uma meta na minha vida. Sem este apoio não teria chegado a este ponto, pelo que se torna indispensável agradecer a todos, por mais difícil que seja fazê-lo sem esquecer alguém. Assim, presto os meus profundos agradecimentos a:

- Doutor Nélon Bruno Martins Marque Costa, pela sua orientação, apoio e disponibilidade constante, a qual foi fundamental para a realização deste trabalho.
- Todos os Professores/as do Mestrado em Engenharia Humana que, sempre ao meu lado, me ensinaram de todas as formas até ao fim do meu curso de Mestrado em Engenharia Humana (MEH), na Universidade do Minho, em Portugal.
- Toda a Administração da Universidade do Minho, Departamento de Produção e Sistemas e, em especial, ao Mestrado em Engenharia Humana que sempre me ajudou desde do início até ao fim o meu estudo e trabalho de dissertação.
- Sr. Tony Lavander e todos os funcionários (o âmbito do nosso protocolo com a Universidade do Minho) que sempre me ajudaram a superar as várias dificuldades em Portugal.
- Todos os amigos e colegas da turma do Mestrado em Engenharia Humana (2014-2016) que me apoiaram sobre a língua portuguesa, conteúdos e outras dificuldades de natureza vária.
- Todos os amigos e colegas timorenses em várias Universidades de Portugal que me deram coragem do ponto de vista moral, espiritual e material.
- Finalmente, a outras pessoas que direta ou indiretamente me apoiaram e que não mencionei acima.

A função cognitiva tem um papel fundamental em ambientes onde se desenvolvem tarefas ocupacionais, nomeadamente na tomada de decisões, orientação, segurança e produtividade. A iluminação que causa desconforto pode afetar o desempenho cognitivo. Neste sentido, diversos estudos têm sido levados a cabo com o objetivo de tentar perceber a relação entre a iluminação e o desempenho cognitivo. Contudo, a influência da iluminação na função cognitiva ainda se mantém equívoca, principalmente por discrepâncias nos resultados obtidos em termos da investigação desenvolvida nesta área. O objetivo do presente estudo foi tentar perceber de que forma a iluminação, em contexto ocupacional, poderia afetar a memória dos trabalhadores ou dos estudantes, bem como o seu raciocínio e capacidade de concentração. Mais especificamente, pretendeu-se estudar a influência dos parâmetros físicos iluminação e conforto visual nos referidos processos da função cognitiva. Neste sentido, foi realizado um trabalho de campo, em que se aferiu a memória dos estudantes, assim como a sua perceção subjetiva sobre a influência da iluminação nesse parâmetro cognitivo. O estudo foi desenvolvido em três laboratórios de investigação, pertencentes a três departamentos da Faculdade de Engenharia, Ciências e Tecnologia (UNTL). Foi estabelecido um dia de observação para cada departamento, não consecutivo. Nesse dia, foram definidos três períodos de observação, onde em cada um deles foi aplicado um teste de avaliação do desempenho cognitivo e um questionário sobre o conforto associado à iluminação, geral e local, percecionada pelos participantes. Durante cada dia de observação, foram efetuadas medições dos parâmetros físicos da iluminação. Os resultados obtidos permitiram verificar que o intervalo de luminosidade considerado confortável pelos sujeitos foi de 300lx a 500lx. Relativamente à qualidade da iluminação local, reportada pelos sujeitos, verificou-se uma tendência em reportar que uma melhor iluminância indicia um nível de mais conforto visual. Em termos do desempenho cognitivo, verificou-se que o tempo de reação ao teste de memória tende a aumentar dependendo da influência da iluminância e do conforto visual. Os resultados do teste que avalia o raciocínio não revelaram ter relação com os parâmetros físicos da iluminação nem com os indicadores de conforto visual. Relativamente à concentração, verificou-se que o desempenho cognitivo dos participantes tende a aumentar ao longo do dia. De um modo geral, os resultados deste teste sugerem conforto no desempenho cognitivo o que significa que a iluminância é melhor, mas quando os resultados do teste indicam que a qualidade da iluminação diminui, comparada com o padrão internacional recomendado, (ISO-8995:2002), o conforto é afetado.

Palavras-Chave: Iluminação, Conforto Visual, Desempenho Cognitivo.

ABSTRACT

Cognitive function plays a key role in an occupational environment, namely in decision making, guidance, safety and productivity. Illumination causing discomfort can affect cognitive performance. That's why several studies have been carried out with the aim of trying to perceive the relationship between illumination and cognitive performance. However, the influence of illumination on cognitive function still remains ambiguous mainly due to discrepancies in the results obtained in terms of the research developed in this area. The objective of the present study was to try to understand how illumination, in an occupational context, could affect workers or students' memory, reasoning and concentration. More specifically, it was intended to study the influence of illumination and visual comfort in cognitive function or processes. In this sense, a field work was carried out, in which students' memory results were evaluated as well as their subjective perception about the influence of illumination on their performance. The study was developed in three research laboratories, belonging to three departments of the Faculty of Engineering of the University of East Timor (UNTL). One observation a day was established for each department. Three observation periods a day were defined, in each of which a cognitive performance assessment test was applied and a questionnaire about the general and local illumination comfort perceived by the participants. During each observation day, measurements of the physical parameters were made. The obtained results allowed to verify that the interval of illumination considered comfortable by the subjects was of 300lx to 500lx. Regarding the quality of local lighting, reported by the subjects, there was a tendency to report that better illuminance influences the level of visual comfort. In terms of cognitive performance, it was found that the reaction time of the memory test tends to increase in dependence of the illumination as well as the reported visual comfort. The results of the test that evaluate the reasoning were found not to be related to illumination parameters nor to the indicators of visual comfort. Concerning concentration, it was found that participants' cognitive performance tended to increase throughout the day. Overall, the results of this study suggest that a better cognitive performance is related to better illuminance. In addition, when the test results show the illumination quality decreases, in comparison with the international standard recommended values (ISO-8995: 2002), comfort is affected.

Keyword: Lighting, Visual Comfort, Performance Cognition

| | |
|---|------|
| DECLARAÇÃO..... | ii |
| AGRADECIMENTOS | iii |
| RESUMO | iv |
| ABSTRACT | vi |
| ÍNDICE GERAL | viii |
| ÍNDICE DAS FIGURAS | xi |
| ÍNDICE DE TABELAS | xii |
| SIGLAS, ABREVIATURAS E ACRÓNIMOS | xiii |
| INTRODUÇÃO | 1 |
| PARTE I – REVISÃO BIBLIOGRÁFICA | 3 |
| CAPÍTULO 1 | 5 |
| 1.1. INTRODUÇÃO..... | 5 |
| 1.2. A ILUMINAÇÃO E A PERCEÇÃO HUMANA..... | 6 |
| 1.3. FOTOMETRIA | 8 |
| 1.4. CARACTERÍSTICAS DA ILUMINAÇÃO..... | 10 |
| 1.4.1. Níveis de iluminação | 10 |
| 1.4.2. Qualidade da iluminação | 13 |
| 1.4.3. Luz natural | 16 |
| 1.4.4. Controlo da iluminação | 18 |
| 1.4.5. Sustentabilidade energética | 19 |
| 1.4.6. Avaliação dos níveis de iluminância | 20 |
| 1.4.7. Utilização de computador ou portátil | 20 |
| CAPÍTULO 2 | 23 |
| 2.1. INTRODUÇÃO..... | 23 |
| 2.2. INTERAÇÃO ENTRE HOMEM E O AMBIENTE OCUPACIONAL | 23 |
| 2.2.1. Ergonomia ambiental..... | 23 |
| 2.2.2. A função cognitiva em contexto ocupacional..... | 24 |
| 2.3. PERCEÇÃO DA MEMÓRIA | 25 |
| 2.3.1. Atenção | 26 |
| 2.3.2. Memória..... | 26 |
| 2.3.3. O armazenamento da memória | 27 |
| 2.3.4. Destruição ou alteração da memória | 29 |

| | |
|---|----|
| 2.3.5. Capacidade de memorização | 29 |
| 2.3.6. Evocação das memórias..... | 30 |
| 2.3.7. Psicométrica da memória..... | 30 |
| 2.3.8. Pensamento | 35 |
| 2.4. INFLUÊNCIA DA ILUMINAÇÃO NO DESEMPENHO COGNITIVO | 35 |
| 2.5. EFEITOS VISUAIS E BIOLÓGICOS DA ILUMINAÇÃO NO DESEMPENHO COGNITIVO | 36 |
| 2.6. VARIÁVEIS CONDICIONANTES NA ALTERAÇÃO DO DESEMPENHO COGNITIVO..... | 39 |
| 2.7. PLANEAMENTO DA ILUMINAÇÃO QUE NÃO INFLUENCIA O DESEMPENHO COGNITIVO..... | 40 |
| PARTE II | 41 |
| CAPÍTULO 3 | 43 |
| 3.1. DEFINIÇÃO DO PROBLEMA E PERTINÊNCIA DO ESTUDO..... | 43 |
| 3.2. OBJETIVOS..... | 44 |
| CAPÍTULO 4 | 45 |
| 4.1. INTRODUÇÃO..... | 45 |
| 4.2. AMOSTRAGEM..... | 45 |
| 4.3. PLANO E DESENHO DO ESTUDO | 46 |
| 4.4. CARACTERIZAÇÃO DA ILUMINAÇÃO AMBIENTE..... | 49 |
| 4.5. EQUIPAMENTOS DE MEDIÇÃO | 50 |
| 4.6. TÉCNICA DE MEDIÇÃO..... | 50 |
| 4.7. DESENVOLVIMENTO E APLICAÇÃO DOS QUESTIONÁRIOS. | 51 |
| 4.7.1. Questionário 0..... | 52 |
| 4.7.2. Questionário 1..... | 55 |
| 4.8. TESTE DE AVALIAÇÃO DO DESEMPENHO COGNITIVO | 56 |
| 4.8.1. Teste “Escada do macaco” (Test Monkey Ladder) | 57 |
| 4.9. SISTEMAS DE MEDIÇÕES DAS LUMINOSAS NOS LABORATÓRIOS | 58 |
| CAPÍTULO 5 | 61 |
| 5.1. INTRODUÇÃO..... | 61 |
| 5.2. RESULTADOS DAS MEDIÇÕES DA ILUMINAÇÃO NOS TRÊS DEPARTAMENTOS DA FACULDADE DE ENGENHARIA DE HERA (UNTL)..... | 61 |
| 5.3. VALOR MÁXIMO E MÍNIMO DE ILUMINAÇÃO E UNIFORMIDADE CALCULADA NOS GRUPOS DAS AULAS PRÁTICAS..... | 64 |
| 5.4. COMPARAÇÃO DOS VALORES MÁXIMO E MÍNIMO E DE UNIFORMIDADE ENTRE OS DEPARTAMENTOS | 68 |
| 5.5. ANÁLISE DO RESULTADO DO TESTE COGNITIVO..... | 68 |

| | |
|--|----|
| 5.6. ANÁLISE DO CÁLCULO E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS DE UNIFORMIDADE E DO TESTE DE DESEMPENHO COGNITIVO..... | 71 |
| 5.7. ANÁLISE DOS RESULTADOS OBTIDOS..... | 71 |
| 5.7.1. Caracterização geral da amostra..... | 71 |
| 5.7.2. Resultados do questionário individual..... | 72 |
| 5.7.3. Resultados relativos à aplicação do teste cognitivo nos três Departamentos..... | 73 |
| 5.7.4. Resultados relativos à uniformidade..... | 74 |
| CAPÍTULO 6 | 77 |
| 6.1. CONCLUSÕES..... | 77 |
| 6.2. TRABALHOS NOS FUTURO..... | 78 |
| REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS | 81 |
| ANEXOS | 85 |
| ANEXO I..... | 86 |
| ANEXO II | 87 |
| ANEXO V | 90 |
| ANEXO VI..... | 91 |
| ANEXO VII | 92 |
| ANEXO VIII..... | 93 |

ÍNDICE DAS FIGURAS

| | |
|---|----|
| Figura 1. Estrutura do olho humano..... | 8 |
| Figura 2. luxímetro DIGITAL..... | 9 |
| Figura 3. Luminancímetro digital..... | 10 |
| Figura 4. Três zonas do campo visual..... | 14 |
| Figura 5. Modelo de memória multi armazém..... | 28 |
| Figura 6. Opções iniciais do Cambridge Brain Sciences. | 33 |
| Figura 7. Exemplo de uma captura de ecrã mostrando o tempo remanescente. | 34 |
| Figura 8. Dificuldade metro (vidas esquerda). | 34 |
| Figura 9. Teste de correspondência (teste feature match). | 35 |
| Figura 10. Curva de ação espectral biológica a azul e curva de sensibilidade visual a vermelho | 38 |
| Figura 11. Plano e desenho dos estudos. | 47 |
| Figura 12. Luxímetro utilizado para avaliação..... | 50 |
| Figura 13. Ponto de amostragem num dos locais em estudo. | 51 |
| Figura 14. Teste escada do macaco (teste monkey ladder). | 57 |
| Figura 15. Três objetos de medições da iluminância de uniformidade. | 58 |
| Figura 16. Quatro objetos de medições da iluminância vizinha de uniformidade. | 59 |
| Figura 17. Gráfico do resultado do teste cognitivo no Departamento de Elétrica e Eletrónica. | 70 |
| Figura 18. Gráfico do resultado do teste cognitivo no Departamento de Construção Civil. ... | 70 |
| Figura 19. Gráfico do resultado do teste cognitivo no Departamento de Mecânica. | 71 |
| Figura 20. Gráfico do resultado do teste cognitivo nos três departamentos | 74 |
| Figura 21. Gráfico de uniformidade de iluminância. | 75 |

ÍNDICE DE TABELAS

| | |
|--|----|
| Tabela 1. Escala da iluminação da lux (ISO-8995:2002)..... | 13 |
| Tabela 2. Relação entre os níveis de iluminação da tarefa da zona imediata (ISO-8995:2002) | 13 |
| Tabela 3. Temperatura da cor lux (ISO-8995:2002) | 15 |
| Tabela 4. Horário das medições luminosas nos laboratórios | 50 |
| Tabela 5. Esquema da estrutura do questionário 0..... | 53 |
| Tabela 6. Escala da iluminação utilizada no questionário | 54 |
| Tabela 7. Questionário 1 | 55 |
| Tabela 8. Plano de aplicação do teste de avaliação do desempenho cognitivo..... | 57 |
| Tabela 9. Resultados das medições da iluminação no Departamento de Mecânica | 62 |
| Tabela 10. Resultados das medições de iluminação no Departamento Construção Civil..... | 63 |
| Tabela 11. Resultados das medições no Departamento de Elétrica e Eletrônica..... | 64 |
| Tabela 12. Valor máximo de iluminação e uniformidade no Departamento de Mecânica | 65 |
| Tabela 13. Valor mínimo de iluminação e uniformidade no Departamento de Mecânica..... | 65 |
| Tabela 14. Valor máximo de iluminação e uniformidade no Departamento de Construção Civil..... | 66 |
| Tabela 15. Valor mínimo da iluminação e uniformidade no Departamento de Construção Civil | 66 |
| Tabela 16. Valor máximo de iluminação e uniformidade no Departamento de Elétrica e Eletrônica | 67 |
| Tabela 17. Valor mínimo de iluminação e uniformidade no Departamento de Elétrica e Eletrônica | 67 |
| Tabela 18. Comparação do valor máximo de iluminação e uniformidade nos três Departamentos..... | 68 |
| Tabela 19. Comparação do valor mínimo de iluminação e uniformidade nos três departamentos..... | 68 |
| Tabela 20. Frequência do resultado do teste cognitivo nos três departamentos | 69 |
| Tabela 21. Resultados dos questionários individuais..... | 73 |

SIGLAS, ABREVIATURAS E ACRÓNIMOS

| | |
|--------|--|
| CGRIfc | Células Ganglionares Retinas Intrínseca comente fotossensíveis |
| Cm | Centímetro |
| CVS | Computer Vision Syndrome |
| DCC | Departamento de Construção Civil |
| DEE | Departamento de Elétrica e Eletrônica |
| DM | Departamento de Mecânica |
| Cd | Candela |
| EASHW | European Agency for Safety at Work |
| GATB | General Ability Test Battery |
| IEA | Associação International de Ergonomia |
| ISSO | International Organization Standard |
| L | Luminância |
| Lm | Lúmen |
| M | Metro |
| Máx | Máximo |
| Min | Mínimo |
| Nm | Nanómetro |
| NIOSH | The National Institute for Occupational Safety and Health |
| OMS | Organização Mundial de Saúde |
| POE | Post Occupancy Evaluation |
| PMA | Primary Mental Abilities |
| QI | Quociente de Inteligência |
| SHST | Segurança, Higiene e Saúde no Trabalho |
| S | Superfície |

| | |
|------|---|
| SPSS | Statistical Package for Social Sciences |
| t | tempo |
| UM | Universidade do Minho |
| UNTL | Universidade Nacional Timor Lorosae |
| WAIS | Wechster Adult Intelligence Scale |

INTRODUÇÃO

A Organização Mundial de Saúde (OMS grand, 2002) define o conceito de saúde como “um estudo de completo bem-estar físico, mental e social e não somente ausência de afeções e enfermidades”. Neste sentido, na procura de condições que permitam um completo bem-estar das pessoas, tanto em contexto social como ocupacional, deve existir a preocupação em criar condições adequadas ao desenvolvimento das suas funções, de forma a contribuir quer para uma otimização do seu desempenho cognitivo quer para o seu bem-estar. Felizmente, tem-se verificado uma crescente preocupação relativamente a esta temática, sendo que várias instituições, tanto a nível nacional como internacional, têm contribuído para a criação de locais de trabalho cada vez mais seguros.

A avaliação de fatores ambientais como o térmico, o ruído, as vibrações e a iluminação, reveste-se de enorme importância pois trata-se de fatores preponderantes na saúde, no conforto e no desempenho cognitivo das pessoas nos seus locais de trabalho (Persons,2000).

A Agência Europeia para a Segurança, Higiene e Saúde no Trabalho (SHST), num relatório do Observatório de Riscos (EASHW- European Agency for Safety at Work, 2005), identifica o desconforto como um risco emergente, referindo ainda que o impacto do conforto visual no stress e bem-estar dos trabalhadores não tem sido adequadamente avaliado. A mesma fonte refere ainda que o desconforto visual pode dificultar o desempenho dos trabalhadores, assim como o seu comportamento de segurança, aumentando desta forma a probabilidade de ocorrência de acidentes de trabalho. Assim, a avaliação do tipo de ambiente e de iluminação em contexto ocupacional torna-se pertinente, uma vez que pode possibilitar a criação de condições favoráveis e adequadas em termos de saúde e conforto dos trabalhadores no desempenho cognitivo das suas funções. Em segundo lugar (Freitas, 2008), esta avaliação deve ter em consideração o processo produtivo, os métodos de trabalho utilizados e a carga física a que os trabalhadores estão sujeitos.

Um dos aspetos que tem sido amplamente investigado é o efeito que a exposição a determinadas condições de iluminação ambiente pode ter na resposta cognitiva. O desempenho cognitivo assume um papel relevante em contexto ocupacional, nomeadamente na orientação, na segurança, na tomada de decisões e na produtividade (Makinen et al., 2006).

Perante o exposto, julgou-se útil e pertinente a realização de um estudo que permitisse a caracterização de alguns cenários ocupacionais, quantificando a sua iluminação ambiente,

tendo em consideração as características das pessoas que aí trabalham, de forma a interpretar os valores obtidos em termos de conforto visual e desempenho cognitivo.

A presente dissertação encontra-se dividida essencialmente em duas partes distintas, sendo a primeira parte composta por uma revisão bibliográfica e a segunda pela descrição do desenvolvimento do trabalho realizado.

A primeira parte é constituída por dois capítulos. No primeiro, é feita uma abordagem da temática geral sobre a iluminação, tendo em atenção aspetos como os seus parâmetros físicos, as noções de equilíbrio, a iluminação, os métodos de avaliação, a legislação aplicável, bem como as normas internacionais existentes e a questão do conforto visual. No segundo, a revisão foca o impacto da iluminação no desempenho cognitivo.

Da segunda parte deste trabalho, como referido anteriormente, consta a descrição do trabalho. Os capítulos 4 e 5 apresentam respetivamente a metodologia aplicada, os resultados obtidos e a sua discussão. Por fim, no capítulo 6, são apresentadas as principais conclusões deste trabalho.

PARTE I – REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

ILUMINAÇÃO EM ESPAÇOS ESCOLARES

1.1. INTRODUÇÃO

A iluminação é um dos parâmetros essenciais para a concepção de qualquer projeto. O tipo de iluminação utilizado irá caracterizar a edificação, adequando-se à sua função e possibilitando o exercício das atividades visuais dos seus utentes. Em edificações escolares, é o projeto de iluminação que possibilitará o desenvolvimento de uma correta utilização da iluminação natural pois, neste tipo de edifícios, ela é relevante para a execução das tarefas visuais que auxiliarão a aprendizagem.

A utilização da iluminação natural em edifícios escolares é relevante tanto para atender a questões económicas (economia de energia), como aos fatores estético e psicológico, visto que a luz natural é a preferida pelo ser humano. No entanto, deve-se ter em conta que a luz natural é variável e não está disponível 24 horas por dia, tornando necessário o emprego de uma fonte de iluminação artificial que substitua a iluminação natural durante a noite e a suplemente durante os períodos em que os níveis de iluminação fornecidos sejam menores do que os recomendados.

A integração do sistema de iluminação natural e artificial torna-se necessária tendo em vista um melhor aproveitamento da luz natural e uma economia de energia, além de possibilitar uma mais eficaz gestão de ambientes por parte dos seus utentes.

O sistema de iluminação artificial apresentado atualmente em salas de aula, principalmente na rede pública de ensino, não leva em conta a diversidade das atividades executadas nestes ambientes e, muitas vezes, desconsidera parâmetros importantes como a orientação, as dimensões e as atividades visuais desenvolvidas. Aparentemente, o objetivo geral dos projetos de iluminação artificial é atingir os níveis de iluminação mínimos recomendados, com baixo custo de implementação. Apesar de existir um foco na economia e praticidade, os projetos de iluminação artificial implantados são indiferentes à incidência de luz natural no edifício, o que consequentemente gera desperdício.

Nesta perspetiva, o presente trabalho pretende avaliar a adequação do sistema de iluminação suplementar ao sistema de iluminação natural existente numa sala de aula padrão, através da integração dos dois sistemas de iluminação. Objetiva-se o aproveitamento da iluminação natural, a obtenção de propostas de um sistema de iluminação artificial diferenciado

que permita o desenvolvimento das atividades executadas em sala de aula, além de oferecer uma melhor qualidade de iluminação aos seus utentes.

Estudos realizados pelo Heschong Mahone Group (1999) demonstram que uma boa qualidade de iluminação no ambiente escolar promove uma melhor aprendizagem. As escolas deveriam fornecer um ambiente estimulante para que os alunos aprendam melhor. Esse tipo de ambiente passa pela qualidade da iluminação, que influenciará a concentração e consequentemente o comportamento dos estudantes, ou seja, todo o processo de aprendizagem.

1.2. A ILUMINAÇÃO E A PERCEÇÃO HUMANA

Para a execução, de forma eficiente, de tarefas com requisitos visuais não chega ser detentor de uma boa capacidade oftalmológica. É imprescindível que o indivíduo esteja integrado num espaço com uma iluminação adequada na sua envolvência, devendo estes dois fatores atuar de forma complementar (Nunes, 2006). Os ambientes visuais devem ser concebidos de modo a permitir a execução das várias atividades com eficiência, precisão, segurança e em condições de conforto, mesmo em circunstâncias que impliquem longos períodos de tempo (ISO 8995:2002).

No espaço de leitura de uma aula, numa escola, no ensino superior ou num laboratório, a iluminação deve ser adequada para que o utilizador consiga ver o objeto de leitura (normalmente um livro, componente prática ou ecrã de um computador), por períodos de tempo alargados sem que ocorra fadiga (Atmodipoero e Pardede 2004; Dean, 2005). No entanto, nos edifícios escolares as condições de iluminação são muitas vezes insatisfatórias (Lula e Silva, 2002), condicionando o processo de aprendizagem.

Existem vários estudos que demonstram o efeito da quantidade de iluminação de um plano de trabalho no desempenho dos indivíduos, nomeadamente dos alunos. No entanto, para determinar o tipo adequado de iluminação de um dado espaço não se deve apenas atribuir importância à sua quantidade, mas também à sua qualidade (Schneider, 2002; Winterbottom e Wilkins, 2009).

Perante o referido anteriormente, ao caracterizar, estudar ou definir as características da iluminação de um espaço, deve-se levar em consideração alguns aspetos determinantes, tais como as tarefas desempenhadas, a iluminância, a uniformidade e os contrastes, a direção da iluminação, a cor da iluminação e das superfícies, a possibilidade de encandeamento, a cintilação e a iluminação natural. Para além destes parâmetros, verifica-se recentemente uma

grande ênfase na importância da possibilidade de controle da iluminação natural e artificial, por parte dos ocupantes, para a obtenção de conforto visual.

Tendo em consideração o papel crítico que a iluminação exerce no desempenho e conforto dos alunos (Schneider 2002), é imprescindível ter em consideração os vários parâmetros da iluminação, tanto na fase da sua concepção como na sua posterior manutenção nas aulas do ensino superior.

A visão tem um papel de extrema importância no dia-a-dia do ser humano, uma vez que é responsável pela obtenção de mais de 80% da informação obtida a partir do ambiente envolvente (Wolska, 2006), permitindo, deste modo, que o indivíduo desempenhe vários tipos de atividades e se aperceba de tudo o que o rodeia. Ora, os órgãos recetores responsáveis pela visão são os olhos, cabendo-lhes captar energia sob a forma de ondas de luz e convertê-la em impulsos nervosos (Kroemer *et al*, 2005).

Contudo, os estímulos de radiação eletromagnética percebidos pelo homem estão confinados a um comprimento de onda que varia sensivelmente entre 400 a 700 nm¹ (Wu *et al*, 2006), não estando, contudo, esta gama bem delimitada pois depende do fluxo radiante que incide na retina e da sensibilidade espectral do observador (Wolska, 2006).

O funcionamento do sistema visual é algo complexo. Contudo, podemos resumi-lo da seguinte forma: a luz emitida por uma fonte luminosa ou refletida por um objeto é captada pelo globo ocular, produzindo impulsos nervosos por meio de um processo fotoquímico, que são emitidos através do nervo ótico até ao cérebro, dando origem a sensações visuais (Wolska, 2006; Kroemer *et al*, 2005).

O globo ocular é muitas vezes comparado a uma máquina fotográfica. Ele é composto por três partes com funções distintas. A primeira é constituída pela córnea, íris e cristalino, estando associada ao sistema ótico onde há captação e focalização (Wolska, 2006), ou seja, a quantidade de luz que entra no olho é controlada pela íris, a qual tem a capacidade de dilatar ou contrair a pupila (*figura 1*). Por sua vez, o cristalino permite a focagem através das suas mudanças de forma, as quais são conhecidas por acomodação (Miguel, 2007). A segunda parte do globo ocular é constituída pelo vítreo, uma massa incolor que preenche o segmento posterior do olho. A terceira parte é a retina (Wolska, 2006).

¹ 1 nanómetro (nm) = 10⁻⁹ metros (m).

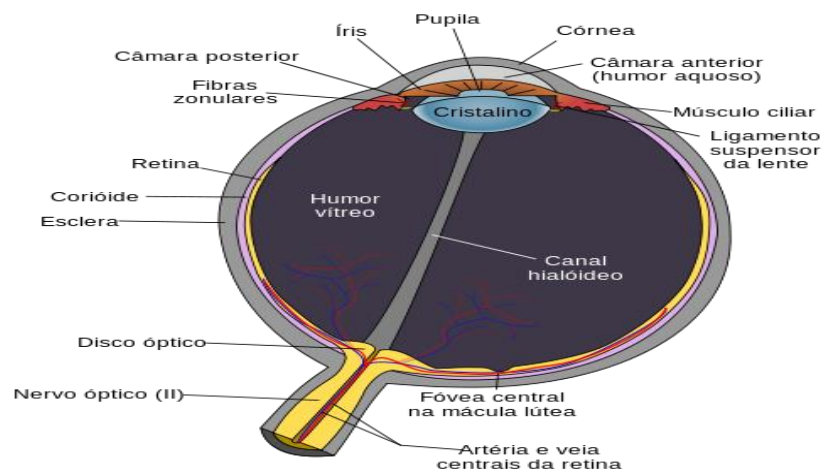


Figura 1. Estrutura do olho humano (fonte Portal Dr. Visão, 2006).

A retina é a região fotossensível do olho (Nunes, 2006), visto deter as células fotorreceptoras, os cones² e os bastonetes³, as quais iniciam o processo visual ao converter a imagem do mundo físico em sinais neurais.

1.3. FOTOMETRIA

O fluxo luminoso, Φ , corresponde à quantidade de luz emitida (W_{rad}) por uma dada fonte luminosa numa unidade de tempo (t), sendo a unidade de medida o lúmen, lm^4 . Pode ser calculado através da seguinte expressão:

$$\Phi = \frac{W_{rad}}{t} \quad \text{Equação (1)}$$

O fluxo luminoso está associado às lâmpadas e aparelhos de iluminação, sendo indicado pelo fabricante das mesmas.

² Os cones correspondem a cerca de 7 milhões de células da retina e operam numa gama de intensidade luminosa entre 10-1 a 105 lux, ou seja, são responsáveis pela visão diurna (Anshel, 2005; Wu et al, 2006).

³ Os bastonetes representam cerca de 120 milhões de células e possibilitam uma visão noturna até 10⁻² lux com baixa resolução e elevada sensibilidade, mas sem informação de cor (Anshel, 2005; Wu et al, 2006).

⁴ 1 lúmen corresponde ao fluxo emitido uniformemente no interior de um ângulo sólido (Ω) igual a 1 esterorradiano (sr) por uma fonte punctiforme (I) constante e igual a 1 candela (cd) (Miguel, 2006).

A intensidade luminosa, I , corresponde ao fluxo luminoso (Φ) emitido por uma unidade de ângulo sólido da direção considerada (Ω)⁵, sendo a unidade de medida a candela, cd, e calculada através de:

$$I = \frac{\Phi}{\Omega} \quad \text{Equação (2)}$$

O valor referente à intensidade luminosa é proporcionado pelo fornecedor.

A iluminância ou nível de iluminação, E , corresponde à medida do fluxo luminoso (Φ) emitido numa determinada direção por unidade de superfície (S), sendo a sua unidade de medida o lux, lx⁶. Expressa-se da seguinte forma:

$$E = \frac{\Phi}{S} \quad \text{Equação (3)}$$

É normalmente referida como o principal fator que interfere na rapidez, segurança e conforto de uma pessoa durante o desempenho de uma tarefa visual (ISO 8995:2002). A sua determinação é imprescindível para os higienistas para decidir se a iluminação é adequada a uma dada atividade num determinado espaço ou se deve ser alvo de intervenção, sendo determinada por um equipamento designado luxímetro (*figura 2*).



FIGURA 2. LUXÍMETRO DIGITAL
(retirada no website: skill-tec.com).

⁵ Ω corresponde à relação entre uma superfície cortada numa esfera e o quadrado do raio da esfera, sendo que o ângulo sólido completo vale 4π (Cabral e Veiga, 2007).

⁶ 1 lux corresponde à iluminância de uma superfície de 1m^2 quando sobre ela incide 1lm de fluxo luminoso ($1\text{lm}/1\text{m}^2$), sendo $10,76 \text{ lux} = 1 \text{ fc}$.

(retirada no website: skill-tec.com).

A luminância, L , é a medida do brilho causado por uma superfície, definindo-se como o quociente entre a intensidade luminosa (I) emitida ou refletida numa determinada direção e a área projetada da fonte num plano perpendicular a essa direção (A) (Miguel, 2007):

$$L = \frac{I}{A} \quad \text{Equação (4)}$$

A unidade de medida é a candela por metro quadrado, cd/m^2 e mede-se com o luminômetro ou brilhômetro (*figura 3*).



Figura 3. Luminômetro digital
(retirada no website: ictsl.net).

1.4. CARACTERÍSTICAS DA ILUMINAÇÃO

1.4.1. Níveis de iluminação

Os níveis de iluminação têm sido amplamente estudados. A investigação realizada tem tentado não só perceber os níveis mínimos de iluminância necessários para executar uma dada tarefa (Atodipoero e Pardede, 2004), mas também identificar quais os níveis ideais para que

não ocorram efeitos prejudiciais para os indivíduos (Veitch, 2001) e para que estes atinjam o máximo da sua rentabilidade (Juslén e Tunner, 2005).

Nos seus estudos laboratoriais, Atmodipoero e Pardede (2004) concluem que os níveis de iluminância necessários para a realização de uma atividade de leitura diferem de indivíduo para indivíduo, devido à variabilidade das capacidades oftalmológicas e à subjetividade de percepção. No seu estudo, eles encontraram valores de iluminância muito baixos necessários para esta tarefa, sendo o mínimo 0,13 lux e o máximo 15,32 lux. Contudo, os autores não consideraram, no seu trabalho, a possibilidade de os níveis de iluminância necessários irem além dos que permitem ver uma determinada tarefa, ou seja, não consideraram a necessidade dos indivíduos sentirem conforto e realizarem a sua tarefa por elevados períodos de tempo.

As implicações possíveis que a iluminância pode causar nos indivíduos, quer pela sua carência quer pelo seu excesso, também têm sido alvo de várias investigações, como é o caso da fadiga visual⁷, stress e alterações nos ciclos circadianos⁸ (Juslén e Tenner, 2005; Veitch, 2001). Contudo, é no estudo do efeito da iluminação no desempenho do indivíduo que as investigações têm incidido mais.

Juslén e Tenner (2005), numa extensa revisão bibliográfica, concluíram que as alterações de iluminância poderão ter implicações no aumento da produtividade e na redução de erros no trabalho. Juslén *et al.* (2007) reforçaram esta visão através de estudos levados a cabo em condições reais de trabalho, durante os quais verificaram um aumento de produtividade de 4,5% após os indivíduos selecionarem os níveis de iluminância, concluindo ainda que os trabalhadores têm preferências sobre os níveis de iluminação.

Quanto à preferência dos indivíduos, não parece verificar-se consenso na comunidade científica. Ribeiro (2005) cita um estudo realizado por Bosti na década de oitenta, onde o autor verifica que metade dos empregados de escritório que apresentavam queixas, indicavam a existência de excesso de iluminação. Já Nicol *et al.* (2006) verificam que, em geral, as pessoas parecem preferir um meio mais luminoso, pois até mesmo com níveis elevados de iluminância, havia uma satisfação geral com o ambiente. Também neste sentido, Juslén *et al.* (2007) referem que as pessoas, quando têm controlo sobre a iluminação, tendem a aumentá-la.

⁷ Fadiga visual deriva de um esforço psicofisiológico resultante do processo de acomodação à iluminação de um determinado ambiente através da capacidade reflexa da pupila. Encontra-se normalmente associada a sintomas típicos de uma visão toldada, cefaleias, contração dos músculos faciais e postura geral do corpo incorreta (Miguel, 2007), sendo estes sintomas temporários.

⁸ O ciclo circadiano tem uma duração de 24 horas e contempla períodos em que as funções vitais aumentam de dia e períodos onde estas diminuem (noite). O maior estímulo para a sincronização destes ciclos é a luz. A exposição à luz suprime a secreção de melatonina, sendo que esta é uma indutora do sono (Veitch, 2001).

A abordagem sobre os níveis de iluminância mostrou que as suas necessidades para a execução de uma determinada tarefa são influenciadas por algumas variáveis como, por exemplo, a própria atividade, os contrastes e refletâncias, o tamanho do objeto (Wolska, 2006), a distância entre o objeto e os olhos (Atmodipoero e Pardede, 2004) e algumas características do próprio sujeito como a idade, o grau de fadiga, aspetos culturais (Reinhart e Voss, 2003) e o estilo de vida (Atmodipoero e Pardede, 2004).

Com base em alguns estudos, surgiram recomendações sobre os níveis de iluminação adequados para determinadas tarefas, os quais apresentam diferenças consoante a norma que lhe dá origem. A ISO 8995:2002 especifica, para vários locais de trabalho em recintos fechados e tarefas típicas, requisitos de iluminação válidos para condições visuais normais, tendo em conta as exigências para um desempenho de trabalho seguro, saudável e eficiente, durante todo o período laboral. Na determinação dos valores de referência, teve-se em consideração as exigências visuais da tarefa, a segurança, aspetos psicofisiológicos como o conforto visual e bem-estar, a experiência prática e a sustentabilidade energética (ISO 8995:2002).

Um dos requisitos de iluminação presente na norma é a iluminância mantida (\bar{E}_m , lux), a qual corresponde ao valor mínimo referente à iluminação média de uma dada superfície. No entanto, a norma ISO salvaguarda o seguinte: quando a tarefa é realizada durante períodos de tempo demasiado curtos ou então os detalhes são extraordinariamente grandes ou com elevados contrastes, os níveis de iluminação médios podem ser inferiores aos recomendados, não devendo ser inferior a 200 lux para a execução de trabalhos contínuos.

Por vezes, os níveis de iluminação em espaços escolares não são adequados devido ao seu design e infraestruturas (Winterbottom e Wilkins, 2009), podendo ter implicações significativas sobre o desempenho dos alunos.

De acordo com a ISO 8995:2002, nas áreas de leitura das salas de aulas em espaços escolares, os níveis de iluminância médios devem ser, no mínimo, de 500 lux nos planos de trabalho e 300 lux nas vizinhanças. No entanto, é importante ter em consideração que tanto os professores como os alunos podem ter preferências sobre os níveis de iluminação (Winterbottom e Wilkins, 2009).

A ISO 8995:2002 recomenda ainda uma escala de iluminância descontínua que deverá ser adotada (Tabela 1).

Tabela 1. Escala da iluminação da lux (ISO-8995:2002)

| Escala de iluminância, (lux) | | | | | | | | | | | | | |
|------------------------------|----|----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|------|------|------|------|------|
| 20 | 30 | 75 | 100 | 150 | 200 | 300 | 500 | 700 | 1000 | 1500 | 2000 | 3000 | 5000 |

A ISO 8995:2002 considera também de interesse a iluminância das zonas circunvizinhas ao plano de trabalho (*immediate sources*), a qual deverá estar relacionada com a iluminância do mesmo, para, deste modo, evitar as situações de tensão visual e desconforto, isto porque quando os níveis de iluminação oscilam rapidamente, o processo de acomodação não ocorre.

A iluminância dos ambientes imediatos pode ser mais baixa do que a iluminância da tarefa. No entanto, segundo a ISO 8995:2002, não deverão ser menores do que os valores referenciados na Tabela 2.

Tabela 2. Relação entre os níveis de iluminação da tarefa da zona imediata (ISO-8995:2002)

| Iluminância da tarefa (Lux) | Iluminância da vizinhança (Lux) |
|-----------------------------|---------------------------------|
| ≥ 750 | 500 |
| 500 | 300 |
| 300 | 200 |
| ≤ 200 | A mesma da tarefa |

Os níveis de iluminância de uma determinada área variam gradualmente. Perante esta situação, é necessário garantir a uniformidade da iluminação para que não existam oscilações elevadas. A uniformidade apresenta-se como a relação entre o valor de iluminância mínimo e o valor médio num dado plano de trabalho ou da sua vizinhança. Tendo por base o referido, e segundo a ISO 8995:2002, a uniformidade da iluminância da tarefa não deverá ser inferior a 0,7 e a uniformidade da iluminância da vizinhança a 0,5, isto é, a iluminância em qualquer ponto do plano de trabalho não deve ser inferior a 70% da iluminância média e nas vizinhanças a 50%.

1.4.2. Qualidade da iluminação

De forma a funcionarem eficazmente, os olhos necessitam de perceber contrastes, ou seja, diferenças de luminância, visto que é a sensibilidade a contrastes que permite apreciar nuances de sombra e de luz, as quais podem ser decisivas para a perceção de formas (Kroemer *et al.*, 2005). Contudo, estas diferenças de iluminância não devem ser demasiado acentuadas. Normalmente o campo visual divide-se em três zonas (*figura 4*), a área circunvizinha e o ambiente geral, as quais têm requisitos diferentes de contrastes. A diferença entre a área da

tarefa e a vizinhança imediata não pode ser superior a três vezes e a diferença entre a área da tarefa e o ambiente geral não deve ser maior que dez vezes, caso contrário pode ocorrer desconforto ou fadiga (Dul *et al.*, 2004).

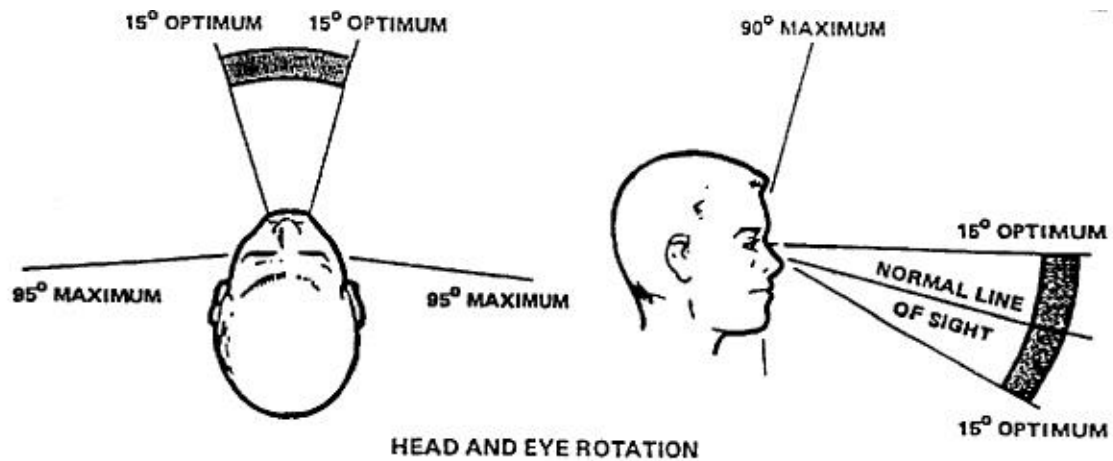


Figura 4. Três zonas do campo visual
(retirada no website: HSI Med.edu).

Outra característica da iluminação, que deve ser considerada, refere-se à possibilidade de existir encandeamento. O encandeamento (*glare*) é a sensação visual causada por luminâncias ou contrastes maiores do que aqueles a que os olhos estão adaptados, podendo causar desconforto ou perda do desempenho visual (Osterhaus, 2005).

Um bom sistema de iluminação, para além de oferecer um nível de iluminação adequado, deve evitar o encandeamento. O encandeamento produz-se quando existem grandes diferenças de intensidades luminosas entre as distintas áreas do campo visual, de forma que a adaptação do sistema visual não é suficiente para as compensar. Normalmente existem dois géneros de encandeamento, o direto, quando uma fonte de luz incide diretamente nos olhos e o indireto, quando é refletida por uma superfície. No entanto, também podemos classificá-lo do ponto de vista psicofisiológico em encandeamento gerador de desconforto visual. O impacto do encandeamento acontece por inaptidão da iluminação, que se refere a uma diminuição do conforto visual devido à excessiva difusão de luz nos olhos, a ponto de prejudicar a visão de detalhes ou objetos (Winterbottom e Wilkins, 2009; Wolska 2006). Ao contrário deste, o encandeamento tem origem na diferença de luminâncias que pode aumentar a atividade da pupila e, por sua vez, levar à ocorrência de fadiga ocular e de cefaleias (Winterbottom e Wilkin, 2009).

Uma das fontes de encandeamento mais referidas na literatura é a iluminação natural, mais concretamente a que provem de janelas. Contudo, segundo Hopkinson (1970) citado por (Galasiu e Veitch, 2006), as pessoas revelam maior tolerância ao encandeamento provocado pela luz natural do que o originado por outras fontes luminosas. Neste trabalho, os autores também especularam sobre a seguinte situação: quando a visão para o exterior de uma janela é agradável, a tolerância ao encandeamento aumenta. Galasiu e Veitch (2006) referem que, para além da vista para o exterior, o grau de desconforto relativo ao encandeamento das janelas depende da distância entre janela e a tarefa, sendo muito variável de pessoa para pessoa.

A ocorrência de possíveis encandeamentos deve ser evitada através de proteções nas luminárias e de cortinas ou persianas ajustáveis nas janelas (ISO 8995:2002). A existência de estruturas exteriores, como palas ou quebra-sóis (*sunshade*), também podem ajudar no controlo da iluminação natural.

A cor é igualmente um dos aspetos que influencia o conforto e consequentemente o desempenho do trabalhador ou dos alunos nas escolas. A escolha de uma cor para o ambiente de trabalho, que não seja do agrado dos indivíduos, pode induzir efeitos psicológicos negativos como stress, angústia ou desequilíbrios psicológicos (Cabral e Veiga, 2007). Há dois grandes grupos de cores, os quentes e as frias. As cores quentes são mais estimulantes e dão a impressão de estreiteza, enquanto as frias são mais repousantes e dão a sensação de espaço (Ribeiro, 2006).

A cor aparente da luz, emitida por uma dada fonte luminosa, pode ser descrita pela sua temperatura de cor, sendo as lâmpadas normalmente divididas em três grupos.

Tabela 3. Temperatura da cor lux (ISO-8995:2002)

| Aparência da cor | Temperatura da cor |
|------------------|--------------------|
| Quente | Abaixo de 3300K |
| Intermédia | 3300k a 5300K |
| Fria | Acima de 5300K |

Segundo Winterbottom e Wilkins (2009), as lâmpadas em salas de aula deveriam ter uma temperatura de cor de 3500K. Porém, de acordo com Begemann *et al.* (1997), citada por (Galasiu e Veitch 2006), a escolha da cor deve depender da disponibilidade de luz natural. Com níveis baixos de iluminação natural (500 lux), a preferência média pela cor ronda os 3300K. Com níveis mais elevados (1500 lux), a temperatura da cor preferida aumenta para 4300K. Também pode ter-se em consideração na escolha da cor o nível de iluminação, a cor das superfícies iluminadas e o clima ambiente (Wolkska, 2006). No entanto, devido ao facto de as

salas de aulas em espaços escolares deterem uma elevada quantidade dos livros, equipamentos ou componentes, é importante considerar a possibilidade da iluminação contribuir para a sua deterioração. Segundo Flieder e Duchein (1993) deve optar-se nestes espaços por lâmpadas de cor quente que permitam eliminar a radiação ultravioleta e infravermelha, a qual se encontra associada a reações fotoquímicas lesivas para os materiais.

No que diz respeito à cor das paredes, tetos e pavimentos, é aconselhável que estas possuam uma distribuição de cores que não induza o encandeamento. Deste modo, os tetos devem ser de cor branca, as paredes de cor branca ou outras cores claras e os pavimentos de cores mais escuras (Cabral e Veiga, 2007). Em ambientes escolares, Schneider (2002) verificou um aumento do desempenho dos alunos quando as paredes foram pintadas de cores pastel em vez da cor branca.

1.4.3. Luz natural

A luz natural é considerada uma luz branca, por apresentar intensidades em todos os comprimentos de onda visíveis, sendo considerada o tipo de iluminação ideal (Nunes, 2006; Dean, 2005). Em espaços interiores, esta pode ser facultada por janelas e clarabóias.

O meio de iluminação predominante nos espaços escolares, até aos anos cinquenta, era a luz natural (Schneider, 2002). Contudo, com a descida dos preços da energia elétrica começou a desenvolver-se uma tendência para criar espaços sem este tipo de iluminação. Recentemente, esta tendência inverteu-se, surgindo novamente um interesse em aumentar a luz natural em edifícios escolares.

Vários estudos realizados nos últimos anos têm-se debruçado sobre a análise da iluminação natural em ambientes interiores, no âmbito dos efeitos psicológicos a ela associados (Veitch, 2006) e influências sobre a produtividade (Heschong, 1999; Nicol *et al*, 2006), como também da sustentabilidade energética dos edifícios (Galasiu e Veitch, 2006). De acordo com Benya (2001) citada por Schneider (2002), as recentes mudanças, incluindo janelas energeticamente eficientes e clarabóias, são um reconhecimento renovado dos efeitos positivos da luz natural a nível psicofisiológico, induzindo deste modo o interesse no aumento da luz natural nas salas de aulas em espaços escolares.

O estudo realizado por (Heschong 1999), englobando cerca de 21 mil alunos e mais de 2 mil salas de aula, revelou-se um ícone da investigação sobre os efeitos da iluminação natural em ambientes escolares. O trabalho mostra que a presença deste tipo de iluminação melhora o desempenho dos alunos, visto terem sido observados progressos maiores a matemática e leitura

ou prática no laboratório quando estavam inseridos em salas com janelas maiores. Também se verificou que a luz natural proveniente de clarabóias tem um efeito positivo, bem como a possibilidade de abrir as janelas.

A associação estabelecida entre a existência de luz natural e o aumento do desempenho dos alunos, pode dever-se ao facto de aquela permitir uma melhor visão devido ao aumento dos níveis de iluminação, melhor cor e modelling⁹, redução dos efeitos de cintilação¹⁰, maior estimulação mental e uma influência positiva nos ciclos circadianos (Jayanetra, 2004).

Os estudos que demonstram a preferência por ambientes com iluminação natural em relação à artificial remontam já à década de 80 (Galasiu e Veitch, 2006). Segundo Love, citado por (Galasiu e Veitch 2006), os ocupantes de um espaço podem sentir-se satisfeitos com níveis de luz natural mais baixos do que com os níveis de luz normalmente requeridos com iluminação elétrica. Galasiu e Veitch (2006) citam ainda estudos realizados por Veitch *et al.* (1993; Herwagen 1996), onde é possível verificar que os alunos universitários identificam os resultados e mostram que esta metodologia possibilita a identificação da qualidade da iluminação natural como sendo a melhor porque num dia de sol é produzida uma iluminação 100000 lx, num dia nublado é 5000 lx e com o luar 0,5 lx. O consumo associado à iluminação artificial, necessária para complementar a iluminação estipulada para o período de ocupação, é superior e trabalhar sob iluminação natural é melhor que sob iluminação artificial. Note-se ainda que, quando é utilizada iluminação natural e artificial, as pessoas sobestimam a contribuição da luz do dia e o grau aumenta com a distância às janelas (Galasiu e Veitch, 2006).

A presença de janelas tem sido um fator preferencial por parte dos ocupantes de um espaço. Estas não são uma mera fonte de iluminação, pois, na maior parte das vezes, atuam também a outros níveis, podendo ter implicações psicológicas e físicas no indivíduo. As janelas têm sido muitas vezes referidas como estimulantes, pois proporcionam um contacto visual com o mundo exterior (Ribeiro, 2006). As implicações psicológicas também passam por outros aspetos como a estabilidade e a inspiração (Lee e Kim, 2007). Tem-se verificado uma preferência por postos de trabalho próximos de janelas (Galasiu e Veitch, 2006). As razões para esta situação prendem-se não só com o facto de estas proporcionarem iluminação natural e vista para o exterior, mas também por permitirem perceber o estado do tempo e aumentar a ventilação

⁹ Modelling refere-se ao equilíbrio e conjugação entre a luz indireta e a luz direta.

¹⁰ Associada ao efeito estroboscópico.

quando são abertas (Heschong, 1999). A existência de janelas num espaço tem sido também relacionada com o aumento da produtividade (Nicol *et al.*, 2006).

A orientação, o tamanho e a natureza dos vidros das janelas são fatores que condicionam a entrada de luz natural. Certos estudos têm mostrado que existe uma preferência por janelas grandes. Contudo, alguns trabalhos realizados nesta área revelam que a preferência por um determinado tamanho de janelas é influenciada pela paisagem exterior e pelo tipo de espaço (Galasiu Veitch, 2006).

Em espaços interiores, a iluminação natural não tem sido apenas associada a efeitos positivos. Quando indevidamente projetada, pode estar na origem de encandeamentos e alterações do ambiente térmico, nomeadamente o sobreaquecimento das zonas próximas das janelas (Hygge e Löfberg, 1999; Nicol *et al.*, 2006; Krüger e Zannin, 2004). As janelas têm também sido referidas como uma possível fonte de distração (Ribeiro, 2006). A iluminação natural em dias nublados, em que há flutuações frequentes de luz, pode ocasionar desconforto, devido ao facto de o sistema visual tentar, de forma subconsciente e continuada, adaptar-se às mudanças de iluminação (Kim e Kim, 2007). Deste modo, é importante em tarefas com requisitos visuais manter o nível de luz relativamente constante. Quando esta é intensa, está também associada ao desgaste acrescido dos materiais. A radiação ultravioleta em grande quantidade provoca o descolamento da tinta e conduz a um processo fotoquímico de oxidação que, por sua vez, provoca uma diminuição das propriedades mecânicas das fibras que constituem a celulose (Urgellès e Crehuet, 2001).

1.4.4. Controlo da iluminação

As implicações dos sistemas de controlo no bem-estar dos ocupantes e na sua produtividade têm sido alvo de vários trabalhos de investigação.

Apesar de existirem estudos que referem que instalações sem nenhum controlo pelo utilizador possuíam melhor iluminância no plano de trabalho, de acordo com as recomendações atuais (Galasiu e Veitch, 2006), a existência de controlos da iluminação natural e elétrica pelos ocupantes parece contribuir para a melhoria da produtividade (Juslén *et al.*, 2007). Esta situação pode dever-se à possibilidade da maioria dos ocupantes preferir ter o controlo sobre os sistemas de iluminação e poder ligá-los e desligá-los quando precisarem ou quiserem (Galasiu e Veitch, 2006).

Os sistemas de controlo da iluminação das janelas revestem-se de extrema importância no controlo do encandeamento e aquecimento do espaço. Certos estudos têm demonstrado que

os indivíduos usam conscientemente as cortinas e persianas para evitar ou reduzir a penetração de radiação solar em dias de sol (Reinhart e Voss, 2003), com o objetivo de evitar luz solar direta ou um aquecimento excessivo (Galasiu e Veitch, 2006). Deste modo, as cortinas são importantes para controlar os efeitos de mudanças de iluminância ao ar livre e produzir um valor mais constante de iluminância média em recinto fechado (Nico *et al*, 2006).

A facilidade no uso dos controlos da iluminação e a consciência e formação do utente relativamente a estes controlos são considerados essenciais para a obtenção de uma iluminação mais confortável, juntamente com um reduzido consumo de energia (Galasiu e Veitch, 2006). Uma má utilização dos controlos pode estar na origem de efeitos nocivos. Quando não ajustadas corretamente, as sombras das persianas podem produzir um padrão de iluminação sobre as secretárias, que, devido à sua frequência, podem induzir por vezes stress visual (Winterbottom e Wilkins, 2009).

Winterbottom e Wilkins (2009) referem que as salas de aula deveriam ter sistemas que escurecessem automaticamente e que estivessem livres de cintilação. Contudo, esta visão é contrariada quer pelos estudos de Escume e Fontoynt (2001), citados por Galasiu e Veitch (2006), onde se refere que os ocupantes preferem ter o controlo sobre os sistemas de iluminação, quer pelos de Reinhart e Voss (2003), os quais verificam que os ocupantes de um espaço se manifestam normalmente contra o encerramento automático das cortinas.

1.4.5. Sustentabilidade energética

Os sistemas de iluminação deveriam satisfazer as exigências de um espaço interior em particular, tarefa ou atividade sem desperdício de energia. Porém, é importante não comprometer os aspetos visuais simplesmente com o intuito de reduzir o consumo de energia (ISO 8995:2002).

Pode ser poupada ma grande quantidade de energia através de projetos de iluminação bem definidos, os quais têm em consideração o equilíbrio entre os níveis de iluminação e o consumo energético requerido. Para tal, é necessária a utilização de sistemas de iluminação artificial e natural de forma apropriada, bem como a aplicação de sistemas de controlo fáceis e simples de usar.

A iluminação natural é vista atualmente como um aspeto fundamental a ter em consideração nos espaços interiores para providenciar um melhor aproveitamento energético.

Outro aspeto importante que interfere na sustentabilidade energética é a manutenção dos meios de iluminação (luminárias, janelas e clarabóias), pois uma instalação com lâmpadas novas e

superfícies limpas pode proporcionar uma iluminância 25% maior que a projetada, mas só metade do valor inicial quando as lâmpadas estão velhas e com acumulação de sujeira (Winterbottom e Wilkins, 2009).

1.4.6. Avaliação dos níveis de iluminância

Têm vindo a surgir e a ser melhoradas metodologias para proceder à avaliação da iluminação natural em espaços interiores, sendo algumas aplicadas na fase de projeto, como é o caso dos modelos em escala reduzida. Existem outras com o objetivo de verificar a influência do espaço construído no comportamento e conforto dos indivíduos, designadas Avaliação Pós Ocupação (APO) (Post Occupancy Evaluation – POE) (Graça *et al.*, 2001). São também largamente utilizados (Lee e Kim, 2007) alguns métodos baseados em equações como o Glare Índice e o United Glare Rate para avaliação do nível de desconforto.

Apesar da maior parte dos estudos abordados neste trabalho se terem baseado numa abordagem objetiva, existem trabalhos que tiveram também em atenção a opinião dos indivíduos, tendo obtido bons resultados.

Nicol *et al.* (2006) aplicaram uma escala de perceção da claridade e preferência com cinco graus, onde se verifica um juízo gradualmente crescente de claridade com o aumento dos níveis de iluminância. Também Hygge e Lofberg (1999) utilizaram escalas com cinco níveis de satisfação para avaliarem vários aspetos, entre os quais a iluminação e as janelas. Já Kim e Kim (2007) optaram por escalas de sete graus para as mesmas análises.

1.4.7. Utilização de computador ou portátil

Segundo Demb *et al.* (2004), os computadores e os portáteis são vistos pelos alunos, em contexto de sala de aula ou de laboratório, como essenciais ao seu sucesso académico. Perante esta situação e devido à evolução do ensino, cada vez são mais os alunos que levam o seu portátil para as aulas ou laboratório.

Uma das grandes diferenças entre ler um texto em suporte de papel ou digital é que os últimos têm monitores auto iluminados enquanto que o livro necessita de uma fonte de iluminação externa. Outra diferença é a localização do objeto de leitura. O livro normalmente é colocado sobre a mesa, enquanto o monitor se encontra perpendicularmente a esta.

A utilização do computador é considerada uma tarefa com exigências visuais elevadas, podendo levar a problemas de visão. Quando as exigências visuais de uma tarefa, que requer a utilização de um computador, excedem as capacidades visuais pode ocorrer o chamado *Computer Vision Syndrome* (CVS) (Anshel, 2005). Um estudo realizado pelo National Institute

for Occupational Safety and Health (NIOSH) indicou que 88% das pessoas que trabalham com computadores mais de três horas por dia apresentavam fadiga visual (Anshel, 2005). Há estudos que revelam que é ainda mais provável a ocorrência de desconforto visual em utilizadores femininos do que em masculinos (Anshel, 2005).

Para além do tempo que as pessoas passam no computador, outros fatores como a localização e a orientação do ecrã e um sistema de iluminação inadequado podem estar na origem da fadiga visual. Deste modo, nos espaços escolares deve existir um equilíbrio entre a luz natural e a artificial, bem como uma localização adequada dos postos de trabalho em relação a estas fontes de iluminação, evitando posições de contraluz, pois estas diminuem a visibilidade e aumenta o esforço visual (Ribeiro,2006).

INFLUÊNCIA DA ILUMINAÇÃO NO DESEMPENHO COGNITIVO

2.1. INTRODUÇÃO

Qualquer atividade humana é influenciada pelo ambiente do local onde uma tarefa é desenvolvida. O desempenho cognitivo tem um papel fundamental nomeadamente em ambientes ocupacionais, na medida em que está intimamente relacionado com a orientação, a tomada de decisões, a segurança, a produtividade e na resposta a situações imprevistas (Mäkinen *et al.*, 2006). Alguns estudos têm feito a avaliação da interferência que a iluminação ambiente, designadamente os parâmetros físicos e a questão do conforto visual, exercem na função cognitiva. Neste sentido, estes estudos têm permitido uma melhor compreensão e integração dos fatores relacionados com a iluminação ambiente e o desempenho cognitivo.

Os problemas de saúde relacionados com o stress, o desconforto visual bem como com o impacto da iluminação ambiente na atividade humana tem vindo a despertar um crescente interesse em termos de investigação nesta área. Contudo, apesar de muitos estudos terem sido desenvolvidos neste sentido e as respostas fisiológicas à iluminação ambiente se encontrem bem documentadas, o efeito na função cognitiva ainda se mantém equívoco (Gaoua, 2010).

Este capítulo pretende apresentar uma revisão bibliográfica relacionada com a influência que os níveis de iluminação considerados maus, suficientes ou bons de iluminância poderão ter na resposta cognitiva. Neste sentido, o capítulo está essencialmente organizado em três partes, sendo que na primeira é apresentada uma abordagem da interação entre o homem e o contexto ocupacional prático no laboratório, onde se focam aspetos como a importância da ergonomia ambiental neste contexto e as exigências do ambiente ocupacional em termos de carga mental dos estudantes. Uma vez que o objetivo deste capítulo é a avaliação da influência da iluminação ambiente na função cognitiva, na segunda parte apresenta-se uma explicação dos conceitos relacionados com a função cognitiva. No final, são apresentados alguns estudos considerados relevantes nesta área (o impacto da iluminação no desempenho cognitivo).

2.2. INTERAÇÃO ENTRE HOMEM E O AMBIENTE OCUPACIONAL

2.2.1. Ergonomia ambiental

A ergonomia é muitas vezes definida, de uma forma simplificada, como a ciência que estuda a interação homem-máquina, cujo principal objetivo é a adaptação do trabalho ao homem. Segundo a Associação Internacional de Ergonomia (IEA), citada por Miguel (2010), o conceito de ergonomia refere-se a uma ciência relacionada com o conhecimento fundamental

das interações entre os seres humanos e outros elementos de um sistema. Já a Ergonomia Ambiental, segundo Persons (2000), debruça-se sobre a forma como o homem interage com o ambiente, designadamente com os seus componentes físicos. Segundo o mesmo autor, apesar de já terem sido realizados muitos estudos sobre as respostas humanas ao ambiente, só agora, com o seu desenvolvimento como disciplina, é que a ergonomia ambiental começou a levantar novas questões, apontando para fatores que podem originar tensão fisiológica e psicológica. Em contexto ocupacional, há fatores que podem conduzir a desconforto visual e incómodo, que direta ou indiretamente pode afetar o desempenho cognitivo e a produtividade, a saúde e segurança e levar mesmo à morte (Persons, 2000). Diversos fatores afetam o ambiente de trabalho ou de estudo, sobretudo o ruído, as vibrações, a iluminação, o frio e o calor, os gases, a pressão atmosférica, a gravidade, etc. Neste sentido, a Ergonomia Ambiental assume um papel preponderante no contexto ocupacional, na medida em que os seus princípios e métodos permitem ponderar como os referidos fatores, no ambiente integrado, afetam as pessoas (os estudantes, neste caso).

Normalmente são considerados três tipos de efeitos exercidos pelo ambiente físico sobre as pessoas: os que afetam a saúde, os que afetam o conforto e os que afetam o desempenho cognitivo. O corpo humano não é um sistema passivo; por conseguinte, cada resposta depende de um grande número de fatores, nomeadamente das características próprias de cada corpo, da natureza dos estímulos, da forma como os estímulos são percebidos, das experiências passadas, do estado emocional e das diferenças individuais (Persons, 2000). É tendo em atenção os fatores físicos, fisiológicos e psicológicos que a Ergonomia Ambiental consegue fornecer soluções práticas para os problemas relacionados com a forma como as pessoas respondem ao ambiente.

A Ergonomia Ambiental faz-se valer essencialmente de quatro tipos de métodos que lhe permitem avaliar a resposta humana ao ambiente: métodos subjetivos, medições objetivas, métodos comportamentais e de modelos da resposta humana (Persons, 2000). Estes métodos têm vindo a ser utilizados em diversos estudos com o objetivo de perceber os efeitos do ambiente e da iluminação no desempenho cognitivo.

2.2.2. A função cognitiva em contexto ocupacional

Os processos psicológicos que estão envolvidos na forma como o ser humano percebe e interage com o ambiente que o rodeia constituem o objeto de estudo da psicologia cognitiva. Estes processos incluem funções como a atenção, a percepção, a aprendizagem, a memória, a linguagem, a formação de conceitos, a resolução de problemas e o pensamento (Eysenck, 1993).

Além disso, a função psicomotora¹¹ tem sido frequentemente incluída neste conceito. Antunes *et al.* (2006) e Rammsater *et al.* (1995) referem que o tempo de reação representado para o desempenho de uma tarefa psicomotora constitui um indicador da velocidade e da integridade da informação processada. O tempo de reação, segundo Kroemer & Grandjean (1997), pode ser usado como uma forma de avaliar a capacidade para executar tarefas mentais. De acordo com os mesmos autores, o tempo de reação pode ser definido como o intervalo entre o surgimento de um estímulo e a respetiva resposta.

Os processos envolvidos numa tarefa cognitiva, desde a apresentação de um estímulo até à consequente resposta, podem ocorrer em série¹², isto é, podem ocorrer um após o outro, ou em paralelo¹³, ou seja, podem acontecer simultaneamente. O processamento da informação pode ainda ocorrer através de dois processos: um conhecido como *bottom-up*, em que o processamento se inicia quase totalmente através do estímulo, e pelo denominado *top down*, em que o processamento é afetado pelo conhecimento e pelas expectativas do indivíduo (Eysenk, 1993).

Segundo Kroemer & Grandjean (1997), o processamento de informação consiste na perceção, interpretação e compreensão da informação transmitida pelos órgãos dos sentidos, no sentido de combinar e comparar a nova informação armazenada, por forma a fornecer uma base à tomada de decisão. Para se compreender os processos cognitivos envolvidos na perceção, no processamento e retenção da informação, passa-se de seguida à explicitação dos conceitos de alguns desses processos.

2.3. PERCEÇÃO DA MEMÓRIA

De acordo com Levine & Shefner (1981), citados por Eysenck (1993), a perceção da memória refere-se à forma como nós interpretamos a informação reunida e processada pelos sentidos. A perceção da informação ocorre através de sistemas sensoriais, normalmente da visão e da audição. Assim, um estímulo ativa os recetores dos sistemas sensoriais, que estão concebidos para o deterem, sendo a energia produzida pelas alterações no recetor, através do estímulo, convertida em impulsos neuronais que retêm a informação do estímulo. Esta informação, contida nos impulsos neuronais, é então transmitida a níveis mais elevados do

¹¹ Tempo de reação, tempo de movimento, velocidade de desempenho

¹² Processamento em série

¹³ Processamento paralelo

sistema nervoso central, onde é combinada com o conhecimento armazenado permitindo a percepção consciente do estímulo original (Eysenk, 1993).

Normalmente as pessoas estão expostas a um número de estímulos maior do que aquele que o sistema de percepção consegue processar (Kroemer & Grandjean, 1997). Como tal, os sistemas sensoriais estabelecem limites na capacidade de percepção das pessoas. Uma das mais importantes características do sistema de percepção, segundo Eysenk (1993), é o facto de conseguir organizar os estímulos confusos, que chegam até si, em informação organizada. A percepção espacial que permite a percepção tridimensional dos objetos, a percepção de movimento e o reconhecimento de padrões que possibilitam o reconhecimento e identificação dos objetos, são das principais funções do sistema de percepção visual (Eysenck, 1993).

2.3.1. Atenção

O conceito de atenção tem sido utilizado com vários sentidos, algumas vezes como sinónimo de concentração, outras vezes relacionado com a capacidade de selecionar uma parte de um estímulo para posterior análise. Alguns estudos sugerem a existência de uma relação entre a atenção e o despertar¹⁴ fisiológico, sendo que um indivíduo excitado tende a ser mais atento ao ambiente (Eysenk, 1993). A atenção pode ser dividida em dois tipos: atenção focada e atenção dividida. A atenção focada consiste no processamento e na resposta a apenas um estímulo; a atenção dividida consiste no processamento e resposta a outros estímulos possíveis.

A atenção considerada em termos da capacidade de concentração em tarefas que, para além de monótonas são longas, designa-se geralmente por vigilância (Eysenck, 1993). Este tipo de atenção, também denominada como atenção sustentada, pressupõe a capacidade de manter um elevado nível de alerta durante um longo período de tempo (Kroemer & Grandjean, 1997).

2.3.2. Memória

O conhecimento do funcionamento da memória humana é fulcral no estudo da cognição, uma vez que nenhum processo cognitivo pode ocorrer normalmente sem o sistema de memória. A memória pode ser considerada como o processo de armazenamento de informação (Kroemer & Grandjean, 1997).

Atkinson & Shiffrin (1968), citado por Eysenck (1993), distinguiram dois tipos de memória, dividindo-as em: 1) memória de curto prazo e 2) memória de longo prazo. A memória de curto prazo compreende a lembrança de acontecimentos instantâneos, que podem ter

¹⁴ é uma catividade geral fisiológica e psicológica do organismo humano

ocorrido há alguns minutos ou há uma ou duas horas atrás. Os primeiros estudos relacionados com a memória de curto prazo consideraram que os seres humanos poderiam reter na memória um número limitado de itens de cada vez. Miler (1956) escreveu um artigo em que propôs que as pessoas apenas podiam reter um máximo de sete itens ou menos, ou seja, entre cinco a nove itens. De acordo com Eysenck (1993), Baddeley & Hitch (1974) propuseram que o conceito de memória a curto prazo deveria ser substituído por memória de trabalho ou estudo. De acordo com um modelo proposto, a memória de trabalho possui três componentes:

- O circuito fonológico, que armazena um número limitado de sons por um período curto;
- O bloco de esboço viso espacial, que armazena informações visuais e espaciais;
- O executivo central, que integra as informações provenientes dos outros componentes, bem como da memória de longo prazo.

Assim, a memória de trabalho é um processo com uma capacidade limitada que mantém e armazena informação temporariamente, suportando os processos do pensamento humano e proporcionando uma interface entre a percepção, a memória a longo prazo e a ação (Baddeley, 2003). A memória a longo prazo pode conter uma grande quantidade de informação muito diversa durante longos períodos de tempo (Eysenck, 1993; Kroemer & Grandjean, 1997).

2.3.3. O armazenamento da memória

O armazenamento geral da memória é difícil de detetar, já que o processamento de informação não pode ser visto como um ato isolado, mas como dependente da percepção, influenciado pelas emoções e pela imaginação e estudado em toda a sua sequência e ação (Javier Olazarán Rodríguez, I. Cruz Orduña, 2007). Existem diversas concepções de memória. Este termo é normalmente utilizado para referir o processo de armazenamento de informações adquiridas ontogeneticamente, que podem ser evocadas em qualquer momento, isto é, podem estar disponíveis para relacionar um comportamento a um contexto (Javier Olazarán Rodríguez, I. Cruz Orduña, 2007), com origem nos modelos mnemónicos (memorização) que remontam ao início da moderna psicologia de William James (1842-1910), com base na ideia de introspeção. Este autor faz a distinção entre memória primária e secundária. as novas experiências não desaparecem imediatamente na nossa consciência, mas permanecem por um curto espaço de tempo como “a maior parte do instante presente”. O conteúdo desta memória pode ser primário ou secundário, um ‘armazém’ onde todos os conhecimentos permanecem a salvo. Atkinson e Expandio Shiffrin defendem este modelo com a introdução do conceito de memória sensorial,

uma série de ‘armazéns’ onde se faz o registo e ativação e que permitem a passagem da informação para a memória de curto prazo (equivalente ao conceito de memória primária) (figura 5).



Figura 5. Modelo de memória multi armazém (ATKINSON e SHIFFIN, 1968).

A representação de um episódio necessita que o mesmo seja percebido, codificado, armazenado e que possa ser “evocado” (e, por outro lado, que possa ser esquecido), para usar as expressões mais comuns nesta área. Todos estes termos implicam que o processo seja dependente ou controlado pelo tempo. O armazenamento é, em geral, dividido em sequências de duração diversa que podem ser rotuladas como memória icónica, memória de curto prazo (short term) e memória de longo prazo (long term), (Baddeley & Warrington, 1970; Squire, 1982).

Estas diferenciações baseiam-se geralmente em mecanismos fisiológicos e psicológicos. A memória “icónica” ou “imediate” tem uma duração de segundos ou menos e depende da ativação dos recetores de um órgão sensorial periférico e está intimamente relacionado com a atenção. A memória de curto prazo (short-term) tem uma definição mais variável, às vezes com referência a elementos da psicologia cognitiva ou referência à neuropsicologia ou neurofisiologia, cobrindo desta forma a extensão temporal durante a qual vários processos ocorrem em sequências para iniciar a consolidação da informação, representando um período no qual o traço de memória é ainda muito débil. Na memória de “longo prazo” (long-term) apenas são representadas as informações processadas (já consolidadas) além da extensão de tempo pertinente ao processo de traço curto (Markowitsch & Pritzel, 1985).

Defende-se a existência de uma organização da memória e da sua relação com as lesões cerebrais, sendo a “automática”, “motora” ou “de hábitos” a menos vulnerável das formas de memória aos comprometimentos do sistema nervoso. Esta distinção, já confirmada em vários testes durante sessenta anos (Milner, Corkin & Teuber, 1968), tem sido mais recentemente referida em diversos artigos experimentais ou teóricos.

Além da distinção entre memória “motora” versus “verbal”, um número crescente de classes de memória separáveis tem vindo a ser estabelecido pela neuropsicologia cognitiva, tanto em humanos como em não humano. Entre estas distinções estão a memória “operacional” (*working*) versus “de referência” (*reference*); “semântica” versus “episódica”; “declarativa” versus “de procedimento” (*procedural*); “saber como” (*knowing how*); “automática” versus “de esforço” e “memória com registo” versus “memória sem registo” (Markowitsch & Pritzl, 1985)

2.3.4. Destruição ou alteração da memória

As destruições neuro psicológicas descrevem a função cognitiva em termos dos comportamentos relevantes e fornecem uma medida sobre a forma como os indivíduos interagem com o ambiente para satisfazer as suas necessidades. A inteligência é um aspeto importante nesta função adaptativa, mas ela é fortemente dependente da instrução e das experiências de vida. Em geral, não é imediatamente influenciada por alterações cerebrais orgânicas e, conseqüentemente, nem sempre pode prever o funcionamento potencial de uma pessoa.

Determinados testes neuro psicológicos colocam o indivíduo numa situação estruturada que requer a ativação de um processamento de informações novas envolvendo esforço. Ao examinar o aluno e o seu desempenho cognitivo durante as tarefas, o examinador fica apto a formular questões sobre a forma como estes indivíduos desempenharão as mesmas, transpostas para o cenário psicossocial ou nas suas ocupações diárias.

2.3.5. Capacidade de memorização

A capacidade de memorização envolve um número de processos cognitivos sequenciais. Inicialmente, a informação entra na memória sensorial, um armazenamento extremamente curto medido em centésimos ou milésimos de segundo. Desta memória sensorial, a informação é transmitida à chamada memória de traço curto ou de curto prazo (também chamada memória primária, memória imediata e “*span*” de atenção) (Hunt, 1986). A memória de curto prazo é um sistema de capacidade limitada, no qual a informação é mantida através da atenção sustentada e por repetição (*rehearsal*). Tem uma duração de 20-30 segundos, podendo a informação “debilmente” armazenada ser trocada por um material novo, a menos que sejam utilizadas repetições ou outras estratégias de retenção. A transferência de informação nova para a memória de traço longo é feita durante os primeiros segundos de exposição ao estímulo, ocorrendo uma sobreposição entre os processos de memória de curto prazo e de longo prazo. A consolidação do material de traço longo é um processo mais demorado e envolve um

alongamento gradual do traço de memória durante um período de vários minutos a várias horas. Este traço é altamente instável e facilmente sujeito à perda, como se pode observar na amnésia anterógrada da síndrome pós-concussão. Quando a informação entra para a memória de longo prazo (de capacidade virtualmente ilimitada), esta é mantida por repetição ou organização através de associações e sentidos (Mac Innes & Robbins, 1987).

2.3.6. Evocação das memórias

A evocação das memórias é um processo através do qual se localiza e acede à informação que está disponível, decorrente de um armazenamento prévio. Os efeitos podem ser de dois tipos: 1) acesso direto a traços de memória armazenados; 2) acesso a uma ideia geral ou à essência de um material original e reconstrução do produto final (Russel, 1981). Uma outra distinção importante relativa à evocação é a estabelecida entre “evocação livre” e “reconhecimento”. Os testes de evocação de dígitos (*digit span*) são de evocação livre, sendo a memória por reconhecimento avaliada através de testes de escolha múltipla. Esta distinção pode ser útil para diferenciar a demência provocada por depressão da demência provocada por outra causa (por exemplo, pela doença de Alzheimer). Geralmente, os portadores de Alzheimer apresentam dificuldades em ambas as formas de evocação, enquanto os deprimidos revelam frequentemente mais alterações na evocação livre.

2.3.7. Psicometria da memória

A abordagem psicométrica constitui a perspetiva mais clássica no estudo da inteligência (memória). Partindo da constatação da existência de diferenças individuais na perceção da realidade, esta abordagem concebe a inteligência como um reflexo de traços internos (variáveis latentes), cujo acesso apenas é possível com um exercício de inferências psicológicas através das respostas dos sujeitos em situações quotidianas e nos testes de avaliação da inteligência (memória ou cognitiva). Daí o cuidado colocado na construção e validação dos instrumentos de avaliação, o que constitui uma das manifestações mais marcantes da psicometria na psicologia, segundo a opinião de Almeida, Primi e colaboradores (2008).

A controvérsia que tem acompanhado a abordagem psicométrica desde o início, no que diz respeito à questão da inteligência (memória) ser melhor definida através de uma capacidade geral ou através de um conjunto de aptidões diferenciadas, tem tido implicações diretas no respeitante aos instrumentos de medida propostos para a sua avaliação, nomeadamente: 1) se pensarmos num fator único, temos os testes de QI (Quociente de Inteligência), como é o caso das Escalas de Weshler, que pretendem medir a capacidade global a partir do resultado de um conjunto heterogéneo de tarefas; e os testes “puros” de *fator g*, assentes em itens que envolvem

os processos de raciocínio, formulados através de conteúdos abstratos sem recurso à linguagem e à aprendizagem como, por exemplo, as Matrizes Progressivas de Raven; 2) se se acreditar numa visão mais pluralista da inteligência, temos os testes de aptidão diferenciada, tais como a PMA (*Primary Mental Abilities*) ou a GATB (*General Ability Tests Battery*). Pode-se então afirmar que a larga maioria dos testes de inteligência disponíveis e usados presentemente têm como suporte a abordagem psicométrica da inteligência (Almeida *et al*, 2009).

No entanto, a abordagem psicométrica também tem sido alvo de críticas, nomeadamente quanto à sua excessiva preocupação com o produto ou os resultados nos testes, em detrimento dos processos subjacentes ou comportamento inteligente. Ou seja, esta abordagem apoia-se em modelos descritivos e estatísticos da inteligência (Sternberg & Grigorenko, 2003). Por sua vez, os testes psicológicos desenvolvidos dentro desta abordagem valorizam mais uma inteligência dita académica e teórica do que uma inteligência prática, uma inteligência mais lógica e racional do que uma inteligência ligada à criatividade, à diversidade e à produção divergente (Mettrau & Almeida, 1995).

De acordo com Sternberg (1990), e apesar das críticas, os estudos das diferenças individuais, da identificação das estruturas que descrevem o processamento cognitivo, da operacionalização especial e das teorias fatoriais da inteligência, tiveram como grandes contribuições a especificação dos constructos e o tratamento correlacional dos dados empíricos.

No entanto, Almeida (1994) alerta para o facto de que as posições explicativas não devem ultrapassar os limites da sua própria origem, ou seja, os fatores identificados no âmbito da abordagem fatorial podem ser mais artefactos estatísticos do que variáveis detentoras de realidade própria. Esta seria uma das razões pelas quais diferentes soluções fatoriais possam ser igualmente defendidas para o mesmo conjunto de dados ou para dados diferentes que possibilitem estruturas e fatores distintos (Almeida, 1988b).

O próprio *fator g*, que tem vindo a ser assumido pelo autor como possuindo um significado psicológico próprio (e.g. Almeida, 1988a, 1998b), “poderia decorrer de outros aspetos específicos da realização das tarefas cognitivas como, por exemplo, a velocidade subjacente às diversas tarefas, as habilidades de atenção e concentração ou o envolvimento e ritmo de trabalho por parte do próprio sujeito (Almeida *et al*, 2009).

Neste momento, para testar a capacidade de memória (desempenho cognitivo), podem ser usados como testes os sistemas *Cambridge Brain Sciences*, conhecidos como ferramentas habitualmente designadas *Difficulty Meter* ou *Memory Test* (Dai Rees e Steven Rose, 2004), para

medições ou determinação da capacidade cognitiva das pessoas. Quanto ao Difficulty Meter (Cambridge Brain Sciences), (*figura 6*), encontram-se disponíveis os seguintes:

- Teste Ímpar fora (tipo de teste: raciocínio).
- Teste Associação de pares (tipo de teste: memória).
- Teste Raciocínio sobre objetos (tipo de teste: raciocínio).
- Teste Polígonos (tipo de teste: concentração).
- Teste Correspondência de características (tipo de teste: concentração).
- Teste Controlo espacial (tipo de teste: planeamento).
- Teste Extensão de dígitos (tipo de teste: memória).
- Teste A árvore Hampshire (tipo de teste: planeamento).
- Teste Rotações (tipo de teste: concentração).
- Teste Problema duplo (tipo de teste: raciocínio).
- Teste Raciocínio gramatical (tipo de teste: raciocínio).
- Teste Pesquisa espacial (tipo de teste: planeamento).
- Teste Escada do macaco (tipo de teste: memória).
- Teste Extensão espacial (tipo de teste: memória).

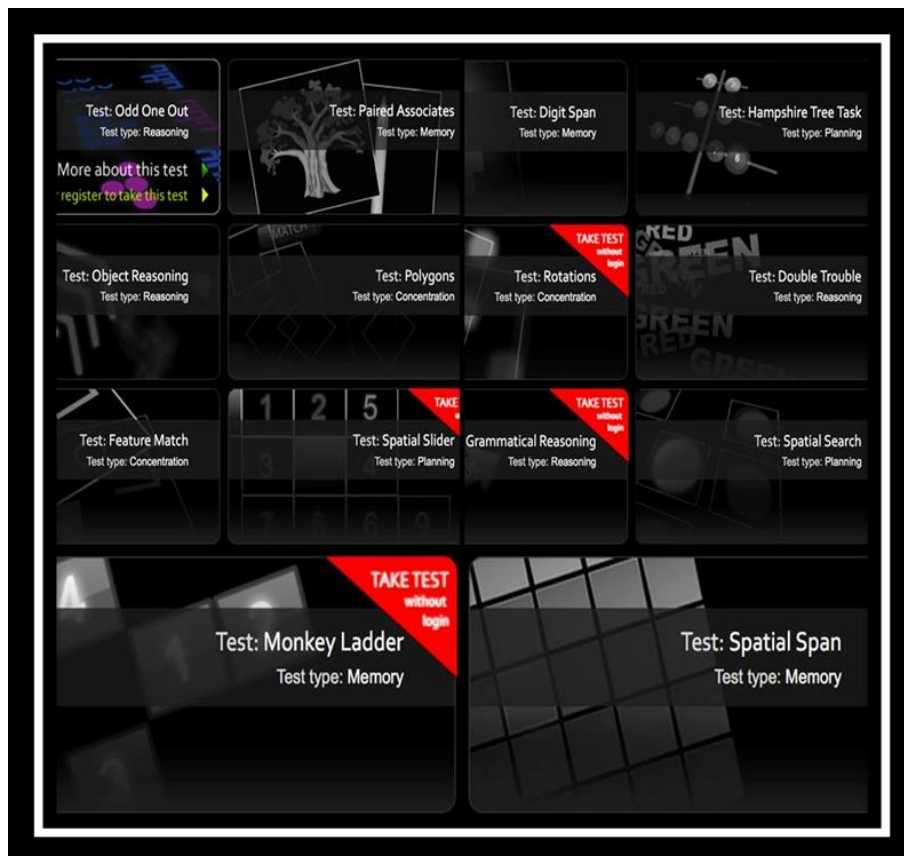


Figura 6. Opções iniciais do Cambridge Brain Sciences.

O Cambridge Brain Sciences (difficulty meter) está dividido em diversas partes:

- Difficulty meter time remaining é um teste de memória (cognitivo) com uma limitação de minutos (time remaining), com a duração de 03:00 (*figura 7*): quando respondem acertadamente e com rapidez têm a pontuação atual (current score); se subirem isso significa que revelam boa memória (longo prazo); mas se respondem errada ou lentamente as pontuações atuais (current score) diminuem ou se as pontuações atuais baixam, significa que a memória (curto prazo) sofre impactos resultantes de desconforto visual, iluminação, ambiente térmico, vibrações, ruído ou ondas sonoras elevadas.



Figura 7. Exemplo de uma captura de ecrã mostrando o tempo remanescente.

- Lives Left é um teste de memória (cognitivo) com três níveis: 3, 2 e 1, (**figura 8**) quando se responde à primeira acertamente (nível 3) tem-se a pontuação atual (current score), mas se responde erradamente perde-se a pontuação atual e passa-se para o nível 2 ou 1 dentro do mesmo sistema. As pessoas que cumprem o primeiro passo têm que compreender bem este sistema de testes de memória (cognitivo), melhorando a sua capacidade de memória, mas ainda que entendam a lógica do jogo podem responder erradamente.

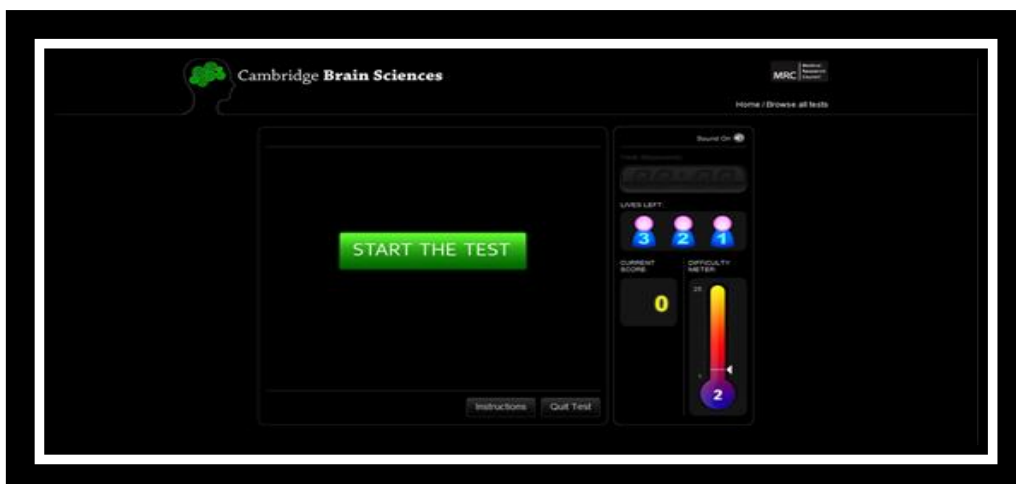


Figura 8. Dificuldade metro (vidas esquerda).

- O teste “de correspondência” (Test Feature Match) na (**figura 9**) avalia o processo de concentração. É uma tarefa de perceção que exige ao participante que se concentre ou foque a sua atenção em imagens complexas. Este teste exige concentração nas imagens nas 2 caixas; quando corresponde ou é igual, então clica-se com o rato no

botão “MATCH” (Partida). Se as imagens são diferentes nas 2 caixas, então clica-se no botão “MISMATCH” (descompasso). Quando são dadas respostas desde o início deste teste até ao fim com agilidade significa uma boa concentração. O contrário significa que a concentração está a diminuir ou é fraca. A pontuação deste teste depende da agilidade e da concentração do participante para dar uma resposta certa ou errada.

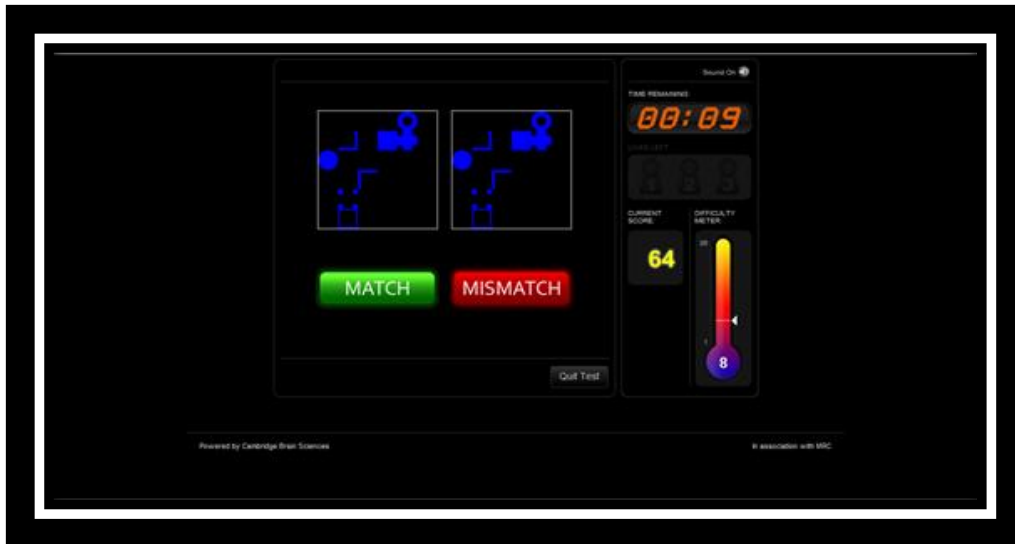


Figura 9. Teste de correspondência (teste feature match).

2.3.8. Pensamento

Eysenck (1993) refere que Humphrey (1951) apresenta uma definição de pensamento adequada, segundo a qual o pensamento é “o que acontece numa experiência quando um organismo, humano ou animal, encontra, reconhece e resolve um problema”. Segundo o mesmo autor, tradicionalmente a questão do pensamento é dividida em tópicos mais específicos, que incluem a resolução de problemas, o raciocínio, a tomada de decisões e o julgamento.

2.4. INFLUÊNCIA DA ILUMINAÇÃO NO DESEMPENHO COGNITIVO

A função intervém na perceção individual do bem-estar, sendo por isso incluída no conceito de qualidade de vida (Annunzita *et al.*, 2011). A promoção do bem-estar das pessoas no seu local de trabalho ou de estudo pode estar associada ao conceito de qualidade de vida, para um melhor desempenho e um conseqüente aumento de produtividade nos estudos.

Wyon (2001) refere que as pessoas que se sentem desconfortáveis perdem a motivação para trabalhar ou estudar e tendem a fazer mais pausas. Nunes *et al* (1993), citados por Wyon (2001), afirmam que as pessoas que não se sentem bem não trabalham ou estudam de forma

eficaz. Tal como demonstrado no ponto 2.2.2, a função cognitiva tem um papel importante em contexto ocupacional ou nos estudos, sendo, portanto, relevante o estudo dos fatores que poderão afetar esta função. Desta forma, tendo em atenção alguma literatura considerada relevante, constatou-se que existe um acordo relativamente à importância dos estudos sobre os efeitos da iluminação na resposta cognitiva.

Segundo Persons (2003), a avaliação da iluminação ambiente poderá ser imprescindível para quantificar o ambiente (conforto visual) e os seus efeitos, de forma a interpretar os valores obtidos em termos de saúde, conforto visual e desempenho cognitivo das pessoas expostas a este ambiente. O mesmo autor afirma não existirem dúvidas quanto ao facto de os ambientes com desconforto luminoso poderem interferir nas atividades humanas, afetando o desempenho cognitivo das tarefas, podendo influenciar decisivamente a produtividade. Têm sido desenvolvidos diversos estudos com o objetivo de perceber de que forma o desempenho cognitivo é afetado pela iluminação, pelo conforto e pelos seus parâmetros visuais.

Kroemer & Grandjean (1997) indicam que a manutenção de um ambiente confortável é essencial para o bem-estar e para a otimização do desempenho cognitivo. Por outro lado, Lan *et al.*, (2012) argumentam que as condições que proporcionam luminosidade natural podem não ser as mais indicadas para um desempenho cognitivo máximo, apontando para uma iluminação ligeira, a qual pode potenciar um melhor desempenho cognitivo. Wyon (2001) também refere que as condições de iluminância que propiciem conforto visual podem contribuir para um aumento da eficiência nos estudos ou no trabalho.

2.5. EFEITOS VISUAIS E BIOLÓGICOS DA ILUMINAÇÃO NO DESEMPENHO COGNITIVO

Os efeitos visuais da iluminação configuram um tema de interesse para muitos investigadores. Segundo Van Bommel (2004), este tema vem sendo estudado há mais de 500 anos, com a contribuição de grandes nomes como Leonardo da Vinci (1452-1519), Christiaan Huygens (1629-1695), Sir Isaac Newton (1642-1727), e Johaan Wolfgang Goethe (1749-1832). As pesquisas sobre os efeitos visuais centram-se cada vez mais na investigação das aplicações práticas da iluminação. Porém, os estudos sobre os efeitos da boa iluminação não foram muito além. Os cones e bastonetes presentes na retina do olho, detetados pela primeira vez pelo Holandês Antony Van Leeuwenhock, por volta de 1722, e confirmados como recetores fotossensíveis pelo alemão Gottfried Treviranus em 1834, a partir de então eram considerados como as únicas células fotorrecetoras do olho, responsáveis pelos efeitos causados pela luz.

Porém, no final dos anos 90, segundo Corie Lok (2011), um neurocientista da Universidade de Oxford, Russel Foster, juntamente com os seus colaboradores, foram surpreendidos com os resultados de um teste que revelariam as primeiras evidências da existência de um terceiro fotorreceptor. Foster continuou as suas pesquisas e, em 2000, juntamente com um dos seus alunos, Ignacio Provencio, na Universidade da Virginia, identificou a melanopsina, uma molécula sensível à luz, na camada ganglionar da retina (uma rede de células retinianas a qual, até então, pensava-se ser responsável apenas pela transmissão dos sinais dos cones e bastonetes ao cérebro). A presença deste fotopigmento sugeriu que algumas destas células seriam sensíveis à luz, passando a haver uma nova classe de fotorreceptores. Em 2002, Samer Hattar, um neurocientista da Universidade John Hopkins (Baltimore, Maryland), e seus colaboradores (2002, *apud LOK, 2011*), descobriram que pelo menos 1% das células, nesta camada ganglionar dos ratos, continha melanopsina, a qual é mais sensível à luz azul.

No mesmo ano, David Berson, neurocientista na Universidade Brown (Providence, Rhode Island, EUA), e seus colaboradores (2002, *apud LOK, 2011*) mostram que as células ganglionares retinianas intrinsecamente fotossensíveis (CGRifs) detetam a luz por si mesmas, sem a interferência dos cones e bastonetes, e mandam a informação para o cérebro, mais precisamente para o núcleo supraquiasmático (ritmos circadianos) do hipotálamo, responsável pelos ritmos biológicos e estimulação da produção da melatonina (hormona do sono), entre outras hormonas.

Os efeitos biológicos não visuais causados pela alteração do ritmo circadiano, quando em situações distintas de iluminação, são agora foco de atenção dos investigadores. A curva espectral de ação biológica determinada por Brainnard (2002, *apud VAN BOMMEL, 2004*), (**figura 10**), juntamente com a curva de sensibilidade visual, mostra claramente que a sensibilidade biológica máxima se encontra na região azul do espectro (~460nm), enquanto a sensibilidade visual máxima se encontra na região de comprimento de onda do amarelo esverdeado (~550nm). Este fenómeno é importante na especificação de uma iluminação voltada para a saúde e bem-estar do indivíduo, pois a luz também é responsável por mediar e controlar um grande número de processos bioquímicos no corpo humano.

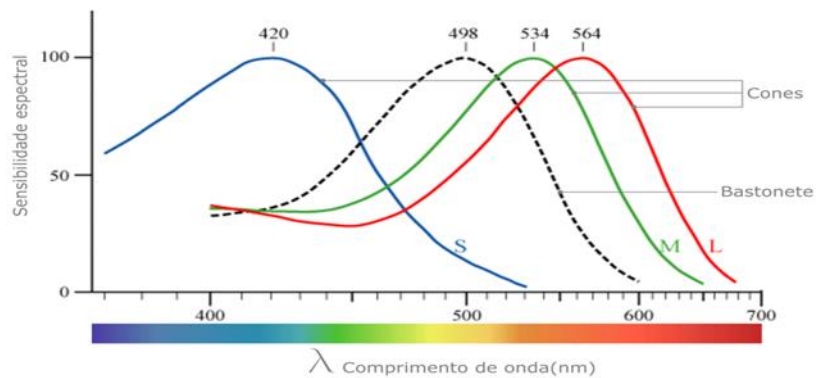


Figura 10. Curva de ação espectral biológica a azul e curva de sensibilidade visual a vermelho (retirada do website: COR, por Telmo Teixeira Alves).

Desde processo, o mais importante é o relacionado com o controle do relógio biológico e a regulação de algumas hormonas através de alterações ritmadas entre claro e escuro (ritmo circadiano de 24h). A luz tanto pode ter fins de prevenção na saúde como fins terapêuticos (VAN BOMMEL,2006). Os sinais de luz são enviados à região do cérebro responsável pelo relógio biológico através das novas células fotorrecetoras que, por sua vez, regulam o ritmo circadiano (diário de 24h) e os ritmos circanuais dos mais variados processos corporais. Alguns exemplos típicos dos ritmos corporais humanos são, entre outros, a temperatura corporal, o estado de alerta (vigília) e a hormona do stress (cortisol) que afeta o desempenho cognitivo e a melatonina, hormona do sono. O cortisol, entre outras, aumenta a glicose sanguínea para dar energia ao corpo e melhorar o sistema imunológico, porém, quando os níveis de cortisol estão muito elevados por um período prolongado, o sistema perde a sua eficácia. O nível de cortisol é maior pela manhã e prepara o corpo para as atividades do dia. Permanece a um nível alto e satisfatório durante o dia, caindo a um nível mínimo à meia-noite. Já o nível da hormona do sono, melatonina, cai pela manhã reduzindo a sensação de sono para um nível saudável. Para se ter uma boa saúde é importante que estes ritmos não se alterem muito. Sob a luz natural, principalmente a da manhã, o relógio interno do corpo é ajustado com o ciclo de rotação da terra, com luz-escuridão a cada 24 horas. Sem este ciclo normal de luz-escuridão de 24 horas de duração, o relógio interno giraria livremente no corpo humano. Isso resultaria em desvios diários cada vez maiores na temperatura corporal, no nível de cortisol e de melatonina. Esta desarmonia, quando falta o ritmo normal de luz-escuridão (claro-escuro), provocaria um ritmo desordenado de vigília e sono. Os trabalhadores ou estudantes que são submetidos à rotatividade de turnos no trabalho ou no estudo experimentam estes sintomas nos primeiros dias da troca de turno (VAN BOMMEL, 2004).

Num ambiente de trabalho ou estudo, para se conseguir uma boa iluminação é necessário seguir um conjunto de regras para satisfazer as necessidades visuais, como o nível de iluminação, uniformidade e ofuscamento entre outros, para se atingir diversos parâmetros tendo em vista a manutenção da saúde dos trabalhadores ou estudantes e assim a elevação do nível do desempenho cognitivo. Os tópicos seguintes afluam estes parâmetros, que vão delinear uma iluminação dita saudável.

2.6. VARIÁVEIS CONDICIONANTES NA ALTERAÇÃO DO DESEMPENHO COGNITIVO

Para Van Bommel (2002), os níveis de iluminação em interiores sem a contribuição de luz natural situam-se entre 100 e 500 lux apenas e são geralmente determinados pelas normas. Felizmente, em muitos casos, a luz natural entra nas edificações por algumas horas do dia, aumentando os níveis de iluminação substancialmente. Outra diferença entre a iluminação natural e a artificial é a dinâmica na intensidade luminosa e na temperatura de cor que a luz natural apresenta. De uma maneira geral, aceita-se que estas alterações da iluminação natural tenham uma influência positiva no humor e estimulação, além de existir evidência de que estas influências positivas podem ser duplicadas com uma iluminação artificial dinâmica.

Alguns estudos foram realizados em países do hemisfério norte, a fim de detetar a influência da iluminação natural no comportamento dos estudantes, tanto no inverno como no verão ou simplesmente com ou sem a incidência de luz natural no ambiente. Kerhop (1999, *apud* VAN BOMMEL, 2004) analisou os níveis de stress que afetam o desempenho cognitivo e o mal-estar em pessoas que trabalham no interior, comparando um grupo de pessoas que usa somente luz artificial com outro grupo que usa luz artificial e luz natural combinadas. Kerhop constatou que, no inverno no hemisfério norte, existe pouca diferença entre os resultados dos dois grupos quando a incidência de luz natural no ambiente interior não é suficiente para a existência de condições de trabalho ao nível da iluminação. Porém, pode-se assumir que a maior quantidade de luz natural existente durante o período de verão contribui para a redução do número de queixas por stress.

Partonen et al. (2000) mostram que, no inverno, a exposição repetida à luz artificial brilhante (2500 lux e 6500 K) nos interiores tem um efeito positivo sobre a vitalidade e o estado de ânimo dos indivíduos, reduzindo sintomas depressivos e de angústia. A luz brilhante, portanto, pode muito provavelmente compensar a diferença da qualidade de luz natural incidente num ambiente.

2.7. PLANEAMENTO DA ILUMINAÇÃO QUE NÃO INFLUENCIA O DESEMPENHO COGNITIVO

O maior foco de atenção no planeamento de um escritório ou sala de aula, especialmente no respeitante ao sistema de iluminação, é proporcionar um ambiente de trabalho prático ou sala de aula confortável e eficiente. Segundo Manav (2007), a presença de condições de conforto visual e psicológico assegura o bem-estar e aumenta a motivação do indivíduo, condições imprescindíveis para um maior desempenho cognitivo e incremento nos estudos.

A medida do desempenho cognitivo de determinada empresa requer uma análise minuciosa do seu sistema de planeamento. Segundo Weyne (2006), fatores como os equipamentos, as matérias-primas, o capital, a energia, a mão-de-obra, entre outros, são determinantes no processo produtivo, os quais, devidamente transformados, resultam em produtos ou serviços. As empresas, em geral, buscam constantemente o aumento de desempenho, traduzido em produtividade, como garantia de um elevado grau de competitividade dentro do seu mercado de atuação.

Devido a esta nova necessidade das empresas, e visto que a iluminação é um dos fatores chave para atingir os resultados desejados, a norma europeia EN 12.464 (parte I – Iluminação de ambientes de trabalho ou estudos internos), desde março de 2003, passou a considerar, segundo Plínio Godoy (2005), aspetos relacionados com o conforto visual e conceitos de acessibilidade, revendo os seus conceitos sobre projetos luminotécnicos e apoiando o desenvolvimento de novas tecnologias na área de equipamentos de iluminação e de controlo.

O objetivo do presente trabalho é identificar, através de revisão bibliográfica, quais os aspetos ligados à iluminação que proporcionam maior nível de conforto visual em contexto de trabalho ou estudo, a fim de melhorar o desempenho dos trabalhadores ou os estudantes nas salas de aulas (laboratório).

DESENVOLVIMENTO DO TRABALHO OU ESTUDO

DEFINIÇÃO DO PROBLEMA E OBJETIVO DO ESTUDO

3.1. DEFINIÇÃO DO PROBLEMA E PERTINÊNCIA DO ESTUDO

O desempenho cognitivo assume um papel fundamental em ambientes ocupacionais, nomeadamente na tomada de decisões, na orientação, segurança e conforto. Um ambiente luminoso desconfortável pode afetar o desempenho cognitivo (memória). Diversos estudos têm sido levados a cabo com o objetivo de tentar perceber a relação existente entre o ambiente luminoso e o desempenho cognitivo, mais precisamente entre o conforto visual a que os sujeitos estão expostos e o seu desempenho cognitivo. Contudo, a influência da iluminação na função cognitiva ainda se mantém difícil de quantificar (Ford *et al.*, 20011; Hancock & Vasmatzidis, 2003).

O stress e o desconforto visual podem conduzir a alterações comportamentais dos estudantes e ter efeitos negativos na sua performance cognitiva, como por exemplo no processamento de informação e na memória (Persons, 2003). Por outro lado, o desconforto visual pode afetar o raciocínio e a aprendizagem dos estudantes ou comprometer o desempenho dos técnicos de laboratório que executam tarefas que envolvam a memória (Pilcher *et al.*, 2002). Alguns estudos revelam que um dos efeitos associados ao desconforto visual é o aumento do número de erros e alterações nos tempos de resposta, em testes de desempenho cognitivo que avaliam o raciocínio, a vigilância e a memória (Mäkinen *et al.*, 2006). Segundo Persons (2003), ambientes luminosos que possam causar desconforto também podem afetar o desempenho cognitivo.

Tendo em consideração o atrás exposto, entende-se como pertinente avaliar a influência da iluminação, em contexto ocupacional e escolar, no desempenho cognitivo. Por conseguinte, este trabalho será desenvolvido no sentido de avaliar esta relação, usando como amostra pessoas que trabalham em laboratório e que utilizam componentes como ferramenta prática. A escolha destes grupos de estudantes prende-se com o facto de estes terem práticas nos laboratórios de diferentes departamentos (Eletrónica e Elétrica, Construção Civil e Mecânica) os quais têm, muitas vezes, de desempenhar funções com elevada exigência cognitiva (a nível de atenção, processamento de informação, recurso à memória, etc.) e em ambientes com iluminação inadequada.

3.2. OBJETIVOS

O principal objetivo do presente estudo é perceber de que forma o ambiente luminoso em contexto ocupacional e escolar poderá afetar o desempenho cognitivo. Mais especificamente, pretende-se estudar a influência que os parâmetros físicos do ambiente luminoso e do conforto visual exerce no desempenho cognitivo, tendo em consideração as características dos sujeitos. Desta forma, pretende-se atingir este objetivo através:

- Da caracterização da amostra em estudo;
- Da caracterização dos espaços em estudo, no que diz respeito ao seu ambiente luminoso, ao bem-estar e às atividades aí desenvolvidas;
- Da caracterização e quantificação dos parâmetros físicos do ambiente luminoso;
- Da caracterização subjetiva do conforto visual;
- Da determinação da eventual existência de diferenças significativas nos resultados dos testes de avaliação do desempenho cognitivo em função dos parâmetros do ambiente luminoso;
- Da relação entre as características individuais dos sujeitos e os resultados dos testes de avaliação do desempenho cognitivo;
- Da relação entre os resultados objetivos do ambiente luminoso e os resultados dos testes de avaliação do desempenho cognitivo;
- Qualificar a opinião subjetiva do conforto visual dos utilizadores dos laboratórios em relação aos parâmetros em análise;
- Relacionar os resultados objetivos das medições realizadas com os resultados subjetivos da opinião dos alunos;
- Perceber a preferência em relação aos parâmetros em análise por parte dos utilizadores dos laboratórios;
- Identificar as principais causas de desconforto visual;
- Desenvolver um sistema de avaliação dos parâmetros associados às condições dos estudantes e conforto visual no desempenho cognitivo em prática no laboratório.

METODOLOGIA APLICADA

4.1. INTRODUÇÃO

O termo metodologia traduz a organização crítica das práticas de investigação e reporta-se à descrição dos procedimentos e técnicas específicas de recolha e análise de dados, à sua potencialidade e limites, bem como aos pressupostos subjacentes à sua aplicação (Ricardo J.P. Miranda, 2009).

Relativamente ao método escolhido, optou-se por uma abordagem quantitativa, de natureza dedutiva, que pressupõe um trabalho sistematizado em torno das variáveis em estudo, traduzida em dados numéricos que proporcionam o conhecimento dessas variáveis (Fortin, 2009). Os métodos quantitativos são indicados e relevantes quando se pretende proceder a determinadas medições, abordar populações vastas ou recolher informação através de documentos padronizados que facultam dados possíveis de quantificação. Podem ainda ser pertinentes para apreciações psicométricas de instrumentos de medida ou para trabalhar variáveis, apelando particularmente à estatística analítica ou inferencial.

A escolha do tipo de estudo tornou-se mais preciso no decurso da formulação do problema, quando a questão de investigação se tornou definitiva, sendo a questão de investigação que dita o método apropriado ao estudo de um fenómeno (Fortin, 2009). Tendo presentes os objetivos definidos para este trabalho, foi desenvolvido um estudo exploratório e descritivo.

Este capítulo tem como objetivo apresentar e fundamentar a metodologia aplicada no presente estudo, tendo em consideração o objetivo de investigação preconizado. Assim, ao longo deste capítulo, é descrita e fundamentada a metodologia utilizada, abordando-se a amostragem, o desenho do estudo, os instrumentos de recolha de dados e o tratamento estatístico dos dados utilizados.

4.2. AMOSTRAGEM

Este estudo teve como amostra os estudantes que exercem as suas funções profissionais em ambiente prático de laboratório, com tarefas sedentárias e que utilizam os componentes ou materiais práticos como ferramentas de trabalho. A escolha destes grupos de estudantes prendeu-se com o facto de estes exercerem frequentemente funções com exigências cognitivas elevadas (atenção, processamento de informação, recurso à memória etc.) em ambientes com iluminação variável.

A escolha dos locais, para o desenvolvimento do estudo, teve em consideração o tipo de tarefas desempenhadas pelos potenciais participantes (os estudantes), bem como o contexto onde os mesmos as concretizavam. As condições logísticas, a acessibilidade à população alvo e o conhecimento prévio dos locais foram parâmetros também tidos em consideração. De acordo com os objetivos delineados, o referido estudo desenvolveu-se em três locais, mais precisamente em três laboratórios em diferentes departamentos da Faculdade de Engenharia de Hera (UNTL).

4.3. PLANO E DESENHO DO ESTUDO

Este estudo de avaliação da influência da iluminação no desempenho cognitivo decorreu num período de três meses, de junho até agosto de 2016, sendo a recolha de dados efetuada durante três dias em cada mês. De acordo com os objetivos preconizados para o presente estudo, a metodologia aplicada no desenvolvimento deste trabalho teve por base três tipos de abordagens: a aplicação de questionários, a medição dos parâmetros físicos do ambiente luminoso e a aplicação de testes de avaliação do desempenho cognitivo.

O estudo principiou com uma recolha de dados relativos aos participantes e ao seu local de trabalho ou práticas nos laboratórios, através de um questionário que se denominou *Questionário 0*. Este questionário tinha como objetivo a recolha de dados pessoais, assim como outros dados dos participantes relevantes para este estudo (descrição mais detalhada na figura 13 deste capítulo).

Foram estabelecidos três dias de observação não consecutivos por cada participante, com o objetivo de aumentar a variabilidade dos parâmetros físicos do ambiente luminoso. Cada dia de observação foi constituído por dois períodos: no início do dia (de manhã) e a meio do dia de prática no laboratório. Em cada um desses períodos foi aplicado um teste de avaliação do desempenho cognitivo e um questionário relacionado com o conforto visual dos participantes (*Questionário 1*). De forma a garantir a realização dos testes e dos questionários nos dias de observação e nos períodos de observação planeados, decidiu-se pela recolha dos dados durante as aulas práticas nos laboratórios. Previamente às observações, os estudantes recebiam informação sobre os objetivos do estudo, assim como informação sobre a ordem dos testes a realizar, assim como dos horários das observações. No dia de observação, os participantes são lembrados sobre os objetivos e recebem informação sobre os testes a realizar e os questionários a preencher.

Em cada dia de observação foram realizadas medições dos parâmetros físicos do ambiente luminoso nos diferentes locais em estudo e foram realizados registos da qualidade luminosa. O desenho do estudo é apresentado na (figura.11).

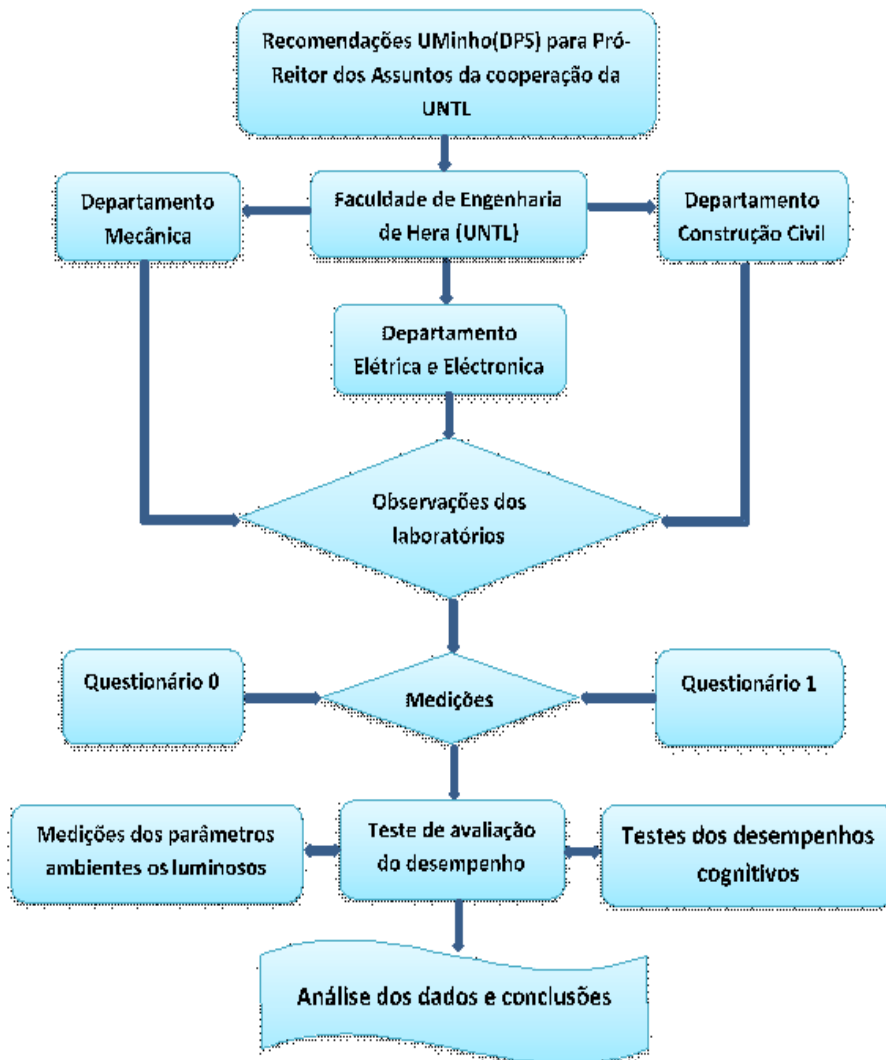


Figura 11. Plano e desenho dos estudos.

Cronologicamente, a metodologia do estudo pode ser esquematizada da seguinte forma:

- Levantamento e seleção dos locais onde se realizou o estudo e contacto direto com os potenciais participantes no sentido de verificar a sua disponibilidade para participar no estudo ou práticas no laboratório;
- Realização de sessão informativa com os estudantes, durante os quais foram informados sobre a natureza, o objetivo e o protocolo do estudo; aplicação de um primeiro questionário (*Questionário 0*) para a caracterização dos participantes e das condições do seu laboratório prático;

- Medição dos parâmetros necessários para a caracterização do ambiente luminoso dos diferentes laboratórios onde se realizou o estudo, sendo paralelamente realizado o registo dos dados no laboratório das aulas práticas;
- Aplicação dos testes de avaliação do desempenho cognitivo conjuntamente com o questionário de avaliação do conforto visual (Questionário 1) nos dois períodos definidos para cada dia de observação.
- Após a seleção dos locais e obtida a autorização para a realização do estudo foram levadas a cabo reuniões com os participantes ou estudantes onde estes foram informados sobre o seguinte:
 - A pertinência do estudo para a recolha dos dados;
 - A finalidade e os objetivos a alcançar com o estudo;
 - As técnicas utilizadas para a colheita dos dados;
 - O momento e a duração dos testes e das medições;
 - O período em que decorreriam as observações.

Foi ainda explicado aos participantes que as respostas aos questionários, bem como os resultados dos testes de avaliação do desempenho cognitivo, seriam tratados com total confidencialidade. Desta forma, foi fornecido um formulário de consentimento, no qual os participantes declararam terem sido informados sobre todos os elementos do projeto de investigação e a sua aceitação em nele participar. Neste primeiro encontro, foi ainda aplicado o *Questionário 0 (Anexo I)*.

Num segundo encontro com os participantes, foram agendados os dias das observações, bem como os horários da realização dos testes e dos questionários, tendo em consideração o desenho do estudo (no início e fim das aulas práticas no laboratório), assim como os horários mais convenientes para os participantes, de forma a não afetar o seu estudo ou prática. Apesar do plano de observações e horários terem sido definidos nesta fase, foram sendo reajustados com os estudantes sempre que necessário. Foi ainda explicado aos participantes que a execução de todos os testes de avaliação do desempenho cognitivo e dos questionários seriam realizados diretamente de acordo com o horário dos estudantes com prática no laboratório.

Neste momento, foram também apresentados e explicados os testes que seriam utilizados no estudo e procedeu-se à demonstração de como seriam executados. Os participantes tiveram

ainda a possibilidade de experimentar e realizar os testes, com o intuito de se familiarizarem com os mesmos, de forma a diminuir a influência do desconhecimento da tarefa nos resultados dos testes (Gaoua, 2010). Finalmente, foi solicitado aos participantes que, quando realizassem os testes e os questionários, garantissem que estariam sentados no seu posto no laboratório, de modo a que o seu conforto visual estivesse estável e que todos os participantes estivessem nas mesmas condições.

Seguidamente, são apresentadas detalhada e pormenorizadamente cada uma das fases da metodologia aplicada.

4.4. CARACTERIZAÇÃO DA ILUMINAÇÃO AMBIENTE

Um dos pontos fulcrais da metodologia adotada consistiu na caracterização, em termos da iluminação ambiente, dos locais onde se desenvolveu o estudo. Para ser possível uma análise objetiva dos parâmetros físicos do ambiente da iluminação, foram realizadas amostragens das variáveis do conforto visual.

A iluminância foi medida continuamente ao longo de cada dia de observação. As amostragens da iluminância foram efetuadas em dois períodos distintos do dia (manhã e a meio do dia), de modo a obter valores representativos. A definição dos momentos em que se realizaram as medições foi feita tendo em consideração o horário das práticas no laboratório dos estudantes. Assim, para cada local a caracterizar, foram definidos os momentos das medições como se pode visualizar na tabela 4.

Os horários definidos não foram totalmente estanques, uma vez que, em alguns dos locais a caracterizar, os participantes tinham um horário de práticas no laboratório mais flexível. Como se pretendia caracterizar a iluminação ambiente quando os estudantes se encontravam no seu local de prática, esta situação obrigava muitas vezes a um ajustamento no horário das medições.

Tabela 4. Horário das medições luminosas nos laboratórios

| PERÍODO DE OBSERVAÇÕES | | |
|---------------------------------------|--|--|
| LABORATÓRIO DE AULAS PRÁTICAS | PERÍODO DE OBSERVAÇÕES | |
| | MANHÃ | MEIO DO DIA |
| 1. Departamento Elétrico e Eletrônica | Dia 19 de agosto de 2016 Às 09.00-12.00 | Dia 19 de agosto de 2016 Às 14.00-17.00 |
| 2. Departamento Mecânica | Dia 01 de setembro de 2016 Às 09.00-12.00 | Dia 01 de setembro de 2016 Às 14.00-15.00 |
| 3. Departamento Construção Civil | Dia 23 de setembro de 2016 Às 09.00-12.00 | Dia 23 de setembro de 2016 Às 14.00-16.00 |

4.5. EQUIPAMENTOS DE MEDIÇÃO

Como referido anteriormente, realizaram-se medições da iluminância em cada um dos pontos e em cada período previamente definidos. O equipamento utilizado para medições foi um luxímetro, da marca EXTECH LT40 (*figura 12*), com a função de determinar a qualidade da iluminância nos laboratórios, o conforto ou desconforto visual que provoca ou o impacto no desempenho cognitivo dos estudantes em contexto de aula prática no laboratório.

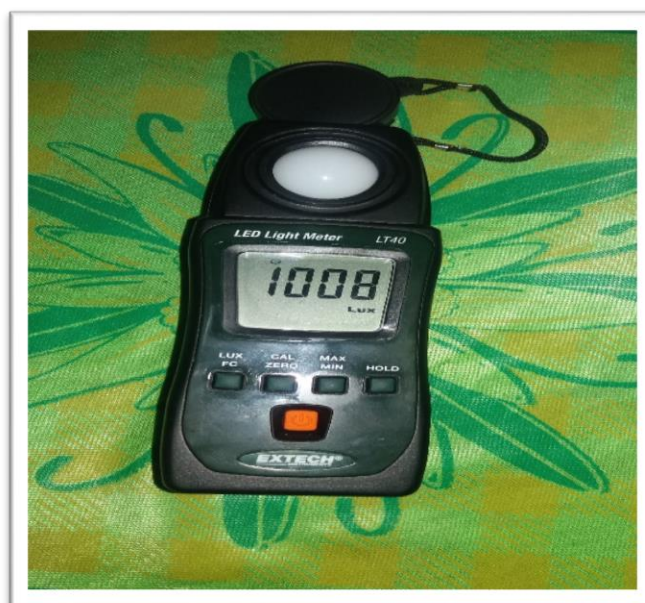


Figura 12. Luxímetro utilizado para avaliação.

4.6. TÉCNICA DE MEDIÇÃO.

Numa primeira fase, definiram-se os pontos de amostragem em cada um dos locais tendo em consideração a localização das janelas, portas, sistemas de ventilação ou climatização, traçado do espaço, bem como a disposição dos participantes no local. De acordo com a norma ANSI/ASHRAE standard 55-2004, as medições devem ser feitas num ponto representativo das

localizações dos ocupantes. Contudo, as medições devem ser realizadas no centro do espaço a caracterizar. De acordo com o exposto, optou-se por realizar as medições num ponto central das salas de laboratório.

As medições de todos os parâmetros foram realizadas a uma altura da mesa de 1 m, correspondente à altura sentada de 0.80m do plano de trabalho (**Anexo IV**). Os pontos de amostragem localizavam-se 50 cm à frente dos participantes, complementado por medições à esquerda e à direita. Antes de realizar a medição, foram dados cerca de quatro minutos para que o equipamento estabilizasse. É possível visualizar, a seguir, o ponto de amostragem num dos locais em estudo (*figura 13*).



Figura 13. Ponto de amostragem num dos locais em estudo.

4.7. DESENVOLVIMENTO E APLICAÇÃO DOS QUESTIONÁRIOS.

Os questionários constituem uma ferramenta imprescindível quando se pretende obter dados de natureza subjetiva. Com o intuito de aferir a perceção dos participantes sobre o conforto visual no seu local de prática e obter informações relevantes para o estudo, optou-se por utilizar esta ferramenta de recolha dos dados dos laboratórios. O desenvolvimento dos questionários foi ao encontro aos objetivos delineados para este estudo.

Numa fase inicial, com o objetivo de proceder à validação dos questionários, foi realizado um pré-teste dos mesmos. Assim, os questionários foram distribuídos a um grupo de 2 a 5 pessoas, às quais foi solicitado que verificassem a clareza e sequência das questões, identificassem questões ambíguas, bem como alguma dificuldade que surgisse no preenchimento dos mesmos. Como resultado deste pré-teste, algumas questões foram reescritas e reestruturadas com o objetivo de se tornarem mais claras, mas mantendo o seu significado original.

A aplicação dos questionários decorreu em duas fases. Na primeira fase, no início do estudo, foi aplicado o questionário 0, através do qual se pretendia recolher os dados relacionados com as características individuais de cada participante, caracterizar o local de práticas laboratoriais, bem como o conforto visual percecionado pelos participantes e finalmente verificar os ritmos circadianos dos participantes. Como o estudo decorreu entre junho e agosto de 2016, houve necessidade de incluir algumas questões adicionais, nomeadamente as relacionadas com o aumento do fotoperíodo. O questionário 1 foi aplicado ao longo de todas as observações, uma vez por cada período de observação após a realização do teste de avaliação de desempenho cognitivo. Este segundo questionário, à semelhança do questionário 0, foi preenchido diretamente no laboratório das práticas.

4.7.1. Questionário 0

Este primeiro questionário, que teve como objetivo a caracterização dos participantes, do local das práticas, bem como da perceção do conforto visual do seu laboratório e da aferição do seu grau de caracterização e distribuição, foi estruturado em quatro partes (tabela 5).

Tabela 5. Esquema da estrutura do questionário 0

| QUESTIONÁRIO 0 | |
|--|---|
| PARTE 1 INFORMAÇÃO PESSOAL | Código pessoal Departamento Profissão Idade Peso Estatura/Altura Sexo Existência de problema de saúde Tipo de lentes de correção visual |
| PARTE 2 CARACTERIZAÇÃO DAS AULAS PRÁTICAS | Tempo de prática Horário de prática Tipo de tarefas Tipo de cadeira |
| PARTE 3 CONFORTO VISUAL | Qualidades dos luminosos Avaliação dos luminosos Satisfação ou insatisfação com o ambiente e os luminosos |
| PARTE 4 CARACTERIZAÇÃO E DISTRIBUIÇÃO | Questionário Horne & Oestberg |

Informação pessoal

Esta primeira parte engloba um conjunto de questionários que possibilitaram caracterizar os participantes. As questões incluídas nesta parte do questionário são consideradas pertinentes uma vez que permitiram a caracterização da amostra. Por outro lado, estas questões permitiram obter os dados que podem constituir fatores relevantes no que diz respeito ao conforto visual, assim como ao desempenho cognitivo, como é o caso da idade, do peso, do que usam, da estrutura e da existência de problemas de saúde.

A idade poderá ser um fator que afeta o conforto de visual, uma vez que é geralmente considerado que as pessoas mais velhas se sentem mais desconfortáveis com maior intensidade luminosa do que as pessoas mais novas (Person, 2003).

O sexo é um fator importante a incluir, bem como o uso de óculos. Alguns autores referem a existência de diferenças em termos da manifestação da sensação de conforto visual entre indivíduos do sexo feminino e masculino (Hwang *et al.*, de Dear & Branger, 1998). Por outro lado, a diferença entre géneros pode estar relacionada com uma variedade de fatores psicológicos, comportamentais e fisiológicos (Gaoua, 2010).

Finalmente, incluiu-se uma questão que permitiu aferir se os participantes são ou não portadores de uma doença crónica, o que por sua vez poderia afetar tanto o conforto visual, como o desempenho cognitivo.

Caracterização do local de trabalho ou das práticas

Com este grupo de questões pretendeu-se obter dados relacionados com as condições que envolvem a prática dos participantes, nomeadamente o tempo e o horário da prática, o tipo de tarefas desempenhadas, o tipo de cadeira utilizada e os óculos utilizados no local da prática (laboratório). A questão **“Há quanto tempo desempenho funções neste local de prática?”** permitiu verificar se os participantes estariam ou não adaptados ao ambiente luminoso do seu local de trabalho, podendo esta condição influenciar o conforto visual.

O conhecimento do horário de prática dos participantes, para além de indicar o tempo que estes permanecem no referido local, permitiu definir o plano de realização dos testes e questionários de acordo com os horários de entrada e de saída, tendo ainda em atenção as pausas.

A questão **“Que tipo de tarefas desempenha?”** possibilitou caracterizar as funções desempenhadas pelos participantes.

Conforto visual

Com esta parte do questionário pretende-se perceber como os participantes percecionam o ambiente luminoso do seu local de prática e o seu grau de satisfação relativamente às condições. A pergunta **“Indique como geralmente está a iluminação no seu local de prática?”** permitiu aos participantes, através de uma escala subjetiva de pontos, identificar como geralmente perceciona o ambiente luminoso no seu local de prática. A escala utilizada é a proposta pela norma ISO 8995:2002, a qual é utilizada para quantificar a iluminação. Como se pode observar na tabela 6, a escala possui quatro níveis.

Tabela 6. Escala da iluminação utilizada no questionário

| Nº | ILUMINÂNCIA (lx) | GRAU DE ILUMINAÇÃO |
|----|------------------|--------------------|
| 01 | 150 | Baixa |
| 02 | 300 | Moderada |
| 03 | 500 | Média |
| 04 | 1000 | Alta |

4.7.2. Questionário 1

Este segundo questionário pretendia caracterizar a iluminância nos locais de trabalho dos participantes (Anexo II). Para a construção deste questionário foi tido em consideração um modelo apresentado por Persons (2003). Nesta fase, para facilitar a identificação dos participantes, foi-lhes atribuído um código pessoal de acordo com o local de prática, que posteriormente permitiu identificar as respostas deste questionário bem como os resultados dos testes de avaliação do desempenho cognitivo. O questionário foi estruturado de acordo com o apresentado na tabela 7.

Tabela 7. Questionário 1

| QUESTIONÁRIO 1 | |
|-------------------------------|---|
| PARTE 1 INFORMAÇÃO PESSOAL | Código pessoal Departamento Profissão Idade Peso Estatura/Altura Sexo Existência de problema de saúde Tipo de lentes de correção visual |
| PARTE 2 CONFORTO VISUAL | Qualidade luminosa geral Avaliação da qualidade luminosa Qualidade luminosa do local de prática |
| PARTE 3 TESTE COGNITIVO | Registo do teste Registo do score do teste |

No final de cada teste, é possível obter-se a pontuação, o tempo de reação, o número de tentativas e o número de respostas corretas e erradas. Porém, no âmbito deste estudo apenas irão ser consideradas para análise as variáveis pontuação e tempo de reação (em milissegundos).

Como já foi referido, este questionário foi preenchido durante o tempo das aulas práticas no laboratório, assim como a realização dos testes de avaliação da iluminância e de desempenho cognitivo. Este questionário possibilitará a comparação do resultado das medições da iluminância no laboratório das aulas práticas, com o resultado dos testes cognitivos.

Informação pessoal

Esta primeira parte do questionário 1 pretendia identificar o estudante através do código pessoal atribuído. A hora e a data foram incluídas no questionário para referência do ambiente luminoso aquando da execução das partes 2 e 3.

Conforto visual

Esta parte do questionário permitiu averiguar a qualidade da iluminação, experimentada pelos participantes no momento do preenchimento deste teste de conforto visual, bem como o grau de satisfação relativamente à qualidade da iluminação percebida pelos participantes.

A questão **“Indique na seguinte escala como se sente no momento”** permitiu ao participante identificar, através da escala de quatro pontos (na tabela 5, escala da iluminação) a qualidade geral experimentada no momento de prática em laboratório.

4.8. TESTE DE AVALIAÇÃO DO DESEMPENHO COGNITIVO

Para avaliar o desempenho cognitivo foi utilizado um teste (teste de memória). Após uma pesquisa sobre os testes a utilizar, a escolha recaiu nos testes disponibilizados pelo MRC Cognition and Brain Sciences (2012), no seu computador ou no meu. A escolha recaiu neste tipo de testes pelo facto de serem objetivos, simples de executar, pela sua validade científica e pela sua disponibilidade em suporte digital, o que permitia que cada participante os executasse a partir do seu computador ou de um computador disponibilizado para esse efeito.

Este teste avalia diferentes aspetos do desempenho cognitivo, ou seja, a memória dos estudantes. Com esta finalidade, foi utilizado o teste “A escada do macaco” (Test Monkey Ladder), teste A. Como teste de concentração foi utilizado o “Teste de correspondência” (Test Feature Match), teste B. Como já foi referido, os sujeitos tiveram a oportunidade de se familiarizarem com os testes. Foi elaborado um plano de aplicação do teste para cada uma das observações, uma vez que se pretendia avaliar cada um dos aspetos de desempenho cognitivo nos dois períodos de observação (de manhã e a meio do dia) e reduzir o efeito de aprendizagem. Na tabela 8, apresenta-se o plano de aplicação dos testes.

Tabela 8. Plano de aplicação do teste de avaliação do desempenho cognitivo

| PERÍODO DE OBSERVAÇÕES | | |
|---------------------------------------|--|--|
| LABORATÓRIO DE AULAS PRÁTICAS | PERÍODO DE OBSERVAÇÕES | |
| | MANHÃ | MEIO DO DIA |
| 1. Departamento Elétrico e Eletrônica | Dia 19 de agosto de 2016 Às 09.00-12.00 | Dia 19 de agosto de 2016 Às 14.00-17.00 |
| 2. Departamento Mecânica | Dia 01 de setembro de 2016 Às 09.00-12.00 | Dia 01 de setembro de 2016 Às 14.00-15.00 |
| 3. Departamento Construção Civil | Dia 23 de setembro de 2016 Às 09.00-12.00 | Dia 23 de setembro de 2016 Às 14.00-16.00 |

4.8.1. Teste “Escada do macaco” (Test Monkey Ladder)

Como já foi referido, este teste permite avaliar a memória dos estudantes, entendida como um processo cognitivo que permite acionar a memória temporária e a manipulação da informação. O teste “Escada do macaco” é geralmente incluído nalguns testes de inteligência como o WAIS (Wechsler Adult Intelligence Scales) e o MRC Cognition and Brain Sciences Unit (2012). Neste teste, os participantes têm que recordar sequências de números que são apresentadas aleatoriamente (*figura 14*). Durante o teste, após a apresentação de uma sequência de números, o participante, após ouvir um sinal sonoro, deverá introduzir com o rato os dígitos que se apresentam nas caixas com a sequência dos dígitos em que eles foram aparecendo, clicando do número menor até ao maior (1-2-3-4 e assim por diante).

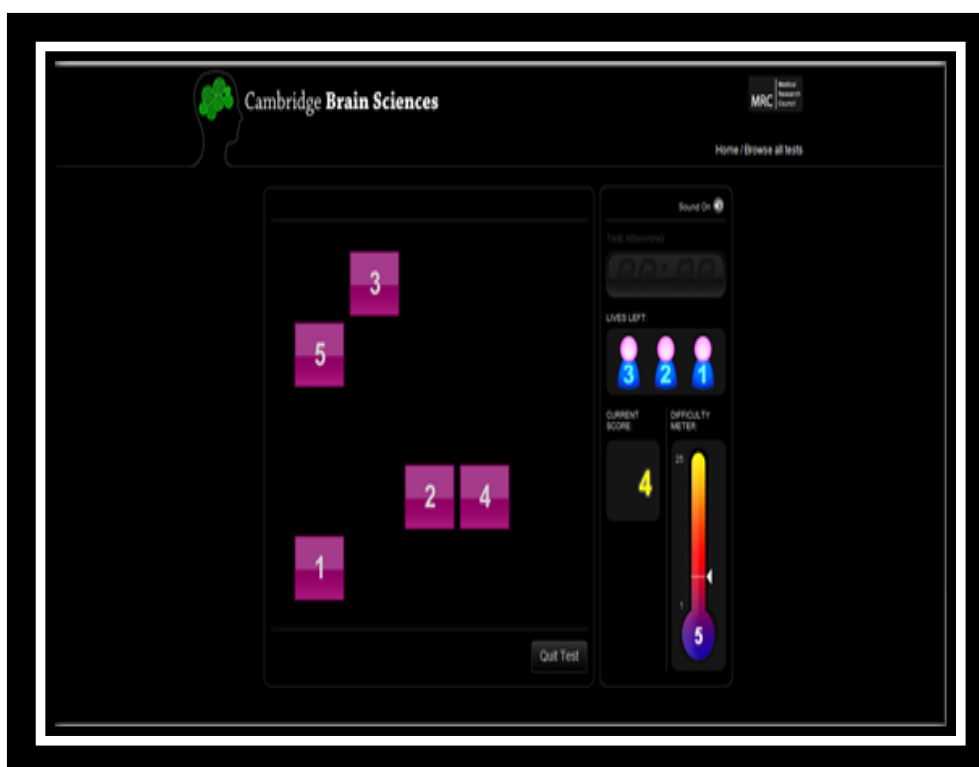


Figura 14. Teste escada do macaco (teste monkey ladder).

Este teste permite um número máximo de três erros, ou seja, após três respostas erradas o teste termina. Cada resposta errada faz com que a sequência seguinte contenha um menor número de dígitos. Cada resposta correta faz com que a sequência seguinte de dígitos seja maior, aumentando assim o grau de dificuldade.

A pontuação resultante deste teste não é mais do que o número máximo de dígitos que uma pessoa consegue memorizar. Para este teste é habitual uma pessoa adulta obter uma pontuação de $7 (\pm 2)$, de acordo com MRC Cognition and Brain Sciences Unit (2012) e Eysenck (1993).

4.9. SISTEMAS DE MEDIÇÕES DAS LUMINOSAS NOS LABORATÓRIOS

O objetivo destas medições foi identificar a qualidade luminosa dos laboratórios das aulas práticas e verificar se os utilizadores dos mesmos reportam conforto ou desconforto visual. Esta medição foi dividida em duas partes:

- A medição da iluminância tem como objetivo identificar a qualidade da iluminância média e uniformidade dos laboratórios com três medições à frente, à esquerda e à direita dos estudantes com as medidas de 50cm (*figura 15*).

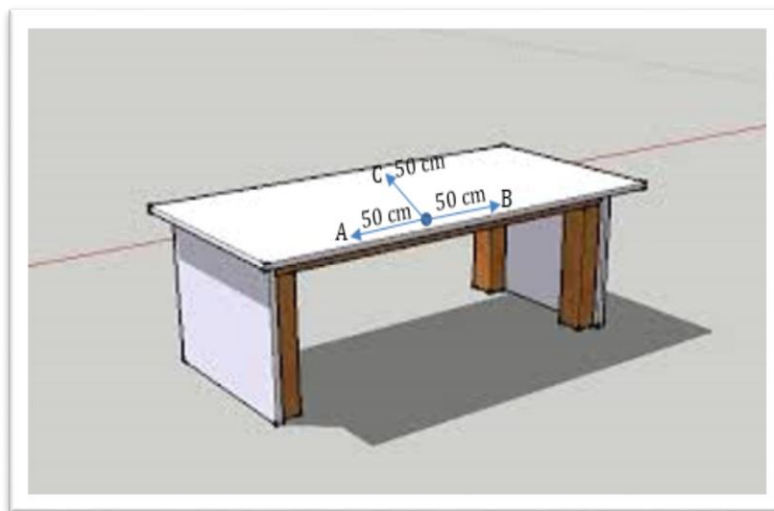


Figura 15. Três objetos de medições da iluminância de uniformidade.

- A medição da luminosidade da vizinhança tem como objetivo identificar a sua qualidade nos laboratórios, tendo sido efetuadas quatro medições: à esquerda, à direita, em frente e à frente dos estudantes, com as medidas de 20cm (*figura 16*).

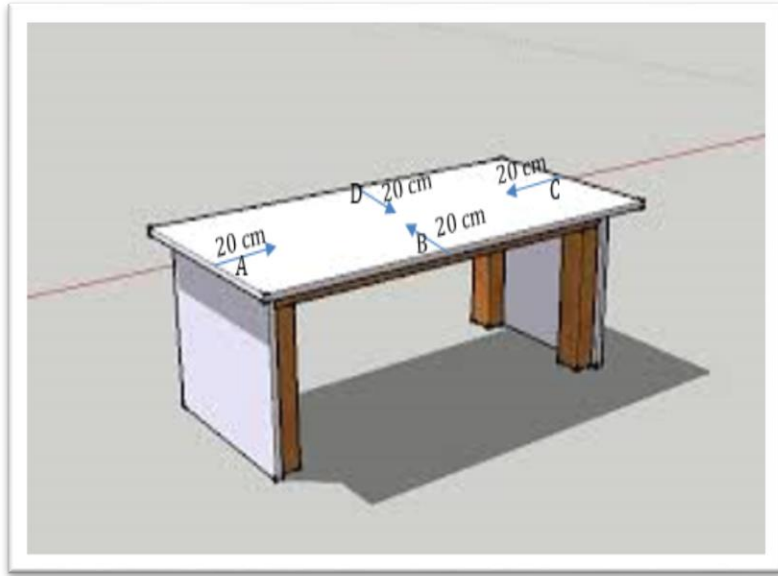


Figura 16. Quatro objetos de medições da iluminância vizinha de uniformidade.

APRESENTAÇÃO E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

5.1. INTRODUÇÃO

Proceder-se-á seguidamente à apresentação e discussão dos resultados obtidos. Este capítulo está dividido em várias secções: em primeiro lugar, é apresentada uma descrição das variáveis utilizadas no estudo, seguida de uma caracterização do período em que decorreu o estudo no que diz respeito às condições de desempenho cognitivo. Posteriormente, são apresentados os locais onde decorreu o estudo, através de uma descrição das suas características, apresentando também uma caracterização geral e subjetiva do seu ambiente visual ao longo do período de observações. Após a caracterização da amostra, é apresentada uma análise descritiva das variáveis de conforto visual e desempenho cognitivo. Na última secção deste capítulo, é apresentada uma análise estatística dos dados, cuja finalidade é explorar a relação entre as diversas variáveis em estudo, de forma a compreender qual o seu efeito no desempenho cognitivo.

Foi realizado o tratamento e a análise dos dados através do cálculo do resultado das medições da iluminância para identificar a iluminação média e a uniformidade. No pré-tratamento dos dados foram utilizados o Software Microsoft Excel e o Software IBM SPSS (Statistic Package for Social Sciences, versão 11).

5.2. RESULTADOS DAS MEDIÇÕES DA ILUMINAÇÃO NOS TRÊS DEPARTAMENTOS DA FACULDADE DE ENGENHARIA DE HERA (UNTL)

Da observação dos resultados das medições de iluminância e do plano de vizinhança na tabela 9, no Departamento de Mecânica, dos grupos I ao VII, pode-se concluir que os estudantes revelam conforto visual durante as práticas laboratoriais, uma vez que o valor de iluminância e plano de vizinhança é superior ao da iluminância recomendada (ISO-8995:2002), ou seja, mínimo 300 lux e máximo 500 lux. Numa outra análise dos resultados das medições de iluminância e plano de vizinhança, o valor máximo e mínimo é sempre diferente entre os grupos da esquerda, frente e direita porque o acesso à luz natural e artificial tem uma diferente projeção. Por exemplo, os resultados das medições de máximo e mínimo no grupo I são diferentes dos de outros grupos e os da esquerda são diferentes dos de outras partes (para o grupo I, que está situado mais dentro ou na parte da frente da sala de aula, verifica-se 608.2 lux e para o grupo VII, situado mais perto da janela, o valor é de 1120.7 lux), mas mesmo com um diferente valor na iluminação continua a verificar-se conforto visual.

Tabela 9. Resultados das medições da iluminação no Departamento de Mecânica

| Grupos de trabalho das aulas práticas | As medições de iluminância (Lux) (50) cm | | | | | | Medições do plano de Vizinhança da Tarefa Visual (Lux) (20cm) | | | | Observações |
|---------------------------------------|--|-------|-----------------|--------|------------------|-------|---|---------|---------|---------|-----------------|
| | Parte da esquerda | | Parte da frente | | Parte da direita | | Parte A | Parte B | Parte C | Parte D | |
| | max | min | max | min | max | min | | | | | |
| Grupo I | 608.2 | 556.2 | 539.5 | 409.8 | 627.5 | 539.2 | 641.2 | 404.6 | 436.6 | 662.4 | Conforto visual |
| Grupo II | 728.3 | 586.4 | 1220.0 | 933.6 | 1134.0 | 907.1 | 1192.0 | 766.3 | 1056.0 | 829.3 | Conforto visual |
| Grupo III | 645.7 | 520.0 | 821.0 | 720 | 931.0 | 715.0 | 921.0 | 915.0 | 951.7 | 830.2 | Conforto visual |
| Grupo IV | 824.7 | 631.9 | 814.5 | 731 | 832.6 | 751.3 | 854.6 | 781.4 | 841.8 | 825.3 | Conforto visual |
| Grupo V | 925.6 | 742.3 | 937.7 | 832.5 | 925.7 | 731.5 | 914.5 | 825.7 | 914.5 | 935.7 | Conforto visual |
| Grupo VI | 931.7 | 725.1 | 910.3 | 626.9 | 945.3 | 713.7 | 921.8 | 679.2 | 843.7 | 882.6 | Conforto visual |
| Grupo VII | 1120.7 | 841.3 | 1210.5 | 7131.6 | 1307.5 | 645.0 | 1450.7 | 1360.8 | 1270.6 | 190.4 | Conforto visual |

Através da análise do valor de iluminância e do plano de vizinhança máximo e mínimo nos grupos das práticas no Departamento de Construção Civil, pode-se concluir que há conforto visual sem impacto no desempenho cognitivo dos estudantes no laboratório, dado que o valor da iluminação mínimo e máximo recolhido através das medições é superior ao valor da iluminância mínimo e máximo recomendado (ISO-8995:2002). Observa-se um valor de iluminância e do plano de vizinhança com diferentes valores de um grupo para outros, por causa da diferente situação na sala de aula, significando que os grupos de I a VII não estão juntos numa sala de aula, mas em posições com acesso diferenciado à luz natural, pois estando mais perto da janela há mais luminosidade do que quando situados um pouco mais afastados da janela.

Tabela 10. Resultados das medições de iluminação no Departamento Construção Civil

| Grupos de trabalho das aulas práticas | Medições de iluminância (Lux) (50) cm | | | | | | Medições do plano de Vizinhança da Tarefa Visual (Lux) (20cm) | | | | Observações |
|---------------------------------------|---------------------------------------|-------|-----------------|-------|------------------|-------|---|---------|---------|---------|-----------------|
| | Parte da esquerda | | Parte da frente | | Parte da direita | | Parte A | Parte B | Parte C | Parte D | |
| | max | min | max | min | max | min | | | | | |
| Grupo I | 751.6 | 435.0 | 652.0 | 409.5 | 735.0 | 451.0 | 747.8 | 761.6 | 761.8 | 725.7 | Conforto visual |
| Grupo II | 915.6 | 642.6 | 810.7 | 521.6 | 814.0 | 561.6 | 871.4 | 807.3 | 825.2 | 826.1 | Conforto visual |
| Grupo III | 658.0 | 472.0 | 608.7 | 410.0 | 681.7 | 475.6 | 696.2 | 614.7 | 632.6 | 642.0 | Conforto visual |
| Grupo IV | 741.5 | 517.2 | 608.6 | 410.0 | 813.1 | 421.0 | 741.5 | 701.7 | 851.6 | 824.1 | Conforto visual |
| Grupo V | 675.0 | 407.0 | 645.0 | 401.0 | 691.0 | 471.0 | 652.0 | 610.0 | 695.0 | 648.0 | Conforto visual |
| Grupo VI | 943.1 | 561.7 | 918.2 | 503.6 | 968.0 | 527.0 | 934.2 | 907.6 | 964.6 | 981.6 | Conforto visual |
| Grupo VII | 1450.0 | 726.3 | 1471.0 | 654.1 | 1421.6 | 684.0 | 1436.2 | 1657.0 | 1648.0 | 1816.5 | Conforto visual |

Da observação dos resultados das medições de cada grupo de prática no laboratório do Departamento de Elétrica e Eletrônica podemos concluir que existe um ambiente de iluminação de conforto visual para os estudantes. Observamos ainda na tabela 11 o valor da iluminância dos grupos I, II, III e IV que é diferente do dos grupos V, VI, VII e VIII porque estes grupos juntam-se numa sala grande onde há grupos que apanham um valor de iluminância baixo pois situam-se um pouco longe da janela enquanto que os outros grupos cujo valor de iluminância é alto situam-se mais perto da janela, sendo fácil apanhar a luz do sol. Mesmo que haja entre grupos valores de iluminância diferentes, continuam a preencher o critério de conforto visual pois o valor de iluminância mínimo e máximo recomendado é 300 lux-500 lux (ISO-8995:2002).

Tabela 11. Resultados das medições no Departamento de Elétrica e Eletrônica

| Grupos de trabalho das aulas práticas | As medições de iluminância (Lux) (50) cm | | | | | | Medições do plano de Vizinhança da Tarefa Visual (Lux) (20cm) | | | | Observações |
|---------------------------------------|--|-------|-----------------|-------|------------------|-------|---|---------|---------|---------|-----------------|
| | Parte da esquerda | | Parte da frente | | Parte da direita | | Parte A | Parte B | Parte C | Parte D | |
| | max | min | max | min | max | min | | | | | |
| Grupo I | 521.4 | 435.6 | 537.7 | 415.9 | 542.5 | 425.2 | 535.2 | 501.4 | 524.5 | 513.2 | Conforto visual |
| Grupo II | 532.7 | 427.1 | 524.6 | 402.5 | 537.8 | 415.7 | 561.3 | 521.6 | 541.2 | 557.2 | Conforto visual |
| Grupo III | 572.1 | 427.8 | 527.6 | 417.5 | 568.3 | 428.5 | 581.5 | 524.7 | 564.01 | 558.2 | Conforto visual |
| Grupo IV | 574.0 | 437.0 | 538.2 | 403.7 | 572.5 | 417.5 | 572.8 | 520.2 | 561.7 | 574.5 | Conforto visual |
| Grupo V | 645.3 | 451.6 | 652.3 | 424.5 | 642.7 | 434.0 | 674.2 | 604.5 | 641.5 | 632.5 | Conforto visual |
| Grupo VI | 814.7 | 571.4 | 786.4 | 562.8 | 865.1 | 634.0 | 841.7 | 804.7 | 857.8 | 872.5 | Conforto visual |
| Grupo VII | 925.2 | 592.5 | 851.4 | 571.2 | 931.7 | 581.6 | 941.5 | 932.8 | 951.7 | 941.3 | Conforto visual |
| Grupo VIII | 1143.0 | 651.3 | 957.6 | 592.7 | 989.2 | 604.1 | 1241.0 | 983.1 | 1121.4 | 1248.0 | Conforto visual |

5.3. VALOR MÁXIMO E MÍNIMO DE ILUMINAÇÃO E UNIFORMIDADE CALCULADA NOS GRUPOS DAS AULAS PRÁTICAS

Os resultados calculados têm como objetivo identificar o valor mínimo e máximo de iluminação e uniformidade nos três departamentos em análise, relativamente à interferência do nível de conforto ou desconforto visual no desempenho cognitivo dos estudantes nos laboratórios das práticas, aplicando-se as equações ou fórmulas constantes no Anexo VII, para obter a iluminância e uniformidade do plano da tarefa visual

O resultado calculado de iluminação e uniformidade máxima dos grupos no Departamento de Mecânica atinge um bom nível de conforto visual no laboratório de prática, pois o valor calculado é superior ao valor recomendado (ISO-8995:2002). Através das medições e do valor calculado de iluminância verifica-se que a uniformidade é boa (ok), mas em parte dos questionários a outras pessoas (estudantes) ainda se refere a não satisfação com o conforto visual no laboratório de prática. Trata-se de um sentimento próprio de cada pessoa, o qual deve ser levado em consideração com mais detalhe no futuro.

Tabela 12. Valor máximo de iluminação e uniformidade no Departamento de Mecânica

| Grupos de alunos das aulas práticas | Iluminação média calculada (Lux) | Valor máximo recomendado (ISO-8995:2002) | Uniformidade Calculada | Valor máximo recomendado (ISO-8995;2002) | Observações |
|-------------------------------------|----------------------------------|--|------------------------|--|-------------|
| Grupo I | 539.5 | 500 | 1 | 0.7 | Ok+Ok |
| Grupo II | 728.3 | 500 | 1 | 0.7 | Ok+Ok |
| Grupo III | 645.7 | 500 | 1 | 0.7 | Ok+Ok |
| Grupo IV | 814.5 | 500 | 1 | 0.7 | Ok+Ok |
| Grupo V | 925.7 | 500 | 1 | 0.7 | Ok+Ok |
| Grupo VI | 910.3 | 500 | 1 | 0.7 | Ok+Ok |
| Grupo VII | 112.7 | 500 | 1 | 0.7 | Ok+Ok |

Pela análise do resultado do valor dos cálculos de iluminância e uniformidade pode-se concluir que há conforto visual para os estudantes no laboratório de prática porque o valor calculado de iluminação e uniformidade mínimo é muito melhor do que o valor recomendado (ISO-8995:2002). Torna-se mais clara a comparação entre o resultado dos cálculos e o valor mínimo recomendado na tabela 13.

Tabela 13. Valor mínimo de iluminação e uniformidade no Departamento de Mecânica

| Grupos de alunos das aulas práticas | Iluminação Média Calculada (Lux) | Valor mínimo Recomendado (ISSO-8995:2002) | Uniformidade Calculada | Valor mínimo Recomendado (ISSO-8995;2002) | Observações |
|-------------------------------------|----------------------------------|---|------------------------|---|-------------|
| Grupo I | 409.8 | 300 | 1 | 0.5 | Ok+Ok |
| Grupo II | 586.4 | 300 | 1 | 0.5 | Ok+Ok |
| Grupo III | 520.0 | 300 | 1 | 0.5 | Ok+Ok |
| Grupo IV | 731.0 | 300 | 1 | 0.5 | Ok+Ok |
| Grupo V | 731.5 | 300 | 1 | 0.5 | Ok+Ok |
| Grupo VI | 626.9 | 300 | 1 | 0.5 | Ok+Ok |
| Grupo VII | 645.0 | 300 | 1 | 0.5 | Ok+Ok |

O valor do cálculo da iluminação e da uniformidade máxima no Departamento de Construção Civil é satisfatório para os estudantes no laboratório de prática. A luminosidade e a uniformidade são consideradas mais do que suficientes, se comparadas com o máximo de iluminação e uniformidade recomendada (ISO-8995:2002), o que significa boa qualidade tanto da iluminação como da uniformidade. A comparação entre o valor da iluminação e uniformidade calculada com o valor recomendado é apresentada na tabela 14.

Tabela 14. Valor máximo de iluminação e uniformidade no Departamento de Construção Civil

| Grupos de alunos das aulas práticas | Iluminação Média Calculada (Lux) | Valor máximo Recomendado (ISO-8995:2002) | Uniformidade Calculada | Valor máximo Recomendado (ISO-8995;2002) | Observações |
|-------------------------------------|----------------------------------|--|------------------------|--|-------------|
| Grupo I | 652.0 | 500 | 1 | 0.7 | Ok+Ok |
| Grupo II | 810.7 | 500 | 1 | 0.7 | Ok+Ok |
| Grupo III | 608.7 | 500 | 1 | 0.7 | Ok+Ok |
| Grupo IV | 608.6 | 500 | 1 | 0.7 | Ok+Ok |
| Grupo V | 645.0 | 500 | 1 | 0.7 | Ok+Ok |
| Grupo VI | 918.2 | 500 | 1 | 0.7 | Ok+Ok |
| Grupo VII | 1421.6 | 500 | 1 | 0.7 | Ok+Ok |

Após a análise do resultado dos cálculos da iluminação e uniformidade mínima no Departamento de Construção Civil pode-se concluir que não há impacto no desempenho cognitivo dos estudantes durante a prática no laboratório porque apresenta-se em bom estado e com conforto visual de acordo com os critérios constantes na recomendação ISO-8995:2002.

Tabela 15. Valor mínimo da iluminação e uniformidade no Departamento de Construção Civil

| Grupos de alunos das aulas práticas | Iluminação Média Calculada (Lux) | Valor mínimo Recomendado (ISSO-8995:2002) | Uniformidade Calculada | Valor mínimo Recomendado (ISSO-8995;2002) | Observações |
|-------------------------------------|----------------------------------|---|------------------------|---|-------------|
| Grupo I | 435.0 | 300 | 1 | 0.5 | Ok+Ok |
| Grupo II | 521.6 | 300 | 1 | 0.5 | Ok+Ok |
| Grupo III | 410.0 | 300 | 1 | 0.5 | Ok+Ok |
| Grupo IV | 410.0 | 300 | 1 | 0.5 | Ok+Ok |
| Grupo V | 401.0 | 300 | 1 | 0.5 | Ok+Ok |
| Grupo VI | 503.6 | 300 | 1 | 0.5 | Ok+Ok |
| Grupo VII | 654.1 | 300 | 1 | 0.5 | Ok+Ok |

Em última análise, a iluminação e uniformidade máxima no Departamento de Elétrica e Eletrônica é confortável para os estudantes que têm prática no laboratório. Fazendo a comparação entre os resultados calculados da iluminação e uniformidade com a iluminação e uniformidade recomendada ISO-8995:2002, não há iluminação e uniformidade superior ou mais baixa, mas é suficiente para a necessidade dos estudantes na prática de laboratório sem que ocorra fadiga visual (estes resultados observam-se mais claramente na tabela 16).

TABELA 16. VALOR MÁXIMO DE ILUMINAÇÃO E UNIFORMIDADE NO DEPARTAMENTO DE ELÉTRICA E ELETRÓNICA

| Grupos de alunos das aulas práticas | Iluminação Média Calculada (Lux) | Valor máximo Recomendado (ISO-8995:2002) | Uniformidade Calculada | Valor máximo Recomendado (ISO-8995;2002) | Observações |
|-------------------------------------|----------------------------------|--|------------------------|--|-------------|
| Grupo I | 521.4 | 500 | 1 | 0.7 | Ok+Ok |
| Grupo II | 524.6 | 500 | 1 | 0.7 | Ok+Ok |
| Grupo III | 527.6 | 500 | 1 | 0.7 | Ok+Ok |
| Grupo IV | 538.2 | 500 | 1 | 0.7 | Ok+Ok |
| Grupo V | 642.7 | 500 | 1 | 0.7 | Ok+Ok |
| Grupo VI | 786.4 | 500 | 1 | 0.7 | Ok+Ok |
| Grupo VII | 851.4 | 500 | 1 | 0.7 | Ok+Ok |
| Grupo VIII | 957.6 | 500 | 1 | 0.7 | Ok+Ok |

Observa-se o valor mínimo de iluminação e uniformidade calculada entre um grupo, comparando com outros grupos de prática, com diferentes valores. Isso aconteceu porque as mesas das práticas nos grupos I, II, III, IV e V estão situadas mais à frente ou dentro do laboratório enquanto que outros grupos estão mais atrás ou perto da janela, onde é fácil apanhar a luminosidade do sol (observar os valores na tabela 17). Apesar destes diferentes valores de iluminação e uniformidade mínima, continua a manter-se o conforto visual e não há impacto no desempenho cognitivo dos estudantes.

Tabela 17. Valor mínimo de iluminação e uniformidade no Departamento de Elétrica e Eletrónica

| Grupos de alunos das aulas práticas | Iluminação Média Calculada (Lux) | Valor mínimo Recomendado (ISSO-8995:2002) | Uniformidade Calculada | Valor mínimo Recomendado (ISSO-8995;2002) | Observações |
|-------------------------------------|----------------------------------|---|------------------------|---|-------------|
| Grupo I | 415.9 | 300 | 1 | 0.5 | Ok+Ok |
| Grupo II | 402.5 | 300 | 1 | 0.5 | Ok+Ok |
| Grupo III | 417.5 | 300 | 1 | 0.5 | Ok+Ok |
| Grupo IV | 403.7 | 300 | 1 | 0.5 | Ok+Ok |
| Grupo V | 437.4 | 300 | 1 | 0.5 | Ok+Ok |
| Grupo VI | 631.4 | 300 | 1 | 0.5 | Ok+Ok |
| Grupo VII | 571.2 | 300 | 1 | 0.5 | Ok+Ok |
| Grupo VIII | 592.7 | 300 | 1 | 0.5 | Ok+Ok |

5.4. COMPARAÇÃO DOS VALORES MÁXIMO E MÍNIMO E DE UNIFORMIDADE ENTRE OS DEPARTAMENTOS

Da observação do valor máximo de iluminação e uniformidade entre os três departamentos – Departamento de Mecânica (DM), Departamento de Construção Civil (DCC) e Departamento de Elétrica e Eletrônica (DEE) – verifica-se um nível de iluminação superior ao da uniformidade. O valor máximo de iluminação e uniformidade recomendado (ISO- 8995:2002) é 500 lux e 0.7%. Observando a tabela 18, pode-se concluir que o valor máximo de iluminação e uniformidade traz muito conforto visual e não há impacto sobre o desempenho cognitivo no desenvolvimento das atividades dos estudantes nos laboratórios.

Tabela 18. Comparação do valor máximo de iluminação e uniformidade nos três Departamentos

| Departamento | Iluminação Média Calculada (Lux) | Valor máximo Recomendado (ISO-8995:2002) | Uniformidade Calculada | Valor máximo Recomendado (ISO-8995:2002) | Observações |
|--------------|----------------------------------|--|------------------------|--|-------------|
| DM | 812.1 | 500 | 0.7 | 0.7 | Ok+Ok |
| DCC | 809.3 | 500 | 0.7 | 0.7 | Ok+Ok |
| DEE | 668.7 | 500 | 0.7 | 0.7 | Ok+Ok |

Na observação do valor mínimo de iluminação e uniformidade entre os três departamentos, a iluminação e uniformidade trazem conforto visual. O valor da iluminação e uniformidade recolhida no terreno é superior ao do valor da iluminação e uniformidade mínimo recomendado (ISO-8995:2002), que é 300 lux e 0.5%. Analisando a tabela 18, pode-se concluir quanto ao conforto visual e uniformidade dos estudantes nos laboratórios, ou com outras observações, que a iluminação média calculada está correta (ok) assim como a uniformidade calculada (ok).

Tabela 19. Comparação do valor mínimo de iluminação e uniformidade nos três departamentos

| Departamento | Iluminação Média Calculada (Lux) | Valor mínimo Recomendado (ISO-8995:2002) | Uniformidade Calculada | Valor mínimo Recomendado (ISO-8995:2002) | Observações |
|--------------|----------------------------------|--|------------------------|--|-------------|
| DM | 607,2 | 300 | 0.6 | 0.5 | Ok+Ok |
| DCC | 476,5 | 300 | 0.8 | 0.5 | Ok+Ok |
| DEE | 484 | 300 | 0.8 | 0.5 | Ok+Ok |

5.5. ANÁLISE DO RESULTADO DO TESTE COGNITIVO

Cada teste de avaliação do desempenho cognitivo aplicado devolve um ponto (score), um número de tentativas de resposta, um número de respostas corretas e erradas e os tempos de

reação de cada resposta. Contudo, no âmbito deste estudo foram analisadas, como variáveis do desempenho cognitivo, o ponto e o tempo de reação. As variáveis do ponto foram calculadas a partir dos tempos de reação das respostas dos testes. Este resultado vai de encontro ao referido pelo Cognition and Brain Sciences Unit (2012), que indica em média, para este tipo de teste, um ponto (score) em $7 (\pm 2)$ para um adulto. No texto seguinte, apresenta-se a avaliação e análise dos gráficos do teste cognitivo nos três departamentos através de uma tabela de frequência.

Das observações à tabela de frequência do teste cognitivo nos três departamentos pode-se concluir que o valor ou score que a maior parte dos estudantes ganham é superior a 6. Significa conforto dos estudantes no seu desempenho cognitivo, em relação à recomendada pelo Cognition and Brain Sciences Unit (2012), que indica para este tipo de teste uma média de um ponto (score) de $7 (\pm 2)$ para um adulto (tabela 20).

Tabela 20. Frequência do resultado do teste cognitivo nos três departamentos

| Resultado do teste cognitivo | Departamento | | |
|------------------------------|--------------|-----|----|
| | DEE | DCC | DM |
| | n | n | n |
| Nível 6 | 5 | 3 | 2 |
| Nível 7 | 24 | 12 | 16 |
| Nível 8 | 5 | 5 | 5 |
| Nível 9 | 1 | 0 | 1 |

Numa avaliação em mais profundidade através do gráfico (*figura 17*), pode-se concluir que, entre 35 estudantes no DEE, a maioria dos estudantes obtêm valores superiores a 6 (24 pessoas). Significa que nestes estudantes não há impacto no seu desempenho cognitivo em prática laboratorial. Outros estudantes (5 pessoas) obtêm valores menores de 7. Todavia, esse valor está perto do valor médio recomendado (Cognition and Brain Sciences Unit, 2012).



Figura 17. Gráfico do resultado do teste cognitivo no Departamento de Elétrica e Eletrônica.

A partir da análise do gráfico no DCC pode-se concluir que, num grupo de 20 estudantes, há mais pessoas que alcançam valores superiores a 6 (12 pessoas), o que significa que os estudantes deste laboratório revelam conforto e bom desempenho cognitivo. Apenas 3 pessoas atingem valor 6 do gráfico (*figura 18*).



Figura 18. Gráfico do resultado do teste cognitivo no Departamento de Construção Civil.

Da observação do resultado do teste cognitivo representado no gráfico (*figura 19*), no Departamento de Mecânica, pode-se concluir que a maioria dos estudantes (16 pessoas) atinge com sucesso os valores médios recomendados (Cognition and Brain Sciences Unit, 2012), superior a 6, o que significa que as atividades laboratoriais dos estudantes são desenvolvidas em ambiente confortável e não há impacto no seu desempenho cognitivo.



Figura 19. Gráfico do resultado do teste cognitivo no Departamento de Mecânica.

5.6. ANÁLISE DO CÁLCULO E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS DE UNIFORMIDADE E DO TESTE DE DESEMPENHO COGNITIVO

Com o objetivo de explorar a relação entre as variáveis dos resultados das medições da iluminância e uniformidade e o resultado do teste de desempenho cognitivo e as variáveis das características individuais dos participantes, dos parâmetros físicos do ambiente luminoso e das variáveis de conforto visual foram realizados testes de correlação Monkey Ladder, uma vez que algumas das variáveis são ordinais e também por se tratar de uma correlação considerada mais robusta quanto à falha do pressuposto de normalidade (Maroco, 2007). Mediante o resultado das medições e o cálculo dos dados do teste de desempenho cognitivo pode-se concluir que o ambiente é confortável e que não há impacto no desempenho cognitivo dos estudantes das práticas laboratoriais.

5.7. ANÁLISE DOS RESULTADOS OBTIDOS

Estes conteúdos foram analisados com recurso a uma base de dados em SPSS, para identificar não só o resultado da iluminância e uniformidade, do teste cognitivo e dos questionários 0 e 1, mas também identificar qual a sua relação com o conforto ou desconforto visual dos estudantes nos laboratórios de prática na Faculdade de Engenharia de Hera (UNTL).

5.7.1. Caracterização geral da amostra.

A partir da análise e processamento da base de dados com o programa SPSS nas tabelas de frequências, pode-se concluir que:

- A idade mínima é 18 anos com frequência 1 e percentagem 1.3% e a idade máxima é 26 anos com frequência 1 e percentagem 1,3%.
- O peso mínimo é 20 kg, frequência 1 e percentagem 1.3% e o máximo é 68 kg, frequência 1 e percentagem 1.3%; significa um peso não normal de acordo com o

recomendado, tendo um impacto no desconforto na vida e na aprendizagem ou prática de laboratório.

- A altura mínima é 120 cm com frequência 2, 2.5% e a máxima é 176 cm com frequência 2, 2.5%. Uma altura menor do que a altura padrão tem também impacto, com desconforto ou fadiga visual porque quando o estudante está sentado na cadeira os olhos não visualizam bem o objeto em cima de mesa.
- Em termos de género, o grupo é composto por 68 homens e por 11 mulheres, o que significa que o grupo masculino é superior ao feminino pois, na área da engenharia, o trabalho é mais pesado e de maior risco, o que não será tanto do agrado do setor feminino.
- Relativamente às respostas SIM ou NÃO sobre a existência de problemas de saúde, 71 estudantes responderam NÃO e 8 responderam SIM, mas não se trata de problemas de saúde a nível visual. Observando o resultado dos questionários, os problemas de saúde estão relacionados sobretudo com tosse e estômago pois, em Timor Leste, o ar tem muitas poeiras. Por outro lado, a Faculdade de Engenharia está situada longe da capital do país, o que cria dificuldades aos estudantes em termos das condições das refeições.
- Sobre o uso de lentes de correção, ninguém as usa num universo de 79 estudantes, o que significa que não há problemas ou impactos visuais.

5.7.2. Resultados do questionário individual

A partir da análise das tabelas, com percentagens sobre o resultado, pode-se concluir que respondem afirmativamente às perguntas sobre a condição de iluminação e conforto visual no laboratório e outras condições que criam conforto visual, sendo as percentagens e frequências sempre superiores em relação aos que respondem negativamente. O resultado das respostas negativas às perguntas sobre a condição de desconforto visual nos laboratórios é também superior às afirmativas, o que significa que a maioria dos estudantes revela conforto visual ou satisfação quanto à iluminação e uniformidade nos laboratórios. Há um número menor de estudantes que revela insatisfação com a iluminação. Em relação ao resultado das respostas ao questionário, verifica-se que os estudantes apresentam características cada vez mais distintas, ou então não respondem corretamente porque não entendem bem o conteúdo das perguntas ou apresentam uma falta de domínio da língua portuguesa.

Relativamente a estas pessoas que manifestam insatisfação quanto ao conforto visual no laboratório, há que levar em consideração esta situação e avançar com uma avaliação mais

aprofundada para que se criem condições de conforto visual nos estudantes no futuro. Os resultados apresentam-se de forma mais clara seguidamente.

Tabela 21. Resultados dos questionários individuais

| Questões | Porcentagem | |
|--|-------------|------|
| | Sim | Não |
| 1. A iluminação proporciona conforto visual. | 78.5 | 21.5 |
| 2. A iluminação provoca stress visual. | 16.5 | 83.5 |
| 3. A iluminação artificial é suficiente. | 91.1 | 8.9 |
| 4. A iluminação provoca reflexos. | 15.2 | 84.8 |
| 5. A iluminação provoca desconforto térmico. | 27.8 | 72.2 |
| 6. As luminárias estão em bom estado. | 74.7 | 25.3 |
| 7. As instalações das luminárias constituem risco. | 21.5 | 77.2 |
| 8. As luminárias estão dispostas de modo a evitar sombras. | 55.7 | 44.3 |
| 9. As luminárias contribuem para evitar confusão de cores. | 41.8 | 58.2 |
| 10. As luminárias estão dispostas de modo a evitar confusão dos objetos. | 53.2 | 46.8 |
| 11. Existem lâmpadas novas. | 12.7 | 87.3 |
| 12. Existem lâmpadas a cintilar. | 25.3 | 74.7 |
| 13. A intensidade da luz é afetada por lâmpadas antigas. | 69.6 | 30.4 |
| 14. Existe iluminação de emergência. | 27.8 | 69.6 |
| 15. As luminárias são limpas regularmente. | 58.2 | 41.8 |
| 16. Existe boa iluminação artificial. | 79.7 | 20.3 |
| 17. Há iluminação com vias de circulação. | 78.5 | 21.5 |
| 18. As mesas têm tampos refletores. | 45.6 | 54.4 |
| 19. Há contraste do pavimento. | 67.1 | 32.9 |
| 20. As janelas têm cortinas de proteção. | 13.9 | 86.1 |
| 21. Existe ventilação adequada. | 73.4 | 26.6 |

5.7.3. Resultados relativos à aplicação do teste cognitivo nos três Departamentos

Através da avaliação do gráfico dos resultados do teste cognitivo pode-se concluir que, nos três departamentos, há um valor de 6, com 10 pessoas e um valor de 7 com 53 pessoas; o gráfico superior dos outros valores significa que a iluminação nos laboratórios é confortável e que não há impacto no desempenho cognitivo dos estudantes, de acordo com o Cognition and Brain Sciences Unit (2012), que indica para este tipo de teste em média um ponto (score) de 7 (± 2) para um adulto. O valor do teste cognitivo de 8 é com 14 pessoas e 9 é com 2 pessoas. Significa mais conforto visual, só que as pessoas que atingem este valor são menores do gráfico (*figura 20*).

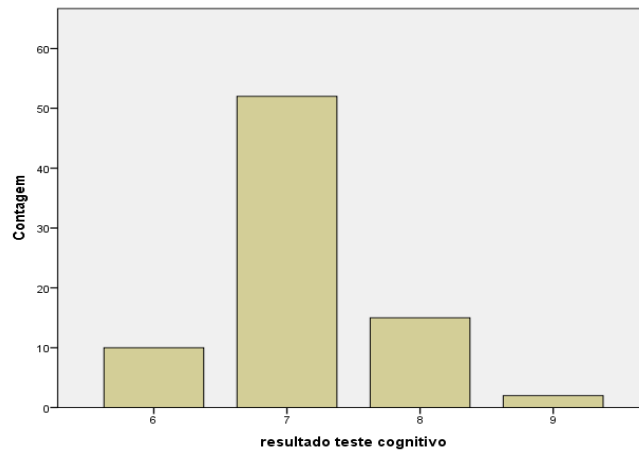


Figura 20. Gráfico do resultado do teste cognitivo nos três departamentos

5.7.4. Resultados relativos à uniformidade

O gráfico da uniformidade da iluminância é muito bom porque o resultado da base de dados que faz o seu processamento, com o programa SPSS, dá o valor recomendado de uniformidade (ISO 8995:2002). O mínimo de uniformidade é 0.614~0.6 e o máximo é 0.822~0.8. Com o Padrão da Organização Internacional, a uniformidade da iluminância ou conforto visual situa-se num mínimo de 0.5 e num máximo de 0.7.

Perante a análise do resultado do gráfico de iluminância e uniformidade em cada departamento, verifica-se no Departamento de Mecânica (DM) uma uniformidade de iluminância entre 0.650-0.875; no Departamento de Construção Civil (DCC) uma uniformidade de iluminância entre 0.625-0.762 e no Departamento de Elétrica e Eletrónica (DEE), uma uniformidade de iluminância entre 0.725-0.875. Pode-se concluir que o DEE revela uma uniformidade de iluminância muito boa do gráfico (*figura 21*).

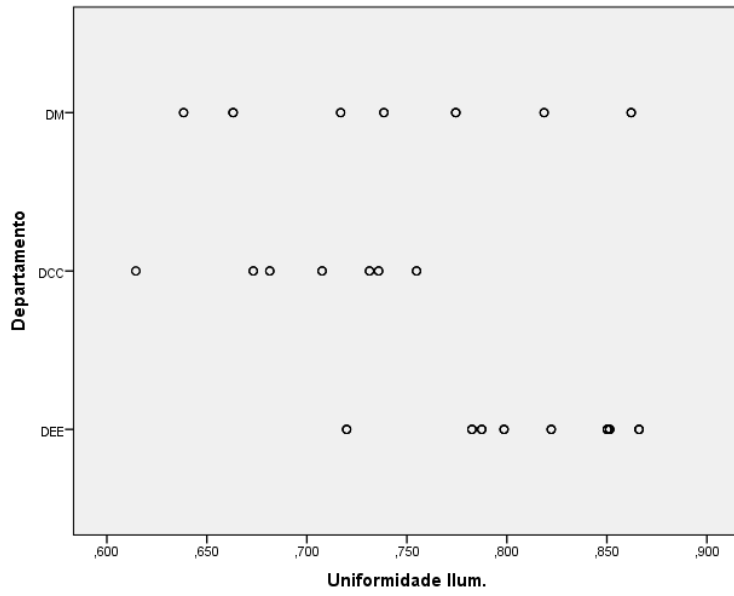


Figura 21. Gráfico de uniformidade de iluminância.

CONCLUSÕES E DESENVOLVIMENTOS NO FUTURO

6.1. CONCLUSÕES

Neste último capítulo, são apresentadas as principais conclusões que esta dissertação permitiu formular, tendo em consideração os objetivos definidos. Consideram-se ainda as limitações do trabalho realizado, bem como as potencialidades que surgiram no decorrer do estudo, a partir das quais são efetuadas algumas propostas a desenvolver em trabalhos futuros no âmbito da área de investigação da presente dissertação.

O presente trabalho, que teve como base o estudo da influência da exposição a ambientes luminosos no desempenho cognitivo dos estudantes, pretendeu avaliar os parâmetros de ambientes luminosos moderados e interpretar os resultados obtidos em termos de conforto visual e desempenho a nível cognitivo, como a memória de estudo ou prática, a concentração e o raciocínio. Assim, os objetivos preconizados foram alcançados, o que permitiu tirar algumas conclusões, as quais são enumeradas de seguida.

A análise dos parâmetros físicos do ambiente luminoso nos três locais em estudo revelou que os valores avaliados se encontram na generalidade de acordo com os valores das gamas de conforto visual recomendadas pela norma ISO 8995:2002. Esta análise é corroborada pelo facto de quase todos os participantes revelarem satisfação com o ambiente de conforto visual dos seus locais de estudo ou prática.

Em relação aos parâmetros do ambiente luminoso nos períodos que antecederam a realização dos testes de avaliação do desempenho cognitivo, verificou-se que estes se encontram dentro dos valores considerados confortáveis pela ISO-8995:2002.

Em geral, verificou-se que a iluminância aparentemente mais aceite pelos participantes como confortável é a iluminação máxima entre 500lux-1000lux e a mínima entre 300lux-900lux. Quanto à uniformidade, o máximo situa-se entre 0.7-1 e mínimo entre 0.5-0.8. Os indivíduos tendem a manifestar a sua preferência por ambientes mais luminosos.

No que concerne ao teste que avaliou a memória dos estudantes, verificou-se uma otimização do desempenho cognitivo ao longo das observações, constatando-se que o desempenho no teste não depende do período do dia em que é realizado. Quando analisado o efeito dos parâmetros físicos do ambiente luminoso nos resultados deste teste, conclui-se que o tempo de reação dos participantes tendeu a subir quando se verificou um aumento da luz natural

durante as 2 horas que antecederam a realização do teste, quando comparado com os indicadores objetivos e subjetivos de conforto visual. O teste de desempenho cognitivo é um indicador para identificar o conforto ou desconforto visual.

6.2. TRABALHOS NOS FUTURO

Um dos pontos a incidir no futuro será certamente o alargamento do estudo a mais salas de aula prática ou de laboratório, bem como o aumento do período de monitorização, de forma a englobar o maior número de situações possível relativas ao conforto visual e ao desempenho cognitivo.

Seria igualmente interessante verificar a perceção e a preferência da qualidade de iluminação interior nos períodos de mudança de estação indiferenciadamente, de forma a tentar melhor entender a influência da iluminação exterior no conforto visual dos estudantes.

Visto as janelas abertas proporcionarem uma incidência direta da iluminação do sol através da ventilação, a qual implica um aumento de iluminação adequada no interior naquele espaço, seria certamente proveitoso verificar as preferências quanto aos níveis de uniformidade da iluminância com as cortinas abertas, bem como o cumprimento das atuais recomendações ISO 8995:2002 sobre uma boa iluminação no interior.

Existe ainda um aspeto que não foi contemplado neste estudo e que se reveste de grande importância nestes ambientes, o qual diz respeito aos níveis de iluminância nas mesas de prática. Neste trabalho, considerou-se a acessibilidade às mesas em termos de altura. Contudo, para a adoção de boas condições de visão durante as práticas, torna-se essencial uma uniformidade de iluminância que não conduza a uma deterioração acrescida dos componentes ou materiais, sendo importante estabelecer um equilíbrio entre o conforto dos utilizadores nos laboratórios e as necessidades de preservação dos equipamentos.

Mediante a identificação dos elevados níveis de ruído, de ventilação e térmicos, seria importante monitorizar o ruído e a temperatura nestes espaços, bem como os provocados pelas atividades nos laboratórios e pelos equipamentos utilizados.

Os questionários seriam também um aspeto a melhorar. Para facilitar o seu preenchimento e posterior análise dos resultados, seria importante torná-lo menos extenso. Ao longo deste trabalho foi possível perceber que algumas questões englobadas no questionário não se revestiam de importância, as quais não foram referidas na interpretação dos resultados, devendo ser excluídas em análises futuras. Também seria relevante proceder à aplicação das questões a contextos diferentes de modo a proceder à sua validação, bem como testar novas escalas, para

perceber quais as questões que melhor se adequarão a este tipo de análise de forma a criar um ambiente válido.

Em trabalhos futuros poderão ser incluídos outros indicadores do desempenho cognitivo, como o número de respostas certas e erradas e o número de tentativas de resposta.

Apesar do presente estudo ter permitido um melhor conhecimento da relação entre as variáveis consideradas, devido à sua natureza, verificou-se ser difícil isolar exclusivamente a influência do ambiente luminoso no desempenho cognitivo. Como tal seria recomendável um controlo mais preciso relativamente a outras variáveis concorrentes. Dessa forma, seria útil a inclusão no questionário relacionado com o conforto visual dos participantes algumas questões que permitissem designadamente aferir o nível de cansaço físico ou mental dos participantes, a carga de estudos ou práticas, indisposições momentâneas, entre outras.

Por fim, seria interessante alterar o tipo de estudo. Neste caso, foi realizado um trabalho de campo real que, dada a sua natureza, não permite um controlo rigoroso das variáveis em estudo. Neste sentido, a realização de um trabalho em laboratório, com condições adequadas, poderia constituir uma mais valia para o conhecimento da influência do ambiente luminoso no desempenho cognitivo, uma vez que permitiria uma comparação com os resultados deste trabalho.

No futuro, esta dissertação sobre a avaliação da influência da iluminação no desempenho cognitivo poderá ser aplicada à atividade dos estudantes no seu dia-a-dia na sala de aula ou nos laboratórios, bem como aos trabalhadores em qualquer contexto. Dar informações sobre o impacto térmico, da iluminação, da ventilação, do ruído e de outros fatores que influenciam o desempenho cognitivo dos trabalhadores e estudantes, para verificar se, no final, continuam confortáveis no terreno da sua atividade.

Recomenda-se este conhecimento a qualquer outra instituição ou ministério pois é relevante partilhar estas informações sobre a segurança e a saúde dos trabalhadores, em particular em Timor Leste, área que até à presente data ainda não se considera pertinente.

Finalmente, e referindo-me a mim próprio como autor desta dissertação, tenho o dever ou a obrigação de partilhar estas informações através de palestras, workshops e ações de formação, ministradas diretamente a trabalhadores ou a estudantes.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Anshel, J. (2005). *Visual Ergonomics Handbook*. London: Taylor & Francis.

Atmodiporo, R. e Paradede, L. (2004). Research on minimum illumination as a function of visual performance, National Research Council of Canada, Ottawa, Ont. *JOURNAL of the Illuminating Engineering Society Summer 1986*: 41-142 em: [https://ies.org/PDF/100papers/078](https://ies.org/PDF/100papers/078.pdf) pdf.

Atkinso e Shiffin. (1968), Modelo de memória multi armazém. Textos seleccionados. XXIII *Encontro Nacional da Associação Portuguesa de Linguística*. Lisboa: APL, 2008: 299-313.

Costa e Edipucrs, (2006). Gilvertojosé, *Iluminação economia e avaliação*. Porto Alegre, Federal Institute of Education Sciencia and Technology of Paraíba, Brazil, junho 2015 : 56-63, em: https://www.researchgate.net/publication/279984829_Sistema_de_iluminacao baseado em lampada LED inteligente.

Cabral, F. e Veiga, R (2007). Higiene segurança saúde e prevenção de acidentes de trabalho, RISCO-Associação Portuguesa de Risco, Prevenção e Segurança, *Territorium 18*, 2011: 43-54, em: http://www.uc.pt/fluc/nicif/riscos/Documentacao/Territorium/T18_artg/Filipa Carvalho. pd.

Dubois, C. Demers, A. E Potvin, A. (2007). The influence of daylighting on occupants; Comfort and diversity of luminous ambiances in architecture. In: *Conference Proceedings of the American Solar Energy Society (ASES)*. Cleveland, Ohio.

DORIS, C. C. K. Melhoria do Conforto Ambiental em edificações escolares na região de campinas/SP. Acesso em: 17 de novembro, 2007. <http://www.fec.unicamp.br/~doris/pt/>.

EN 12464-1 (2002), “Light and lighting of work places Part 1: Indoor work places”, European Committee for Standardization, Brussels, June 2010, The General Editor, Ian Fraser.

EGAN, M. David E EUA: Mc Graw Hill, (1983). *Concepts of Architectural Lighting, LDPLAN Light & Domestic Planning*, Lisboa-Portugal, em: www.ldplan.pt

EASHW - European Agency for Safety and Health at Works (2005), Facts, n. 60, Expert forecast on emerging physical risks related, E. Facts, Bilbao. Retrieved from <http://osha.europa.eu>

EN 60598 (2010). “Luminaires. Particular requirements. Lighting chains European Committee for Eletrotécnica Standardization, Instituto Português da Qualidade, Mod-DNOR-01-08_00, lista mensal. Novembro 2013, em: www.ipq.pt.

Galasiu, A. e Veitch, J. (2006). Occupant preferences and satisfaction with the luminous environment and control systems in daylight offices, Direcção Projecto Especial Edificação Sustentável, *Aspectos Subjectivos do Conforto Visual: Percepções e Expectativas*. Lisboa-Portugal. julho 2010: 1-48.

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

Hopkinso, J., Peterbridge, P., Longmore, J.; (1975) *Iluminação Natural*. Fundação Calouste Gulbenkian, Lisboa – Portugal.

Hschong, L. (1999). *Daylighting in the school: An investigation into the relationship between daylighting and human performance*. Detailed Report. Pacific Gas and Electric Company. California Board for Energy Efficiency Third Party Program.

Hygge, e Lofberg, H. (1999). *Post occupancy evaluation of daylight in buildings*. International Energy Agency. Acesso em: 25 de Junho, 2009, in http://www.iea-shc.org/task21/publications/D_procedures_and_result/Task21POE.pdf

ISO 8995:2002. *Lighting of indoor work place*. International Organization for Standard, Associação Brasileira de Normas e Técnicas, Número de Referência: ABNT NBR ISO/CIE 8995-1:2013, 46 p.

Juslén, H. e Tenner, A (2005). Mechanisms involved in enhancing human performance by changing the lighting in the industrial workplace. *International Journal of Industrial Ergonomics*, *International Journal of Industrial Ergonomics* 42, 122-128 (2012), , em: www.elsevier.com/locate/ergo.

Julén, H. Wuters, M. e Tenner, A. (2007). The influence of controllable task-lighting on productivity: a field study in a factory. *Applied Ergonomics*. 38, 39-44, em: *The influence of controllable task-lighting on productivity: a field study in a factory*.

Krüger, E.L. e Zannin, P. H. T. (2004). Acoustic, thermal and luminous comfort in classrooms, *American Journal of Environmental Sciences* 5 (3): 315-324, 2009

Kim, S. e Kim, J. (2007). *Influence of light fluctuation on occupant visual perception*, *Building and Environment*, 82, 42-49, December 2014

Lee, J. e Kim, B. (2007). *Development of the nomograph for evaluation on discomfort glare of windows*, Tese de Mestrado Engenharia Humana da Matilde Alexandra Rodrigues, edição September, 2009, UMinho-Portugal, 9-18.

Miguel, A. S. (2007). *Manual de higiene e segurança do trabalho*. 10.^a Edição. Porto Edição.

Nicol, F., Wilson, M. e Chiancarella, C. (2006). *Using field measurements of desktop illuminance in European offices to investigate its dependence outdoor conditions on its effect on occupation satisfaction, and the use of lights and blinds*, Tese de Mestrado Engenharia Humana da Matilde Alexandra Rodrigues edição September, 2009, UMinho-Portugal, 26-39.

Osterhaus, W. (2005). *Discomfort glare assessment and prevention for daylight applications in office environments*, Building and Environment, 59 (Jan), 349-357, em: <http://eprints.qut.edu.au/54457/>

Ones Cysneiros, D (2004). *Avaliação Luminosa das Salas de Aula da Escola* (laboratório), Norma Europeia-EN 12464-1:2002 - “Light and Lighting - Lighting of Work Places - Part 1: Indoor Work Places de Portugal, 68-81.

PRADO. (1986). A regulamentação para uma boa iluminação apresenta vantagens, segundo HOPKINSON, J., PETERBRIDGE, P., LONGMORE, J.; (1975). Iluminação Natural. Fundação Calouste Gulbenkian, Lisboa – Portugal, Edições da Fundação Calouste, 4-5.

PILOTTO, E.Ç. (1980). Cor iluminação nos ambientes de trabalho, São Paulo; liv Ciência e tecnologia, Tese de Mestrado Juliane Figueiredo, *A contribuição da ergonomia ambiental na composição cromática dos ambientes construídos de locais de trabalho de escritório*. Rio de Janeiro do Brazil, Edição 2004. 292p.

Philips. (2005) *Guia de iluminação Eficiente*. Lisboa.

Reinhart, C. e Voss, K. (2003). *Monitoring manual control of electrical lighting and bids*. International Journal Lighting Research & Technology, National Research Council Canada, Lighting Research & Tecnology, v.35, 3, 2003: 243-260.

Veitch, J.A. (2001). *Lighting quality contributions from biopsychological processes*, Lighting Design. Tese Doutoramento em Design, Ana Cristina Daré, Lisboa Portugal edição Janeiro, 2014: 45-116.

Veitch, J (2002). Psychological Processes Influencing Lighting Quality, National Research Council Canada, *Journal of the Illuminating Engineering Society*, v. 30 no. 1, 2001: 124-140, em: www.nrc.ca/irc/ircpubs .

Winterbottom, M. e Wikkins, A (2009). Lighting and discomfort in the classroom, *Journal of Environmental Psychology*, England v. 29 (2009). 63-75, em: journal homepage: www.elsevier.com/locate/jep

Wlska, a. (2006). Human aspects of lighting in working interiors. In: Karwaski, W., *International encyclopedia of ergonomics and human factors*, 2ª edição, Taylor & Francis Group.

Wu, Jiangmei, Seregard, Stefan e Algvere, Peep V. (2006). *Photochemical damage of the retina*, Institute of Vision Research, Korean J Ophthalmol v. 16 (2002) : 82-87.

Zannin, P. e Marcon, C. (2007). *Objective and subjective evaluation of the acoustic confort in class room*, Ambiente Construído, Porto Alegre do Brazil, v. 9, no 3 (jul/set 2009) :125-139.

Identificação de fontes de imagens:

Curva de ação espectral biológica a azul e curva de sensibilidade visual a vermelho, disponível em http://corisectelmo.blogspot.pt/2010_11_01_archive.html, consultada em dezembro de 2016.

IT INTRUTEMP ITLD 270 (Luxímetro digital) disponível em <http://www.skilltec.com/p/731/itld-270---luximetro-digital-portatil-0-a-200000-lux---instrutemp>, consultada em dezembro de 2016.

Luminancímetro B-Class/de bolsilo/digital/USB (luminancímetro digital), disponível em <http://www.ictsl.net/productos/aparatos/luminancimetromavomonitorusb.html>, consultada em dezembro de 2016.

Portal Dr. Visão. (2006), Estrutura do olho humano, Versão Online ISBN 978-85-8015-079-7 Cadernos PDE, do Brazil Volume II, 1-45, em:http://www.diaadiaeducacao.pr.gov.br/portals/cadernos_pde/producoes_pde/2014/2014unicentro_fis_pdp_claudia_goncalves_macado.pdf.

Vertical and horizontal visual fields (três zonas do campo visual), disponível em http://hsimed.gtri.gatech.edu/guidelines/wd_video.php, consultada em dezembro de 2016.

QUESTIONÁRIO 0



Escola de Engenharia
Universidade do Minho

1. INFORMAÇÃO PESSOAL:

Nome: _____

Código pessoal: _____

Departamento: _____

Idade: ____ anos

Peso: ____ kg

Altura: ____ cm

Sexo: Masculino () Feminino ()

Tem algum problema de saúde? Sim () Não ()

Se sim, qual? _____

Usa algum tipo de lentes de correção visual? Sim () Não ()

Se sim, que tipo de lentes? _____

QUESTIONÁRIO 1

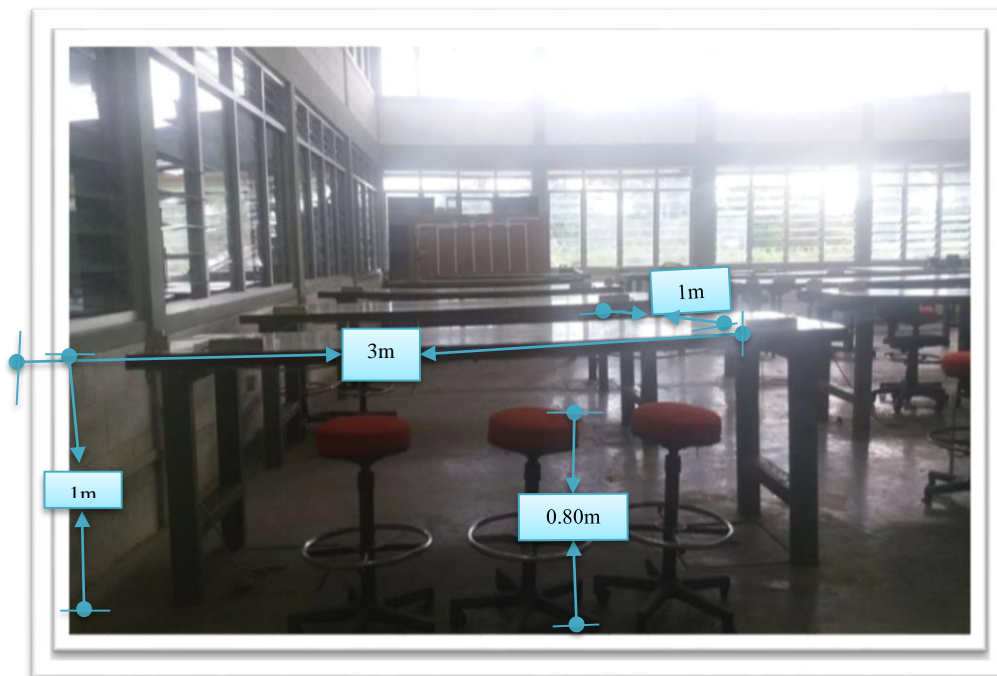
2. CHECKLIST DE AVALIAÇÃO DA ILUMINAÇÃO NO LOCAL DAS AULAS PRÁTICAS DA FACULDADE DE ENGENHARIA DE HERA (UNTL)

| Nº | Sim | Não | Descrição |
|----|-----|-----|--|
| 1 | | | A iluminação no laboratório proporciona conforto visual? |
| 2 | | | A iluminação no laboratório provoca stress visual ou interfere no seu desempenho cognitivo? |
| 3 | | | Nos locais com iluminação artificial, esta é suficiente, tendo em conta as características da sua atividade? |
| 4 | | | A iluminação dos locais onde exerce a sua atividade provoca reflexos em direção aos seus olhos? |
| 5 | | | A iluminação no laboratório provoca desconforto térmico? |
| 6 | | | As luminárias encontram-se todas em bom estado de funcionamento? |
| 7 | | | As instalações de iluminação constituem um fator de risco para si? |
| 8 | | | As fontes de iluminação estão dispostas de forma a evitar sombras? |
| 9 | | | As fontes de iluminação estão dispostas de forma a evitar confusão de cores? |
| 10 | | | As fontes de iluminação estão dispostas de forma a evitar confusão nas formas dos objetos? |
| 11 | | | Todas as lâmpadas no laboratório são novas? |
| 12 | | | Existem lâmpadas no laboratório a piscar e que contribuam para o desconforto visual? |
| 13 | | | A intensidade de luz é afetada por serem lâmpadas antigas? |
| 14 | | | No caso de falhar a iluminação artificial existe iluminação de emergência suficiente? |
| 15 | | | As luminárias são limpas periodicamente? |
| 16 | | | Quando o tempo está nublado, considera que existe boa iluminação artificial no laboratório? |
| 17 | | | A iluminação das vias de circulação é adequada e suficiente? |
| 18 | | | Existem mesas de trabalho com tampo refletor? |
| 19 | | | O contraste entre o pavimento e a parede é exagerado (pavimento negro e paredes brancas)? |
| 20 | | | As janelas têm persianas e cortinas para proteção? |

PREVISÃO DO TEMPO: CÉU LIMPO NO CAMPOS DE ENGENHARIA DE HERA



MEDIDA DA MESA E CADEIRA REDONDA NO LABORATÓRIO



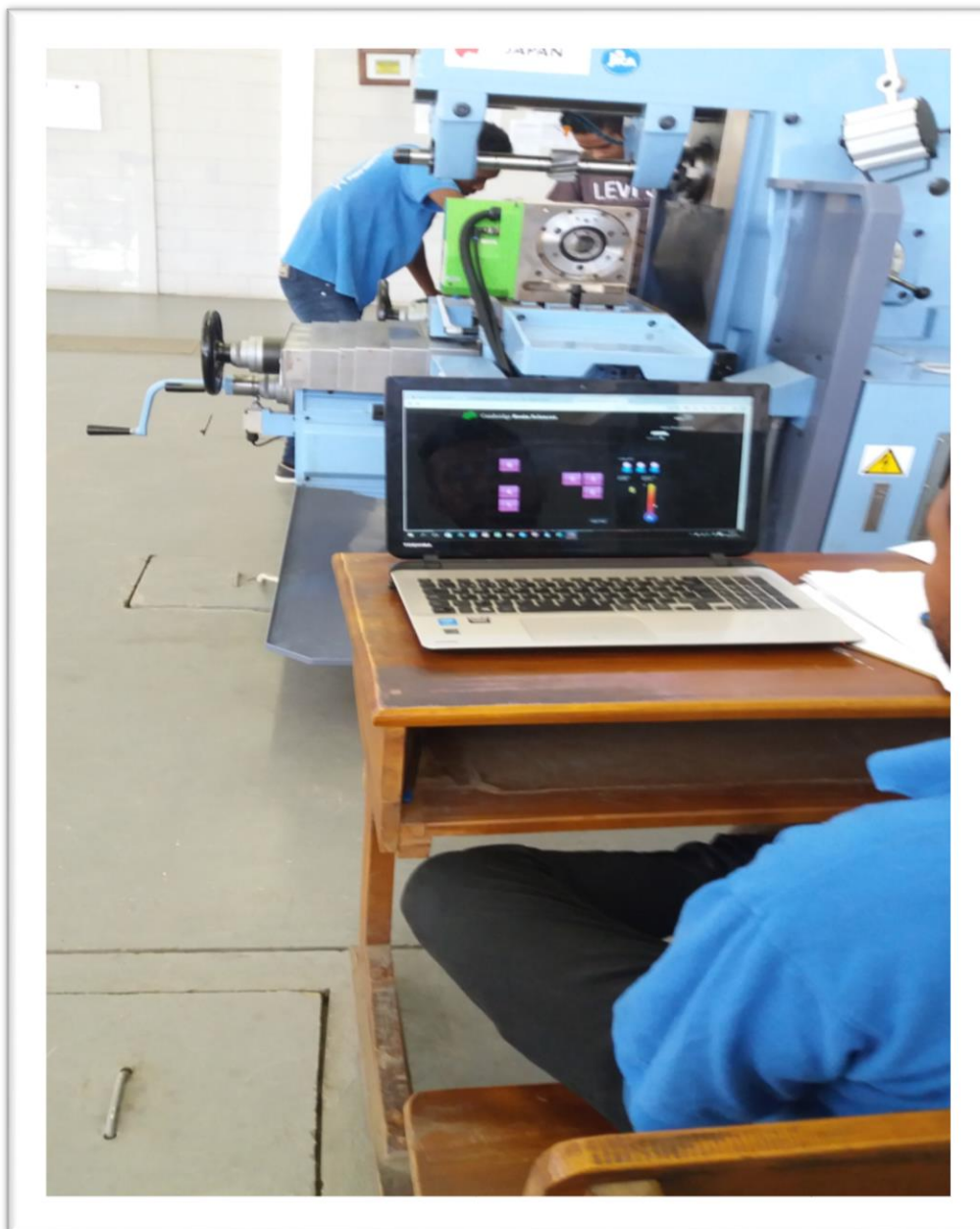
OS ESTUDANTES A PREENCHER O QUESTIONÁRIO



A REALIZAR MEDICÇÕES DA ILUMINAÇÃO NO LABORATÓRIO



O ESTUDANTE FAZ O TESTE COGNITIVO NO LABORATÓRIO



CÁLCULO DA ILUMINÂNCIA MÉDIA E UNIFORMIDADE DO PLANO DE TAREFA VISUAL

Estas são as equações para obter a Iluminância média e Uniformidade do plano de tarefa visual dos grupos de prática da Faculdade de Engenharia de Hera (UNTL): foram efetuadas várias medições ao campo visual, tendo-se calculado o valor médio obtido (M_t) e o valor da Uniformidade, dividindo o valor mínimo (X_{menor}) pela média da iluminância. Foram usadas as seguintes fórmulas:

$$M_t = \frac{M_1 + M_2 + M_3 + \dots + n}{n}$$

$$U = \frac{X_{menor}}{M_t}$$

Onde: M_t = média total de cada posto de trabalho

U = Uniformidade de cada posto de trabalho.

M_1, M_2, M_3, n = valor médio em Lux de cada medição

X_{menor} = valor mínimo medido.

Obs: Ok

O valor de Iluminância médio calculado está de acordo com os valores de referência constantes na ISO 8995:2002.

A Uniformidade está de acordo com os valores constantes na ISO 8995:2002.

Obs: NOK

O valor de Iluminância médio calculado não está de acordo com os valores de referência constantes na ISO 8995:2002.

A Uniformidade não está de acordo com os valores constantes na ISO 8995:2002.